

Schneid- und Wurfvorgänge in Trommel-Feldhäckslern

Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Die nachfolgenden Ausführungen stellen einen Überblick über mehrjährige, vom KTL und von anderen Institutionen geförderten Untersuchungen an Trommel-Feldhäckslern dar, die die Verfasser im Institut für Landtechnik in Weihenstephan durchgeführt haben. Bei dem Umfang des Materials können manche Dinge nur angedeutet werden. Nähere Einzelheiten sind aus einer Dissertation [1] zu entnehmen.

Das Ziel der Arbeiten wurde auftragsgemäß vor allem darin gesehen, aus Erkenntnissen über die oft verwickelten Zusammenhänge bei den Schneid- und Wurfvorgängen in Trommel-Feldhäckslern zu einer allgemeinen Beurteilung der Trommel-Feldhäckslers-Bauart zu kommen, aber auch (wenn möglich) Hinweise zum Bau von kleineren und leichteren Trommel-Feldhäckslern zu gewinnen.

Obleich bekanntlich der Scheibenrad-Feldhäckslers sowohl in Deutschland als auch in den USA heute weitgehend den Markt beherrscht und einige deutsche Firmen¹⁾ in den letzten Jahren vom Trommel- auf den Scheibenrad-Feldhäckslers übergegangen sind [2], räumt die Fachwelt doch auch dem Trommel-Feldhäckslers gewisse Aussichten — hinsichtlich Vereinfachung, Gewichtersparnis und bedingt auch auf Einsparung von Antriebs-PS — ein.

Die konstruktive Situation beim Trommel-Feldhäckslers

Über die konstruktive Situation beim Bau von Trommel-Feldhäckslern sind folgende Vorbemerkungen zu machen. Noch vor wenigen Jahren hatte man hinsichtlich der Schneid- und Wurfvorgänge in Trommel-Feldhäckslern vielfach andere Vorstellungen als heute: Man war der Ansicht, daß die Trommeln breit sein müssen, damit man das Häckselgut in Schwadbreite (etwa 1 m) und dünnem Strom der Trommel zuführen könne (Bild 1a). Man wollte hierdurch im Gegensatz zum Scheibenrad-Feldhäckslers, der aus baulichen Gründen nur ein schmales Mundstück von etwa 40 cm Breite aufweisen kann, Antriebs-PS sparen und bauliche Erleichterungen gewinnen. Eine Reihe von in- und ausländischen Trommel-Feldhäckslers-Bauarten waren von dieser Überlegung beeinflusst [3]²⁾. Auch der erste Teil der vorliegenden Untersuchungen bezog sich auf derartige breite Trommeln, wobei die verschiedenen Bauformen, von denen einige im Bild 2 gekennzeichnet sind, auf ihr Verhalten hin beobachtet teils auch durchgemessen wurden. Dabei wurde immer klarer, daß man mit der breiten Bauweise eine Reihe von Nachteilen in Kauf nehmen muß:

1. Breite Häckseltrommeln können nur mit beträchtlichem Aufwand so stabil gebaut werden, daß auch bei großen Belastungen

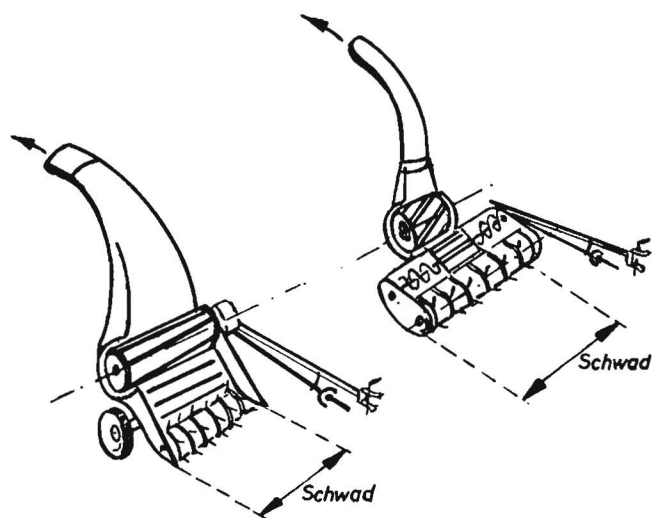


Bild 1: Bauarten von Trommel-Feldhäckslern
Bild 1a: breite Trommel; Bild 1b: schmale Trommel

der nur sehr kleine Spalt zwischen Häckselmesser und Gegenschneide (etwa 0,2 mm) nicht auseinandergepreßt wird. Vor allem in der Mitte haben solche Trommeln die natürliche Neigung, durchzufedern, was für sauberen Schnitt und leichten Gang, wie viele Versuche von anderer Seite und die eigenen Messungen zeigten, äußerst nachteilig ist.

2. Durch die Fliehkraft haben solche Trommeln die Neigung, sich zu „dehnen“ (bis 1 mm). Sie schlagen bei Erreichung der Arbeitsdrehzahl von 1000 bis 1400 U/min an die Gegenschneide an. Diese muß deshalb schon vorher einen größeren Spalt freigeben, was ebenfalls einen leichtgängigen und sauberen Schnitt verhindert.

3. Hinter breiten Trommeln müssen stark sich verjüngende Auswurfdüsen vorgesehen werden, die das Häckselgut von etwa 1 m auf 300 mm zusammenschleusen. Hierdurch entsteht in der Düse vermehrte Randleistung und Zurückfallen des Gutes.

4. Häckseltrommeln, mit dünnem Schleier beschickt, schneiden nicht so exakt, weil sich das Material gegenständig nicht halten kann, sie „zerfasern“ das Häckselgut mehr. Es wurde allmählich zur Erkenntnis, daß ein glatter Schnitt nur dann sicher erreicht wird, wenn — wie beim Scheibenrad-Feldhäckslers — das Gut durch ein Mundstück „preßstrangartig“ dem Häckselmesser zugeführt wird.

Die genannten vier Nachteile treten nicht auf, wenn man die Trommeln schmal baut. Schmal heißt in diesem Zusammenhang, eine Breite zu wählen, die kleiner als der Durchmesser ist (zum Beispiel: Breite 400 mm — Durchmesser 500 mm; Breite ~ 600 mm — Durchmesser 750 mm). Dadurch kann man mit ungleich kleinerem Materialaufwand eine außerordentliche Steifigkeit erzielen. Man hat geringere Randleistung auf dem Weg des Materials durch die Düse. Man muß allerdings vor der Häckseltrommel Vorrichtungen (siehe Bild 1b) schaffen, die das in Schwadbreite ankommende Material auf die Mundstückbreite zusammendrängen. Man kann hierzu jedoch ähnliche Zuführvorrichtungen, wie sie bei Scheibenrad-Feldhäckslern üblich geworden sind, verwenden.

Untersuchungen auf dem Prüfstand

Die obigen Zusammenhänge wurden im ersten Teil der Untersuchung klar, so daß der zweite Teil der Arbeiten, über den im folgenden vor allem berichtet werden soll, sich auf solche schmalen Trommeln bezieht. Da, wie erwähnt, der Bau von kleineren Häckslern zunächst im Vordergrund stand, wurden Trommeln der verschiedenen Kennzeichen einheitlich mit 400 mm Breite und 500 mm (später 520 mm) Durchmesser gebaut und in einem Prüfstand mit Bandzuführung (Bild 3) elektrisch und später auch elektronisch unter den verschiedensten Belastungsbedingungen und unterschiedlichen Materialien durchgemessen. Später wurden die Versuchsanordnungen auch zu feldmäßig tauglichen Feldhäckslern ausgebaut und in zweijährigen Ernteeinsätzen überprüft.

Grundsätzlich beschränkten sich die Untersuchungen von vornherein auf Trommeln, die den Schneid- und Wurfvorgang in einem einzigen Bauelement — der Trommel — vereinigen, da die früher übliche Anordnung von Gebläsen oder Förderbändern hinter der Trommel gegenüber den heute stark verbesserten und vereinfachten Scheibenradhäckslern sicher nicht mehr konkurrenzfähig wäre.

Weitere einschränkende, aber auch erschwerende Forderungen waren: Auch Trommel-Feldhäckslers müssen mit einem etwa senkrechten (in einem kreisförmigen Querschnitt endenden) Auswurftrichter arbeiten, damit sowohl in angehängte als auch in seitlich nebenherfahrende Wagen (Parallel-Betrieb) gefördert werden kann. Früher übliche, nicht senkrecht nach oben gerichtete, rechteckige Wurf Düsen wurden im weiteren Verlauf der Untersuchungen daher ausgeschlossen. Für die Trommel eines Klein-

¹⁾ Maschinenfabrik Fahr AG; Speiser, Maschinenfabrik und Eisengießerei
²⁾ US-Patent 2 450 277 (Allis Chalmers); Alfa-Werke, Wien; Maschinenfabrik Fahr AG

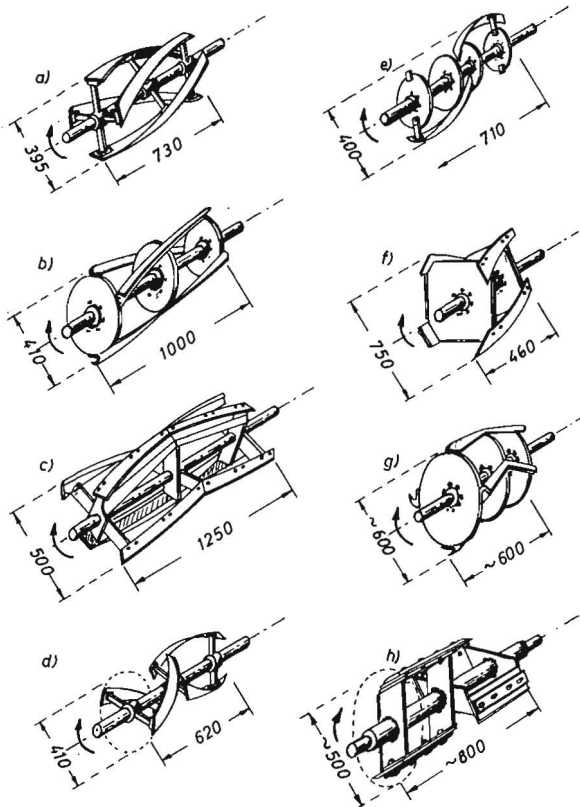


Bild 2: Elnige Beispiele von werfenden und nichtwerfenden Trommel-Bauformen in Feldhäckslern

a) Fahr I (nicht werfend); b) Allis Chalmers; c) Alfa; d) Messmer (nicht werfend); e) Speiser (nicht werfend); f) Fahr II; g) Ferguson (USA); h) Freudendahl

häckslers wurde von einer Drehzahl von 1000 U/min ausgegangen, damit die später beschriebene Vereinfachung des Antriebes bei Querfuß-Feldhäckslern erreicht werden kann. Diese Drehzahl legt gleichzeitig den kleinsten möglichen Trommeldurchmesser fest, der ausreicht, um einen Wagen zu füllen (d. h. 3,5 m hoch und 6 m weit zu fördern). Dieser Durchmesser wurde für mittlere Leistungen mit 520 mm als Minimum — bei entsprechender Düsen- und Schaufelanordnung — ermittelt, während für große Durchsatzleistungen Durchmesser bis zu 750 mm in Frage kommen.

Versuchsordnung

Die obigen Überlegungen (Schneid-Trommel mit gleichzeitigem Wurf; Breite 400 mm; senkrechter Auswurf; Drehzahl 1000; Durchmesser 520) legten die allgemeinen Kennzeichen eines solchen kleineren Trommel-Feldhäckslers fest und führten zu einer Versuchsordnung nach Bild 4. Hiermit war zunächst zu klären, ob eine derartige Anordnung im Vergleich zum Scheibenrad-Feldhäckslern den gleich guten und exakten Schnitt vollziehen kann, welche Form den Messern zu geben ist, welche Anstell- und Wurfwinkel vorhanden zu sein haben, welche Durchsatzleistungen und Schnittlängen derartige Trommeln in den verschiedenen Gütern erreichen und welche Leistungsaufnahme dabei entsteht. Die Zuführung mit federnd arbeitenden Vorpreßwalzen, Glattwalze und endlosen Förderer sowie die Ausbildung der Gegenschneide und des Gehäuses wurde mit Absicht konventionell ausgebildet, das heißt dem bewährten Stand der Technik entnommen. Auch die Häcksellänge wird wie üblich durch die Messerzahl (1,2,3,6) sowie Verstellung der Zuführungsgeschwindigkeit variiert.

Als Häckselgüter wurden einheitlich drei als Schwerpunktmaterialien ausgewählt, und zwar

1. Anwelksilage bestehend aus Klee, Gras und dergleichen mit etwa 35 . . . 50% Trockensubstanzgehalt;
2. Trockengut (Stroh und Heu), wobei beide, wenn trocken, verhältnismäßig ähnliche technologische Eigenschaften haben;
3. Silomais, der infolge seiner Länge und Sperrigkeit, sowie wegen der Kolbenanteile vollkommen andere Ansprüche stellt.

Die nachfolgenden Messungen beziehen sich also vereinfacht auf die drei Häckselgüter Anwelkgut, Trockengut und Silomais, wobei für Durchsatzmengen zwischen 2 und 20 t/h das Verhalten

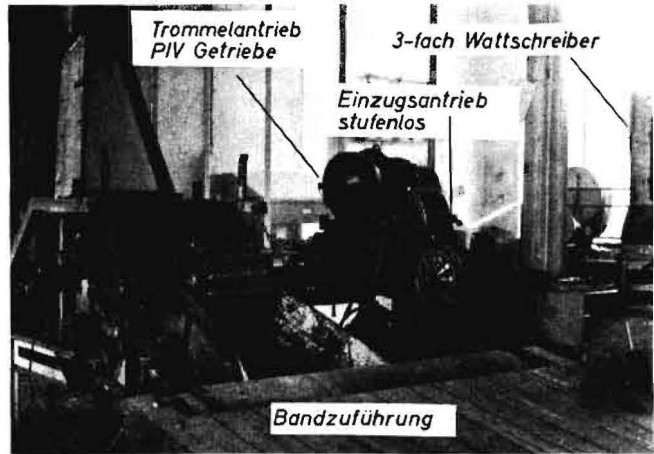


Bild 3: Trommel-Prüfstand

der Trommeln zu untersuchen und die dazugehörige Leistungsaufnahme zu überprüfen war.

Im übrigen wurden mit gutem Erfolg auch Holzbretter zerhäcksel und so Haltbarkeitsbeobachtungen angestellt.

Konstruktive Ähnlichkeiten und Abweichungen bei Scheibenrad- und Trommel-Feldhäckslern

Ausgangspunkt — sozusagen Null-Linie — mußte bei den Untersuchungen immer der Schneid- und Wurfvorgang bei Scheibenrad-Feldhäckslern sein, der weitgehend erforscht ist [4 . . . 7].

Ähnlichkeiten zwischen Scheibenrad- und Trommel-Feldhäckslern bestehen unter den obengenannten Voraussetzungen zunächst vor allem darin, daß beide mit einem einzigen rotierenden Maschinenelement der Scheibe beziehungsweise der Trommel schneiden und werfen. Beide sollen einen zugeführten Preßstrang von 400 mm Breite durchschlagen, sauber und in einstellbaren Längen schneiden und zur Wagenbefüllung über die schon oben angegebene Höhe und Weite (3,5 m hoch, 6 m weit) werfen. Scheibenrad-Feldhäckslern weisen hierzu abweichend vom Trommel-Feldhäckslern zwei getrennte Werkzeuge (Messer- und Wurf-schaufln) auf. Auch bei der Trommel ist es denkbar [8], getrennte Schneid- und Wurfwerkzeuge anzuordnen. Neuerdings werden Wurf-schaufln und Messer jedoch fast durchweg in einem Bauelement zusammengezogen, so daß für Trommel-Feldhäckslern die Aufgabe darauf hinausläuft, für beide Funktionen (Schneiden und Werfen) ein Optimum zu erreichen.

Bild 5 zeigt einen Anordnungs- und Größenvergleich zwischen Scheibenrad und Trommel, wobei gleiche Mundstücksbreite von 400 mm angenommen ist, woraus folgende bemerkenswerte Hinweise abzuleiten sind:

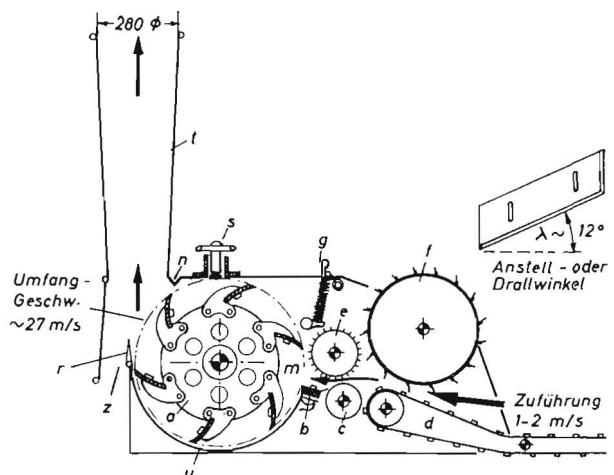


Bild 4: Gesamtanordnung des Trommel-Prüfstandes

Breite = ~400 mm; Trommeldurchmesser = 520 mm; $n = 1000$ U/min; Eingebaut Sechs-Messer-Trommel mit gewölbten Messern (Form 8c)

Bezeichnungen: a) Trommel; b) Gegenschneide; c) Glattwalze; d) Förderer; e) Vorpreßwalze; f) Annahmewalze; g) Feder für Vorpreßrichtung; m) Mundstücke; s) Schleifvorrichtung; u) Gehäuseboden; r) Richtklappe; n) Gehäuse-nase; t) Auswurf-turm (senkrecht); z) Zuluft; Schnittzahl: 100/s

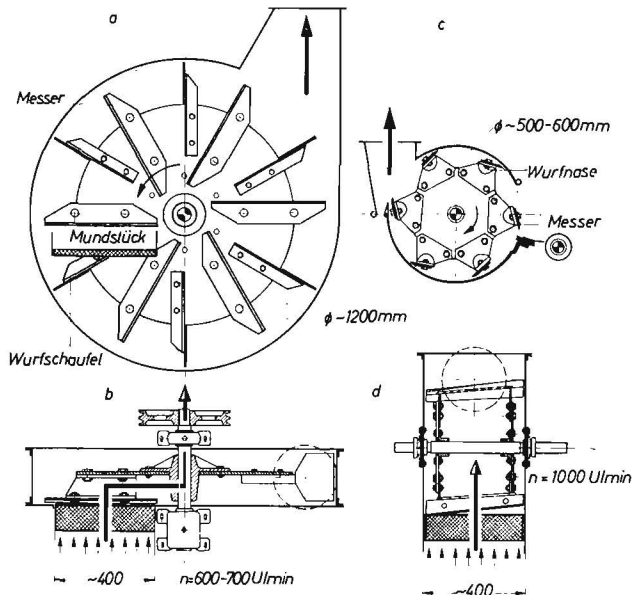


Bild 5: Größenvergleich zwischen Scheibenrad und Trommel bei gleicher Mundstücksbreite
(a, b — Scheibenrad; c, d — Trommel)

Die Messergeschwindigkeit vor dem Mundstück beim Scheibenrad — die heute üblichen geraden Messer vorausgesetzt — ist sehr unterschiedlich und reicht von 15 m/s innen bis 45 m/s außen.

Bei der Trommel ist sie konstant und im vorliegenden Fall (Durchmesser 520, Drehzahl 1000) 27 m/s. Die überall gleiche Schnittgeschwindigkeit der Trommel kann für die Häckselgüte günstig sein.

Anders ist es beim Werfen. Die Wurfchaufeln der Scheibenräder laufen im allgemeinen mit rund 45 m/s am Umfang gegenüber nur 27 m/s bei der Trommel, so daß man folgern könnte, daß der Scheibenrad-Feldhäcksler in bezug auf das Werfen — also die sichere Wagenbefüllung — im Vorteil ist. Praktische Versuche am Feld mit der erwähnten Bauart haben jedoch erwiesen, daß diese Befürchtung bei richtiger Ausbildung gegenstandslos ist und auch eine kleine Trommel der genannten Mindestabmessungen und Drehzahl durchaus bei allen Gütern die zu stellenden Wurfbedingungen erfüllt.

Aus Bild 5 geht aber vor allem weiter hervor, um wieviel kleiner sich eine schmale Trommel gegenüber dem Scheibenrad dimensionieren läßt, und zwar mit der Hälfte des Aufwandes. Das hat folgende Gründe: in den Bildern 5b und 5d ist der Kräfteverlauf bei Scheibe und Trommel dargestellt, wobei das Häckselgut beim Schneiden die Scheibe „über Eck“ zu drücken versucht und die Scheibenwelle zusätzlich auf Biegung beansprucht ist, so daß Scheibe und Welle — wie praktisch auch überall anzutreffen — außerordentlich kräftig und schwer gebaut werden müssen. Bei der Trommelbauart treten dagegen (nach Bild 5d) mehr Zugbeanspruchungen im Trommelgehäuse auf, die mit wesentlich geringerem Materialaufwand beherrscht werden können. Wägungen ergeben für die normale sechsmesserige Scheibe 120 kg, für eine sechsmesserige Trommel obiger Abmessungen 62 kg.

Es sind aber auch noch weitere Vergleiche zwischen Scheibe und Trommel bemerkenswert. Nimmt man eine heute übliche Scheibe mit sechs Messern und 600 U/min, so wird der Preßstrang 60mal je Sekunde durchschlagen. Eine Trommel mit sechs Messern und 1000 U/min hat dagegen bereits eine Schnittzahl von 100 Schnitten je Sekunde. Der Trommelhäcksler würde also entweder rund zweimal kürzer häckseln oder die Strangdicke könnte etwa halb so dick sein.

Aus dem Vorhergehenden ist das Aufkommen vielmesseriger Schneidtrommeln mit hoher Drehzahl in den USA zu verstehen [9]. Mit einer zehnmesserigen Trommel und 1200 U/min wird die Schnittzahl bereits 200, die Strangdicke kann also 3mal dünner werden, was für große Durchsatzleistungen von 20 bis 80 t/h und kurzem Schnitt (dem sogenannten Mikro-cut) große Bedeutung hat.

Von der Konstruktion her ist also die Trommel nicht nur für den Bau besonders handlicher und kleiner Häcksler, sondern auch gerade für Groß-Häcksler mit Spitzenleistungen ein durchaus beachtliches Bauelement. Leichtere Bauart und die Hoffnung auf gesenkte Leistungsaufnahme stehen dabei im Vordergrund, wobei ein anerkannter Vorteil der Trommel das leichte Scharfhalten der Messer ohne Ausbau noch besonders zu erwähnen ist. Einmal ergibt sich durch ein solches „Überziehen“ der Trommel mit einem eingebauten Schleifstein (Außenschliff) eine wesentlich erleichterte Handhabung, denn das Ein- und Ausbauen und Schleifen der schweren Messer (drei Stunden) bei der Scheibe nach jeweils sechs- bis zwölfstündigem Einsatz ist kaum zumutbar. Zum anderen wird aber (weil, wie immer wieder festgestellt werden konnte, das Fahren mit stumpfen Messern der Hauptgrund für Schwergängigkeit in der Praxis ist) ein leicht scharf zu haltender Häcksler in der Anwendung auch kraftsparender sein. Aus den obigen Gründen wurden bei den Prüfstand-Untersuchungen nur außen-schliffbare Trommeln in Betracht gezogen und besonderes Augenmerk darauf gerichtet, ob sich dadurch etwa (was, wie nachstehend beschriebene Versuche zeigen, nicht der Fall ist) ein höherer Leistungsbedarf ergibt.

Der Schnitt- und Wurfvorgang

Die von Schneid-Wurf-Messern zu erfüllenden Forderungen sind vielgestaltig und gehen unter anderem aus den Bildern 2, 7 und 10 hervor.

Im Vordergrund stehen:

1. äußerst robust gegen Fremdkörper und verbiegungssteif gegen Schnitt- und Fliehkräfte;
2. herstellungsmäßig einfach;
3. leicht auswechselbar;
4. den Preßstrang an der Gegenschneide sauber und möglichst leichtgängig durchschlagen;
5. an der Gehäusewand entlang mit möglichst wenig Energieaufwand (sog. Schleppeistung) fördern;
6. an der Richtklappe sauber abzulösen;
7. an der Gehäuse Nase nicht zu wickeln;
8. das Material so stark beschleunigen zu können, daß ein Wagen unter allen Verhältnissen befüllt wird.

Natürlich sind bei so vielen Forderungen immer wieder neue Lösungen versucht worden. Die Bilder 2, 6 und 8 zeigen einige der wichtigsten Bauarten. Die Ausbildung der Messerkante für einen exakten Schnitt und gute Leistungsfähigkeit des Häckslers hat für Scheibenrad wie für Trommel Parallelen. Verschiedene im Scheibenrad-Feldhäcksler-Bau übliche Anordnungen sind zunächst auf Bild 6 oben dargestellt. Bild 6a zeigt die konventionelle europäische Scheibenradbauart, die die Messerkante vielfach parallel am Mundstück entlang führte, wobei das Messer teilweise noch — um einen ziehenden Schnitt zu erreichen — spiralförmig ausgeführt war. Modernere Häcksler mit geraden Messern weisen dann bekanntlich eine gewisse Schräglänge des Messers zur Bewe-

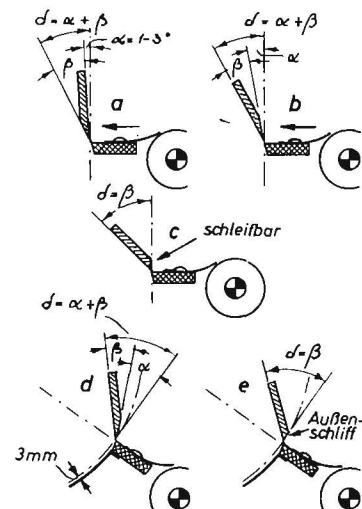


Bild 6: Messerwinkel bei Scheibenrad und Trommel

gungsrichtung, wobei der Freiwinkel α beim sogenannten Harvestoreschnitt 3 bis 5°, bei den Vorschlägen nach DUFFEE und BERGE [5] bis zu 25° beträgt. Diese Anstellung des Messers von 25° ist nötig, um sowohl kurzen Häcksel als auch die größeren Schnittlängen bei Belüftungsheu einwandfrei verarbeiten zu können [5]. Bild 6c zeigt, daß auch das Schleifen von Scheibenrad-Feldhäckslern möglich ist und an neueren Modellen auch wieder durchgeführt wird³⁾, wobei man jedoch — wie beim Trommel-Feldhäckslern — eine gewisse Flächenberührung während des Schnittes in Kauf nehmen muß. Es wird noch zu klären sein, ob dies nachteilig ist.

Messerkante und Gegenschneide beim Trommel-Feldhäckslern

Die Bilder 6d und 6e zeigen Beispiele untersuchter Messerkanten und Gegenschneiden beim Trommel-Feldhäckslern. Bezüglich der Gegenschneide ist zunächst zu sagen, daß diese in der Versuchsanordnung um 3 mm zurückgeschliffen wurde, weil das Trommelgehäuse im allgemeinen mit nur 3 mm Spiel um die Trommel verlegt werden darf, (die diesbezüglichen früheren Feststellungen [7] haben sich auch in unseren Versuchen bestätigt). Springt also die Gegenschneide vor, so berührt sie im vorderen Punkt die Messerkante. Ist letztere wie in Bild 6d bis auf Null angephast, so muß sich nach verbreiteter Ansicht der beste Schnitt ergeben, denn Messerkante und Gegenschneide berühren sich dann nur in einem Punkt beziehungsweise über das Messer hinweg auf einer Linie (nicht einer Fläche) und treten dann wieder zurück. Bei einem außengeschliffenen Messer (Bild 6e) über die volle Messerdicke von 10...12 mm ist die Berührung länger. Es ist zwar noch eine Punkt- oder Linienberührung vorhanden, da die Gegenschneide zurückgeschliffen ist, aber immerhin könnte ein Klemmen durch nachschiebendes Gut zwischen Messerschiff und Gegenschneide eher auftreten. Bei der oben erwähnten Bedeutung außengeschliffener Messer war es wichtig, zu diesen Zusammenhängen durch Versuche Hinweise zu geben. Feldversuche scheiden — da zu ungenau — hier völlig aus; auch der stationäre Bandversuch, bei dem einmal die eine, einmal die andere Trommel unter sonst gleichen Beschickungsbedingungen geprüft wird, brachte keine Aussage. Erst mit der elektronischen Messung von verschiedenen Messern auf ein und derselben Trommel konnten

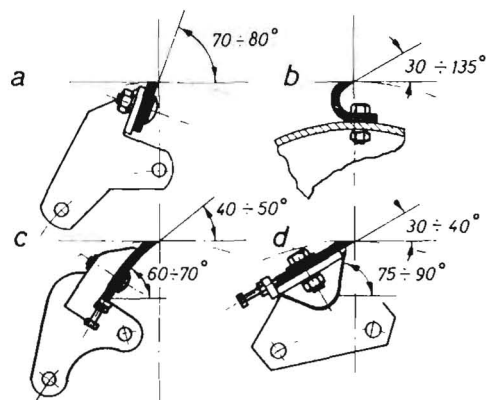


Bild 8: Wurfmesserformen

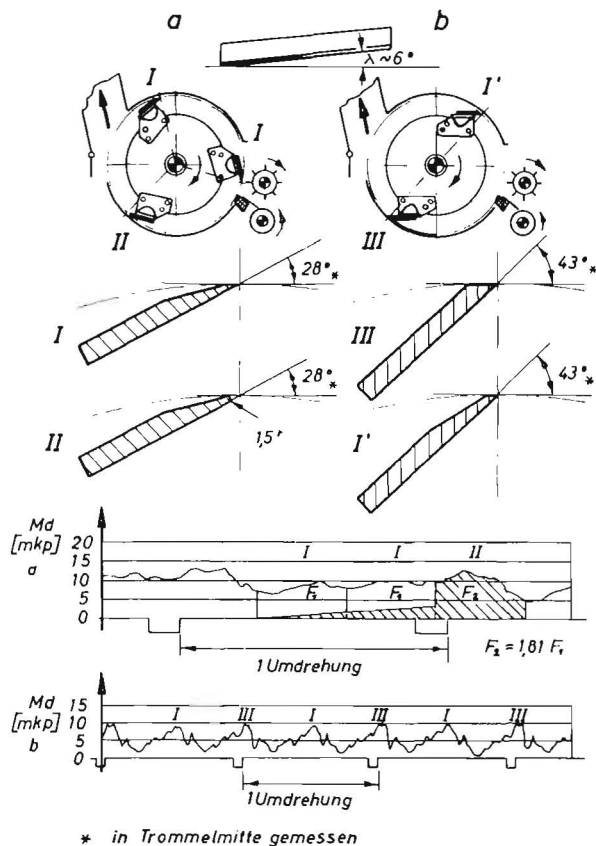
a) gerades Messer; b) stark gewölbtes Wurfmesser; c) gewölbtes Messer; d) gerades Messer mit Wurfnaase

Einblicke erhalten werden. Auch der Einfluß der Messerschärfe, sowie der Abstand von Messer-Gegenschneide konnte auf diese Weise elektronisch untersucht werden. Bild 7a zeigt drei Messerformen auf ein und derselben Trommel montiert, und zwar ganz angephast und stumpf; dazu das entsprechende Oszillogramm. Bild 7b zeigt zwei Messerformen auf einer Trommel montiert, und zwar ganz angephast (I) und außengeschliffen (III). In den Diagrammen zeigt sich, daß bei einer Verwendung eines stumpfen Messers im Vergleich zu einem scharf geschliffenen eine außerordentliche Beanspruchungsspitze auftritt, während sich die zwei Messerformen I und III kaum unterscheiden. Daraus wäre zu folgern, daß (bei einer um 3 mm zurückgeschliffenen Gegenschneide) ein außengeschliffenes Messer nicht schwerer gängig ist als ein bis auf Null angephast oder hinterschliffenes Messer. Während die Verwendung von stumpfen Messern oder ein zu großer Abstand von Gegenschneide und Messer einen durchschnittlichen Mehrbedarf von 80 bis 100%, bei großem Durchsatz sogar von 300% ergab, zeigten häufig wiederholte Vergleiche im Oszillogramm, daß linienberührende Messer nach I gegen außengeschliffene Messer nach III meßbare Unterschiede nicht aufweisen, zum mindesten aber auch mit dieser exakten Meßmethode nicht feststellbar sind. Gut meßbar war dagegen der Einfluß der Schärfe des Messers und der des Messerabstandes.

Es war nicht Aufgabe der Versuche, für Scheibenrad-Feldhäckslern genaue Messungen durchzuführen, aber auch hier könnte ein näheres Eindringen in die Vorgänge zwischen Gegenschneide und Messern durch oszillographische Messungen wahrscheinlich Einblicke bringen. Es wäre beispielsweise vorstellbar, daß auch auf Scheiben verschiedene Messerformen (mit verschiedenen Anstellwinkeln) montiert werden und die bislang mehr oder weniger gefühlsmäßig und empirisch entwickelten und viel diskutierten Anordnungen nach 6a, b oder c in ihrem Verhalten wirklich meßbar werden.

Einfluß der Wurfmesserform

Aber nicht nur der Schnitt und die Vorgänge um denselben, sondern auch die Bauform der Wurfmesser ist im vorliegenden Zusammenhang von grundsätzlicher Bedeutung. Einige Beispiele von Wurfmesserformen zeigen die Bilder 8a bis 8d, von denen a, c und d genauer, teils auch elektronisch untersucht wurden. Alle Messer sind außen schleifbar. Vergleicht man die Formen zunächst ansichtsmäßig, so stellt die Form in Bild 8a ein gerades, einfach herstellbares Messer dar, das fast radial gestellt ist (Anstellwinkel δ etwa 75°), wie es in kleineren Feldhäckslern bekanntgeworden ist⁴⁾. Bild 8b zeigt ein stark gewölbtes, wie eine „Wurfhand“ geformtes Messer (δ geht von 30° außen bis auf 135° innen), das einen besonders sicheren Wurfefekt erreichen soll. Diese Form wird von einem in großen Auflagen produzierten verfahren Trommel-Feldhäckslern verwendet⁵⁾. Eine weitere Messerform zeigt Bild 8c, mit einer nicht so starken Wölbung und einem Anstellwinkel δ von außen 42° innen bis auf 60° ansteigend. Diese Messerform wird ähnlich in Großserien zweier Firmen verwendet⁶⁾. Eine



* in Trommelmitte gemessen

Bild 7: Elektronischer Vergleich — Einfluß von Messerschärfe und Anstellwinkeln

I und I' angephast, II stumpf, III Außenschliff

³⁾ Scheibenrad-Feldhäckslern der Maschinenfabrik Fahr AG (Modell 1962)

⁴⁾ Trommel-Feldhäckslern der Fa. IF (Modell SL)

⁵⁾ US-Patent 2 450 277 (Allis Chalmers)

⁶⁾ Feld-Harvester der Fa. IHC (Modell No 15)

Forage-Harvester der Fa. New Holland (Modell 616)

weitere Messerform⁷⁾ (Bild 8d) zeigt gerade, leicht herstellbare Messer und vor den Messern Wurfnasen. Dadurch soll ein günstiger Schnitt mit verhältnismäßig geringem Anstellwinkel ($\delta \sim 30^\circ$) erreicht werden. Für die Wurfnahe ist aber ein großer Winkel δ mit $75 \dots 90^\circ$ vorgesehen, um auch einen guten Wurfefekt zu erzielen. Die Wurfnasen können innen leicht gewölbt sein und als stromlinienförmig bezeichnet werden. Sie bilden gleichzeitig eine sehr steife Schweißkonstruktion gegen die Flieh- und Schneidkräfte, die auf die Trommel wirken.

Bei den Untersuchungen wurden die in den Bildern 8a, 8c und 8d dargestellten Formen näher untersucht; sie sind auf Grund unserer Messungen wie folgt zu beurteilen:

Die Bauart (8a), bei der die geraden Messer nur unter einem geringen Drallwinkel λ bis zu 5° mehr als Schlagleisten ausgebildet sind, ist am einfachsten. Sie ergibt durch den fast senkrechten Anstellwinkel δ ($75 \dots 90^\circ$) einen guten Ablöse- und Wurfefekt, der durch entsprechend höhere Luftleistung noch verstärkt wird. Die Bauart ist jedoch nur für geringe Schneidleistungen geeignet, da schon mit zunehmendem Schnittpolster ab 3 cm Dicke starke Kraftspitzen, die sowohl elektrisch als auch elektronisch gemessen werden konnten, einen unruhigen Lauf der Trommel und ein starkes Vibrieren des Häckslers hervorrufen (vgl. Bild 9 unten).

Am interessantesten und für alle hier geforderten Leistungen ausreichend wurde die Bauart (8c) erkannt. Zunächst wäre vielleicht zu erwarten gewesen, daß mit der Form (8d) (Wurfnasen) ein besonders guter Wurfefekt bei gleichzeitigem guten und leichten Schneideffekt und geraden, leicht herstellbaren Messern zu erzielen sei. Vergleichsversuche haben aber ergeben, daß beide Messerformen (8c und 8d) bezüglich des Wurf- und Schneideffektes gleich zu beurteilen sind. Letzteres wurde durch elektronische Vergleiche erhärtet. Montiert man auf ein und dieselbe Trommel die beiden Messerformen (8c = IV und 8d = III), so kann man mit großer Genauigkeit feststellen (Bild 9), ob das eine oder das andere Messer auf die Gegenschneide einen stärkeren Schlag ausübt beziehungsweise durch diesen Schlag die Trommelwelle, die in bekannter Weise mit Dehnungsmeßstreifen ausgerüstet war, mehr oder weniger verdreht wird. Während sich bei anderen Messungen erhebliche Unterschiede nachweisen ließen, zeigte sich bei der Form (8c) gegenüber (8d) kein meßbarer Unterschied, so daß sie in bezug auf Leistungsaufnahme gleich zu

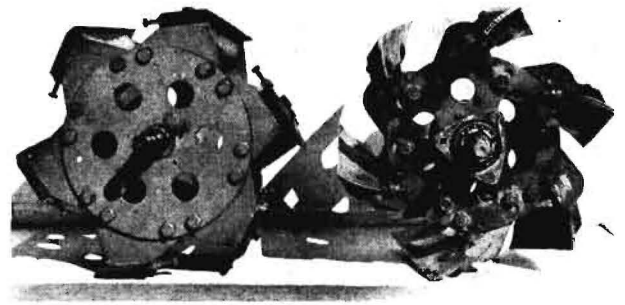


Bild 10: Zwei als gut erkannte Trommeln in der Form (8d) und (8c)

beurteilen sind und im übrigen auch bei den Wurfweitenermittlungen etwa gleich gut abschneiden. Andererseits hat sich die Form (8c) als schluckfähiger und annahmefreudiger erwiesen als die Form (8d), was zweifellos auf den stärkeren Anstellwinkel und die Wölbung des Messers zurückzuführen ist. Bei der Form (8d), besonders wenn die Messer nur auf 30° angestellt sind, verschließen die schnell umlaufenden Messer, wenn sechs auf die Trommel montiert sind, zweifellos die Eintrittsöffnung bis zu einem gewissen Grad, was bei der Form (8c) nicht beobachtet werden konnte. Die Form (8d) wäre zumindest auf einen größeren Anstellwinkel anzustellen, um mindestens auch bei kleineren Trommeln mit sechs Messern die gleiche Annahmefreudigkeit wie Bauform (8c) zu gewährleisten. Andererseits soll nicht verkannt werden, daß Trommeln nach der Bauform (8d) leichter herzustellen sind, obwohl die Form (8c) bei entsprechenden Vorrichtungen und Gesenken durchaus ebenfalls wirtschaftlich hergestellt werden kann. Die beiden hier besonders herausgestellten Trommeln sind in Bild 10 abgebildet. Sie dürften Bauformen darstellen, die den eingangs gestellten vielfachen Forderungen bereits weitgehend entsprechen, obwohl Verbesserungen in Einzelheiten zweifellos noch möglich erscheinen.

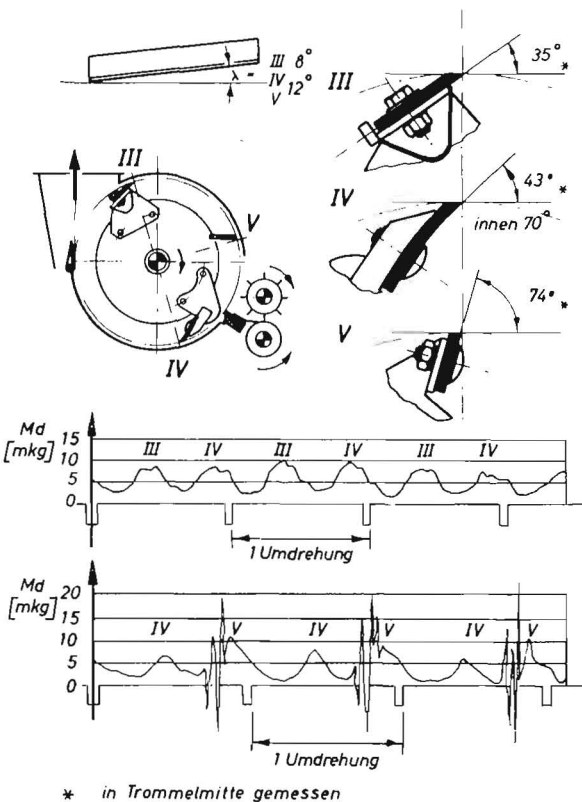
Die Leistungsaufnahme für das Werfen

In Hinblick auf die früher verwendeten Gebläse hinter den Schneidtrommeln, die etwa die gleich hohe Leistungsaufnahme wie die Trommeln hatten, ist es interessant festzustellen, wie hoch nun die Leistungsaufnahme für das Werfen bei solchen Trommeln ist. In angenäherter Form wurde dies bei den Versuchen zunächst dadurch ermöglicht, daß man den Gehäuseboden abnahm und dann einmal nur die Leistungsaufnahme für das Häckseln maß und unter häufiger Wiederholung entweder nur schnitt oder schnitt und warf. Es zeigte sich, daß, gleichgültig ob nur geschnitten oder am Gehäuseboden entlang gefördert und geworfen wurde, die Leistungsaufnahme verhältnismäßig gleich hoch war, so daß man zu dem Schluß kommen kann, daß das Werfen — wenn das Material erst einmal vorgepreßt, durchschlagen und beschleunigt ist — verhältnismäßig energielos erfolgt. Allerdings muß gesagt werden, daß solche Wurf trommeln durch die stärkere Messeranstellung schon im Leerlauf eine größere Leistungsaufnahme haben werden. Bei schmalen Trommeln ist diese aber gering und steht jedenfalls in keinem Vergleich zu der Leistungsaufnahme von nachgeordneten Gebläsen, die bekanntlich etwa die Hälfte der Leistungsaufnahme des ganzen Feldhäckslers ausmachen.

Um die Frage nach dem Leistungsbedarf für das Werfen noch näher zu ermitteln, werden zur Zeit Versuche durchgeführt, wie sich die sogenannte Schleppleistung am Gehäuseboden entlang für die einzelnen Wurfmesserformen verhält. Hängt man den Gehäuseboden federnd und schwingend um die Trommelmitte auf, so kann man den von den verschiedenen Messerformen erzeugten Kraftwechsel elektronisch messen und den Einfluß der einzelnen Messerformen (z. B. Wurfnasen) und des Anstellwinkels noch genauer bestimmen. Dabei ist anzunehmen, daß ein Messer mit geringem Anstellwinkel δ eine kleinere Schleppleistung, eine mit einem großen Anstellwinkel dagegen eine größere Schleppleistung aufweist, wobei allerdings in bezug auf den Wurfefekt immer der notwendige Kompromiß geschlossen werden muß.

Aber auch in dieser Richtung scheinen die Messerformen (8c und 8d) schon an einen guten Durchschnittswert heranzukommen.

⁷⁾ Forage-Harvester der Fa. New Holland (Modell 813)



* in Trommelmitte gemessen

Bild 9: Elektronischer Vergleich — Einfluß von drei Messerformen
III gerades Messer mit Wurfnahe; IV gewölbtes Messer, V gerades Messer steil gestellt

Wahl des Schnitt- oder Trommel-Drall-Winkels λ

Auch bei Trommel-Feldhäckslern ist versucht worden, durch einen mehr oder weniger starken Drall- oder Schnittwinkel λ eine Art ziehenden Schnitt und dadurch leichteren Gang zu erzielen. Die verschiedenartigen Bestrebungen in dieser Richtung gehen aus Bild 2 hervor. Die Untersuchungen ergaben aber, daß in bezug auf den Trommel-drall nur begrenzte Verbesserungsmöglichkeiten vorhanden sind. Auf der einen Seite ist ein starker Drall für Schneidwurf-trommeln nachteilig, weil das Material zu stark auf die eine Gehäusewand gedrängt wird und dort unnötige Reibungen an Wand und Düse erzeugt. Andererseits sind solche Messer außerordentlich schwer herstellbar und auch schlecht nachzustellen. In verschiedener Richtung gewendelte Messer nach Bild 2c [10] ergeben ebenfalls zu aufwendige Bauformen und zu schwierige Nachstellmöglichkeiten, auch ist ein gezielter Wurfefekt damit kaum zu erreichen. Bei den vorliegenden Versuchen wurde daher ein nur mäßiger Drallwinkel (6, 8, 12°) verwendet und erprobt. Als ein günstiger Bereich kann 10 . . . 12° empfohlen werden, weil dadurch auf der einen Seite das Zur-Seite-Drängen des Materials nur geringfügig auftritt und durch entsprechende Düsenausbildung leicht ausgeglichen werden kann, zum anderen ein gleichmäßiger Gang der Trommel — bei voller Messerzahl — erreicht wird, da die einzelnen Messer gegenüber der Gegenschneide länger im Angriff sind und nicht allzu plötzlich auf die Gegenschneide aufschlagen. Auch die Schwierigkeit der Herstellung bleibt durch die geringfügige Wendelung in tragbaren Grenzen.

Häcksellängen theoretisch und praktisch

Wie bereits eingangs erwähnt, erfolgte die Verstellung der Häcksellängen bei den Prüfstandversuchen in üblicher Form durch die Messerzahl, wobei für langen Häcksel ohne Wurf Nachteile nur zwei Messer verwendet wurden. Die Zuführgeschwindigkeit wurde zwischen 1 und 1,5 m/s variiert. Dann ergibt sich bei 100 Schnitten/s (6 Messer) und einer Zuführgeschwindigkeit von 1 m/s eine theoretische Häcksellänge von 1 cm, bei 1,5 m/s von 1,5 cm. Für Anweilsilage aus Gras und Klee wird im allgemeinen von der Praxis Streichholzlänge (etwa 4 cm) gewünscht. Für Silomais wird dagegen aus zwingenden Fütterungsgründen ein absolut homogener Kurzhäcksel von 1 bis 2 cm verlangt, für Belüftungsheu sind die größten Längen von 8 bis 12 cm erforderlich, da kürzere Längen zu dicht lagern würden.

Es hat sich jedoch im praktischen Betrieb auch bei anderen bewährten Fabrikaten gezeigt, daß wesentliche Abweichungen zwischen der theoretischen und tatsächlichen erreichten Häcksellänge festzustellen sind (Bild 11).

Eine theoretische Häcksellänge von 0,9 bis 1 cm (sechs Messer) ergibt bei annähernd gleicher Schwadstärke bei Mais eine praktische Häcksellänge von 1,2 bis 2 cm; bei Luzerne und Klee gras im ersten Schnitt von 1,5 bis 2,5 cm und bei Wiesengras im zweiten und dritten Schnitt von 2,5 bis 4,0 cm.

Bei zwei Messern und einem um etwa 50% schnelleren Einzug (1,0 auf 1,5 m/s) wird eine theoretische Häcksellänge von etwa 5 cm erzielt, die eine praktische Häcksellänge von 10 bis 15 cm ergibt und in der Regel für die Bergung von Belüftungsheu, Heu und Stroh ausreicht. Der Landwirt hat die weitere Möglichkeit, wenn er längeres Häckselgut wünscht, das Schwadgewicht zu verringern. In der Zukunft wird man hoffentlich mit diesen beiden Verstellmöglichkeiten auskommen. Um jedoch ein einheitlich exakt kurz oder länger geschnittenes Häckselgut zu erhalten und somit ein Auseinanderklaffen zwischen theoretischer und praktischer Häcksellänge zu vermeiden, sind folgende Vorkehrungen konstruktiv von besonderer Bedeutung:

1. Es ist wichtig, die Lage der Gegenschneide zur Trommel zu beachten; Bild 12 zeigt, wie man die Lage der Gegenschneide gegen die Schnittrichtung und mit der Schnittrichtung anordnen kann. Eine Verstellung mit der Schnittrichtung ergibt eine wesentlich bessere Annahme, erhöht jedoch die Häcksellänge. Das Gegenteil tritt ein, wenn die Gegenschneide entgegen der Schnittrichtung verstellt wird. Dann wird die Annahmefreudigkeit der Trommel geringer, die Einhaltung einer exakten Häcksellänge aber besser. Auch amerikanische Untersuchungen [11; 12] ergaben diesen Zusammenhang. Konstruktiv folgt hieraus, daß

es möglicherweise zweckmäßig sein kann, bei Trommel-Feldhäckslern die Gegenschneide verstellbar anzuordnen oder zumindest durch verschiedene Unterlagen die Lage verändern zu können, wobei es sich nur um kleine Winkelneigungen handelt; denn ein Anstellen der Gegenschneide um nur 3 . . . 5° gegen die Schnittrichtung ergibt schon eine wesentlich exaktere Häcksellänge, mit der Schnittrichtung eine bessere Annahme.

2. Die Bauart der Vorpreßeinrichtung ist auch beim Trommel-Feldhäckslern für die Einhaltung der Häcksellängen grundlegend wichtig. Die Vorpreßeinrichtung muß beispielsweise so ausgebildet werden, daß der Abstand der Vorpreßwalze vor der Trommel zum Trommelumfang nur wenige Millimeter beträgt und sich beim Öffnen nicht vom Trommelumfang entfernt. Ist dies zum Beispiel der Fall, so häckseln die Häckslern bei größeren Leistungen nicht mehr kurz genug. Bei der Versuchsausführung wurde die Vorpreßeinrichtung daher schwingend etwa um die Trommelmitte gelagert, was sich gut bewährt hat.
3. Die Ausbildung der inneren Vorpreßwalze selbst ist ebenfalls von großer Bedeutung. Sie muß durch Fächer und Zahnung so ausgebildet sein, daß sie das Material sicher und in allen Belastungsfällen festhält. Hierüber ist noch nicht das letzte Wort gesprochen. In Versuchen [11; 12] ist zum Beispiel eine sehr elastische Vorpreßwalze aus Kunststoff oder Gummi als günstig erkannt worden, damit besonders beim Mais nicht übereinanderliegende Kolben die Preßvorrichtung für Augenblicke außer Aktion setzen und neben dem dicken Kolbenmaterial Lieschblätter und dergleichen ungehäckseln durch die Trommel schlüpfen können. Diesem Vorschlag sollte weiter nachgegangen werden.
4. Ebenso ist darauf zu achten, daß seitlich rechts und links von der Trommel das Erntegut nicht ungehäckseln durchschlüpfen kann, so daß Einführungsmundstücke besonderer Art vorzusehen sind, welche die Trommel auch an den Rändern um einige Zentimeter abdecken^{*)}. Im übrigen wurde der PS-Bedarf der Vorpreßeinrichtung stets getrennt gemessen und im großen Durchschnitt der Versuche mit etwa 10 bis 20% der Gesamt-PS-Aufnahme festgestellt. Dies entspricht auch Feststellungen von anderer Seite [7]. Die Dicke eines Stranges, der beispielsweise 10 t Stundenleistung Anweilsilage zuführt, beträgt etwa 6 cm bei 40 cm Breite.

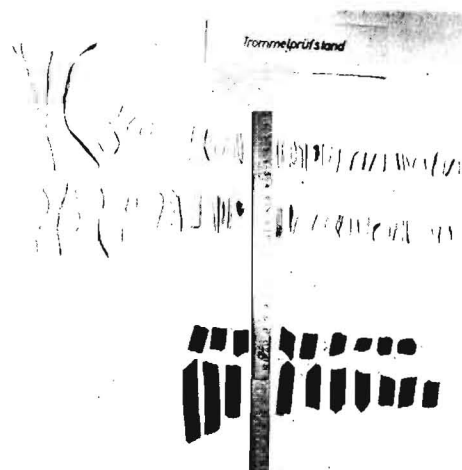


Bild 11: Häckselprobe des Trommel-Prüfstandes

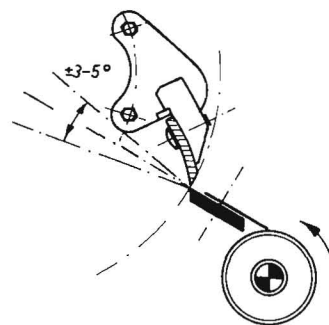


Bild 12: Einfluß der Stellung der Gegenschneide auf Häcksellänge und Annahme

^{*)} Maschine der Fa. Fox River Tractor Comp. (Modelle Super G und Custou 7)

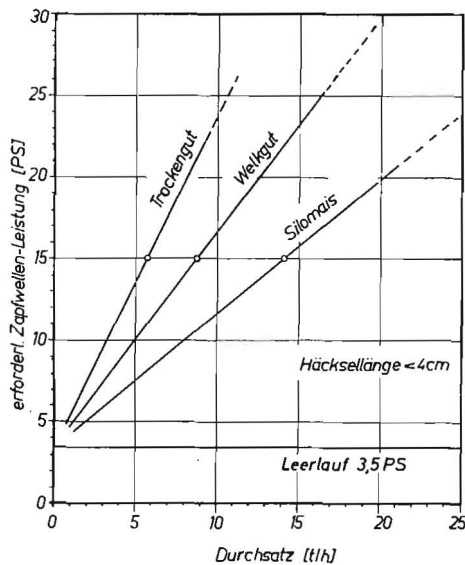


Bild 13: Durchsatzleistung und Leistungsaufnahme des Trommel-Feldhäckslers bei verschiedenen Gütern

Gemessene Durchsatzleistungen und Leistungsbedarf bei den drei Erntegütern

Bild 13 zeigt ein aus vielen Messungen und Wiederholungen zusammengestelltes Diagramm, welches die Durchsatzleistungen der Versuchseinrichtung und den Leistungsbedarf bei verschiedenen Gütern, (Trockengut, Anwelksilage, Silomais) bis 20 t/h zeigt. Hieraus geht hervor, daß man zum Beispiel mit 15 Zapfwellen-PS eine Stundenleistung von rund 6 t Trockenmaterial, 8 t Anwelksilage und 14 t Silomais erreichen kann, während man mit 25 PS 11 t Trockengut, 16 t Anwelksilage und 26 t Silomais erzielen müßte. Die kleineren Durchsatzleistungen reichen für kleinere Betriebe, die größeren für größere aus. Trockengut hat wegen seiner geringeren Feuchtigkeit im Diagramm die größten Verbrauchszahlen und bereitet bei über 5 t bei der 40 cm breiten Trommel mit 520 mm Durchmesser ohne Zwangszuführung auch bereits gewisse Zubringerschwierigkeiten. Immerhin entsprechen die unteren genannten Grenzen bereits recht beträchtlichen Durchsätzen. Bei Anwelksilage entspricht 8 t stündlichen Durchsatz beispielsweise einem doppelten Mähswad, was für die meisten unserer Betriebe bereits durchaus auskömmlich ist.

Bei den obigen Angaben handelt es sich allerdings um die sogenannte technische Leistung. Die landwirtschaftliche Leistung ergibt sich bekanntlich durch Abzug der landwirtschaftlich unvermeidbaren „Leerläufe“, die man erfahrungsgemäß mit 40 bis 60% ansetzen muß, aber auch dann sind die angegebenen Durchsätze durchaus auskömmlich.

Für den Praktiker ist ferner aus dem obigen Diagramm ein Rückschluß auf die nötige Schlepperstärke dadurch möglich, daß zu den genannten Zapfwellen-PS der Bedarf für die Vorfahrt des Schleppers und den Zug des Wagens addiert wird, der grob gerechnet, mit 6 PS für Zug, Vorfahrt und Wagen und 6 PS als Reserve angenommen werden kann. Man kann somit aus dem Diagramm ablesen, was ein Schlepper der 25-PS- oder 35-PS-Gruppe an Durchsatzleistungen erreichen kann.

Vergleiche mit Scheibenrad-Feldhäckslern

Man wird die Frage stellen, wie die vorliegende Trommelbauart sich nun gegenüber bekannten Scheibenrad-Feldhäckslern verhält und in welcher Höhe die Praxis gegebenenfalls PS-Ersparnisse erhoffen kann. Auch hier sind Feldversuche zu ungenau, aber man kann vor der Bandstraße des Prüfstandes einmal den einen, einmal den anderen Häckslers aufbauen und mit völlig gleichem Häckselgut und Belastungen beschicken und elektrisch durchmessen. Dabei ist es allerdings wichtig, daß die beiden Häckslers auch mit völlig gleich scharfen Messern und optimaler Einstellung für Häcksellänge und Wurfweiten verglichen werden, da sonst die Vergleiche nichts aussagen würden. In dieser Weise durchgeführte Versuche haben in den unteren Durchsatzleistungen Ersparnisse ergeben und bei sehr sorgfältiger Durchbildung des Trommel-Feldhäckslers

⁹⁾ Maschine der Fa. Fox River Tractor Comp. (Modelle Super 6 und Custom 7)

mögen sich auch noch gewisse PS-Ersparnisse erzielen lassen. Es muß aber gesagt werden, daß Senkungen in beträchtlicher Form nicht erwartet werden können. Genaue Angaben über PS-Ersparnisse sollen erst gemacht werden, wenn sie durch häufige Wiederholungen völlig gesichert sind, wobei noch zu bemerken ist, daß der Einfluß von stumpfen Messern oder zu großen Abstand zwischen Gegenschneide und Messern einen sehr viel größeren Mehrverbrauch erfordert (wie erwähnt 80 bis 300%) und somit den Einfluß der eigentlichen Feldhäckslersbauart immer stark überschatten wird. Am Feld können die Unterschiede noch größer werden, weil ein mehr oder weniger gefüllter Wagen oder einsinkende Räder auf weichem Boden oder hängigem Gelände den hauptsächlich PS-Bedarf verursachen kann, also wesentlich mehr in Erscheinung tritt als die Unterschiede der Bauart.

Allerdings wird ein besonders leichter Häckslers immer gerade in solchen Verhältnissen weniger PS zur Fortbewegung erfordern und auch ein leicht schleifbarer, also stets scharf zu haltender Häckslers wird an PS sparen. Aus diesen Zusammenhängen heraus wird die leichte Nachstellung der Messer sowie beste Materialsorten und die Standfestigkeit der Messer von größter Bedeutung. Auch für die Gegenschneide (Gewicht bei schmalen Trommeln nur 2,5 kg) sollte man sich nicht scheuen, gerade bei Trommel-Feldhäckslern besonders standfestes Material zu verwenden, da die Gegenschneide sechsmal so stark beansprucht wird wie die Messer selbst. Vergütete Chromstähle für die Gegenschneide sind heute erhältlich, und das könnte in der Praxis zur Folge haben, daß solche Häckslers in 80% der Fälle scharf, also leichtgängig gefahren werden (die Gegenschneide bleibt scharf und die Messer sind beim Trommel-Feldhäckslers durch den Außenschliff leicht scharf zu halten), während heute die Scheibenrad-Feldhäckslers in der Praxis in 80% der Fälle unscharf gefahren werden. Allerdings ist zu bemerken, daß erfreulicherweise in den letzten Jahren schon in bezug auf besseres Messer- und Gegenschneidmaterial bei den auf dem Markt befindlichen Häckslern viel unternommen worden ist.

In diesem Zusammenhang ist es auch bemerkenswert, daß auch die Selbstschärfung von Schneidmessern durch neuere Vorschläge aus den USA wieder mehr in den Vordergrund zu rücken scheint. Bei entsprechenden Materialpaarungen scheint es möglich, daß die Gegenschneide langsam an die Messer herangeschoben wird und diese dadurch laufend nachschärft. Diese Möglichkeiten sollten im Auge behalten werden, weil dadurch weitere Verbesserungen im Feldhäckslersbau möglich erscheinen.

Auch die Steinsicherheit des Feldhäckslers, das heißt das Vermögen gegen Fremdkörper unempfindlich zu sein, spielt bei der Materialauswahl für Messer und Gegenschneide eine bedeutende Rolle. Bei Trommeln, die ein kleineres Schwungmoment haben als Scheibenräder, ist es dabei bekannt geworden, in den Antrieb wirkungsvolle Schersicherungsbolzen anzubringen⁹⁾ und so Messer und Gegenschneide bei außerordentlichen Belastungen vor den größten Schäden zu schützen.

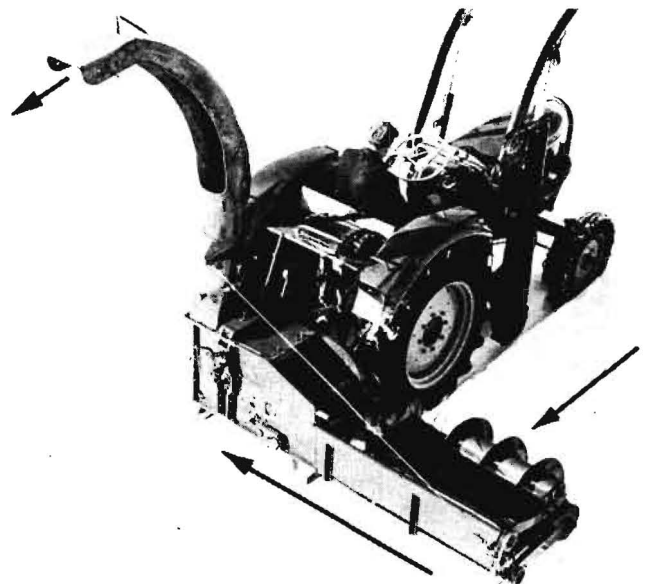


Bild 14: Kleiner Querfluß-Trommel-Feldhäckslers in der Schlepper-Dreipunkthydraulik

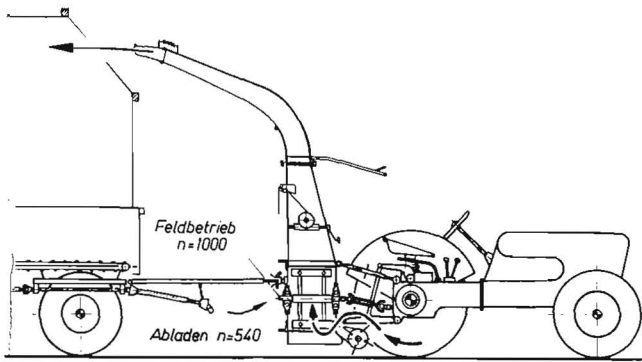


Bild 15: Anbau-Querfluß-Trommel-Feldhäcksler
Gesamtanordnung von der Seite

Über die Strömungsvorgänge wird in einer besonderen Abhandlung berichtet werden. Die Strömungsvorgänge in solchen letztlich als Querstromgebläse arbeitenden Trommeln sowie die Vorgänge um die Schaufeln selbst, das Abfließen des Materials hinter den Schaufeln ist bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 27 m/s nicht ganz leicht zu durchleuchten. Auch die Frage, ob Zuluft, bei welchen Häckselgütern und an welcher Stelle, ob in der Trommel oder an der Stellklappe, soll dabei noch näher geklärt werden. Zunächst sind mit einem langgezogenen Auswurfurm, der nicht zu eng zusammendüst, und einem Auswurfkrümmer herkömmlicher Bauart befriedigende Wurfweiten erzielt worden.

Vorschläge zu einem verkleinerten Anbau-Querfluß-Trommel-Feldhäcksler

Man kann die Gesamtanordnung nach Bild 4 längs und quer zur Fahrtrichtung des Schleppers anordnen. Die Längsanordnung solcher Trommeln wird in USA serienmäßig gebaut¹⁰⁾, besonders auch in Großfeldhäckslern teilweise selbstfahrend. Für größte Durchsatzleistungen, zum Beispiel zwei Reihen Mais und Durchsätzen von 60 t/h, dürfte die Längsanordnung das Gegebene sein. Für den vorliegenden Fall der Entwicklung eines leichteren und kleineren Feldhäckslers haben wir die Versuchsanordnung probeweise zu einer Querflußmaschine ausgebaut, welche angehängt, wegen ihrer geringen Abmessungen aber auch in die Dreipunktkupplung des Normalschleppers gehängt werden kann. Bild 14 zeigt eine Ansicht von hinten. Die Querflußanordnung ergibt eine ausgewogene Bauart dadurch, daß der schwere Häckslerteil unmittelbar hinter dem Schlepper angeordnet werden kann, während ein hochklappbarer leichter Ausleger für die Zuführung sorgt. Hierdurch ergibt sich auch ein leichter Übergang vom Feld auf die Straße und umgekehrt. Im kleineren Betrieb kann auf diese Weise die Arbeitseinheit Schlepper, Feldhäcksler und Wagen stets zusammenbleiben. Der Antrieb der Zapfwelle auf die Trommel ohne Winkelgetriebe wird vereinfacht. Bei Vorhandensein der 1000er Normzapfwelle im Schlepper kann der Zapfwellenantrieb wie in Bild 15 gezeigt, direkt auf die Trommel erfolgen und zur Einsparung besonderer Antriebe auch der Antrieb des Selbstentladungswagens nach Bild 15 durch die Trommel geleitet werden, wobei die im deutschen Schlepperbau bereits übliche wahlweise Schaltung der Zapfwelle auf 1000 und 540 erwünscht ist¹¹⁾.

Prototypen der dargestellten Anordnung wurden im Sommer 1962 und 1963 feldmäßig erprobt; zur Aberntung von Silomais kann ein Reihenschneidwerk angeordnet werden, das gegenüber der Aufnahmetrommel auswechselbar ist.

Die bisher festgestellten Leistungen haben befriedigt und entsprechen denen bekannter kleinerer Scheibenradhäcksler.

Die Erprobungen werden fortgesetzt. Das Gewicht dieses Anbau-feldhäckslers bleibt durch die Vereinfachung der Antriebe, Wegfall der Fahrgestelle und schmale Hochleistungstrommel — bei Anwendung von normalem Landmaschinen-Leichtbau — unter 450 kg, während gleichwertige Scheibenrad-Feldhäcksler zur Zeit 800 bis 1000 kg wiegen.

Hieraus ergibt sich, daß auf diesem Weg der Bau verkleinerter und damit verbilligter Exaktfeldhäcksler mittlerer Leistung in Aussicht steht.

¹⁰⁾ Forage-Harvester der Fa. New Holland (Modell 820/842)

Field-Harvester der Fa. IHC (Modell No 15)

¹¹⁾ Triebwerk Baureihe A 200 der Zahnradfabrik Friedrichshafen

Zusammenfassung

1. Im Verlauf der Untersuchung wurden schmale Trommeln (Durchmesser größer als Breite) als vorteilhaft erkannt und näher untersucht.
2. Diese Trommelbauart ist sowohl für den Bau von kleinen Häckslern (400 mm Breite, 520 mm Durchmesser) als auch für Groß-Feldhäcksler (Breite rund 600 mm, Durchmesser 750 mm) ein leistungsfähiges Bauelement.
3. Solche Schneidtrommeln erfordern infolge günstigeren Beanspruchungen einen bedeutend geringeren baulichen Aufwand, brauchen jedoch weder an Schnittgüte noch an Durchsatzleistungen gegenüber bekannten Scheibenrad-Feldhäckslern zurückzustehen und haben den Vorteil, daß die Messer leicht von außen zu schleifen sind.
4. Besonderes Augenmerk ist der Ausbildung von werfenden Messeranordnungen sowie den Verhältnissen um die Messerkante und der Gegenschneide zu widmen.
5. Der Einfluß der Messerschärfe und des Messerabstandes zur Gegenschneide, der Wurfform, des Anschleifens wurden durch Prüfstand-Versuche ermittelt.
6. Elektronische Vergleiche von verschiedenen Messerformen, auf ein und derselben Trommel montiert, brachten vertiefte Einblicke.
7. Während Schärfe und Messerabstand von der Gegenschneide großen Einfluß haben (bis 300%), konnten nachteilige Wirkungen von außen geschliffenen Messern nicht festgestellt werden.
8. Zwei Wurfmesserformen wurden als besonders brauchbar erkannt.
9. Die Leistungsaufnahme ist vor allem durch leicht scharfzuhaltende Messer und entsprechende Materialauswahl senkbar.
10. Durch Vermehrung der Messer, beispielsweise sechs auf acht oder zehn, ist die Schnitzzahl unter gleichzeitiger Drehzahlsteigerung fast beliebig zu erhöhen, und so auch größten Anforderungen in bezug auf Durchsatzleistung und Exaktschnitt zu entsprechen.
11. Die Ergebnisse der Untersuchungen führten zum Bau eines verkleinerten Anbau-Querfluß-Trommel-Feldhäckslers (450 kg Gewicht), der in den Sommern 1962 und 1963 in Welksilage, Trockengut und Silomais mit guten Leistungen ersten Erprobungen unterzogen wurde.

Schrifttum

- [1] GRIMM, K.: Schneid- und Wurfvorgänge in Trommel-Feldhäckslern. Dissertation. Veröffentlichung für 1964 vorgesehen
- [2] GRIMM, K. und H. LEYKAUF: Zeigte München eine klare Entwicklungstendenz im Feldhäckslerbau? Landtechnik 17 (1962), S. 574—580
- [3] DOLLING, C.: Untersuchungen über den Leistungsbedarf von Feldhäckslern. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 65—70
- [4] v. OW, K.: Beitrag zu den Versuchen mit Silohäckselmaschinen. Dissertation. TH, München 1934
- [5] BERGE, O. I.: Design and Performance Characteristics for the Flywheel-Type Forage-Harvester Cutterhead. Agricultural Engineering 32 (1951), S. 85—91
- [6] GÜTH, K.: Untersuchungen am Schneidvorgang von Gebläshäckslern. Landtechnische Forschung 2 (1952), S. 69—79
- [7] SEGLER, G.: Ein möglichst geringer Kraftbedarf. Landtechnik 6 (1951), S. 144—147
- [8] SEGLER, F.: DBP Patentschrift Nr. 873168
- [9] SEGLER, G.: Landtechnik. Zeitschrift VDI 105 (1963), S. 391—398
- [10] MESSNER, M.: DBP Patentschrift Nr. 955370
- [11] CLENDENIN, W. H., J. C. CORWITH und J. A. WALKER: The Development of a high capacity Forage Harvester. ASAE-Meeting 1962 Washington. ASAE-Paper No. 62—112
- [12] CLENDENIN, W. H., J. C. CORWITH und J. A. WALKER: Developing a New High-Capacity Forage Harvester. Agricultural Engineering 44 (1963), S. 186—189 und 44 (1963), S. 246—250

Résumé

Walter G. Brenner and Klaus Grimm: "Cutting and Throwing Processes in Drum Field Choppers".

In the course of the experiment narrow drums (diameter larger than width) have been found advantageous and examined more exactly. Its design is mostly appreciated for the construction of both small (width 400 mm, diameter 520 mm) and large field choppers (width about 600 mm, diameter 750 mm). Such cutting drums require a considerably lower constructional expenditure owing to more favourable stresses. However, as regards the cutting quality and rate of charging they do not lag behind the well-known disk-wheel choppers, and they are advantageous insofar as the knives can easily be whetted from the outside.

Special attention should be paid to the construction of throwing knife attachments as well as to the conditions near the knife-edge and the

counterknife. The influence of the knife's sharpness and distance on the counterknife as well as the effect of the throw form and whetting were determined in test-stand experiments. Electronical comparisons with various forms of knives mounted on one and the same drum deepened the impressions. While sharpness and distance of the knife from the counterknife exercise a great influence (up to 300%), disadvantageous effects of outside whetted knives could not be found. Two forms of throwing knives have been found especially suitable. By using knives which can easily be kept whetted and choosing the respective material the power absorption can be reduced. Increasing the number of the knives, for instance from six to ten, enables the rate of cutting to be increased to almost any rate, the number of revolutions being increased simultaneously. Thus the highest requirements with respect to the rate of charging and exact cutting can be met with.

Kühlung gedämpfter Kartoffeln

Bei der Konservierung gedämpfter Kartoffeln durch Einsäuern treten nach Feststellung des Instituts für Grünlandwirtschaft, Futterbau und Futtermittelkonservierung der FAL bei Heißeinlagerung etwa 8 bis 10% mehr Nährstoffverluste auf als bei Einlagerung mit tieferen Temperaturen. Auf Anregung der DLG-Futter- und Grünlandabteilung stellte deshalb das Institut für Landmaschinenforschung der FAL Untersuchungen über die technischen Möglichkeiten der Kühlung gedämpfter Kartoffeln an, worüber im Jahresbericht 1962 der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode kurz referiert wird.

Aus den in Betracht kommenden Möglichkeiten wurde für die Versuche die Kühlung gequetschter Kartoffeln mit Luft im Gegenstromverfahren ausgewählt. Luft steht im Gegensatz zu Wasser überall reichlich zu Verfügung; bei Wasserkühlung werden außerdem Nährstoffverluste vermutet.

Die im Institut gebaute Versuchsanlage besteht im wesentlichen aus einem 8 m langen und 0,5 m breiten, glatten Förderband, auf das ein rechteckiger Tunnel gesetzt ist, und einem Heubelüftungsgebläse, das Luft über das Band bläst. Im Tunnel rotieren an drei Stellen Zinkenwalzen, die die Kartoffeln auflockern und wenden. Zweigeteilt ist die Anlage transportabel.

In Vorversuchen bestätigte sich, daß die Kühlung gequetschter Kartoffeln wesentlich wirksamer ist als die ungequetschter. Die Versuchsanlage wurde auf verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben im unmittelbaren Anschluß an eine kontinuierlich arbeitende Dämpfanlage mit einem Durchsatz von 2,4 t/h eingesetzt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen waren: Es ist möglich, die Kartoffeln mit vertretbarem Aufwand auf 40 bis 35° C abzukühlen. Dazu werden etwa 10 kg Luft pro kg Kartoffeln benötigt. Zur Abkühlung auf 30 bis 28° C ist die doppelte Luftmenge erforderlich. Die Wärme wird hauptsächlich durch Lufterwärmung und durch Verdunstung von Wasser aus den Kartoffeln abgeführt. Das Verhältnis beider Arten der Wärmeabfuhr zueinander ist temperaturabhängig. Bei niedriger Lufttemperatur sind beide etwa gleich stark beteiligt. Bei höherer Außentemperatur sinkt der Anteil der Wärmeabfuhr durch Lufterwärmung, während der Anteil der Verdunstungskühlung steigt. Infolgedessen ist der Kühlerfolg relativ wenig temperaturabhängig. Seine Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit muß noch geklärt werden.

Der Einfluß der Bandgeschwindigkeit auf die Abkühlung war im Bereich zwischen 6 und 17 cm/s nicht sehr groß. Die größere Schichtdicke bei kleiner Bandgeschwindigkeit bewirkt eine bessere Ausnutzung der Kühlluft. Dabei sind mehrere Wendeeinrichtungen erforderlich, die die Kartoffelschicht immer wieder gründlich auflockern und wenden.

In einem längeren Tunnel erwärmt und sättigt sich die Kühlluft besser und intensiver als in einem kurzen. Will man eine derartige Anlage kürzer bauen, so wird man die Bandbreite vergrößern, die Bandgeschwindigkeit herabsetzen, vielleicht auch ein stärkeres Gebläse verwenden müssen.

Der Energieaufwand für die gesamte Anlage betrug höchstens 3,2 kW, war also niedrig.

Die Versuche haben bewiesen, daß das gewählte Verfahren rentabel sein kann. Weitere Untersuchungen werden hauptsächlich von den Versuchen über die günstigste Einlagerungstemperatur abhängen.

Owing to the results of the experiments a reduced mounted drum cross-flow field chopper (weight 450 kg) was built and tested satisfactorily with wilted silage, crops to be dried and silage maize in the summers of 1962 and 1963.

Walter G. Brenner et Klaus Grimm: «Les phénomènes de coupe et de projection dans les hacheuses mobiles à tambour.»

Au cours des recherches, on a reconnu comme avantageux et examiné plus en détail les tambours étroits dont le diamètre est plus grand que la largeur. Ce type de tambour constitue un élément de construction valable aussi bien pour les petites hacheuses (largeur 400 mm, \varnothing 520 mm) que pour les hacheuses puissantes (largeur environ 600 mm, \varnothing 750 mm). Etant donné les sollicitations réduites auxquelles ces tambours de coupe sont soumis, ils peuvent être fabriqués à un prix de beaucoup inférieur à celui des hacheuses à disques sans que la qualité de coupe et les débits soient inférieurs. Ils offrent en outre l'avantage que les couteaux peuvent être affûtés de l'extérieur.

Une attention particulière doit être consacrée à la conception des couteaux projectifs ainsi qu'aux rapports entre le bord des couteaux et la contre-lame. On a déterminé pendant les essais au banc l'influence du tranchant des couteaux, de la distance des couteaux par rapport à la contre-lame, de la forme à donner aux couteaux en vue de la projection et du mode d'affûtage. On a acquis des connaissances plus approfondies par la comparaison électronique des différentes formes de couteaux dont on a garni le même tambour. Tandis que le tranchant et la distance entre les couteaux et la contre-lame ont une grande influence (300%) on n'a pu constater que l'affûtage des couteaux de l'extérieur ait une influence désavantageuse. Deux formes de couteaux à projection se sont montrées particulièrement avantageuses.

L'absorption de puissance peut être abaissée en particulier par l'utilisation de couteaux dont l'affûtage est facile et par le choix d'un matériau approprié. On peut augmenter à volonté le nombre de coupes en utilisant un nombre de couteaux plus élevé par exemple six ou dix et en augmentant en même temps le nombre de tours, et on peut ainsi répondre aux exigences les plus élevées quant au débit et à la précision de coupe.

En profitant des résultats de recherches on a construit une petite hacheuse à tambour portée (450 kg de poids) et à écoulement transversal qui a subi les premiers essais pendant les saisons 1962 et 1963 et a été utilisée avec succès pour la récolte d'ensilages flétris, de fourrage sec et de maïs à ensiler.

Walter G. Brenner y Klaus Grimm: «Fenómenos de corte y de lanzamiento en cortapajas de tambor en el campo.»

En el curso de las investigaciones se ha echado de ver que los tambores estrechos (diámetro mayor que el ancho) ofrecen grandes ventajas, por lo que éstos se estudiaron con más detenimiento. Esta clase de tambores es un elemento constructivo de mucho rendimiento, tanto para cortapajas pequeños (400 mm de ancho por 520 de \varnothing) como para cortapajas grandes de campo (aprox. 600 mm de ancho por 750 mm \varnothing). Debido a las sollicitaciones más favorables, la construcción de estos tambores resulta bastante más económica; sin embargo no son por esto inferiores a los conocidos cortapajas con disco de corte, en cuanto a calidad de corte ni a rendimiento. Ofrecen además la ventaja de que las cuchillas se afilan fácilmente desde fuera.

Hay que prestar atención a la disposición de las cuchillas lanzadoras, así como a la forma de la arista del cuchillo y al contracorte. Se investigaron la influencia del filo de corte, de la distancia de la cuchilla al contracorte, la forma de lanzamiento y del afilado en el banco de pruebas. Comparaciones electrónicas de diferentes formas de cuchillas, montadas en un mismo tambor, sirvieron para profundizar los conocimientos adquiridos. Mientras el filo y la distancia entre cuchillas y contracorte acusan grandes diferencias (hasta el 300%), no han podido apreciarse desventajas por causa del afilado de las cuchillas desde fuera. Dos formas de cuchillas lanzaderas demostraron su utilidad especial.

El consumo de energía puede reducirse en primer lugar con el empleo de cuchillas que se afilan con facilidad y de materiales convenientes. Aumentando el número de cuchillas, p.e. de 6 a 10 y al mismo tiempo el número de rotaciones, la cantidad de cortes puede aumentarse casi a voluntad, pudiendo así satisfacerse las exigencias en cuanto a corte exacto y al aumento de rendimiento.

Los resultados de las investigaciones condujeron a la construcción de un pequeño cortapajas de campo a tambor con circulación transversal, de 450 kg de peso, como modelo de suplemento, con el cual se efectuaron primeros ensayos en los veranos de 1962 y de 1963, consiguiéndose buenos resultados en el corte de material marchito, seco y de maíz para ensilaje.