

## Häcksellänge und -güte bei neuartigen Feldhäckslern mit vereinfachten Häckselwerkzeugen

Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim

Im Rahmen von Untersuchungen an Feldhäckslern neuer Bauform wurde die Häckselqualität eingehend geprüft<sup>1)</sup>. Es handelt sich um stark vereinfachte Konstruktionen. Die bei den untersuchten Maschinen verwendeten Häckselwerkzeuge sind viel einfacher als die bei den herkömmlichen Feldhäckslern angewendeten, jedoch teilweise der landwirtschaftlichen Praxis noch völlig unbekannt. Da bisher auch nichts über die Arbeitsgüte solcher Zerkleinerungseinrichtungen bekannt ist, kam es darauf an, die wichtigsten Merkmale für eine Beurteilung dieser neuen Feldhäckslerbauformen zu untersuchen.

In dieser Hinsicht interessierte vor allem die Häcksellänge, die besondere Bedeutung für die Silagebereitung und den Raumbedarf beim Transport von leichtem Gut, wie Stroh und Heu, hat. Die äußere Beschaffenheit des einzelnen Häckselstückes, die sich entsprechend dem jeweiligen Zerkleinerungsvorgang in einem typischen Schnittflächenbild zeigt, wurde ebenfalls beachtet. Ferner erstreckten sich die Untersuchungen auf die Ermittlung der Beschädigungen beim Häckseln von bodengetrocknetem Heu. Die beim Zerschneiden oder Zerreißen der getrockneten Pflanzenteile entstehenden kleinen Teilchen sind besonders nährstoffreich und können leicht verlorengehen.

Zur Kennzeichnung von zerkleinertem Halmgut wird sehr oft die theoretische Häcksellänge angegeben. Sie ist eine reine Rechengröße, die sich aus der Fördergeschwindigkeit der Zuführorgane und der Schnittfolge der Messerträger ergibt. Bei der Ermittlung der theoretischen Häcksellänge bleibt jedoch unberücksichtigt, daß die zugeführten Halme meistens in wirrer Lage die Häckselrichtung passieren und daß sie der rechnerisch ermittelten theoretischen Häcksellänge nur sehr wenig entsprechen würden. Neben der unterschiedlichen Lage der Halme entsteht ferner ein Schlupf zwischen dem Gut und den Fördereinrichtungen, der nach Untersuchungen von SEGLER und SCHLADDERBUSCH 10 bis 15% betragen kann [1]. Um über die längenmäßige Zusammensetzung des Häcksel, so wie es hinter dem Häckslern anfällt, Genaueres aussagen zu können, wurden die Häckselstücke einer Probe abgemessen und ausgezählt. Um auch

bei großer Streuung der Häcksellängen eine einfache kennzeichnende Größe zu erhalten, wurde die mittlere Häcksellänge  $l_m$  nach folgender Formel errechnet

$$l_m = \frac{z_1 l_1 + z_2 l_2 + z_3 l_3 \dots + z_n l_n}{z_1 + z_2 + z_3 \dots + z_n}$$

Hierbei ist  $z_n$  die Zahl der Häckselstücke mit der Länge  $l_n$ . Durch die Vereinfachung der Gutzuführungen und der Häckselrichtungen gelangt das Gut bei einem Teil der neuartigen Maschinen in aufgelöstem Strom und nicht — wie bei den herkömmlichen Bauformen — in einem festgepreßtem Halmstrang in die Häckselrichtung. Die einzelnen Halme erhalten unterschiedliche Geschwindigkeiten und Richtungen, so daß es grundsätzlich nicht mehr möglich ist, Häcksel von gleichmäßiger Länge zu erzeugen. Darum erscheint die Einführung der „mittleren Häcksellänge“ sinnvoll, zumal sich bei den neuen Bauformen eine theoretische Häcksellänge nicht definieren läßt.

Als Zerkleinerungseinrichtungen sind Schneidgebälde, wie es in dem auf Bild 1 abgebildeten Häckslern eingebaut ist, sehr verbreitet. Die Schneideinrichtung befindet sich bei dieser Ausführung in der Ansaugöffnung. Bei einer anderen Form der Schneidgebälde sind im Innern des Gehäuses Schneidleisten angebracht, die eine Zerkleinerung hervorrufen, wenn die Schaufeln das Halmgut daran vorbeiführen. Diese Ausführung findet in dem Mähhäckslern mit doppeltem Scheibenmähwerk der Firma Silorator Verwendung (Bild 2). Neuerdings werden auch die bei Breithäckslern bekannten Zerkleinerungseinrichtungen in Feldhäckslern eingebaut. Sie bestehen aus einer Welle, auf der im geringen Abstand mehrere Messerscheiben angebracht sind, durch deren Zahl der Zerkleinerungsgrad festgelegt wird. Diese rollen auf einer glatten Gegenwalze ab, deren Oberfläche meistens aus Gummi oder einem anderen elastischen Material besteht.

<sup>1)</sup> In dem vorliegenden Bericht ist ein Teil der Ergebnisse einer größeren Untersuchung über den Feldhäckslereinsatz unter besonderer Berücksichtigung neuer Bauarten wiedergegeben. Die Arbeiten wurden in den Jahren 1957/58 mit Mitteln des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER, Direktor des Instituts für Landtechnik der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, durchgeführt

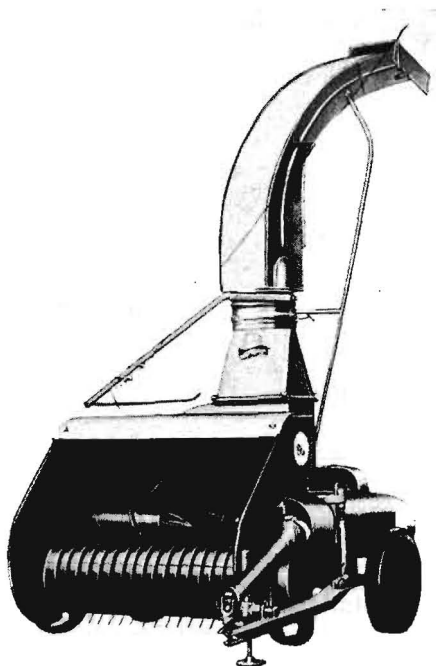


Bild 1: Aufsammelhäckslern mit Schneidgebälde (Mengele)

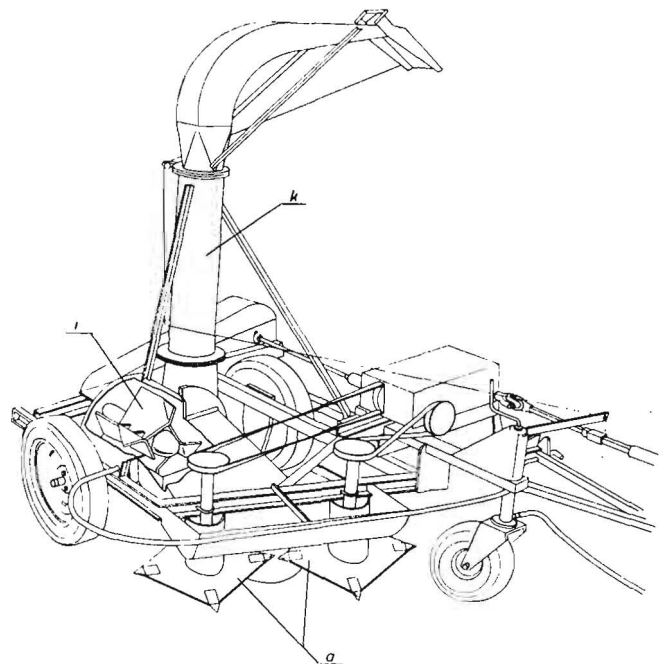


Bild 2: Mähhäckslern mit doppeltem Scheibenmähwerk und Schneidgebälde (Silorator)

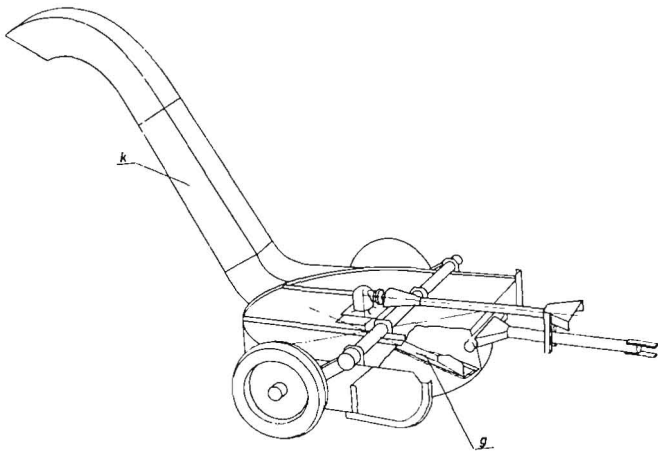


Bild 3: Mähhäcksler mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Förderscheibe (Case)

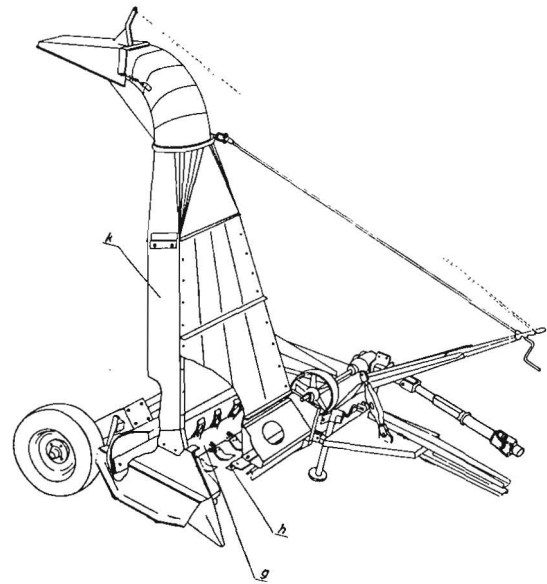


Bild 4: Mähhäcksler mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Fördertrommel (Lundell)

Nach einem anderen Prinzip arbeiten Mähhäcksler mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Förderscheibe (Bild 3) und solche mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Fördertrommel (Bild 4). Beide Maschinen besitzen nur noch ein drehendes Maschinenteil, das alle wichtigen Aufgaben übernimmt. Da das Werkzeug an das Gut herangebracht wird, ist keine besondere Zuführeinrichtung erforderlich. Damit führt die Verwendung derartiger Bauelemente zu sehr stark vereinfachten Maschinen.

### Häcksellängen

Die Auswirkungen dieser konstruktiven Vereinfachungen zeigen sich deutlich im Ergebnis der Häcksellängenuntersuchungen. Hierbei wurde festgestellt, daß die meisten Maschinen mit Ausnahme des Mähhäckslers mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Förderscheibe Häckselgut von sehr ungleicher Länge erzeugen. Bild 5 zeigt die Verteilung der Häcksellängen für verschiedene Feldhäckslerbauformen. Als Vergleichsmaschine der herkömmlichen Bauform diente ein Aufsammlerhäcksler mit Messertrommel und Gebläse, dessen theoretische Häcksellänge auf 50 mm eingestellt war. Die mittlere Häcksellänge beträgt von dem mit dieser Maschine erzeugten Gut etwa 60 mm. Sie liegt damit im gleichen Bereich, wie sie für den Mähhäcksler mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Förderscheibe ermittelt wurde. Untersuchungen ergaben, daß mit diesem Gerät Häckselgut mit einem hohen Anteil kurzer, gleichmäßig langer Stücke bis zu 60 mm Länge erzeugt wird. Auf Bild 5 ist ferner deutlich die breite Verteilung der Häcksellängen des Gutes zu erkennen, das mit anderen Zerkleinerungseinrichtungen vereinfachter Bauform erzeugt wurde. Die mittlere Häcksellänge liegt bei den drei anderen neuen Feldhäckslern jeweils etwas unter 100 mm.

Untersucht wurden auch die Häcksellängen, die bei der Verwendung der Mähtrömmel zum Aufsammeln von Stroh und Heu entstehen. Es war hier zu vermuten, daß große mittlere Häcksellängen vorkommen würden, da infolge starker Luftströmungen im Bereich der Trommel leichte Halme angesaugt und mitgerissen werden, ohne daß eine stärkere Berührung mit den Werkzeugen der Trommel erfolgt. Die ermittelten Werte betragen bei Heu  $l_m = 160$  mm bei einer Fahrgeschwindigkeit von  $v_f = 0,36$  m/s und bei Stroh  $l_m = 145$  mm bei gleichem Vorschub.

In diesem Zusammenhang interessiert weiter die Frage, ob bei den neuen Bauformen die Häcksellänge verändert oder eine bestimmte Häcksellänge eingehalten werden kann. Gegenüber den herkömmlichen Feldhäckslern, bei denen das Getriebe derartige Einstellungen ermöglicht, wird bei den neuen, vereinfachten Feldhäckslerbauformen auf diese Verstellmöglichkeiten verzichtet. Eine Ausnahme bilden die Schneidgebläse, deren Schneideinrichtung in der Ansaugöffnung eingebaut ist. Bei ihnen läßt sich durch Änderung der Drehzahl des Schaufelrades oder der Zahl der eingebauten Messer der Zerkleinerungsgrad in begrenztem Umfang beeinflussen. Die vereinfachten Mähhäcksler mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Förderscheibe (Bauart Case) und mit kombinierter Mäh-, Häcksel- und Fördertrommel (Bauart Lundell) sind nicht mit Verstellmöglichkeiten dieser Art versehen. Hier kann jedoch ein gewisser Einfluß auf die Häcksellänge durch die Fahrgeschwindigkeit ausgeübt werden. Diese Tendenz soll Bild 6 veranschaulichen, aus dem zu sehen ist, daß mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit die mittlere Häcksellänge steigt. Für die Mähtrömmel konnte das sowohl beim Mähen stehenden

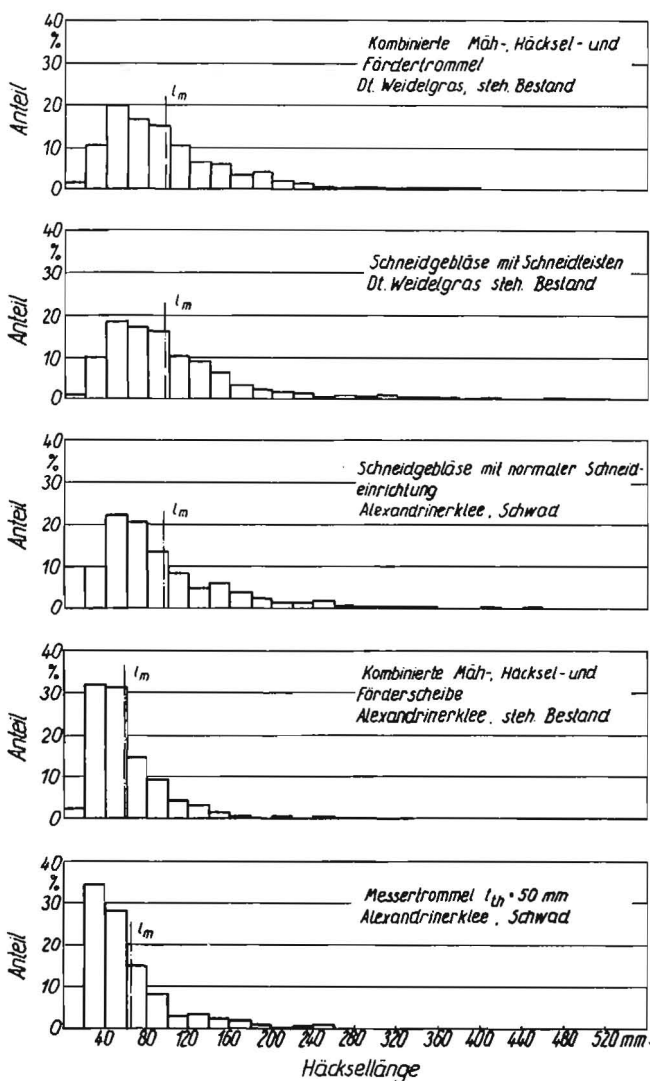


Bild 5: Einfluß verschiedenartiger Zerkleinerungseinrichtungen von Feldhäckslern auf die Verteilung der Häcksellängen (Fahrgeschwindigkeit  $v_f = 0,85-1,1$  m/s)

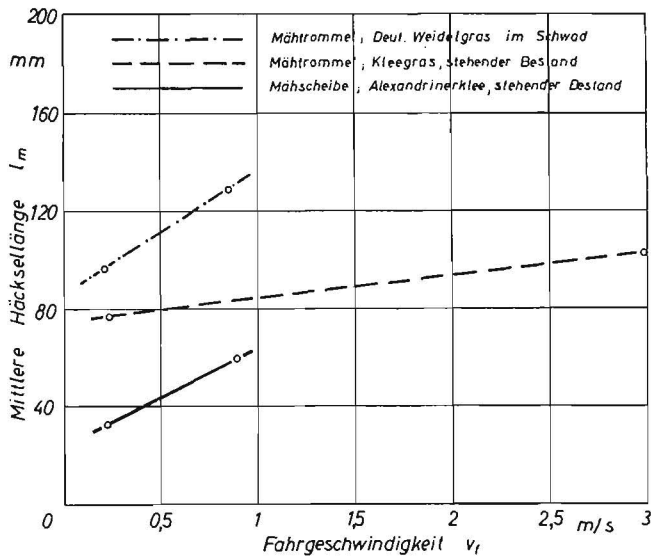


Bild 6: Einfluß der Fahrtgeschwindigkeit  $v_f$  auf die mittlere Häcksellänge  $l_m$  bei neuen Feldhäckslerbauformen mit verschiedenartigen Zerkleinerungseinrichtungen

Gutes als auch beim Aufsammeln von in Schwaden liegendem Gut beobachtet werden. Für den praktischen Betrieb hat diese Längenänderung jedoch kaum Bedeutung, da man sich mit der Fahrtgeschwindigkeit nach anderen Einsatzbedingungen richten muß, wie Gangabstufung des Schleppers, Fahrzustand des Bodens, Anhängergewicht und Zapfwellenleistungsbedarf. Darüber hinaus wurde eine Reihe von Einflüssen festgestellt, welche die durch die verschiedene Fahrtgeschwindigkeit bedingte Änderung der mittleren Häcksellänge überlagern. Hierzu gehören die Bestandeshöhe, die Pflanzenart und der Zustand des Gutes. So zeigten die Versuche, daß die Zerkleinerungsarbeit der Mähtrömel in hohen Beständen frischer Pflanzen mit weichen Blättern und Halmen wirkungsvoller ist gegenüber niedrigen Beständen überständiger Pflanzen mit stark verholzten Blatt- und Halmteilen. Neben diesen Einflüssen, die während der Versuche festgestellt werden konnten, gibt es eine Reihe weiterer Faktoren, die sich nur schwer erfassen lassen, wie etwa der Einfluß der Luftwirbelungen, die um die Trommel entstehen [2], oder die Wirkung der Neigung lagernder Pflanzen auf den Zerkleinerungsgrad.

### Häckselstruktur

Neben der Häcksellänge sollte auch die äußere Beschaffenheit des einzelnen Häckselstückes bei der Beurteilung der Häckselqualität berücksichtigt werden. So hinterlassen die verschiedenen Zerkleinerungseinrichtungen eine jeweils typische Ausbildung der Schnittflächen. Ferner können durch heftige mechanische Einwirkungen Deformationen am Halmumfang entstehen. Diese Merkmale üben einen Einfluß auf die Struktur des Häcksels aus. Das zeigt sich sehr deutlich bei der Arbeit der neuen Bauformen. Der Zerkleinerungsvorgang in den vereinfachten Zerkleinerungseinrichtungen ist mit einer Schlag- und Reißwirkung verbunden. Dadurch sind die Enden der einzelnen Stücke aufgefaserter und aufgerissen. Teilweise sind Halme und Blätter der Länge nach in faserige Stücke aufgespalten. Die Bilder 7 und 8 (rechts), mit von einer Mähtrömel zerkleinertem Häcksel, veranschaulichen das sehr deutlich. Vergleichsweise ist jeweils dazu von einem herkömmlichen Feldhäcksler stammendes Gut abgebildet. Die theoretische Häcksellänge dieser Maschine betrug 19 mm. Besonders stark tritt der Unterschied bei Mais hervor (Bild 7). In Bild 9 ist Rübenblatthäcksel abgebildet, das von der Mähtrömel zerkleinert wurde. Mit größerer Fahrtgeschwindigkeit wird die Zerkleinerung gröber. Damit zeigt dieses Beispiel wieder den Einfluß der Fahrtgeschwindigkeit, wie sie in der Tendenz der Kurven von Bild 6 zum Ausdruck kommt. Die Aufbereitung des Gutes in dieser Form schafft eine Struktur, die man als wollig bezeichnen kann. Das gilt besonders für Mais.

### Häcksel zur Silagebereitung

Bei der Zerkleinerung in dieser Form entsteht die Frage, ob sie günstige Voraussetzungen für die Silagebereitung bietet. Bisher



Bild 7: Beschaffenheit des Häcksels beim Ernten von Silomais links mit Trommelhäcksler (theoretische Häcksellänge  $l_{th} = 19$  mm) rechts mit Mähtrömelhäcksler (Fahrtgeschwindigkeit  $v_f = 0,9$  m/s)

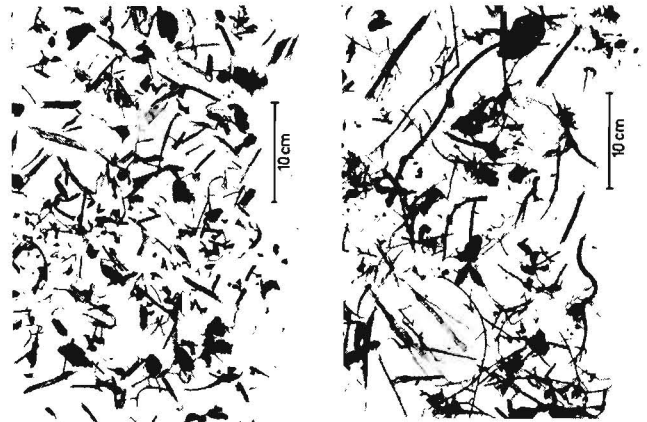


Bild 8: Beschaffenheit des Häcksels beim Ernten von Gemenge (Blatt-erbsen und Örtlich) links mit Trommelhäcksler (theoretische Häcksellänge  $l_{th} = 19$  mm) rechts mit Mähtrömelhäcksler (Fahrtgeschwindigkeit  $v_f = 0,85$  m/s)

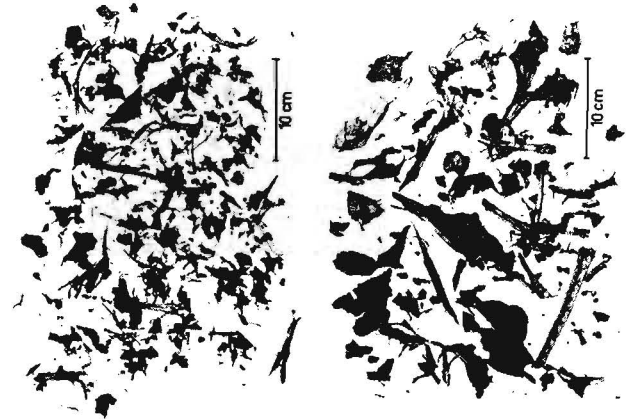


Bild 9: Beschaffenheit des Häcksels beim Ernten von Rübenblatt mit Mähtrömelhäcksler bei verschiedener Fahrtgeschwindigkeit  $v_f$  links Fahrtgeschwindigkeit  $v_f = 0,4$  m/s rechts Fahrtgeschwindigkeit  $v_f = 0,9$  m/s

scheint die Gärfutterbereitung in der Praxis noch keinen besonders hohen Stand erreicht zu haben. Das kann man den Ergebnissen von Silageuntersuchungen entnehmen, wonach die Menge schlecht geratener Silagen größer ist als die Zahl guter Silagen [3]. Als Ursache schlechter Vergärung von leicht vergärbarem sowie mittelschwer und schwer vergärbarem Pflanzenmaterial wird von SCHMIDT [4] ungenügende Dichtlagerung an erster Stelle genannt. Auf die Dichtlagerung übt jedoch die Häcksellänge einen großen Einfluß aus. SEGLER und Mitarbeiter [5, 6] untersuchten systematisch den Einfluß der Häcksellänge auf den Raumbedarf von Silogut und stellten dabei fest, daß eine theoretische Häcksellänge

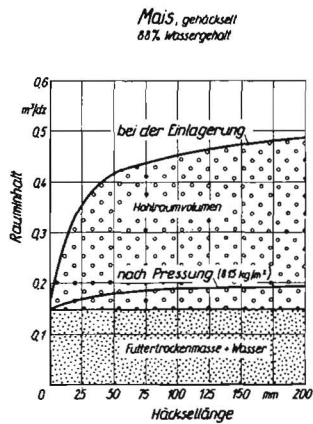


Bild 10: Einfluß der Häcksellänge ( $l_h$ ) auf den Rauminhalt von Mais bei der Lagerung im Gärfutterbehälter mit einer Feuchte von  $x_{na} = 88\%$  (nach G. Segler und D. v. Puttkamer)

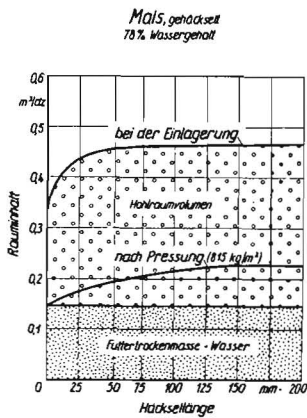


Bild 11: Einfluß der Häcksellänge ( $l_h$ ) auf den Rauminhalt von Mais bei der Lagerung im Gärfutterbehälter mit einer Feuchte von  $x_{na} = 78\%$  (nach G. Segler und D. v. Puttkamer)

von 20 bis 25 mm die besten silotechnischen Voraussetzungen ergibt. Die Bilder 10 bis 12 zeigen den Einfluß der Häcksellänge auf den Rauminhalt des eingelagerten Gutes, der ein Maß für die Dichtlagerung ist.

Diese Zusammenhänge gelten jedoch nicht ohne weiteres bei Rübenblatt, das infolge seiner besonderen technologischen Eigenschaften leicht zum Vermusen neigt. Interessant sind in diesem

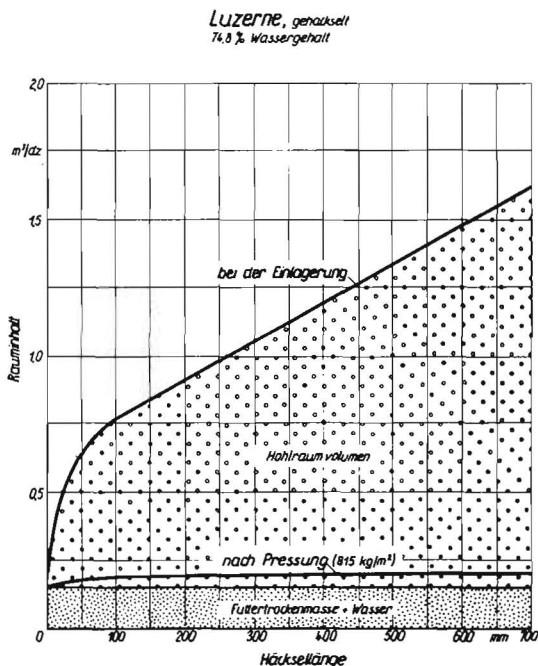


Bild 12: Einfluß der Häcksellänge ( $l_h$ ) auf den Rauminhalt von Luzerne bei der Lagerung im Gärfutterbehälter mit einer Feuchte von  $x_{na} = 74,8\%$  (nach G. Segler und D. v. Puttkamer)

Zusammenhang die Angaben, die der amerikanischen Literatur über die zweckmäßigen Häcksellängen zu entnehmen sind [7]. Hier werden genaue Unterschiede zwischen stationären Häckslern und Feldhäckslern gemacht, da die Abweichung der wirklichen Häcksellänge gegenüber der theoretischen bei den beiden Gruppen verschieden ist. Die empfohlenen Häcksellängen werden etwa zwischen 6 und 19 mm angegeben, je nach Maschine und Feuchtezustand des Gutes. Je trockener das zu silierende Material ist, um so schwieriger ist eine dichte Lagerung zu erreichen. Diesen Veröffentlichungen, nach denen kurzes Häcksel die besten silotechnischen Voraussetzungen bringt, steht das Ergebnis eines Versuches gegenüber, nach dem von der Mäh-trommel erzeugtes Häcksel ebenso gute Silage ergab wie von einem herkömmlichen Feldhäcksel zerkleinertes Futter [8]. Es kann jedoch nicht angenommen werden, daß dieses Ergebnis ausreicht, beide Aufbereitungsarten gleichwertig nebeneinanderzustellen. Es ist daher zu hoffen, daß diese Frage durch weitere Versuche geklärt werden kann.

### Heuhäcksel

Besondere Bedeutung erhält der Qualitätsbegriff des Häcksels beim Einsatz des Feldhäckslers zur Ernte von bodengetrocknetem Heu. Hierbei werden beim Durchgang des Gutes durch die Maschine durch Schlag und Reibung feine und feinste Teilchen von den besonders bröckelgefährdeten Blättern abgeschlagen. Diese Teilchen haben sehr kleine Abmessungen und besitzen besonders gute Flugeigenschaften. Sie können daher leicht verloren gehen bei schlechter Konstruktion des Ausblasrohres, bei Seitenwind oder bei undichten Aufbauten. Viele Gutteilchen werden durch den entweichenden überschüssigen Wind mitgerissen. Hierauf ist oft die beim Heuhäckseln zu beobachtende Staubwolke zurückzuführen.

Mit Hilfe eines Windsichtverfahrens wurde der Anteil solcher feinen Teilchen in Häckselproben bestimmt, die von verschiedenen Maschinen bei unterschiedlicher Feuchte des Ausgangsmaterials gehäcksel worden waren. Durch die Einstellung verschiedener Luftgeschwindigkeiten  $w$  in einem Steig-Windsichter konnte eine Fraktionierung der einzelnen Proben durchgeführt werden. In Bild 13 sind zwei Summenkurven von übergeblasenem Gut abgebildet, um die Abgrenzung der einzelnen Fraktionen zu veranschaulichen. Die Kurven gelten für zwei verschiedene Häcksler. Beide Maschinen verarbeiteten gleiches Gut, Heu mit einer Feuchte von  $x_{na} = 22\%$ . Betrachtet man die übergeblasene Gutmenge im Bereich der Fraktion 1 ( $w \leq 1,7$  m/s), dann zeigt sich, daß bei dem stationären Scheibenhäcksel, der bei diesen Versuchen als Vergleichsmaschine diente, wesentlich weniger feines Gut abgeschieden wird, das bei geringer Luftgeschwindigkeit wegfiegt, als bei dem Mäh-trommelhäcksel. Das bedeutet, daß die Mäh-trommel mehr zerschlägt als die Messerscheibe des stationären Häckslers, was in diesem Fall in erster Linie auf die Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge zurück-

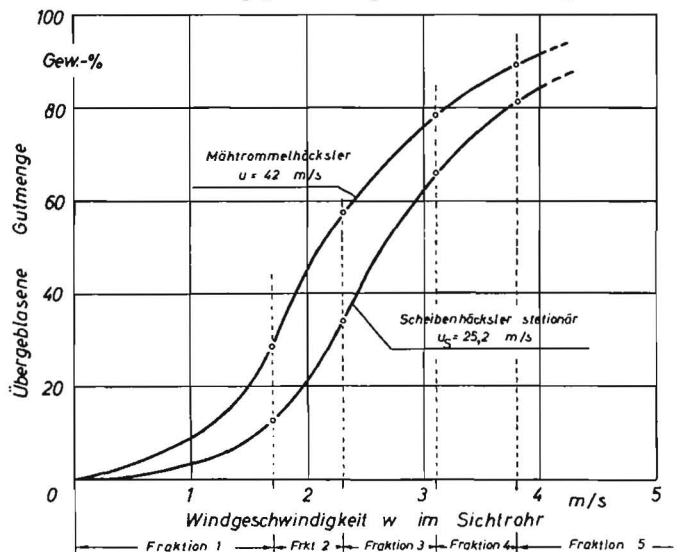


Bild 13: Einfluß der Umfangsgeschwindigkeit verschiedener Häcksleinrichtungen auf den Anteil an übergeblasenem Gut bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten (Wiesenheu, Feuchte  $x_{na} = 22\%$ )

zuführen ist. Sie betrug für die Mähtrömmel  $u = 42,0$  m/s und für die Messerscheibe  $u_s = 25,2$  m/s). Je weiter die Kurven im linken Teil des Diagrammes verlaufen, um so mehr feines Gut wird übergeblasen. Der Anteil in der Fraktion I ist somit ein Maßstab für das Ausmaß der Beschädigungen und für die Menge an leichtem Gut, das verlorengehen kann. Für diesen Anteil wurde daher die Bezeichnung „Leichtgut“ gewählt. Bild 14 zeigt den Leichtgutanteil von Häcksel, das mit dem stationären Scheibenhäckler zerkleinert wurde. Die theoretische Häcksellänge blieb bei allen Versuchen gleich ( $l_{th} = 33$  mm). Verarbeitet wurde Wiesengras verschiedener Feuchte bei verschiedener Umfangsgeschwindigkeit. Besonders deutlich tritt der Einfluß der Gutfeuchte hervor. Während der Leichtgutanteil im Bereich von bodengetrocknetem Heu im Durchschnitt etwa 13% beträgt, verringert er sich auf etwa 6% bei einer Feuchte von  $x_{na} = 49\%$  und auf etwa 2% bei noch feuchterem Gut ( $x_{na} = 58\%$ ).

Bild 15 enthält die Leichtgutanteile für verschiedene Maschinen, die sich durch ihre Bauweise, durch die Umfangsgeschwindigkeit der Häckselwerkzeuge und durch die Häcksellänge besonders unterscheiden. Als Vergleichsmaschine diente wieder der stationäre Häckler ( $l_{th} = 33$  mm,  $u_s = 25,0$  m/s). Dazu wurden vergleichsweise ein herkömmlicher Aufsammelhäckler vereinfachter Bauweise mit kombinierter Häcksel- und Fördertrommel der Firma Allis Chalmers ( $l_{th} = 19$  mm,  $u = 28,0$  m/s) und ein Mähtrömmelhäckler der Firma Lundell ( $u = 42,0$  m/s) eingesetzt. Die Darstellung läßt wieder den großen Einfluß der Gutfeuchte erkennen. Im Bereich der Feuchte von bodengetrocknetem Heu verursacht die Mähtrömmel im Vergleich zu den anderen Maschinen große Beschädigungen, so daß der Leichtgutanteil hier im Mittel etwa 26% beträgt. Günstiger ist das Ergebnis des Trommelhäckslers mit etwa 18%. Das dürfte in erster Linie auf die wesentlich geringere Umfangsgeschwindigkeit der Trommel zurückzuführen sein. Noch geringer ist der Leichtgutanteil, der beim Häckseln mit dem hier als Vergleichsmaschine eingesetzten stationären Scheibenhäckler entstand. Das günstigere Ergebnis dürfte seine Ursache weniger in den sich nur gering voneinander unterscheidenden Umfangsgeschwindigkeiten haben als in der größeren theoretischen Häcksellänge, die an dem Scheibenhäckler eingestellt war. Im praktischen Betrieb wird man vielfach beim Heuhäckseln Häcksellängen einstellen, die größer als  $l_{th} = 33$  mm sind. Jedoch wird andererseits von der Längenänderung und damit von der Möglichkeit, Beschädigungen zu verhindern, nicht

<sup>1)</sup> Mit  $u_s$  wird die Umfangsgeschwindigkeit der äußeren Schaufelkanten beim Scheibenhäckler bezeichnet

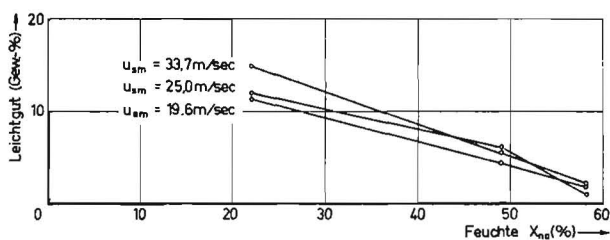


Bild 14: Leichtgutanteile beim Häckseln von Wiesengras mit verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Gutfeuchte (stationärer Scheibenhäckler, theoretische Häcksellänge  $l_{th} = 33$  mm, Windgeschwindigkeit im Sieb  $w = 1,7$  m/s)

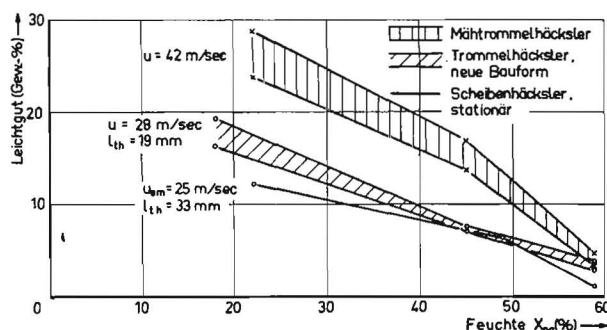


Bild 15: Leichtgutanteile beim Häckseln von Wiesengras mit verschiedenen Häckselern in Abhängigkeit von der Feuchte (Windgeschwindigkeit im Sieb  $w = 1,7$  m/s)

immer in dem Maße Gebrauch gemacht werden, wie es wünschenswert wäre. Trotzdem dürfte der Feldhäckler nur mit größter Vorsicht zum Bergen von bodengetrocknetem Heu eingesetzt werden. Günstiger ist die Verwendung bei der Ernte von vorgetrocknetem Gut für die Heubelüftung und von vorgewelktem Gut für die Silagebereitung. Das Erntegut ist in diesem Feuchtebereich weniger empfindlich gegen mechanische Einflüsse.

### Zusammenfassung

Die Häckselqualität ist von entscheidendem Einfluß auf den Erfolg bei der Gärfutterbereitung und auf den Raumbedarf beim Transport und bei der Lagerung von Häcksel aus leichtem Gut, wie Stroh und Heu. Die vereinfachten Werkzeuge der untersuchten neuartigen Feldhäckler erzeugen ein Häckselgut, das sich im allgemeinen wesentlich von dem unterscheidet, das mit herkömmlichen Häckselern gewonnen wird. Die Länge des Häckselns ist ungleichmäßiger und besitzt eine größere mittlere Häcksellänge. Die Aufbereitung durch die vereinfachten Zerkleinerungseinrichtungen führt zu einer wolligen Struktur des Häckselns. Beim Häckseln von bodengetrocknetem Heu werden in jedem Fall Beschädigungen hervorgerufen, die besonders groß bei Verwendung der Mähtrömmel sind. Darum können beim Einsatz des Feldhäckslers zum Bergen von bodengetrocknetem Heu große Verluste entstehen. Günstigere Voraussetzungen ergeben sich bei der Verarbeitung von feuchterem Gut, wie es für die Heubelüftung und die Gärfutterbereitung eingebracht wird. Den Unterschieden der Arbeitsgüte zwischen herkömmlichen und neuartigen Feldhäckselern stehen arbeitswirtschaftliche und preisliche Vorteile gegenüber.

### Schrifttum

- [1] SEGLER, G., u. H. SCHLADERBUSCH: Untersuchungen an Einziehwalzen von Häckselmaschinen. Landtechnik 5 (1950), S. 7—10
- [2] Leistungsmessungen an Feldhäckselern neuer und herkömmlicher Bauart. Unveröffentlichter Bericht des Institutes für Landtechnik Stuttgart-Hohenheim
- [3] JORIS, E.: Gärfutterschauhen — Gärfutterwettbewerb. Futterkonservierung 2 (1956), S. 57—59
- [4] SCHMIDT, K. H.: Untersuchungen über die Verhältnisse bei der Gärfutterbereitung in schleswig-holsteinischen Betrieben mit besonderer Berücksichtigung der Ursachen schlechter Vergärung. Futterkonservierung 1 (1955), S. 152—159
- [5] SEGLER, G., u. D. V. PUTTKAMER: Häckseln, Zerreißen oder Pressen? Deutsche Landwirtschaft. Presse 79 (1956), S. 160—161, S. 171—172 u. S. 180
- [6] SEGLER, G., u. B. WINKELER: Der Einfluß der Zerkleinerung von grünem Halmfutter für die Silolagerung. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 42—48
- [7] SHEPHERD, J. B. u. a.: Ensiling hay and pasture crops. In: GRASS, The yearbook of agriculture. Washington 1948, S. 178—190
- [8] COWAN, A. N., K. K. BARNES u. R. S. ALLEN: Shredded legume-grass silage. Agric. Engr. 38 (1957), S. 588—591.

### Résumé

Peter Krause-Bergmann: "Length and Quality of Cut obtained with New Types of Field Chaff Cutters employing Simplified Cutting Mechanisms."

The quality of the cut is an important factor in the preparation of silage, on the space required for transportation purposes and on the storage of light cut stuffs, such as straw and hay. The simplified cutting mechanisms used in the new types of cutters under notice produce cut stuff that is essentially different from that obtained when older types of cutters are used. The length of cut is not so regular and is of greater average length. The use of these simplified appliances results in a woolly type of texture of the cut stuff. When cutting hay that has been dried on the ground, damage to the cut stuff will always result. This damage is particularly great when mowers of the drum type are used. Hence, heavy losses occur when field chaff cutters are used in the harvesting of ground-dried hay. Better results are obtained when moister stuffs, such as air-dried hay and silage are worked. The difference in the quality of the cut stuff obtained from the usual type of field chaff cutters and from the new types of cutters are cancelled out by the lower first cost of the newer cutters and the economies in labour resulting from their use.

*Peter Krause-Bergmann: «Longueur et qualité des produits hachés obtenus par les hacheuses mobiles pourvues d'outils de hachage simplifiés.»*

*La qualité de hachage est d'une influence capitale sur le succès de l'ensilage et sur le volume nécessaire au transport et au stockage du fourrage haché constitué de produits légers comme la paille et le foin. Les outils simplifiés des nouvelles hacheuses-chargeuses étudiées produisent un fourrage haché qui se distingue généralement beaucoup de celui que l'on obtient à l'aide des hacheuses-chargeuses conventionnelles. La longueur des fragments est plus irrégulière et leur longueur moyenne est plus élevée. Le traitement par les outils de hachage simplifiés conduit à un amollissement du produit haché. Le hachage de foin séché sur le sol occasionne en tout cas des détériorations, qui sont particulièrement élevées si la machine est pourvue d'un tambour de coupe. C'est pourquoi l'utilisation des hacheuses-chargeuses pour le ramassage du foin séché sur le sol, peut entraîner des pertes très élevées. L'utilisation des hacheuses-chargeuses est plus avantageuse pour le rentrage de produits humides destinés à l'ensilage ou au séchage dans des installations d'aération artificielle. Les différences de la qualité de travail entre les hacheuses-chargeuses conventionnelles et celles de conception nouvelle sont compensées par des avantages de prix et dans l'organisation du travail.*

Urte Daiber-Kuhnke:

## Das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide bei der Behältertrocknung

*Institut für Landtechnik, Bonn*

Durch die Anwendung moderner Getreideernteverfahren fällt in vermehrtem Umfang feuchtes Korn an. Um dieses besonders leicht verderbliche Feuchtgetreide in einen lagerfähigen Zustand zu bringen, muß der Wassergehalt des Kornes bis auf etwa 14% gesenkt werden. Die Trocknung wird in Lagerhäusern und landwirtschaftlichen Großbetrieben meist in Durchlauf Trocknern durchgeführt, in denen das Getreide etwa eine Stunde einem Warmluftstrom von ca. + 50° C ausgesetzt ist. Für die Großzahl der landwirtschaftlichen Betriebe kommt vorwiegend die Belüftungstrocknung in Betracht. Hierbei erfolgt die Trocknung im Laufe von sechs bis zehn Tagen durch Belüften des im Behälter lagernden Getreides mit normaler oder um einige Grad C angewärmter Luft.

Für die Belüftung des Getreides mit atmosphärischer Luft hat das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide eine besondere Bedeutung. Kornwassergehalt und Luftfeuchtigkeit streben immer einem bestimmten Wert, dem hygroskopischen Gleichgewicht, zu. Ist dieses Gleichgewicht erreicht, kann unter gleichbleibenden Luftbedingungen keine weitere Trocknung oder Anfeuchtung des Kornes mehr stattfinden. Die Kenntnis des hygroskopischen Gleichgewichtswertes und seiner Abhängigkeit von den verschiedenen Faktoren ist eine wertvolle Hilfe für die richtige Behandlung des Getreides bei der Lagerung und Trocknung. Darüber hinaus läßt sie Rückschlüsse zu auf die erreichbare Abtrocknung des Kornes auf dem Feld sowie auf die Einsatzmöglichkeit des Mähdeschers.

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgleichgewichtes bestehen verschiedene Möglichkeiten. So kann man das Getreide entweder durch Anfeuchtung oder aber durch Trocknung an den Gleichgewichtswert heranzuführen. Einige Forscher haben festgestellt, daß sich hierbei — trotz gleicher Luftbedingungen — zwei verschiedene Gleichgewichtswerte ergeben. Diese Differenz wird als Hysteresis bezeichnet; sie kann 0,5 bis 1% Getreidewassergehalt betragen [1]. Bei Reis wurden zum Teil noch stärkere Abweichungen gemessen [2].

Neben dieser verschiedenartigen Angleichung des Getreides an den Endwert können außerdem zwei entgegengesetzte Wege der Versuchsdurchführung eingeschlagen werden. Man kann einmal die Angleichung der Luft an eine bestimmte Kornfeuchtigkeit herbeiführen. Die zweite Möglichkeit besteht in der Angleichung des Getreides an eine bestimmte relative Luftfeuchte. Diese Versuchsmethode kann außerdem mit ruhender oder bewegter Luft angewandt werden.

*Peter Krause-Bergmann: «Largo y calidad del corte en ensiladoras de campo con herramientas de corte simplificadas.»*

*La calidad de los piensos cortados tiene una influencia decisiva en el resultado que da la preparación de forrajes fermentados y en el lugar que ocupan en el transporte como en el almacenaje los productos cortados de materiales ligeros, como la paja y el heno. Las herramientas simplificadas de las ensiladoras de nueva construcción que se han ensayado, dan un producto que por regla general se distingue notablemente del que producen las ensiladoras acostumbradas. Estas dan trozos de largo desigual, siendo en promedio los trozos más largos. La preparación con los dispositivos simplificados da una estructura más homogénea. Ensilando heno secado en el campo, se producen en todo caso daños especialmente elevados, cuando se emplee el tambor segador, pudiendo producirse pérdidas considerables al ensilar el heno secado en el campo. Las condiciones son más favorables, ensilándose los piensos húmedos, tal como se recogen para la ventilación y para la preparación de piensos fermentados. Las diferencias de calidad de trabajo entre las ensiladoras usuales y las de nueva construcción se enfrentan con ventajas en el precio y en la facilidad de trabajo.*

In engem Zusammenhang mit der Versuchsanordnung steht die Methode zur Messung aller Zwischen- und Endwerte. Besonders sei auf die Bestimmung des Getreidewassergehaltes hingewiesen. Es gibt zur Messung der Kornfeuchte zahlreiche Methoden, bei denen die unterschiedlichsten Apparate zur Anwendung kommen. Selbst die Wassergehaltsbestimmung mit Hilfe des Trockenschrankes — die gebräuchlichste Methode — erfolgt mit unterschiedlichen Temperaturen, Trocknungszeiten, Probengewichten und Körnungsgößen des Probenmaterials. Hierdurch können Unterschiede in den Ergebnissen hervorgerufen werden [3, 4].

Es liegt bereits eine Anzahl von Untersuchungen über das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide vor; die Ergebnisse weichen jedoch voneinander ab. Die hauptsächlichste Ursache hierfür liegt wohl in den unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der Gleichgewichtswerte. Da die Streuungen aber in dem für die Praxis wichtigsten Bereich um 14% Kornfeuchte besonders deutlich sind, erschien es zweckmäßig, neue Versuche durchzuführen<sup>1)</sup>. Hierbei wurde von dem späteren Anwendungsbereich (Körnertrocknung mit atmosphärischer Luft) ausgegangen. Das Getreide sollte während der Untersuchungen möglichst den gleichen Bedingungen unterworfen sein, denen es auch in der Praxis ausgesetzt ist. Aus diesen Überlegungen heraus wurde

1. mit den deutschen Hauptgetreidearten gearbeitet,
2. der Einfluß der Temperatur berücksichtigt (in dem in Deutschland während und nach der Ernte vorherrschenden Temperaturbereich),
3. bewegte Luft benutzt,
4. das Getreide durch Trocknung an das Gleichgewicht herangebracht,
5. zur Herstellung der relativen Luftfeuchte reines Wasser — keine chemische Lösung — benutzt.

### Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden mit der in Bild I als Schema dargestellten Klimatisierungsanlage durchgeführt. Diese Anlage bestand

<sup>1)</sup> Diese Veröffentlichung ist ein Auszug aus der Dissertation der Verfasserin „Das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide bei der Behältertrocknung“. Die zugehörigen Forschungsarbeiten wurden im Institut für Landtechnik der Universität Bonn (Direktor: Prof. Dr.-Ing. C. H. DENCKER) mit dankenswerter Unterstützung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes NRW, Düsseldorf, durchgeführt.