

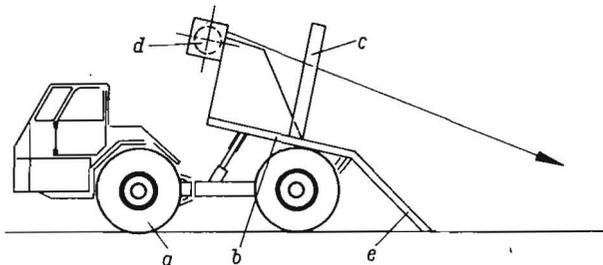
## „Rückeeinrichtung zum Beladen und Rücken von Holz“

Erfinder: Dipl.-Forsting. Dieter Geisler  
Heinz Drescher

angemeldet: 16. Mai 1969

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung einer Rückeeinrichtung für schwächeres Langholz. Es soll erreicht werden, daß eine größere Anzahl von Stämmen geladen, transportiert oder gelagert werden kann.

Die Rückeeinrichtung (Bild 4) besteht aus einem Traktor *a*, der mit einer kippbaren Ladepritsche *b* ausgerüstet ist. Auf der Ladepritsche *b* ist das Rückeportal *c* und die Seilwinde *d* montiert. Am Ende der Ladepritsche ist die Klappe *e* befestigt, die in Arbeitsstellung auf dem Boden aufliegt. Mit der funkgesteuerten Seilwinde *d* werden die Stämme auf die



Pritsche *b* gezogen. Mit einer zweiten Seilwinde werden die Stämme von einer Seilschleufe zusammengedrückt und etwas von der Ladepritsche angehoben.

Pat.-Ing. B. Unger, KDT

A 8862

## Aus der Forschungsarbeit unserer Institute und Sektionen

### Zum Prinzip des Verdichtens von Halmgut mit Walzenpressen

Ing. W. Schwarz, KDT\*

#### 1. Aufgabenstellung

Die Verdichtung landwirtschaftlicher Halmgüter ist für eine rationelle Ausnutzung des Transport- und Lagerraums bedeutsam. Bei der Rationalisierung und Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ist der Senkung des Investitionsaufwands für das Transport- und Lagerwesen große Bedeutung beizumessen. Deshalb sind für das Halmgut Verdichtungsverfahren notwendig, die auch eine durchgängige Mechanisierung der Ernte, der Förderung und Verfütterung ermöglichen.

#### 2. Verdichtungsverfahren

Es kann zwischen aktiver und passiver Halmgutverdichtung unterschieden werden. Aktiv verdichtet wird durch Niederdruck- und Hochdruckballenpressen, durch Heubrikettiermaschinen sowie in Horizontalsilos durch Festfahren der Futterschichten mit Traktoren und in luftdichten Gärbehältern mit Folienabdeckung durch Absaugen der Luft. Neben den aktiven Verdichtungsmöglichkeiten wirkt die Eigenmasse des Futters verdichtend. Diese passive Verdichtung wird besonders bei den großen Lagerhöhen im Hochsilo wirksam.

Die einzelnen Verdichtungsverfahren beeinflussen die Mechanisierungsmöglichkeiten für die folgenden Arbeitsgänge. Für eine mechanisierte Behandlung ist Halmgut in schüttfähiger Form am besten geeignet. Häckseln und Brikettieren sind als Verfahren bekannt, um schüttgutartiges Halmgut zu erhalten.

Gehäckselt wird Halmgut vorwiegend zur Silierung. Eine Verdichtung der Schüttung im Behälter ist dann aus siliertechnischen Gründen und zur rationellen Lagerraumausnutzung notwendig.

Mit dem Ziel, das Verfahren der Brikettierung landwirtschaftlicher Halmgüter zur Praxisreife zu entwickeln, sind in den letzten Jahren umfangreiche Anstrengungen unter-

nommen worden /1/ /2/. Die dabei hergestellten „Heubriketts“ oder „Heupreßlinge“ sind würfel- oder zylinderförmig mit einer Kantenlänge oder einem Durchmesser von 5 bis 10 cm. Es werden Dichten von 250 bis 1000 kg/m<sup>3</sup> erreicht.

Beim Brikettieren sind verschiedene Normaldruckverfahren und das Radialdruck- oder Wickelverfahren bekannt. Die Normaldruckverfahren sind gekennzeichnet durch einen hohen spezifischen Energiebedarf von 20 bis 30 PSh/t bei einem Durchsatzvermögen von maximal 9 t/h. Außerdem ist nur bei kleeartigen Futterpflanzen der Brikettzusammenhalt gewährleistet und die Brikettierung nur bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von max. 30 Prozent möglich /2/ /3/. Nach dem Radialdruck- oder Wickelverfahren können durch Walzenpressen mit geringerem Energiebedarf im Prinzip alle klee- und grasartigen Halmgüter bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt — frisch, angewelkt oder auch trocken — verdichtet werden.

Eine Gegenüberstellung der verschiedenen Verdichtungsverfahren soll die Effektivität hinsichtlich einer rationellen Lagerraum- und Transportraumauslastung veranschaulichen. Maßgebend für eine ökonomische Wertung ist die eingelagerte Trockenmassedichte. Die Gegenüberstellung zeigt die eindeutige Überlegenheit des gehäckselten Welkguts bei der Silierung im Hochsilo und auch im Horizontalsilo (Bild 1). Durch Welkgut-Wickelpreßlinge kann eine höhere Trockenmassedichte als durch festgewalzte oder durch Vakuum verdichtete Naßsilage im Horizontalsilo erwartet werden /4/. Die Gegenüberstellung erreichbarer Lagerungsdichten auf Transportfahrzeugen zeigt, daß eine hohe Transportraumauslastung durch Preßlinge erreicht werden kann (Bild 2). Durch diesen Faktor sowie durch den breiten Einsatzbereich bei verschiedenen Halmfruchtarten mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt erscheint das Radialdruckverfahren als ein prinzipiell interessantes Verdichtungsverfahren. Über dieses Verdichtungsverfahren wurden bereits mehrere Veröffentlichungen in der internationalen Literatur /5/ /6/ vorgelegt. Es soll im folgenden näher beschrieben werden.

\* Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim  
(Direktor: Obering. O. Bostelmann)

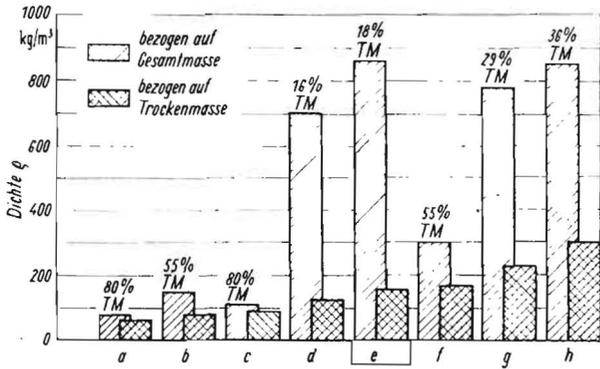


Bild 1. Mittlere Lagerungsdichten und Trockenmassedichten von Halmfutter in Bergeräumen und Silos: TM Trockenmassegehalt:  
 a Wiesenheu, Langgut  
 b Welkgut, Hochdruckballen  
 c Wiesenheu, gehäcksel  
 d Grüngut, gehäcksel, vakuumverdichtet  
 e Grüngut, gehäcksel, Horizontalsilo  
 f Welkgut, Wickelpreßlinge  
 g Welkgut, gehäcksel, Horizontalsilo  
 h Welkgut, gehäcksel, Hochsilo

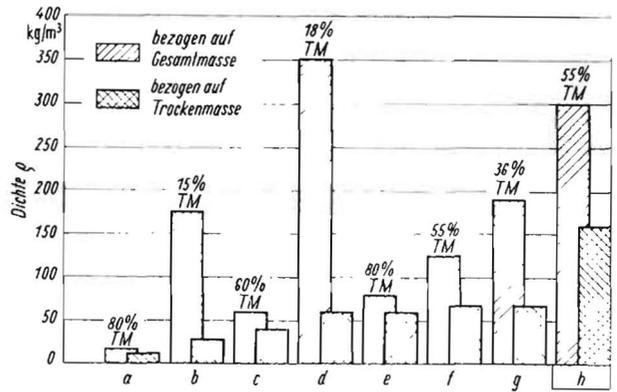


Bild 2. Mittlere Schüttdichten und Trockenmassedichten von Halmfutter auf Transportfahrzeugen;  
 a Wiesenheu, gehäcksel  
 b Grüngut, Ladewagen  
 c Welkgut, Ladewagen  
 d Grüngut, gehäcksel  
 e Wiesenheu, Niederdruckballen  
 f Welkgut, Hochdruckballen  
 g Welkgut, gehäcksel  
 h Welkgut, Wickelpreßlinge

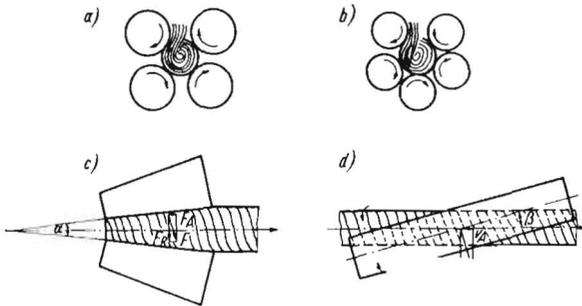


Bild 3. Anordnungsmöglichkeiten der Wickelwalzen:

### 3. Wirkungsweise des Radialdruckverfahrens

Mehrere kegel- oder zylinderförmige Walzen, häufig vier oder fünf, werden so angeordnet, daß zwischen ihnen ein Hohlraum, der Wickelraum, entsteht (Bild 3. a. b). Ein etwas weiterer Abstand zwischen zwei nebeneinander liegenden Walzen ermöglicht die Halmgutzuführung. Die Drehrichtung aller Walzen ist gleich. Der Wickelvorgang kann durch einen in entgegengesetzter Drehrichtung rotierenden profilierten Dorn eingeleitet werden, der das zugeführte Halmgut erfaßt und spiralförmig aufwickelt.

Zwischen den Walzen bildet sich dann bei weiterer Zuführung ein rotierender, hochverdichteter Wickelstrang, der in axialer Richtung ausgeschoben wird. Der Verdichtungsdruck wird dabei durch die Walzen in radialer Richtung auf den Strang ausgeübt. Eine Trennvorrichtung unterteilt den Wickelstrang in Einzelkörper, in der weiteren Betrachtung als „Preßling“ bezeichnet, da von einem Brikett im herkömmlichen Sinne nicht gesprochen werden kann. Die Länge der Preßlinge entspricht dabei zweckmäßig etwa dem Durchmesser.

Der Wickelstrangvorschub wird bei kegelförmigen Walzen, die um den Winkel  $\alpha$  geneigt eingestellt werden, durch die axiale Kraftkomponente  $F_A$  erzeugt (Bild 3. c).

Bei zylinderförmigen Walzen wird eine schräge Einstellung der Walzen um den Winkel  $\beta$  zum Wickelstrang gewählt, so daß aus der Walzenumfangsgeschwindigkeit eine axiale Geschwindigkeitskomponente  $v_A$  abgeleitet werden kann, die den Wickelstrangvorschub bewirkt (Bild 3. d). Auch die Kombination beider Möglichkeiten ist anwendbar.

Die Dichte des Wickelstrangs kann man beeinflussen, indem der Wickelstrangvorschub bei gleicher Gutzuführung verändert wird. Eine Dichteerhöhung läßt sich durch Führungseinrichtungen, die den Wickelstrangvorschub abbremsen, erreichen. Die Dichte ist durch Änderung der Winkel  $\alpha$  oder  $\beta$  zu regulieren.

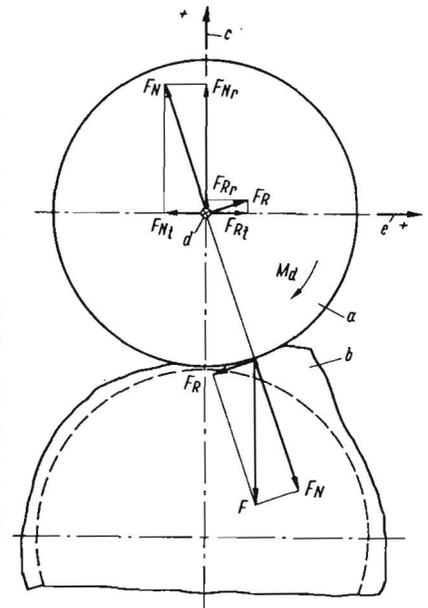
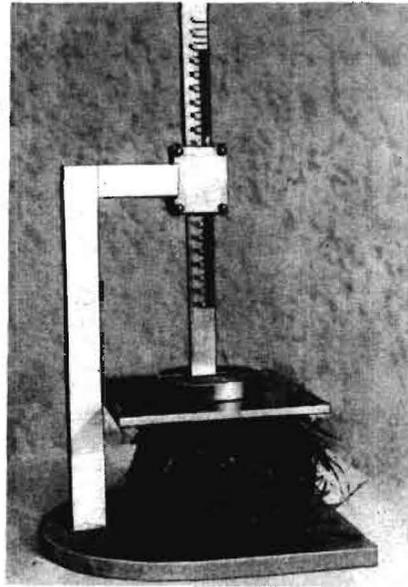
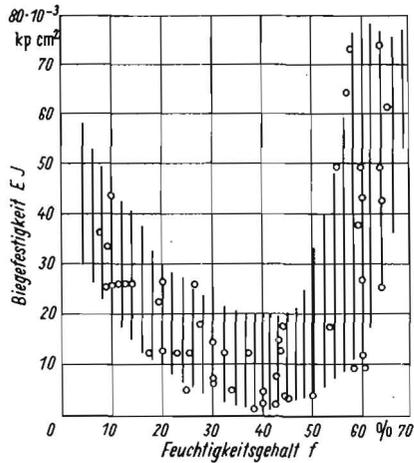
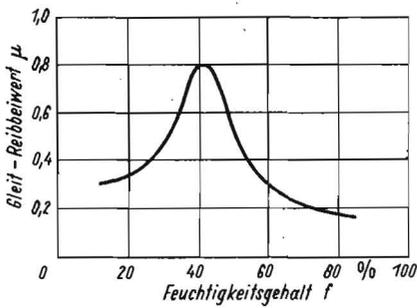
Ein möglichst hoher Reibungskoeffizient zwischen den Walzen und dem Wickelstrang ist für einen hohen Halmgutdurchsatz wünschenswert. Die Abhängigkeit des Gleit-Reibwertes  $\mu$  vom Feuchtigkeitsgehalt  $f$  bei Wiesengras und Luzerne auf glatter Stahlfläche zeigt einen steigenden Verlauf bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von  $f = 40$  Prozent (Bild 4) /7/. Bei höheren Normaldrücken und weiter steigendem Feuchtigkeitsgehalt ist dann ein Saftaustritt zu erwarten, der wie ein Schmierfilm wirkt. Dadurch verringert sich der Gleit-Reibwert wieder auf Werte unter 0,2. Eine profilierte Walzenoberfläche könnte zur Erhöhung des Gleit-Reibwertes beitragen. Für die Verdichtung sind jedoch profilierte Oberflächen der Preßwerkzeuge nachteilig.

Die Biegefestigkeit  $EI$  vom Einzelhalm zeigt ein ausgeprägtes Minimum bei einem Feuchtigkeitsgehalt um 40 Prozent (Bild 5) /8/. Trockenes Halmgut ist erfahrungsgemäß sperrig und spröde und damit biege- und druckfester als Welkgut. Mähfrisches Gut weist wiederum durch den größeren Zelldruck höhere Festigkeit auf. Bei hohem Reibungskoeffizient und geringer Biegefestigkeit im Feuchtigkeitsbereich um 40 Prozent sind günstige Betriebsbedingungen für das Radialdruckverfahren gegeben.

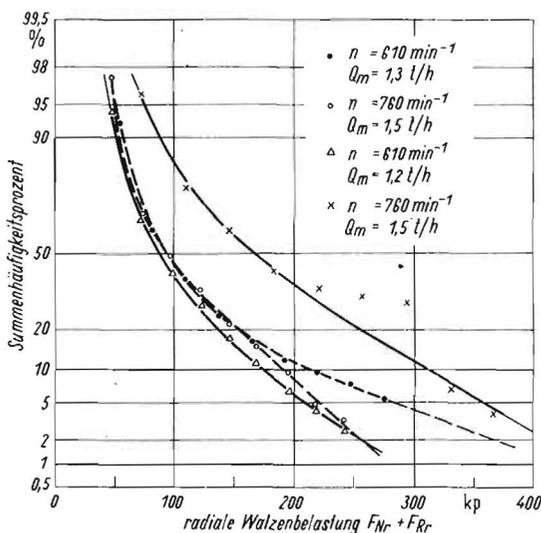
### 4. Kräfte an einer Verdichtungswalze

#### 4.1. Methode

An einer Versuchseinrichtung mit vier austauschbaren Walzen sind Untersuchungen mit Wiesengras und Luzerne bei unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt und unterschiedlichen Durchsätzen durchgeführt worden. Die Versuchszeit betrug 0,5 min, Dichte und Ausschubgeschwindigkeit des Wickelstrangs wurden ermittelt. Zur Bestimmung der Preßlingsabmessungen für die Dichtermittlung ist es notwendig, eine konstante Meßkraft aufzubringen, da die Schichten am Umfang der Wickelpreßlinge relativ lose sind (Bild 6). Mit Zwei- und Dreikomponenten-Meßeinrichtungen, die mit einem Trägerfrequenzverstärker und einem Magnetband-speicher zur Aufzeichnung verbunden waren, wurden die an der Einzugswalze im Betrieb auftretenden Kräfte ermittelt. Die anschließende Klassierung nach Momentanwert-häufigkeit bei zeitkonstanter Abfragung gestattet die Dar-



- Bild 4. Abhängigkeit des Gleit-Reibwertes vom Feuchtigkeitsgehalt (nach Sacht); Wiesengras und Luzerne auf glatter Stahlfläche. Normaldruck 10 bis 15 kp/cm<sup>2</sup>, Gleitgeschwindigkeit ≈ 0,2 m/s
- Bild 5. Einfluß des Feuchtigkeitsgehalts  $f$  auf die Biegefestigkeit  $EJ$  von Gras (nach Wienecke)
- Bild 6. Meßeinrichtung zur Durchmesser- und Längenbestimmung von Wickelpreßlingen
- Bild 7. Kräfte an einer Verdichtungswalze und am Wickelstrang;  $a$  Verdichtungswalze,  $b$  Wickelstrang,  $c$  Richtung der radialen Komponente,  $d$  Richtung der axialen Komponente; senkrecht zur Schnittebene,  $e$  Richtung der tangentialen Komponente.
- Bild 8. Summenhäufigkeitsverteilung der radialen Walzenbelastung bei zylinderförmigen Walzen;  
 - - - - - Wiesengras, Dichte  $\rho = 350 \dots 450 \text{ kg/m}^3$ , Feuchtigkeitsgehalt  $f = 47 \dots 53 \%$ ;  
 ————— Luzerne, Dichte  $\rho = 350 \dots 680 \text{ kg/m}^3$ , Feuchtigkeitsgehalt  $f = 40 \dots 45 \%$ ,  $n$  Strangdrehzahl,  $Q_m$  Durchsatz



stellung der Belastungen im Summenhäufigkeitsdiagramm. Aufbau, Wirkungsweise und Anwendungsbereich der Komponentenmeßeinrichtungen wurden gesondert beschrieben [9].

Die Kräfte wurden bei einer Schrägstellung der Walzen um den Winkel  $\beta = 4^\circ$  gemessen. Die Richtung der radialen Komponente ist dabei die Richtung der Verbindungslinie zwischen Strang- und Walzenmittelpunkt am Strangaustrittsende der Walzen (Bild 7). Die Belastung ergibt sich als Summe der Kräfte an beiden Walzenlagern der Einzugs- walze. Zwischen einer Walze und dem Wickelstrang kann der Kraftangriffspunkt etwa in der Mitte des Berührungsbereiches vor der Verbindungslinie beider Achsen angenommen werden. Die dabei auf den Wickelstrang ausgeübte resultierende Kraft  $F$  setzt sich aus der Normalkraft  $F_N$  und der Reibungskraft  $F_R$  zusammen. Werden Normalkraft  $F_N$  und Reibungskraft  $F_R$  als Reaktionskräfte im Walzenmittelpunkt angetragen, so lassen sie sich in eine radiale und in eine tangential Richtung zerlegen. In diesen Richtungen und in einer senkrecht dazu stehenden axialen Richtung wurden die im Betrieb auftretenden Walzenbelastungen gemessen.

#### 4.2. Versuchsergebnisse

Die folgenden Versuchsergebnisse beziehen sich auf zylinderförmige Walzen. In der Richtung der radialen Komponente treten die größten Belastungen auf (Bild 8). Die Belastung setzt sich aus der radialen Komponente der Normalkraft  $F_{Nr}$  und der radialen Komponente der Reibungskraft  $F_{Rr}$  zusammen. In tangentialer Richtung traten geringe positive und negative Kräfte auf (Bild 9). Sie sind durch die entgegengesetzt gerichteten tangentialen Komponenten der Normalkraft  $F_{Nt}$  und der Reibungskraft  $F_{Rt}$  bedingt. Die ebenfalls nur geringe axiale Walzenbelastung  $F_a$  wird durch den Wickelstrangvorschub hervorgerufen (Bild 10).

Bei Dichten unter  $300 \text{ kg/m}^3$  werden nur geringe Normalkräfte ausgeübt, es können dann auch nur kleine Reibungskräfte übertragen werden. Dadurch sind nur niedrige Halmgutdurchsätze möglich, sonst bleibt der Strang zwischen den rotierenden Walzen stehen. Mit steigender Dichte werden auch höhere Durchsätze erreicht. Eine Durchsatzsteigerung wird aber auch durch den hohen Verformungswiderstand bei extrem hohen Dichten begrenzt. Das Gegendrehmoment des Wickelstrangs wird dann so groß, daß auch durch hohe Reibungskräfte die Rotation des Wickelstrangs bei weiterer

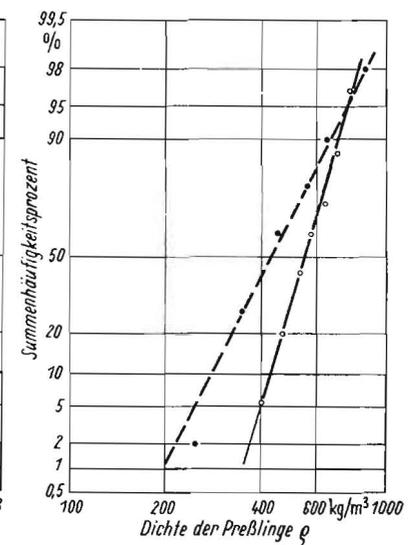
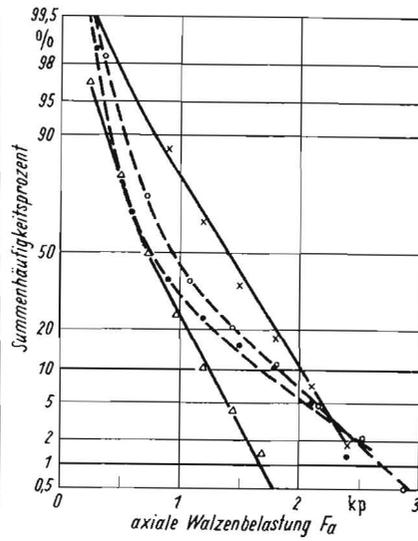
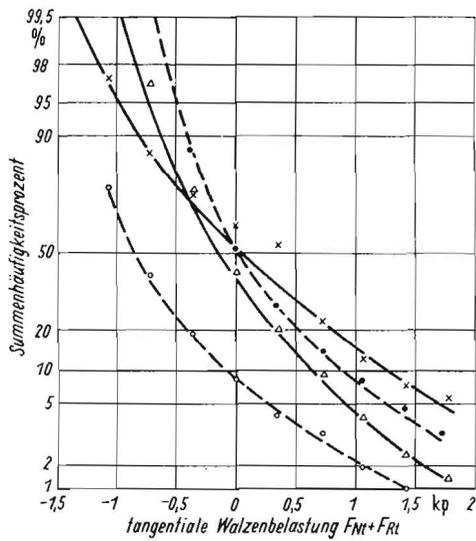


Bild 9. Summenhäufigkeitsverteilung der tangentialen Walzenbelastung bei zylinderförmigen Walzen (Erläuterung s. Bild 8)

Bild 10. Summenhäufigkeitsverteilung der axialen Walzenbelastung bei zylinderförmigen Walzen (Erläuterung s. Bild 8)

Bild 11. Häufigkeitsverteilung der Wickelpreßlingsdichten bei zylinderförmigen Walzen; - - - - - Wiesengras,  $f = 40 \dots 65 \%$ ; ——— Luzerne,  $f = 40 \dots 55 \%$

Halmzuführung nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Das Stehenbleiben des Wickelstrangs zwischen den rotierenden Walzen ist auch bei niedrigem und hohem Feuchtigkeitsgehalt des Halmguts zu verzeichnen.

Die Summenhäufigkeitsverteilung der Dichten der Preßlinge ergibt bei logarithmisch geteilter Abszisse Geraden (Bild 11). In diesen Dichtebereichen ist eine Arbeit mit weniger Störungen möglich. Die Dichten von Luzerne lagen im Mittel etwas höher als die Dichten von Wiesengras. Der eingestellte Wickelstrangdurchmesser betrug 80 mm und nach Austritt aus dem Wickelraum 96 mm, das entspricht einer Rückdehnung um etwa 20 Prozent. Der spezifische Energiebedarf wurde mit etwa 9 bis 10 PSh/t ermittelt, bei einem Feuchtigkeitsgehalt des Halmguts um 40 Prozent. Maximal erreichter Durchsatz 3 t/h.

## 5. Schlußfolgerungen

5.1. Die vergleichsweise höchsten Trockenmassedichten in Lagerräumen werden durch eine Silierung von gehäckseltem Welkgut in Hochsilos oder in Horizontalsilos erreicht.

5.2. Durch Wickelpreßlinge kann eine vergleichsweise hohe Transportraumauslastung erreicht werden.

5.3. Günstige Voraussetzungen für einen hohen Halmgutdurchsatz einer Radialdruckeinrichtung sind bei einem Feuchtigkeitsgehalt des Halmguts um 40 Prozent gegeben, da in diesem Bereich der Reibungskoeffizient zwischen Stahl und Halmgut ein Maximum und die Biegefestigkeit ein Minimum erreicht.

5.4. Eine hohe Wickelstrangdicke ist für einen hohen Halmgutdurchsatz wünschenswert. Der Verformungswiderstand bei extrem hohen Dichten begrenzt den Durchsatz.

5.5. Die Verdichtungswalzen werden in radialer Richtung am stärksten belastet. In tangentialer und axialer Richtung treten nur geringe Kräfte auf.

5.6. Ungünstige Betriebsbedingungen führen leicht zum Stehenbleiben des Wickelstrangs zwischen den rotierenden Walzen.

Das Durchsatzvermögen, die Betriebssicherheit und die Möglichkeiten der Konservierung sind beim derzeitigen Entwicklungszustand des Verfahrens noch unbefriedigend gelöst. Eine schnelle Einführung des Verfahrens in die landwirtschaftliche Praxis ist nicht absehbar.

## 6. Zusammenfassung

Ein Vergleich erreichbarer Dichten in Lagerräumen und auf Transportfahrzeugen zeigt, daß eine günstige Transportraumauslastung durch Preßlinge zu erreichen ist. Die Wirkungsweise des Radialdruckverfahrens wird beschrieben. Das Verfahren ist prinzipiell bei allen klee- und grasartigen Halmgütern mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt einsetzbar. Untersuchungen des Verfahrens ermöglichen Angaben über die im Betrieb auftretenden Belastungen an einer Verdichtungswalze.

## Literatur

- 1/ Coolman, IR, F.: Nieuws uit Amerika, Landbouwmecanisatie 18 (1967) H. 7, S. 685 bis 688  
Übersetzt in: Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 5, S. 228-230
- 2/ Scheffler, E.: Verfahren der Heubrikettierung aus mitteleuropäischer Sicht. KDT-Schriftenreihe Technik und Ökonomie Nr. 27: Moderne Verfahren der Heu- und Silagegewinnung, Berlin 1967, S. 97-111
- 3/ Suckow, G.: Mitteilung zum Forschungsthema „Kompaktierung von Heu“, Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim 1966 (unveröffentlicht)
- 4/ Fechner, M.: Bericht über Untersuchungen zur Anwendung der Vakuumkompaktierung bei der Silierung in Behelfs- und Horizontalsilos. Institut für Grünland- und Moorforschung Paulinenaue 1969 (unveröffentlicht)
- 5/ Scheffler, E.: Grundsätzliche Gesichtspunkte zur Gestaltung von Wickelbrikettiermaschinen.  
Teil 1: Vorteile der Brikettierung und Verdichtungsverfahren. Grundlagen der Landtechnik 20 (1970) H. 1, S. 8-10  
Teil 2: Die Beeinflussung des Halmgutdurchsatzes. Grundlagen der Landtechnik 20 (1970) H. 2, S. 47-51  
Teil 3: Wickelfestigkeit, Leistungsbedarf und Dichteregulierung. Grundlagen der Landtechnik 20 (1970) H. 3, S. 77-84
- 6/ Osobow, V. J.: O briketirovanii sena skrucivaniem (Über das Brikettieren von Heu durch Zusammendrehen), Traktory i sel'chozmasiny, Moskva 1971 H. 4, S. 32-33
- 7/ Sacht, H. O.: Das Verdichten von Halmgütern in Strangpressen. Fortschrittberichte VDI-Zeitschrift, Reihe 14, Nr. 4
- 8/ Wieneke, F.: Wickel- und Reibungsuntersuchungen an Wellen und anderen umlaufenden Maschinenteilen. VDI-Forschungsheft 463, Düsseldorf 1957
- 9/ Schmidt, H.: Kraftmessung an einem Lager in drei senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen. Deutsche Agrartechnik 21 (1971) H. 2, S. 91-92