

Untersuchungen zum Agglomerationsverhalten von Schweinemastfutter

Prof. Dr.-Ing. H. Krug / Dr.-Ing. W. Naundorf

Bergakademie Freiberg, Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik, Bereich spezielle Verfahrenstechnik

Aufgrund der positiven Ergebnisse bei der Agglomeration¹ von getrockneten Zuckerrübenschnitzeln auf einer Formmuldenwalzenpresse /1/ beauftragte die Zentralstelle für Forschung und Rationalisierung der Futtermittelproduktion und Verwertung in Gatersleben die Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik an der Bergakademie Freiberg, Grundlagenuntersuchungen zum Agglomerationsverhalten von Schweinemastfutter mit dem Ziel durchzuführen, auch für dieses Futter die Voraussetzungen zur Verpressung auf Formmuldenwalzenpressen zu ermitteln. Der Nachweis für die Eignung dieses vorteilhaften Pressentyps für das Verdichten von sehr unterschiedlichen landwirtschaftlichen Produkten ist von besonderem Interesse, weil infolge der verschiedenen Kampagnen nur eine universal einsetzbare Presse eine akzeptable Grundfondsauslastung ermöglicht. Vom Auftraggeber wurde für diese Untersuchungen Schweinemastfutter mit den in Tafel 1 festgehaltenen Rezeptbestandteilen angeliefert.

Die Korngrößenanalyse durch Prüfsiebung ergab, daß die Feinheit des Schweinemastfutters in der Reihenfolge S I, S II und S III erwartungsgemäß mit größer werdendem Anteil an getrockneten Zuckerrübenschnitzeln etwas abnimmt. Die technischen Körnungen dieser Proben (10 Prozent zulässiges Überkorn) lauten in der aufgeführten Reihenfolge 3,15/0 mm, 4,5/0 mm und 5,5/0 mm. Bild 1 verdeutlicht die Korngrößenzusammensetzung am Beispiel von S III. Die Wassergehalte der Rezepturen S I, S II und S III betragen 11,8, 11,0 und 9,8 Prozent. Bei der Schüttdichte war mit zunehmendem Anteil an getrockneten Zuckerrübenschnitzeln ein geringfügiger Anstieg von 0,53 g/cm³ über 0,60 g/cm³ auf 0,66 g/cm³ festzustellen.

¹ ag-glomero (lat.) zu einem Knäuel fest anschließen
Agglomeration — Anhäufung, Ballung, Zusammenballung, Pressen

Tafel 1. Rezepturbestandteile des untersuchten Futters

	Schweinemastfutter		
	S I %	S II %	S III %
getrocknete Zuckerrübenschnitzel	20	40	60
Getreidekonzentrat	79	59	39
Mineralstoffe	1	1	1

Bild 2. Druckfestigkeitswert und Rohdichte der Formlinge aus Schweinemastfutter in Abhängigkeit vom Preßdruck

Bild 1. Schweinemastfutter S III im Anlieferungszustand



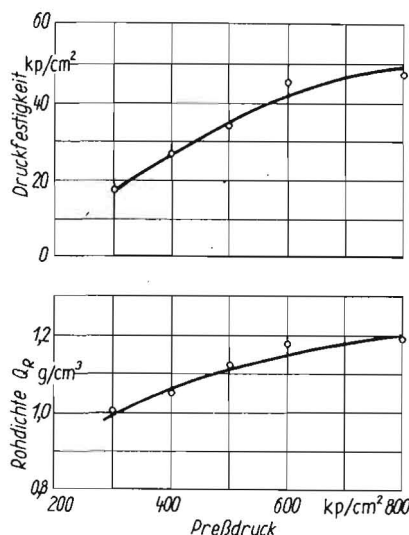
1. Untersuchungen auf der hydraulisch betriebenen Stempelpresse mit geschlossener Form

Durch die Grundlagenuntersuchungen auf der hydraulisch betriebenen Stempelpresse mit geschlossener Form sollten zunächst die Agglomerationsseigenschaften aller 3 Futtermittelgemische unter genau definierten Bedingungen und bei breiter Variation der wichtigsten Einflußgrößen zur Klärung der Frage ermittelt werden, ob und unter welchen Bedingungen die Verpressung dieser Schweinemastfutter auf Formmuldenwalzenpressen möglich ist. Dies war die Voraussetzung dafür, daß auf der Freiburger Formmuldenwalzenpresse gezielte Versuche mit einem vertretbaren Aufwand durchgeführt werden konnten.

1.1. Der Einfluß des Preßdruckes

Besonders günstige Agglomerationseigenschaften besitzt ein Produkt dann, wenn es ohne weitere Behandlung mit relativ niedrigen Preßdrücken zu ausreichend festen Formlingen verpreßt werden kann. Für Formmuldenwalzenpressen erweist es sich erfahrungsgemäß als vorteilhaft, wenn der notwendige Preßdruck etwa 400 kp/cm² nicht übersteigt. Bei den ersten Testversuchen auf der hydraulisch betriebenen Stempelpresse mit geschlossener Form galt es deshalb zu prüfen, ob im Preßdruckbereich zwischen 300 und 800 kp/cm² die Schweinemastfutter zu hinreichend festen Formlingen verpreßt werden können. Zur Beurteilung der Qualität der Formlinge wurde deren Druckfestigkeit (TGL 9491), Rohdichte (TGL 15 390) und Trommelfestigkeit (IfB-Trommel mit 500 mm Durchmesser und 25 min⁻¹) ermittelt.

Analog zu den Aufzeichnungen für die Probe S II im Bild 2 stieg auch bei allen übrigen Rezepturen die Druckfestigkeit und die Rohdichte der Formlinge konkav-parabolisch an. Die höchsten Druckfestigkeitswerte ergaben sich bei dem sehr hohen Preßdruck von p = 800 kp/cm² bei S I zu 54,8 kp/cm², bei S II zu 49,9 kp/cm² und bei S III zu 74,8 kp/cm². Bei dem angestrebten Preßdruck von 400 kp/cm² betragen die Druckfestigkeiten der Formlinge jedoch nur 29,2 kp/cm², 26,4 kp/cm² und 31,8 kp/cm². Die Festigkeitswerte genügen keinesfalls den praktischen Anforderungen, denen die Formlinge beim Umschlag, bei der Einlagerung und bei der Dosierung gewachsen sein müssen. Die unzureichende



Qualität der Formlinge äußerte sich auch darin, daß in keinem Fall eine Trommelfestigkeit $T_{31.5}$ (Absiebung des getrommelten Gutes auf einem 31,5-mm-Maschensieb) festgestellt werden konnte. Dies liegt in erster Linie darin begründet, daß wegen der nur unzureichend wirkenden Bindekräfte der Brikkettverband mürbe und bröcklig bleibt, wie es die Formlinge im Bild 3 verdeutlichen. Es ist somit nicht möglich, die untersuchten Schweinemastfutter ohne weitere Behandlung auf Formmuldenwalzenpressen zu verpressen.

1.2. Der Einfluß der Bedampfungsintensität

Nach den eben dargelegten negativen Ergebnissen mußte weiter geprüft werden, unter welchen Bedingungen die Verpressung dieser Schweinemastfutter doch noch realisierbar wird. Nach den Rezepturbestandteilen war zu erwarten, daß es durch die Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts des Gutes mit Wasserdampf zu einer starken Mobilisierung der ohne Zweifel vorhandenen Bindekräfte kommt.

Nach den Ergebnissen im Bild 4 kann für $p = 600 \text{ kp/cm}^2$ festgestellt werden, daß die Druckfestigkeit der Formlinge mit zunehmender Bedampfungsintensität nahezu linear auf relativ niedrige Werte abfällt. Dieser Befund ist jedoch kein Widerspruch zu der erwarteten Verbesserung der Formlingsqualität. Durch die Bedampfung der Kornoberflächen des zu verpressenden Gutes erhöht sich die Plastizität der Formlinge in einem solchen Maß, daß es bei der Druckfestigkeitsprüfung mit zunehmender Bedampfungsintensität statt zu einem Bruch immer mehr zur plastischen Verformung des Preßlings kommt. Unter diesen Bedingungen verliert die Druckfestigkeit ihr Bewertungsvermögen.

Die Kennlinien der Trommelfestigkeit im Bild 4 bestätigen die Feststellung, daß die Druckfestigkeit der Formlinge hier nur bedingt die innere Festigkeit der Formlinge repräsentiert. Die $T_{31.5}$ -Werte steigen von 0 Prozent bei der Verpressung aller 3 Schweinemastfutter ohne Bedampfung mit zunehmender Bedampfungsintensität sehr steil konkav-parabolisch an. Es kann festgestellt werden, daß praktisch nach einer Bedampfungszeit von etwa 40 s unter den speziellen Versuchsbedingungen der hydraulisch betriebenen Stempelpresse mit geschlossener Form sehr gute Trommelfestigkeiten erreicht werden. Die Bedampfungszeit entspricht in der Praxis in etwa einem Dampf/Futtermittel-Masseverhältnis von 1:50 bis 1:80. Es kann somit erwartet werden, daß bei einer ausreichend intensiven und vor allem auch homogenen Bedampfung die Schweinemastfutter S I bis S III auch auf Formmuldenwalzenpressen zu genügend festen Formlingen verpreßt werden können. Dabei ist mit einer Rohdichte der Formlinge um $1,2 \text{ g/cm}^3$ zu rechnen. Außerdem wird sich die Festigkeit der Formlinge unter sonst vergleichbaren Bedingungen nach den Ergebnissen im Bild 4 mit zunehmendem Anteil an Zuckerrübenschnitzeln verbessern.

1.3. Der Einfluß der Preßtemperatur

Eine weitere Möglichkeit zur Mobilisierung von latenten Bindekräften ist die Erwärmung der Schweinemastfutter vor dem Pressen. Im vorliegenden Falle wurde der Einfluß dieser Prozeßvariablen zwischen 20°C bis nahezu 100°C untersucht. Aufgrund der positiven Resultate im vorigen Abschnitt wurden alle Untersuchungen zum Einfluß der Temperatur bei einem Preßdruck von nur 400 kp/cm^2 jeweils bei einer Bedampfungszeit von 0 s und 10 s durchgeführt. Nach den Aufzeichnungen im Bild 5 steigt die Druckfestigkeit der Formlinge bei allen Versuchen ohne Bedampfung mit zunehmender Guttemperatur konkav-parabolisch an. Die erwartete Mobilisierung der latenten Bindekräfte durch Temperatursteigerung liegt somit vor. Die Intensität der Mobilisierung der latenten Bindekräfte allein durch Erhöhung der Preßtemperatur reicht jedoch noch nicht aus, um den Formlingen auch eine hinreichende Trommelfestigkeit zu verleihen. Selbst bei Preßtemperaturen über 80°C sind die für die Praxis besonders interessierenden $T_{31.5}$ -Werte nach 100 Trommelumdrehungen noch völlig unzureichend. Hohe Trommelfestigkeiten und damit eine gute Qualität der Formlinge werden nach Bild 5 nur bei der Verpressung der Schweinemastfutter in einer Dampf-atmosphäre erreicht, obwohl hier die allerdings auch weniger repräsentativen Druckfestigkeiten niedriger liegen als jene ohne Bedampfung. Der Effekt der Bedampfung des Brikkettgutes wirkt gegenüber der Preßtemperatur auf die für die Formlingsqualität entscheidende Trommelfestigkeit so dominierend, daß in der Praxis der beträchtliche Aufwand für eine zusätzliche Erwärmung des Schweinemastfutters vor dem Pressen entfallen kann, wenn nicht extrem hohe Festigkeitsansprüche gestellt werden. Ansonsten reicht die Aufwärmung des Gutes völlig aus, die durch das Dampf-einblasen ohnehin stattfindet.

Zur Beurteilung der Erfolgsaussichten für das Pressen der Schweinemastfutter auf einer Formmuldenwalzenpresse sind noch Kenntnisse über das Kompressionsverhältnis und das

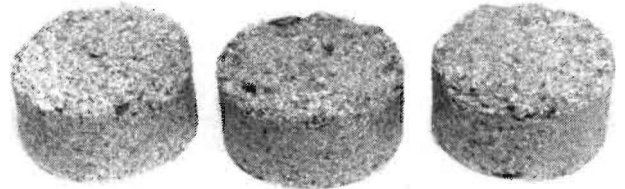


Bild 3. Formlinge aus Schweinemastfutter, von links nach rechts S II, S III, S I

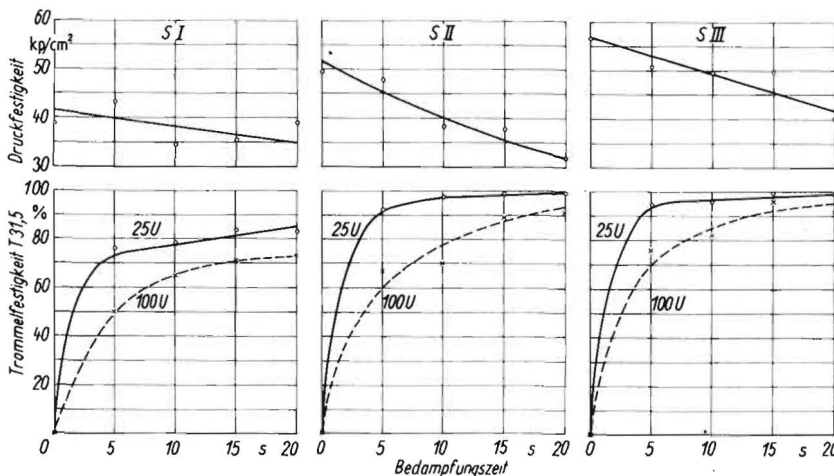


Bild 4. Druckfestigkeit und Trommelfestigkeit der Formlinge aus Schweinemastfutter in Abhängigkeit von der Bedampfungsintensität (Preßdruck 600 kp/cm^2)

Bild 5. Druckfestigkeit und Trommelfestigkeit der Formlinge aus Schweinemastfutter in Abhängigkeit von der Verpressungstemperatur (Preßdruck 400 kp/cm²)

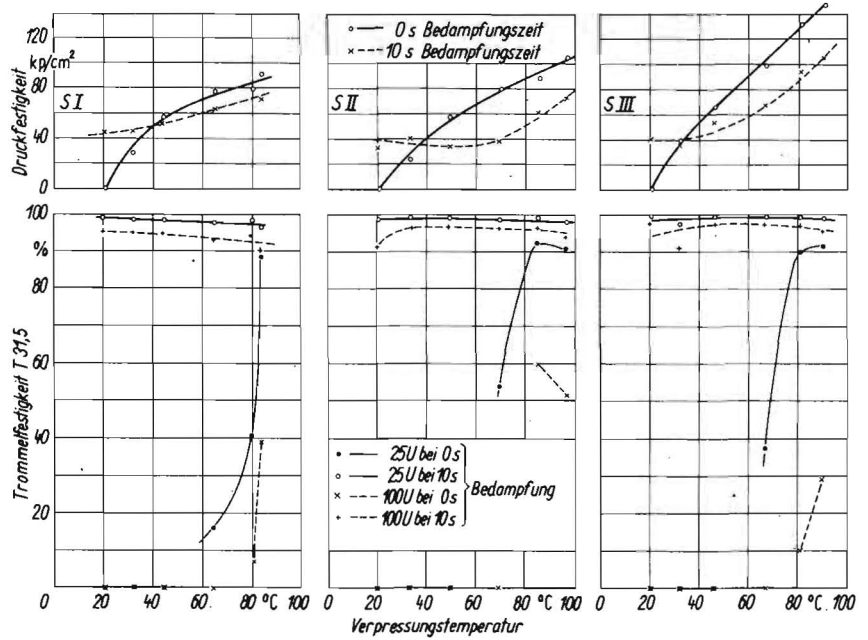


Bild 6. Formlinge aus Schweinemastfutter von der Formmuldenwalzenpresse, obere Reihe Halbformate, untere Reihe Vollformate



Expansionsvermögen der Formlinge wichtig. Das Kompressionsverhältnis wird nach folgender Formel berechnet:

$$K = \frac{h_S}{h_{BK}}$$

Das Expansionsvermögen der Formlinge soll hier durch die Längsdehnung der erzeugten Preßlinge gekennzeichnet werden:

$$\epsilon_l = \frac{h_B - h_{BK}}{h_{BK}} \cdot 100 \quad [\%].$$

Hierbei bedeuten h_S die Schütthöhe des Brikettiergutes in der Form vor der Verpressung, h_{BK} die Höhe der Formlinge unter Einwirkung des gewählten Preßdruckes und h_B die Höhe der Formlinge nach der Preßdruckentlastung.

Das Kompressionsverhältnis als Maß für die notwendige Volumenverdichtung bei dem Pressen überstieg bei einer Bedampfungszeit von 10 s und ohne weitere Gutaufwärmung in keinem Fall den Betrag von 2,4. Damit müßte es möglich sein, das Pressen von Schweinemastfutter auf Formmuldenwalzenpressen mit einem Walzendurchmesser von über 1 000 mm ohne weitere Vorverdichtung zu erreichen. Lediglich bei der Technikumpresse in Freiberg mit einem Walzendurchmesser von nur 630 mm wird eine schwache Vorverdichtung mit einer Stopfschnecke notwendig sein. Die Längsdehnung lag unter den gleichen Versuchsbedingungen zwischen rund 15 und 20 Prozent. Es sind folglich keine übermäßigen Expansionsrisse in den Formlingen zu befürchten.

ten. Außerdem müßte das Expansionsverhalten der Formlinge dazu ausreichen, daß sie sich nach dem Pressen auf der Formmuldenwalzenpresse selbständig aus den Mulden lösen.

2. Untersuchungen auf der Formmuldenwalzenpresse in Freiberg

Nach den Ergebnissen der Grundlagenuntersuchungen auf der hydraulisch betriebenen Stempelpresse mit geschlossener Form müßte ein Pressen der Schweinemastfutter auf der Formmuldenwalzenpresse bereits bei einem Preßdruck von etwa 400 kp/cm² gelingen, wenn das Brikettiergut unmittelbar vor dem Pressen mit einem Dampf/Schweinemastfutturmasseverhältnis von etwa 1 : 50 bis 1 : 80 genügend homogen bedampft wird. Diese Voraussage konnte bei den Versuchen auf der Formmuldenwalzenpresse bestätigt werden.

Bei der Herstellung von Halbformaten, hier ist nur eine Preßwalze mit Formmuldensegmenten belegt, betrug der T-31,5-Wert nach 25 Trommelumdrehungen 41,4 Prozent. Wie auch aus dem oberen Teil von Bild 6 hervorgeht, handelt es sich schon um relativ feste Formlinge. Ihre Festigkeit könnte ohne Zweifel noch spürbar erhöht werden, wenn die oben geforderte Bedampfungsintensität in der Freiburger Versuchsanlage realisierbar gewesen wäre. Dies wurde erst erreicht, wenn das Gut ein zweites Mal verpreßt wurde. Außerdem war im vorliegenden Fall auch die Homogenität der Bedampfung der Kornoberflächen noch unzureichend. Bei der praktischen Nutzung dieser Preßtechnologie wäre es deshalb zu empfehlen, daß außer dem Dampfblasen in den Füllschicht eine zusätzliche Bedampfung in einem unmittelbar vorgeschalteten Wirbelmischer erfolgt. Dabei ist unbedingt zu berücksichtigen, daß die Bedampfungsintensität um so größer sein muß, je höher der Anteil an Getreidekonzentrat ist.

Der Pressendurchsatz betrug bei der Versuchspresse mit einer nutzbaren Walzenbreite von 130 mm und einer Walzenumfangsgeschwindigkeit von nur 0,22 m/s bei den im Bild 6 dargestellten Halbformaten 1,95 t/h. Da etwa 20 Prozent des Pressenaustragsgutes als „Abrieb“ (unverpreßtes Rieselsgut und Kantenabrieb) durch eine Kreislaufschaltung zum Aufgabegut zurückgeführt werden mußten, ergab sich eine stündliche Erzeugung an Fertigprodukt von rund 1,5 t. Der Arbeitsbedarf betrug dabei 15 kWh/t Fertigprodukt. Diese Werte dürften sich bei großtechnischen Pressen eher verringern als erhöhen. In der Praxis müßte auf Pressen mit

einer nutzbaren Walzenbreite von 500 mm und einer etwas höheren Walzenumfangsgeschwindigkeit eine stündliche Erzeugung von 8 bis 10 t Fertigprodukt bei Halbformaten ohne weiteres erreichbar sein.

Im Interesse eines hohen Pressendurchsatzes ist bei Schweinemastfutter die Bestückung beider Preßwalzen mit Formuldensegmenten durchaus möglich. Nach den unteren Darstellungen im Bild 6 tritt dann bei diesen Vollformaten zwar in beschränktem Maße eine Schnäbelbildung auf, die jedoch nur zum Teil zum Bruch führt. Sollen dennoch die Vollformate in 2 Hälften zerfallen, so entstehen neben etwas Abrieb 2 feste Halbformate. Der Pressendurchsatz betrug bei diesen Versuchen 3,0 t/h. Bei 20 Prozent Abrieb ergibt sich eine Fertigproduktion von knapp 2,5 t/h. Der dafür notwendige Arbeitsbedarf betrug etwa 10 kWh/t. Unter diesen Bedingungen müßte auf großtechnischen Pressen eine stündliche Erzeugung von etwa 15 t Fertigprodukt möglich sein. Damit die Formlinge nicht in den Formmulden stecken bleiben, müssen diese ausreichend mit Wasserdampf angeblasen bzw.

mit Wasser aus Düsen schwach besprüht werden. Der Formzeugverschleiß ist praktisch bedeutungslos.

3. Zusammenfassung

Durch gezielte Grundlagenuntersuchungen wurde festgestellt, daß Schweinemastfutter, das vorwiegend aus Getreidekonzentrat und getrockneten Zuckerrübenschnitzeln besteht, auf Formmuldenwalzenpressen zu ausreichend festen Formlingen verpreßt werden kann, wenn die Futtermittelgemische vor dem Pressen ausreichend und homogen mit Wasserdampf konditioniert werden. Es können sowohl Halb- als auch Vollformate hergestellt werden. Im zuerst genannten Fall ist jedoch die Festigkeit der Formlinge höher als bei Vollformaten, weil mit zunehmender Dicke die Formlinge immer weniger durchgepreßt werden.

Literatur

(1) Krug, H. / W. Naundorf: Pressen getrockneter Zuckerrübenschnitzeln. *agrar. Technik* 24 (1974) H. 3, S. 127. A 9443

Neuerer und Erfinder

Patente zum Thema „Futterproduktion“

WP 79 392 Klasse: 45c, 90 Int. Cl.: A Old, 90
Anmeldetag: 21. Juli 1969

„Verfahren zum komplex kompaktierenden Ernten, Transportieren und konservierenden Einlagern von Grüngut, insbesondere von Betarübenkraut“

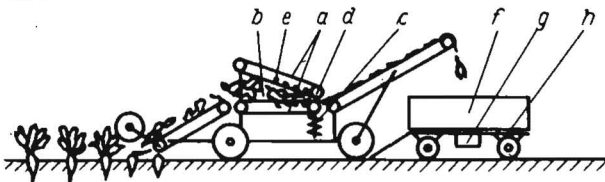
Erfinder: Horst Bauer
Dipl.-Ing. Prof. Dr. agr. Konrad Riedel
Werner Schiller
Dr. agr. Heinz Tischler

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nutzung von Kompaktierungsmöglichkeiten während der Ernte und des Transports und der Erhaltung der Verdichtung bei der Einlagerung des Grüngutes.

Die bekannten Verfahren der Blattbergung und -lagerung haben den Nachteil, daß das Blatt durch die Erntemaschine ungenügend verdichtet wird und auch die durch den Transport entstehende Verdichtung durch die zwangsläufig auftretende Auflockerung beim Entladevorgang im Silo wieder zunichte gemacht wird.

Gemäß der Erfindung werden diese Nachteile beseitigt, indem die Erntemaschine über eine Kompaktierungseinrichtung verfügt, die das Erntegut ohne wesentliche Zerkleinerung verdichtet. Diese Kompaktierungseinrichtung (Bild 1) besteht aus zwei im spitzen Winkel zueinander angeordneten, angetriebenen endlosen Bändern *a*, zwischen denen das Gut *b* eingezogen und gepreßt wird. Die Bänder *a* weisen im Wirkungsbereich die gleiche Laufrichtung auf. Die stärkste Quetschwirkung tritt an der Winkelspitze auf, wo das Gut unter der Wirkung der durch die Feder *c* gegeneinander gepreßten Umlenkwalzen *d* gerät. Im Quetschbereich werden die Bänder *a* durch Rollen *e* unterstützt. Das obere Band *a*

Bild 1



kann in einem bestimmten Winkel schwenken und sich so der Gutstromdichte anpassen.

Zur weiteren intensiven Verdichtung während des Transportes ist der Transportbehälter *f* mit einer vom Traktor aus angetriebenen Rüttleinrichtung *g* versehen.

Am Silo wird der Transportbehälter *f* mit Hilfe eines Portalcranes abgenommen und dicht über dem Silostock abgesenkt. Nach automatischer Öffnung des klappbar ausgebildeten Transportbehälterbodens *h* fällt der verdichtete Blattblock ohne nennenswerte Auflockerung auf den Silostock. Bei sauberem Absetzen ist ein nachträgliches Verdichten nicht mehr notwendig.

WP 100 614 Klasse: 45e, 25/16 Int. Cl.: A Old, 25/16
Anmeldetag: 27. Dezember 1972

„Verankerungsvorrichtung für Futterstockabdeckung“

Erfinder: Dipl.-Ing. Waldemar Günther
Siegfried Maletz

Die Erfindung betrifft die Verankerung der Futterstockoberflächenabdeckung in Form von Folien bei Silagesilos.

Zur Verankerung der Folienabdeckung werden Sand, Betonfertigteile oder auch Netze benutzt, die jedoch einen relativ hohen manuellen Aufwand beim Aufbringen und Verteilen sowie beim Wiederabdecken erfordern. Hinzu kommt, daß durch diese Methoden derartig große Schäden entstehen, daß die Folien oft nicht wieder verwendet werden können.

Die erfindungsgemäße Aufgabe, eine Verankerung der Abdeckfolie zu schaffen, die ohne Hilfsgeräte leicht angebracht und auch entfernt werden kann, wurde gelöst, indem anstelle einer Auflast die Abdeckfolie *a* mit speziellen Einsteckankern *b* befestigt wird (Bild 2). Dazu werden Einsteckanker *b* gleichmäßig verteilt von oben durch die Abdeckfolie *a* in den Futterstock *c* getrieben. Der Widerhaken *d* verhindert ein selbständiges Herausrutschen. Zur weitgehenden Sicherung eines Anpreßdruckes ist unter dem Kopf *e* oder einem Splint des Einsteckankers *b* eine Druckfeder *f* angeordnet, die ihrerseits auf einen Abdeckteller *g* drückt. Die durch die Einsteckanker *b* in der Abdeckfolie *a* entstehenden kleinen Löcher bedeuten keine Beschädigung der Folie selbst und