

Grundsätzliche Gesichtspunkte zur Gestaltung von Wickelbrikettiermaschinen

Teil 3: Wickelfestigkeit, Leistungsbedarf und Dichteregelung*)

Von Eckhard Scheffler, Braunschweig

Die Festigkeit der Wickelbriketts hängt von den Guteigenschaften (Gutart, Feuchtegehalt, Halmlänge), den Wickeldaten (Dichte, Durchmesser, Länge), von der Dicke der Halmgutschichten im Wickelbrikett und von der Walzenform ab. Aus der Forderung nach ausreichender Wickelfestigkeit und hohem Halmgutdurchsatz lassen sich Richtlinien für die Gestaltung von Wickelaggregaten ableiten, die zusammenfassend dargestellt werden. Bei Durchsatzschwankungen kann die Wickeldichte durch die entsprechende Anpassung des Verschränkungswinkels nahezu konstant gehalten werden, wobei sich das Walzantriebsmoment als Regelgröße verwenden läßt. Eine automatische Dichteregelungseinrichtung mit hydraulisch betätigter Verschränkung der Wickelwalzen wurde mit Erfolg in einer Aufsammel-Wickelmaschine erprobt.

1. Wickelfestigkeit

Unter Wickelfestigkeit sei der Widerstand des Wickelbriketts gegen das Abrollen einzelner Wickelschichten verstanden. Sie wurde in einem Rolltest ermittelt: Nach einem Fall aus 1,8 m Höhe – durch den Aufprall sollte sich die äußere Halmgutschicht lockern – rollte das Brikett über eine schiefe Ebene mit einem Höhenunterschied von 75 cm (Neigung 27°). Es wurde jeweils die gleiche ungünstigste Rollrichtung gewählt, nämlich die, bei der sich die einzelnen Schichten abwickeln können. Die Masse des Briketts nach dem Test wurde in Beziehung zur ursprünglichen Wickelmasse gesetzt und daraus eine Festigkeitszahl φ definiert: $\varphi = 1$ bedeutet die höchste erzielbare Festigkeit, bei der sich kein einziger Halm abwickelt, während bei $\varphi = 0$ kein Zusammenhalt der einzelnen Schichten mehr besteht. Die Angabe der Festigkeitszahl soll ausschließlich einen qualitativen Vergleich der unter verschiedenen Bedingungen gewickelten Briketts erlauben; sie läßt keine genauen Angaben über die in der Praxis erzielbaren Festigkeitswerte zu, da die Masse des wieder abgewickelten Halmgutes weitgehend von der Rollrichtung und von der tatsächlichen Beanspruchung durch die jeweils benutzten unterschiedlichen Transport- und Fördergeräte abhängt.

Außer den Guteigenschaften selbst sind es im wesentlichen vier Größen, die die Wickelfestigkeit beeinflussen: Wickeldichte, -länge und -durchmesser sowie die mittlere Dicke der verdichteten Halmgutschichten. Diese mittlere Schichtdicke h_m ergibt sich als Quotient aus Wickelradius und Anzahl der Lagen im Wickel, wobei sich die Lagenanzahl aus der Länge $l_{Wa,z}$ des Zuführbereichs des Aggregats, der Ausschubgeschwindigkeit und der Wickeldrehzahl bestimmen läßt.

Zu ihrer Berechnung wurden die mit zylindrischen Walzen theoretisch erreichbare Ausschubgeschwindigkeit $v_{Wa} \sin \beta'$ (v_{Wa} Umfangsgeschwindigkeit der Walzen) und – unter Vernachlässigung der Einschnürung des Wickelraumes – der theoretische Durchmesser d zugrunde gelegt; die Wickeldrehzahl n_{Wi} konnte so entsprechend

$$n_{Wi} = \frac{v_{Wa} \cos \beta'}{\pi d}$$

(unter der Voraussetzung schlupflosen Abrollens) bestimmt werden. Für zylindrische Walzen ergibt sich die Beziehung

$$h_m = \frac{d v_{Wa} \sin \beta'}{2 l_{Wa,z} n_{Wi}}$$

und nach Umformung

$$h_m = \frac{2 F_{th} \operatorname{tg} \beta'}{l_{Wa,z}}$$

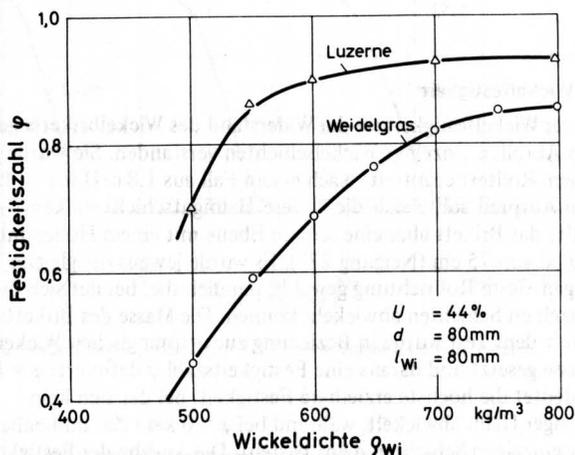
Die mittlere Schichtdicke h_m ist also unabhängig von Wickeldichte und Wickeldrehzahl.

*) Vgl. hierzu Teil 1: Vorteile der Brikettierung und Verdichtungsverfahren. Grundl. Landtechnik Bd. 20 (1970) Nr. 1, S. 8/10.
Teil 2: Die Beeinflussung des Halmgutdurchsatzes. Grundl. Landtechnik Bd. 20 (1970) Nr. 2, S. 47/49.

Dipl.-Ing. Eckhard Scheffler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Landmaschinen der Technischen Universität Braunschweig (Institutsdirektor: Prof. Dr.-Ing. H. J. Matthies).

Die wichtigsten Versuchsergebnisse sind in Bild 1 bis 5 zusammengestellt, in denen die Festigkeitszahl φ über der jeweiligen Einflußgröße aufgetragen ist. Die einzelnen Punkte sind Mittelwerte aus mehreren Beanspruchungen.

Bild 1 zeigt den erwarteten starken Anstieg der Festigkeitszahl mit zunehmender Wickeldichte; er ist auf die intensive Verbindung und Verklebung der einzelnen Halmgutschichten mit den wachsenden Verdichtungskräften zurückzuführen. Außerdem wird deutlich, daß unter sonst gleichen Bedingungen Luzernewickel eine höhere Festigkeitszahl haben als die aus Weidelgras, was den guten Verklebungs- und Verfilzungseffekt der Luzerneblätter verdeutlicht.



Die Abhängigkeit der Festigkeitszahl vom Feuchtegehalt, Bild 2, zeigt bei gleicher Wickeldichte ein ausgeprägtes Maximum im Bereich von $U = 30$ bis 50% . Die Erklärung liegt in der gegenüber vorgewickelm Gut höheren Biegesteifigkeit der Halme bei kleineren und größeren Feuchtegehalten. Die infolgedessen größeren Rückstellkräfte bewirken ein leichteres Lösen der äußeren Schichten vom Wickelkern.

Eine Vergrößerung der Halmlänge l von 300 auf 1200 mm ist praktisch ohne Einfluß auf die Festigkeitszahl, da das Wickelbrikett von den Halmen ganz umschlossen wird. Bei $l = 80\text{ mm}$ war dagegen überhaupt kein Zusammenhalt mehr zu beobachten. Für die Wickelverdichtung sollte daher das Halmgut länger sein als der Umfang der Wickelbriketts.

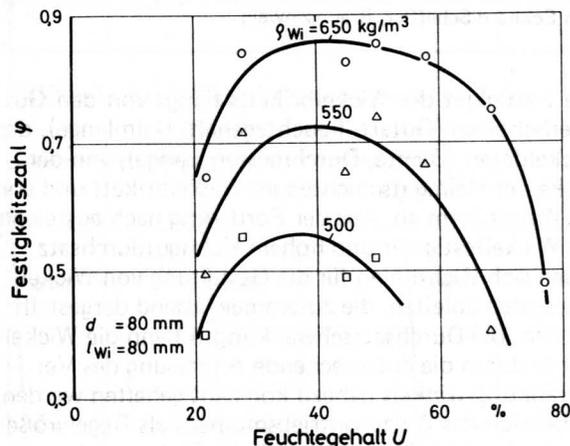


Bild 1 und 2. Weidelgras, vierter Schnitt sowie Luzerne zweiter Schnitt; Aggregat B

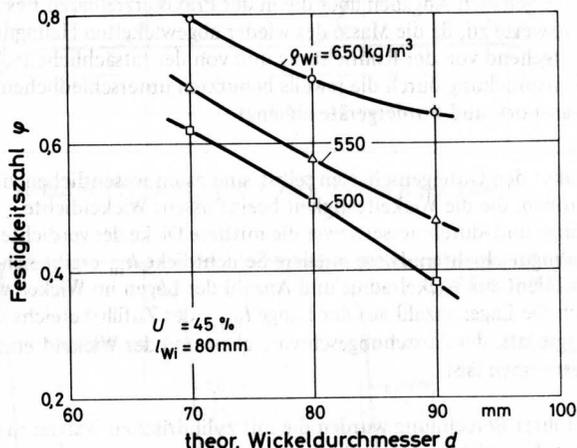


Bild 3. Weidelgras erster Schnitt; Aggregat B

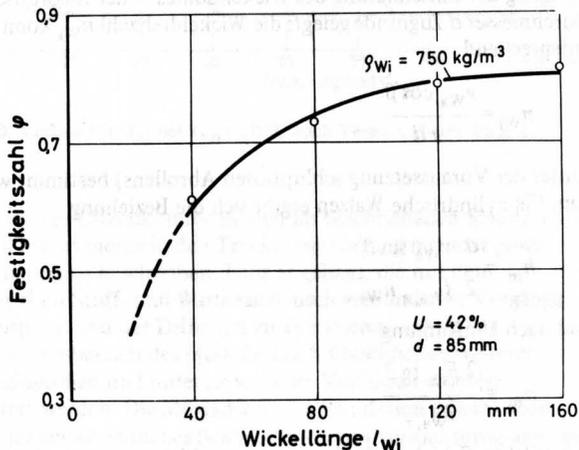


Bild 1 bis 5. Festigkeitszahl in Abhängigkeit von Gutfeuchte und Wickeldaten.

β' ist jeweils konstant, ausgenommen Bild 5

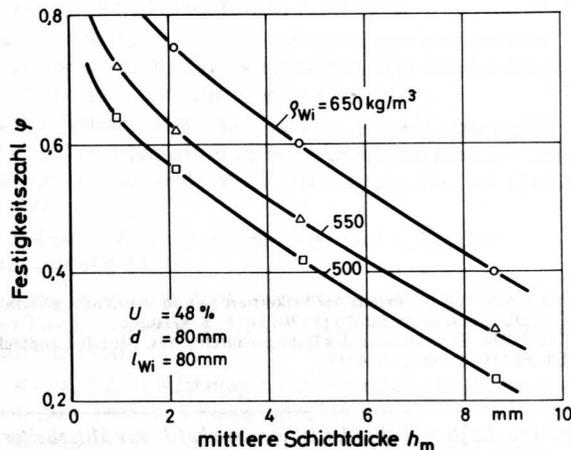


Bild 4 und 5. Weidelgras dritter Schnitt; Aggregat A

Einen positiven Einfluß auf die Festigkeitszahl hat die Vergrößerung der Wickellänge, Bild 3; denn mit zunehmender Wickellänge reichen die einzelnen konisch angeordneten Lagen von der Randzone weiter in den Kern hinein, werden dabei von mehr Schichten umschlossen und besser miteinander verankert.

Eine Vergrößerung des Wickeldurchmessers bei gleichem Verschränkungswinkel führt dagegen zu einer erheblichen Verringerung der Wickelfestigkeit, Bild 4. Hierbei werden die Halme um einen größeren Durchmesser, also mit größerem Krümmungsradius gewickelt; weiterhin wird der Wulst infolge des ungünstiger werdenden Verhältnisses von Walzen- zu Wickeldurchmesser größer und schließlich nimmt auch die mittlere Schichtdicke zu, so daß das Zusammenwirken aller drei Faktoren für die gezeigte Tendenz maßgebend sein dürfte.

Bild 5 zeigt die starke Abnahme der Festigkeitszahl mit zunehmender Schichtdicke h_m , die bei konstantem theoretischen Wickeldurchmesser durch Verkürzen der zylindrischen Walzen und durch Vergrößern des Verschränkungswinkels erreicht wurde. Die Anzahl der Überrollungen des fertigen Wickels wurde konstant gelassen.

Die Halmgutschichten gingen mit zunehmender Dicke h_m eine immer weniger feste Verbindung mit dem Wickelkern ein und drehten sich bei Schichtdicken von etwa 8 mm und mehr nach dem Zerschneiden des Wickelstranges spiralförmig auf. Es ist deshalb erforderlich, daß die mittlere Schichtdicke begrenzt wird. Die Versuche, für die Bild 5 ein besonders ausgeprägtes Beispiel ist, ergaben, daß die mittlere Schichtdicke höchstens 3 bis 4 mm betragen darf.

Aus dieser Forderung lassen sich die Grenzen für die Abmessungen von zylindrischen Walzen ableiten. In Bild 6, in dem die Walzenlänge und die Schichtdicke über dem maximalen Verschränkungswinkel aufgetragen sind, ist zusätzlich berücksichtigt, daß der den Zuführbereich verlassende Wickel noch drei Umdrehungen macht, bevor er den Verdichtungsraum verläßt. Damit ergibt sich die Länge des Zuführbereichs $l_{Wa,z}$, die für die mittlere Schichtdicke maßgebend ist.

Wegen des progressiven Anstiegs der mittleren Schichtdicke mit zunehmendem Verschränkungswinkel – sie beträgt bei $\beta' = 12^\circ$ bereits 9 mm – ist eine Durchsatzsteigerung durch Verkürzen der Walzen nur auf Kosten der Wickelfestigkeit möglich. Begrenzt

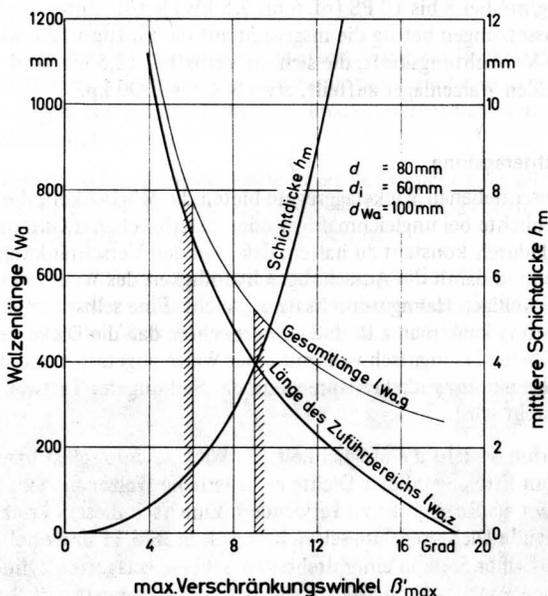
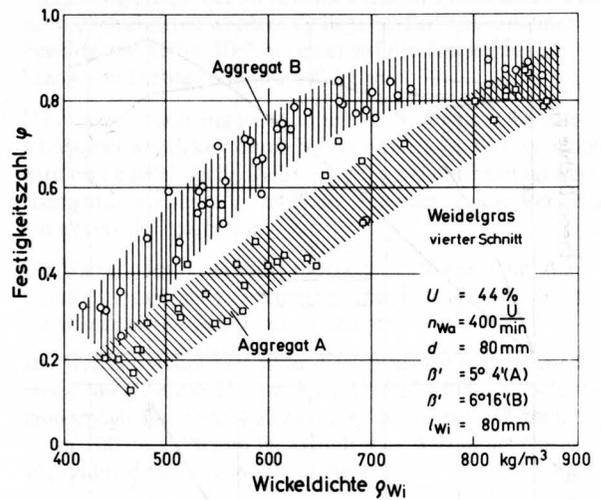


Bild 6. Errechneter Zusammenhang zwischen Walzenlänge, mittlerer Schichtdicke und maximalem Verschränkungswinkel.

Bild 7. Festigkeitszahl bei zylindrischen und konischen Walzen in Abhängigkeit von der Wickeldichte.



man die zulässige Schichtdicke auf $h_m = 4$ mm, so darf der maximal zulässige Verschränkungswinkel höchstens 9° betragen, was einer Walzenlänge von 500 mm entspricht. Damit dürfte der im Hinblick auf Halmgutsdurchsatz und Wickelfestigkeit günstige Arbeitsbereich zwischen $\beta'_{max} = 6$ und 9° liegen. Diese Grenzen sind in Bild 6 durch Schraffierung kenntlich gemacht. Mit solchen Wickelaggregaten können theoretisch maximale Durchsätze zwischen 5 und 7,5 t/h bei einer Walzendrehzahl von 700 U/min und einer Dichte von 750 kg/m^3 erzielt werden.

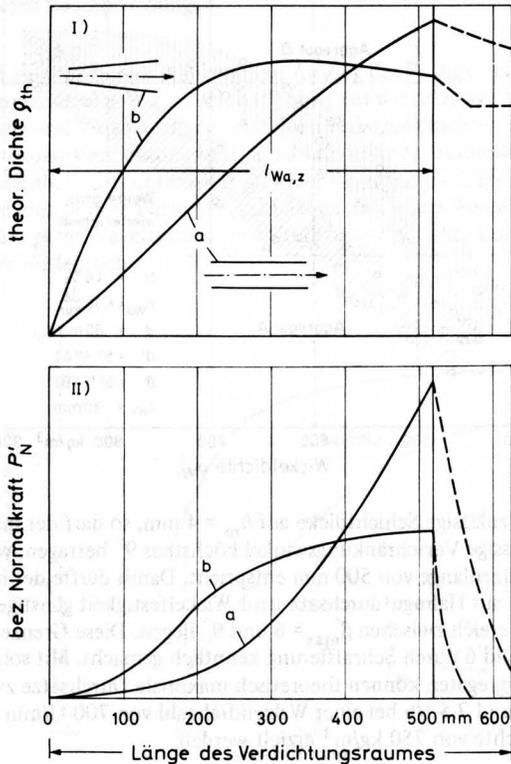
Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, daß ein Vergrößern des Halmgutsdurchsatzes durch Steigern der Walzendrehzahl von 150 auf 717 U/min (bei entsprechender Steigerung der Zuführgeschwindigkeit) keinen Einfluß auf die Wickelfestigkeit hatte. Diese Erscheinung läßt sich damit begründen, daß durch Verändern der Walzendrehzahl weder die Schichtdicke noch die Anzahl der Überrollungen beeinflußt werden. Daraus geht weiter hervor, daß die Verdichtungszeit, die mit höherer Drehzahl beträchtlich sinkt, keinen wesentlichen Einfluß auf den Zusammenhalt der Halmgutschichten hat. Wird z.B. die mit einem Aggregat erzielbare Ausschubgeschwindigkeit durch die nachgeschaltete Schneidvorrichtung begrenzt, ist es aus Festigkeitsgründen günstiger, diese Ausschubgeschwindigkeit mit längeren Walzen, kleinerem Verschränkungswinkel und dafür größerer Walzendrehzahl zu erzielen, als umgekehrt.

Bild 7 zeigt den Einfluß der Walzenform auf die Wickelfestigkeit. Über der Wickeldichte ist die Festigkeitszahl von Wickelbriketts aufgetragen, die mit Aggregat A und B unter nahezu gleichen Voraussetzungen hergestellt worden sind. Der Kurvenverlauf zeigt, daß im Dichtebereich zwischen 500 und 800 kg/m^3 die zwischen konischen Walzen gewickelten Briketts gegenüber den mit zylindrischen Walzen hergestellten eine erheblich höhere Festigkeit haben. Bei diesen Walzen nimmt das Verhältnis von Walzen- zu theoretischem Wickeldurchmesser in Ausschubrichtung von 0,94 auf 3,56 sehr stark zu, so daß der Wickel einer Verdrehbeanspruchung ausgesetzt ist. Im Gegensatz zu der in [1] erhobenen Forderung nach konstantem Durchmesser Verhältnis über die gesamte Walzenlänge wirkt sich offensichtlich gerade diese größere Verdrehbeanspruchung bei konischen Walzen positiv auf die Verbindung der Halmgutschichten miteinander und damit auf die Wickelfestigkeit aus.

2. Bemessung und Leistungsbedarf

Die insgesamt auf eine Walze wirkende Verdichtungskraft wird außer vom Feuchtegehalt des Gutes maßgeblich von der Wickeldichte im Verdichtungsraum, zusätzlich aber auch von der Gutzufuhr und dem Wickelraumdurchmesser beeinflusst. Dies sei an einem Beispiel verdeutlicht.

Bild 8. Dichte- und Kraftverlauf über der Walzenlänge bei unterschiedlicher Wickelraumform.



In Bild 8 ist für die konischen Walzen von Aggregat B bei I) die theoretische Dichte, bei II) die bezogene Normalkraft über der Länge des Verdichtungsraumes in der Tendenz aufgetragen. Die Walzen sind so angeordnet, daß ihre Mantellinien unverschränkt einmal einen zylindrischen (Kurve a), zum anderen einen konischen Wickelraum mit einem Neigungswinkel von 2° zur Wickelachse bilden (Kurve b). Der Austrittsdurchmesser beträgt in beiden Fällen $d = 80$ mm, der Verdrehwinkel $\beta = 40^\circ$. Der Dichteverlauf wurde für die gleiche Wickeldichte $\rho_{wi} = 750$ kg/m³ ($U = 43\%$) berechnet. Unter Berücksichtigung der unterschiedlich großen „Rückdehnung“ nach dem Ausschub des Wickelstranges ($k_{1,a} = 1,21; k_{1,b} = 0,936$)¹⁾ ist beim konischen Verdichtungsraum die theoretische Dichte am Walzenende zwar geringer, der Dichteverlauf insgesamt aber höher als bei „zylindrischem“ Wickelraum.

Trotz dieser höheren Dichte ergibt sich aus II) für beide Wickelraumformen nahezu die gleiche Gesamtkraft. Der Grund hierfür liegt in der Verringerung des Wickelraumdurchmessers und der Gutzufuhr bei konischem Verdichtungsraum; denn aus dem Verlauf der bezogenen Normalkraft wird deutlich, daß der Angriffspunkt der resultierenden Kraft bei Kurve b in den Bereich kleinerer Walzendurchmesser und damit geringerer wirksamer Ausschubgeschwindigkeiten verlagert wird. Dadurch wird außer dem Halmgutdurchsatz auch das für die Verdichtung erforderliche Walzendrehmoment etwa auf die Hälfte verringert.

Ebenfalls bedingt durch das Zusammenwirken der Einflußgrößen „Rückdehnung“, Wickelraumdurchmesser und Gutzufuhr ergab sich bei der Untersuchung von Aggregat A, daß das Walzendrehmoment innerhalb eines Streubereiches nur von der Wickeldichte w_i abhängt und von der Größe des Verschränkungswinkels und damit vom Halmgutdurchsatz praktisch nicht beeinflusst wird, Bild 9. Es kann deshalb als Regelgröße zum Konstanthalten der Dichte bei ungleichmäßigem Halmgutdurchsatz benutzt werden. Weiterhin folgt aus dieser Abhängigkeit, daß die für konstante Wickeldichte erforderliche, auf den Durchsatz bezogene Antriebsleistung mit größer werdendem Halmgutdurchsatz abnehmen muß. Diese Zusammenhänge sind in Bild 10 dargestellt.

Bild 9. Für die Verdichtung erforderliches Gesamtdrehmoment in Abhängigkeit von der Wickeldichte für verschiedene Verschränkungswinkel.

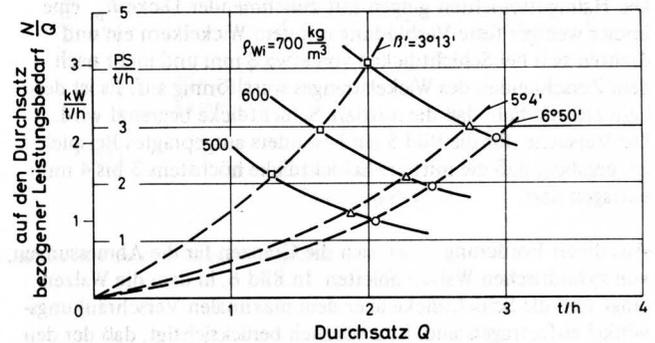
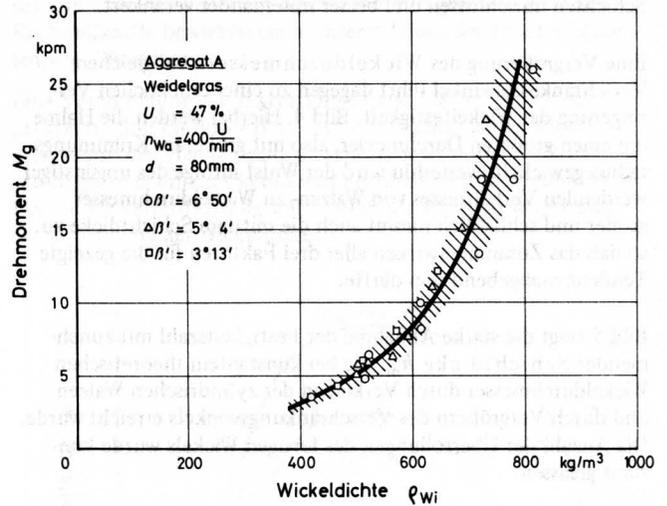


Bild 10. Auf den Durchsatz bezogener Leistungsbedarf in Abhängigkeit vom Halmgutdurchsatz für verschiedene Wickeldichten.

Während für die reine Verdichtung von Weidelgras mit 47% Feuchtigkeit auf eine Dichte von 700 kg/m³ nur 3 bis 4 PS (rd. 2 bis 3 kW) je t/h erforderlich waren, lag der auf den Durchsatz bezogene Leistungsbedarf bei Heu mit einer Gutfeuchte von 16% erwartungsgemäß höher, und zwar bei einer Dichte von etwa 600 kg/m³ bei 8 bis 10 PS (rd. 6 bis 7,5 kW) je t/h. Unter diesen Voraussetzungen betrug die insgesamt auf die Einzugswalze wirkende Verdichtungskraft, die sich im Verhältnis (2,5 bis 3) : 1 auf die beiden Walzenlager aufteilt, etwa 800 bis 1000 kp.

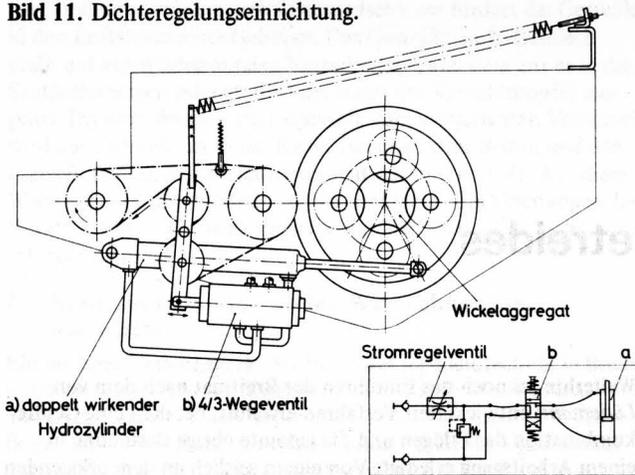
3. Dichteregulung

Die beschriebenen Wickelaggregate bieten die Möglichkeit, die Wickeldichte bei ungleichmäßiger oder unterbrochener Gutzuführung dadurch konstant zu halten, daß man den Verschränkungswinkel und damit die Ausschubgeschwindigkeit des Wickelstranges dem jeweiligen Halmgutdurchsatz angleicht. Eine selbsttätige Anpassung kann man z.B. dadurch erreichen, daß die Dicke des zugeführten Halmgutschwads mit einer Walze abgetastet und der Verschränkungswinkel entsprechend der Stellung der Tastwalze eingestellt wird.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Wickeldichte selbst bzw. das zum Erreichen dieser Dichte erforderliche Walzenantriebsmoment als Regelgröße zu verwenden. Eine nach diesem Prinzip arbeitende Dichteregulungseinrichtung ist in Bild 11 dargestellt: Die auf einer Seite in einer drehbaren Scheibe gelagerten zylindrischen Wickelwalzen können mit Hilfe eines doppelt wirkenden Hydrozylinders verschränkt werden. Der „Regler“ besteht aus einem Spannrollensystem im Lasttrum der die Walzen antreibenden Kette, das entsprechend dem Drehmoment-Sollwert mit einer

1) Vgl. Teil 2; hierzu Fußanmerkung *) auf der ersten Seite dieses Beitrages.

Bild 11. Dichteregelungseinrichtung.



Feder vorgespannt ist. Wenn mit zunehmendem Durchsatz die Dichte kurzzeitig ansteigt und dadurch das Drehmoment den eingestellten Sollwert überschreitet, wird durch Drehen des Spannrollensystems der Kolben über ein 4/3 Wegeventil so mit Öl beaufschlagt, daß der Verschränkungswinkel vergrößert wird und die Ausschubgeschwindigkeit zunimmt. (Die Verschränkungsgeschwindigkeit läßt sich mit einem Stromregelventil einstellen.) Bei abnehmendem Durchsatz wird durch die Wirkung der Feder der Ölstrom umgesteuert, so daß der Verschränkungswinkel verkleinert und die Walzen bei unterbrochener Gutzufuhr parallel gestellt werden.

Zum Erproben dieser Dichte-Regelungseinrichtung im praktischen Einsatz wurde eine Versuchsmaschine gebaut, Bild 12. Die Aufsammler-Wickelmaschine ist mit einem dem Versuchsaggregat A entsprechenden Verdichtungsaggregat ausgerüstet. An der Wickelaustrittsseite können die Walzen mit zunehmendem Verschränkungswinkel um einige Millimeter radial ausweichen, um die Drehmoment- und Kraftspitzen durch die Einschnürung des Wickelraumes zu verringern und um einen Wickelstrang mit nahezu konstantem Wickeldurchmesser zu erzielen.

Den ersten Versuch mit dieser Maschine ergaben zufriedenstellende Ergebnisse. Auch bei stark schwankendem Halmgutdurchsatz war die Funktionssicherheit gegeben, und die Wickeldichte konnte nahezu konstant gehalten werden. Bei einer mittleren Dichte von 550 kg/m^3 des Wickelstranges betrug die größte Abweichung z.B. $\pm 50 \text{ kg/m}^3$.

4. Zusammenfassung

Die wesentlichen Ergebnisse, die die Gestaltung von Wickelaggregaten betreffen, sollen abschließend zusammengefaßt und dabei auch Ergebnisse aus den bisherigen Trocknungsversuchen mit berücksichtigt werden.

1. Der Wickeldurchmesser sollte unter Berücksichtigung aller Faktoren (wie Durchsatz, Festigkeit, Trocknungsmöglichkeit und Schüttgutcharakter) 80 mm betragen.
2. Die Wickellänge dürfte aus Trocknungsgründen 60 mm nicht überschreiten. Zum Erzielen einer höheren Festigkeit ist jedoch eine Wickellänge von 80 mm zu empfehlen.

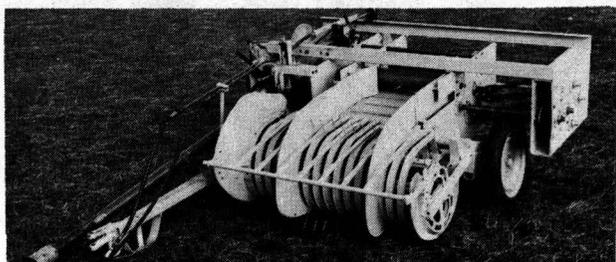


Bild 12. Versuchsausführung einer Aufsammler-Wickelmaschine.

3. Die Wickeldichte muß möglichst hoch sein, um eine hohe Festigkeit und einen großen Durchsatz zu erreichen. Die Trocknungsgrenze bei nachzutrocknenden Briketts darf aber nicht überschritten werden; sie liegt bei Briketts mit einer Feuchte von 40 bis 50 % bei einer auf die Trockenmasse bezogenen Dichte von etwa 400 kg/m^3 .
4. Die Walzenanordnung ist so zu treffen, daß eine hohe Ausschubgeschwindigkeit durch Verschränken der Walzen erzielt wird und eine einfache Dichteregelung bei ungleichmäßigem Halmgutdurchsatz (z.B. durch die Veränderung des Verschränkungswinkels) möglich ist.
5. Die Walzenoberfläche sollte möglichst griffig sein, um die Verstopfungsgefahr zu verringern. Dies läßt sich z.B. durch Aufvulkanisieren von Gummi erreichen.
6. Der Walzendurchmesser ist im Verhältnis zum Wickeldurchmesser möglichst groß zu wählen. Um jedoch die Verschränkungsmöglichkeit nicht einzuengen, dürfte das Optimum zwischen 100 und 120 mm für zylindrische Walzen bei einem Wickeldurchmesser von 80 mm liegen.
7. Die Walzenlänge ergibt sich für zylindrische Walzen aus den beschriebenen Zusammenhängen zu 500 bis 800 mm.
8. Durch eine konische Walzenform läßt sich die Festigkeit der Wickelbriketts positiv beeinflussen.
9. Die Walzendrehzahl kann im Hinblick auf die Wickelfestigkeit zumindest innerhalb des untersuchten Bereiches bedenkenlos gesteigert werden und ist vermutlich auch bei 700 U/min noch nicht begrenzt, so daß u.U. 1000 oder mehr Umdrehungen je Minute zugelassen werden können.
10. Der theoretisch erreichbare Durchsatz liegt zwischen 5 und 7,5 t/h bei einer Walzendrehzahl von 700 U/min und einer Dichte von 750 kg/m^3 .
11. Die insgesamt auf die Einzugswalze wirkenden Verdichtungskräfte betragen bei Heu mit 16 % Feuchtigkeit und einer Dichte von etwa 600 kg/m^3 800 bis 1000 kp (Aggregat A).
12. Der auf den Durchsatz bezogene Leistungsbedarf liegt unter diesen Voraussetzungen bei 8 bis 10 PS (rd. 6 bis 7,5 kW) je t/h, dagegen bei Gras mit 45 % Feuchte und einer Dichte von 700 kg/m^3 bei 3 bis 4 PS (rd. 2 bis 3 kW) je t/h.

Durch die Untersuchung der wichtigsten Einflußgrößen konnten Richtlinien für die Gestaltung von Wickelaggregaten aufgestellt werden. Das beschriebene Verdichtungssystem kann ein Schritt zur Lösung der anstehenden Probleme sein. Dabei ist klar, daß noch zahlreiche Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Dichteregelung und dem Zerschneiden des Wickelstranges vor allem bei hohen Drehzahlen zu überwinden sind.

Ob und wann sich das Wickelverfahren in der landwirtschaftlichen Praxis durchsetzen wird, hängt nicht allein von der Entwicklung einer funktionssicheren Wickelbrikettiermaschine ab. In diesem Zusammenhang sei noch einmal das bereits erwähnte Problem der Brikettkonservierung genannt; denn wenn mit einer Wickelmaschine angelocktes Gut verarbeitet werden soll – und in dieser Möglichkeit liegt ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens –, so sind zunächst leistungsfähige Trocknungsanlagen zu entwickeln, die den hohen Wickelausstoß der Brikettiermaschine verarbeiten können. Weiterhin müssen Verfahren und Geräte zum Bergen, Einlagern und Verfüttern geschaffen werden. Dies sind zwar keine unlösbaren, aber mit Sicherheit auch nicht kurzfristig zu bewältigende Aufgaben. Deshalb besteht kein Zweifel, daß eine solche Entwicklung nicht in Monaten oder wenigen Jahren abgeschlossen sein kann, sondern daß mehr als ein Jahrzehnt nötig sein wird, bis Maschine und Arbeitskette in die Praxis eingeführt sind.

Schrifttum

- [1] Bushmeyer, R. W., D.E. Krause u. C.J. Rath: Development of a Roll Wafering Machine. Progress Report. ASAE-Paper No. 69-163 (1969).