

z. B. bei Welkgut, sollte deshalb die Trocknungstrommel im oberen Drehzahlbereich gefahren werden. Dadurch wird bei gleichbleibendem Füllungsgrad der maximal zulässige Trockengutdurchsatz erhöht. Der dann eintretende höhere Energiebedarf wird durch die in diesem Bereich vorhandene Reserve der Feuerungsleistung gewährleistet. Im oberen Feuchtigkeitsbereich, in dem die Feuerung leistungsbegrenzend wirkt, empfiehlt es sich, die Trocknungstrommel im unteren Drehzahlbereich zu fahren. Dadurch ergibt sich eine höhere Trommelfüllung, die eine Erhöhung des mittleren spezifischen Wärmeübergangskoeffizienten bewirkt. Durch diese Maßnahme kann bei gleichbleibendem Wärmeangebot die Wasserverdampfung und damit auch der Trockengutausstoß erhöht werden. Die dargelegten Zusammenhänge sind sowohl für die Begründung einiger wesentlicher Betriebseigenschaften des Trommeltrockners als auch für die Dimensionierung der Nachfolgeeinrichtungen im Anschluß an die Trocknungstrommel und für die Optimierung der gesamten Trocknungsanlage von Bedeutung.

4. Zusammenfassung

Hohe spezifische Leistungswerte von Trocknungstrommeln erfordern maximale Füllungsgrade. Auf der Grundlage wissenschaftlich-technischer Analysen und experimenteller Untersuchungen wurde ein Beitrag zur Klärung der bestehenden Zusammenhänge zwischen Trommelfüllungsgrad, Gutgeschwindigkeit, Gutdurchsatz, Luftstrom und Trommeldrehzahl geleistet. Die Ergebnisse sind für die Optimierung der Führung des Trocknungsprozesses sowie für die optimale Gestaltung der Trommel und der gesamten Trocknungsanlage von Bedeutung.

Literatur

- 1¹ Dräger, J.: Zusammenhang zwischen dem Trommelfüllungsgrad, dem Gutdurchsatz und den Betriebsgrößen des Trockners. Abschnitt 5.6.1. des Abschlußberichts „Rationalisierung der Heißlufttrocknung von Grünfütter, Hackfrüchten und Ganzpflanzen“ des IFM Potsdam-Bornim 1974 (unveröff.).
- 2¹ Rettig, H.; Dräger, J.: Verweilzeitmessung an Trommeltrocknern der Landwirtschaft mit radioaktiven Nukliden. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 3, S. 149–151. A 9842

Untersuchungen zur Verbesserung des Agglomerationsverhaltens von Futtermittelgemischen mit hohen Strohanteilen¹

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

Bergakademie Freiberg, Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik, Bereich Spezielle Verfahrenstechnik

1. Aufgabenstellung

In ¹ haben die Verfasser über das Agglomerationsverhalten von Grund-, Teil- und Fertigfuttermitteln berichtet.

Unzureichend verfestigte Formlinge entstehen nach ², wenn Futtermittelgemische mit hohen Anteilen an Getreideganzpflanzen verpreßt werden müssen. Gute Festigkeiten der Preßlinge werden erreicht, wenn diesen Futtermittelgemischen zusätzlich etwa 20 Prozent mit Natronlauge aufgeschlossenes Stroh oder etwa 10 Prozent Melasse zugesetzt werden.

Dieser Beitrag informiert über neue Untersuchungen und Ergebnisse von Preßversuchen mit höherem, teilweise unbegrenztem Strohanteil. Bei den Versuchen wurde wie bei den in ² beschriebenen mit Natronlauge aufgeschlossenes Stroh als „Brikettierhilfsmittel“ verwendet, wodurch sich auch dessen Nährwert erhöhte.

Außerdem bieten Formlinge aus reinem NaOH-Stroh auch für andere Industriezweige Vorteile (z. B. Zellulosegewinnung aus Stroh).

Als weitere „Bindemittel“ wurden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene Silagen untersucht.

2. Grundlagenuntersuchungen auf der hydraulisch betriebenen Stempelpresse mit geschlossener Form

2.1. Das Agglomerationsverhalten von aufgeschlossenem Stroh

Der Strohaufschluß wird gegenwärtig zumeist durch Beregnung des Häckselgutes mit 6prozentiger Natronlauge in einem Lauge/Stroh-Masseverhältnis von 1:1 durchgeführt. Es ist bekannt, daß sich neben der Erhöhung des Strohnährwerts durch dieses Aufschlußverfahren gleichzeitig auch das Brikettiervermögen des behandelten Strohs etwas verbessert. Die Bindemittelwirkung dieses aufgeschlossenen Gutes ist jedoch bei weitem noch nicht ausreichend zur Erzeugung fester und lagerbeständiger Formlinge.

Bild 1 zeigt die Trommelfestigkeit T 30 der Formlinge in Abhängigkeit von der Feinheit und vom Feuchtegehalt des mit Natronlauge aufgeschlossenen Strohs. Danach kann festgestellt werden, daß alle Kennlinien bei einem Feuchtegehalt des reinen NaOH-Strohs von rd. 25 Prozent ein Maximum der Trommelfestigkeit durchlaufen. Bei unteroptimalem Feuchtegehalt verschlechtert sich die Festigkeit des Brikettverbandes vor allem wegen der verschlechterten Klebrigkeit der zu weit ausgetrockneten Strohs substanz. Die durch den chemischen Aufschluß aktivierten Bindekräfte sind hier „eingefroren“. Als Folge der Übertrocknung des Brikettiergutes verringert sich auch die für die Ausbildung eines stabilen Formlingsverbandes notwendige Druckplastizität zugunsten der unerwünschten Elastizität. Bei überoptimalen Feuchtegehalten wird während des Brikettierprozesses mit ansteigenden w-Werten zunehmend Flüssigkeit ausgepreßt, wobei teilweise völlig deformierte Formlinge entstehen. Die Festigkeit dieser Preßlinge ist zumeist sehr gering, weil durch die überschüssige Flüssigkeit die Ausbildung von Bindungen zwischen den einzelnen Strohhalmen stark gehemmt wird. Nachteilig ist außerdem, daß die zu feuchten Preßlinge sehr stark an den Preßformzeugen ankleben.

Wird durch die weitere Zumischung von Kraftfutter eine Bedampfung des Brikettiergutes notwendig, so darf die Strohfeuchtigkeit 25 Prozent möglichst nicht überschreiten, weil es sonst durch den zusätzlich eingeblasenen Wasserdampf an der Strotoberfläche lokal zu schädlichen Überfeuchtungen kommen kann.

Die in Bild 1 dargestellte Trommelfestigkeit der Formlinge sinkt mit zunehmender Feinheit des Strohs nur schwach ab, weil mit kleiner werdender Halmlänge die formschlüssigen Verbindungen im Brikettverband weniger wirksam werden. Der Abfall der Formlingsfestigkeit wird jedoch größtenteils durch den intensiveren chemischen Aufschluß des feineren Strohs kompensiert. In der Praxis sollte demzufolge das Stroh mindestens auf eine Halmlänge von etwa 10/0 mm zerkleinert werden, wobei auch der Verpressungsprozeß selbst wesentlich günstiger abläuft ^{1/1}.

¹ Ein Teil der experimentellen Arbeiten wurde von cand. ing. W. Küttner im Rahmen seiner Diplomarbeit in gewissenhafter Weise ausgeführt

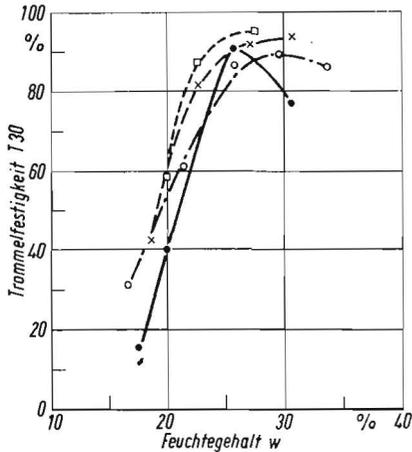
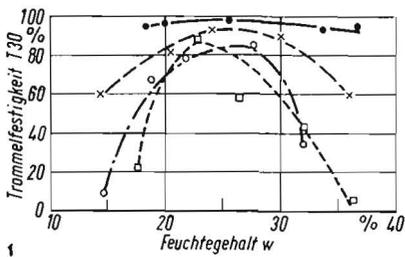


Bild 3. Trommelfestigkeit der Formlinge nach 100 Trommelumdrehungen in Abhängigkeit von Strohfeuchtegehalt, Laugenkonzentration und Lauge/Stroh-Masseverhältnis ($p = 400 \text{ kp/cm}^2$); Laugenkonzentration: a) 6%, b) 12%, c) 18%, d) 24%

Bild 1. Trommelfestigkeit der Formlinge nach 100 Trommelumdrehungen in Abhängigkeit von Feinheit und Feuchtegehalt des Weizenstrohs ($p = 400 \text{ kp/cm}^2$; Lauge/Stroh-Masseverhältnis 1:1; Laugenkonzentration $c = 6\%$)

Feinheit des Strohs
 ● ———— ≈ 50/0 mm × ———— ≈ 25/0 mm
 ○ ———— ≈ 8/0 mm □ ———— ≈ 3/0 mm

Bild 2. Trommelfestigkeit der Formlinge nach 100 Trommelumdrehungen in Abhängigkeit von Strohfeuchtegehalt und Laugenkonzentration bei konstantem spezifischem NaOH-Verbrauch ($p = 400 \text{ kp/cm}^2$)

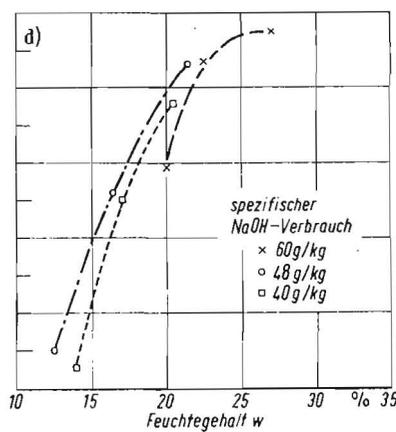
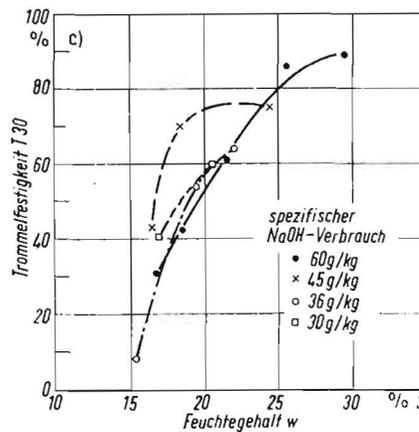
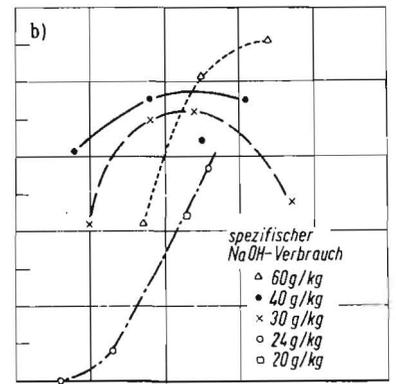
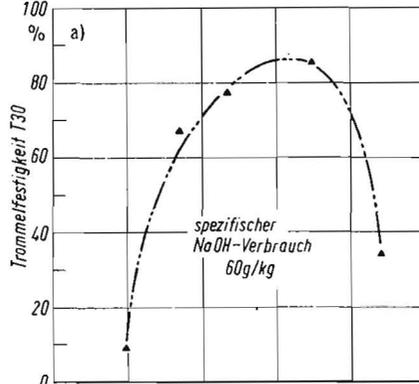
	Laugenkonzentration c %	Lauge-Stroh-Masseverhältnis	spezifischer NaOH-Verbrauch g/kg
● ————	6	1:1	60
× ————	12	1:2	60
○ ————	18	1:3	60
□ ————	24	1:4	60

Die Zerkleinerung des Strohs muß vor dem Aufschluß mit Natronlauge durchgeführt werden.

Der Befund, daß aufgeschlossenes Stroh mit einem Feuchtegehalt um 25 Prozent ohne weitere Zusätze zu sehr festen Formlingen verpreßt werden kann, wird für die Praxis aber erst dann interessant, wenn auf eine gesonderte thermische Nachtrocknung verzichtet werden kann. Deshalb sollte geprüft werden, ob der vorgegebene Feuchtegehalt von 25 Prozent auch ohne eine aufwendige Nachtrocknung und ohne einen Abfall der Preßlingsqualität nur durch eine zweckmäßige Festlegung der Laugenkonzentration und des Lauge/Stroh-Masseverhältnisses eingestellt werden kann.

Bei den im Bild 2 dargestellten Untersuchungen wurde das Lauge/Stroh-Masseverhältnis der veränderten Laugenkonzentration so angepaßt, daß sich der spezifische NaOH-Verbrauch von 60 g/kg nicht veränderte. Unter dieser Bedingung kommt es zu keiner merklichen Verschiebung des optimalen Feuchtegehaltsbereichs von 22 bis 28 Prozent. Außerdem verfügen die Formlinge hier nahezu unabhängig von der Laugenkonzentration über sehr hohe Trommelfestigkeits-

Lauge/Stroh Masseverhältnis:
 ▲ ———— 1:1 × ———— 1:4
 ○ ———— 1:2 □ ———— 1:5
 ● ———— 1:3 ◇ ———— 1:6



werte, die meistens sogar über 90 Prozent liegen. Die Lage des Bereichs für optimalen Brikettierfeuchtegehalt verschiebt sich nach den Aufzeichnungen im Bild 3 mindestens in den hier untersuchten Variationsbereichen auch nicht durch eine Verringerung des spezifischen NaOH-Verbrauchs. Dagegen geht aus Bild 3 eindeutig hervor, daß die absolute Höhe der T30-Werte im Feuchtegehaltsbereich um 25 Prozent mit kleiner werdendem spezifischen NaOH-Verbrauch absinkt. Gute Festigkeitswerte für Formlinge aus reinem NaOH-Stroh können nur dann erzielt werden, wenn der spezifische NaOH-Verbrauch mindestens 40 g/kg bis 60 g/kg beträgt. Damit ist aus brikettiertechnischer Sicht nachgewiesen, daß ohne Verschlechterung der Preßlingsqualität auf eine gesonderte thermische Nachtrocknung des aufgeschlossenen Strohs zur Erreichung von w_{opt} verzichtet werden kann, wenn der Strohaufschluß statt mit 6prozentiger Natronlauge und einem Lauge/Stroh-Masseverhältnis von 1:1 mit 24prozentiger NaOH und einem Lauge/Stroh-Masseverhältnis von etwa 1:4,5 durchgeführt wird. Im zuletzt genannten Fall stellt sich bei Rohstrohfeuchtegehalten um 10 Prozent der gewünschte optimale Brikettierfeuchtegehalt von 22 bis 28 Prozent von selbst ein.

Die Untersuchungen ergaben auch, daß eine sofortige Verpressung des aufgeschlossenen Strohs in keinem Fall schlechtere T30-Werte als bei einer Mindestaufschlußdauer vor der Brikettierung von 3 Tagen liefert. Damit läßt sich das Aufschlußverfahren in einen kontinuierlich ablaufenden Produktionsprozeß ohne größere Zwischenlagerkapazitäten einordnen.

2.2. Verpressung von Futtermittelgemischen mit hohem Strohanteil unter Verwendung von aufgeschlossenem Stroh

Bislang konnte nachgewiesen werden, daß aufgeschlossenes Stroh unter den genannten Versuchsbedingungen zu sehr festen Formlingen verpreßt werden kann. Die Nutzung des guten Agglomerationsvermögens von NaOH-Stroh für die Brikettierung von Futtermittelgemischen mit hohem Stroh-

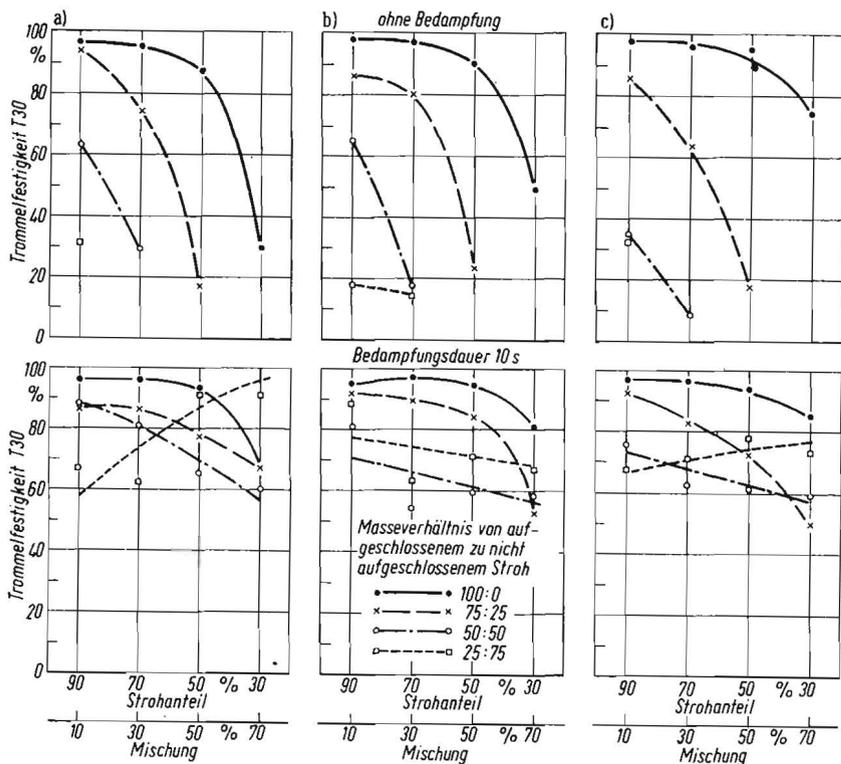


Bild 4. Einfluß verschiedener Kraftfuettermischungen und der Brikettiergutbedampfung auf die Trommelfestigkeit der Formlinge nach 100 Trommelumdrehungen bei unterschiedlichen Masseverhältnissen von aufgeschlossenem und nicht aufgeschlossenem Stroh: (p = 400 kp/cm², Lauge/Stroh-Masseverhältnis 1:4,5, Laugenkonzentration 24 Prozent) a) Kraftfuettermischung 1. b) Kraftfuettermischung 2. c) Kraftfuettermischung 3

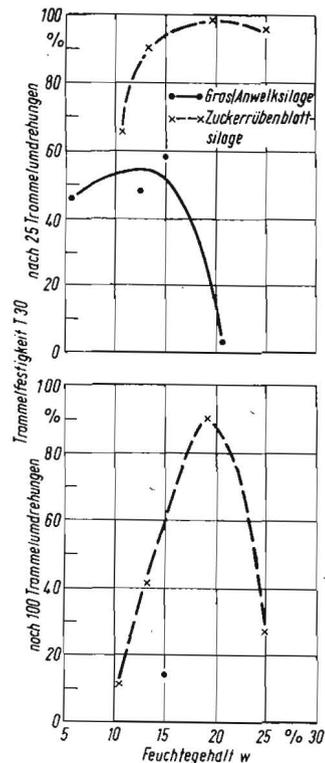


Bild 5. Trommelfestigkeit der Formlinge in Abhängigkeit vom Silagefeuchtegehalt bei verschiedenen Silagearten

teilen zu hinreichend festen Preßlingen war das Ziel weiterer Versuche, deren wichtigste Ergebnisse Bild 4 zeigt. Bei diesen Untersuchungen wurden die Zusammensetzung und der Anteil der Kraftfuettermischungen sowie das Verhältnis von aufgeschlossenem zu nicht aufgeschlossenem Stroh variiert. Das Kraftfuetter enthielt folgende Anteile:

	Masseanteile in %		
	1	2	3
Getreideschrot	100	80	40
zerkleinerte Zuckerrübenschnitzel	0	20	60

Nach Bild 4 vermindert sich die Festigkeit der Formlinge bei allen Versuchen ohne Bedampfung des Brikettiergutes mit steigendem Kraftfuetteranteil sehr stark. Dieser konkavparabolisch abfallende Trend liegt darin begründet, daß das Kraftfuetter selbst in diesem trockenen Zustand keinen halbwegs festen Brikettverband ausbildet. Trotz des guten Bindevermögens des NaOH-Strohs können hiernach ohne Brikettiergutbedampfung keine festen Preßlinge hergestellt werden. Eine Zumischung von Rohstroh scheidet grundsätzlich aus.

Nach Bild 4 können Futtermittelgemische mit beliebig hohen Strohanteilen nur dann zu genügend festen Formlingen verpreßt werden, wenn NaOH-Stroh mit einem Feuchtegehalt von etwa 25 Prozent (Laugenkonzentration = 24 Prozent, Lauge/Stroh-Masseverhältnis 1:4,5) zum Einsatz kommt und gleichzeitig der Bedampfungseffekt genutzt wird. Die Bedampfung des Brikettiergutes ist zur Aktivierung der Bindekräfte des Kraftfuetters unerläßlich. Die Intensität der Bedampfung muß mit steigendem Anteil an Kraftfuetter ebenfalls erhöht werden. Wegen der konstanten Bedampfungsdauer fallen die Kennlinien im Bereich hoher Kraftfuetteranteile etwas stärker ab. Der Abfall ist auch dadurch bedingt, daß das Bindevermögen des NaOH-Strohes größer als das des Kraftfuetters ist.

Bei Stroh-Kraftfuettermischungen kann nach Bild 4 ein Teil des aufgeschlossenen Strohs durch zerkleinertes Rohstroh ersetzt werden. Zur Erreichung hoher Brikettfestigkeiten sollte jedoch dieser Rohstrohanteil 25 Prozent der Gesamtstrohmenge nicht übersteigen. Ist eine Reduzierung des spezifischen NaOH-Verbrauchs unumgänglich, so sollte besser das gesamte Stroh weniger intensiv aufgeschlossen werden, damit möglichst keine bindungsmäßig völlig inaktiven Komponenten im Formling enthalten sind. Durch den Einsatz von NaOH-Stroh wird auch die Festigkeit der Formlinge bei Mischungen mit niedrigen Strohanteilen verbessert. Bei Futtermittelgemischen mit hohen Strohanteilen ist jedoch der Einsatz von aufgeschlossenem Stroh unumgänglich, wenn kein anderes wirksames Bindemittel zur Verfügung steht.

2.3. Das Agglomerationsverhalten von Silage

Von den untersuchten Silagen (Gras Anwek- und Rübenblattsilage) verfügt nach Bild 5 nur die Rübenblattsilage über ein gutes Brikettiervermögen. Die Festigkeit der Formlinge aus Gras/Anwek-silage ist so gering, daß sie bei der Qualitätsprüfung nach 100 Trommelumdrehungen bereits völlig zerfallen. Bei Rübenblattsilage werden nur dann feste Formlinge mit T30-Werten nach 100 Trommelumdrehungen von etwa 90 Prozent erreicht, wenn ihr Feuchtegehalt bei 20 Prozent liegt. Der optimale Feuchtegehaltsbereich ist leider sehr schmal. Bereits ein relativ geringfügiges Unter- bzw. Überschreiten der 20-Prozent-Grenze verursacht einen beachtlichen Festigkeitsabfall. Prinzipiell ist demnach der Einsatz von Rübenblattsilage mit $w \approx 20$ Prozent als Brikettierhilfsmittel geeignet. Aus technischen und ökonomischen Gründen wird dies jedoch nur selten praktisch genutzt werden.

2.4. Verpressung von Futtermittelgemischen mit verschiedenen Stroh-, Kraftfuetter- und Silageanteilen

Nach Bild 6 entstehen bei allen Kraftfuetteranteilen zwischen 0 und 50 Prozent sehr feste Formlinge, wenn NaOH-Stroh

mit $w \approx 25$ Prozent und Rübenblattsilage mit $w \approx 20$ Prozent zum Einsatz kommen und das Brikettiergut entsprechend dem Kraftfutteranteil unmittelbar vor dem Verpressen ausreichend bedampft wird. Bei diesen Futtermittelgemischen kommt es zwischen Laugestroh und Silage zu einer Neutralisation. Allerdings steht der hohe Aufwand für die Silagetrocknung der Herstellung derartiger Mischfutter entgegen.

Nach Bild 6 stellen sich wesentlich schlechtere Brikettfestigkeiten ein, wenn in den Mischungen das NaOH-Stroh durch nicht aufgeschlossenes Stroh ersetzt wird und der Kraftfutteranteil 50 Prozent unterschreitet. Unter diesen Bedingungen erbringt auch das Zumischen von Rübenblattsilage mit $w \approx 20$ Prozent anstelle des Rohstrohs keine ausreichende Qualitätsverbesserung. Das Bindevermögen der Rübenblattsilage ist zu gering, um Rohstroh/Silage-Mischungen mit einem Strohanteil von über 50 Prozent zu genügend festen Formlingen zu verpressen.

3. Untersuchungen auf der Formmuldenwalzenpresse in Freiberg

Auf der Formmuldenwalzenpresse wurde in einem Versuch I ausschließlich mit Natronlauge (24 Prozent) aufgeschlossenes Weizenstroh (1 : 4,5) ohne Brikettiergutbedampfung verpreßt. Bei einem Versuch II wurde dem gleichen NaOH-Stroh 30 Prozent Kraftfutter zugemischt und der Bedampfungseffekt genutzt. Die Feinheit des Strohs betrug in allen F llen $\approx 8/0$ mm. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

	Versuch	
	I	II
Achskraft an den Preßwalzen in Mp	8	17
Abriebanteil des Pressenaustragsgutes < 20 mm in %	18,2	14,0
Trommelfestigkeit der Formlinge T30 in % nach 100 Trommelumdrehungen	82	81

Bei beiden Versuchen gelang es, gut durchgeprete Formlinge herzustellen. Der Abriebanteil des Pressenaustragsgutes < 20 mm betrug hier nur 14 bzw. 18,2 Prozent.

Die Achsdr cke liegen wesentlich unter den Drücken, die zur Verpressung von Mischfutter mit Rohstroh notwendig sind /1/. Durch den Aufschluß des Lignins hat das Stroh eine bedeutend höhere Druckplastizit t erhalten. Mit größer, werdendem Kraftfutteranteil steigt allerdings der Achsdruck der Presse an.

Die Untersuchungen ergaben des weiteren, daß die Formlinge durch das NaOH-Stroh sehr fest in den Formmulden kleben bleiben. Sie lösten sich erst dann selbständig aus den Formmulden, wenn auf die Oberfläche der Preßwalzen Wasserdampf geblasen oder ein schwacher Wasserfall durch D sen aufgebracht wurde.

4. Zusammenfassung

Es konnte festgestellt werden, daß sich vor allem mit Natronlauge aufgeschlossenes Stroh (z.B. 24 Prozent, 1 : 4,5) und etwas weniger gut Rübenblattsilage als „Brikettierhilfsmittel“ zum Verpressen von Futtermittelgemischen eignen. Dabei sollten die genannten Produkte mit ihren artspezifischen optimalen Brikettierfeuchtegehalten von 25 Prozent bzw. 20 Prozent zum Einsatz kommen. Bei der Verwendung von NaOH-Stroh lassen sich die Futtermittelgemische mit beliebig hohem Strohanteil zu genügend festen Formlingen verpressen.

Literatur

- 1/ Krug, H.; Naundorf, W.: Untersuchungen zum Agglomerationsverhalten von Rindermastfutter. agrartechnik 24 (1974) 6, S. 293 bis 296
- 2/ Krug, H.; Naundorf, W.: Agglomerationsverhalten von Getreideganzpflanzen. agrartechnik 25 (1975) H. 3, S. 141-144. A 9799

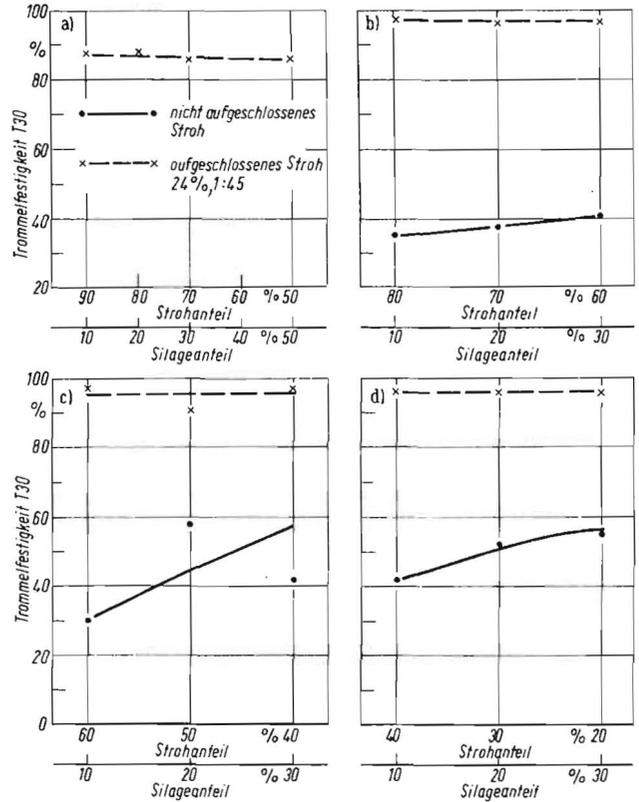
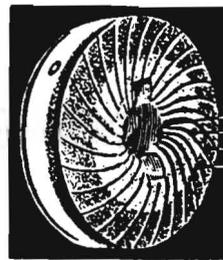


Bild 6. Einfluß der Silage- und Kraftfutteranteile auf die Trommelfestigkeit der Formlinge unter Verwendung von aufgeschlossenem und nicht aufgeschlossenem Stroh; ($w_{\text{NaOH-Stroh}} = 21,5$ Prozent, $w_{\text{Rübenblattsilage}} = 19,5$ Prozent; $p = 400 \text{ kp/cm}^2$); Anteil des Kraftfutters: a) 0 Prozent, b) 10 Prozent, c) 30 Prozent, d) 50 Prozent

ORANO



**M hlensteine
in allen Gr en
Rationell**

durch weiches Herzstück
Vorschrotbahn
Feinmahlbahn und
halbweiche Luftfurchen

**Deshalb der
Schrotstein von
höchster Wirtschaftlichkeit**

Referenzen stehen zur Einsicht zur Verfügung.

Rechtzeitige Bestellung empfiehlt sich für eine baldige Auslieferung.

Neu: Hartvermahlungsstein mit weichen Furchen und mit weichem Herz

Reparatur und Herstellung

ORANO-M HLENBAU

**Norbert Zwingmann, M hlenbaumeister
5821 Thamsbr ck (Thüringen)
Telefon: Bad Langensalza 28 14**