

Die Temperatur-Zeit-Kurven des Trocknens der Luzerne nach dem Mähen und Knicken zeigten, daß die Feldtrocknung geknickter Luzerne 20 bis 28% weniger Zeit benötigt, als das Trocknen ungeknickter Luzerne. Die bei der Versuchstrocknung erhaltenen, vom Ernteverfahren abhängigen Kennwerte zeigten, daß die Trocknungsfähigkeit des Futters durch das Welken steigt. Bei einem Futter mit einer Feuchte von 81,4% ist die Trocknungsfähigkeit 33% geringer als bei einem Futter, das dem Trockner mit einer Feuchte von 67,3% zugeführt wird.

Der technologische Prozeß des Brikettierens mit der Horizontalpresse umfaßt Mähhäckseln, Transport und Entladen des Häckselgutes auf eine Aufbereitungsbühne, künstliches Trocknen, Transport des ungehäckselten Futters zur Presse, Dampfbrikettieren, Kühlen und Lagern. Die Brikettieranlage (Bild 2) besteht aus Brikettierpresse, Annahmedosierer und Verteilschnecke mit nachfolgendem Becher-Schrägförderer für den Transport der Briketts zum Horizontalkühler RG-1. Für die Versuche mit der Brikettierpresse wurden Luzerne und eine Mais-Luzerne-Mischung verwendet, die in einer Trocknungsanlage vorgetrocknet worden waren.

Zum Prüfen der Festigkeit der Briketts diente eine mechanische rotierende Vorrichtung, mit der man den bei der Behandlung der Briketts auftretenden Zerstörungsgrad feststellen konnte. Die vergleichende Bestimmung der Festigkeit der gepreßten Futtermittel erfolgte mit Dehnmeß- und anderen Spezialeinrichtungen. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung der Futterbrikettierung mit Hilfe eines Preßwerkzeugs mit 35-mm-Bohrungen enthält Tafel 1.

Die Versuche haben gezeigt, daß der Erfolg der Brikettierung u. a. von der Erfüllung folgender Bedingungen abhängt:

- Die Presse muß gleichmäßig und kontinuierlich beschickt werden.
- Der Zerkleinerungsgrad  $\lambda$  muß einen Wert von 60% haben; die Häcksellänge sollte 1 bis 30 mm betragen, weil Teilchen dieser Größe den Brikettiervorgang (die Verdichtung) erleichtern und den Durchsatz der Presse erhöhen.
- Das Futter muß vor dem Brikettieren eine optimale Feuchte von 12 bis 14% haben.
- Zusätze sind nach der Art des brikettierten Futters zu wählen.

AÜ 1171

## Untersuchungen zur Strohzerkleinerung in der Mahl- und Aufschleißmaschine Record D

Dipl.-Ing. M. Fehlaue/Ing. P. Laufeldt, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

### 1. Aufgabenstellung

Infolge des verstärkten Einsatzes von Stroh als Futtermittel in pelletierter und loser Form in der Rinderfütterung gewinnt die ökonomische Weiterverarbeitung des vom Feldhäcksler E 280 gehäckselten Strohs an Bedeutung.

Die zu erreichenden Häcksellängen werden von den nachfolgenden Verarbeitungs- und Verwertungsstufen bestimmt [1]. Im technologischen Prozeß der Pelletierung werden die Hammermühlentypen des VEB Mühlenbau Dresden zur Strohzerkleinerung eingesetzt, die nach dem Prinzip der Prallzerkleinerung arbeiten. Für weitere Prinzipien der Prallzerkleinerung weisen Krug u. a. [2] die Eignung für dieses Einsatzgebiet nach.

In diesem Bericht wird die Mahl- und Aufschleißmaschine Record D des VEB Nossener Maschinenbau auf ihre Einsatzmöglichkeit in Rationalisierungsvorhaben zur Loseverfütterung von Stroh untersucht. Die Mahl- und Aufschleißmaschine kann in verschiedenen Rüstvarianten arbeiten.

Maßstab für den Zerkleinerungserfolg sind die Häcksellängenspektren der gegenwärtig in der Landwirtschaft eingesetzten Hammermühlen.

### 2. Methode

#### 2.1. Versuchsdurchführung

Zur Versuchsdurchführung wurde die Maschine Record D auf einen Profilrahmen montiert.

Zunächst wurde das Strohhäcksel mit einem Förderband über einen Trichter in die Maschine gegeben. Diese Zufuhr erwies sich als nicht zweckmäßig, weil es im Trichter zur Brückenbildung kam und die Gefahr bestand, daß Fremdkörper in die Maschine gelangen (Bild 1). Deshalb wurde für weitere Versuche das Strohhäcksel mit einem Saugstutzen vom Förderband gesaugt (Bild 2).

Mit dem Häckselgebläse ME 35 des VEB Landmaschinen Freiberg wird das Strohhäcksel durch die Maschine gesaugt und das zerkleinerte Stroh in einen Zyklon geblasen, in dem es von der Förderluft getrennt wird.

Hauptmeß- und Vergleichsgrößen sind die von Hand sortierten und gewogenen Häcksellängen, weil andere Auswertmethoden nur eine begrenzte Reproduzierbarkeit ermöglichen. Die Struktur des Zerkleinerungsprodukts ist nur verbal beschreibbar [2] [3] [4].

Bild 1. Versuchsaufbau

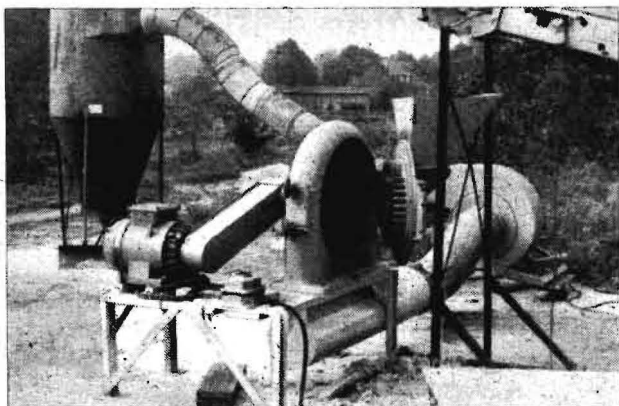


Bild 2. Gutabsaugung

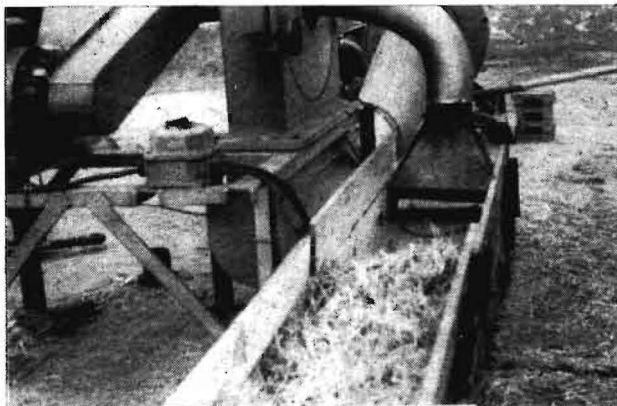


Bild 3  
a) Schlagscheibe,  
b) Schlagkreuz  
c) Hammerscheibe

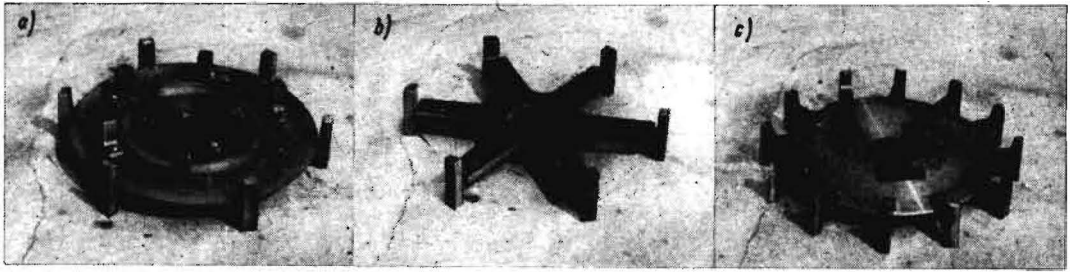
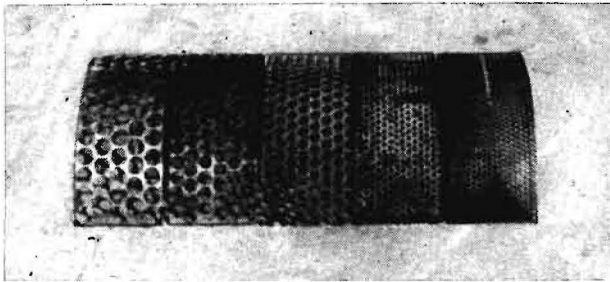


Bild 4  
Verwendete Siebe  
Bild 6  
Vergleich der  
Häck-  
sellängenspektren  
der Rüstvarianten  
Schlagkreuz und  
Hammerscheibe

3



4

Die Häcksellängenspektren werden im logarithmischen Summenhäufigkeitspapier als Masseprozent angegeben. In Kurzzeitversuchen wurde die elektrische Leistungsaufnahme in Abhängigkeit vom Massedurchsatz bestimmt; das Förderband wurde dafür mit einer definierten Menge Strohhäcksel belegt. Es wurde vom Feldhäcksler E 280 zerkleinertes Strohhäcksel verwendet, dessen Trockensubstanzgehalt zwischen 88% und 92% lag.

### 2.2. Maschinenbeschreibung

Vier Rüstvarianten der Mahl- und Aufschleißmaschine Record D wurden untersucht, und zwar mit  
— stationärer und rotierender Stiftenscheibe  
— Schlagscheibe und Mahlringsen mit Sieben  
— Hammerscheibe mit Sieben  
— Schlagkreuz mit Sieben (Bild 3).

Die Siebe halten das zu zerkleinernde Gut solange im Mahlraum, bis es die der Sieblochgröße entsprechende Häcksellänge erreicht hat.

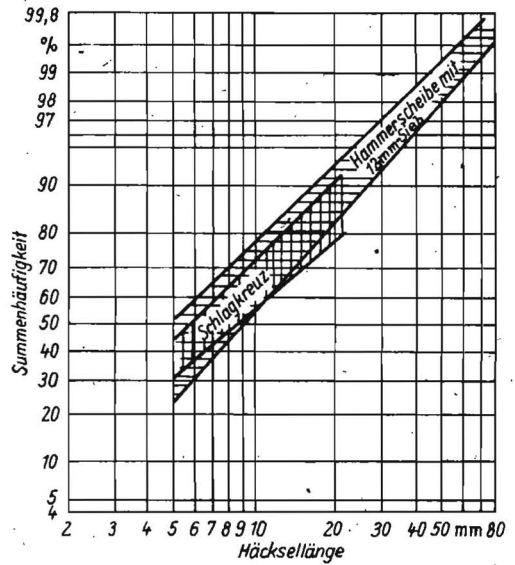
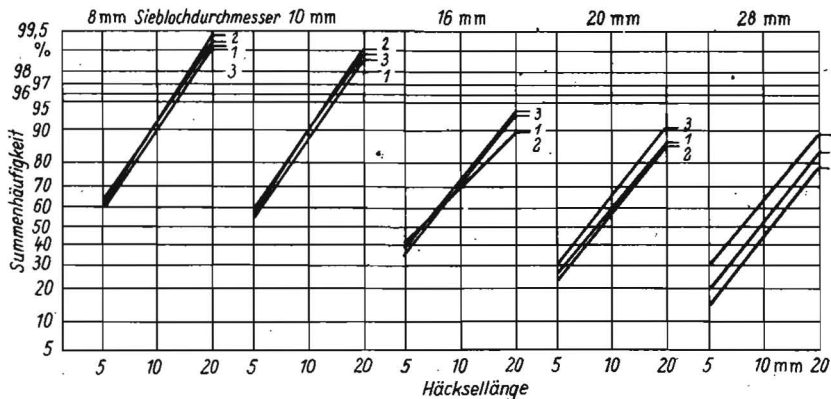
Die wichtigsten technischen Daten des Versuchsaufbaus sind [5]:

Mahlraumdurchmesser	610 mm
Mahlraumbreite	340 mm
Rotordrehzahl	2600 U/min
Sieblochdurchmesser (Bild 4)	8, 10, 16, 20, 28 mm
E-Motor	
Leistung	22 kW
Drehzahl	2940 U/min.

### 3. Versuchsauswertung

Mit der Rüstvariante Schlagstifte ist eine Strohzerkleinerung bis zu Durchsätzen von 1000 kg/h möglich. Bei höheren Durchsätzen

5



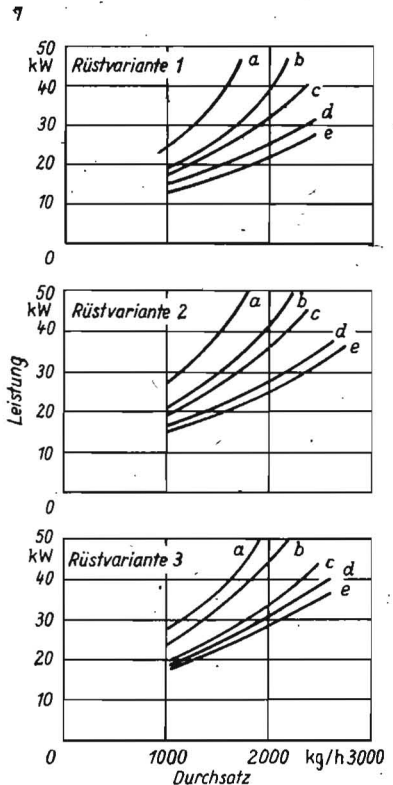
6

Bild 7  
Elektrische Leistungsaufnahme in Abhängigkeit vom Durchsatz; Rüstvarianten:

- 1 Schlagscheibe,
  - 2 Schlagkreuz,
  - 3 Hammerscheibe,
- Sieblochdurchmesser: a 8 mm, b 10 mm, c 16 mm, d 20 mm, e 28 mm

Bild 5

- Häcksellängenspektren; Rüstvarianten:
- 1 Schlagscheibe,
  - 2 Schlagkreuz,
  - 3 Hammerscheibe



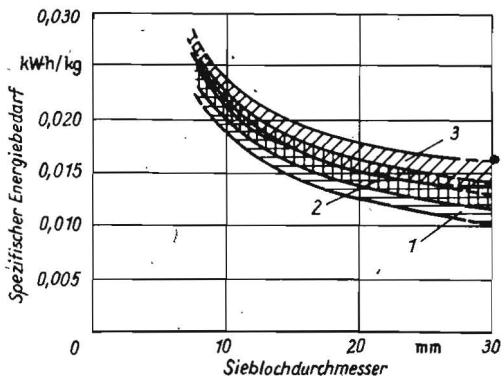


Bild 8. Spezifischer Energiebedarf in Abhängigkeit vom Sieblochdurchmesser (obere Begrenzung für geringe Durchsätze); Rüstvarianten: 1 Schlagsscheibe, 2 Schlagkreuz, 3 Hammerscheibe

kommt es aufgrund des geringen Beanspruchungsraumes zwischen rotierender und stationärer Stiftenscheibe zur Entzündung des voluminösen Gutes Stroh.

Bei den Rüstvarianten Schlagsscheibe, Schlagkreuz und Hammerscheibe hängt die Häcksellängenzusammensetzung von der Sieblochgröße ab (Bild 5). Ein Einfluß der verschiedenen Arbeitswerkzeuge ist erst bei großen Sieblochdurchmessern feststellbar. Infolge der höheren Anzahl der Siebräume bei der Hammerscheibe im Vergleich mit Schlagsscheibe und Schlagkreuz werden bei großen Sieblochdurchmessern Häckselpektren mit kürzeren Längen erreicht. Die Häcksellängenspektren liegen dabei in dem Bereich, der mit dem der gegenwärtig verwendeten Hammerscheibe übereinstimmt (Bild 6).

Die maximalen Durchsätze werden von den Sieblochdurchmessern und geringfügig von den Mahlelementen beeinflusst. Mit dem Schlagkreuz und der Hammerscheibe sind etwas höhere Durchsätze zu erzielen (Bild 7).

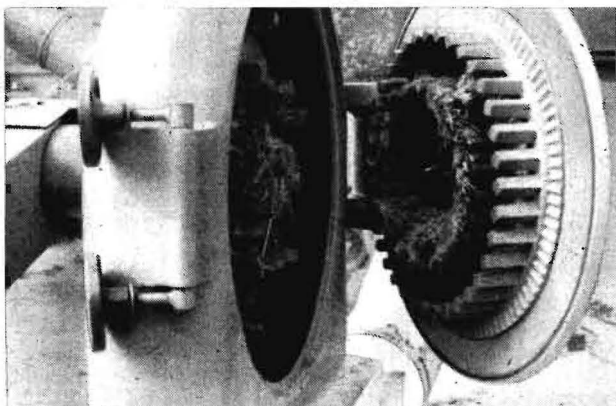
Der Elektroenergiebedarf ist von der Sieblochgröße und vom Durchsatz abhängig; der spezifische Energiebedarf ist ebenfalls von der Sieblochgröße, aber nur wenig vom Durchsatz abhängig (Bild 8).

Da mit der Hammerscheibe die kürzesten Häcksellängen erreicht werden, ist ein höherer spezifischer Energiebedarf bei gleichem Durchsatz erforderlich.

Der spezifische Energiebedarf nimmt mit zunehmender Sieblochgröße ab. Diese Abnahme wird bei größeren Sieblochdurchmessern immer geringer.

Bei der Zerkleinerung von angefeuchtetem Stroh mit einem Trockensubstanzgehalt < 80% verstopfen die Mahlelemente (Bild 9). Auch bei zu hohen Durchsätzen tritt ein Verstopfen auf, weil die Förderleistung des Häckselgebläses ME 35 dann nicht mehr ausreicht, um das zerkleinerte Gut durch die Siebe zu saugen (Bild 10).

Bild 9. Verstopfung der Rüstvariante Schlagsscheibe durch feuchtes Gut



Tafel 1. Anteil der zerkleinerten Körner (Rüstvariante Schlagkreuz)

Sieblochdurchmesser	mm	10	20	28
Anteil der zerkleinerten Körner	%	95,6	88,4	72,8

Tafel 2. Abhängigkeit des Durchsatzes von der Förderleistung des Gebläses (Rüstvariante Schlagkreuz)

Drehzahl	U/min	2200	1550	960
max. Durchsatz	kg/h	3000	2300	1300

Der Einsatz zur Getreideganzpflanzenzerkleinerung wurde untersucht, indem Strohhacksel mit Weizenkörnern in einem Masseverhältnis von 5:2 gemischt wurde. Das Ergebnis ist in Tafel 1 zusammengefaßt. Der Anteil der zerkleinerten Körner ist abhängig vom Sieblochdurchmesser.

Es besteht ein wesentlicher Einfluß des maximal erreichbaren Durchsatzes von der Förderleistung des Gebläses ME 35. Aufgrund der bestehenden Abhängigkeit zwischen Luftförderleistung und Drehzahl [6]

$$Q_1 : Q_2 = n_1 : n_2$$

ist eine Abnahme des maximal möglichen Durchsatzes mit Verringerung der Drehzahl zu verzeichnen (Tafel 2). Hieraus folgt, daß die ermittelten Werte zum Durchsatz und zum spezifischen Energiebedarf exakt nur für diesen Versuchsaufbau gültig sind.

#### 4. Schlußfolgerungen

Die Mahl- und Aufschleißmaschine Record D ist mit Veränderungen an der Gutzuführung für die Strohhacksel- und Getreideganzpflanzenzerkleinerung bis zu einem Trockensubstanzgehalt  $\geq 85\%$  einsetzbar. Die maximalen Durchsätze sind abhängig von der installierten Leistung, von der Sieblochgröße und von der Förderleistung des Gebläses. Es dürfen Motoren bis 40 kW Leistung installiert werden [7], was beim Projektieren der Förderstrecke zu beachten ist. Mit dem Einsatz unterschiedlicher Siebe ist ein großes Spektrum der Häcksellängen erreichbar.

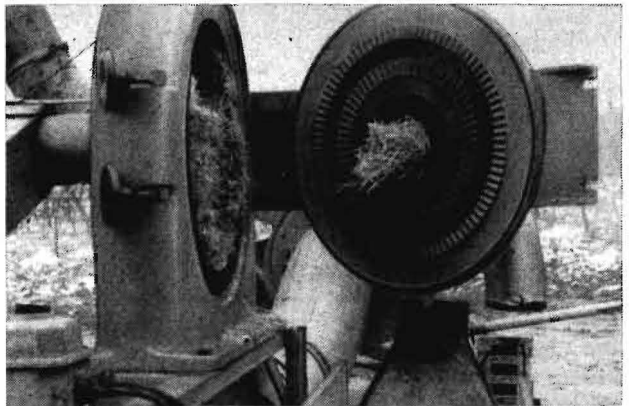
Da beim Einsatz von Sieben mit kleinen Sieblochdurchmessern ein starker Anstieg des spezifischen Energiebedarfs vorhanden ist, sollte ein Zerkleinern nur bis zur technisch und technologisch unbedingt erforderlichen Größe erfolgen.

#### Literatur

- [1] Piatkowski, B.: Die Wirkung des Pelletierens oder Mahlens von Stroh auf die Futteraufnahme und Milchleistung. Arch. Tierzucht 19 (1976) H. 2, S. 87—93.
- [2] Krug, H.; Rammler, E.; Naundorf, W.: Zur Zerkleinerung halmartiger landwirtschaftlicher Produkte in Schlagmühlen. agrartechnik 25 (1975) H. 7., S. 341—345.

Fortsetzung auf Seite 475

Bild 10. Verstopfungen im Mahraum durch zu hohe Durchsätze



# Futterstrohaufbereitung durch Zusatz von Natronlauge beim Pelletieren

Dipl.-Landw. E. Möller/G. Krämer/E. Korn, KAP „Rinnetal“ Allendorf, Bez. Gera

Stroh erlangt eine immer größere Bedeutung als Futterkomponente für die Wiederkäuerfütterung. Zur Zeit wird es als Häcksel- oder Langstroh, als mit Natronlauge aufgeschlossenes oder als mechanisch aufbereitetes Stroh (Pellets, Briketts) bei der Fütterung eingesetzt. Mechanisch aufbereitetes Stroh wird von den Tieren zwar in größeren Mengen aufgenommen als die anderen Futterstrohart, seine Energiekonzentration wird durch diese Aufbereitung jedoch nicht erhöht. Bei der Strohpelletierung wirken sich die relativ hohen Verfahrenskosten und der hohe Energieverbrauch vor allem bei hohem Strohannteil der Fertigprodukte sehr nachteilig auf die Kosten je Nährstoffeinheit aus.

Beim Aufschluß von Getreidestroh mit NaOH bestehen in der Praxis oft noch technologische und arbeitsschutztechnische Fragen. Wiederholt waren ein ungenügender Aufschlußeffekt [1] und eine unbefriedigende Futteraufnahme zu verzeichnen. Um bei der mechanischen Strohaufbereitung einen Aufschlußeffekt zu erreichen, wurden in der DDR bisher vor allem ammoniakalische Verbindungen eingesetzt [2]. Von Piatkowski [3] wurde mit NaOH behandeltes Stroh getrocknet und anschließend mit anderen Zuschlagstoffen pelletiert bzw. brikettiert. Die Rücktrocknung des aufgeschlossenen Strohs macht dieses Verfahren jedoch sehr energie- und kostenaufwendig.

Überlegungen, den Druck und die Wärme, die bei der Strohpelletierung auftreten, für den Strohaufschluß mit Natronlauge zu nutzen, veranlaßten ein Neuererkollektiv der Pelletieranlage Rottenbach der KAP „Rinnetal“ Allendorf, eine Lösung zu erarbeiten, bei der ein „trockener“ Strohaufschluß möglich ist. Im September 1975 wurde mit den ersten Versuchen begonnen, vor dem Pelletieren konzentrierte Natronlauge einzusprühen. Seit dieser Zeit wurden mit dieser Anlage Erfahrungen gesammelt und ein Verfahren entwickelt, das den Strohaufschluß während des Pelletierens ermöglicht.

In sozialistischer Gemeinschaftsarbeit mit der Fachgruppe Tierernährung Jena der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig wurden die hergestellten Pellets in Verdauungs- und Fütterungsversuchen geprüft und erste Ergebnisse veröffentlicht [4].

## 1. Durchführung des Verfahrens

### 1.1. Technische Ausrüstung

In der Pelletieranlage Rottenbach wurde für die Lagerung und Zuführung der Natronlauge folgende Ausrüstung installiert:

- Vorratsbehälter für konzentrierte Natronlauge
- Laugenpumpe mit Rohrleitung zur Einspeisung in den Mischbehälter
- Mischbehälter, in dem die Lauge mit Wasser auf die erforderliche Konzentration verdünnt wird (Die Zufuhr von

Wasser und Lauge wird in Abhängigkeit von der Anzeige eines Schwimmers von Hand geregelt.)

- Pumpe mit Rohrleitung zur Förderung der verdünnten Lauge aus dem Mischbehälter zur Futtermittelpresse 50/2.

Die Verteilung (Versprühung) der Lauge erfolgt mit Hilfe einer Düse, die in den Zuführungskanal unmittelbar über den Preßwalzen der Futtermittelpresse 50/2 einmündet. Die einzusprühende Menge wird über ein Druckregelventil geregelt.

Als Werkstoff für die Behälter und die Rohrleitungen wurde Baustahl St 38 verwendet. Gefäße, Anschlüsse und Armaturen aus Aluminium, Zink, Zinn und ihren Legierungen dürfen nicht eingesetzt werden.

### 1.2. Arbeitsschutz

Da Natronlauge mit einer Konzentration von über 5% als Gift zu werten ist, sind bei der Installation der Anlage die notwendigen Schutzvorkehrungen zu treffen. In der Versuchsanlage stehen die Laugenbehälter in Auffangwannen, damit bei Havarien die Natronlauge nicht unkontrolliert abfließen kann. Außerdem sind der Mischbehälter und verschiedene Rohrleitungen doppelt ummantelt und mit einer Rücklaufleitung zum Vorratsbehälter versehen, damit an evtl. auftretenden Leckstellen keine Lauge auslaufen kann.

Die Anlagenfahrer im Maschinenraum müssen während des Einsatzes von Natronlauge Schutzbrillen, Gesichtsschutz und Arbeitsschutzbekleidung tragen. Die entsprechenden Arbeitsschutzanordnungen sind konsequent einzuhalten.

### 1.3. Dosierung und Konzentration der Natronlauge

Entscheidend für einen sicheren Aufschlußeffekt ist das richtige Massenverhältnis zwischen Stroh und Lauge. Aus der Literatur [5] [6] ist zu entnehmen, daß der Aufschlußeffekt bis zu einem Zusatz von 8 bis 10% NaOH zum Rohstroh noch ansteigt. Ernährungsphysiologische und ökonomische Aspekte sprechen jedoch für einen niedrigen NaOH-Einsatz. In der Versuchsanlage wurde angestrebt, mit einem vertretbaren Einsatz von NaOH einen optimalen Aufschlußeffekt zu erzielen. Dabei waren die Ergebnisse der Fütterungsversuche, die von der Fachgruppe Tierernährung Jena durchgeführt wurden, von entscheidender Bedeutung. Das gilt ebenfalls für die In-vitro-Untersuchungen der Pellets, welche die Zentralstelle für Futtermittelpfung und Fütterung Halle—Lettin durchführte.

In der Versuchsanlage erwies sich bei einem Trockensubstanzgehalt des Rohstrohs von > 80% und einer Konzentration der

Tafel 1. Zusammensetzung (in Masse-%) sowie Rohnährstoff- und Na-Gehalt (in % d. TS) von Strohpellets ohne und mit NaOH-Zusatz

Komponente bzw. Rohnährstoffe	ohne NaOH-Zusatz	mit NaOH-Zusatz
Weizenstroh	82	78
Weizen	15	15
Harnstoff	3	3
NaOH	—	4
Trockensubstanz	86,0	82,5
Rohprotein	11,3	10,5
Rohfett	1,8	1,7
Rohfaser	34,6	31,2
N-freie Extraktstoffe	46,9	46,0
Rohasche	6,1	10,6
Na	0,1	2,76

Fortsetzung von Seite 474

- [3] Pathak, B. S.: Feinzerkleinerung von Stroh. Arbeiten der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, 1969.
- [4] Mortasawi, H.: Die Schnittlänge von Halmgutäcksel. Institut für Landtechnik der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, Dissertation 1963.
- [5] Prospektunterlagen v. VEB Nossener Maschinenbau.
- [6] Sass, F.; Bouché, C.; Leitner, A.: Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau, Band II (1963).
- [7] Mündliche Mitteilung des Leiters der Konstruktion des VEB Nossener Maschinenbau vom 5. Mai 1976. A 1369