

$$M = 0 \dots 7\%$$

$$Z = 0 \dots 16\%$$

unter der Voraussetzung, daß bei der Berechnung nur jeweils ein Bindemittel berücksichtigt wird.

Die Änderung der Abriebfestigkeit in Abhängigkeit vom Anteil der untersuchten Bindemittel zeigt ein deutliches Maximum für Wasser und Melasse. Bei der Verwendung von Zuckerrübengranulat steigt im untersuchten Bereich bis 16% die Abriebfestigkeit an.

Zur Vereinfachung der Gleichung (1) wird der Term ΔAF_3 eingeführt, der die Änderung der Abriebfestigkeit in Abhängigkeit vom Zusatz eines Bindemittels M, Z oder W erfaßt. ΔAF_3 ist abhängig vom Anteil der Bindemittel in der Rezeptur (Bild 2). Bei Zugabe einer bestimmten Menge Melasse oder Zuckerrübengranulat wird gegenüber einer Rezeptur ohne Bindemittel eine höhere Abriebfestigkeit AF_3 erreicht (Bild 3).

Schlußfolgerungen

Der Antriebsleistungsbedarf der Presse steigt linear mit dem Durchsatz an. Es ist zu überprüfen, ob der Durchsatz durch die

Installation eines leistungsstärkeren Motors noch erhöht werden kann.

Hohe Durchsätze bei niedrigem spezifischen elektrischen Energieverbrauch sind erforderlich, um kostengünstig pelletierte Teilfertigfuttermittel herzustellen.

Um Störungen im technologischen Ablauf zu vermeiden, ist ein Abriebanteil <15% zu fordern. Höherer Abrieb führt zu Verstopfungen in Behältern mit Schwerkraftausfluß sowie zur Selbsterwärmung im Lager und verursacht erhöhte Staubentwicklung beim Umschlag. Deshalb ist der Einsatz von Futtermitteln vorteilhaft, die eine hohe Bindefähigkeit aufweisen. Melasse übt den höchsten Einfluß auf die Abriebfestigkeit aus. Zukünftig werden nur geringe Mengen an Zuckerrübenprodukten mit vollem Zuckergehalt für Futterzwecke zur Verfügung stehen. Inwieweit durch besonders feine Zermahlung der Zuckerrübenprodukte die Bindefähigkeit auch bei Anteilen <10% verbessert werden kann, ist noch zu untersuchen. Der Einsatz von Natronlauge, die gleichzeitig zum Strohaufschluß dient, sowie von Güllefeststoffen, Grölpell und Sulfitablaugé ist bei künftigen Untersuchungen mit zu berücksichtigen.

A 1442

Methoden zur Bestimmung der mechanischen Festigkeit von Futtermittelpellets

Dipl.-Ing. V. Scholz, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Ein entscheidendes Qualitätsmerkmal der Futtermittelpellets ist ihre mechanische Festigkeit. Vielfach treten infolge ungenügender Pelletfestigkeit Störungen im Produktionsablauf der Tierproduktionsanlagen auf. Einerseits bewirkt eine zu geringe Festigkeit bzw. ein hoher Abriebanteil nicht nur eine verstärkte Staubeentwicklung, sondern erschwert auch das Entleeren der Silos und das Dosieren des Gutes. Andererseits führt eine zu hohe Festigkeit zu verminderter Futteraufnahme durch die Tiere.

Deshalb ist die Kenntnis von Pelletfestigkeit unerlässlich. Sie ermöglicht Pelletier- und Trockenwerken, durch zweckmäßige Rezepturgestaltung und Maschineneinstellung die Qualitätsanforderungen besser einzuhalten.

Es bestand die Aufgabe, für die Bestimmung der mechanischen Festigkeit von pelletiertem Teilfertigfutter mit Stroh zweckmäßige Methoden und Meßgeräte zu entwickeln und ihre Eignung einzuschätzen.

2. Methoden

Ausgehend von der Beanspruchung des Gutes in der Praxis wurden zwei eigenständige Methoden erarbeitet: die Bestimmung der Abriebfestigkeit einer Kollektiv-Probe und die Bestimmung der radialen Druckfestigkeit von Einzelpellets.

Die Abriebfestigkeit wurde mit einer Abriebprüftrommel be-

stimmt, wie sie auch zur Prüfung von Mischfutterpellets verwendet wird.

Die Prüfbedingungen, die dafür in TGL 80-21875 Bl. 33 festgelegt sind, erwiesen sich jedoch für Strohpellets als ungeeignet. Sie wurden nach entsprechenden Untersuchungen für dieses Gut wie folgt festgelegt: Jeweils 500 g abriebfreies Probegut wurden in eine Prüfkammer gefüllt, und der nach 500 Umdrehungen bei einer Drehzahl von 47 U/min entstandene Abrieb wurde abgesiebt. Der relative Siebdurchgang ist der Testabrieb TA, während der relative Siebrückstand die Abriebfestigkeit AF darstellt. Die Maschenweite des Prüfsiebes ist durch den genannten Standard mit 5 mm vorgegeben.

Die Bestimmung der Druckfestigkeit erfolgte mit einem hierfür entwickelten transportablen Pelletprüfgerät (Bild 1). Es ermöglicht die radiale Belastung eines oder mehrerer Pellets mit einem Druckstempel (Vorschubgeschwindigkeit 15 mm/s) und die Messung der beim Bruch auftretenden Druckkraft. Die Breite des Druckstempels ist einheitlich für alle Pelletdurchmesser d mit $b = 10$ mm festgelegt. Geringere Breiten erweitern aufgrund visuell nicht erkennbarer Haarrisse in den Pellets den Streubereich der Meßwerte. Der Quotient aus Druckkraft und Querschnittsfläche des Pellets ergibt die Druckfestigkeit.

3. Ergebnisse

In Abhängigkeit von der Beanspruchungsdauer weist der Abrieb des Gutes auf einer Förderstrecke aus Gurtbandförderern (Bild 2a) und in der Abriebprüftrommel (Bild 2b) den prinzipiell gleichen degressiven Verlauf auf (Bild 3). Jedem Testabrieb TA in der Prüftrommel, der mit einem 5-mm- bzw. 15-mm-Sieb bestimmt wird, läßt sich ein entsprechender Abriebanteil AA auf der Förderstrecke aus Gurtbandförderern zuordnen. Die für die Abriebprüfung festgelegten 500 Umdrehungen der Prüftrommel entsprechen einer Beanspruchung des Gutes von etwa 13 Umläufen auf der Original-Förderstrecke (vgl. Bild 3).

Die Textur des Abriebs von Strohpellets weist in Abhängigkeit vom Strohanteil erhebliche Unterschiede auf. Das Häufigkeitsmaximum des Abriebs von Pellets mit geringem Strohanteil liegt unter einer Korngröße von 2 mm, wobei der Abrieb im wesentlichen aus Getreideschrot besteht. Bei Pellets mit hohem

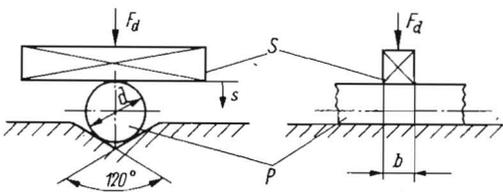
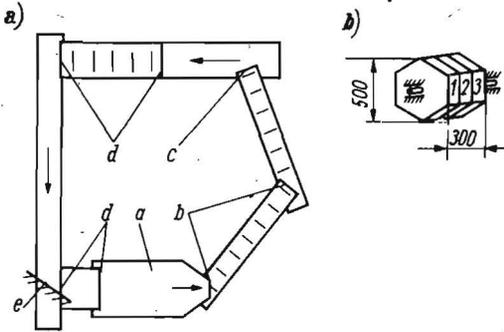


Bild 1. Versuchsanordnung zur Bestimmung der radialen Druckfestigkeit von Einzelpellets; S Stempel, P Pellet



2

Bild 2. Versuchsanordnungen zum Vergleich der Abriebbildung bei der Förderung und Prüfung von Strohpellets;

- a) Förderstrecke aus Gurtbandförderern (Rundlauflänge 50 m); a Annahmeförderer 4,0 t/h, b Fallstufen 1,0 m, c Fallstufe 2,5 m, d Fallstufen 0,5 m, e Abstreifer
 b) Abriebprüftrommel;
 1, 2, 3 Prüfkammer

Bild 3. Abriebbildung in Abhängigkeit von der Beanspruchung bei der Förderung und Prüfung von Strohpellets (\varnothing 25 mm, 70% Strohanteil);

- a) Förderung auf der Förderstrecke nach Bild 2a
 b) Prüfung in der Abriebprüftrommel nach Bild 2b

Bild 4. Abriebtextur von Pellets aus Getreide, 10% Zuckerrübenschnitzel und mit unterschiedlichem Strohanteil;

- a) 25%, b) 50%, c) 70%, d) 80% Stroh
 — Pelletdurchmesser 15 mm
 - - - Pelletdurchmesser 25 mm

Strohanteil liegt das Häufigkeitsmaximum des Abriebs über dieser Korngröße, da der Anteil des größeren Strohhäckseln überwiegt. Bei Pellets mit rd. 50% Stroh ergeben sich dementsprechend zwei Maxima. Für Pellets gleicher Festigkeit erhöht sich mit sinkendem Strohanteil der Testabrieb, der mit dem 5-mm-Prüfsieb bestimmt wird (Bild 4).

Bei der radialen Druckbelastung von Einzelpellets bildet sich ein charakteristischer Kraft-Verformungs-Verlauf aus. Die Druckkraft steigt kontinuierlich an bis zur Druck-Bruchkraft F_{dB} , bei der das Pellet bricht, fällt danach plötzlich ab und steigt erst wieder, wenn die entstandenen Bruchstücke verdichtet werden (Bild 5, Kurve a). Pellets, die ungenügend ausgehärtet sind oder einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt haben, weisen dieses ausgeprägte Maximum im allgemeinen nicht auf (Bild 5, Kurve b). Hier wird ähnlich wie bei der Festlegung der Streckgrenze zäher Stähle von der Druckverformung s zur Bestimmung des Bruchpunktes ausgegangen.

Untersuchungen von Strohpellets mit unterschiedlicher Zusammensetzung zeigen, daß ein statisch gesicherter Zusammenhang zwischen der durch den Siebrückstand gekennzeichneten Abriebfestigkeit und der radialen Druckfestigkeit besteht (Bild 6). Dieser Zusammenhang wird von wesentlichen festigkeitsbestimmenden technologischen Parametern, wie Wassezzusatz und Durchsatz der Presse, nicht beeinflusst. Infolge des erläuterten Einflusses der Rezeptur auf die Abriebfestigkeit ist er jedoch vom Strohanteil abhängig. Die Korrelation zwischen Abriebfestigkeit AF_5 in %, Strohanteil S in % und radialer Druckfestigkeit DF in N/m^2 kann durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$AF_5 = 47,7 + 15,22 \ln [(1/9,81 \cdot 10^4) DF] + 0,005 S^2 + 0,12 S \ln [(1/9,81 \cdot 10^4) DF] \quad (1)$$

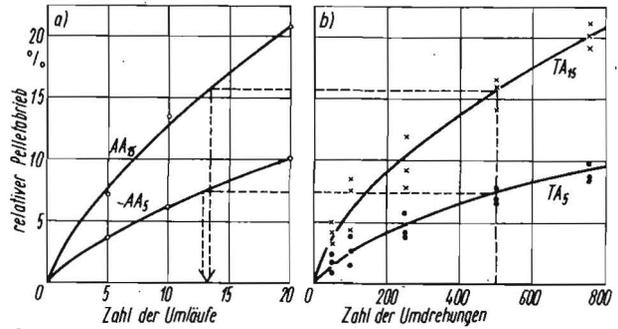
Das korrigierte Bestimmtheitsmaß beträgt $B^x = 0,79$.

Im Bild 6 sind die nach Gl. (1) berechneten Korrelationskurven für Pellets mit 25 bzw. 75% Strohanteil eingezeichnet.

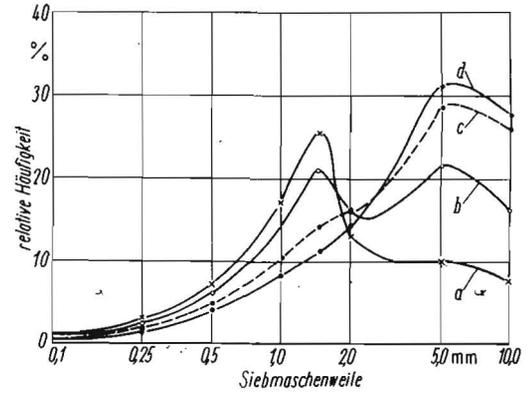
4. Schlußfolgerungen

Die entwickelten Methoden und Geräte sind zur Bestimmung und Prüfung der mechanischen Festigkeit von Strohpellets geeignet, wobei eine Korrektur bzw. Präzisierung der Methode zur Abriebprüfung für notwendig erachtet wird.

Bei der Bestimmung der Abriebfestigkeit werden die bei der



3



4

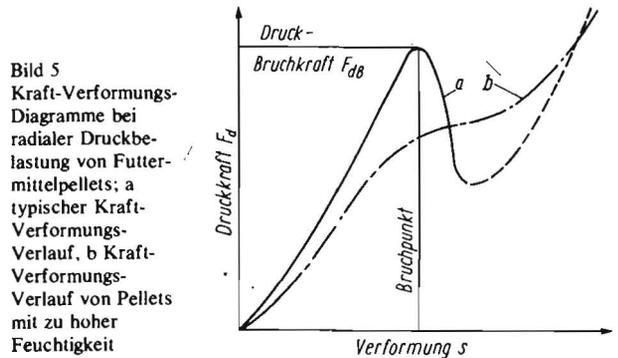


Bild 5. Kraft-Verformungs-Diagramme bei radialer Druckbelastung von Futtermittelpellets; a) typischer Kraft-Verformungs-Verlauf, b) Kraft-Verformungs-Verlauf von Pellets mit zu hoher Feuchtigkeit

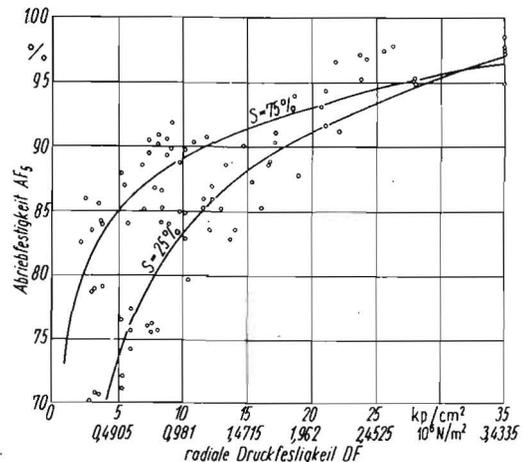


Bild 6. Korrelation von Abriebfestigkeit und Druckfestigkeit bei unterschiedlichem Strohanteil der Pellets (\varnothing 15 mm); Pelletzusammensetzung: Stroh 10 bis 90%, Zuckerrübenschnitzel 10%, Getreide; Wassezzusatz 0 bis 5%; Durchsatz der Presse 1 bis 5 t/h

Förderung auftretenden Beanspruchungsformen simuliert und der sich hierbei bildende Abrieb gemessen. Die festgelegten 500 Umdrehungen der Abriebprüftrommel entsprechen einer relativ hohen Belastung für die Förderung mit Gurtbandförderern. Unter Einbeziehung weiterer Fördermittel ist zu überprüfen, inwieweit die Größe der Prüfbelastung den praktischen Erfordernissen entspricht.

Der Testabrieb bzw. die Abriebfestigkeit liefern aufgrund der rezepturabhängigen Abriebfestigkeit kein objektives Maß für die Festigkeit der Pellets. Die radiale Druckfestigkeit ist weitestgehend unabhängig von der Rezeptur und stellt demzufolge eine geeignete Kenngröße zur Bestimmung der tatsächlich wirkenden Bindekräfte im Pellet dar. Sie kennzeichnet außerdem eine für die Tierernährung wichtige physikalisch-mechanische Eigenschaft des Futtermittels.

Da bei den üblichen Rezepturen die Abriebfestigkeit und die

Druckfestigkeit eng korrelieren, erscheint es für die praktische Festigkeitsprüfung ausreichend, wenn bezogen auf die jeweilige Rezeptur nur eine der beiden Kenngrößen bestimmt wird. Für die Praxis hat die Abriebfestigkeit vorrangige Bedeutung. Sie wird deshalb als verbindliche Prüfgröße vorgeschlagen. Ihr Mindestwert sollte durch Erfordernisse der Förderung und Lagerung festgelegt werden. Ihr Maximalwert ergibt sich aus der tierphysiologisch zulässigen Druckfestigkeit.

Die für Mischfutterpellets mit einem Durchmesser > 7,9 mm vorgegebene Maschenweite des Abriebsiebtes von 5 mm ist aufgrund der differenzierten Abriebtextur für Strohpellets ungeeignet. Es wird deshalb vorgeschlagen, mehrere Testabriebsfraktionen zu bestimmen, die auf der Grundlage der durch sie hervorgerufenen Defekte beim Lagern, Fördern und Dosieren festgelegt werden.

A 1450

Zur Dosierqualität von Strohhäcksel bei der Trockenfutterproduktion

Dipl.-Ing. G. Michaelis, KDT, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Das Verarbeiten von Strohhäcksel und anderen Futterkomponenten zu vollwertigen Futtermischungen stellt relativ hohe Anforderungen an die Dosierqualität. In den Agrotechnischen Forderungen ist festgelegt, daß bei Strohanteilen von über 30% in der Rezeptur die relative Abweichung des tatsächlichen Strohanteils vom Sollwert maximal $\pm 5\%$ betragen darf [1]. Die Abweichung, die über längere Zeit besteht, charakterisiert die Dosiergenauigkeit und wird als Dosierfehler bezeichnet.

Beim Erzeugen eines stetigen Strohhäckselstroms, der in kontinuierlich arbeitenden Anlagen immer benötigt wird, treten kurzzeitige stochastische Durchsatzänderungen auf. Sie sind als Fehler der Dosiergleichmäßigkeit aufzufassen.

Ohne Kenntnis und entsprechende Berücksichtigung der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit kann nur schwer eine hohe Dosiergenauigkeit erreicht werden. Das trifft sowohl auf die Volumendosierung, bei der der Massedurchsatz durch Kontrollwägungen bestimmt wird, als auch auf die Massedosierung mit Hilfe von Förderbandwaagen und die automatische Durchsatzregelung zu. Durch theoretische und experimentelle Untersuchungen sollen deshalb Gesetzmäßigkeiten über den Fehler der Dosiergleichmäßigkeit gefunden werden.

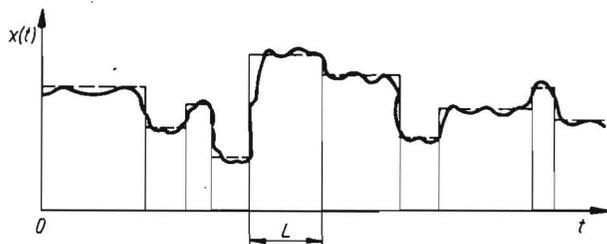


Bild 1. Stochastisches Grundmodell für den Dosierprozeß

2. Stochastisches Modell für den Dosierprozeß

Der stetige Strohhäckselstrom wird vorwiegend durch Grobfutterdosierer erzeugt, deren Arbeitsweise sich allgemein als kontinuierliche Dosiergutabnahme von einem Guthaufwerk an einer Trennfläche beschreiben läßt, wobei eine Relativbewegung zwischen der Trennfläche und dem Dosiergut in Richtung der Senkrechten zur Trennfläche auftritt.

Bei einer ebenen Trennfläche ergibt sich der Momentanwert des Massedurchsatzes als Integral des Produkts aus Schüttdichte und Relativgeschwindigkeit über diese Fläche:

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt} = \int_{A(t)} \rho(x, y, t) v(x, y, t) dx dy; \quad (1)$$

m dosierte Gutmenge

A Trennfläche

ρ Schüttdichte in der Trennfläche

v Relativgeschwindigkeit in der Trennfläche in Richtung der Senkrechten zur Trennfläche

x, y rechtwinklige Koordinaten in der Trennfläche

t Zeit.

Die Schüttdichte $\rho(x, y, t)$ und die Relativgeschwindigkeit $v(x, y, t)$ schwanken mehr oder weniger stark stochastisch um ihre Mittelwerte, so daß der erzeugte Massestrom als zeitabhängiger stochastischer Prozeß $X(t)$ aufzufassen ist. Da bei konstanten Arbeitsparametern des Dosierers und konstanten Gutparametern auch der mittlere Massedurchsatz und seine Streuung konstant bleiben sollen, muß dieser stochastische Prozeß stationär im weiteren Sinn sein [2]. Ist dieser Prozeß auch noch normalverteilt, so kann er durch seine mathematische Erwartung und seine Autokovarianzfunktion vollständig beschrieben werden.

Der Verlauf des Massedurchsatzes über der Zeit läßt sich unter bestimmten Voraussetzungen durch einen stationären Modellprozeß annähern, der eine lückenlose Folge von Rechteckimpulsen darstellt, deren Länge L mit der Verteilungsfunktion (2) exponentialverteilt ist (Bild 1).

$$F_L(L) = 1 - \text{EXP}(-\alpha L) \quad (2)$$

α Prozeßparameter

Setzt man weiterhin Unabhängigkeit der Rechteckimpulse voraus, so ergibt sich für die Autokovarianzfunktion [3]:

$$K_x(\tau) = \sigma_x^2 \text{EXP}(-\alpha|\tau|); \quad (3)$$