

Halbtechnische Anlage zum Herstellen von Preßlingen aus Rauh- und Kraftfutter

Von Hans Wilhelm Orth und Heinrich Peters,
Braunschweig - Völkenrode *)

DK 621.08:631.363

Die Fütterung von Milchkühen durch eine Futtermischung, das sog. Alleinfutter, kann ernährungsphysiologische Vorteile durch die Einhaltung eines konstanten Verhältnisses von Rauh- und Kraftfutter beinhalten. Durch die Aggregierung der Mischung ergeben sich Vereinfachungen bei Transport, Lagerung und Futtevorlage. Ziel der Arbeiten ist die Untersuchung der für die Herstellung wesentlichen technischen Parameter in einer Experimentieranlage. Ergänzend wird der Einfluß von Zusatzstoffen untersucht und beschrieben. Die Preßlingsfestigkeit wird durch geeignete Methoden charakterisiert.

1. Einleitung

Die Verwendung einer Futtermischung, welche alle Rationsbestandteile einschließlich des Rauhfutters enthält, als alleinigem Futter, dem sogenannten Allein- oder Komplettfutter, kann eine Reihe von Vorteilen für den Milchviehalter bieten [1, 2, 3] .

Neben einem verminderten technischen Aufwand bei der Fütterung ergeben sich Vereinfachungen bei Transport und Lagerung und durch Einhaltung eines konstanten Verhältnisses von Rauh- und Kraftfutter ernährungsphysiologische Vorteile gegenüber der bisher üblichen Form der Futtevorlage. Wird die Ration in loser Schüttung verfüttert, so ist eine Entmischung während des Transportes möglich. Der Vorteil einer konstanten Zusammensetzung

ist dann nicht mehr gegeben. In aggregierter Form läßt sich die Einhaltung eines bestimmten Grundfutter-Kraftfutter-Verhältnisses besser gewährleisten bei zusätzlicher Verringerung des Lager Volumens. Die Schüttguteigenschaften der Preßlinge erleichtern außerdem die Mechanisierung und Automatisierung bei Transport, Dosierung und Futtevorlage.

Bei der Herstellung dieser Alleinfutterpreßlinge sind einige Bedingungen einzuhalten. So ist die Festigkeit der Preßlinge auf der einen Seite so hoch zu wählen, daß Abrieb und Zerstörung der Aggregate bei Transport und Umschlag in vertretbaren Grenzen bleiben, auf der anderen Seite kann sie jedoch nicht beliebig erhöht werden, da sonst die Aufnahme durch das Tier erschwert und die aufgenommene Menge zurückgehen würde.

Weiterhin ist wegen stoffwechselspezifischer, insbesondere verdauungsphysiologischer Anforderungen der Milchkuh, ein Mindestanteil strukturierten Rauhfutters einzuhalten, um beispielsweise einen Rückgang des Milchfettgehaltes durch Störungen der Vormagenmotorik zu vermeiden.

Im folgenden wird ein Verfahren beschrieben, welches als Grundlage zum Aufbau einer Experimentieranlage zum Studium der technologischen Probleme und zur Versorgung von Fütterungsversuchen herangezogen wurde.

2. Beschreibung des Verfahrens

Aus dem Vorgenannten geht hervor, daß man bei der Herstellung von Alleinfutterpreßlingen das gewünschte Mischungsverhältnis der Futterkomponenten einhalten, die Rauhfutterstruktur weitgehend erhalten und eine ausreichende Festigkeit erreichen muß.

Das Grundfließbild eines Verfahrens zur Herstellung von Alleinfutter zeigt **Bild 1**. Der wesentliche Verfahrensschritt für alle Massenströme ist das Dosieren, wodurch die Zuordnung der einzelnen Komponenten zueinander erfolgt. Als Zusatzmittel werden hier Melasse, Dampf und Wasser verwendet. Durch das Mischen werden die Massenströme zu einem einzigen zusammengeführt.

*) *Dipl.-Ing. Hans Wilhelm Orth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter Ing. (grad.) Heinrich Peters ist Versuchsingenieur im Institut für Landmaschinenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft.*

*) Diese Arbeit ist Teil eines Großforschungsvorhabens der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des BML.

Entnehmen, Dosieren und Mischen ist sowohl zur Herstellung der losen Mischung wie auch zum Verpressen technisch zu lösen. Das Rohfutter wird allgemein durch Abfräsen entnommen. Hierbei kann das Werkzeug lotrecht oder waagrecht arbeiten. Durch Einstellen des Vorschubes erfolgt eine grobe Dosierung des abgefrästen Materialstromes.

Der anschließende Mischprozeß kann absätzig oder kontinuierlich ablaufen. Die kontinuierliche Vermischung mehrerer Futterkomponenten erfordert einen erhöhten Aufwand für die gleichzeitige Erzeugung einstellbarer, konstanter Mengenströme. Die Genauigkeit der Mischung hängt im wesentlichen von der Rohfutterdosierung ab, welche bei einer Volumendosierung wegen meist unterschiedlicher Schütt- und Lagerdichte zu Schwankungen führt. Eine genauere Einhaltung bestimmter Mischungsverhältnisse ist bei einem ungleichmäßigen Rohfutterstrom durch kontinuierliche Wägung und die Anpassung der Ströme der anderen Komponenten hieran zu erreichen [4].

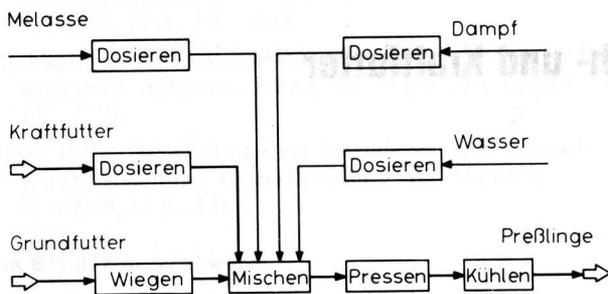


Bild 1: Grundfließbild zur Herstellung von Alleinfutter.

Wegen der für Tierernährungsversuche geforderten Genauigkeit wurde in der hier beschriebenen Anlage die kontinuierliche Wägung gewählt. Hierzu wird das Rohfutter, im vorliegenden Fall meist gehäckseltes, heißluftgetrocknetes Trockengrün, mit einem Häckselautomatikwagen A 1, Bild 2, herangefahren und über Kratzboden, Abfräswalzen und Querförderband entnommen. Dieser vordosierte Rohfutterstrom wird über ein Förderband H 1 der Bandwaage H 2 zugeführt. Die auf dem flexiblen Transportband der Waage ruhende Last wird von mehreren Stützrollen getragen, drei dieser Rollen sind zu einer Wägebrücke zusammengefaßt und messen so die Belastung der definierten Bandstrecke. Der Meßwert wird für die Steuerung der Massenströme der weiteren Futterkomponenten benutzt.

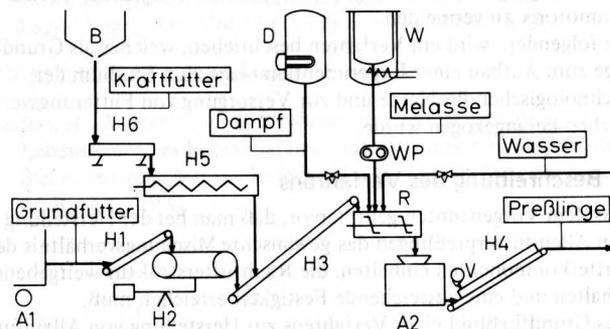


Bild 2. Verfahrensfließbild zur Herstellung von Alleinfutter:

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| A 1 Häckselautomatikwagen | H 4 Förderband |
| A 2 Presse | H 5 Dosierschnecke |
| B Vorratsbehälter Kraftfutter | H 6 Schwingrinne |
| D Dampferzeuger | R Mischer |
| H 1 Förderband | W Melassetank |
| H 2 Bandwaage | WP Dosierpumpe |
| H 3 Förderband | V Kühlgebläse |

Das Kraftfutter als zweite Hauptkomponente wird aus einem Vorratsbunker B mit Hilfe einer Schwingrinne H 6 kontinuierlich abgezogen, die manuell so eingestellt ist, daß der Einlauftrichter der Dosierschnecke H 5 angenähert konstant gefüllt ist. Die Dosierschnecke wird über einen regelbaren Motor angetrieben. Da eine Schnecke nur einen Volumenstrom dosiert, ist über eine Drehzahl-Massenstrom-Eichung der zugehörige Massenstrom zu bestimmen, wobei vorausgesetzt werden kann, daß innerhalb einer Kraftfuttercharge nur geringe Dichteunterschiede vorhanden sind. Die Eichung ist aber für unterschiedliche Chargen jeweils erneut durchzuführen.

Der Kraftfutterstrom wird zusammen mit dem Rohfutter über das Förderband H 3 dem Mischer R zugeführt.

Da bei den üblicherweise verwendeten Pressen eine Anpassung der Presseneinstellung bei sich verändernden Materialeigenschaften nicht vorgenommen werden kann, sich diese Veränderungen u. U. aber negativ auf den Preßvorgang auswirken, wird durch Zugabe von Wasser, Dampf, Melasse oder anderen Zusätzen die Aggregation des Materials verbessert.

Wasser läßt sich an beliebiger Stelle dem Rohfutterstrom zugeben. Ist eine genaue Bilanzierung der zugegebenen Wassermenge nicht erforderlich, so wird eine frühestmögliche Zugabe zu empfehlen sein, da hierdurch die Einwirkzeit auf das Material vergrößert und gleichzeitig eine Minderung des doch beträchtlichen Staubanfalles erreicht wird. Hierbei kann allerdings wegen der nicht gleich stattfindenden Vermischung ein nicht zu erfassender Wasserverlust durch Abfließen an den Bändern auftreten. Für genaue Versuche ist deshalb als Zugabeort der Mischer vorzuziehen.

Gleiches gilt für den Dampfzusatz. Auch hier kann sich die größere Einwirkzeit positiv auswirken. Die durch den Dampfzusatz erhöhte Materialtemperatur wird allerdings bis zur Presse erheblich absinken, daher wurde im vorliegenden Fall der im Dampferzeuger D erzeugte Dampf dem Mischer zugeführt.

Die Melasse wird in der gewählten Anordnung in einem Melassetank W aufgeheizt und mit der gewünschten Temperatur über eine Dosierpumpe WP in den Mischer eingespeist.

Wegen der gleichzeitigen Zufuhr mehrerer Einzelkomponenten und der geforderten gleichmäßigen Verteilung kommt dem Mischvorgang eine besondere Bedeutung zu, zumal bereits sehr kleine Mengen von Zusatzstoffen die Festigkeit und Verpreßbarkeit des Futters nachhaltig beeinflussen.

Der Mischer selbst besteht aus dem mit Kunststoffolie ausgeschlagenen Gehäuse – zur Vermeidung des Klebens, spez. von Melasse – und dem Rotor, welcher durch auf einer Spirale angeordnete Schrägpaddel die intensive Vermischung herbeiführt. Aus dem Mischer gelangt dann die Alleinfuttermischung in die Presse A 2.

Aus Versuchsgründen stehen für die beschriebene Anlage mehrere Pressenarten zur Verfügung. Zunächst wurde eine Kollergangpresse mit Scheibenmatrize benutzt. Zwei umlaufende Koller pressen das Material durch die Bohrungen (25 Ø) der feststehenden Matrize. Ein umlaufender einstellbarer Abstreifer bricht die Preßlinge auf eine angenähert konstante Länge. Die Dichte der Preßlinge (bei diesem Preßverfahren üblicherweise als Cobs bezeichnet) hängt nicht nur von den Materialeigenschaften, sondern bei konstantem Durchmesser auch von der Dicke der Matrize, dem evtl. konischen Anteil der Bohrung und dem Materialdurchsatz ab.

Die Preßlinge werden über ein Siebband und ein mit Zusatzgebläse V als Kühlband ausgebildetes Förderband H 4 in einen Transportwagen gefördert. Bild 3 zeigt einen Überblick über die Anlage mit (von links) Presse, querliegendem Mischer sowie Melassetank und Dampferzeuger.

Mit der beschriebenen Anlage konnte bisher eine für Großversuche der Tierernährung ausreichende Menge an Preßlingen verschiedener Zusammensetzung zur Verfügung gestellt werden.

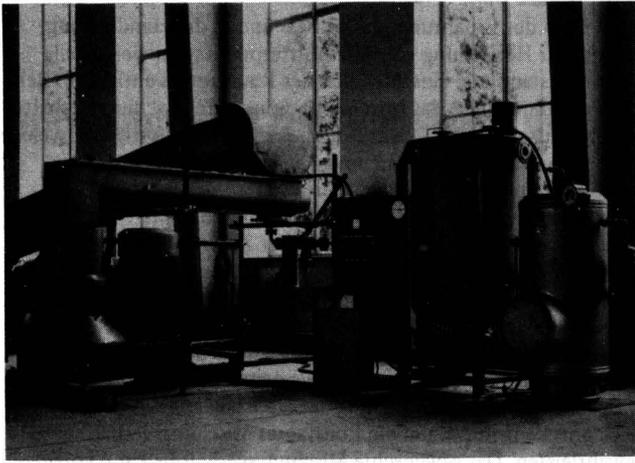


Bild 3. Teilansicht der Anlage.

3. Meß- und Regeltechnik

Das Schaltbild der wesentlichen Teile der Anlage, Bild 4, zeigt sowohl die eingebauten Meßstellen wie auch die Regelungsmöglichkeiten.

Ausgehend von der Waage kann über den Sollwerteinsteller "a" die gewünschte Bandgeschwindigkeit über einen Thyristorsatz und Gleichstrommotor stufenlos eingestellt werden. Ein mit diesem Motor gekoppelter Tachogenerator erzeugt eine der Bandgeschwindigkeit proportionale Spannung. Die Momentanbelastung der Meßstrecke der Bandwaage wird über eine Dehnmeßstreifen-Kraftmessung ermittelt.

Aus Momentanbelastung und Bandgeschwindigkeit ergibt sich der Durchsatz. Die dem Durchsatz proportionale elektrische Spannung erhält man durch Speisung der elektromechanischen Kraftaufnehmer mit der Spannung des Tachogenerators.

Mit Hilfe von Meßwertverstärkern wird diese durchsatzproportionale Spannung benutzt, um dem unregelmäßig über die Waage fließenden Rohfutterstrom gewichtsproportional weitere Komponenten beizumengen. Mit dem Signal wird z. B. die Drehzahl eines Gleichstrommotors, welcher die Kraftfutterdosierschnecke antreibt, über einen steuerbaren Gleichrichter "d" geregelt. Die eingeleitete galvanische Trennung "c" ist erforderlich, da zwischen dem Ausgang der Waage und dem Eingang des Thyristorsatzes eine Potentialdifferenz vorhanden ist.

Folgende Betriebsdaten werden erfaßt:

Rohfutterdurchsatz, Kraftfutterdurchsatz,
Matrizenauflagekraft und Matrizentemperatur.

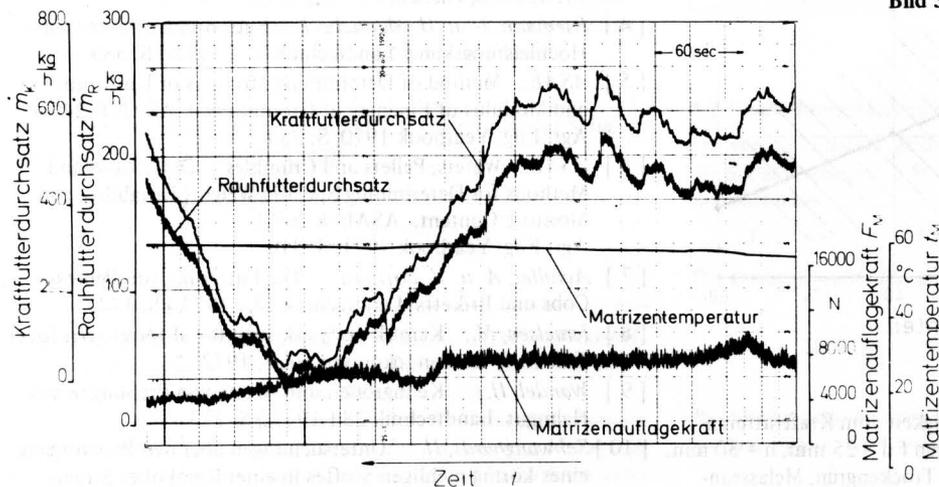


Bild 5. Meßdatenregistrierung (Ausschnitt).

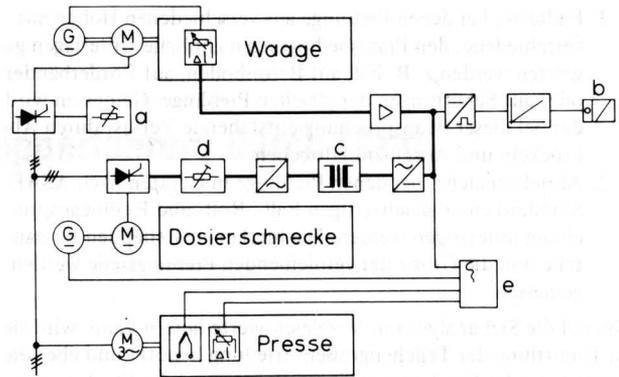
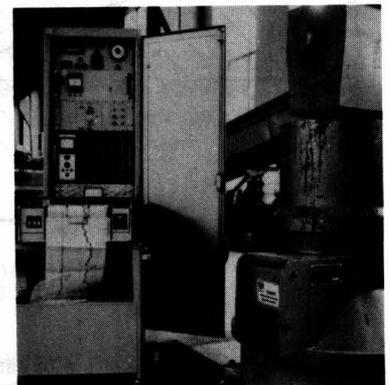


Bild 4. Schaltschema:

a Durchsatzsteuerung, b Durchsatzmessung, c galvanische Trennung, d Dosierfaktoreinstellung, e Meßwerterfassung.

Ein Ausschnitt aus der Datenregistrierung ist in Bild 5 zu sehen. Aus der Aufzeichnung des Rohfutterstromes kann man auf der rechten Bildhälfte die nach der Vordosierung noch vorhandenen starken Schwankungen erkennen. Mit Hilfe der gleichzeitigen Aufzeichnung des Kraftfutterdurchsatzes ist die gute Korrelation zwischen den Massenströmen nachzuweisen. Diese bleibt auch noch erhalten, wenn, wie in der linken Bildhälfte registriert, besonders starke Schwankungen in der Rohfutterzufuhr ($\dot{m}_R \rightarrow 0$) künstlich erzeugt werden. Durch Kontrollwägungen konnte festgestellt werden, daß das eingestellte Verhältnis der Komponenten mit einer Genauigkeit von ca. 1 % eingehalten wurde. Die Registrierung der Matrizentemperatur und -auflagekraft diente hier zur Betriebsüberwachung, wobei ein stationärer Zustand durch eine Temperatur von ca. 60° C angezeigt wird.

4. Festigkeit der Preßlinge

Um den Einfluß der Zusammensetzung der Futtermischung auf die Festigkeit der Preßlinge festzustellen, ist eine entsprechende Methodik zu entwickeln. Zur Charakterisierung von Alleinfutterpreßlingen kann man auf verschiedene Prüfmethode aus dem Bereich der Halmgutbrikettierung zurückgreifen. Ausgehend von Empfehlungen der ASAE [5, 6] sind diese in letzter Zeit verschiedentlich dargestellt worden [z. B. 7, 8, 9]. Die Beanspruchung bei Transport und Umschlag wird hierbei geprüft durch:

1. Fallteste, bei denen Preßlinge aus verschiedenen Höhen auf verschiedene, den Praxisbedingungen ähnliche Unterlagen geworfen werden, z. B. Fall auf Betonboden, auf Förderbänder oder auf Schüttungen der gleichen Preßlinge. Gemessen wird der bei dieser Beanspruchung entstehende Verlust durch Abbröckeln und Auseinanderbrechen.
2. Abriebversuche, bei denen Preßlinge in Geräten nach ASAE-Standard einer gleichzeitigen Fall-, Roll- und Reibbeanspruchung unterzogen werden. Die hierbei entstehenden Feianteile und die Größe der verbleibenden Preßlingsteile werden gemessen.

Obwohl die Siebanalyse nur Vergleichswerte liefern kann, wird sie zur Ermittlung der Teilchengrößenverteilung benutzt und über die Berechnung des Feinheitsgrades zur Beurteilung der Struktur der Preßlinge herangezogen.

Zur Messung der Festigkeit von Futtermittelpellets ist bereits eine Reihe von Prüfgeräten bekannt [10], bei denen z. B. durch Aufbringen von Zugkräften an den Stirnflächen des Pellets die Zugbruchfestigkeit, durch Aufbringen von Scherkräften die Scherfestigkeit oder durch Zerdrücken der Pellets zwischen zwei parallelen Platten die Druckfestigkeit ermittelt wird.

Neben der Bedeutung der Festigkeit für den Abrieb ist auch die Festigkeit bzgl. der Aufnahme und Zerkleinerung durch das Tier von Wichtigkeit. Wird in der zuletzt genannten Prüfvorrichtung die Druckplatte durch eine stumpfe Schneide ersetzt, so kann der Trennvorgang im Tiermaul angenähert simuliert werden und dadurch eine Relation zwischen Preßlingsfestigkeit und Kaubeanspruchung hergestellt werden. **Bild 6** zeigt die so ermittelte maximale Trennkraft in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Preßlings. Mit Zunahme des Kraftfutteranteils bei konstantem Melassezusatz sinkt der aus den Meßdaten gemittelte Wert der Trennkraft angenähert linear ab. Die Streuung liegt innerhalb der Schraffur. Der Streubereich nimmt mit zunehmendem Kraftfutteranteil ab. Das Absinken der Festigkeit beinhaltet einen erhöhten Abrieb bei Transport und Umschlag und ist bei großen Zugaben von Kraftfutter entsprechend zu berücksichtigen.

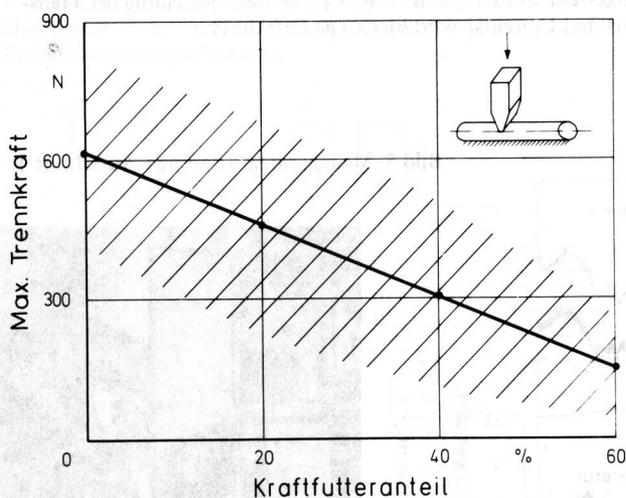


Bild 6. Maximale Trennkraft in Abhängigkeit vom Kraftfutteranteil beim Zertrennen von Einzelpreßlingen ($d = 25$ mm, $h = 30$ mm, Feuchtegehalt ca. 11 %, Rohfutterart: Trockengrün, Melasseanteil 5 %).

5. Zusammenfassung

Vorteile in der Ernährungsphysiologie und in der Handhabung führten zur Herstellung von Alleinfutterpreßlingen, welche alle Rationsbestandteile einschließlich des Rauhfutters enthalten. Bei der Herstellung muß das gewünschte konstante Mischungsverhältnis, eine ausreichende Struktur und eine Preßlingsfestigkeit, welche der mechanischen Beanspruchung genügt und eine Aufnahme durch das Tier noch ermöglicht, erreicht werden.

Es wird ein Verfahren beschrieben, welches zur Herstellung von Alleinfutterpreßlingen unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebaut wurde. Der Vordosierung des Rauhfutters über einen Häckselautomatikwagen folgt eine Wägung mit Hilfe einer Bandwaage. Aus dem elektrischen Signal der Wägung und einer der Bandgeschwindigkeit proportionalen Spannung wird über eine Produktbildung der Durchsatz bestimmt. Die dem Durchsatz proportionale Spannung wird zur Steuerung der Drehzahl der Kraftfutterdosierschnecke benutzt, um ein konstantes Mischungsverhältnis zu gewährleisten. Das gewünschte Mischungsverhältnis kann vorgeählt werden. Zusatzstoffe zur Verbesserung der Preßbarkeit des Materials und der Festigkeit der Preßlinge wie Wasser, Dampf oder Melasse werden in entsprechenden Geräten bereitgestellt und über Dosierelemente im Mischer dem Materialstrom zugeteilt und intensiv vermischt. Die lose Alleinfuttermischung wird nach dem Mischer der Presse zugeführt.

Für Versuchszwecke sind mehrere Pressenbauarten vorgesehen. Zur Zeit im Einsatz ist eine Kollergangpresse mit feststehender Scheibenmatrize mit einem Bohrungsdurchmesser von 25 mm. Die gepreßten Aggregate werden über ein Absiebband und ein Kühlband in den Transportwagen gefördert.

Um die Abhängigkeit der Festigkeit von der Zusammensetzung der Futtermischung zu ermitteln, wurden vorhandene Methoden aus dem Bereich der Halmgutbrikettierung und Pelletherstellung ausgewählt und weiterentwickelt. Als Beispiel wird der Einfluß des Kraftfutteranteiles auf die Preßlingsfestigkeit dargestellt.

Mit der beschriebenen Anlage konnte bisher eine für Großversuche der Tierernährung ausreichende Menge an Preßlingen verschiedener Zusammensetzung zur Verfügung gestellt werden.

Schrifttum

- [1] Bath, D.L.: Alleinfutter für Milchkühe. Top agrar 6/1973, S. 13.
- [2] Rohr, K.: Probleme der Fütterung hochleistender Wiederkäuer. Landbauforschung Völkenrode Sh.14 (1972) S. 48.
- [3] Rohr, K.: Untersuchungen zur Entwicklung eines Alleinfutters für Milchkühe. Vortrag auf der 27. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, 11. 4. 1973, Gießen.
- [4] Riemann, U. u. H. Mannebeck: Fütterungsverfahren für Hochleistungskühe. Landtechnik 27 (1972) S. 589.
- [5] ASAE: Method of Determining Modulus of Uniformity and Modulus of Fineness of Ground Feed. ASAE-R 246.1 Agr. Eng. Yearbook 1970, S. 353.
- [6] ASAE: Wafers, Pellets and Crumbles – Definitions and Methods for Determining Specific Weight, Durability and Moisture Content. ASAE S 269.1 Agr. Eng. Yearbook 1971, S. 318.
- [7] Achilles, A. u. V. Potthast: Die Fütterung von Pellets, Cobs und Briketts. Landtechnik 28 (1973) S. 177.
- [8] Israelsen, M.: Kemisk og fysisk struktur af tørtret grøn foder. Tidsskrift for Landøkonomi, nr. 2, 1972.
- [9] Wandel, H.: Kenngrößen und -werte von Preßlingen aus Halmgut. Landtechnik 28 (1973) S. 273.
- [10] Schwanghardt, H.: Untersuchungen über den Preßvorgang eines körnig-mehligen Stoffes in einer Ringkoller-Strangpresse. Diss. T.H. München 1969.