

der Stirnseite des Silos abgekippt und nach Variante 2 eingeschoben wird (Bild 2).

#### 4. Bewertung der Verfahrensvarianten

Zur Bewertung und zum Vergleich der bei der Silagebereitung anwendbaren technologischen Verfahren wurden Kennzahlen erarbeitet, nach denen die spezialisiert und industriemäßig produzierenden Betriebe der Pflanzenproduktion über die Anwendung der unter den jeweiligen betrieblichen Produktionsbedingungen günstigen Verfahren entscheiden können. Folgende Kennzahlen werden für die Bewertung von Verfahren, Arbeitsabschnitten und Arbeitsgängen der Silierguteinlagerung für aussagekräftig erachtet:

- Arbeitsmittelbedarf, ermittelt nach dem Bruttowert der Grundmittel
- Arbeitskräftebedarf und notwendige Qualifikation
- Verfahrenskosten
- Verweildauer der Transportfahrzeuge bei der Einlagerung im Silo
- Anzahl der Entladestellen im Silo
- Einlagerungsleistung
- Leistungen beim Verteilen und Verdichten
- Aufwand an lebendiger Arbeit.

Als Ergebnisse eines Verfahrensvergleichs bei der Grobfuttereinlagerung in Horizontalsilos anhand der Kennzahlen können genannt werden:

- Der vergleichbare Bruttowert der zur Silierguteinlagerung mit mobiler Technik notwendigen Arbeitsmittel steigt mit zunehmender Einlagerungsleistung langsamer an als die Einlagerungsleistungen selbst. Für Einlagerungsleistungen von 200 t/h werden Arbeitsmittel mit einem Bruttowert von etwa 200 000 M benötigt.

- Der Bedarf an Arbeitskräften nimmt mit steigender Einlagerungsleistung ebenfalls langsamer zu. Handarbeit wird zunehmend mechanisiert. Für Einlagerungsleistungen von 200 t/h werden etwa 3 bis 6 Mechanisatoren und 2 bis 4 Handarbeitskräfte benötigt.
- Die Verfahrenskosten betragen am Beispiel der Zuckerrübenblattsilage bei normalen Erntebedingungen 18,00 M/t Silage.
- Die Einlagerungsleistung wird in Horizontalsilos in hohem Maß von der Anzahl der Entladestellen und von der Verweildauer der Transportfahrzeuge bestimmt. Zur Vermeidung von Behinderungen der Verteil- und Verdichtungstraktoren sollte die Verweildauer 2 bis 3 min je Transporteinheit nicht wesentlich überschreiten. In Silos mit Hochfahrstraßen sind durch mehrere Möglichkeiten der gleichzeitigen Entladung höhere Annahmelleistungen erreichbar.
- Der Grobfuttertransport von der Erntemaschine zum Silo muß zur Vermeidung von Zusatzverschmutzungen und Nährstoffverlusten in ungebrochener Form erfolgen. Er ist mit einer auf Ernteertrag und Transportentfernung abgestimmten Anzahl von Traktorenzügen je nach Witterungs- und Bodenbedingungen mit einem oder mit zwei Anhängern mit Schwerhäckselaufbauten durchzuführen. Lkw-Transporteinheiten sind speziell bei der Zuckerrübenenernte zweckmäßiger zum Rübentransport einzusetzen.
- Bei Anwendung der projektierten Einlagerungsverfahren kann in Horizontalsilos ohne Rampen Grüngut bis maximal 200 t/h, in Horizontalsilos mit Rampen bis maximal 300 t/h eingelagert werden.

- Das Verteilen des Gutes im Silo erfolgt bei gleichzeitiger Verdichtung am zweckmäßigsten durch schwere Kettentraktoren mit Schiebeschild bzw. als Ergänzung und zur Steigerung der Leistung durch zwillingsbereifte Radtraktoren mit Verteilhaken und durch Mobilkrane. In Silos ohne Rampen wird die notwendige Anfangslagerungsdichte von 600 kg/m<sup>3</sup> bereits durch die Verteilfahrzeuge hergestellt. In Silos mit Rampen dagegen muß dazu ein zusätzlicher Verdichtungsaufwand von 1 min/t erbracht werden.
- Der Gesamtaufwand an lebendiger Arbeit zur Herstellung von 1 t Silage von der Erntemaschine über die Lagerung im Silo und den Transport bis zur Tierproduktionsanlage beträgt am Beispiel der Rübenblattsilage etwa 24 min.
- Beide Siloformen sind mit den entsprechenden Einlagerungsvarianten der Praxis zur Anwendung zu empfehlen. Sie ermöglichen gute Silagequalitäten und ein kontinuierliches Zusammenwirken von Arbeitskräften und Arbeitsmitteln bei verbesserten Arbeitsbedingungen.

#### 7. Zusammenfassung

Für die Grobfuttereinlagerung in großvolumigen Horizontalsilos werden die Anforderungen an das Grobfutter, die Verfahren und die Horizontalsilos dargelegt. Die technologischen Lösungen und die zweckmäßige Verfahrensgestaltung werden beschrieben. Der Variantenvergleich ergibt Aussagen über Produktionsmittel, Leistungen, Kosten und andere Parameter.

A 1955

## Unifizierte Futterzubereitung für die Rinderproduktion

TZL Dr. agr. M. Koallick/Dipl.-Ing. P. Thiem

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Die Intensivierung der Tierproduktion erfordert konsequent, neue industriemäßige Anlagen zu errichten und vorhandene zu rekonstruieren. Die Errichtung dieser Anlagen auf der Grundlage zentraler Angebots- und Wiederverwendungsprojekte stellt einen Schwerpunkt der Investitionspolitik dar, da auf diesem Wege u. a. „eine serienmäßige Vorfertigung auf der Grundlage standardisierter Elementesortimente und Konstruktionssysteme“ [1] durchgesetzt wird.

Im Prozeßabschnitt Fütterung ist die Aufgabe zu lösen, aus den in Lagern oder Zwischenlagern bereitstehenden Futterkomponenten eine leistungsgerechte Futterration für einzelne Tiergruppen herzustellen und diese als Mischung oder Einzelkomponenten an die Tiere zu verteilen. Da in den Produktionsstufen Jung-rinderaufzucht, Rindermast und Milchproduktion weitgehend gleiche Futtermittel eingesetzt werden, erscheint es möglich, bei der Ausrüstung der Futterhäuser auch gleiche bzw. sehr ähnliche Maschinenketten vorzusehen. Vergleicht man die in industriemäßig pro-

duzierenden Rinderproduktionsanlagen verwirklichten Lösungen für den Bau und die Ausrüstung von Futterhäusern, so ist selbst bei den Angebotsprojekten eine nicht zu begründende Variantenvielfalt anzutreffen, obwohl in fast allen Futterhäusern gleiche Maschinen eingesetzt werden. Zusätzliche Komplikationen ergeben sich oft durch die funktionelle und räumliche Trennung in „schwarzen“ und „weißen“ Bereich, um den veterinärmedizinischen Erfordernissen zu entsprechen.

So werden zum Beispiel Futterübergabestellen mit Rampen oder Gruben und Annahmedosierern errichtet oder ein zusätzliches Aufladen mit zusätzlichen Zwischentransporten erforderlich. Gleiche Schwierigkeiten treten bei der Bewirtschaftung der unmittelbar an den Anlagen liegenden Horizontalsilos auf, die während der Befüllung dem „schwarzen“ und bei der Entnahme dem „weißen“ Bereich zugeordnet werden. Zur Überwindung dieser bestehenden Nachteile wird ein Lösungsvorschlag mit einheitlicher Bauhülle und einer nach Produktions- und Kapazitätsstufen variablen Aus-

rüstung vorgestellt, bei dem der gesamte Futterumschlag unter Dach durchgeführt wird und eine funktionell und räumlich einwandfreie Trennung von „schwarzem“ und „weißem“ Bereich gegeben ist.

In der Rinderfütterung werden Futtermittel unterschiedlicher Struktur eingesetzt, die an die Prozeßteilabschnitte Zwischenlagerung, Zubereitung und Verteilung spezielle Anforderungen stellen und damit spezielle technologisch-technische Lösungen erfordern. Die Futtermittel lassen sich folgendermaßen einteilen:

- Zerkleinerte Grundfuttermittel als Häcksel oder Bröckel, z. B. Grünfütter, Silagen, Hackfrüchte, Heu, Stroh, Trockenfütter
- Konzentrate in Form von Schrot oder Pellets als Einzelkomponente, Teilfertigfuttermittel oder Mischfütter
- Futterzusätze, wie Mineralstoff- und Wirkstoffgemische in Pulverform oder als Granulat.

Entsprechend den unterschiedlichen Strukturen der einzelnen Futterkomponentengruppen sind unterschiedliche Dosierverfahren zur Herstellung

von Futterrationen erforderlich. Ihre Art und Anzahl ist vom gewählten Rationstyp abhängig. Da in der Rinderfütterung allgemein Grobfutter, Konzentrate und Futterzusätze zu verabreichen sind, werden in Futterhäusern immer drei Arten von Dosierern angetroffen, mit deren Hilfe die Futtermittel als Mischung auf einen Zentralförderer aufgegeben werden.

Dem vorgeschlagenen Futterhaus (Bild 1) sind folgende Funktionen zugeordnet:

- Massekontrolle der angelieferten Futtermittel
- Grobfutterannahme
- Entnahme von Futterproben
- Annahme und Zwischenlagerung der Konzentratfuttermittel und Futterzusätze
- volumendosierte Abgabe und ggf. Zusammenführen der einzelnen Komponenten nach vorgegebenen Rationen zu einem Gutstrom
- Abgabe der einzelnen Komponenten oder deren Mischung auf einen mobilen Futterverteiler bzw. stationären Förderer, dabei
- Massenkontrolle der Futterkomponenten bzw. deren Mischung.

Die Schwarz-Weiß-Grenze (1) wurde so gezogen, daß die Prozeßteilabschnitte Zwischenlagern der Futterkomponenten und Zubereitung der Rationen ausschließlich dem Schwarzbereich zugeordnet sind und nur die Übernahme der dosierten Futtermittel sowie deren Förderung und Verteilung im Weißbereich erfolgt. Infolgedessen gehören zur Fütterung mindestens zwei Arbeitsplätze. Für die mobil angelieferten Futtermittel erfolgt die Massekontrolle über eine Fahrzeugwaage im Schwarzbereich (2). Für die Annahme und spätere Volumendosierung der Grobfutterkomponenten sind im Futterhaus je ein Annahmedosierer H 10.2 (3) und DS 300-02/7 (4) so in einer Grube aufgestellt, daß sie das dosierte Gut auf einen gemeinsamen Gurtbandförderer (5) abgeben. Das Befüllen der Dosierer erfolgt von der Durchfahrt aus, wo die Fahrzeugladung abgekippt wird. Über den nachgeschalteten Gurtbandförderer T 430 (5) und einen längs zur Fahrtrichtung des Futterverteilers intermittierenden Gurtbandförderer (6) gelangt das dosierte Futter auf ein Futterverteilmittel (7).

Das Konzentrat wird pneumatisch angenommen und in einem Mischfuttersilo T 721 (8) gelagert. Die Annahme von pelletiertem Teilfertigfutter erfolgt über einen Dosierer H 10.2 (9), der in einer Grube aufgestellt ist mit einem Fräskopf für Pellets ausgerüstet ist. Über eine Trogschnecke A 250 (10), ein Becherwerk T 206 (11) und eine weitere Trogschnecke A 250 (12) gelangen diese Futtermittel in den Lagerbehälter (13), der durch Öffnen des entsprechenden Elektroschiebers (14) vorgeählt wird. Die zwei Silos (13) für pelletiertes Teilfertigfutter sind mit Keiltrichtern und speziellen Entnahmeeinrichtungen auszurüsten. Die dosierte Entnahme der Trockenfutterkomponenten aus den Mischfuttersilos erfolgt über Dosier- (15) und Trogschnecken (16). Die dosierten Trockenfuttermittel gelangen außerhalb des Futterhauses auf das bereits auf den Gurtbandförderer T 430 (5) dosierte Grobfutter.

Futterzusätze werden im Futterhaus gelagert und manuell dem Dosierer H 82 M (17) zugeführt. Er ist so aufgestellt, daß das Dosiergut direkt auf das auf dem Gurtbandförderer T 430 (5) befindliche Grobfutter fällt. Ein Mischen der Komponenten erfolgt lediglich beim kontinuierlichen Zusammenführen der Komponenten zu einem Gutstrom, bei dessen zwei Fallstufen bis

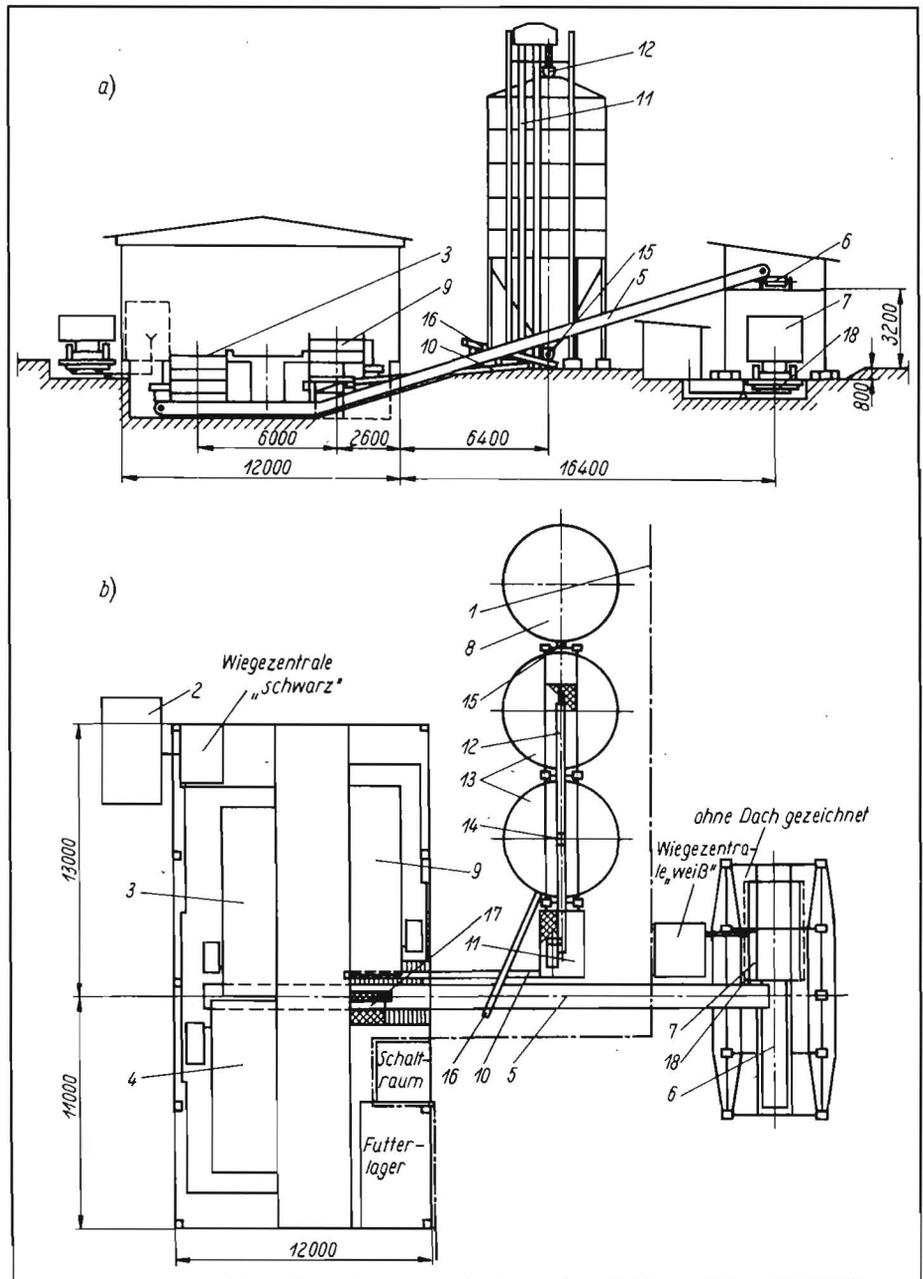


Bild 1. Unifizierte Futteraufbereitung für die Rinderproduktion; Erläuterung s. Text  
a) Querschnitt, b) Grundriß

zum Futterverteilmittel und bei der Austragung in die Krippen. Eine Massekontrolle der volumendosierten Einzelkomponenten bzw. deren Gemische je Fahrzeugladung ist durch die Fahrzeugwaage im Weißbereich (18) möglich. Bei stationärer Futterverteilung wird das dosierte Futter vom Gurtbandförderer T 430 (5) auf einen Zentralförderer übergeben. Dann muß für die massekontrollierte Fütterung die Fahrzeugwaage im Weißbereich durch eine Bandwaage ersetzt werden.

Für die bauliche Lösung ist eine Hülle mit der Systembreite 12000 mm, der Systemhöhe 4800 mm, der Systemlänge 24000 mm und dem Achsabstand 6000 mm vorgesehen. Bei der vorgeschlagenen Lösung zeigen sich folgende Vorteile:

- Da außer der Schalteinrichtung das Futterhaus dem Schwarzbereich zugeordnet ist, können dort witterungsgeschützt Futterkomponenten aller Herkünfte umgeschlagen werden. Bei einer dem Fütterungsrhythmus angepaßten Grünfütterung kann auch in der Sommerfütterung auf

Zwischenlagerflächen verzichtet werden.

- Der Ausstattungsgrad mit Dosierern ist variabel, damit kann das Futterhaus an die Erfordernisse der einzelnen Produktionsstufen der Rinderproduktion angepaßt werden.
- Die Lösung ist sowohl neuen als auch zu rekonstruierenden bestehenden Anlagen (mobile und stationäre Futterverteilung) zuzuordnen.
- Als zentrales Futterhaus bei dezentral gelegenen und mobil zu versorgenden Stallanlagen kann die vorgeschlagene Lösung in der Schafproduktion bei entsprechender Konzentration eingesetzt werden.

Die Trennung des Fütterungssystems in einen „schwarzen“ und einen „weißen“ Bereich erfordert die Besetzung von zwei Arbeitsplätzen je Schicht zur Fütterung. Hierbei obliegen dem Fütterungstechniker im Außenbereich (Schwarzbereich) folgende Arbeiten:

- Abdecken des Horizontalsilos und Entnahme der Silage

- Kontrolle der Entnahme aus den Mischfuttersilos
  - Wägung aller Futtermittel
  - Transport der Silage zum Futterhaus
  - zeitgerechte Beschickung der Dosierer mit den lt. Futterplan vorgesehenen Futtermitteln
  - Übernahme aller Futtermittel, die von Fremdfahrzeugen angeliefert werden
  - Pflege und Wartung der Fütterungstechnik im Schwarzbereich
  - Reinigungsarbeiten im Futterhaus und im Außenbereich.
- Der Fütterungstechniker im Innenbereich (Weißbereich) hat folgende Arbeiten durchzuführen:
- Abruf der Futterkomponenten und Zusammenführen zu Mischrationen entsprechend dem Futterplan und dem Fütterungszyklogramm
  - Futterverteilen mit Futterverteilfahrzeug (mobile Futterverteilung)
  - Anwählen der Futterkrippe, Beobachtung und Kontrolle der Futterverteilung (stationäre Futterverteilung)
  - Bewertung der Restfuttermengen und ggf.

Korrektur der zu dosierenden Grobfuttermengen

- Pflege und Wartung der Fütterungstechnik im Weißbereich
- Reinigungsarbeiten einschließlich Restfurtherbeseitigung im Innenbereich.

Je nach Ausrüstung und Fütterungszyklogramm können bei kontinuierlicher Futterbereitstellung mit dem vorgeschlagenen Maschinensystem bei stationärer Futterverteilung bis zu 20 t und bei mobiler Futterverteilung mit zwei Futterverteilfahrzeugen etwa 30 t Futter je Stunde durchgesetzt werden. Damit reicht die Kapazität des Futterhauses im Einschichtbetrieb für etwa 2500 GVE und im Zweischichtbetrieb für etwa 5000 GVE aus.

Durch eine unifizierte Futterzubereitung wird nicht nur der Einsatz geprüfter und für die Produktion freigegebener ausrüstungstechnischer Arbeitsmittel und standardisierter Elementesortimente des Landwirtschaftsbaus ermöglicht, sondern auch der Einsatz eines Bausteins „Futterhaus“ für alle Produktionsstufen der industriemäßigen Rinderproduktion mit Ausnahme der Kälberproduktion erreicht.

## Zusammenfassung

Obwohl in der industriemäßigen Milch-, Jung- und Mastrinderproduktion fast die gleichen Futtermittel und demzufolge für die Futterzubereitung die gleichen Maschinen eingesetzt werden, gibt es z. Z. noch eine nicht zu begründende Variantenvielfalt für die Ausrüstung von Futterhäusern. Im Beitrag wird eine unifizierte Futterzubereitung vorgestellt, die sich in den genannten Stufen der Rinderproduktion sowohl bei Neubauten als auch bei Rekonstruktionen einsetzen läßt und einen witterungsunabhängigen Futterumschlag bei einwandfreier Schwarz-Weiß-Trennung gewährleistet. Auf Möglichkeiten der maschinenkontrollierten Fütterung wird hingewiesen.

## Literatur

- [1] Katalog Landwirtschaftsbau. VEB Landbau-Projekt Potsdam 1974. A 1957

# Einfluß des Abriebanteils von kompaktiertem Trockenfutter auf die Gestaltung von Lagerbehältern

Dr.-Ing. C. Fühl, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## Verwendete Kurzzeichen

a	m	Seitenlänge einer quadratischen Auslauföffnung	$\rho_{SA}$	kg/m <sup>3</sup>	Schüttdichte des Abriebs
b	m	Breite von Schlitzausläufen	$\rho_{S(A=0)}$	kg/m <sup>3</sup>	Schüttdichte von abriebfreien Pellets
C	N/m <sup>2</sup>	Kohäsion	$\rho_P$	kg/m <sup>3</sup>	Pelletedichte
d	m	Durchmesser einer kreisförmigen Auslauföffnung	$\sigma$	N/m <sup>2</sup>	Normalspannung
d <sub>A</sub>	m	Korndurchmesser des Abriebs	$\sigma_1$	N/m <sup>2</sup>	Hauptspannung, Verfestigungsspannung
d <sub>P</sub>	m	Korndurchmesser von Pellets	$\sigma'_1$	N/m <sup>2</sup>	normale Auflagerspannung einer Brücke
d <sub>T</sub>	m	maximaler Korndurchmesser	$\tau$	N/m <sup>2</sup>	Schubspannung
f <sub>c</sub>	N/m <sup>2</sup>	Festigkeit einer Oberfläche (identisch mit der Hauptspannung $\sigma'_1$ des Mohrschen Spannungskreises, dessen Hauptspannung $\sigma'_2 = 0$ ist und der den Fließort tangiert)	$\varphi$	°	Winkel der inneren Reibung
ff <sub>c</sub>	—	Fließfunktion	$\varphi_x$	°	Winkel der äußeren Reibung
ff <sub>d</sub>	—	Fließfaktor der Brückenbildung	$\varphi_c$	°	effektiver Reibungswinkel nach Jenike
ff <sub>p</sub>	—	Fließfaktor der Schachtbildung			
g	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung			
k	—	Sicherheitskoeffizient			
m <sub>A</sub>	kg	Masse des Abriebs			
m <sub>ges</sub>	kg	Gesamtmasse von Pellet-haufwerken			
m <sub>P</sub>	kg	Pelletmasse			
n	—	Koeffizient (n = 0 für ebenen Fließzustand, n = 1 für axial-symmetrischen Fließzustand)			
V <sub>h</sub>	m <sup>3</sup>	Hohlraumvolumen			
V <sub>S</sub>	m <sup>3</sup>	Schüttvolumen			
V <sub>SA</sub>	m <sup>3</sup>	Schüttvolumen des Abriebs			
V <sub>SP</sub>	m <sup>3</sup>	Schüttvolumen der Pellets			
θ	°	Trichteröffnung gegenüber der Vertikalen			
ρ <sub>L</sub>	kg/m <sup>3</sup>	Lagerungsdichte des Füllgutes			
ρ <sub>S</sub>	kg/m <sup>3</sup>	Schüttdichte			

## 1. Problemstellung

Das Ausfließen von kompaktiertem Trockenfutter aus Lagerbehältern wird in der Praxis außer von den Stoffkenngrößen Feuchtigkeit und Temperatur sowie der Lagerdauer vor allem vom Abriebanteil des Haufwerks beeinflusst. Pellets mit höherem Abrieb fließen bei gleichen geometrischen Abmessungen des Behälters schlechter aus als Pellets mit geringerem Abrieb.

Zur Lösung dieser Problematik müssen zunächst folgende Fragen geklärt werden:

- Nach welchen Berechnungsmethoden müssen Lagerbehälter für kompaktiertes Trockenfutter in Abhängigkeit von der Höhe des Abriebanteils dimensioniert werden?
- Welche Korngröße wird als Abrieb definiert?
- Welcher Abriebanteil ist zulässig, wenn Lagerbehälter mit möglichst geringem Material- und Fertigungsaufwand hergestellt werden sollen?

In den nachstehenden Ausführungen sollen

theoretische Überlegungen und Versuchsergebnisse zur Klärung dieser Fragen beitragen. Gleichzeitig werden Hinweise für die Praxis gegeben.

## 2. Dimensionieren von Auslaufquerschnitten

Bei der Neukonstruktion von Lagerbehältern muß von den physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Füllgüter ausgegangen werden.

Kohäsionslose Güter bereiten in der Praxis kaum Schwierigkeiten. Das Dimensionieren von Auslaufquerschnitten erfolgt bei ihnen nach dem maximalen Korndurchmesser d<sub>T</sub>. Kvapil [1] gibt folgende Gleichungen an:

- Durchmesser d von kreisförmigen Auslauföffnungen:

$$d = \sqrt{(5 d_T)^2 \frac{k}{\pi} \cdot 3,4} \quad (1)$$

mit Sicherheitskoeffizient k = 1,4

- Schlitzbreite b von Schlitzausläufen:

$$b = \sqrt{(5 d_T)^2 \cdot 3} \quad (2)$$

- Seitenlänge a von quadratischen Auslauföffnungen:

$$a = \sqrt{(5 d_T)^2 k} \quad (3)$$

mit Sicherheitskoeffizient k = 1,4.

Andere Autoren empfehlen folgende Grenzwerte:

- axialsymmetrische Ausläufe (Kegeltrichter):

$$d/d_T \geq 3 \dots 6 \quad (4)$$