

Bild 8. Fiktiver Durchmesser in Abhängigkeit vom Abriebanteil

rig und läßt sich für die einzelnen Abriebanteile berechnen. Aus der Schüttung mit 0 % Abrieb wird mit

Hilfe des Durchmessers d_k die Größe k bestimmt, wobei sich eine Geschwindigkeitsabhängigkeit ergibt (s. Bild 7). Für die jeweilige Strömungsgeschwindigkeit wird der entsprechende k -Wert als konstant angesehen. Für die Versuche bei einem Abriebanteil von 10, 20, ..., 100 % an der Gesamtschüttung wird über Gl. (2) nun eine fiktive geometrische Länge errechnet, die somit für die jeweiligen Verhältnisse Abrieb-Pellets charakteristisch ist. Bild 8 zeigt den Verlauf von $d = d_{\text{fiktiv}}$.

Mit diesen Ergebnissen ist es jetzt möglich, bei Kenntnis relativ weniger Parameter einer Pelletschüttung deren Druckverlust zu bestimmen. Diese Parameter sind die Luftgeschwindigkeit im leergedachten Querschnitt, die zu durchströmende Schütthöhe und der Abriebanteil. Weitere Untersuchungen für die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf größere Schütthöhen werden in Praxisanlagen folgen.

6. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird für experimentelle Untersuchungen von Pelletschüttungen mit Belüftung ein Versuchsstand dimensioniert. Um aus den Versuchen an dieser Anlage auf Praxisbedingungen schließen zu

können, ist es erforderlich, die Strömungswiderstände in Abhängigkeit vom Abriebanteil zu ermitteln. Über die Berechnungsgrundlage nach [1] erfolgt die Auswertung. Dabei wird ein fiktiver Durchmesser errechnet, der die jeweiligen Verhältnisse Abrieb-Pellets charakterisiert und nur von der Durchströmungsgeschwindigkeit im leergedachten Querschnitt abhängig ist. Damit werden aufwendige granulometrische Untersuchungen umgangen, die für Stroh-Konzentrat-Gemisch-Pellets auch sehr wenig erfolgversprechend wären.

Literatur

- [1] Matthies, H. J.: Der Strömungswiderstand beim Belüften landwirtschaftlicher Erntegüter. VDI-Forschungsheft, Ausgabe B, Düsseldorf (1956) 22.
- [2] Vater, H.: Untersuchungen zu Strömungsverhältnissen in Pelletstapeln. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1979 (unveröffentlicht).

A 3510

Kontrolle der Masse bei der Volumendosierung rieselfähiger Gutarten

Dipl.-Ing. E. Schade, KDT/Ing. Edeltraud Kuhn/Dr. agr. A. Neuschulz, KDT/Dr. agr. G. Wünsche
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Für das Dosieren rieselfähiger Gutarten wird in der Landwirtschaft meistens die Volumendosierung mit Schnecken- und Zellenraddosierern angewendet. Gefordert wird die Einhaltung der Dosiergenauigkeit von $\pm 5\%$ bei Massenanteilen in der Rezeptur von über 30 % und von $\pm 10\%$ bei Massenanteilen unter 30 %. Zum Bestimmen der dosierten Masse sollen zweimal 4 Proben mit einer Auffangzeit von je 2 min oder mit einer Probenmasse bis 50 kg während einer Zeitdauer von einer Stunde für 4 Proben aus dem Gutstrom entnommen werden. Die Kontrolle der Masse soll bei Stoff- und Rezepturwechsel bzw. mindestens einmal je Schicht erfolgen [1].

Dieser hohe zeitliche Aufwand für das Überprüfen des Massenstroms wird in der Praxis selten aufgebracht. Oft erfolgt die Kontrolle der Masse anhand von drei Proben, die in kurzer Zeitfolge mit geringen Auffangzeiten und kleiner Probenmasse entnommen werden.

In landwirtschaftlichen Betrieben, die verschiedene Getreidearten und andere Komponenten zu Mischfutter verarbeiten, wurden Abweichungen zwischen den Massen der angelieferten und abgegebenen Futtermittel von über 10 % festgestellt, obwohl nach Untersuchungsergebnissen mit Volumendosierern eine Dosiergenauigkeit im Bereich von $\pm 5\%$ nachgewiesen wurde [2, 3].

Die zur Verfügung stehenden Konzentrate sind in der Fütterung so genau wie möglich

einzusetzen. Deshalb war zu untersuchen, ob mit einfacheren Methoden als gefordert die Masse der Konzentrate bei der Futteraufbereitung mit der Volumendosierung genau kontrolliert werden kann. Durch Untersuchungen unter Praxisbedingungen mit den in der Landwirtschaft anfallenden Gutarten sollen die real erreichbaren Ergebnisse zur Kontrolle der Masse erfaßt werden.

2. Methode der Untersuchungen

Als Versuchseinrichtung wurde ein Dosierbehälter (Fassungsvermögen 8 m^3) mit abgeschlossenem Zellenraddosierer GM 601 A 01 verwendet. Die Meßorte und die Art der Messungen sind im Bild 1 dargestellt. Die Messungen erfolgten mit bekannten Meßmitteln. Für das Messen der Schüttdichte im Behälter mit der Stabsonde DS 114/3 wurde alle 2 min ein Meßwert mit einer Meßzeit von 1 min erfaßt. Die Messungen mit der Oberflächensonde erfolgten in gestaffelten Zeitintervallen von 0,6 bis 60 s. Die Masseproben wurden mit Auffangzeiten von 10, 20, 30 und 60 s oder von 10 Umdrehungen des Zellenrads entnommen. Ein Meßwert setzt sich aus mindestens 3 Einzelmessungen zusammen. Zur Kontrolle wurde die während der Versuchszeit durchgesetzte Masse einschließlich der Proben mit der Fuhrwerkswaage gewogen.

Als Gutarten wurden Maisschrot, Mais- und Weizenkörner eingesetzt (Tafeln 1 und 2). Durch den innerbetrieblichen Umschlag war in den Maiskörnern ein Abriebanteil von

rd. 20 % enthalten. Der Weizen enthielt etwa 20 % Maiskörner mit geringem Abriebanteil. Die Untersuchungen wurden auf drei Methoden der Kontrolle der Masse ausgerichtet (Tafel 3).

3. Ergebnisse

3.1. Schüttdichte

Die Schüttdichte hat einen großen Einfluß auf die Dosiergenauigkeit bei der Volumendosierung. Unter den Bedingungen der Versuchseinrichtung laufen die Gutarten bei den geringen Massenströmen nicht gleichmäßig aus dem Dosierbehälter. Durch das nicht stetige Nachlaufen verändert sich ständig die Schüttdichte vor dem Zulauf in den Zellenraddosierern. Beim Maisschrot bilden sich zeitweise größere Hohlräume aus, wodurch der Zulauf des Gutes in den Zellenraddosierern unterbrochen wird (Bild 2). Vor dem Einlauf in das Zellenrad treten noch größere Abweichungen der Schüttdichte als im Dosierbehälter auf. Der Variationskoeffizient erhöht sich auf 2,6 % beim Maisschrot, 2 bis 4 % bei den Weizenkörnern und bis zu 8 % bei den Maiskörnern. Die Ursachen dieser Schüttdichteschwankungen sind das nicht stetige Fließverhalten der Gutarten und der Zulauf von entmischten Gutpartien, besonders bei den verwendeten Körnern. Die zufälligen Schüttdichteschwankungen treten unabhängig von der Auslaufzeit auf. Die Spannweite der Schüttdichteschwankungen beträgt beim Maisschrot rd. 50 kg/m^3 und bei Maiskör-

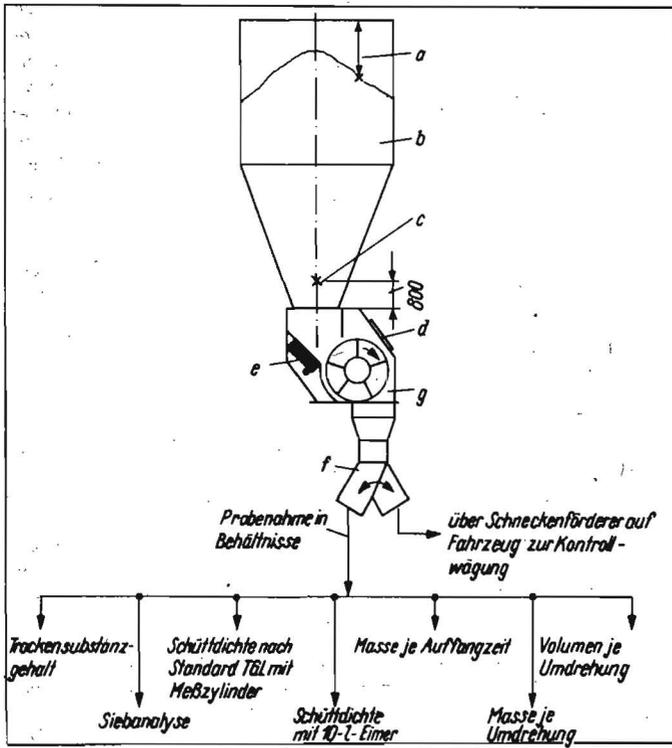
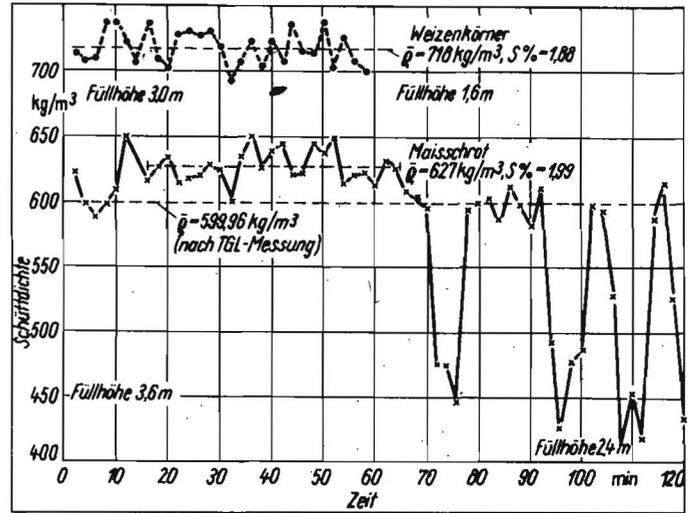


Bild 1. Schematische Darstellung der Versuchseinrichtung; a Füllstaubmessung, b Behälter 8 m³, c Meßort für die Dichtemessung mit der Stabsonde DS 114/3, d Meßort für das Messen der Drehzahl und der Laufzeit, e Meßort für die Dichtemessung mit der Oberflächensonde, f Meßort für die Auslaufzeit, g Dosierer GM 601 A 01

Bild 2. Verlauf der Schüttdichte im Behälterausslauf bei der Entnahme von Maisschrot und Weizenkörnern aus dem Dosierbehälter; Massenstrom 0,9 bis 4,6 t/h, Meßort 800 mm über dem Zulauf vom Zellenrad-dosierer, Meßmittel Stabsonde DS 114/3

Tafel 1. Übersicht zu den Versuchen

Gutart	Trockensubstanzgehalt	Einstellung Getriebe/Dosierer	Versuchszeit gesamt	Masse gesamt
	%			
Maisschrot	85,3	120/5	356,5	5 870
		120/10		
		150/7		
Maiskörner	83,8	120/5	62,0	2 400
		150/7		
Weizenkörner	85,0	120/5	57,0	3 000
		150/7		
		165/8		



nen, die sich im Dosierbehälter stark entmischen, bis zu 200 kg/m³ (Bild 3). Die Mittelwerte der Schüttdichte stimmen annähernd überein, wenn die Schüttdichte der rieselfähigen Gutarten bei gleicher Probenahmezeit mit der Oberflächensonde, mit dem Meßzylinder nach Standard TGL 7672 und mit einem genau ausgeliterten Behälter, zum Beispiel mit einem Eimer, gemessen wird (Tafel 4).

3.2. Einstellen der Drehzahl

Werden die stufenlosen Antriebe des Zellenrad-dosierers wiederholt auf den gleichen gekennzeichneten Markierungen eingestellt,

ergeben sich selten die gleichen Drehzahlen. Trotz gewissenhafter Einstellung der nicht verschlissenen Antriebe bei den Versuchen entstanden relative Abweichungen bis zu 8 % (Tafel 5).

3.3. Kontrolle der Masse nach der Auffangzeit

Nach der theoretischen Modellierung des Dosierprozesses hat die Auffangzeit einen wesentlichen Einfluß auf den Variationskoeffizienten der Probenmasse [3, 4]. Diese Erkenntnis hat sich mit den Versuchsergebnissen bestätigt. Bei gleicher Auffangzeit und bei gleicher

Tafel 2. Korngrößenanteil von Maisschrot und von den Maiskörnern

Korngrößen mm	Massenanteil in %	
	Maisschrot	Maiskörner
< 0,5	12,60	2,84
> 0,5	27,93	5,50
> 1,0	15,43	1,80
> 1,25	33,40	4,80
> 2,00	5,37	1,93
> 2,5	4,20	2,03
> 3,15	1,07	81,10

Tafel 3. Übersicht zu den Methoden der Kontrolle der Masse

Art der Methode	Meßmerkmal der Kontrollmessung	Notwendigkeit der Kontrollmessung	zusätzliche Berechnungen	Bestimmen des Massenstroms	günstiges Merkmal für Kontrolle der dosierten Masse
nach Auffangzeit	Auffangzeit t_A in s Masse je Auffangzeit m_A in kg	mindestens 1 × je Schicht Wechsel der Gutarten Ändern des Massenstroms	keine	$\bar{m}_A = \frac{m_A}{t_A}$ in kg/s	Laufzeit t_{ges} vom Dosierer in T ₁ $t_{ges} = \frac{m_{ges}}{m_A}$ in s, min, h
nach Masse je Umdrehung	Masse je „x“ Umdrehungen Anzahl Umdrehungen Zeit je „x“ Umdrehungen	mindestens 1 × je Schicht Wechsel der Gutart (Schüttdichteänderung)	Masse m_u in kg und Zeit t_u in s auf eine Umdrehung umrechnen	$\bar{m}_u = \frac{m_u}{t_u}$ in kg/s	Anzahl Umdrehungen n_{ges} $n_{ges} = \frac{m_{ges}}{m_u}$
nach Volumen je Umdrehung	Volumen je Umdrehung (V_u in dm ³) wird zu jedem Dosierer einmal vermessen, ist bekannt Schüttdichte in kg/dm ³ Anzahl Umdrehungen Zeit je „x“ Umdrehungen	mindestens 1 × je Schicht Wechsel der Gutart (Schüttdichteänderung)	Masse je Umdrehung $m_u = V_u \cdot \bar{\rho}$ in kg Zeit auf eine Umdrehung umrechnen, t_u in s Schüttdichte nach Standard TGL 7672 ermitteln	$\bar{m}_v = \frac{V_u \cdot \bar{\rho}}{t_u}$ in kg/s	Anzahl Umdrehungen n_{ges} $n_{ges} = \frac{m_{ges}}{m_u}$

1) m_{ges} zu verarbeitende oder abzugebende Masse

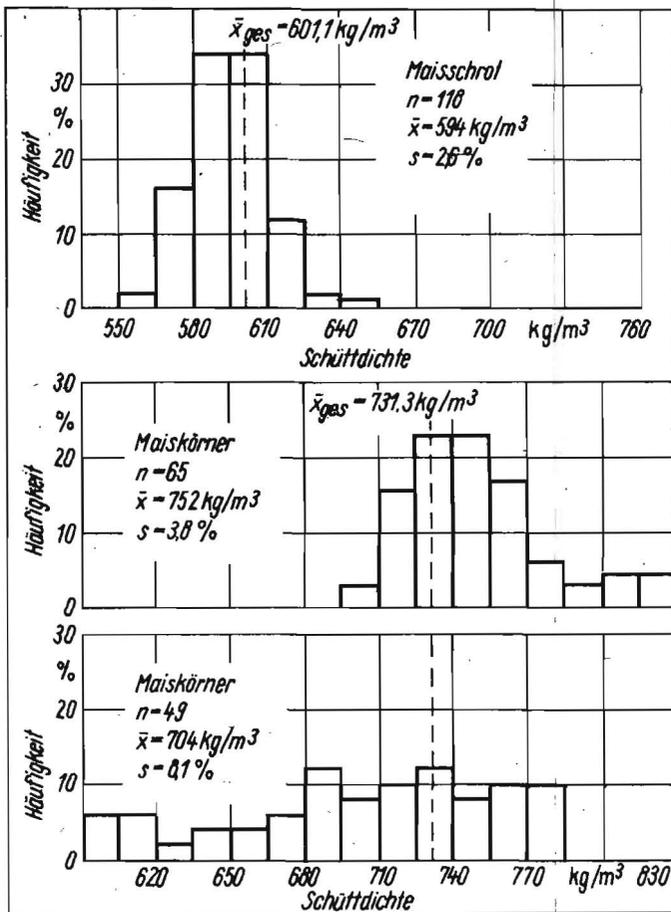


Bild 3. Häufigkeitsverteilung der Schüttdichte von Maisschrot und Maiskörnern vor dem Zellenrad

Gutart verringert sich der Variationskoeffizient der Probenmasse gering mit zunehmender Probengröße (Bild 4). Wird die Probenmasse von 10 auf 30 kg erhöht, dann verringert sich der Variationskoeffizient nur um etwa 0,5 %. Dagegen bewirkt die Verdopplung der Auffangzeit, zum Beispiel beim Maisschrot von 30 auf 60 s, eine Senkung des Variationskoeffizienten um fast 2 %.

Auch bezogen auf die notwendige Anzahl der Proben je Mittelwert der Messung, ist der Einfluß der Auffangzeit stärker als die Anzahl der Proben (Bild 5). Wird z. B. beim Maisschrot die Auffangzeit von 60 s auf 30 s verkürzt, dann ist die Anzahl der Proben von 3 auf 9 zu erhöhen, damit der gleiche Variationskoeffizient erreicht wird. Aus der dargestellten Abhängigkeit zwischen Variationskoeffizient der Probenmasse und

Auffangzeit ist erkennbar, daß bei einer Auffangzeit unter 30 s je nach Gutart eine größere Abweichung der Massen der Einzelproben entsteht (Bild 6).

Die Rieselfähigkeit des Gutes beeinflusst auch den Variationskoeffizienten der Probenmasse, wenn die Proben über einen serienmäßigen Klappenverteiler nach dem Zellenraddosierer entnommen werden. Bei vergleichbaren Drehzahlen des Zellenrads und bei einer Auffangzeit von 30 s verringert sich z. B. der Variationskoeffizient bei Weizenkörnern gegenüber Maisschrot um 2,4 % (Tafel 6).

3.4. Gegenüberstellung der Methoden zur Kontrolle der Masse

Erfolgt die manuelle Kontrolle der Masse gewissenhaft und fließt das Gut ohne größere Schüttdichteschwankungen gleichmäßig in

das Zellenrad, dann sind die Schüttdichte (Tafel 4), die Probenmasse je Auffangzeit (Bild 6) sowie die Masse und das Volumen je Umdrehung (Tafel 7) bei annähernd gleicher Meßzeit mit einem Variationskoeffizienten unter 2 % bei körnigen Gutarten und unter 3 % beim Schrot meßbar. Unterstellt wird dabei die verbesserte Anbringung des Abstreichblechs im Zellenraddosierer.

Bezogen auf den durchschnittlichen Massenstrom der in Tafel 3 enthaltenen Meßmethoden ist erkennbar, daß geringe relative Abweichungen bei diesen Methoden entstehen (Tafel 8). Gegenüber der Kontrollmessung liegen die Abweichungen je nach Gutart höher. Beim Maisschrot beträgt der relative Fehler für die Dosierzeit von 3,67 h gegenüber der Kontrollmessung 22 bis 29 %. Die Ursache für diese hohen Abweichungen kön-

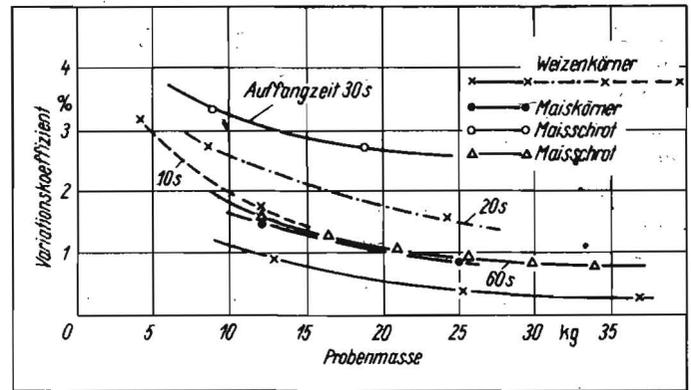


Bild 4. Variationskoeffizient der Probenmasse in Abhängigkeit von der Probengröße bei verschiedenen Gutarten und Auffangzeiten

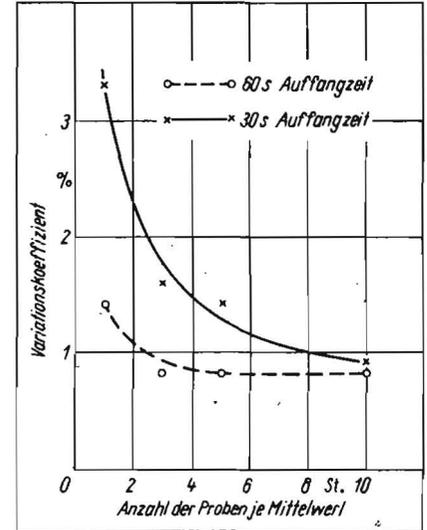


Bild 5. Einfluß der Anzahl der Proben auf den Variationskoeffizienten der Probenmasse

Tafel 4. Vergleich der nach verschiedenen Methoden gemessenen Schüttdichte (Methode nach Standard TGL 7672 entspricht 100 %)

	Schüttdichten und Abweichungen je nach Meßmethode				Messzylinder nach Standard TGL 7672	ausgemessener Eimer	
	im Behälter mit Stabsonde	vor Zellenrad mit Oberflächen-sonde ¹⁾	im Zellenrad aus Masse und Volumen Umdrehung ermittelt				
Maisschrot							
Mittelwert	\bar{p}	kg/m ³	627,0	601,06	606,8	599,66	599,43
rel. Abweichung		%	104,5	100	101,2	100	100
Anzahl Messungen	n	-	25	63	6	72	12
Variationskoeffizient	s	%	1,99	0,23	2,2	0,88	1,14
Maiskörner							
Mittelwert	\bar{p}	kg/m ³	703,9	731,3	718,8	729,0	730,0
rel. Abweichung		%	96,6	99,8	98,6	100	100
Weizenkörner							
Mittelwert	\bar{p}	kg/m ³	718,0	759,1	743,2	755,8	-
rel. Abweichung		%	95	100,3	98,3	100	-

1) bezogen auf eine Meßzeit von 30 s

Tafel 5. Drehzahlen bei wiederholten Einstellungen der stufenlosen Antriebe

Einstellung Getriebe/ Dosierer	Drehzahlen ¹⁾ und Abweichungen Kontrollmessung		Versuch	
	U/min	%	U/min	%
120/5	3,312	100	3,052	92,1
			3,091	93,3
			3,040	91,8
150/7	6,512	100	6,136	94,2
			6,143	94,3
			6,100	93,7

1) Mittelwerte aus jeweils 3 Einzelmessungen von 10 Umdrehungen

Tafel 6. Einfluß der Gutart auf den Variationskoeffizienten der Probenmasse

Gutart	Drehzahl	Anzahl der Proben je Auffangzeit	Variations- koeffizient der Probenmasse
	Zellenrad		
	U/min		%
Maisschrot	3,05	3	2,72
Maiskörner	3,09	3	1,5
Weizenkörner	3,04	3	0,27

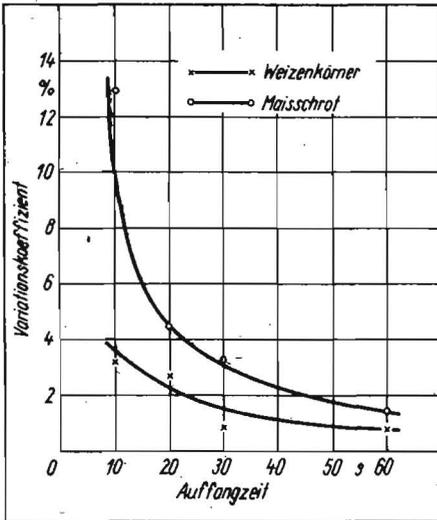


Bild 6. Variationskoeffizient der Probenmasse in Abhängigkeit von der Auffangzeit und der Gutart

nen nur Störungen beim Zulauf des Gutes in das Zellenrad während der Dosierzeit sein (Bild 2). Die Probenahmen für die drei Meßmethoden erfolgten bei gleichmäßigem Zulauf.

4. Schlußfolgerungen

Bei der Aufbereitung von wirtschaftseigenem Getreide für die Versorgung aller Tiere mit Konzentraten sind die Rezepturen für das Mischfutter oft umzustellen. Die eingesetzten Gutarten haben meistens keine einheitliche Zusammensetzung, so daß in Dosierbehältern Entmischungen stattfinden, die zu größeren Schüttdichteschwankungen und Auslaufstörungen beim Entnehmen aus den Behältern führen. Für die Senkung der manuellen Ausflußkontrolle während des Dosierens ist für die Verarbeitung von schlechtfließenden Gutarten, wie Schrote, der Übergang vom Behälter zum Zellenraddosierer konstruktiv zu verbessern.

Werden Volumendosierer über stufenlose Getriebe angetrieben, die keine feststellbaren Markierungen haben, ist bei jeder Verstellung der Drehzahl eine Drehzahlmessung durchzuführen, damit keine größeren Fehler beim Einstellen des Massenstroms entstehen. Ist der Massenstrom oft umzustellen, dann kann mit einem Stufengetriebe der Einstellaufwand reduziert werden.

Für die Probenahme bei der Kontrolle der Masse können folgende Mindestwerte empfohlen werden, mit denen ein Variationskoeffizient der Probenmasse von 2 % bei gut fließenden und von 3 % bei schlechter fließenden Gutarten einhaltbar ist:

- Auffangzeit bei Getreidekörnern mindestens 30 s
- Auffangzeit bei Getreideschrot u. ä. mindestens 60 s

- Probengröße über 10 bis 15 kg
 - Anzahl der Proben je Mittelwert 3 bis 5.
 Am wichtigsten ist die Einhaltung der Auffangzeit und der Probenanzahl. Da die Stofffluß- und Dichteschwankungen unabhängig von der Dosierzeit auftreten, ist eine zeitliche Festlegung für Wiederholungsmessungen nicht erforderlich.

Zweckmäßig ist, die Masse bei niedrigen Drehzahlen des Dosierers zu kontrollieren, damit bei längerer Auffangzeit handhabbare Probengrößen entstehen. Nach der linearen Abhängigkeit zwischen Massenstrom und Drehzahl des Dosierers ist die erforderliche Drehzahl einzustellen [3].

Alle dargestellten Methoden der Kontrolle der Masse sind anwendbar. Bei der Methode nach der Auffangzeit kann aus den Meßwerten Auffangzeit und Mittelwert der Probenmasse der Massenstrom direkt bestimmt werden. Bei den Methoden Masse oder Volumen je Umdrehung sind zusätzliche Berechnungen erforderlich (Tafel 3). Geringe Anforderungen und Aufwendungen an das Bedienungspersonal entstehen mit der Methode nach dem Volumen je Umdrehung. Von den Herstellern sollte zu den Dosierern das Volumen je Umdrehung angegeben werden. Außerdem müßten die Dosierer konstruktiv so gestaltet sein, daß bei allen Gutarten ein etwa gleichbleibender Volumenstrom vorhanden ist. Günstig ist, die Schüttdichtemessungen nach Standard TGL 7672 durchzuführen. Die Drehzahlmessung ist manuell oder noch besser mit Meßeinrichtungen einfach beherrschbar.

Zur Anwendung der Volumendosierung bei

der Getreideaufbereitung kann geschlußfolgert werden, daß mit Zellenraddosierern bei homogenem Gut (geringe Schüttdichteschwankungen) und keinen Auslaufstörungen aus dem Dosierbehälter ein Variationskoeffizient des Massenstroms von $< \pm 5\%$ erreichbar ist.

Entmischungen und Auslaufstörungen können aber bei schlecht fließenden Gutarten relative Dosierfehler bis zu 30 % verursachen. Obwohl die Volumendosierung eine einfache technische Lösung ist und der Aufwand für die Massekontrolle gesenkt werden kann, ist unter den Bedingungen in der Praxis zu empfehlen, bei der Getreideaufbereitung die Massedosierung anzuwenden. Stoffflußstörungen und Schüttdichteschwankungen verfälschen dann nicht mehr die verarbeiteten und abgegebenen Massen. Eine günstige technische Lösung zur Massedosierung bei der Herstellung von Mischfutter sind Behälterwaagen mit den verschiedenen Zusatzausrüstungen.

5. Zusammenfassung

Durch Untersuchungen unter Praxisbedingungen konnten die bei der Volumendosierung von Getreidekörnern und Schrot entstehenden Störungen dargestellt werden. Gegenüber den bisherigen Forderungen kann der Aufwand für die manuelle Massekontrolle bei der Volumendosierung gesenkt werden. Für die Auffangzeit, die Probengröße und die Anzahl der Proben sind die Mindestforderungen zur Einhaltung einer Dosiergenauigkeit von $\pm 5\%$ genannt. Unter

Fortsetzung auf Seite 362

Tafel 7. Volumen und Masse je Umdrehung des Zellenrads des Dosierers GM 601 A 01

Gutart	Volumen je Umdrehung		rel. Abweichung %	Masse je Umdrehung	
	Mittelwert	Variationskoeffizient		Mittelwert	Variationskoeffizient
	dm ³ /Umdrehung	%		kg/Umdrehung	%
Weizenkörner	11,41	0,76	100	8,48	0,41
Maiskörner	11,06	2,7	98,1	7,95	5,03
Maisschrot	9,63	6,15	84,4	5,84	6,25

Tafel 8. Vergleich der mittleren Massenströme bei den verschiedenen Meßmethoden

Gutart	Drehzahl Zellenrad U/min	Dosierzeit min	mittlerer Massenstrom in t/h nach Methode				
			Auffangzeit 30 s	60 s	Masse je Umdrehung	Volumen je Umdrehung	
						Kontrollwägung	
Maisschrot	3,05	220	1,06	1,11	1,06	1,05	0,86
			123 %	129 %	123 %	122 %	100 %
			1,48	1,47	1,47	1,50	1,47
Maiskörner	3,09	27	100,7 %	100 %	100 %	102 %	100 %
			2,99	-	2,93	2,97	2,98
			100,3 %	-	98,3 %	99,7 %	100 %
Weizenkörner	3,04	22,8	1,54	1,54	1,55	1,57	1,65
			93,3 %	93,3 %	94 %	95,2 %	100 %
			3,01	-	3,10	3,15	2,99
	6,10	9,5	100,7 %	-	103,7 %	105,3 %	100 %

Verringerung von Entmischungserscheinungen und Futtermittellverlusten beim Befüllen von Trockenmischfuttersilos

Dr.-Ing. C. Füll, KDT/Dipl.-Ing. M. Swierkowski
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Vor allem beim zentrischen pneumatischen Befüllen von Trockenmischfuttersilos und bei der Entnahme im Kernfluß tritt Entmischung auf. Dies führt infolge von Schwankungen der Schüttdichte zu Ungleichmäßigkeiten beim Dosieren und infolge von unterschiedlichen Zusammensetzungen der Teilchengrößenverteilung zu Störungen durch Brückenbildung bei der Entnahme.

Mit höheren Futtermittellverlusten in der Abluft ist zu rechnen, wenn das Gut mit der gesamten Förderluft in den Behälter gelangt und die Abluft keinen Filter passiert. Die Folge sind unzulässig hohe Masseanteile in der Abluft. Dies ist sowohl aus Gründen des Umweltschutzes als auch hinsichtlich der Futtermittelökonomie nicht zu vertreten.

2. Stand von Wissenschaft und Technik

Um eine Entmischung handelt es sich dann, wenn die Zusammensetzung des Gutes nach Teilchengrößenverteilung, Schüttdichte und Inhaltsstoffen bei der Entnahme aus dem Behälter gegenüber dem Zustand vor dem Befüllen abweicht. Die Ursachen der Entmischung sind begründet durch die unterschiedlichen Stoffeigenschaften

- realer granulometrischer Zustand (Teilchengrößenverteilung, Abweichungen der Teilchenform von der Kugelgestalt)
- unterschiedliche Stoffdichten sowie durch die Gutbewegung beim Befüllen und Entnehmen:
 - Fällt das Gut mit geringen Impulsen zentrisch auf einen Schüttkegel, vollzieht sich die Entmischung im Gutbett nach Teilchengröße und Teilchenform.
 - Trifft das Gut mit größeren Geschwindigkeiten auf den Schüttkegel, dringen die Teilchen mit großem Impuls in das Gut ein, d. h., daß sich Teilchen mit großer Masse in der Mitte ansammeln.
 - Gelangt die gesamte Förderluft in den Behälter, wird der Luftstrom am Schüttkegel

Fortsetzung von Seite 361

den Bedingungen in der Praxis ist es bei der Aufbereitung von wirtschaftseigenem Getreide zweckmäßiger, die Massedosierung, zum Beispiel mit Behälterwaagen, anzuwenden.

Literatur

- [1] Agrotechnische Forderungen an Anlagen zum Herstellen kompakterer Stroh-Konzentrat-Gemische. FZM Schlieben/Bornim, 1978 (unveröffentlicht).
- [2] Beer, M.: Gamma-Dosierer. FZM Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1974 (unveröffentlicht).
- [3] Becker, R., u. a.: Technische Prinziplösung für das Dosieren von Mineral- und Wirkstoffmischungen. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 4, S. 161-163.
- [4] Michaelis, G.: Zur Dosierqualität von Strohhäcksel bei der Trockenfutterproduktion. agrartechnik, Berlin 26 (1976) 11, S. 517-518.

A 3607

abgelenkt. Teilchen mit geringer Sinkgeschwindigkeit werden mitgerissen und lagern sich an der Peripherie des Schüttkegels, d. h. an der Behälterwand, ab [1]. Dieser Vorgang tritt in abgeschwächter Form auch beim mechanischen Befüllen auf.

- Beim Entnehmen kann die Entmischung durch Kernfluß erhöht oder durch Massenfluß gesenkt werden.

Da die Stoffeigenschaften für Trockenmischfutter aus Gründen der Tierernährung kaum in gewünschter Weise beeinflusst werden können, konzentrieren sich die Bemühungen auf das Herstellen von Gutbewegungen, die beim Befüllen und Entnehmen keine oder nur geringe Entmischungen bewirken bzw. sogar zu einer besseren Homogenität führen.

Umfassende Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Befüllmethoden liegen von Larsson [2] vor. Danach stellt sich die geringste Entmischung ein, wenn Luftströmungen und ausgeprägte Schüttkegelbildung im Behälter vermieden werden.

Eine Senkung der Entmischung ist auch durch gezielte Maßnahmen zur Erzeugung von Massenfluß in ursprünglichen Kernflußbehältern zu erreichen [3, 4].

Zur Vermeidung von Masseverlusten in der Abluft können prinzipiell 2 Methoden angewendet werden [5, 6, 7]:

- Filtern der Abluft
- Trennen von Gut und Luft mit Hilfe von Zyklonen vor dem Eintritt in den Behälter und, wenn erforderlich, Filtern der Abluft.

3. Ziel- und Aufgabenstellung

Durch technische Lösungen für das Befüllen von Trockenmischfuttersilos ist zu erreichen, daß die Standardabweichung der Schüttdichte, des Kornmasseanteils H_3 ($< 0,5$ mm) und der Inhaltsstoffe des entnommenen Gutes s_E zum angelieferten Gut vor dem Füllen s_F ein Verhältnis von $s_E/s_F \leq 1,1$ haben. Dieses Ergebnis bestimmt den wissenschaftlich-technischen Höchststand.

Die Masseanteile in der Abluft dürfen 500 mg/m^3 Abluft nicht überschreiten.

4. Lösungsvarianten und Versuchsprogramm

Die überwiegende Anzahl der Trockenmischfuttersilos ist einzeln aufgestellt, so daß aus Investitionsgründen das Befüllen durch pneumatische Förderung erfolgt. Daher konzentrieren sich die Untersuchungen auf diesen Befüllvorgang.

Aus Voruntersuchungen ergaben sich für weitergehende Messungen folgende Lösungsvarianten [8]:

- Trennen von Gut und Förderluft: Zyklon mit Abschirmkegel (Bild 1)
- Fördern des Gutes in den Behälter:

Variante 0: zentrisch, pneumatisch (Bild 2)

Variante 1: zentrisch, pneumatisch über Zyklon mit Abschirmkegel und Wellenbinder (Bild 1)

Variante 2: zentrisch, pneumatisch über Zyklon mit Abschirmkegel und Einfüllrohr (Bild 3)

Variante 3: zentrisch, pneumatisch über Zyklon mit Abschirmkegel und Zweiseitenkippsbehälter (Bild 4)

Variante 4: zentrisch, mechanisch.

Das Versuchsgut bei den Lösungsvarianten 0 bis 3 war Legehennenfutter. Die Variante 4 enthielt Ergebnisse früherer Untersuchungen und diente hier lediglich zur Gegenüberstellung. Das Versuchsgut war Schweinemastfutter.

5. Versuchsmethode und Auswertung der Meßergebnisse

Das Befüllen erfolgt bei den Lösungsvarianten 0 bis 3 pneumatisch mit Hilfe des Mischfutterfahrzeugs und des dazugehörigen Kreiskolbengebläses. Die eingefüllte Masse im Silo T 721 beträgt durchschnittlich 50 t. Die Probenahme erfolgt beim Befüllen aus der Rohrleitung hinter dem Mischfutterfahrzeug vor der Steigleitung, die zum Silodach führt, und nach dem Abwurf aus dem Zyklon sowie bei der Entnahme nach der Austragschnecke.

Aus Gründen einer exakten Vergleichbarkeit ist die Anzahl der Proben beim Befüllen und Entnehmen gleich. Sie beträgt 1 Probe/t, d. h. durchschnittlich 50 Proben je Silo.

Zur Beurteilung der Homogenität des Mineralstoffgehalts wird dieser vor dem Mischen der Komponenten im Mischfutterwerk radioaktiv markiert [9]. Als Meßgröße dient die Zählrate.

Die Kennzeichnung des Mischungszustands für die Kenngrößen Schüttdichte, Kornmasseanteil H_3 ($< 0,5$ mm) und Zählrate, die dem Mineralstoffgehalt entspricht, wird durch das Bestimmen der statistischen Kennzahlen Maximalwert, Minimalwert, Mittelwert, maximale Abweichung vom Mittelwert, relative maximale Abweichung vom Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient sowie Stationaritätsverhalten vorgenommen.

Die Masseanteile in der Abluft wurden nach Standard TGL 31368 (Staubabscheider, Prüfverfahren) mit einem Emissionsstaubmeßgerät von der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim ermittelt [10].

6. Ergebnisse

6.1. Zentrisches pneumatisches Befüllen (Variante 0)

Das zentrische pneumatische Befüllen führt zu einer ausgeprägten Entmischung nach der Teilchengröße über dem Silodurchmesser (Bild 5). Unmittelbar an der Behälterwand lagern sich infolge der Luftströmungen sehr feine Teilchen ab [H_3 ($< 0,5$ mm) = 100 %]. Im Abstand von 0,20 m bis 1,10 m ist der Kornmasseanteil H_3 ($< 0,5$ mm) mit 25 % bis 40 % am kleinsten. Zwischen 1,10 m und 2,10 m liegt der Kornmasseanteil H_3 ($< 0,5$ mm) mit etwa 80 % deutlich über dem Mittelwert. Beide Ergebnisse sind hauptsächlich auf eine Entmischung nach