

Bild 4. Prinzip einer Haltungssektion mit mechanischer Unterflurentmischung und flachen Kanälen

Die hierfür insgesamt zutreffenden Konstruktionsgrundsätze sind allgemein wie nachstehend formulierbar:

- Auflösung der Belastungen in Zug und Druck bei weitgehender Vermeidung von Biegemomenten in der Ausrüstung
- Aufnahme der Tierlasten durch den Ausbau
- Aufnahme von dynamischen Reaktionskräften der Tiere bei minimierter Krafteinleitung durch elastische Konstruktionen
- belastungsgerechte Dimensionierung bei Kenntnis der systemabhängig eingeleiteten Reaktionskräfte der Tiere
- transport-, montage-, instandhaltungs- und servicegerechte Gestaltung und Konstruktion.

6. Zusammenfassung

Die Entwicklung von Tierstandausrüstungen für materialoptimierte Ausbaulösungen ist aus volkswirtschaftlicher Sicht vorrangig zu be-

trachten. Ihre systemgerechte Gestaltung muß eine Gemeinschaftsarbeit von Verfahrenswissenschaftlern der Tierproduktion, der Landwirtschaftstechnologie, des Landwirtschaftsbaus, der Mechanisierung sowie der Hersteller und Projektanten der Ausrüstungen sein. Das Ziel ist die Minimierung der gesamtwirtschaftlichen Aufwendungen für die Realisierung der Tierproduktionsverfahren in der Summe für Ausbau und Ausrüstung.

Literatur

- [1] Mehler, A.; Pomplun, W.; Neufert, K.; Dick, J.; Krüger, D.: Stallbodenfläche, insbesondere bei der Rinderhaltung. Patentschrift DDR Nr. 115 177, Int. Cl. A 01 k, 1/00; E 04 h 5/08, 1974.
- [2] Siedel, K.: Beitrag zur Optimierung der Verbindungen Bau—Ausrüstung, dargestellt am Beispiel der Errichtung und Nutzung von Tierproduktionsanlagen. TU Dresden, Dissertation 1975 (unveröffentlicht).
- [3] Brink, R.; Lüpfer, T.: Untersuchungen über den bautechnischen Anteil an der Gestaltung des

Ausbaus von Gebäuden der tierischen Produktion nach dem Parterresystem. Deutsche Bauakademie zu Berlin, Institut für Landwirtschaftliche Bauten, Forschungsabschlußbericht 1970 (unveröffentlicht).

- [4] Uhmann, F.; Färber, K.; Thum, E.; Ebendorff, W.: Einfluß der Aufstallungsformen für Milchkühe auf die Reinheit und den Zeitaufwand für die Reinigung des Euters. agrartechnik 27 (1977) H. 11, S. 486—488.
- [5] Mehler, A.; Pomplun, W.: Kalkulationsrichtwerte. Bauakademie der DDR, Institut für Landwirtschaftliche Bauten, Arbeitsunterlagen 1978 (unveröffentlicht).
- [6] Krüger, D.: Entwicklung eines Parterresystems für Milchvieh am Beispiel der kombinierten Freß-Liegebox. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation 1978 (unveröffentlicht).

A 2249

- 1) Überarbeitete Fassung des Referats zur wissenschaftlich-technischen Tagung „Landwirtschaftlicher Anlagenbau“ am 23. und 24. November 1978 in Dresden

Möglichkeiten und Grenzen der technischen Einrichtungen beim bedarfsgerechten Futterdosieren und -verteilen an Rinder¹⁾

Dipl.-Ing. G. Michaelis, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

In industriemäßigen Produktionsverfahren der Landwirtschaft können Dosierprozesse einen wesentlichen Einfluß auf den spezifischen Stoffaufwand für die Realisierung der Verfahren und auf deren Ergebnisse ausüben.

Für das Verfahren der Milchproduktion wiesen Himmel und Grützmaier den Einfluß der Dosierqualität auf die tierische Leistung nach [1, 2]. Da der rationelle Stoffeinsatz ein wichtiges gesellschaftliches Anliegen ist, ist zu untersuchen, bis zu welchem Grad nach dem gegenwärtigen Stand die technischen Einrichtungen zum Dosieren und Verteilen zur bedarfsgerechten Futterversorgung von Rindern beitragen können.

2. Methode

Der Futterbedarf von Rindern wird in erster Linie durch biologische und chemische Größen ausgedrückt (Tafel 1). Diese Größen sind jedoch z. Z. nicht oder nur diskontinuierlich mit hohem Aufwand meßbar, wodurch das Meßergebnis erst nach längerer Wartezeit vorliegt. Da die erste Gruppe dieser Größen die Qualität der Futtermittel charakterisiert, ist deren Messung unmittelbar bei der Fütterung nicht zwingend notwendig, wenn man die Verwendung größerer Futterpartien mit nur gering schwankenden Eigenschaften voraussetzt. Die zweite Gruppe der Größen beschreibt Mengen, die dem Tier durch die Fütterungseinrichtungen zuzuteilen sind, so daß eine Messung bei der Fütterung wünschenswert ist.

Wesentlich günstigere Voraussetzungen bezüglich der technischen Meßbarkeit bieten physikalische Größen der Futtermittel. Auch hier lassen sich wiederum Größen für die Charakterisierung der Futtereigenschaften von denen für die Beschreibung von Mengen unterscheiden (Tafel 2). Unter bestimmten Voraussetzungen — beim Vorhandensein einheitlicher Futterpartien mit nur gering schwankenden Eigenschaften — kann der Futterbedarf der Rinder durch technisch meßbare physikalische Größen für Mengen angegeben werden (Tafel 3).

Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik bezieht sich deshalb der durch die technischen Einrichtungen zu realisierende Fütterungsauftrag vorrangig auf eine Masse, in einigen Fällen

Tafel 1. Biologische und chemische Größen für die Rinderfütterung

Größe	Maßeinheit	Art der Messung	Meßdauer
Rohproteingehalt	g/kg TM	diskontinuierlich	5... 6 h
Rohfasergehalt	g/kg TM	diskontinuierlich	1 d
Rohaschegehalt	g/kg TM	diskontinuierlich	2... 3 d
Energiekonzentration	EFr/kg TM	diskontinuierlich	1... 2 d
Geschmack	—	organoleptisch	1 min
Geruch	—	organoleptisch	1 min
Energiemenge	EFr	diskontinuierlich	1... 2 d
Rohproteinmenge	g	diskontinuierlich	6 h

Eigenschaft	Meßgröße		
	Trockenmasse oder Trockenmassenstrom	Masse oder Massenstrom	Volumen oder Volumenstrom
Energiekonzentration	×	×	×
Rohproteingehalt	×	×	×
Trockenmassegehalt		×	×
Schüttdichte			×

auch auf ein Volumen. Aus der Arbeitsweise der Futterverteileranlagen, die überwiegend Stetigförderer ohne Dosierfunktion sind, ergibt sich die Forderung an die Dosierer, eine vorgegebene Menge des Futtermittels zu einem einstellbaren, vorwiegend stetigen Massenstrom bzw. Volumenstrom aufzulösen [3].

Um die Erfüllung des Dosier- bzw. Fütterungsauftrags zu bewerten, werden unter Berücksichtigung des stochastischen Charakters des Dosierprozesses und der praktischen Belange der Rinderfütterung zwei wesentliche Kriterien gebildet. Auf den vom Dosierer kommenden Massenstrom bezogen sind das nach [3]:

— Dosiergenauigkeit

Annäherung des tatsächlichen mittleren Massenstroms über längere Zeit an den Sollwert entsprechend dem Dosierauftrag

Die Abweichung vom Sollwert wird als Dosierfehler bezeichnet und kann auch als prozentualer Anteil vom Sollwert angegeben werden.

— Dosiergleichmäßigkeit

Annäherung des tatsächlichen Massenstroms über kurze Zeit an den tatsächlichen mittleren Massenstrom

Das statistische Maß der Standardabweichung wird als Fehler der Dosiergleichmäßigkeit bezeichnet und kann auch als Variationskoeffizient angegeben werden.

Die Zeitbegrenzung für die Bewertung der Dosiergleichmäßigkeit wird unter Berücksichtigung der kleinsten interessierenden technologischen Zeiteinheit, der Dosierzeit der Ration für einen Freßplatz, und der meßtechnischen Möglichkeiten festgelegt und sollte im Interesse der Meßgenauigkeit 5 s nicht unterschreiten.

Die Zeitbegrenzung für die Bewertung der Dosiergenauigkeit berücksichtigt als größere technologische Zeiteinheit die Dosierzeit für eine Tiergruppe oder für einen längeren Krippenabschnitt und sollte die 100fache Zeit für die Bewertung der Dosiergleichmäßigkeit nicht unterschreiten, damit die Standardabweichung der in dieser Zeit dosierten Futtermasse gegenüber dem zugelassenen Dosierfehler klein wird.

Entsprechende Kriterien lassen sich auch für die in der Krippe abgelegten Futtermassen als Verteilgenauigkeit und Verteilgleichmäßigkeit

Tafel 2. Physikalische Größen für die Rinderfütterung

Größe	Maßeinheit	Art der Messung	Meßdauer
Schüttdichte	kg/m ³	diskontinuierlich	10 min
Textur	mm	diskontinuierlich	≈ 2 h
Trockenmassegehalt	%	diskontinuierlich	≈ 3 h
Masse	kg	stetig oder diskontinuierlich	≈ 10 s
Trockenmasse	kg	diskontinuierlich	≈ 3 h
Massenstrom	kg/s	stetig	—
Volumen	m ³	stetig oder diskontinuierlich	≈ 10 s
Volumenstrom	m ³ /s	stetig	—

Tafel 3. Voraussetzungen für die kontrollierte Rinderfütterung

- Nomogramme mit der Schüttdichte der Futtermittel als Parameter
- experimentell ermittelte Kalibrierkennlinien der Dosierer für bestimmte Futtermittel
- Meßgeräte für Masse oder Massenstrom.

Durch die Verwendung theoretisch errechneter Nomogramme sind sowohl für Grobfutter als auch für Konzentratfutter im allgemeinen keine befriedigenden Dosiergenauigkeiten erreichbar. Die Gründe hierfür sind Abweichungen vom theoretischen Dosiervolumen durch Füllungsgrade $\neq 1$ bzw. durch Schlupf und Abweichungen der Dichte des Futtermittels im unmittelbaren Dosierbereich von der experimentell ermittelten Schüttdichte. Diese Fehlerquellen können ausgeschaltet werden, wenn experimentell ermittelte Kalibrierkennlinien für bestimmte Futtermittel vorhanden sind. Diese Methode ist vor allem dann vorteilhaft anwendbar, wenn

- größere einheitliche Futterpartien verfügbar sind
- die Dosierer lineare Kennlinien haben
- der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit gering ist
- relativ niedrige Masseströme benötigt werden.

Die Kalibrierkennlinien werden aus Probewägungen ermittelt, die vorwiegend manuell durchzuführen sind. Dabei hängt die erreichbare Genauigkeit der Kennlinien vom experimentellen Aufwand ab (Bild 1). Bei den vorwiegend für die Fütterung verwendeten Dosierprinzipien des Grobfutter-, Schnecken- und Zellenraddosierers sind im normalen Anwendungsbereich lineare Kennlinien nachgewiesen, die auch durch den Koordinatenursprungspunkt verlaufen (Bild 2) [5]. Für die experimentelle Bestimmung dieser Kennlinien reicht es deshalb aus, die Probewägungen bei nur einer Einstellung im oberen Bereich durchzuführen [6]. Der Vertrauensbereich der Kalibrierkennlinien läßt sich dann nach den Gesetzen der Regressionsrechnung unter den

bilden. Bei störungsfreier Funktion der als Futterverteileranlage dienenden Stetigförderer ohne Dosierfunktion können die Kriterien für das Verteilen mit Hilfe der Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung aus den Kriterien des Dosierens errechnet werden.

3. Ergebnisse

Der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit hängt vor allem von den mechanischen Eigenschaften der Futtermittel in Verbindung mit dem gewählten Dosierprinzip ab. Der gegenwärtige Stand der Technik ermöglicht die Unterschreitung der für die Gruppenfütterung zugelassenen Fehler von 25 bis 30% für Grobfutter und von 10% für Konzentratfutter (Tafel 4) [3, 4, 5]. Lediglich beim Grobfutterdosierer ohne Schichthöhenhalter, der durch Abkippen von Transportfahrzeugen beschickt wird, kann der Fehler bei weniger sorgfältiger Arbeit größere Werte erreichen.

Da die Arbeitsweise der bekannten Dosierer fast ausnahmslos das direkte Einstellen eines Massenstroms nicht zuläßt, bereitet das Einhalten eines kleinen Fehlers der Dosiergenauigkeit Schwierigkeiten. Dem Futtermeister müssen zusätzliche Hilfsmittel in die Hand gegeben werden, die einen erhöhten Arbeitsaufwand erfordern, so daß das Ergebnis wesentlich von der Arbeitsweise des Futtermeisters abhängt. Als Hilfsmittel zum Einstellen des Massenstroms kommen hauptsächlich in Frage:

Tafel 4. Fehler der Dosiergleichmäßigkeit

Dosierprinzip	Futterart	Massenstrom	Variationskoeffizient
		t/h	in % bei einer Auffangzeit von 5 s
Grobfutterdosierer mit Schichthöhenhalter	Strohhäcksel	1,0... 2,6	10
	Grünmais	3,5... 10	9
	Welkgras	1,0... 3,0	20
Grobfutterdosierer mit Pelletfräskopf	TFM-Pellets	1,0... 5,0	12,5
Zellenraddosierer	Kraftfutter, pelletiert	0,8... 4,0	4... 1
	Kraftfutter, lose	0,8... 5,0	3... 2
	Zuckerschnitzelgranulat	1,0... 4,0	5... 2
	Harnstoff	0,8... 2,0	4... 2
Schneckendosierer	Kraftfutter, pelletiert	0,3... 1,2	8... 2,5

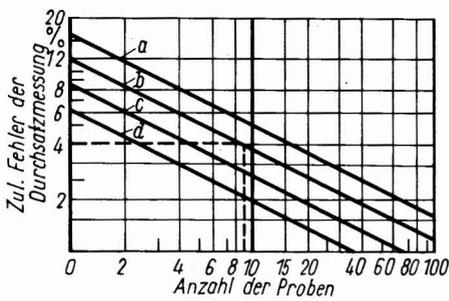


Bild 1. Abhängigkeit des erforderlichen Probenumfangs vom zulässigen Fehler der Massestrommessung von Strohhäcksel

Kurve	Auffangzeit min
a	0,5
b	1,0
c	2,0
d	4,0

näherungsweise erfüllten Voraussetzungen, daß die Zufallsabweichungen normal verteilt und die Varianzen bei allen Dosiereinstellungen gleich sind, wie folgt bestimmen [6]:

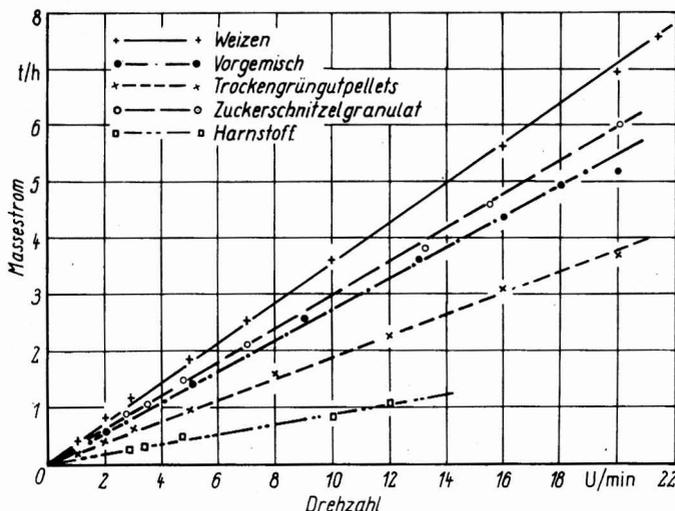
$$\hat{Z}(x) \pm t(n-1; 1-\alpha/2) S_R \frac{x}{x_0 \sqrt{n}}$$

- x Einstellwert am Dosierer
- x_0 Einstellwert bei den Probewägungen
- $\hat{Z}(x)$ experimentelle Kalibrierkennlinie (Massestrom)
- S_R^2 Reststreuung, abhängig vom experimentellen Aufwand
- n Anzahl der Messungen bei x_0
- α Signifikanzniveau
- t(n-1; 1- $\alpha/2$) Quantil der t-Verteilung.

Um die Reststreuung klein zu halten, ist es für die Schnecken- und Zellenraddosierer zweckmäßig, die Auffangzeit so zu wählen, daß sie ein ganzzahliges Vielfaches der Umlaufzeit der Schnecke bzw. des Zellenrades ist. Die Kalibrierung ist in regelmäßigen Abständen und bei jedem Wechsel der Futterart zu wiederholen.

Unter Beachtung dieser Hinweise können beim Dosieren von Konzentratfutter Dosierfehler unter 5% erreicht werden. Die Anwendbarkeit dieser Methode für das Dosieren von Grobfutter ist jedoch wegen des hohen Arbeitsaufwands bei der Kalibrierung stark eingeschränkt.

Bei diesen Futtermitteln muß in Zukunft stärker



auf Meßgeräte für Masse oder Massestrom zurückgegriffen werden. Hierfür sind vor allem Fahrzeugwaagen, Behälterwaagen und Förderbandwaagen einsetzbar. Während Fahrzeugwaagen bei mobilen Verfahren der Fütterung Vorteile bringen, sind Behälterwaagen bei halbstationären Fütterungsanlagen anwendbar. Bei stationären Fütterungsanlagen muß vorwiegend auf Förderbandwaagen zurückgegriffen werden, die sowohl Masseströme als auch die geförderte Futtermasse messen können. Sie werden als elektromechanische oder mechanisch integrierende Waagen serienmäßig produziert. Die Anwendbarkeit dieser Waagen für Grobfuttermittel wurde unter Prüfstandbedingungen nachgewiesen (Bild 3) [7]. Gesicherte Praxisergebnisse, die den zu erwartenden Dosierfehler von unter 5% nachweisen, liegen jedoch noch nicht vor. Ebenso gehört die optimale Form der Signalverarbeitung der Bandwaage, die von einer einfachen Massestromanzeige bis zur regelungstechnischen Verknüpfung mit dem Grobfutterdosierer reichen kann, noch zu den zu lösenden Problemen. Gegenüber anderen Industriezweigen, in denen Förderbandwaagen seit Jahren mit Erfolg eingesetzt werden, wird die Anwendung in der Rinderfütterung durch folgende Umstände erschwert:

- geringe Schüttdichte der Grobfuttermittel
- weiter Bereich der Masseströme
- relativ starke kurzzeitige Schwankungen der Masseströme entsprechend dem Fehler der Dosiergleichmäßigkeit.

Das führt dazu, daß gute Ergebnisse nur bei

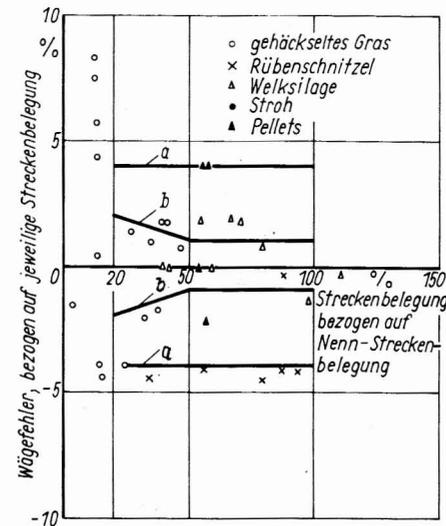


Bild 3 Wägefehler einer elektromechanischen Bandwaage bei unterschiedlichen Futtermitteln; a ATF-Fehlergrenzen, b ASMW-Eichfehlergrenzen

Bild 2 Kennlinien eines Zellenraddosierers

sachgemäßer Anwendung der Bandwaagen, d.h. Auslegung für den Vorzugsbereich der Masseströme und sorgfältige Kalibrierung und vor allem Justierung im laufenden Betrieb, erreicht werden können. Daraus geht hervor, daß es nach dem gegenwärtigen Stand nicht möglich ist, den Fehler der Dosiergenauigkeit als objektive Kenngröße für die Bewertung der Arbeitsqualität von Dosierern heranzuziehen. Bei der Auswahl der technischen Mittel für das bedarfsgerechte Futterdosieren müssen die relativ hohen Investitionen für Förderbandwaagen berücksichtigt werden, die die Installation von Waagen für jede Futterkomponente nicht zulassen. Für stationäre Futterverteilungsverfahren ist deshalb die Kombination einer Förderbandwaage für die Gesamtration oder die Gesamtgrobfutterration mit für Konzentratfütterung kalibrierten Dosierern als Optimalvariante anzusehen.

4. Zusammenfassung

In industriemäßigen Verfahren der Rinderproduktion haben Dosierprozesse einen nachgewiesenen Einfluß auf den Futteraufwand und die tierische Leistung. Ausgehend von den biologischen, chemischen und physikalischen Größen, durch die sich der Futterbedarf der Rinder beschreiben läßt, wird untersucht, bis zu welchem Grad die technischen Einrichtungen zum Dosieren und Verteilen zur bedarfsgerechten Futtermittellieferung beitragen können. Der realisierbare Dosierauftrag bezieht sich vorwiegend auf einen einstellbaren stetigen Massestrom, dessen Erfüllung durch die Kriterien der Dosiergenauigkeit und Dosiergleichmäßigkeit gemessen wird. Während bei dem durch die technischen Einrichtungen erreichten Fehler der Dosiergleichmäßigkeit keine leistungsmindernden Einflüsse mehr zu erwarten sind, kann ein ausreichend kleiner Fehler der Dosiergenauigkeit mit den z.Z. anwendbaren Hilfsmitteln nicht in allen Fällen erreicht werden.

Literatur

- [1] Himmel, U.: Untersuchungen zum Einfluß der Verteilgenauigkeit von Futtermitteln für Milchkuhe. Institut für Rinderproduktion Iden-Rohrbeck, Dissertation 1975 (unveröffentlicht).
- [2] Grützmacher, B.: Untersuchungen zur Leistungsfütterung von Milchkuhen unter industriemäßigen Produktionsbedingungen. Institut für Rinderproduktion Iden-Rohrbeck, Dissertation 1978 (unveröffentlicht).
- [3] Michaelis, G.; Scherping, E.: Mechanisierungslösungen für das stationäre Dosieren und Verteilen von Grobfutter in Milchproduktionsanlagen. agrartechnik 28 (1978) H. 2, S. 55—58.
- [4] Beer, M.; Fuchs, H.; Becker, R.; Günther, E.: γ -Volumendosierer mit Dichtemeß- und -steuer-einrichtung. agrartechnik 26 (1976) H. 11, S. 519—521.
- [5] Becker, R.: Technische Lösung für das Dosieren von Kraftfutter und Trockengrüngrut bei Tränkkälbern und Haltung in zwei Ebenen. agrartechnik 26 (1976) H. 11, S. 541—542.
- [6] Rasch, D.; Herrendörfer, G.: Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung, Band 2, Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1978.
- [7] Gläser, M.; Zschaage, F.: Zum Einsatz von Bandwaagen in Futter- und Tierproduktionsanlagen. Vortrag anläßlich des Symposiums „Mechanisierung der Futtermittellieferung und -verabreichung in industriemäßigen Tierproduktionsanlagen“ am 2. und 3. Nov. 1976 in Potsdam-Bornim.

A 2309

- 1) Überarbeitete Fassung des Referats zur wissenschaftlich-technischen Tagung „Landwirtschaftlicher Anlagenbau“ am 23. und 24. November 1978 in Dresden