

Tafel 2. Versuchsergebnisse bei der Nachtrocknung von Luzerne

Futtergut	Trocken-	Roh-	verdaul.
	masse	protein	Roh-
	%	%	protein
			%
bei Einlagerung nach beendeter Trocknung	62	17,0	14,52
nach 95 Tagen Lagerung	98	15,20	14,14
Standard für Heu I. Qualität	87	15,28	12,46
	84	16,0	13,0

Tafel 3. Informativer Vergleich verschiedener Methoden der Heueinlagerung

Methode der Heueinlagerung	Investitionsaufwendungen Kes	Umbauter Raum m ³	Nutzraum m ³	Möglichkeit der Heueinlagerung dt	Kosten des eingelagerten Heues Kes/dt	Invest. je 1 m ³ umbauten Raumes	Invest. je 1 m ³ Nutzraum
Hallenlager (Portalkran)	585 000	6804	4 536	2 700	9,32	85,97	128,96
Hallenlager (Heubahn)	458 000	4 788	3 150	1 900	10,37	95,65	145,39
SVT 6/17	167 000	480	371	557	12,89	347,48	450,13
SVT 9/17	232 000	1 082	822	1 233	8,09	214,51	282,23
SVT 12/17	287 000	1 921	1 483	2 225	5,54	149,38	193,52
VS 9/17	216 000	1 082	822	1 233	7,53	199,63	262,77
VS 12/17	296 000	1 921	1 483	2 225	5,72	154,08	199,59
Schwarting TT 12/7	247 000	500	428	642	17,70	494,10	577,10
Schwarting TT 12/10	400 000	1 021	857	1 286	15,64	392,15	466,74

gleich der Investitionsaufwendungen ist zu berücksichtigen, daß die Stückzahl in der Produktionsserie die Kosten bei den Heutürmen der eigenen Konstruktion beeinflussen wird und daß bei den importierten Heutürmen nur schwer vergleichbare Wertangaben vorliegen. Die informative ökonomische Auswertung gibt Tafel 3 wieder. Trotzdem kann man vorläufig festhalten, daß eine erheblich höhere Dichte des eingelagerten Heus und eine bessere Ausnutzung des umbauten Raumes bei den größeren Heutürmen bestimmte Voraussetzungen für den ökonomischen Effekt im Vergleich mit den bisher üblichen Bergeräumen schaffen.

Auf dem Gebiet der Komplexmechanisierung der Entnahme von Heu und dessen Transport zu den Tieren ist der Einsatz von Heutürmen von entscheidender Bedeutung. Aus den bisher durchgeführten Versuchen und Messungen ergibt sich, daß Heutürme den Arbeitsaufwand bei der Heuverfütterung von bisher 2 min je Stück und Tag auf 0,2 min verringern und in einem 200er Rinderstall bei Zweischichtbetrieb 2 AK eingespart werden können. Die weitere Forschung auf dem Gebiet der Heutürme und anderer vollmechanisierter Lagerungsräume für das Rauhfutter muß deshalb konsequent fortgesetzt werden. A 8168

Betrachtungen zum Dosierfehler bei der Dosierung von Grundfutter in der Rinderfütterung¹

Dr. A. KLUG, KDT*

1. Aufgabe

Zwischenlagerbehälter mit Kratzerboden und Abfräswerkzeugen werden mit zunehmender Mechanisierung der Fütterungsarbeiten in Rinderanlagen zum Dosieren des Grundfutters eingesetzt. Der Dosierer tritt bei der mechanisierten Fütterung an die Stelle des Tierpflegers, der eine durch Wägung bestimmte Gesamtfuttermenge mehr oder weniger zulänglich an die Tiere verteilt. Bei erfahrenen Tierpflegern wurde auch bei sorgfältiger Verteilung des Futters von Hand ein Dosierfehler von 20 bis 30% ermittelt. Mit dem Einsatz von Dosierern werden begründete Angaben für die Beurteilung der Arbeitsqualität, die sich im Dosierfehler ausdrückt, benötigt.

Zur Zeit gibt es Anforderungen an den zulässigen Dosierfehler von 5% bei Milchvieh, 10% bei Jungvieh und 20% bei Mastvieh, die aber noch nicht genügend begründet und definiert sind. Es ist zweckmäßig, als Dosierfehler die Abweichung des Durchsatz-Istwertes vom Durchsatz-Sollwert anzunehmen (Bild 1).

Die gegenwärtig gebauten Dosierer sind Volumendosierer. Sie führen ein von der Kratzerkettengeschwindigkeit abhängiges Futtervolumen den Fräswerkzeugen zu, die das Futter abfräsen und einem nachfolgenden Förderer übergeben (Bild 2). Diese Form des Dosierens steht im Widerspruch zu den Forderungen der Tierernährer, die die Futterrationierung nach der Masse durchführen. Volumendosierer werden gegenüber Massedosierern aber bevorzugt einge-

setzt, weil sie einfach im Aufbau und in der Wartung und deshalb weniger störanfällig sind. Massedosierer können Volumendosierer sein, denen eine Bandwaage nachgeschaltet ist, die den Gutstrom und damit den Durchsatz durch Regelung der Bandgeschwindigkeit konstant hält. Diese Bandwaage verteuert die Gesamtanlage wesentlich.

Die Vorteile des Volumendosierers vom technischen Standpunkt zwingt zu Überlegungen, wie die Anforderungen der Tierernährer nach Massedosierung des Futters beim Einsatz des Volumendosierers zu erfüllen sind.

Um aber auftragsgemäß dosieren zu können, muß gemessen werden.

Bekanntlich errechnet sich der Massedurchsatz \dot{m} eines Volumendosierers aus dem Produkt der Fläche A des Futterstapels an den Fräswerkzeugen, der Geschwindigkeit v der Kratzerkette und der Schüttdichte ρ des Futters:

$$\dot{m} = A \cdot v \cdot \rho \quad (1)$$

Abweichungen dieser drei Größen vom Sollwert führen zu Schwankungen des Massedurchsatzes.

Bei der Beurteilung der Arbeitsqualität von Dosierertypen steht immer wieder die Frage, nach welcher Methode der Dosierfehler zu bestimmen ist. Bisher ist in der Weise verfahren worden, daß der Gutstrom auf ein gesondertes Gurtband geleitet und die Futtermenge von bestimmten Längenabschnitten durch Wägen ermittelt wurde. Diese Methode ergibt einen guten Überblick über die Dosierergenauigkeit, sie gibt aber nicht Aufschluß darüber, welche der beeinflussenden Faktoren die Abweichungen verursachen. Für den Konstrukteur einer Maschine ist es aber von großem

* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim (Direktor Obering. O. BOSTELMANN)

¹ Referat auf der Wissenschaftlichen Tagung des Instituts für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin am 14. und 15. Oktober 1970

Interesse, welche technischen Veränderungen er vornehmen muß, um das Arbeitsergebnis zu verbessern.

Nachfolgend wird untersucht, wie der Massedosierfehler eines Volumendosierers bestimmt werden könnte und welchen Einfluß die drei Meßgrößen A , ϱ und v auf das Meßergebnis ausüben, wobei zunächst erst betrachtet werden soll, inwieweit sich die verwendeten Meßgeräte für die Bestimmung der Meßgrößen eignen und welcher Meßgerätefehler zulässig ist.

2. Methode

In die nachfolgenden Betrachtungen wird ein Dosierertyp einbezogen, dessen Breite quer zur Förderriechung der Kratzerkette wesentlich kleiner ist als die Länge. An der Breitseite des Vorratsbehälters befinden sich die Fräswerkzeuge, gegen die das Futter durch die Kratzerkette geschoben wird.

Die Fläche des Futterstapels quer zur Förderriechung wird durch die Höhendifferenzmessung von der Oberkante des Vorratsbehälters und der Futterstockoberfläche mit einem Längenmaß ermittelt.

Die Geschwindigkeit der Kratzerkette bei einer festgelegten Einstellstufe wird durch Zeitmessung mit Stoppuhr beim Durchlaufen einer vorgegebenen Meßstrecke bestimmt.

Für die Dichtebestimmung des Futterstapels wird eine γ -Rückstreusonde verwendet, die beim Einstechen in den Futterstapel die Dichte in den verschiedenen Horizonten mißt $1/l$.

3. Ergebnisse

Zuerst ist abzuschätzen, welche Genauigkeit von den verwendeten Meßgeräten gefordert werden muß, um einen Dosierfehler noch genügend genau bestimmen zu können.

Entsprechend Gl. (1) errechnet sich der Durchsatz aus drei voneinander unabhängigen Meßgrößen.

Mit dem linearen Fehlerfortpflanzungsgesetz könnte der absolute Maximalfehler des Durchsatzes, hervorgerufen durch die Fehler der Meßgrößen aufgrund der Fehler der Meßgeräte, errechnet werden. Dieser absolute Maximalfehler hat nur geringe praktische Bedeutung. Sein Auftreten ist unwahrscheinlich, weil infolge der Doppelvorzeichen der Fehler $\pm \Delta A$, $\pm \Delta v$, $\pm \Delta \varrho$ ein Fehlerausgleich auftritt, wenn die Anzahl der Meßgrößen > 2 ist. Aus diesem Grunde kommt das quadratische Fehlerfortpflanzungsgesetz zur Anwendung $2/2$.

Umgewandelt auf die Berechnung des Durchsatzfehlers $\Delta \dot{m}$ lautet es:

$$\Delta \dot{m} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial \dot{m}}{\partial A} \cdot \Delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{m}}{\partial v} \cdot \Delta v\right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{m}}{\partial \varrho} \cdot \Delta \varrho\right)^2} \\ = \pm \sqrt{(v \cdot \varrho \cdot \Delta A)^2 + (A \cdot \varrho \cdot \Delta v)^2 + (A \cdot v \cdot \Delta \varrho)^2} \quad (2)$$

Dieser Maximalfehler $\Delta \dot{m}$, hervorgerufen durch die Meßfehler der verwendeten Meßgeräte, sollte $1/5$ bis $1/10$ der zu

Bild 1. Schematische Darstellung des Dosierfehlers und der Fehlergrenzen; a Durchsatz-Sollwert, b Durchsatz-Istwert, $\Delta \dot{m}_f$ Abweichung Ist- vom Sollwert = Dosierfehler, $\Delta \dot{m}$ Meßfehler

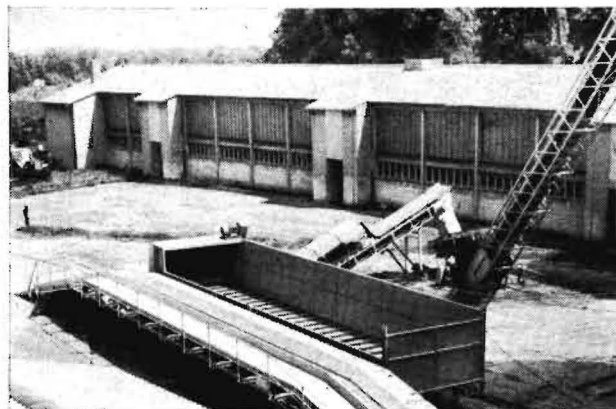
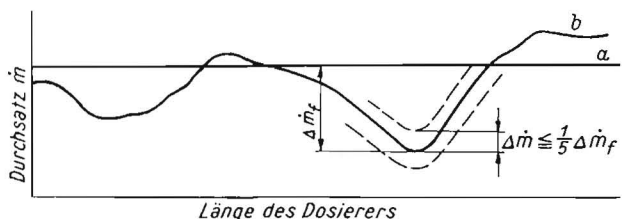


Bild 2. Dosierer DS 300 mit Rampe von Grumbach u. Co, Freiberg (Sachsen) im LVG Bornim-Marquardt

errechnenden Meßgröße betragen. Für die Bestimmung des Dosierfehlers $\Delta \dot{m}_f$ dürfte $1/5$ ausreichend sein,

$$\Delta \dot{m} \leq 1/5 \Delta \dot{m}_f \quad (3)$$

um aufgrund der Meßfehler das Meßergebnis noch genügend genau darzustellen.

Im weiteren soll berechnet werden, welche tatsächlichen Fehler ΔA , Δv und $\Delta \varrho$ bei der Bestimmung der Meßgrößen A , v und ϱ durch die verwendeten Meßgeräte auftreten.

Die Querschnittsfläche A des Futterstapels wird über die Breite B des Dosierers ($B = \text{const}$) und die Höhenabmessung des Futterstapels bestimmt. Aus dem Produkt von Dosierbreite B und der mittleren Futterstapelhöhe h_m ist die Querschnittsfläche zu berechnen:

$$A = B \cdot h_m \quad (4)$$

Nach dem Satz vom totalen Differential folgt für den Fehler der Querschnittsfläche

$$\Delta A = \pm \left(\left| \frac{\partial A}{\partial B} \cdot \Delta B \right| + \left| \frac{\partial A}{\partial h_m} \cdot \Delta h_m \right| \right) \\ \Delta A = \pm (|h_m \cdot \Delta B| + |B \cdot \Delta h_m|) \quad (5)$$

Die Geschwindigkeit des Kratzerbodens v errechnet sich aus dem Quotienten der Meßstrecke l und der Meßzeit t :

$$v = \frac{l}{t} \quad (6)$$

Die Meßstrecke wird mit dem Fehler Δl und die Meßzeit mit dem Fehler Δt ermittelt.

Das totale Differential ergibt für den Geschwindigkeitsfehler

$$\Delta v = \pm \left(\left| \frac{\partial v}{\partial l} \cdot \Delta l \right| + \left| \frac{\partial v}{\partial t} \cdot \Delta t \right| \right) \\ \Delta v = \pm \left(\left| \frac{1}{t} \cdot \Delta l \right| + \left| \frac{l}{t^2} \cdot \Delta t \right| \right) \quad (7)$$

Die Dichte des Futters wird mit der γ -Rückstreusonde bestimmt. Die Zählrate N ist im interessierenden Bereich linear von der Dichte ϱ abhängig. Die Standardabweichung der Zählrate ist gleich \sqrt{N} . Für den relativen Dichtefehler gilt dann $\Delta \varrho / \varrho = 1 / \sqrt{N}$. Da ein ungünstiger Fall für die Betrachtung des Maximalfehlers angenommen wird, ist für den Fehler der Dichte der zweifache Wert einzusetzen:

$$\frac{\Delta \varrho}{\varrho} = \frac{2}{\sqrt{N}} \quad (8)$$

Für die weiteren Betrachtungen werden für die drei Meßgrößen Werte angenommen, wie sie bei bekannten Dosierern auftreten.

Bei einer Breite $B = 3$ m und einem Fehler $\Delta B_m = \pm 0,001$ m, einer Höhe $h_m = 1$ m mit einem Fehler $\Delta h_m = \pm 0,01$ m errechnet sich nach Gl. (5) der Fehler der Fläche:

$$\Delta A = \pm (|1 \cdot 0,001| + |3 \cdot 0,01|)$$

$$\Delta A = \pm 0,031 \text{ m}^2.$$

Der Fehler der Geschwindigkeit Δv bei einer Meßstrecke von $l \pm \Delta l = 2 \text{ m} \pm 0,005 \text{ m}$ und einer Meßzeit von $t \pm \Delta t = 20 \text{ min} \pm 0,05 \text{ min}$ ist nach Gl. (7) zu berechnen:

$$\Delta v = \pm \left(\left| \frac{1}{20} \cdot 0,005 \right| + \left| \frac{2}{20^2} \cdot 0,05 \right| \right)$$

$$\Delta v = \pm 0,0005 \text{ m/min}.$$

Die verwendete Dichtesonde hat bei einer Dichte $\rho = 250 \text{ kg/m}^3$ eine Zählrate $N = 1900$. Setzt man diese Werte in Gl. (8) ein, dann ist der relative Dichtefehler

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{2}{\sqrt{1900}} \cdot 100 = 4,6\%$$

Der Dichtefehler beträgt dann $\Delta \rho = \pm 11 \text{ kg/m}^3$.

Der kleinste geforderte Dosierfehler beträgt 5%. An einem Beispiel wird berechnet, welche Fehler der drei Meßgrößen ΔA_z , Δv_z , $\Delta \rho_z$ zulässig sind, um den Dosierfehler mit der geforderten Genauigkeit bestimmen zu können. Es werden folgende Annahmen getroffen:

Abfräsofläche	$A = 3 \text{ m}^2$
Geschwindigkeit der Kratzerkette	$v = 0,1 \text{ m/min}$
Schüttdichte	$\rho = 250 \text{ kg/m}^3$

Daraus errechnet sich nach Gl. (1) ein Durchsatz $\dot{m} = 75 \text{ kg/min}$. Bei einer Geschwindigkeit des Futterbandes im Stall von $v = 5 \text{ m/min}$ entspricht dieser Durchsatz einer Ration von 15 kg/m oder 7,5 kg je Tier bei einer angenommenen Freßplatzlänge von 1 m je Tier.

Bei einem geforderten Dosierfehler von 5% wird nach Gl. (3)

$$\Delta \dot{m} \leq \frac{1}{5} \cdot \frac{\dot{m} \cdot 5\%}{100}$$

$$\Delta \dot{m} \leq \frac{1}{5} \cdot \frac{75 \cdot 5}{100} = \pm 0,75 \text{ kg/min}.$$

Unter der Annahme, daß sich der zulässige Fehler des Durchsatzes

$$\Delta \dot{m}_z = \pm 0,75 \text{ kg/min}$$

zu 66% $\cong 0,5 \text{ kg/min}$ aus dem Fehler der Dichtemessung und zu je 17% $\cong 0,125 \text{ kg/min}$ aus dem Fehler der Flächen- und Geschwindigkeitsmessung zusammensetzt, können die zulässigen Fehler ΔA_z , Δv_z und $\Delta \rho_z$ nach Gl. (2) berechnet werden:

$$\Delta A_z = 1,24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Delta v_z = 4,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/min}$$

$$\Delta \rho_z = 2,03 \text{ kg/m}^3$$

Bei einer Gegenüberstellung ist festzustellen, daß die tatsächlichen Fehler größer sind als die zulässigen Fehler:

$$\Delta A = \pm 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 > \Delta A_z = \pm 1,24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Delta v = \pm 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/min} > \Delta v_z = \pm 4,15 \cdot 10^{-4} \text{ m/min}$$

$$\Delta \rho = \pm 11 \text{ kg/m}^3 > \Delta \rho_z = \pm 2,03 \text{ kg/m}^3.$$

Mit Gl. (2) können auch die Fehlergrenzen des Dosierfehlers berechnet werden, die sich aufgrund der tatsächlichen Meßfehler der Meßgeräte ergeben. Es brauchen nur die tatsächlichen Fehler ΔA , Δv und $\Delta \rho$ und die Werte von A , v und ρ eingesetzt zu werden. Die Fehlergrenzen des Durchsatzes $\Delta \dot{m}$ liegen in einem Bereich von $\pm 3,3 \text{ kg/min}$. Ins

Verhältnis gesetzt zum Durchsatz umfaßt die Fehlergrenze des relativen Dosierfehlers einen Bereich von

$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}} = \frac{\pm 3,3}{75} \cdot 100 = \pm 4,4\%.$$

Entsprechend Gl. (3) könnte mit den verwendeten Meßgeräten nur ein relativer Dosierfehler $> \pm 22\%$ genügend genau bestimmt werden.

4. Schlußfolgerungen

Die Betrachtung des Dosierfehlers aufgrund gemessener Größen der Fläche des Futterstapels, der Dichte des Futters und der Kratzerkettengeschwindigkeit und die Berechnung des Dosierfehlers mit Hilfe des quadratischen Fehlerfortpflanzungsgesetzes zeigt, daß die Genauigkeit der Meßgeräte nicht ausreicht, um Dosierfehler von 5% bestimmen zu können. Der größte Fehler tritt durch die noch zu ungenaue Bestimmung der Dichte auf. Durch den Einsatz von γ -Rückstreusonden mit höheren Aktivitäten, die bei gleicher Dichte eine höhere Zählrate und dadurch einen geringeren relativen Fehler der Dichtebestimmung erreichen, ließe sich die Genauigkeit der Berechnung des Dosierfehlers weiter steigern, so daß Dosierfehler von 10% genügend genau bestimmt werden könnten.

Es sei hier besonders darauf hingewiesen, daß vor einer weiteren Diskussion über den Fehler von Dosierern erst von den Tierernährern begründete Ergebnisse vorliegen sollten. Die Messung der den Durchsatz beeinflussenden Größen mit den beschriebenen Meßgeräten gibt Aufschluß darüber, welche konstruktiven Maßnahmen im einzelnen zu treffen sind, um die Arbeitsqualität von Volumendosierern zu verbessern, die Auswirkung konstruktiver Veränderungen berechnen und auch Untersuchungsergebnisse an verschiedenen Dosierertypen einfacher vergleichen zu können.

Die Berechnung der Futterration je Tier und die Bestimmung des auftretenden Dosierfehlers, bezogen je Tierplatz, ist mit der vorliegenden Berechnungsmethode nicht möglich, weil schon allein die Dichtemessung des Futters im Dosierbehälter Bereiche umfaßt, die für einzelne Tiergruppen zutreffen. Auch werden Veränderungen des Dosierfehlers, hervorgerufen durch die Fräswerkzeuge und nachfolgende Fördermittel, durch die Berechnungsmethode nicht erfaßt. Nach wie vor sollte zur endgültigen Beurteilung des Dosierfehlers die bisher übliche Methode des Auswiegens der ausgetragenen Futtermenge auf bestimmten Strecken dienen und zusätzlich die vorgeschlagene Berechnungsmethode verwendet werden, um den Einfluß der einzelnen Meßgröße auf das Arbeitsergebnis besser erkennen und entsprechende Schlußfolgerungen ziehen zu können.

Zusammenfassung

Die Bestimmung des Dosierfehlers von Dosierern beim Einsatz in der Rinderfütterung setzt voraus, daß die den Durchsatz beeinflussenden Faktoren gemessen werden. Die dafür verwendete Meßmethode wird eingehend betrachtet. Anhand einer durchgeführten Teilabschätzung wird nachgewiesen, daß die verwendeten Meßgeräte die Bestimmung eines Dosierfehlers von 5% nicht zulassen. Es wird erneut die Forderung erhoben, begründete Anforderungen an den Dosierfehler bei der Grundfutterdosierung in der Rinderfütterung zu erarbeiten.

Literatur

- 1/ BEER, M., W. HELBIG, M. MÜLLER: Dichtebestimmung von Gärfutter mit einer γ -Rückstreusonde. Deutsche Agrartechnik (1963) H. 11, S. 521 bis 523.
- 2/ HULTZSCH, E.: Ausgleichsrechnung mit Anwendungen in der Physik. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft Geest u. Portig K.-G., 1966, S. 68 und 69. A 8111