

Untersuchungen zur Genauigkeit der Futterverteilung beim Einsatz von Bandförderern mit oszillierenden Abstreichern¹

Dr.-Ing. Christine Haustein, VEB Kombinat IMPULSA, Direktionsbereich Anlagenbau – Dresden

Industriemäßige Produktionsmethoden in der Rinderhaltung erfordern die wissenschaftlich-technische Durchdringung der Hauptproduktionsprozesse Fütterung, Milchgewinnung und Entmistung. Dazu gehören vollständige Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse, geringer Aufwand an lebendiger Arbeit und hohe Ausnutzung der Grundmittel. Die Fütterung der Rinder in Großanlagen erfolgt vollmechanisiert und zum Teil auch automatisiert. Ausgehend von den eingesetzten Mechanisierungsmitteln wird zwischen mobilen, stationären und teilstationären Fütterungsverfahren unterschieden. Alle Verfahren setzen sich aus folgenden Abschnitten zusammen [1]:

- Futterentnahme aus den Lagerräumen
- Futtertransport zu den Krippen
- Futterverteilung in den Krippen.

Untersuchungen von stationären und teilstationären Fütterungsverfahren mit Stetigförderern zum Futtertransport und zur Futterverteilung zeigten [2], daß die Gutströme von der Erzeugung bis zur Verteilung in der Krippe Masseschwankungen in der Zeiteinheit aufweisen. Ursachen sind das Maschinensystem zur Rinderfütterung, die Aufbereitung und die fördertechnischen Gutseigenschaften der Futtermittel.

Die Anwendung mechanisierter Verfahren zur Rinderfütterung ermöglicht gegenüber der Fütterung von Hand eine verbesserte Futtervorlage. Dazu gehören die Bildung verschiedener Rationsgrößen und die Gleichmäßigkeit ihrer Verteilung in der Krippe.

Um begründete Anforderungen an die Beeinflussung des Gutstroms durch das Maschinensystem mit dem Ziel der verbesserten Futtervorlage in der Krippe stellen zu können, muß der Einfluß der Rationsbildung auf die Qualität der Futterverteilung bekannt sein. Es gibt folgende Möglichkeiten der Rationsbildung aus dem Gutstrom:

- mehrfaches Überlagern
- Anstauen
- Kombinationen aus beiden.

Sie werden durch unterschiedliche Futterverteilrichtungen realisiert.

Im folgenden wird über die Rationsbildung durch Überlagern des Gutstroms am Bandförderer mit oszillierendem Abstreicher berichtet.

1. Begriffserläuterungen

Die Qualität der Futtervorlage in der Krippe wird durch zwei Kennzahlen bewertet, die Verteilgenauigkeit und die Verteilgleichmäßigkeit. Das anzuwendende Beurteilungskriterium hängt vom eingesetzten Fütterungsverfahren ab. Die Vorgabe einer bestimmten Rationsgröße erfordert bei den derzeitigen Mechanisierungseinrichtungen, daß der Gutstrom für die Rationsbildung dosiert wird. Die Verteilung des Futters in der Krippe charakterisiert die Verteilgenauigkeit. Sie ist um so besser, je geringer die Abweichung der vorliegenden mittleren Rationsgröße vom Sollwert (systematischer Fehler) und je kleiner die Abweichungen der Einzelrationen von der mittleren Rationsgröße (zufälliger Fehler) sind. Diese zweite Komponente wird als Verteilgleichmäßigkeit bezeichnet. Sie entspricht dem Variationskoeffizient aus der mathematischen Statistik. Die Verteilgleichmäßigkeit wird zur Beurteilung verwendet, wenn für die Fütterung beliebige Gutströme eingesetzt werden, deren mittlere Größe nicht un-

mittelbar bestimmbar ist, z. B. in Fütterungsverfahren mit Volumendosieren. Sie ist um so besser, je kleiner die Unterschiede in der Rationsgröße von Freßplatz zu Freßplatz sind.

Für die Dosierung werden die analogen Begriffe Dosiergenauigkeit und Dosiergleichmäßigkeit definiert. Die Dosiergenauigkeit erfordert die Bildung eines Gutstroms mit vorgegebenem Durchsatz. Ihre Größe wird in der gleichen Weise wie die Verteilgenauigkeit ermittelt. Bei Anwendung von beliebigen Gutströmen, wie sie z. B. von Hochsilofräsen oder Volumendosierern erzeugt werden, kann lediglich die Dosiergleichmäßigkeit für eine ausgetragene Gutmenge bestimmt werden.

Die erläuterten Begriffe haben für die Untersuchung und Beurteilung der Futterverteilung wesentliche Bedeutung.

2. Untersuchungen

2.1. Theoretische Untersuchungen zum Überlagerungsvorgang

Die theoretischen Untersuchungen erfolgen anhand eines mathematischen Modells. Es sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wird durch mehrfaches Überlagern eines Gutstroms die Verteilgleichmäßigkeit der Rationen in der Krippe verbessert?
- Nach wieviel Überlagerungen sind die Schwankungen der Rationsgröße von Freßplatz zu Freßplatz ausgeglichen?

Grundlage für die Modellaufstellung bildet ein Gutstrom, dessen stochastische Änderung in Abhängigkeit von der Zeit bekannt ist. Daraus sind sein Mittelwert und sein Variationskoeffizient zu bestimmen. Aufgrund seines Verhaltens in Abhängigkeit von der Zeit wird der Gutstrom als stochastischer Prozeß aufgefaßt [3]. Zur Charakterisierung der statistischen Eigenschaften des stochastischen Prozesses dienen der Erwartungswert und die Kovarianzfunktion. Beide bilden die Grundlage für die Berechnung des Erwartungswerts und der Verteilgleichmäßigkeit des überlagerten Prozesses. Das bedeutet, bezogen auf die praktische Durchführung, die Bestimmung der Rationsgröße und ihrer Schwankungen von Freßplatz zu Freßplatz in Abhängigkeit von der Zahl der Überlagerungen des bekannten Gutstroms.

Eingesetzt und variiert wurden in den Berechnungen die

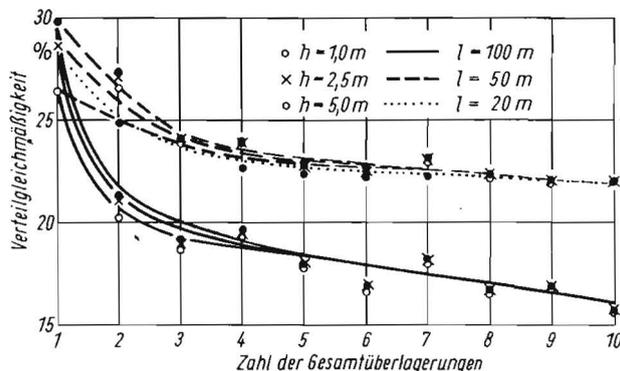


Bild 1. Verhalten der Verteilgleichmäßigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der durchzuführenden Gesamtüberlagerungen bei Variationen der Krippenlänge l und des Krippenabschnittes h — Modell

¹ Die Verfasserin führte die Untersuchungen an der TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik durch

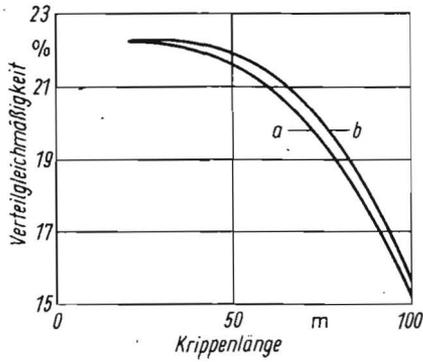


Bild 2. Verhalten der Verteilgleichmäßigkeit und der Restverteigleichmäßigkeit für die untersuchten Varianten — Modell: a Restverteigleichmäßigkeit, b Verteilgleichmäßigkeit, $n = 10$

Bild 3. Das Verhalten der Verteilgleichmäßigkeit in Abhängigkeit von der realisierten Zahl von Überlagerungen — Modell: $l = 100$ m, $h = 1$ m

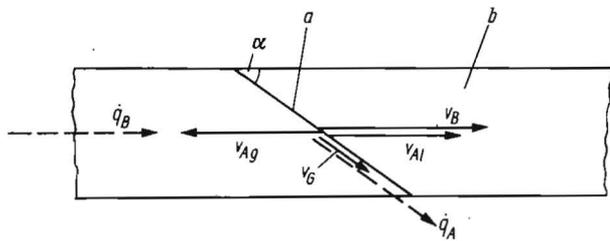
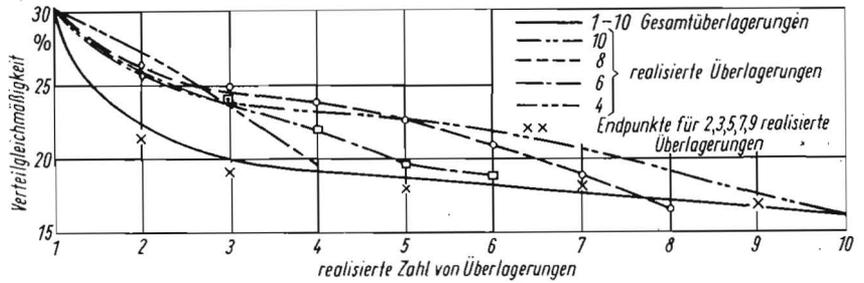


Bild 4. Schematische Darstellung der Einflußgrößen am Bandförderer mit oszillierendem Abstreicher:
a Abstreicher, b Gurtband.
 q_B Gutstrom auf dem Gurtband.
 q_A abgestrichener Gutstrom.
 α Anstellwinkel des Abstreichers.
 v_B Gurtbandgeschwindigkeit.
 v_{Al} Abstreichergeschwindigkeit bei Gleichlauf.
 v_{Ag} Abstreichergeschwindigkeit bei Gegenlauf.
 v_G Abwurfgeschwindigkeit des Gutes.

Krippenlänge l , die Anzahl der Überlagerungen n und ein Krippenabschnitt h , um Einflüsse auf den Überlagerungsvorgang herausstellen zu können. Der Krippenabschnitt h wird anstelle der Freßplatzbreite eingesetzt. Für jeden Überlagerungsvorgang wird die Restverteigleichmäßigkeit mit berechnet. Das ist die erreichbare Verteilgleichmäßigkeit für die konstanten Parameter Krippenlänge und Krippenabschnitt nach unendlich vielen Überlagerungen des Gutstroms. Vorgegeben wird eine feste Rationsgröße, die aus 1 bis 10 Überlagerungen gebildet werden soll. Die Verteilgleichmäßigkeit wird immer nach der Durchführung der vorgegebenen Zahl von Gesamtüberlagerungen berechnet.

Das Ergebnis weist eine ständige Verbesserung der Verteilgleichmäßigkeit auf (Bild 1). Der Ausgleich der Schwankungen in der Rationsgröße verhält sich mit zunehmender Zahl von Gesamtüberlagerungen negativ-degressiv; er ist bis 4 Gesamtüberlagerungen sehr bedeutsam. Im weiteren Verlauf strebt die Verteilgleichmäßigkeit einem endlichen Wert, der Restverteigleichmäßigkeit, zu. Ihre Größe ist unabhängig von der Zahl der Gesamtüberlagerungen. Eine Gegenüberstellung von Restverteigleichmäßigkeit und der Verteilgleichmäßigkeit nach 10 Gesamtüberlagerungen für die berechne-

ten Varianten zeigt, daß die Differenz zwischen beiden maximal 0,5 Prozent beträgt (Bild 2).

Für die Rationsbildung interessiert auch das Verhalten der Verteilgleichmäßigkeit während der Realisierung des Überlagerungsvorgangs bis zum Erreichen der vorgegebenen Zahl von Gesamtüberlagerungen. Die Grundlage für die Untersuchungen bildet der gleiche Gutstrom. Nach der Durchführung der jeweils vorgegebenen Zahl von Gesamtüberlagerungen liegt wieder die gleiche Futtermenge in der Krippe. Die Verteilgleichmäßigkeit weist in der Tendenz ebenfalls ein negativ-degressives Verhalten auf (Bild 3). Für eine bestimmte Zahl von Überlagerungen zeigt sie jedoch bedeutende Abweichungen. Sie sind aber verschiedenen Rationsgrößen zu-

zuordnen. Die Ursache liegt in der unterschiedlich vorgegebenen Zahl von Gesamtüberlagerungen. Dieses Verhalten macht deutlich, daß die Größe der Gutströme und ihre Masseabweichungen in der Zeiteinheit Einfluß auf die Verteilgleichmäßigkeit haben. Aus den Kurvenverläufen lassen sich keine eindeutigen Empfehlungen für die Rationsbildung ableiten.

2.2. Praktische Untersuchungen zum Überlagerungsvorgang

Der Bandförderer mit oszillierendem Abstreicher (Bild 4) wird vor allem in Anlagen mit Milchviehhaltung und Rindermast zur Futterverteilung eingesetzt.

Das Abstreichen des Futters erfolgt bei Gleichlauf und Gegenlauf des Abstreichers, bezogen auf die Bewegungsrichtung des Gurtbandes. Voraussetzung dafür ist eine für beide Bewegungsrichtungen positive Relativgeschwindigkeit zwischen Gurtband und Abstreicher. Die in die Krippe abgestrichene Gutmenge hängt von der Größe des zugeführten Gutstroms und den Geschwindigkeiten zwischen Gurtband und Abstreicher ab. Für den Abstreichvorgang bei Gleichlauf muß gelten, daß die Geschwindigkeit des Abstreichers kleiner ist als die Gurtbandgeschwindigkeit. Die Abstreichgeschwindigkeit bei Gegenlauf hängt von den geforderten technologischen und fördertechnischen Bedingungen ab. Sie kann gleich der Geschwindigkeit bei Gleichlauf sein. Dann werden aber in den beiden Bewegungsrichtungen unterschiedlich große Futtermassen je Krippenabschnitt abgestrichen. Gleiche Abwurfmassen für beide Bewegungsrichtungen erfordern die Erhöhung der Abstreichergeschwindigkeit bei Gegenlauf. Für die Realisierung bestehen die in Tafel 1 aufgeführten Möglichkeiten.

Die Versuche zum Verhalten der Verteilgleichmäßigkeit (Bild 5) bestätigen, daß sich die Verteilgleichmäßigkeit bis 4 Überlagerungen bedeutend verbessert. Durch ein weiteres Erhöhen der Zahl der Überlagerungen läßt sich kaum noch ein Verringern der Schwankungen der Rationsgröße je Krippenabschnitt erreichen. Es empfiehlt sich, die Rationen aus vier Überlagerungen zu bilden.

In den Versuchen mit Maissilage ist die erreichte Verteilgleichmäßigkeit wesentlich besser als in den Versuchen mit Anwekksilage. Die Ursache liegt in der unterschiedlichen Häcksellänge der beiden Futtermittel. Die Maissilage war als Kurzhäcksel aufbereitet. Damit wird der Einfluß der Gut-

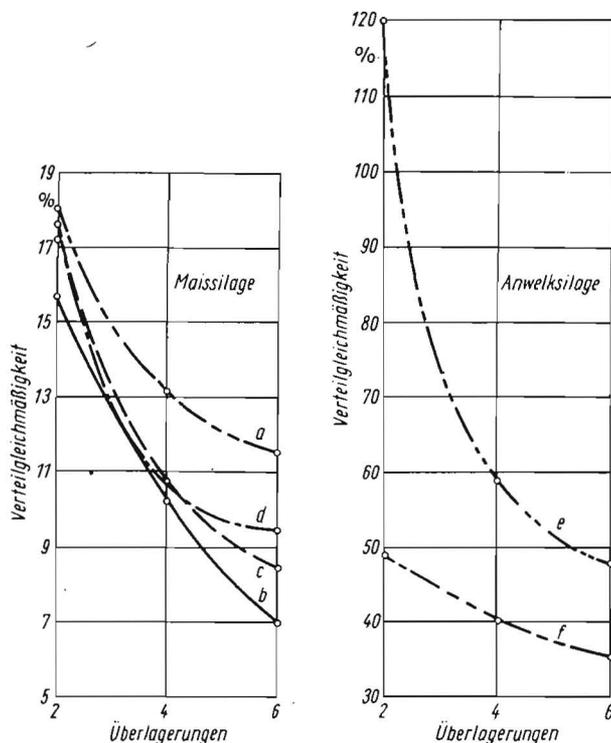


Bild 5. Verhalten der Verteilgleichmäßigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der Überlagerungen für Maissilage und Anweklsilage — Versuche:

- a Dosierstufe 10 I. Dosiergleichmäßigkeit 15,0 Prozent;
- b Dosierstufe 10 I. Dosiergleichmäßigkeit 13,4 Prozent;
- c Dosierstufe 5 I. Dosiergleichmäßigkeit 13,6 Prozent;
- d Dosierstufe 5 I. Dosiergleichmäßigkeit 21,0 Prozent;
- e Dosierstufe 5 I. Dosiergleichmäßigkeit 56,1 Prozent;
- f Dosierstufe 5 I. Dosiergleichmäßigkeit 31,0 Prozent;

eigenschaften auf die Verteilgleichmäßigkeit deutlich. Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß zwischen Dosiergleichmäßigkeit und Verteilgleichmäßigkeit eine lineare Abhängigkeit besteht (Bild 6).

Bei gleichen Abstreichergeschwindigkeiten im Gleich- und Gegenlauf kann ein Einfluß der Bewegungsrichtungen des Abstreichers auf die Verteilgleichmäßigkeit nachgewiesen werden. Die erreichbare Verteilgleichmäßigkeit ist im Gegenlauf besser, weil infolge der höheren Relativgeschwindigkeit je Krippenabschnitt eine größere Futtermasse als im Gleichlauf abgestrichen wird (Bild 7).

3. Schlußfolgerungen

Bei Rationsbildung durch mehrfaches Überlagern eines Gutstroms wird die Verteilgleichmäßigkeit der Rationen in der Krippe verbessert. (Dieses Ergebnis kann unmittelbar auf

Tafel 1. Geschwindigkeitsverhältnisse für Gleichlauf v_{A1} und Gegenlauf v_{Ag} in Abhängigkeit von der Gurtbandgeschwindigkeit v_B zur Gewährleistung gleicher Abwurfmassen für beide Bewegungsrichtungen

$\frac{v_{A1}}{v_{Ag}}$	v_{A1}	v_{Ag}
$\frac{1}{3}$	$\frac{v_B}{3}$	v_B
$\frac{1}{2}$	$\frac{v_B}{4}$	$\frac{v_B}{2}$
$\frac{2}{3}$	$\frac{v_B}{6}$	$\frac{v_B}{4}$

die Verteilgenauigkeit übertragen werden. Zur Verbesserung der Verteilgenauigkeit muß, bedingt durch die systematische Abweichung, die Maschineneinstellung korrigiert werden.) Die erreichbare Verteilgenauigkeit und Verteilgleichmäßigkeit nehmen einen endlichen Wert an. Aus den Untersuchungen läßt sich ableiten, daß die Ration aus 4 bis maximal 6 Überlagerungen zu bilden ist. Empfohlen werden für die Rationsbildung aus Effektivitätsgründen 4 Überlagerungen. Dabei sollten im Interesse einer hohen Verteilgleichmäßigkeit eine unterschiedliche Abstreichergeschwindigkeit nach Tafel 1 für Gleich- und Gegenlauf sowie in der Relation zu einander kleine Abstreichergeschwindigkeiten und große Gurtbandgeschwindigkeiten gewählt werden.

Bisher wurden vor allem an Dosiereinrichtungen hohe Anforderungen gestellt. Bei Rationsbildung durch Überlagerung kann diese Forderung dahingehend verändert werden, daß die mittlere Größe des Gutstroms über einen langen Zeitraum (mindestens eine Krippenbefüllung) konstant sein muß. Zufällige Masseschwankungen des Gutstroms werden bei der Überlagerung ausgeglichen. Derartige Gutströme könnten z. B. von Hochsilolentnahmefräsen oder Zwischenlagerbehältern gebildet werden.

Das mehrfache Überlagern eines Gutstroms ist eine verbreitete Form der Rationsbildung in der mechanisierten Rinderfütterung. Durch das Überlagern in der Krippe wird ein Ausgleich der Masseschwankungen des ursprünglichen Gutstroms erzielt. Außerdem haben auf die Größe des Ausgleich guttspezifische und maschinentechnische Parameter Einfluß. Daraus wurden Anforderungen an die Durchführung der Fütterung abgeleitet.

Literatur

- 1/ Thurm, R.: Technologie der landwirtschaftlichen Produktion. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1970
- 2/ Hausteil, Chr.: Untersuchungen zur Genauigkeit der Futterverteilung in der mechanisierten Rinderfütterung. Dissertation. Dresden 1973
- 3/ Svešnikov, A. A.: Prikladnye metody teorii slučajnych funkciy. Moskau Izd. Nauka 1968 A 9400

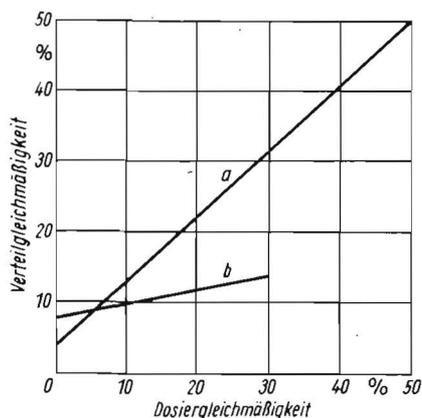


Bild 6. Zusammenhang zwischen Verteilgleichmäßigkeit und Dosiergleichmäßigkeit nach sechs Überlagerungen — Versuche:
 a mit Anweklsilage $y = -5,21 + 0,927 x$
 b Maissilage $y = 6,15 + 0,195 x$

Bild 7. Einfluß der Dosiergleichmäßigkeit auf die Verteilgleichmäßigkeit in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung des Abstreichers bei Maissilage — Versuche:
 a Gleichlauf $y = 17,88 + 0,31 x$,
 b Gegenlauf $y = 4,49 + 0,93 x$,
 c Gleich- und Gegenlauf $y = 9,13 + 0,7 x$

