

## Einfluß des zugeführten Massenstroms auf das Dosierergebnis bei Kraftfutter-Dosierwaagen

Von Bernd J. Scholtysik, München\*)

*Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereichs 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung"  
an der TU München-Weihenstephan*

DK 636.084:621.86.08

Die bei einer Volumendosierung von Kraftfuttermitteln wegen schwankender Stoffeigenschaften auftretenden Probleme lassen sich bei einer Massendosierung vermeiden. Dabei wird das Dosierergebnis jedoch vom zeitlichen Verlauf des der Waage zugeführten Massenstroms beeinflusst. Für zwei extreme Formen des Massenstroms ("konstant" bzw. "absätzig") werden diese Einflüsse theoretisch und an einer einfachen Dosierwaage experimentell untersucht.

Im Gegensatz zum Grundfutter handelt es sich bei handelsüblichem Kraftfutter um schüttfähige Materialien mit verhältnismäßig gleichmäßiger Struktur in der Form von Mehl bis zu kleinen Pellets. Zur Dosierung von Kraftfutter werden daher in der Praxis bisher Volumendosierer verwendet, z.B. mit Schnecken oder Zellenrädern als Dosierorgane. Bei diesen Geräten ist die zugeeilte Masse prinzipiell von den Stoffeigenschaften des dosierten Materials, z.B. der Dichte und Struktur, abhängig. Volumendosierer müssen daher stets auf die verwendeten Futtermittel eingestellt werden. Trotzdem können Stoffeigenschaften, die sich während des Betriebs langsam verändern, wie der Feuchtegehalt, deutliche Fehler der dosierten Rationen hervorrufen [1].

### 2. Prinzipielles zur absätzigen Massendosierung von Kraftfuttermitteln

Um die bei der Volumendosierung auftretenden, unerwünschten Einflüsse von Stoffeigenschaften zu vermeiden, könnte prinzipiell eine Massendosierung verwendet werden. Derartige Systeme werden bereits in Versuchsanlagen (z.B. UNICAR-Anlage der FAL, Braunschweig-Völkenrode) erprobt [2, 3], sind aber bisher in der Praxis noch nicht im Einsatz. Eine Massendosierung empfiehlt sich auch für Grundfuttermittel, die aufgrund ihrer ungleichmäßigen Struktur für eine Volumendosierung schlecht geeignet sind.

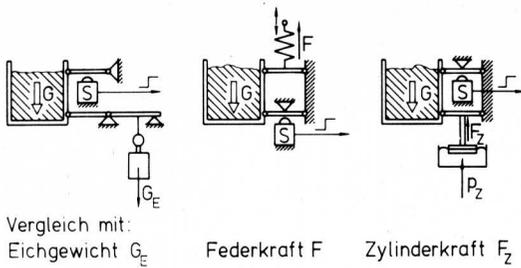
Für die Massendosierung können absätzig arbeitende Dosierwaagen verwendet werden, bei denen das zu dosierende Material von einem Förderorgan in einen Wiegebehälter gebracht wird, wo ein Vergleich mit einer vorgegebenen Sollmasse oder einer äquivalenten Kraft durchgeführt wird. Für das Wiegesystem können elektrische Bauteile, z.B. mit Dehnungsmessstreifen arbeitende Kraftaufnehmer, oder mechanische Einrichtungen verwendet werden.

**Bild 1** zeigt, schematisch dargestellt, drei verschiedene mechanische Wiegesysteme. Um einen Einfluß der Schwerpunktlage des Guts zu vermeiden, ist der Wiegebehälter mit einem Parallelogrammgestänge aufgehängt, an dem eine mechanisch erzeugte Vergleichskraft angreift. Die Vergleichskraft wird bei den dargestellten Beispielen durch ein Eichgewicht, eine Feder und einen Membranzylinder erzeugt. Sobald die Gewichtskraft am Wiegebehälter unter Berücksichtigung der Hebelverhältnisse die vorgegebene Vergleichskraft übersteigt, wird ein Schalter "S" betätigt, der die weitere Gutzufuhr abstellt.

### 1. Einleitung

Mit einer verstärkten Mechanisierung der Fütterung in der Rinderhaltung sollen die arbeitswirtschaftlichen Verhältnisse verbessert werden. Außerdem sollen die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Tiere dadurch positiv beeinflusst werden, daß die zugeeilten Futterrationen der individuellen Tierleistung und den ernährungsphysiologischen Bedingungen angepaßt sind. Durch die leistungsbezogene Versorgung der Tiere läßt sich auch, besonders bei Kraftfutter, eine Kostensenkung erreichen, weil sowohl durch Unterversorgung hervorgerufene Leistungseinbußen als auch durch Luxuskonsum bedingte Futtermittelschwendungen vermieden werden. Zur technischen Verwirklichung einer leistungsbezogenen Fütterung sind neben der Kenntnis der individuellen Tierleistung und der Nährstoffgehalte der Futtermittel geeignete Dosiereinrichtungen notwendig. Ein wichtiges Beurteilungskriterium für diese Geräte ist die Genauigkeit, mit der die gewünschten Rationen zugeeilt werden. Aus der Sicht der Tierernährung wird als zulässige Abweichung oft ein Wert von weniger als 5 % gefordert.

\*) Dipl.-Ing. B.J. Scholtysik ist wiss. Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der TU München.

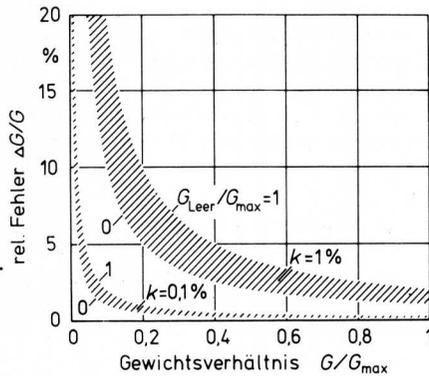


**Bild 1.** Beispiele für einfache mechanische Wiegesysteme; bei Überschreiten der Vergleichskraft wird ein Schalter S betätigt.

Bei derartigen Wiegesystemen hängt die Genauigkeit der dosierten Massen von dem auf den Skalenendwert bezogenen Fehler  $k$  des Meßsystems, dem Gewichtsverhältnis  $G/G_{\max}$  (entspricht der Ausnutzung des Meßbereichs) und dem Verhältnis des Behälterleergewichts zum maximalen Dosiergewicht ( $G_{\text{leer}}/G_{\max}$ ) ab. Für den relativen Dosierfehler gilt:

$$\frac{\Delta G}{G} = k \frac{G_{\max}}{G} \left( 1 + \frac{G_{\text{leer}}}{G_{\max}} \right) \quad (1)$$

**Bild 2** zeigt diese Zusammenhänge für zwei verschiedene Werte des Fehlers  $k$ .



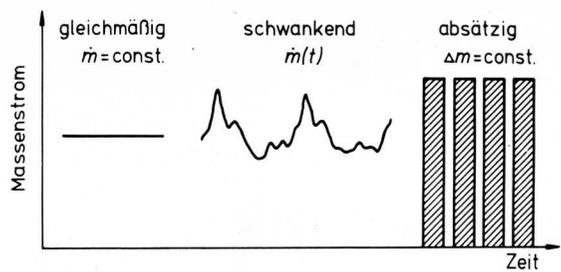
**Bild 2.** Relativer Fehler einer Massendosierung in Abhängigkeit von der Ausnutzung des Wägebereichs (Gewichtsverhältnis  $G/G_{\max}$ ); gerechnet n. Gl. (1) für zwei Werte des auf den Skalenendwert bezogenen Fehlers  $k$  des Meßsystems in den Grenzen des Verhältnisses  $G_{\text{leer}}/G_{\max}$ .

### 3. Einfluß des zugeführten Massenstroms auf die Dosierung

Neben den bisher genannten Größen beeinflusst vor allem der zeitliche Verlauf des Massenstroms, der dem Wiegebehälter zugeführt wird, das Dosierergebnis.

**Bild 3** zeigt Beispiele unterschiedlicher Massenströme. In der Mitte ist ein deutlich periodisch schwankender Massenstrom  $\dot{m}(t)$  einer Förderschnecke dargestellt. Als Grenzfälle sind ein absolut gleichmäßiger Massenstrom  $\dot{m} = \text{const.}$  (links) bzw. eine absätzig Förderung einzelner gleicher Massenelemente  $\Delta m$  (rechts) anzusehen. Für diese beiden Grenzfälle soll im folgenden das Ergebnis einer Massendosierung näher untersucht werden.

Das Dosierergebnis läßt sich bei konstanter Einstellung der Dosierwaage durch den Mittelwert der dosierten Massen  $\bar{m}_D$  und den Variationskoeffizienten  $s_r$  kennzeichnen. Der Variationskoeffizient ist die auf den Mittelwert bezogene Standardabweichung. Er ist ein Maß für die relative Größe der Schwankungen der einzelnen Werte um den jeweiligen Mittelwert und kann so zur Beurteilung der Genauigkeit der Dosierung herangezogen werden.



**Bild 3.** Beispiele für den zeitlichen Verlauf von Massenströmen

#### 3.1 Konstanter Massenstrom $\dot{m}$

Der zunächst betrachtete Fall einer Massendosierung mit konstantem Massenstrom kann bei Annahme eines bestimmten Modells, **Bild 4**, theoretisch analysiert werden. Das Zufuhrorgan fördert den Massenstrom  $\dot{m}$ , der aus der Höhe  $H$  in den Wiegebehälter fällt. Deshalb wirkt außer der Gewichtskraft  $G$  der momentan im Behälter enthaltenen Masse auch eine Kraft  $F_I$  aus der Impulsänderung (Impulskraft) auf das Wiegesystem, die von der Abbremsung des herabfallenden Massenstroms herrührt:

$$F_I = \dot{m} \sqrt{2gH} \quad (2)$$

Folglich spricht das Wiegesystem nicht bei der dosierten Masse  $m_{\text{Stat}}$ , die im statischen Fall der vorgegebenen Vergleichskraft entspricht, sondern bei einer entsprechend der Impulskraft geringeren Masse an.

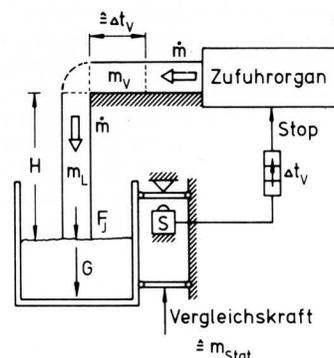
Zu dem Zeitpunkt, in dem die Wiegeeinrichtung anspricht, befindet sich in der Luft zwischen dem Zufuhrorgan und dem Wiegebehälter die herabfallende Gutmasse  $m_L$ . Die Masse  $m_L$  ergibt sich als Produkt aus dem geförderten Massenstrom  $\dot{m}$  und der Fallzeit  $t_{\text{Fall}} = \sqrt{2H/g}$ :

$$m_L = \dot{m} \sqrt{2H/g} \quad (3)$$

Die Masse  $m_L$  fällt in den Wiegebehälter und vergrößert damit die dosierte Masse.

Da vom Ansprechen der Wiegeeinrichtung bis zum Förderende des Zufuhrorgans eine gewisse Zeitverzögerung  $\Delta t_v$  vorhanden ist, wird außerdem die dem Massenstrom und der Verzögerungszeit entsprechende Masse  $m_v$  in den Wiegebehälter gefördert. Dadurch wird die dosierte Masse nochmals vergrößert. Die Masse  $m_v$  beträgt:

$$m_v = \dot{m} \Delta t_v \quad (4)$$



**Bild 4.** Modell für die theoretische Analyse der Massendosierung bei Zufuhr eines konstanten Massenstroms.

Damit ergibt sich als insgesamt dosierte Masse:

$$m_D = m_{Stat} + m_L + m_v - F_I/g \quad (5)$$

Wenn die Gl. (2) bis (4) in Gl. (5) eingesetzt werden, erhält man:

$$m_D = m_{Stat} + \dot{m} \Delta t_v \quad (6)$$

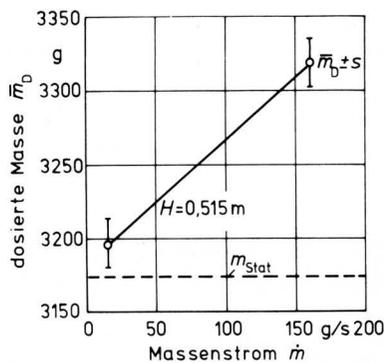
Die durch die Impulskraft hervorgerufene Massenverminderung ( $-F_I/g$ ) wird also gerade von der herabfallenden Masse  $m_L$  ausgeglichen. Die dosierte Masse  $m_D$  ist nach Gl. (6) stets größer als die der Vergleichskraft entsprechende Masse, und zwar um die in der Verzögerungszeit geförderte Masse. Diese ist entsprechend Gl. (4) dem zugeführten Massenstrom proportional und unabhängig von der Fallhöhe.

Das gleiche Ergebnis erhält man, wenn der zugeführte Massenstrom nicht, wie hier dargestellt, mit einer Vertikalgeschwindigkeit Null, sondern mit einer bestimmten Anfangsgeschwindigkeit die Höhe  $H$  zu durchfallen beginnt.

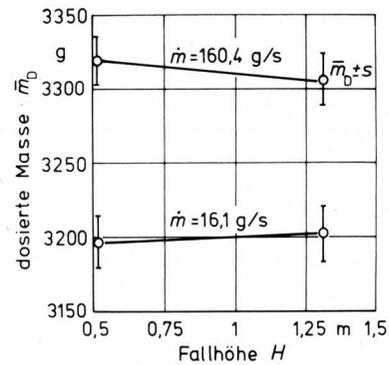
Die Differenz  $m_v$  zwischen der dosierten Masse und der Sollmasse kann auf zwei Arten klein gehalten werden. Einerseits soll die Verzögerungszeit möglichst gering sein. Andererseits ist der Massenstrom beispielsweise durch eine Verstellung des Zufuhrorgans kurz vor dem Erreichen der gewünschten Sollmasse klein zu halten.

Um das mit dieser theoretischen Analyse gefundene Ergebnis experimentell zu überprüfen, wurden Dosierversuche mit verschiedenen konstanten Massenströmen bzw. Fallhöhen durchgeführt. Bei der verwendeten Dosierwaage wurde die Vergleichskraft mit einem einfachen pneumatischen Membranzylinder erzeugt. Dadurch konnte der Sollwert der Dosierung mit einem Präzisionsdruckregler als Druck im Zylinder vorgegeben werden. Als Zufuhrorgan diente eine elektrische Schwingrinne, mit der Getreidekörner mit einstellbarem Massenstrom gefördert wurden.

Die Ergebnisse von Versuchen mit konstanter Einstellung der Waage zeigen **Bild 5** und **6**. Bild 5 gibt den Mittelwert der dosierten Masse für eine konstante Fallhöhe als Funktion des zugeführten Massenstroms wieder. Die dosierte Masse steigt proportional zum zugeführten Massenstrom an. In Bild 6 ist für zwei verschiedene Massenströme der Mittelwert der dosierten Massen in Abhängigkeit von der Fallhöhe dargestellt. Die dosierten Massen sind über der Fallhöhe nahezu konstant, die geringen Unterschiede der Mittelwerte liegen innerhalb der relativ großen Streubereiche der Meßwerte. Auch eine Varianzanalyse bestätigt, daß kein signifikanter Einfluß der Fallhöhe auf die dosierte Masse vorhanden ist. Die in Bild 5 und 6 dargestellten Meßergebnisse zeigen, daß sich die bei der theoretischen Analyse gefundenen Ergebnisse experimentell gut bestätigen lassen.



**Bild 5.** Mittelwert der dosierten Masse in Abhängigkeit vom zugeführten konstanten Massenstrom (Fallhöhe  $H$  und Einstellung des Massendosierers konstant).

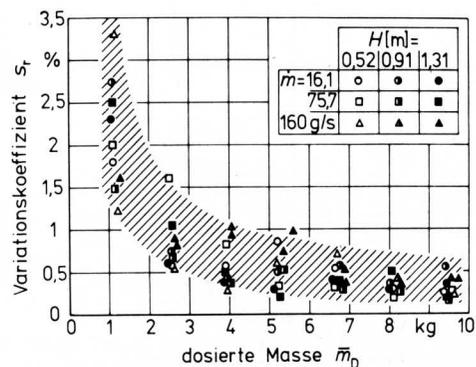


**Bild 6.** Mittelwert der dosierten Masse in Abhängigkeit von der Fallhöhe (Massenstrom  $\dot{m}$  und Einstellung des Massendosierers konstant).

Um den Einfluß des Massenstroms und der Fallhöhe auf die Genauigkeit der Dosierung bei unterschiedlichen dosierten Massen zu untersuchen, wurden bei konstanten Bedingungen jeweils 10 Rationen dosiert, aus denen der Mittelwert und der Variationskoeffizient berechnet wurden. **Bild 7** zeigt die experimentell ermittelten Variationskoeffizienten in Abhängigkeit vom Mittelwert der dosierten Massen für je drei verschiedene Werte des zugeführten Massenstroms bzw. der Fallhöhe. Es zeigt sich ein ausgeprägter Abfall des Variationskoeffizienten mit steigendem Mittelwert der dosierten Masse, d.h. die Dosierung ist umso genauer, je größer die dosierte Masse ist. Diese Tendenz stimmt mit den Aussagen von Gl. (1) und Bild 2 überein. Aus der Lage der einzelnen gemessenen Punkte im gesamten Feld läßt sich kein deutlicher Einfluß des Massenstroms oder der Fallhöhe auf die Genauigkeit erkennen. Um diese Aussage nachzuprüfen, wurde eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt mit dem Ergebnis:

$$s_r = 1,782 \bar{m}_D^{-0,871} \dot{m}^{0,033} H^{0,048} \quad (7)$$

In dieser Zahlenwertgleichung sind die folgenden Einheiten zu verwenden:  $s_r$  in %,  $\bar{m}_D$  in kg,  $\dot{m}$  in g/s und  $H$  in m. Das multiple Bestimmtheitsmaß beträgt  $B = 0,74$ . Der vernachlässigbare Einfluß des Massenstroms  $\dot{m}$  und der Fallhöhe  $H$  auf den Variationskoeffizienten  $s_r$  wird in Gl. (7) darin sichtbar, daß die Exponenten von  $\dot{m}$  und  $H$  nahezu gleich Null sind.



**Bild 7.** Variationskoeffizient der dosierten Masse in Abhängigkeit vom Mittelwert der dosierten Masse für verschiedene konstante Massenströme und Fallhöhen.

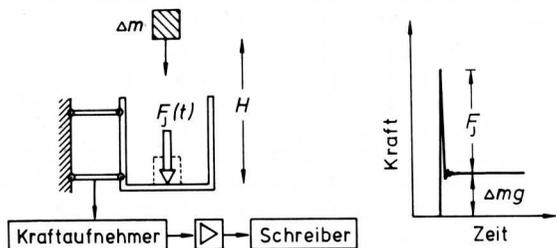
### 3.2 Absätziges Zufuhr einzelner Massenelemente $\Delta m$

Als zweiter Fall wird die absätziges Zufuhr einzelner Massenelemente  $\Delta m$  zur Dosierwaage untersucht. Dabei soll die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Massenelementen länger sein als die Abschaltverzögerung des Wiegesystems und des Zufuhrorgans.

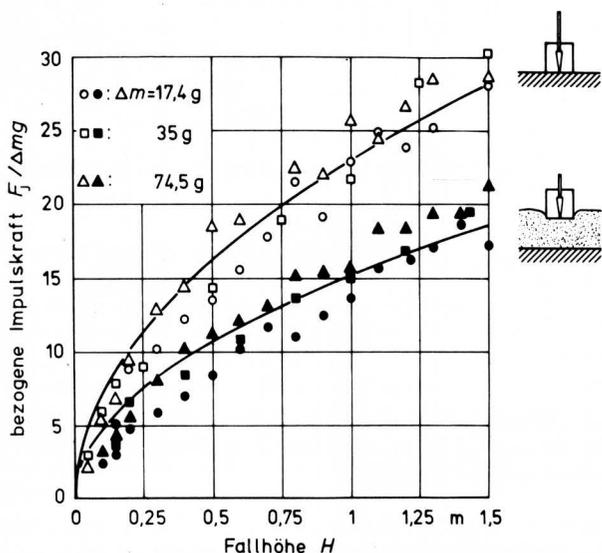
Die in den Wiegebehälter fallenden Massenelemente üben auf das Wiegesystem eine zeitabhängige Kraft aus, die von der Fallhöhe  $H$  und der Masse  $\Delta m$  des Massenelements und von der zum Abbremsen der Masse beim Auftreffen im Behälter notwendigen Zeit  $t_{\text{Brems}}$  abhängt. Als mittlere Impulskraft auf den Wiegebehälter kann angesetzt werden:

$$F_1 = \Delta m \sqrt{2 g H} / t_{\text{Brems}} \quad (8).$$

Um eine Vorstellung von den durch fallende Massenelemente auf das Wiegesystem ausgeübten Impulskräften zu erhalten, wurde die im Bild 8 dargestellte Versuchsanordnung benutzt. Als Massenelemente wurden Holzwürfel mit Massen von etwa 17 bis 75 g verwendet. Der bei der Dosierung zur Erzeugung der Vergleichskraft dienende Membranzylinder wurde durch einen DMS-Kraftaufnehmer ersetzt. Dadurch konnte der Kraftverlauf auf das Wiegesystem mit einem Schreiber aufgezeichnet werden. Rechts im Bild ist ein solcher Kraftverlauf schematisch dargestellt. Sobald die fallende Masse den Wiegebehälter berührt, wirkt für eine kurze Zeit eine wesentlich größere Kraft auf das Wiegesystem als die danach vorhandene statische Gewichtskraft  $\Delta m g$  des Massenelements.



**Bild 8.** Versuchsanordnung zur Ermittlung der von fallenden Massenelementen auf das Wiegesystem ausgeübten Impulskräfte (links) und Kraftverlauf beim Auftreffen eines Massenelements (rechts).

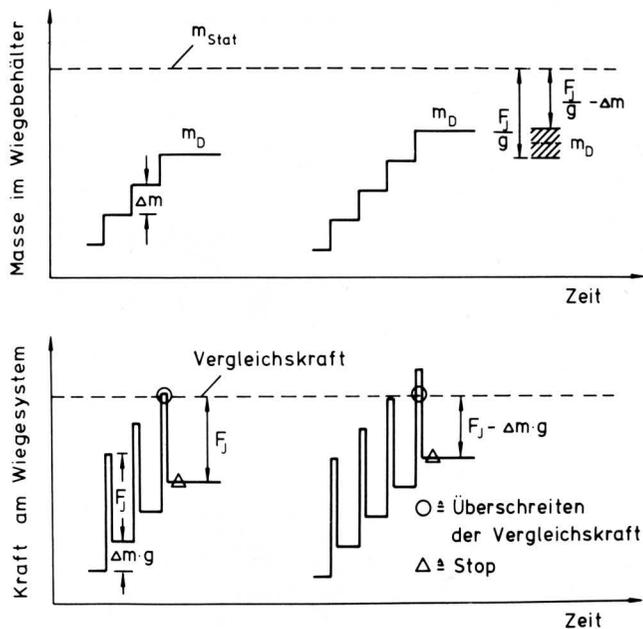


**Bild 9.** Auf das Wiegesystem wirkende, auf die Gewichtskraft des Massenelements bezogene Impulskraft in Abhängigkeit von der Fallhöhe.

**Bild 9** zeigt die gemessene Impulskraft, bezogen auf die Gewichtskraft, in Abhängigkeit von der Fallhöhe für verschieden große Massenelemente. Während die Massenelemente beim oberen Kurvenverlauf auf den starren Boden des Wiegebehälters fielen, wurde bei der unteren Kurve eine etwa 6 cm hohe Schüttung aus Getreidekörnern in den Behälter gefüllt. Dadurch erfolgt die Abbremsung der fallenden Massenelemente langsamer, was zu einer geringeren Impulskraft führt. Die Impulskraft ist, wie in Gl. (8), bei beiden Verläufen proportional zu  $\sqrt{H}$ . Aufgrund der etwas unterschiedlichen dynamischen Verhältnisse fallen die Punkte für die verschieden großen Massenelemente nicht ganz zusammen.

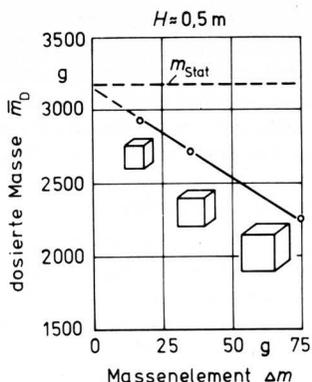
Insgesamt läßt sich aus Bild 9 die Größenordnung der auftretenden Impulskräfte entnehmen, so ist z.B. bei einer Fallhöhe von 0,5 m die Impulskraft etwa 10- bis 15 mal so groß wie die Gewichtskraft der Massenelemente.

Die Auswirkung des soeben beschriebenen Kraftverlaufs auf die Massendosierung ist in Bild 10 schematisch dargestellt. Bei der absätzigen Zufuhr von Massenelementen in den Wiegebehälter entsteht am Wiegesystem ein treppenförmiger Kraftanstieg mit überlagerten, deutlich ausgeprägten Spitzen aufgrund der Impulskräfte der fallenden Massenelemente. Im linken Teil des Bildes wird die vorgegebene Vergleichskraft von einer solchen Spitze knapp überschritten. Dadurch wird die weitere Zufuhr von Massenelementen unterbrochen. Die dosierte Masse ist um die Impulskraft kleiner als die durch die Vergleichskraft vorgegebene Masse. In diesem Fall tritt die kleinstmögliche dosierte Masse auf. Im rechten Teil des Bildes wird die Vergleichskraft deutlich überschritten, weil die vorhergehende Kraftspitze gerade noch unter der Vergleichskraft blieb. Hierbei wird die größtmögliche Masse dosiert, die um ein Massenelement  $\Delta m$  größer ist als die kleinste dosierte Masse. Die dosierten Massen  $m_D$  (oben) liegen damit stets in dem schraffierten Bereich. Der mittlere Wert hängt in erster Näherung von der Impulskraft ab; der Schwankungsbereich beträgt  $\pm \Delta m/2$ .

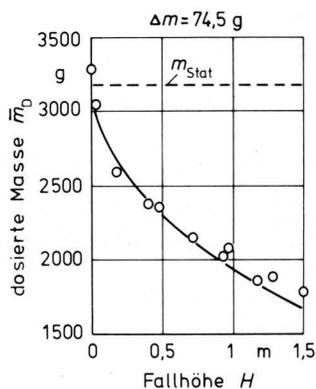


**Bild 10.** Zeitlicher Verlauf der Massen und der Kräfte am Wiegesystem bei absätziger Zufuhr einzelner Massenelemente.

Für eine experimentelle Überprüfung dieser Ergebnisse wurde bei konstanten Einstellungen der Dosierwaage mit verschieden großen Massenelementen und bei verschiedenen Fallhöhen dosiert. Die Bilder 11 und 12 zeigen dafür zwei Beispiele. Aus Bild 11 ist zu entnehmen, daß bei konstanter Fallhöhe ( $H = 0,5$  m) die dosierte Masse linear mit wachsender Größe der Massenelemente abnimmt.



**Bild 11.** Mittelwert der dosierten Masse in Abhängigkeit von der Größe der absätzig zugeführten Massenelemente (Fallhöhe  $H$  und Einstellung des Massendosierers konstant).

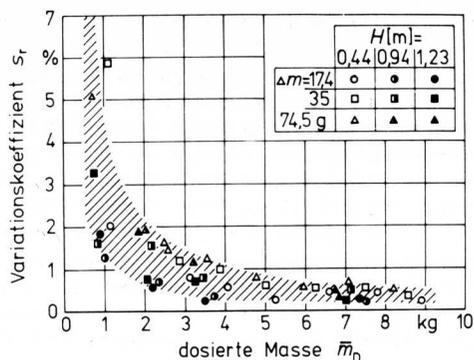


**Bild 12.** Mittelwert der dosierten Masse in Abhängigkeit von der Fallhöhe bei absätziger Zufuhr einzelner Massenelemente konstanter Masse (konst. Einstellung des Massendosierers).

Wie zuvor erklärt, wird diese Abnahme der dosierten Masse durch die Impulskraft der fallenden Massenelemente hervorgerufen. Bild 12 zeigt für ein konstantes Massenelement die dosierte Masse in Abhängigkeit von der Fallhöhe. Die Abnahme der dosierten Masse ist hier proportional zu  $\sqrt{H}$ , weil die Impulskraft bei konstantem Massenelement proportional zu  $\sqrt{H}$  zunimmt.

Die beiden Beispiele zeigen, daß sich die mit der Betrachtung des Kraftverlaufs am Wiegesystem gefundenen Ergebnisse experimentell gut bestätigen lassen.

Zur Untersuchung der Dosiergenauigkeit wurde wieder bei konstanten Einstellungen der Waage je 10 mal dosiert, wobei sowohl das Gewicht der Massenelemente als auch die Fallhöhe variiert wurden. Das Ergebnis dieser Messungen ist in Bild 13 dargestellt. Wie beim konstanten Massenstrom zeigt sich auch hier ein deutlicher Abfall des Variationskoeffizienten mit steigendem Mittelwert der dosierten Massen. Im Gegensatz zum konstanten Massenstrom sind hier jedoch die einzelnen Meßpunkte nicht zufällig angeordnet. Die Meßpunkte für die kleinsten Massenelemente, also die Kreise, liegen mehr im unteren Teil, die Meßpunkte für die größten Massenelemente, also die Dreiecke, liegen mehr im oberen Teil des schraffierten Bereichs. Die Dosiergenauigkeit ist also umso besser, je kleiner die Massenelemente sind. Dieses Ergebnis kann man auch aus dem Kraftverlauf an der Waage erhalten. Wie dort bereits gezeigt, schwanken die einzelnen dosierten Massen um den Mittelwert in einem Bereich von  $\pm \Delta m/2$ . Der damit festgelegte relative Fehler der dosierten Massen gibt näherungsweise die gemessenen Variationskoeffizienten wieder.



**Bild 13.** Variationskoeffizient der dosierten Masse in Abhängigkeit vom Mittelwert der dosierten Masse für verschiedene absätzig zugeführte Massenelemente und Fallhöhen.

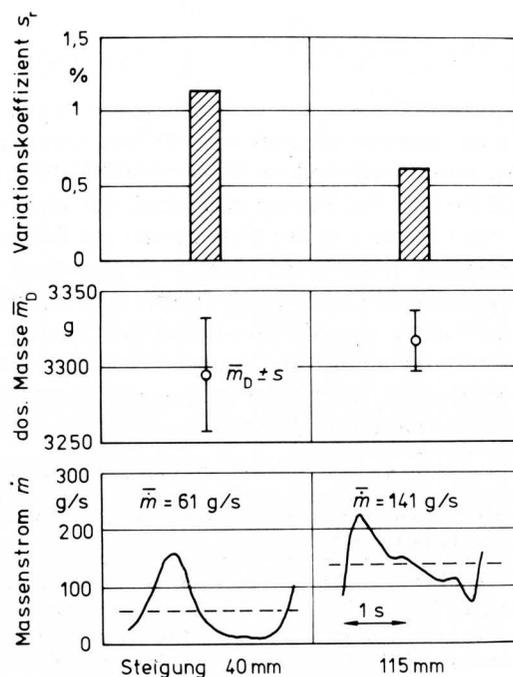
Aus der Lage der einzelnen Punkte erkennt man außerdem, daß die schwarzen Symbole mehr im unteren Teil, die weißen Symbole mehr im oberen Teil des schraffierten Bereichs liegen. Das bedeutet, daß die Genauigkeit der Dosierung bei der größeren Fallhöhe etwas besser ist. Dieses Ergebnis läßt sich auch mit einer multiplen Regressionsanalyse bestätigen. Dabei erhält man:

$$s_r = 0,457 \bar{m}_D^{-0,989} \Delta m^{0,434} H^{0,448} \quad (9)$$

Bei dieser Zahlenwertgleichung sind die folgenden Einheiten zu verwenden:  $s_r$  in %,  $\bar{m}_D$  in kg,  $\Delta m$  in g und  $H$  in m. Das multiple Bestimmtheitsmaß beträgt  $B = 0,88$ .

Wenn der Einfluß der Fallhöhe nicht berücksichtigt wird, erhält man in guter Übereinstimmung mit der Betrachtung des Kraftverlaufs am Wiegesystem:

$$s_r = 0,579 \frac{\Delta m}{\bar{m}_D} 100 \% \quad (10)$$



**Bild 14.** Beispiele für das Dosierergebnis bei Massendosierung mit schwankenden Massenströmen (Förderschnecken mit 80 mm Durchmesser).

### 3.3 Beispiel für schwankende Massenströme

Nachdem die zwei Grenzfälle des Massenstroms "konstant" bzw. "absätzig" behandelt wurden, soll an einem Beispiel der Fall von schwankenden Massenströmen untersucht werden, **Bild 14**. Die beiden dargestellten schwankenden Massenströme (unten) werden von zwei Förderschnecken mit einem Durchmesser von 80 mm erzeugt. Im linken Teil des Bildes beträgt die Steigung der Schnecke 40 mm, im rechten 115 mm. Die Schnecke mit der größeren Steigung fördert bei der gleichen Drehzahl einen entsprechend größeren mittleren Massenstrom. Hierdurch ist der Mittelwert der dosierten Massen (Bildmitte) bei der großen Steigung größer als bei der kleinen Steigung. Dies entspricht den Verhältnissen bei verschiedenen großen konstanten Massenströmen. Bei beiden Förderschnecken treten Massenstromschwankungen in etwa gleicher absoluter Größe auf. Bei der größeren Steigung sind die relativen Massenstromschwankungen wegen des höheren mittleren Massenstroms jedoch nur etwa halb so groß wie bei der kleineren Steigung. Auch der Variationskoeffizient ist bei der größeren Steigung nur halb so groß wie bei der kleineren Steigung. Mit der kleineren relativen Massenstromschwankung wird daher eine höhere Dosiergenauigkeit bei der Massendosierung erreicht. Diese Tendenz entspricht den Verhältnissen bei einer absätzigen Materialzufuhr.

### 4. Zusammenfassung

Bei der Massendosierung von Futtermitteln übt der zeitliche Verlauf des der Dosierwaage zugeführten Massenstroms einen entscheidenden Einfluß auf den Mittelwert und die Streuung der dosierten Massen aus.

Setzt man eine konstante Einstellung der Dosierwaage voraus, wobei die Vergleichskraft an der Waage der Gewichtskraft der ge-

wünschten dosierten Masse (Soll-Masse) im statischen Fall entspricht, dann ist bei einem zeitlich konstanten Massenstrom zur Dosierwaage der Mittelwert der dosierten Masse stets größer als die Soll-Masse, während bei absätziger Zufuhr einzelner Massenelemente infolge von Impulskräften die dosierte Masse stets kleiner als die Soll-Masse ist. Die Fallhöhe zwischen Zufuhrorgan und Wiegebehälter der Dosierwaage ist nur bei der absätzigen Zufuhr einzelner Massenelemente von Einfluß.

Bei schwankenden Massenströmen ist der Mittelwert der dosierten Masse vom zeitlichen Mittelwert des zugeführten Massenstroms abhängig. Die Genauigkeit der Dosierung wird umso besser, je größer die dosierte Masse und je kleiner die Massenstromschwankungen bezogen auf den Mittelwert sind. Bei der Massendosierung ist deshalb ein möglichst gleichmäßiger Massenstrom in der Zufuhr anzustreben. Deshalb ist bei Dosierwaagen für Futtermittel die Auswahl geeigneter Zufuhrorgane von besonderer Bedeutung. Größere Probleme sind dabei bei Grundfutter wegen der ungünstigen Materialstruktur zu erwarten.

### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] ● *Pirkelmann, H.*: Mechanisierung der Kraftfuttermittelherstellung an Milchvieh. Arbeiten der DLG, Band 164, Frankfurt/Main: DLG-Verlag 1980.
- [ 2 ] *Schlünsen, D. u. K. Walter*: Futterdosierung in einem teilautomatisierten Milchviehhaltungssystem. Landtechnik Bd. 33 (1978) Nr. 5, S. 224/27.
- [ 3 ] *Mannebeck, H.*: Eine automatische Anlage zur biologischen Fütterung von Milchkühen. Landtechnik Bd. 27 (1972) Nr. 14, S. 317/20.

## Mechanische Frostschäden an Rebstöcken

Von A.G. Meiering, J.H. Paroschy, R.L. Peterson, G. Hostetter und A. Neff, Guelph, Kanada\*)

DK 634.8:632.111.5

Zur Erforschung mechanischer Frostschäden in den Rebanlagen der Niagara-Halbinsel in der Provinz Ontario, Kanada, wurden während der Winterhalbjahre 1974 bis 1977 Daten über den Temperaturverlauf, das tangentielle Dehnungsverhalten und den Wassergehalt von Rebstöcken gesammelt. Diese Daten bildeten die Grundlage für Gefrierversuche mit frisch geschnittenen Stammproben von 3 bis 4 Jahre alten *Vinifera*-Rebstöcken in einer temperaturprogrammierten Kammer. Wärmeverhalten und Eisbildung im Rebstockgewebe wurden ferner mit Hilfe eines theoretischen Simulationsmodells analysiert.

Die Forschungsmittel für die Arbeiten über Winterschäden in Rebstöcken wurden vom Ontario Wine Council, vom Canada Department of Agriculture, von der Bright's Wines Company sowie vom Ontario Ministry of Agriculture and Food zur Verfügung gestellt.

\*) *Dr. A.G. Meiering ist Professor an der School of Engineering der University of Guelph. Dr. J.H. Paroschy war Forschungsingenieur im gleichen Institut und ist jetzt verantwortlich für Verfahrenstechnik und Verfahrensentwicklung bei der Bright's Wines Co. Ltd, Niagara Falls, Ontario. Dr. R.L. Peterson ist Professor im Department für Botanik und Genetik der University of Guelph. G. Hostetter ist Direktor für Weinbauforschung der Bright's Wines Co. Ltd und A. Neff ist Leiter des Pflanzenbaus bei demselben Unternehmen.*

Simulationsdaten und Meßergebnisse zeigten sehr gute Übereinstimmung und wiesen auf die enorme Bedeutung des Wasserhaushaltes für den Umfang der Eisbildung und die damit in direktem Zusammenhang stehenden mechanischen Schäden hin. Sie unterstrichen die starke Rolle von abgeschlossener Holzreife und Auswahl trockener Standorte ohne frostbedingte Staunässe für den erfolgreichen Anbau von *Vinifera*-Sorten im Kontinentalklima.

### 1. Einführung

Ein wichtiges Ziel der Rebenzüchtung ist die Selektion klimaresistenter Sorten, um Ertragsausfälle in frostgefährdeten Lagen oder in außergewöhnlich kalten Wintern so niedrig wie möglich zu halten. Züchter und Anbauer können sich dabei auf Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der Pflanzenphysiologie stützen, während über die Mechanik von Frostschäden kaum Informationsmaterial existiert.

Ein Forschungsprogramm, das die Untersuchung frostbedingter, mechanischer Gewebeschäden bei *Vinifera*-Rebsorten zum Ziel hatte, wurde im Jahre 1974 in der School of Engineering der University of Guelph in Angriff genommen. Dabei standen zunächst das Wärmeverhalten der Rebstöcke und die daran gekoppelte Eisbildung im Rebstockgewebe im Vordergrund des Interesses. Beide