

sie als Führungsgrößen zur Prozeßautomatisierung einzusetzen:

Bei der Lösung dieser Problemstellung wird sich zeigen, daß es erforderlich ist, verschiedene Automatisierungskonzeptionen entsprechend dem zu realisierenden Prozeß unter Berücksichtigung des Entwicklungsstands von Wissenschaft und Technik zu entwickeln.

Insgesamt ergeben sich für die Automatisierungskonzeptionen bei Mähdreschern folgende Anforderungen:

- Durch die Automatisierung des Mähdreschers ist eine Verlustsenkung sowie eine Energie- und Materialeinsparung im gesamten Ernteprozess zu erreichen.
- Die Automatisierungskonzeptionen sind

so aufzubauen, daß die Zuverlässigkeit der Gesamtmaschine erhöht wird.

- Die Ökonomie des gesamten Ernteverfahrens ist spürbar zu verbessern.
- Der subjektive Einfluß des Menschen auf den Gesamtprozess ist weitestgehend auszuschalten, es sind ihm Überwachungsfunktionen zu übertragen.
- Beim Ausfall der Automatisierungstechnik muß es möglich sein, die Maschine auch ohne Regelung bzw. Steuerung fahren zu können.

#### Literatur

- [1] Reinisch, K.: Kybernetische Grundlagen und Beschreibung kontinuierlicher Systeme. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.

- [2] Töpfer, H.; Rudert, R.: Einführung in die Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.
- [3] Brack, G.; Martens, H. D.: Prozeßautomatisierung. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
- [4] Lohse, G.; Feiffer, P.: Zur Variabilität der Dreschwerksverluste in Abhängigkeit von der Höhe der Verlustvorgaben. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 7, S. 313-314.
- [5] Algenstaedt, K.; Feiffer, P.; Lohse, G.; von Ardenne, M.; von Ardenne, A.: Leistungsabhängige Einstellung der Mähdrescher - ein Beitrag zur höheren Auslastung des Leistungspotentials. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 7, S. 291-294.
- [6] Šepovalov, B. B.: Automatizacija uboročnych procesov (Automatisierung der Ernteprozesse). Moskau: Verlag Kolos 1978.

A 3932

## Theoretische Untersuchungen zur Ermittlung der Schüttlerverluste am Hordenschüttler

Dipl.-Ing. S. Zwiebel, KDT

### 1. Problemstellung

Ein Beitrag zur Lösung der Aufgabe, den Getreidebedarf weitgehend aus eigenem Aufkommen zu decken, kann u. a. durch die Senkung der Ernteverluste erbracht werden.

Eine Voraussetzung für eine optimale Steuerung des Ernteprozesses und damit zur Senkung der Verluste ist die Kenntnis der Durchsatz-Verlust-Kennlinien des Mähdreschers. Die Durchsatz-Schüttlerverlust-Kennlinie ist eine wesentliche Kenngröße zur Steuerung des Mähdreschers. Zur Ermittlung der Schüttlerverluste werden aus diesem Grund verbesserte Verlustmeßeinrichtungen gefertigt.

Die angebotenen Verlustmeßeinrichtungen schließen aus der aus dem Stroh auf eine Meßeinrichtung fallenden Körneranzahl (Signalstrom) auf einen Wert für die noch im Stroh verbleibenden Kornmengen (Schüttlerverluste).

Die Verlustmeßeinrichtungen müssen für die jeweiligen Bedingungen kalibriert werden. Lösungsvorschläge [1, 2] zu Verlustmeßeinrichtungen, die ohne erneutes Kalibrieren für beliebige Bedingungen einsetzbar sind, wurden bisher nicht realisiert, da keine Untersuchungen zum Gültigkeitsbereich der Aussagen bekannt sind.

Die Lösungsvorschläge [1, 2] gehen davon aus, daß zwei Meßwerte für die abgeschiedene Kornmenge über der Schüttlerlänge zur Berechnung der Schüttlerverluste verwendet werden.

Eine theoretische Klärung des Problems, ob aus mehreren Meßwerten der Kornabscheidung die Schüttlerverluste ohne Kalibrierverfahren zu bestimmen sind, ist auf der Grundlage der Darstellung der Zusammenhänge zwischen den am Hordenschüttler auftretenden Körnerströmen herbeizuführen.

### 2. Darstellung der Zusammenhänge zwischen den am Hordenschüttler auftretenden Körnerströmen

#### 2.1. Allgemeines

Für die Beschreibung der Zusammenhänge der ausgedroschenen Körnerströme am Hor-

denschüttler wird ein kontinuierlicher Prozeß vorausgesetzt. Der Schüttler hat eine konstante Breite  $b$ . Der Prozeß soll im Zeitintervall  $\Delta t$  betrachtet werden. Dem Hordenschüttler wird von der Dreschtrammel ein Strohgemisch mit einem bestimmten Anteil ausgedroschener Körner  $y_0$  zugeführt (Bild 1). Über die Koordinate  $x_1$  des Schüttlers wird die Körnermenge  $y_1$  mit dem Stroh auf dem Schüttler transportiert. Über die Koordinate  $x_2$  hinweg wird die Körnermenge  $y_2$  mit dem Stroh auf dem Schüttler transportiert. Die Differenz der Körnermengen

$$\Delta y = y_1 - y_2$$

fällt auf dem Längenabschnitt

$$\Delta x = x_1 - x_2$$

durch den Schüttler.

Die über den Schüttler an jeder beliebigen Schüttlerkoordinate  $x_i$  mit dem Stroh transportierte Körnermenge  $y_i$  wird durch die Körnerrestfunktion  $y = f(x)$  beschrieben.

Durch die Kornabscheidefunktion  $y' = f(x)$  wird die durch jeden beliebigen Schüttlerabschnitt  $\Delta x_i$  fallende Körnermenge  $\Delta y_i$  in folgender Form dargestellt:

$$y' = \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i}$$

Die Kornabscheideverluste des Hordenschüttlers entsprechen der über die Koordinate  $x_E$  des Schüttlerendes mit dem Stroh transportierten Körnermenge  $y_E$  (s. Körnerrestfunktion, Bild 1). Die auf ein am Schüttlerende angebrachtes Verlustmeßgerät (VM) fallende Körnermenge  $\Delta y_{VM}$ , dividiert durch die Abmessung des Verlustmeßgeräts  $\Delta x_{VM}$ , entspricht dem letzten meßbaren Wert der Kornabscheidefunktion:

$$y'_{VM} = \frac{\Delta y_{VM}}{\Delta x_{VM}}$$

Im Bild 2 sind für einen realen Abscheideprozeß die Körnerrestfunktion  $y$  und die Kornabscheidefunktion  $y'$  in einem Diagramm in einfacher logarithmischer Teilung dargestellt.

Wird bei der Beschreibung der Zusammenhänge zwischen der Körnerrestfunktion und der Kornabscheidefunktion von der Differenz  $\Delta$  zum Differential  $d$  übergegangen, so

gilt für die Körnerrestfunktion  $y = f(x)$  und für die Kornabscheidefunktion  $y' = dy/dx = f'(x)$ .

Aussagen zu den Kornabscheideverlusten  $y_E$  am Hordenschüttler sind nur bei Kenntnis von Werten der Körnerrestfunktion zu treffen (Bild 1).

Allein aus Informationen zur Kornabscheidefunktion  $y'$  kann nicht auf die Körnerrestfunktion und damit auch nicht auf die Kornabscheideverluste geschlossen werden.

Aus der Ableitung  $y' = f'(x)$  einer Funktion  $y = f(x)$  kann nur die spezielle Funktion  $y = f(x)$  gefunden werden, wenn ein Funktionswert für  $y$  zur Bestimmung der Integrationskonstanten angegeben werden kann.

Zu einer Funktion  $y' = f'(x)$  existieren unendlich viele parallele Funktionen  $y = f(x)$ , die sich nur durch die Integrationskonstante und damit auch durch die Körnerverluste unterscheiden.

#### 2.2. Betrachtungen zu einem speziellen Funktionstyp zur Beschreibung der Körnerströme am Hordenschüttler

Zur näherungsweisen Beschreibung der Körnerrestfunktion  $y$  wird allgemein die nachfolgende Funktion verwendet:

$$y = e^{a + bx} \quad (1)$$

Diese Funktion wird auch sonst in der Technik häufig genutzt (Newtonsches Abkühlungsgesetz, Gesetz des organischen Wachstums).

Aus der o. g. Körnerrestfunktion (1) ist die Kornabscheidefunktion abzuleiten:

$$y' = f'(x) = dy/dx$$
$$y' = b e^{a + bx} \quad (2)$$

Für die nachgenannten Randbedingungen, die willkürlich gewählt sind, ist die Integrationskonstante gleich Null:

- $x \rightarrow \alpha$ , Schüttlerlänge  $\rightarrow \alpha$
- $y \rightarrow 0$ , Körnerrest  $\rightarrow 0$ .

Durch Integration der Kornabscheidefunktion  $y' = f'(x)$  ist damit die Körnerrestfunktion  $y = f(x)$  wieder festgelegt. (Im realen Prozeß kann bei einem endlichen Wert für  $x$  der Körnerrest bereits Null sein).

Durch Einsetzen der Gl. (1) in Gl. (2) erhält

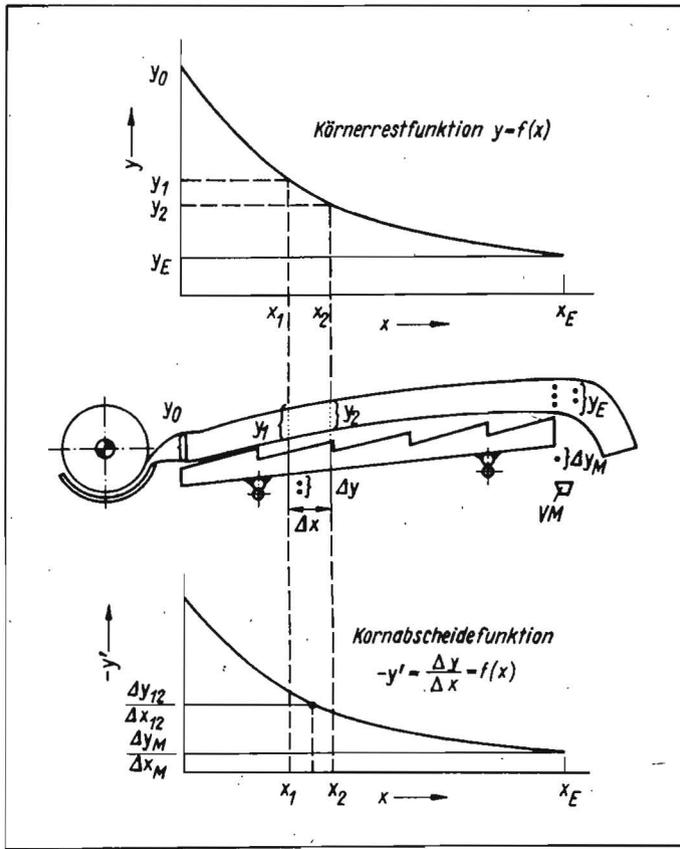


Bild 1. Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen den ausgedroschenen Körnerströmen am Hordenschüttler; y im Stroh befindliche Körnermenge auf dem Schüttler; x Koordinate Schüttlerlänge;  $y' = \Delta y/\Delta x$  aus dem Stroh fallende Körnermenge im Abschnitt  $\Delta x$

Bild 2. Für einen realen Abscheideprozeß dargestellte Körnerrestfunktion y und Kornabscheidefunktion  $y'$ ; a reale Körnerrestfunktion, b reale Kornabscheidefunktion

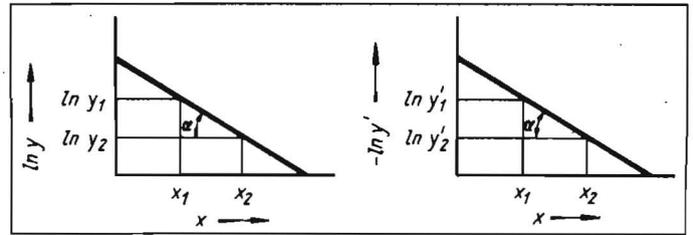
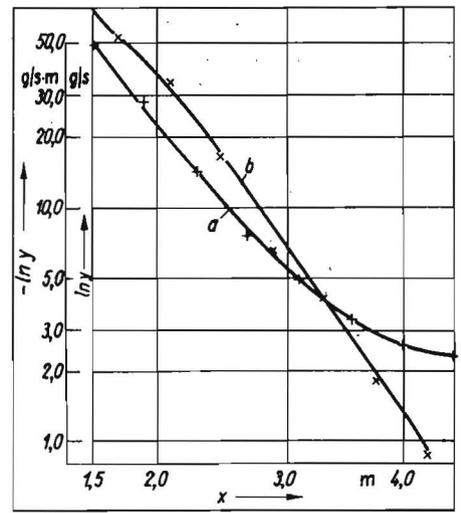


Bild 3. Körnerrestfunktion  $y = f(x)$  und Kornabscheidefunktion  $y' = f(x)$  nach Bild 1 in einfach ln-geteiltem Diagramm;  $\tan \alpha = b$

man die Differentialgleichung  $y' = by$ . Durch diese Differentialgleichung wird ausgesagt, daß zwischen den Funktionswerten der Körnerrestfunktion  $y = f(x)$  und der Kornabscheidefunktion  $y' = f(x)$  ein proportionaler Zusammenhang besteht.

Der Proportionalitätsfaktor ist mit Hilfe geometrischer Betrachtungen an der Körnerrestfunktion oder an der Kornabscheidefunktion einfach zu bestimmen. Man erhält durch Logarithmieren der Funktion nach Gl. (1)  $\ln y = a + bx$  und durch Logarithmieren der Funktion nach Gl. (2)  $\ln y' = \ln b + a + bx$ .

In einem einfachen logarithmischen Koordinatensystem sind die Funktionen als Geraden darzustellen (Bild 3). Damit ist der Proportionalitätsfaktor b aus beiden Funktionen in entsprechender Weise zu berechnen (Bild 3). Mit den Werten der Kornabscheidefunktion (Bild 3) ist

$$b = \frac{\ln y'_1 - \ln y'_2}{x_1 - x_2}$$

Durch eine lineare Regression ist eine Ausgleichsrechnung mit beliebig vielen Meßpunkten der Kornabscheidefunktion  $y'$  zur Berechnung des Proportionalitätsfaktors b realisierbar. Die beschriebenen Zusammenhänge zwischen den Funktionen nach den Gln. (1) und (2) gelten nur, wenn der Abscheideprozeß hinreichend genau durch die o. g. ausgewählten Funktionen beschrieben werden kann. Als allgemeine Lösung ist aus Meßwerten der Kornabscheidefunktion nur über ein Kalibrierverfahren (empirisches Modell) auf die Schüttlerverluste zu schließen.

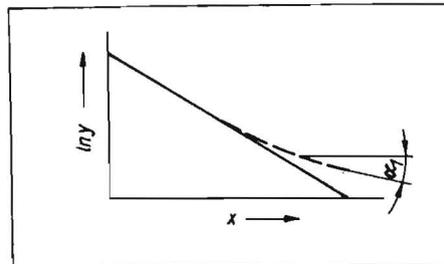


Bild 4. Körnerrestfunktion; — idealisierte Funktion nach Gl. (1) - - - reale Körnerrestfunktion

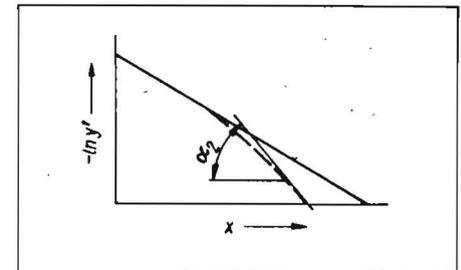


Bild 5. Kornabscheidefunktion; — idealisierte Funktion nach Gl. (2) - - - reale Kornabscheidefunktion

### 2.3. Betrachtungen zu realen Abscheideprozessen am Hordenschüttler

Aus der Literatur ist bekannt, daß die Körnerrestfunktion realer Abscheideprozesse in der im Bild 4 angegebenen Weise von der Funktion nach Gl. (1) (Bild 3) abweicht (s. Beispiel Bild 2). Als Folge dieser Abweichung ist eine Abweichung der realen Kornabscheidefunktion von der im Bild 3 angegebenen idealen Funktion nach Gl. (2) in der im Bild 5 angegebenen Weise festgelegt ( $y' = dy/dx$ ).

Aus dem Vergleich der Bilder 4 und 5 sind folgende Aussagen abzuleiten:

- Das Verhältnis  $b = y'/y$  ändert sich mit der Schüttlerlänge.
- Der Anstieg ( $b_1 = \tan \alpha_1$ ) der Körnerrestfunktion unterscheidet sich von dem Anstieg ( $b_2 = \tan \alpha_2$ ) der Kornabscheidefunktion.

Daraus ist zu schlußfolgern, daß für reale Abscheideprozesse auch bei Verwendung mehrerer Meßwerte für die Kornabscheidung nur auf der Grundlage empirischer Modelle

(Kalibrieren) auf die tatsächlichen Schüttlerverluste zu schließen ist.

### 3. Zusammenfassung

Ausgehend von der Forderung, aus Meßwerten für die abgeschiedenen Körnermengen am Hordenschüttler die Schüttlerverluste zu bestimmen, ohne daß die speziellen Erntebedingungen zu berücksichtigen sind, werden theoretische Betrachtungen zur Lösung des Problems, durchgeführt. Auf der Grundlage der Darstellung der Zusammenhänge zwischen den am Hordenschüttler auftretenden Körnerströmen wird nachgewiesen, daß aus den Meßwerten für die abgeschiedenen Körnermengen keine allgemeingültige Lösung zur Ermittlung der Schüttlerverluste bereitstellen ist.

Für reale Abscheideprozesse ist auch bei der Verwendung mehrerer Meßwerte für die Kornabscheidung nur auf der Grundlage empirischer Modelle (Kalibrieren der Meßein-

# Untersuchungen zur Verbesserung des Futtermiteleinsetzes im Angebotsprojekt 1930

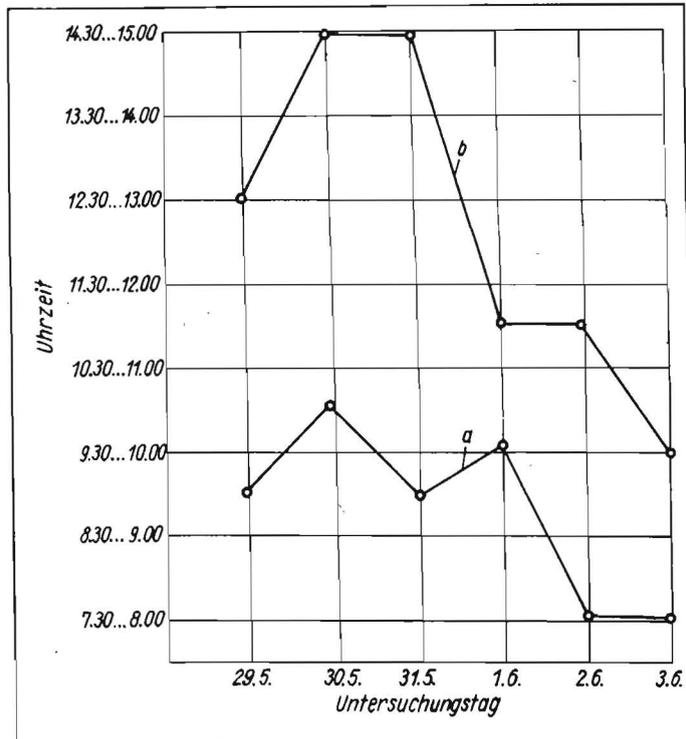
Dr. agr. H. Fitzthum, KDT/Dipl.-Ing. M. Weber, KDT

Langjährige Untersuchungen in industriemäßig produzierenden Milchproduktionsanlagen des Angebotsprojekts für 1930 Tierplätze machen deutlich, daß trotz hoher fachlicher Qualifikation der Fütterer und verantwortungsbewußten Umgangs mit den Futtermitteln von seiten der Leiter Rationsabweichungen auftreten, die mit Sicherheit das Anpassungsvermögen der Tiere weit überschreiten und zu schlechten Futterausnutzungsbedingungen führen. Abgesehen von Unregelmäßigkeiten in der Futtermittelbereitstellung, die in der Praxis auftreten, und von Havariesituationen, die Rationsveränderungen bewirken, ist der Befüllungsgrad der Krippe sehr großen Streuungen unterworfen, die mitunter wenig begründbar sind.

Als Beispiel werden Werte der prozentualen Erfüllung der Fütterungsvorgabe in den Tafeln 1 und 2 angegeben. Für die Futterkomponenten Welksilage und Grünfutter sind die Abweichungen vom Sollwert deutlich. Diese Beispiele ließen sich für alle untersuchten Anlagen, zu verschiedenen Meßperioden und bei allen untersuchten Futtermitteln fortsetzen. Die Aussagen über Rationsabweichungen vom Sollwert beziehen sich in den Tafeln auf die Originalsubstanz, ergeben jedoch bei Bewertung der Trockensubstanz oder der energetischen Verhältnisse grundsätzlich ähnliche Werte. Selbst wenn der Aussagewert derartiger Messungen wegen relativ kurzer Versuchsdauer und der Begrenzung der Anzahl der Meßwerte und Proben sowie des Fehlens von parallel durchgeführten Verhaltensuntersuchungen in den Tiergruppen Stichprobencharakter trägt, ist doch die Aussage, daß von 11 untersuchten Arbeitsschichten hinsichtlich der Ausfütterung mit Trockensubstanz nur in 2 Fällen richtig gefüttert wurde, ein Zeichen für große Unsicherheiten, Streuungen und Rationsabweichungen. Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Beschickungszeit und der Anzahl der Teilrationen zeigt Bild 1.

Es wird deutlich, daß sehr unterschiedliche Fütterungszeiten und damit zeitliche Abstände zum Melken auftreten und daß die Forderungen nach einem stereotypen Ablauf der Abschnitte Füttern, Treiben, Melken in den untersuchten Anlagen nicht eingehalten werden. Zeitmessungen zur Zusammensetzung der Schichtzeit ergaben außerdem sehr

Bild 1  
Bandbeschickungszeiten an 6 Untersuchungstagen (funktionell nicht zusammenhängende Ergebnisse – Beschickungszeiten – wurden in dieser Darstellung verbunden, um Zeitdifferenzen optisch zu verdeutlichen);  
a 1. Beschickung,  
b 2. Beschickung



Tafel 1. Prozentuale Erfüllung der Fütterungsvorgabe bei Grünfutter an 4 Untersuchungstagen (Originalsubstanz)

Futterband	Untersuchungstag			
	7. 6.	8. 6.	9. 6.	10. 6.
1	132,2	105,8	129,7	109,4
2	333,1	44,4	68,1	45,9
3	185,0	133,4	158,8	137,8
4	69,3	55,5	85,0	69,0
5	149,8	120,0	143,0	124,1
6	105,8	75,4	100,9	97,3
7	149,8	133,4	122,5	124,1
8	105,8	75,4	100,9	97,3
9	128,4	114,4	105,0	106,4
10	128,4	114,4	105,0	106,4
x	138,5	104,4	115,3	108,0

Tafel 2. Prozentuale Erfüllung der Fütterungsvorgabe bei Welksilage an 4 Untersuchungstagen (Originalsubstanz)

Futterband	Untersuchungstag			
	7. 6.	8. 6.	9. 6.	10. 6.
1	217,5	172,1	191,3	93,8
2	435,0	114,2	127,5	62,5
3	209,0	123,6	137,6	67,7
4	174,0	136,0	152,0	60,0
5	134,3	88,3	118,0	58,0
6	94,0	74,2	82,6	54,2
7	134,3	106,0	118,0	58,0
8	94,0	74,2	82,6	54,2
9	134,3	106,0	118,0	58,0
10	134,3	106,0	118,0	58,0
x	147,2	101,4	115,1	60,7

hohe Stillstandszeiten sowie Nachlaufzeiten der Zentral- und Querförderer, bedingt durch technische Störungen (20 % der Stillstandszeit) sowie technologisch bedingte Unregelmäßigkeiten (58 % der Stillstandszeit). Die hier zusammengefaßten Ergebnisse, die mit Anlagenleitern und Fütterern in Weiterbildungsveranstaltungen technischer Leiter von Tierproduktionsanlagen anlagenspezifisch ausgewertet wurden, machen die Notwendigkeit deutlich, Wege zur Verbesserung der Gruppenration zu suchen, die subjektiven Faktoren der Rationsbildung weitgehend auszuschließen und die Rationsbildung, aber auch den zeitlichen Ablauf besser zu fassen. Die Untersuchungen ergaben weiterhin, daß eine mit höherer Genauigkeit gebildete Ration erst dann futtermittelökonomisch voll wirksam wird, wenn die Zusammensetzung der Gruppen hinsichtlich der

Milchleistung ausgeglichener ist, als das gegenwärtig der Fall ist. Bei der gegenwärtigen Gruppenbildungspraxis nach Abkalbung streuen die Milchleistungen der Tiere in den Gruppen erheblich. Das wird in Tafel 3, die auszugsweise für 2 Futterbänder Milchleistungsgruppen zeigt, deutlich.

Es kann angenommen werden, daß soziale Rangstellungen bewirken, daß großrahmige, aber leistungsschwache Tiere leistungsstärkere Tiere abdrängen und daß aus der Gruppenration, auch wenn sie der Gruppenleistung entspricht, nicht die notwendigen Nährstoffe zu den leistungsstarken Tieren gelangen, womit mögliche Leistungen nicht erreicht werden. Zur Verbesserung der Bewirtschaftung muß eine veränderte Form der Gruppenbildung angewendet werden [1]. Um die angeführten Mängel der Rationsbildung und des zeitlichen Ablaufs des Fütte-

Fortsetzung von Seite 27

richtung) auf die tatsächlichen Schüttlerverluste zu schließen.

## Literatur

- [1] Glaser, F.: Korn-Stroh-Trennung unter besonderer Berücksichtigung eines umlaufenden Siebbandschüttlers. Technische Universität München, Dissertation 1976.
- [2] Kirste, A.; Kühn, G.: Berechnung des momentanen Körnerverlustes bei Mähdreschern aus gemessenen Parametern der Abscheidung. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 10, S. 442-445.

A 3933