

Leistungsfähigkeit der Futterverteilsysteme bei der Versorgung großer Tierbestände in Laufstallanlagen

Dr.-Ing. U. Jacobi, KDT, VEB Landtechnischer Anlagenbau Dresden¹⁾

Die weitere Intensivierung der Tierproduktion zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit, zur Steigerung der Arbeitsproduktivität sowie zur Senkung der Kosten erfordert, schwerpunktmäßig vor allem die Verfahren und Ausrüstungen der Fütterung so zu gestalten, daß

- die Versorgung auch großer Tierbestände mit dem für ihre Erhaltung und Leistung erforderlichen Futter gewährleistet wird
- der Einsatz von maximalen Grobfutteranteilen erreicht wird
- eine Reduzierung des Arbeitszeitaufwands eintritt
- geringe Investitionen nötig sind und niedrige Kosten entstehen [1].

Nachfolgend soll die technologische Eignung bekannter Futterverteilsysteme, vor allem unter Beachtung solcher technologischer Forderungen, wie der Synchron- und Nachfütterung für Anlagen mit 2000 und mehr Tierplätzen, herausgestellt werden [2].

Bestimmend für das gesamte Teilsystem „Futtermittelversorgung“ werden die Futterverteil-einrichtungen. Gegenwärtig kommen zum Einsatz bzw. befinden sich in Vorbereitung (Bild 1):

- Krippenauszugsband (KAB)
- obenliegende Gurtbandförderer mit oszillierendem Abstreicher (AB)
- längsverfahrbare und reversierbare Gurtbandförderer (FBL)
- längsverfahrbare Behälterförderer (FL)
- querverfahrbare Behälterförderer/Futterbrücke (FB)
- verfahrbare, selbstdosierende Bunkerförderer (BA).

Sowohl das Krippenauszugsband als auch der verfahrbare, selbstdosierende Bunkerförderer werden für den Einsatz in industriemäßigen Anlagen abgelehnt.

Folgende leistungsbegrenzende Faktoren bestimmen die Einsetzbarkeit der Verteilsysteme:

Bewegungsverhältnisse der Verteileinrichtungen

Für die zeitliche Einordnung einer Verteileinrichtung in den technologischen Ablauf sind nicht die Rationsgrößen entscheidend, sondern die Bewegungsparameter. Für das Überstreichen einer Krippe ist, unabhängig von der Rationsgröße, eine bestimmte Zeit erforderlich.

Typ und Volumen der Ration

Auch zukünftig werden vorrangig großvolumige und komponentenreiche Rationen eingesetzt. Dominieren wird der maximale Silageeinsatz mit Grünfütter im Sommer und geringem Einsatz von Teilmittelgemischen bzw. Konzentratmischungen. Alleinig Trockenfuttervarianten werden auch im perspektivnahen Zeitraum keine Bedeutung gewinnen, so daß die dafür konzipierte Verteileinrichtung „selbstdosierender Bunkerförderer“ nicht weiter berücksichtigt werden soll.

Aufstellungskonzeptionen

Die gegenwärtig bevorzugten Aufstellungskonzeptionen oder Liegeboxenanordnungen beeinflussen die Gestaltung von Fütterungsanlagen durch unterschiedliche Krippenabstände, Krippenlängen und Krippenanordnungen und damit auch durch eine unterschiedliche Anzahl von Tiergruppen je Krippe. Hinzu kommt, daß diese Aufstellungsformen für die Produktions- und Reproduktionsbereiche einer Anlage unterschiedliche Lösungen für die Fütterung bedingen können.

Technologische Anforderungen (z. B. Synchronität des Fütterungsprozesses und Nachfüttern)

Das für industriemäßig produzierende Anlagen geforderte Fütterungsregime soll einen guten technologischen Ablauf aller Prozesse, aber auch günstige Bedingungen der Leistungsbildung schaffen. Dazu gehört die Synchronität von Fütterungs- und Melkprozeß. Dies bedeutet die zeitlich definierte und konstant bleibende Anlagerung der Fütterung an den Melkablauf und ist im Interesse eines gesicherten Treibeablaufs und eines geregelten Tierversorgungs- und Tierentsorgungszyklus erforderlich.

Weiter wird aus tierphysiologischen Gründen eine Aufteilung der Gesamtration gefordert.

Mehrere Teilgaben je Mahlzeit führen zu einer höheren Trockenmasseaufnahme und damit zu höheren Leistungen, vor allem im ersten Drittel der Laktation. Von Kaiser und Lippitz werden Mehrleistungen von 5 bis 8% ausgewiesen [3]. Bereits im Jahr 1974 wurde in der Studie „Milchviehanlagen mit hohen Tierkonzentrationen...“ [4] mindestens für die Tiere der ersten 100 Laktationstage die Möglichkeit des Nachfütterns gefordert.

Zuverlässigkeit des vorhandenen Systems

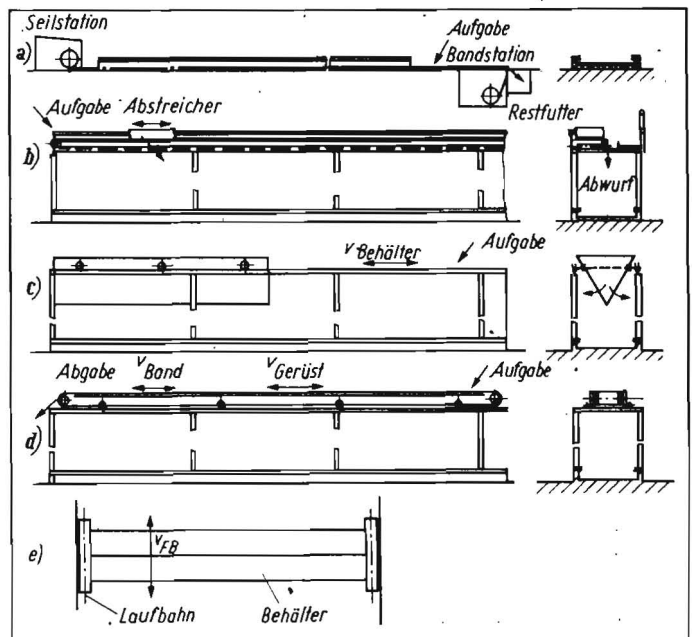
Industriemäßige Prozesse verlangen eindeutig begründete und sichere technologische Lösungen mit leistungsfähigen, aufeinander abgestimmten Ausrüstungen. Auch als Beitrag zur technologischen Projektierung wurde das Wirksamwerden der genannten leistungsbegrenzenden Faktoren untersucht, um für die Projektierung von Fütterungseinrichtungen in Milchproduktionsanlagen mit 2000 und mehr Kuhplätzen die die Produktion sichernden Verfahren bereitzustellen. Weitere Ziele waren die ökonomische Einordnung der Fütterungsverfahren sowie die Schaffung von Voraussetzungen für eine erforderliche Reduzierung der Elemente unter der Sicht eines zukünftigen einheitlichen und optimierten Ausrüstungssystems.

Die Untersuchung des zeitlichen Ablaufs ist möglich, da die Arbeitsprozesse Melken und Füttern als spezialisierte Produktionsprozesse in zeitlich definierter Folge wiederkehren. Bei synchroner Fütterungsweise ist in Übereinstimmung mit dem Melken ein taktweiser Fütterungsablauf notwendig. Im konkreten Fall wird die Taktzeit aus einer effektiven Melkdauer bzw. Operativzeit t_{02} von $2 \times 8,5$ h/Tag bei dreischichtigem Betrieb abgeleitet.

Um die Synchronität des Fütterungsprozesses zu erzielen, ergibt sich die Taktzeit aus dem

Bild 1 Einrichtungen zur Futterverteilung:

- a) Krippenauszugsband (KAB)
- b) obenliegender Gurtbandförderer mit ver-fahrbarem Abstreicher/ Abstreicherband (AB)
- c) längsverfahrbare Behälterförderer/Futter-lore (FL)
- d) längsverfahrbare und reversierbare Gurtbandförderer (FBL)
- e) querverfahrbare Behälterförderer/Futterbrücke (FB)

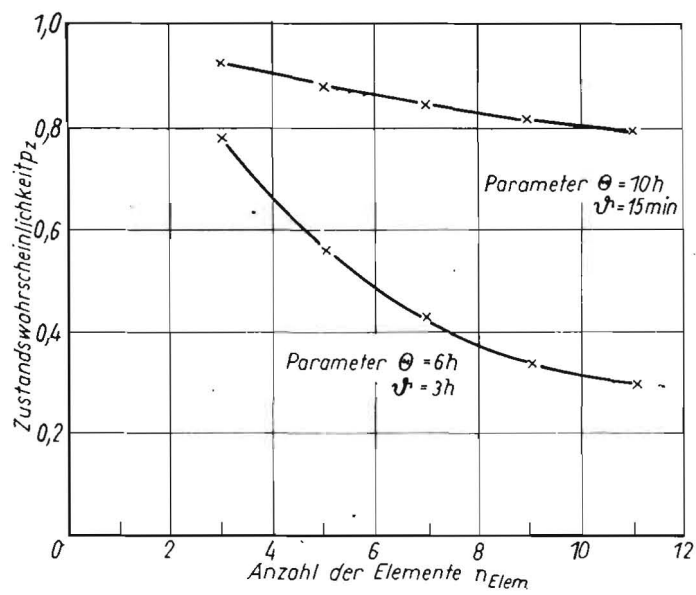
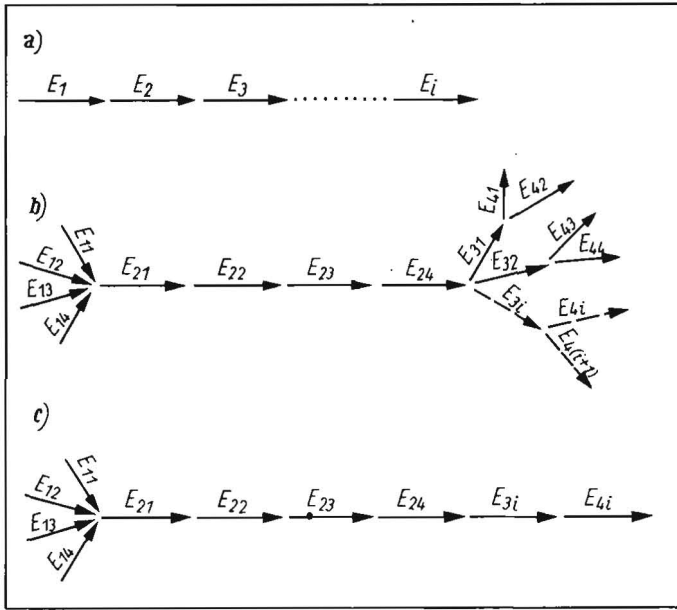


Fortsetzung von Seite 114

tragend ausgebildeten Traggerüste wesentlich gesenkt.

- Der Transportaufwand wird durch die Leichtbauweise und die konstruktive Ausführung der Baugruppen und Einzelteile, die sich zu guten Verpackungseinheiten zusammenfassen lassen, verringert.
- Die im wesentlichen kleinen und leichten Elemente ermöglichen auch unter ungünstigen Bedingungen eine leichte Montage.
- Ersatzteil- und Reparaturaufwand werden gesenkt.

A 2259



Quotienten von Zeitfonds durch Anzahl der Krippen mit laktierenden Tieren mal Anzahl der Teilgaben.

Daraus ergeben sich bereits erste Schlußfolgerungen:

- Bei der Realisierung von 2 Teilgaben (Nachfüttern) verringert sich die theoretische Taktzeit um 50%.
- Werden durch den Füllprozeß die Taktzeiten in Anspruch genommen, so muß im Trockensteher- und im Reproduktionsbereich außerhalb der angegebenen Melkzeit gefüttert werden.
- Da bei einer effektiven Melkzeit von $2 \times 8,5$ h/Tag bereits eine hohe Auslastung gegeben ist, muß die Fütterung der Nichtproduktionsbereiche außerhalb dieser Zeit abgelehnt werden. Dies bedeutet, daß bei Realisierung der 2. Teilgabe die dafür vorhandene Zeit auch durch die Fütterung der Nichtproduktionsbereiche genutzt werden muß. Damit ist die 2. Teilgabe nur für eine begrenzte Anzahl von Krippen möglich.

Die Dimensionierung des Prozesses bzw. die Vorausberechnung der maximalen Leistungsfähigkeit erfordert die Bestimmung des tatsächlich zur Verfügung stehenden Zeitfonds oder anders ausgedrückt, die starre Kopplung des Melk- und Fütterungsprozesses bei Synchronität bedingt beim Ausfall bzw. bei Unterbrechung des einen Prozesses den Stillstand des anderen. Um das bereits hoch ausgelastete Melksystem bei konsequenter Anwendung der Synchronfütterung nicht durch die unplanmäßigen Stillstände des Fütterungssystems zu belasten, muß letzteres über längere Zeiträume als stationärer Prozeß ablaufen. Das ist unter Beachtung der Zuverlässigkeit oder Verfügbarkeit möglich. Die nichtplanmäßigen Stillstandszeiten infolge auftretender Störungen bzw. die Wahrscheinlichkeit, daß der Prozeß in der Zeit in Betrieb ist, in der keine planmäßigen Stillstände oder Nebenarbeitszeiten anfallen, sind zu berücksichtigen.

Unter Beachtung weiterer Verlustzeiten für Anlaufvorgänge und Verzögerungen ergibt sich damit für den Einzelprozeß als Bedingung für die technologische Eignung:

$$t_T = p_z (t_{Takt} - t_N);$$

t_T Zeit für den ungestörten Ablauf einer Krippenbefüllung

p_z Wahrscheinlichkeit, daß der Prozeß in Betrieb ist

t_{Takt} Taktzeit für die Beschickung einer Krippe

t_N Nebenarbeitszeit.

Für Fütterungsanlagen wurden Grundlagen zur Ermittlung der Zuverlässigkeit erarbeitet. Ausgangspunkt war ein analytisches Lösungsverfahren zur Ermittlung der Zustandswahrscheinlichkeit von Stojan [5] für Fördersysteme. Als Bedingung für eine Lösung muß das System endlich viele Elemente besitzen. Für diese müssen sich die definierten Zustände „Betrieb“, „Havarie“ und „Stillstand“ in endlicher Zahl angeben lassen. Das Verhalten der Elemente wird gekennzeichnet durch die Störungsdauer und ausfallfreie Arbeitszeit zwischen zwei Störungen bei sonst kontinuierlichem Betrieb.

Die Störungsdauer ϑ und die störungsfreie Zeit oder auch ausfallfreie Arbeitszeit Θ werden als Zufallsgrößen vorausgesetzt.

Von den ermittelten Zuständen sind Gleichungen für die Zustandswahrscheinlichkeit $p_i(t)$ aufzustellen. Damit erhält man ein Differentialgleichungssystem zur Ermittlung der Zustandswahrscheinlichkeiten.

Die Zuverlässigkeit stellt die Summe der Zustandswahrscheinlichkeiten für die Zustände „Betrieb“ dar.

Die Anwendbarkeit dieses Gleichungssystems ist an nachfolgende Bedingungen gebunden:

- Der vorliegende Prozeß muß stochastisch sein.
- Der stochastische Prozeß muß das Verhalten eines homogenen Markowschen Prozesses aufweisen. Für das Teilsystem „Fütterung“ bedeutet das, daß die mittlere Störungsdauer über den gesamten Zeitablauf konstant ist, also z. B. nicht in Abhängigkeit von Schicht oder Wochentag schwankt.
- Für den homogenen Markowschen Prozeß muß Ergodizität vorliegen, d. h. die Zustandswahrscheinlichkeit muß gegen einen stationären Wert konvergieren.

Da diese Bedingungen erfüllt werden, kann das Differentialgleichungssystem mit Hilfe von Näherungs- bzw. Iterationsverfahren gelöst werden. Die Zuverlässigkeit des Systems hängt also von den Parametern für die störungsfreie Zeit sowie von der Störungsdauer, der Anzahl der Grundelemente und der Struktur des

Bild 2. Mögliche Berechnungsstrukturen für das Teilsystem „Fütterung“:

- a) Reihenschaltung (allgemein)
- b) kombinierte Reihen- und Parallelschaltung (für Beispiel)
- c) reduzierte Reihen- und Parallelschaltung (Ausgangsschaltung für Untersuchung)

Bild 3. Zustandswahrscheinlichkeit als Funktion der Anzahl der Elemente

Systems ab. Für das Teilsystem „Fütterung“ müssen zuerst die Berechnungsstrukturen sowie die bevorzugte Anzahl von Elementen ermittelt werden. Bild 2 zeigt typische Berechnungsstrukturen.

Einfach ist die gegenseitige Beeinflussung bei Reihenschaltungen zu erfassen. Komplizierter ist dies bei Parallelschaltungen, da hierbei bei bestimmten Havariezuständen der Zustand „Betrieb“ bleiben kann. Für die Rechnung erwies sich die Form c) als Voraussetzung.

Zur Vereinfachung der Struktur wird die Parallelschaltung der Verteileinrichtung in eine Reihenschaltung umgewandelt, da jeweils nur ein Element (Verteileinrichtung) in Betrieb ist und andererseits bei Havarie eines Elements die Störungsdauer nicht ablaufen muß, d. h., es wird bei Havarie planmäßig auf das nächste Element übergegangen. Das bedeutet jedoch, daß die von einer Havarie betroffenen Krippen nach der Havariebehebung außerhalb des planmäßigen Ablaufs befüllt werden müssen.

Für die vorliegende Förderkette werden Vorzugskomponentenkombinationen in den Rechengegang eingesetzt, um die Entwicklung des Wertes für die Zuverlässigkeit abzugrenzen. Den Einfluß der Anzahl der Elemente zeigt Bild 3. Exakte Angaben für die Parameter störungsfreie Arbeitszeit sowie Störungsdauer können nur auf analytischem Weg durch statistische Erhebungen gewonnen werden. Für eine Vorzugskette mit 10 Elementen sind für einen anzustrebenden Zuverlässigkeitswert von $p_z = 0,85$ für die Elemente Dosierer, Gurtbandförderer und Verteileinrichtung als wesentliche Anforderungen an die Konstruktion mittlere störungsfreie Arbeitszeiten von 12 bis 16 h und mittlere Störungsdauern von 10 bis 15 min zu sichern.

Der für den Fütterungsprozeß zur Verfügung stehende Zeitfonds wird weiterhin durch die Nebenarbeitszeiten verringert. Als Neben-

Variante a		Variante b		Variante c	
R3	R4	13	14	R5	R6
R2	R5	12	15	R3	R4
R1	R6	11	16	R1	R2
19	20	10	17	19	20
18	9	9	18	17	18
8	10	8	19	15	16
7	11	7	20	13	14
6	12	6	R1	11	12
5	13	5	R2	9	10
4	14	4	R3	7	8
3	15	3	R4	5	6
2	16	2	R5	3	4
1	17	1	R6	1	2

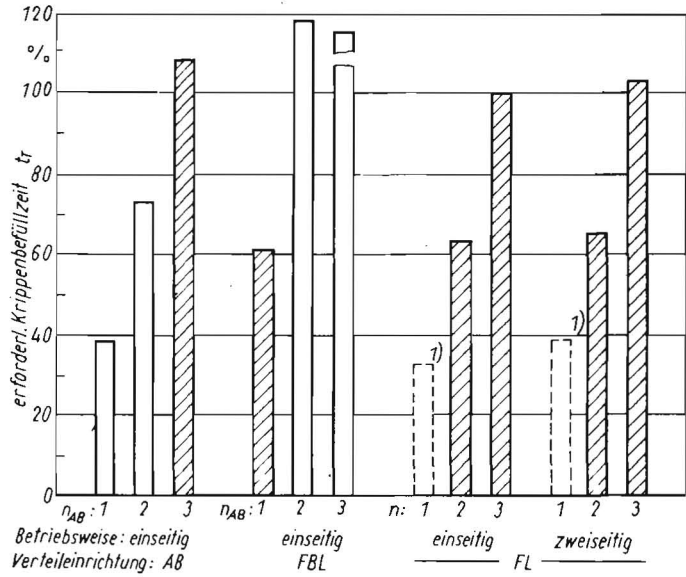


Bild 4: Mögliche Anordnung der Stallbereiche; Reihenfolge der Krippenbefüllungen (2. Teilgabe halbfett hervorgehoben)
 1 18 2 19 3 20 4 1 5 2 6 3 7 4 8 5
 9 6 10 (7) 11 (8) 12 R1 13 R2 14 R3
 15 R4 16 R5 17 R6
Bestandsaufteilung:
 Gruppe 1...17 laktierende Tiere (Zahlenfolge entspricht der Treihenfolge)
 18...20 trockenstehende Tiere
 R1...R6 Reproduktionsbereich

Bild 5: Vergleich der technologischen erforderlichen Zeiten t_f für eine Krippenbefüllung; n_{AB} Anzahl der Abstreichungen bzw. Überlagerungen, n Anzahl der Einfahrten je Krippe
 1) Variante nicht realisierbar, da $L_{FL} \leq 24$ m, $L_K = 48$ m

arbeitszeit werden die Zeiten für den Wechsel von Krippe zu Krippe, die damit verbundenen Anlaufzeiten des Gutstroms und die Zeiten für den Rationswechsel definiert. Entsprechend dem erforderlichen technologischen Ablauf bei der Synchron- und Nachfütterung ergibt sich eine strenge Regelung des Krippenwechsels. Bild 4 zeigt die erforderliche Reihenfolge der Krippenbefüllungen. Dabei muß stets in definierter Folge zwischen den Krippen des Produktions- und Reproduktionsbereichs sowie den Krippen mit der 1. und 2. Teilgabe gewechselt werden. Die 2. Teilgabe (Nachfütterung) wird dabei rd. 100 min nach der 1. Teilgabe verabreicht. Entsprechend den Bedingungen der technologischen Eignung ist es erforderlich, den Bewegungsablauf der einzelnen Verteileinrichtungen für die Befüllung einer Krippe zu untersuchen, um die Krippenbefüllzeiten t_f ermitteln zu können. Zur Beschreibung des Bewegungsablaufs lassen sich für die jeweiligen Einsatzfälle Gleichungen angeben. Bild 5 zeigt für die Verteileinrichtungen AB, FBL und FL die erforderlichen Zeiten für eine Krippenbefüllung. Vergleichbar sind die schraffierten Säulen bzw. die durch diese repräsentierten Einsatzfälle. Deutlich sind die Vorteile des längsverfahrbaren Gurtbandförderers erkennbar. Anders sind die Bedingungen bei dem querverfahrbaren Behälterförderer. Für die Berechnung muß die jeweils vorhandene Anzahl der Krippen berücksichtigt werden. Vorteilhaft sind hierbei zentrale, d.h. mittige Beschick-

ungsstellen, um die erforderlichen Verfahrensenzeiten gering zu halten. Aus den für die einzelnen Einsatzfälle ermittelten Algorithmen lassen sich die maximal zu versorgenden Tierbestände errechnen. Dabei werden die konstruktiv bedingten maximalen Verteillängen berücksichtigt. Für diese Werte ergab sich als eine wesentliche Schranke der maximal mögliche Volumenstrom für Gurtbandförderer. Eine Überlastung der Gurtbandförderer tritt bei den Liegeboxenanordnungen 3 und 4 (gekennzeichnet durch nicht trennbare Freß- und Liegebereiche, Tier-Freßplatz-Verhältnis 2:1 und Ad-libitum-Fütterung) auf. Für die weiteren Liegeboxenanordnungen ist die Eignung eines Zentralförderers mit der Bandbreite von 650 mm gegeben. Daraus lassen sich die realisierbaren Maximalkapazitäten bei Synchron- und Nachfütterung sowie einer Zuverlässigkeit von $p_z = 0,85$ angeben (Tafel I). Bei Abweichungen vom vorgestellten Fütterungsregime, z.B. bei Durchsetzung von 2 Nachfütterungen (3 Teilgaben) je Mahlzeit, verringern sich die ausgewiesenen Kapazitäten bei gleichbleibenden Geschwindigkeitsparametern der jeweiligen Verteileinrichtung um rd. 33%. Zusätzlich konnte durch die Systematisierung und Ergänzung der während der Bearbeitung anfallenden mathematischen Zusammenhänge in Form des Programms BERI [6] eine Berechnungsgrundlage für die technologische Projektierung von Milchproduktionsanlagen erstellt werden. Als wesentliche Leistungen des Programms BERI können die Bestandsaufteilung, die erforderlichen Taktzeiten für das Melken und Füttern, die anteiligen Nebenarbeitszeiten, die notwendigen Gutdurchsätze, die auftretenden Einsatzzeiten der Verteileinrichtungen sowie unter Berücksichtigung einer vorzugebenden Zuverlässigkeit die zeitliche Realisierbarkeit des Fütterungsablaufs ermittelt werden. Durch die mögliche Variation aller Parameter können damit weitere Zusammenhänge deutlich sichtbar gemacht werden. Der ökonomische Nutzeffekt entscheidet letztlich über die Wahl der technischen Lösung. Deshalb ist ein ökonomischer Variantenvergleich erforderlich. Als Kriterien wurden die Investitionen und Verfahrenskosten herangezogen. Da bereits produzierte Elemente und

Tafel I. Realisierbare Maximalkapazitäten bei Synchron- und Nachfütterung (Gesamttierplätze)

Verteileinrichtung	Liegeboxenanordnung		Bedingungen
	1	2	
obenliegender Gurtbandförderer mit Abstreicher (AB)	2 600	—	1 770 $n_{AB} = 3$
	4 660	—	3 200 $n_{LFB} = 1$
	4 230	—	2 875 einseitig, $L_K = 48$ m
längsverfahrbare Gurtbandförderer (FBL)	2 860	—	1 945 einseitig, $L_K = 72$ m
	2 400	1 740	periph. Anordnung I FB
querverfahrbare Behälterförderer (FL)	3 300	2 400	zentrale Anordnung I FB

1) mit getrenntem Freß-Liegebereich
 2) mit Ad-libitum-Fütterung
 3) mit kombinierter Freß-Liegebox

teilweise erst forschungsmäßig konzipierte Elemente miteinander verglichen werden sollen, muß eine neue Methode zur Ermittlung der Investitionen auf der Grundlage des Materialeinsatzes erarbeitet werden. Die Berechnung erfolgt mit einem vorhandenen Programm. Als Ergebnisse der ökonomischen Bewertung werden die Verfahrenskosten der Futtermittel-einrichtungen in Abhängigkeit von der Kapazität als Mittelwerte der untersuchten Varianten ausgewiesen. Deutlich ist eine Rangordnung FB, FL, FBL und AB festzustellen.

Zusammenfassung
 Die Einführung der Synchron- und Nachfütterung als wesentliche Möglichkeit zur Ausnutzung des tierischen Leistungspotentials ist bei den gegenwärtig in industriemäßigen Anlagen vorhandenen Tierbestandsgrößen möglich. Voraussetzung ist die straffe Organisation des Fütterungsablaufs in Übereinstimmung mit dem Melkablauf. Die Durchsetzung der Synchronität von Fütterung und Melkablauf erfordert stets die

Zuordnung eines Fütterungssystems zu jedem Melkkreislauf.

Der Grenzwert für den Anteil nachzufütternder Tiere liegt bei 46%; das entspricht etwa 138 Laktationstagen. Höhere Anforderungen, z. B. 3 Teilgaben je Mahlzeit, führen zur deutlichen Reduzierung der jeweils zu versorgenden Tierbestände.

Das Betreiben der Fütterungsanlagen im Grenzleistungsbereich erfordert zur Erzielung eines stabilen Betriebsablaufs die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit und die Sicherung einer hohen Verfügbarkeit.

Die untersuchten Verteileinrichtungen werden für den Einsatz in Milchproduktionsanlagen mit 2 000 und mehr Tierplätzen wie folgt beurteilt:

— Durch die hohe technologische Eignung, einfache Betriebsform und ökonomische Wertigkeit muß der längsverfahrbare Gurtbandförderer bevorzugt werden. Die gegenwärtig realisierbare maximale Länge der Verteileinrichtung von rd. 60 m und die erforderliche Gutzuführung in Stallmittelachse können jedoch den Einsatzbereich einschränken.

— Der Einsatz des obenliegenden Gurtbandförderers mit Abstreicher ist berechtigt, wenn die Krippen mehr als 60 m lang sein müssen oder die Gutzuführung in Stallmittelachse nicht möglich ist.

— Trotz der ausgewiesenen ökonomischen Vorteile muß der längsverfahrbare Behälterförderer abgelehnt werden.

— Der Einsatz des querverfahrbaren Behälterförderers ist an bestimmte, gegenwärtig nicht allgemein angewendete Lie-

geboxenanordnungen gebunden. Wegen seiner deutlichen ökonomischen Vorteile ist der Einsatz berechtigt, wenn Anlagenkonzeptionen auf der Grundlage geeigneter Liegeboxenanordnungen in ihrer Gesamtheit ökonomische Vorteile aufweisen.

Wegen der erforderlichen Verringerung der Nebenarbeitszeiten müssen zwischen Zentralförderer und Verteileinrichtungen Übergabe-einrichtungen, die den Wechsel von Krippe zu Krippe in einer minimalen Zeit ermöglichen, eingesetzt werden. Am geeignetsten erscheinen stationäre Abstreicher.

Der Vergleich von Synchron- und Asynchronfütterung zeigt, daß mit wachsender Auslastung des Fütterungssystems, d. h. Annäherung an die Maximalkapazität, keine Zeiteinsparungen durch Anwendung der Asynchronfütterung eintreten.

Die weitere Erhöhung der durch die Verteileinrichtungen zu versorgenden Tierbestände bedingt die Kompaktierung der Futtermittel sowie die konstruktive Weiterentwicklung der Elemente.

Die vorgestellten Betrachtungen und Ergebnisse zeigen die Bedingungen vor allem zur Durchsetzung der Synchronfütterung und der einmaligen Nachfütterung je Mahlzeit als eine wesentliche Möglichkeit zur Verbesserung des Fütterungsablaufs in Milchproduktionsanlagen.

Literatur

[1] Thurm, R.: Anforderungen an die Verfahrgestaltung bei der Rinderfütterung. *agrartechnik* 28 (1978) H. 9, S. 409—410.

[2] Jacobi, U.: Untersuchungen zur Gestaltung von Fütterungseinrichtungen für Milchproduktionsanlagen mit mehr als 2 000 Tierplätzen. TU Dresden, Dissertation 1977.

[3] Kaiser, R.; Lippitz, O.: Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen im Boxenlaufstall bei unterschiedlichem Tier-Freßplatz-Verhältnis und ständig freiem Zugang zur reduzierten Krippe. *Tierzucht* 28 (1974) H. 4, S. 187—189.

[4] Autorenkollektiv: Studie „Milchviehanlagen mit hohen Tierkonzentrationen...“. IfM Potsdam-Bornim, Abschlußbericht 1974 (unveröffentlicht).

[5] Stojan, D.; Stojan, H.: Mathematische Methoden in der Operationsforschung — Fördertechnik. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1971.

[6] Rechenprogramm „BERI“. IfM Potsdam-Bornim 1976. A 2229

1) Das vorliegende Thema wurde vom Autor an der TU Dresden, Sektion Krafifahrzeug-, Land- und Fördertechnik, bearbeitet

Verfahren der Trockengrobfutterproduktion

Prof. Dr. sc. F. Berg, Institut für Futterproduktion Paulinenaue der AdL der DDR

Die Entwicklung und Vervollkommnung von modernen, effektiven Produktionsverfahren zur Bereitstellung von Futter in hoher Qualität ist von weittragender Bedeutung, da etwa 70% aller pflanzlichen Produkte als Futter in der Tierproduktion eingesetzt werden.

Soweit es die Futterversorgung der Wiederkäuer betrifft, wird bei den Verfahren der Grobfutterproduktion zwischen denen der Frischfutterproduktion, der Silageproduktion und der Produktion von Trockengrobfutter unterschieden.

Ausgehend davon, das Leistungsvermögen der Tiere möglichst voll auszuschöpfen, Rohmilch in hoher Qualität zu gewinnen und die Futterkosten dennoch ökonomisch vertretbar zu gestalten, halten Tierernährer und Technologen die in Tafel 1 dargestellte Grobfutterstruktur für erforderlich.

Danach nehmen die Verfahren der Trockengrobfutterproduktion im Vergleich zu Frischfutter und Silagen einen geringeren Umfang ein. Gerade auf diesem Gebiet der Verfahrensentwicklung hat sich in den letzten Jahren eine revolutionäre Änderung vollzogen.

Noch vor 2 bis 3 Jahrzehnten wurden über 90% des Trockengrobfutterbedarfs der Wiederkäuer aus Heu abgedeckt. Die Heuproduktion hat

heute jedoch eine weniger markante Bedeutung; an ihre Stelle sind die Verfahren der Heißlufttrocknung von Futterpflanzen und die Verfahren der Aufbereitung von Stroh zu Futter getreten.

Die Umgestaltung der Produktion wird, soweit es die Heißlufttrocknung betrifft, vor allem mit den Vorzügen der industriemäßigen Futtermittelkonservierung begründet: kein Witterungsrisiko, geringe Konservierungsverluste, Bereitstellung großer, in der Qualität einheitlich guter Futterpartien, kontinuierliche Produktion, Variabilität in der Trocknungsstruktur, dadurch gute Substitutionsmöglichkeiten in der Fütterung der Tiere u. v. a. m.

Die Verfahren der Aufbereitung von Stroh zu Futter wurden vor allem deshalb entwickelt und werden zügig vervollkommen, weil man mit ihnen eine große latente Futterreserve nutzbringend erschließen kann, weil die naturwissenschaftlichen Forschungsergebnisse zur Futterwertverbesserung von Stroh verfahrenstechnisch lösbar sind und weil die Verfahren der Aufbereitung von Stroh zu Futter einen bedeutend geringeren Brennstoff- und Elektroenergieaufwand benötigen als die Heißlufttrocknung.

Beide Futtermittel, Trockengrünung und Stroh, werden jedoch benötigt. Sie lassen sich aus mehreren Gründen nicht gegenseitig ersetzen. Deshalb sind auch weiterhin Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für beide Verfahren erforderlich.

Die Gesamtökonomie des Verfahrens wird vor allem vom spezifischen Brennstoffenergieaufwand für die Wasserverdampfung, von der Auslastung der Anlage innerhalb eines Jahres und von der Trocknungswürdigkeit des angelieferten Futters bestimmt.

Verfahren der Heißlufttrocknung

Das Prinzip der Heißlufttrocknung besteht darin, den Pflanzen mit Hilfe von vorgewärmter Luft schonend das Vegetationswasser bis auf eine Restfeuchte von etwa 10% zu entziehen. Damit werden die biologischen Prozesse in den Pflanzenzellen unterbrochen, und die Verdaulichkeit der Nährstoffe bleibt auch bei längerer Lagerung des Futters weitgehend erhalten.

Die Gesamtökonomie des Verfahrens wird vor allem vom spezifischen Brennstoffenergieaufwand für die Wasserverdampfung, von der Auslastung der Anlage innerhalb eines Jahres und von der Trocknungswürdigkeit des angelieferten Futters bestimmt.

Tafel 1. Energieanteile aus Grobfutter

Frischfutter	38%
Silagen	42%
Trockengrobfutter	20%