

# Verfahrensvarianten zur Fütterung von Milchkühen in industriemäßig produzierenden Anlagen<sup>1)</sup>

TZL Dr. agr. M. Koallick/Dipl.-Ing. P. Thiem, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR.

## 1. Zielstellung

Das gewählte Fütterungssystem beeinflusst erheblich die Effektivität der Milchproduktion. Ziele der technologischen Forschung zur Gestaltung und Ausrüstung von Verfahrensvarianten der Fütterung sind deshalb:

- Qualitätsgerechte Futteraufbereitung und -verteilung
- geringe Aufwendungen für lebendige und vergegenständlichte Arbeit
- hohe Zuverlässigkeit des Fütterungssystems
- Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen
- hohe Auslastung der Kapazität des Futterverteilsystems.

## 2. Methodischer Bearbeitungsablauf

Bei der Projektierung neuer Fütterungsverfahren sind nachfolgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Abgrenzung des Prozesses Fütterung (z. B. von der Annahme der Futtermittel am Futterhaus bis zur Restfutterbeseitigung aus der Krippe)
- Erarbeitung einer Analyse mit dem Ziel, Unterlagen für die Aufgabenstellung und Vorgaben zu schaffen; dabei sind u. a. folgende Sachverhalte zu analysieren:
  - Anforderungen der Tiere an das Futter unter Beachtung eines volkswirtschaftlich richtigen Einsatzes (Futtermengen, Futterrezepturen mit Anforderungen an die Stoffeigenschaften)
  - Anforderungen des Tiers an die Technologie der Fütterung (Anzahl der Mahlzeiten, Folge der Komponenten, Mischrationen, Freßzeiten, Nachfütterung) [1]
  - Anforderungen an die Dosier-, Förder- und Verteiltechnik
  - Analyse vorhandener technischer Prinziplösungen und Maschinenketten, um Schwachstellen zu ermitteln
- technologische Gestaltung von Varianten zum Fütterungsverfahren unter Angabe von Stoffflüssen und Prozeßfolgeschemata; erzielt werden sollen Fütterungszyklogramme bei Variierung der Stallkapazität und des Tier-Freßplatz-Verhältnisses (TFV)
- Ausrüstung von Vorzugsvarianten der Gestaltung, dargestellt im Maschinenfolgeschema und im Maschinenaufstellungsplan
- Bewertung der Ausrüstungsvarianten, bei denen zunächst aus technischer Sicht, im Verlauf der Arbeit aber auch aus baulicher und technologischer Sicht Vorzugsvarianten für die Gesamtlösung des Produktionsverfahrens der Milchproduktion zu ermitteln sind.

## 3. Ergebnisse

Die derzeitige Verfahrensgestaltung von Milchproduktionsanlagen geht in der Kapazitätsbestimmung vom Durchsatz des Melkstands aus. Da aus milchhygienischen Gründen ein melk-synchrones Füttern angestrebt wird, d. h. der Grundsatz „Erst Melken, dann Füttern“ zu verwirklichen ist, gibt der Durchsatz des Melkstands die notwendige Kapazität für ein Futterverteil-system an. Dabei ist zu beachten, daß in einer Schicht nur etwa 75 bis 80% aller Kühe auf dem Melkstand gemolken werden, aber alle Kühe gefüttert werden müssen.

### 3.1. Gestaltung

Für die Gestaltung von Fütterungsverfahren können zwei prinzipiell verschiedene Varianten, mobile und stationäre, eingesetzt werden (Tafel 1).

Aus der Kombination mobiler bzw. stationärer Futterverteil-systeme mit einer unterschiedlichen Anzahl an Tierplätzen (TPL) und mit unterschiedlichem Tier-Freßplatz-Verhältnis ergibt sich eine Vielzahl von Gestaltungsvarianten. Das Tier-Freßplatz-

Verhältnis erfordert bestimmte Zuordnungen der Freßplätze zu den Liegeplätzen (Bild 1, Tafel 2).

Ein wesentliches Ergebnis ist das Fütterungszyklogramm, in dem die Fütterung und das Melken zeitlich getaktet dargestellt werden. Daraus sind die Zusammenhänge zwischen Melken, Treiben, Füttern und Nachfüttern für die jeweils gewählte Futterverteil-variante zu entnehmen.

### 3.2. Ausrüstung

Für die Ausrüstung mobiler und stationärer Futterverteilvarianten ergeben sich die in den Bildern 2 und 3 dargestellten prinzipiellen Maschinenfolgen.

Tafel 1

Folge der Arbeitsgänge und ihre technische Lösung bei der Fütterung innerhalb des Weißbereichs

Arbeitsgang	techn. Variante	
	mobil	stationär
Annehmen bzw. Entnehmen	+	+
Aufladen	+	
Fördern		+
Zwischenlagern		+
Dosieren		+
Transportieren	+	
Verteilen		+
Verteilen (dosiert)	+	

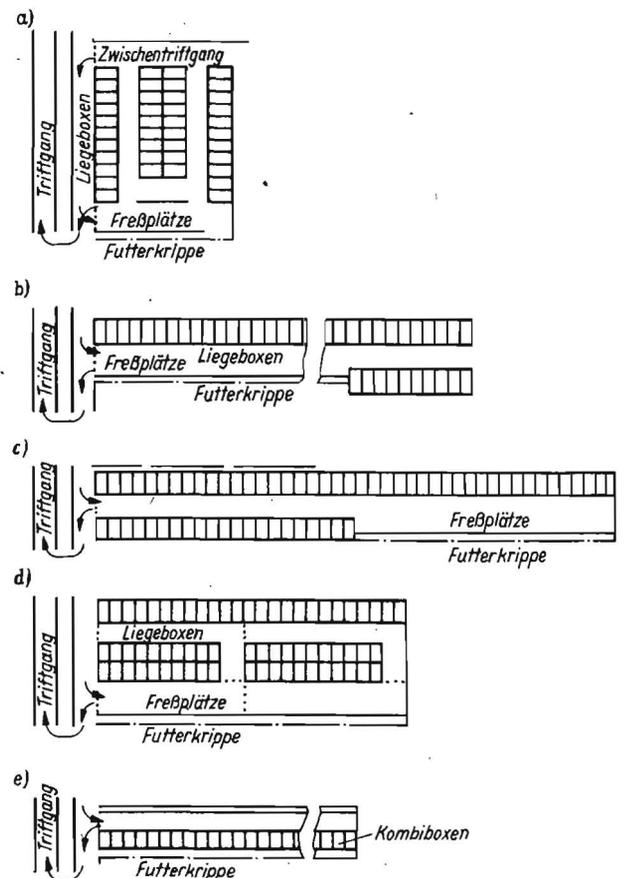


Bild 1. Ausgewählte Liegeboxenanordnungen (LBA); s. Tafel 1  
a) LBA 1, b) LBA 2, c) LBA 3, d) LBA 4, e) LBA 5

Tafel 2. Kenndaten der Liegeboxenanordnungen

Liegeboxenanordnung Nr.	TFV Anwendungsfall	Ausrüstungslänge bei		Flächenaufwand <sup>1)</sup> m <sup>2</sup> /TPL
		Nutzung der Krippen cm/TPL	doppelseit. Nutzung der Krippen cm/TPL	
1	Heinersdorf 3:1	25,0	12,5	5,4...7,0
2	Dedelow 1:1	75,0	37,5	6,2...6,7
3	Dummerstorf 2:1	37,5	18,8	4,6...5,3
4	AP 1930 2:1	39,0	19,5	≈5,5
5	Paulinaue 1:1	110,0	55,0	5,3...5,9

1) bezogen auf eine Produktionssektion

Zur Einschränkung der Varianten ist eine Zwischenbewertung vorzunehmen. Als Kriterien werden herangezogen:

- Investitionen
- Bewirtschaftbarkeit
- Anzahl der Arbeitsplätze
- Material- und Energieaufwand
- Arbeits- und Lebensbedingungen
- Flächenaufwand.

Für alle Varianten der mobilen Futterverteilung ergeben sich günstigere Investitionen und Materialaufwendungen als bei den stationären Varianten. Dem stehen erhebliche Nachteile in der Bewirtschaftung gegenüber. Zu nennen sind:

- Behinderung des Tiertreibens durch den Futtertransport
- Verschmutzung der Futtertische durch Überfahren der Tiertriften
- geringere Dosiergenauigkeit [2]
- höhere Anzahl an Arbeitsplätzen
- Erschwernisse bei einer geregelten Klimatisierung, besonders im Winter
- Unterbrechung des Direkttransports vom Feld zur Krippe durch die Forderungen nach einer „Schwarz-Weiß-Trennung“
- höherer Flächenaufwand für die Gesamtanlage
- höherer Stallraumbedarf je Tierplatz [3]
- ungünstige Arbeits- und Lebensbedingungen.

Aufgrund ihrer Nachteile wurden die mobilen Varianten ausgeschlossen.

Da für jede verbliebene Gestaltungsvariante wiederum Varianten der technischen Ausrüstung möglich sind, ist aus Gründen des Bearbeitungsaufwands der Vergleich von Futterhausvarianten, von Tier-Freßplatz-Verhältnissen und Futterverteilereinrichtungen nicht für jede Kapazitätsvariante durchführbar. Somit müssen Schlußfolgerungen auch aus Horizontal- bzw. Vertikalvergleichen gezogen werden, z.B. aus dem Vergleich unterschiedlicher Verteilereinrichtungen in nur einer Kapazitätsstufe.

Futterhausvarianten werden vom gewählten Rationstyp sowie von der Anzahl und Verschiedenartigkeit der Komponenten erheblich beeinflusst. Für die genannten Beispiele einer Studie ist eine grobfutterbetonte Standardfütterration unterstellt. Demzufolge wird im vorliegenden Fall die technische Ausrüstung der Futterhäuser nicht variiert. Nur die Futterdurchsätze sind auf die Anlagenkapazitäten abzustimmen (Bild 4).

Die Verbindung zwischen den Dosierern im Futterhaus und den Futterverteilereinrichtungen über oder in den Krippen wird mit Hilfe von Zentralförderern hergestellt. Diese sind ebenerdig oder erhöht verlegt. Ein maximaler Steigungswinkel von 20° ist bei Mischrationen zulässig. Die Förderer sollten eine Länge bis 500 m in Stufen von 6 m aufweisen. Bei Schüttdichten von 0,2 t/m<sup>3</sup> und einem Schüttwinkel von 25° sind Durchsätze von max. 50 t/h möglich. Die Übergabe des Fördergutes auf die Futterverteilereinrichtung erfolgt über verschiedene Zusatzeinrichtungen:

- Abstreicher, ortsfest
- Bandschleife, verfahrbar
- Bandschleife, ortsfest
- längsfahrbare, reversierbare Gurtbandförderer.

Gegenwärtig werden ortsfeste Bandschleifen und ortsfeste Abstreicher bevorzugt eingesetzt.

Bei der Verteilung der Mischrationen in die Krippen haben sich

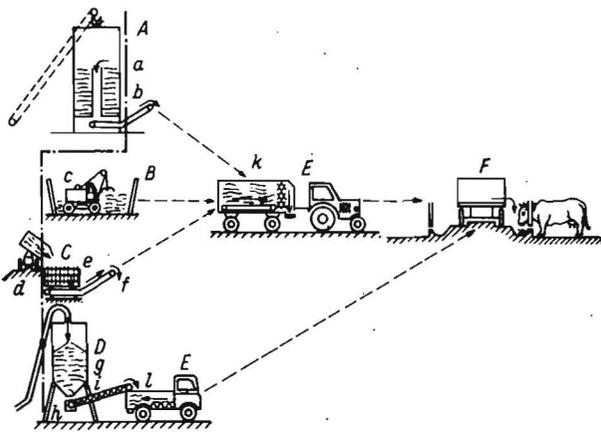


Bild 2. Maschinenfolgeschema bei mobiler Futterverteilung; A Silagelagerung im Hochsilo, B Silagelagerung im Horizontalsilo, C Grobfutterannahme, D Konzentratlagerung, E Futtertransport, F Futterverteilung; a Entnahmemaschine, b Kettenförderer, c Kran oder Fräslader, d Rampe, e Annahmedosierer, f Abzugsförderer, g Trockenfutterlagerbehälter, h Dosierer, i Schneckenförderer, k Grobfutterverteilwagen, l Trockenfutterverteilwagen — — Abgrenzung zwischen Schwarz- und Weißbereich

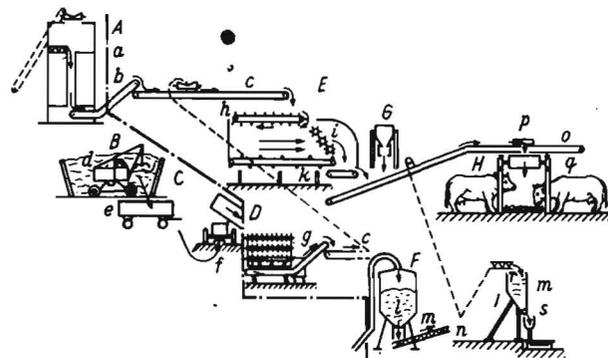


Bild 3. Maschinenfolgeschema bei stationärer Futterverteilung; A Silagelagerung im Hochsilo, B Silagelagerung im Horizontalsilo, C mobiler Futterzwischentransport, D Futterannahme, E Futterdosierung, F Konzentratlagerung, G Mineralstoffdosierung, H Futterzwischentransport und Futterverteilung, I Kraftfuttergabe im Melkstand; a Entnahmemaschine, b Kettenförderer, c Zwischenförderer, d Kran oder Fräslader, e Kippanhänger, f Rampe, g Annahmedosierer, h Höhenschicht-Gleichhalter, i Frästrommeln, k Kratzerkette, l Trockenfutterlagerbehälter, m Dosierer, n Schneckenförderer, o Zwischen- oder Zentralförderer, p Abstreicher, q Verteilförderer, r Konzentratzwischenlager, s Futterrog im Melkstand

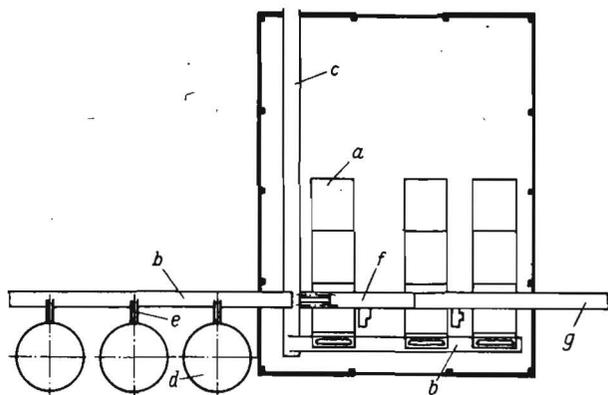


Bild 4. Technische Ausrüstung des Futterhauses; a Dosierer H 10.2, b Sammelförderer, c Zentralförderer, d Mischfuttersilo T 721, e Rohrschnecke, f Verteilförderer, g Futterhauszubringer

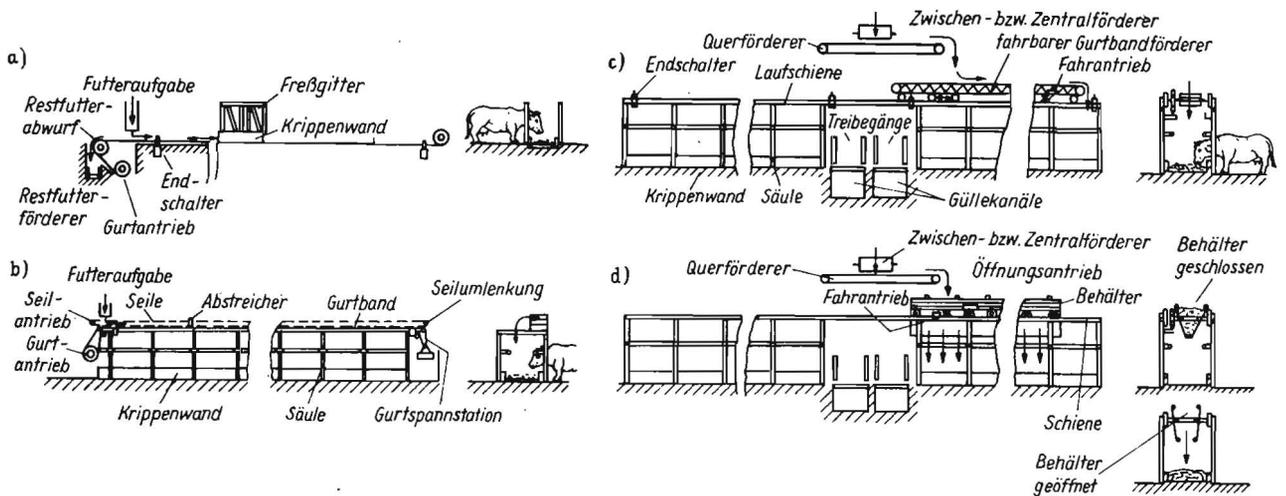


Bild 5. Prinzipskizze von Futterverteileinrichtungen:  
a) Krippenauszugsband, b) Abstreicherband, c) längsfahrbarer Gurtbandförderer, d) längsfahrbarer Behälterförderer

Tafel 3. Einsatzbereiche und Anforderungen an Krippenanordnung und Krippenlänge bei verschiedenen Futterverteileinrichtungen

Verteil-einrichtung	Länge des Förderers m	Krippenanordnung	Krippenlänge
Krippenaus-zugsband	50... 90	einseitig oder paarweise vom Zentralförderer aus	unabhängig von-einander
Abstreicherband	80...100	einseitig oder paarweise vom Zentralförderer aus	unabhängig von-einander
Gurtbandförderer, längsfahrbar	50... 60	paarweise	gegenüberliegende Krippen haben gleiche Längen gegenüberliegende Krippen nicht gleich-lang erforderlich; Krippenlänge = $n \times$ Fördererlänge (n ganzzahlig 1...3)
Behälterförderer, längsfahrbar	5... 24	paarweise	

Krippenauszugsbänder, Abstreicherbänder, längsfahrbare Gurtbandförderer und längsfahrbare Behälterförderer bewährt (Bild 5).

Entsprechend ihrer Spezifik ergeben sich an die Projektierung die in Tafel 3 zusammengestellten Anforderungen.

Nach der Bewertung dieser Futterverteileinrichtungen wird zunächst das Krippenauszugsband ausgeschlossen, weil — das geforderte Nachfüttern je Mahlzeit hohe technologisch bedingte Restfüttermengen nach sich zieht — ein zusätzlicher Einbau von Absperrfreßgittern und deren Bedienung erforderlich ist.

Ein Vergleich von Fütterungssystemen mit unterschiedlichen Verteileinrichtungen ergibt für die Konzentrationsstufe von 2000 Tierplätzen bei den Verteileinrichtungen Abstreicherband,

längsfahrbarer Gurtbandförderer und längsfahrbarer Behälterförderer die in Tafel 4 zusammengestellten Werte.

Jedoch ist nicht nur durch die Auswahl verschiedener technischer Einrichtungen zur Futterverteilung eine optimale Lösung zu beeinflussen, sondern der Einsatz einer Verteileinrichtung bei unterschiedlicher Aufstallung, ausgedrückt durch Tier-Freßplatz-Verhältnis und Liegeboxenanordnung, wirkt sich ebenfalls auf das Auffinden einer Optimallösung aus (Bild 6).

Die Ermittlung von Vorzugsvarianten des Fütterungssystems darf nicht nur aus einem Vergleich verschiedener Varianten der Ausrüstung erfolgen, sondern dabei sind auch die Aufwendungen für den Bau und die spätere Bewirtschaftung zu berücksichtigen (Tafel 5).

Die Zuordnung eines Futterverteilsystems zu mehr als einem Melksystem aus Auslastungsgründen zieht hohe Aufwendungen für die BMSR-Technik und erhebliche Bewirtschaftungsschwierigkeiten nach sich.

#### 4. Wertung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Im Ergebnis einer Bewertung von Varianten der Fütterungssysteme mit unterschiedlichen Verteileinrichtungen werden bei allen Tierplatzkapazitäten kontinuierliche Verfahren bevorzugt.

Trotz günstiger Investitionen und Materialaufwendungen bringt der längsfahrbare Behälterförderer durch die Art seines Einsatzes Begrenzungen in der Nachfütterung und hohe Aufwendungen für die BMSR-Technik. Der Fütterungsablauf wird bei der engen Verknüpfung von Melken und Füttern unübersichtlich.

Bei den kontinuierlichen Verfahren liegen die Vorteile eindeutig bei fahrbaren Gurtbandförderern (Investitionsaufwand, Kopf-übergabe des Futters, Wegfall der Spannstation im Krippenbereich, Möglichkeiten des Nachrüstens einer Restfütterbeseitigungseinrichtung).

#### 5. Zusammenfassung

Das Fütterungssystem ist nur ein Teilsystem der Gesamtanlage. Die Vorzugsvariante ist deshalb unter Beachtung der Verknüpfung mit den anderen Teilsystemen durch eine Gesamt-

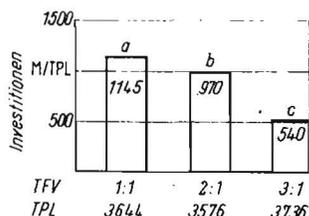
Tier-Freßplatz-Verhältnis	Tier-plätze	Verteileinrichtung	Investitionen	Stahl-bedarf	Elektroenergie-bedarf
			M/TPL	kg/TPL	kW · h/1000 Tiere · d
1:1	2160	Abstreicherband	1071,00	66	125
		fahrb. Gurtbandf.	875,00	51	145
		fahrb. Behälterf.	785,00	44	116
2:1	2288	Abstreicherband	900,00	50	146
		fahrb. Gurtbandf.	671,00	40	159
		fahrb. Behälterf.	632,00	37	113

Tafel 4. Einfluß der Futterverteileinrichtungen auf Investitionen, Stahl- und Elektroenergiebedarf

Tafel 5. Einfluß unterschiedlicher Reihenanzahl in einem 24-m-Schiff auf die Investitionen

Anzahl der Aufstallungsreihen	Anzahl der Verteileinrichtungen	bebaute Fläche m <sup>2</sup> /TPL	Tierplätze der Gesamtanlage	Investitionen			
				ges.	Bau	Ausrüstung ges.	Fütterung
6	3	4,80	2248	7537,00	5120,00	2417,00	1029,00
7	4	4,20	2224	7467,00	4530,00	2937,00	1576,00

Bild 6. Einfluß des Tier-Freßplatz-Verhältnisses auf die Investitionen;  
a kombinierte Freßliegebox,  
b getrennte Freßliegebox, Längsreihen-aufstallung,  
c getrennte Freßliegebox, Querreihen-aufstallung;  
Verteileinrichtung: Abstreicherband



bewertung der Bau-, Ausrüstungs- und Bewirtschaftungssachverhalte zu ermitteln.

Mit steigendem Tier-Freßplatz-Verhältnis verringern sich die materiellen und finanziellen Aufwendungen je Tierplatz.

Mit steigender Tierzahl an einer Futterstrecke werden die spezifischen materiellen und finanziellen Aufwendungen geringer. Derzeitig gelten 3000 Tierplätze als Optimum.

Es ist jeweils ein Fütterungssystem mit einem Melksystem zu koppeln.

Der hohe Aufwand für die Futterverteileinrichtungen erfordert den beiderseitigen Zutritt der Tiere an die Krippe, falls nicht entsprechende Einsparungen an bebauter Fläche gegenüber-

stehen. Stationären Verteilsystemen ist der Vorzug zu geben. Als Vorzugsvariante stationärer Verteileinrichtungen hat sich der obenliegende fahrbare Gurtbandförderer erwiesen.

### Literatur

- [1] Kaiser, R.: Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten und zur Leistung von Milchkühen bei unterschiedlichem Tier-Freßplatz-Verhältnis und unterschiedlicher Fütterungshäufigkeit. FZ Dummerstorf, Forschungsbericht 1974 (unveröffentlicht).
- [2] Himmel, U.: Untersuchungen zum Einfluß der Verteilgenauigkeit von Futtermitteln für Milchkühe. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Dissertation 1976 (unveröffentlicht).
- [3] Malkow, J.: Raumplanlösungen bei Kompaktbauten in der Tierproduktion. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft (1975) H. 4, S. 473—477. A 1460

- 1) Überarbeitete Fassung eines Referats zum Symposium „Mechanisierung der Futterversorgung und -verabreichung in industriemäßigen Tierproduktionsanlagen“ am 2. und 3. November 1976 in Potsdam-Bornim

## Objektivierung der Zuordnung von Anlagenteilen in Tierproduktionsanlagen unter Anwendung eines mathematischen Modells<sup>1)</sup>

Dipl.-Ing. R. Köhler

Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus Karl-Marx-Stadt im VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“

Dipl.-Landw. W. Wilke, KDT, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

### 1. Einleitung

Die sich ständig verändernden Organisationsformen des Produktionsprozesses in der industriemäßigen Tierproduktion haben zur Folge, daß mit zunehmender Konzentration und Spezialisierung der Produktion die Be- und Verarbeitung sowie die Förderung der Arbeitsgegenstände in den einzelnen Prozeßteilabschnitten sowohl räumlich als auch zeitlich nacheinander oder/und nebeneinander von verschiedenen Arbeitskräften und Arbeitsmitteln ausgeführt werden.

Der Projektant hat die Aufgabe, die im Produktionsprozeß notwendigen Ortsveränderungen der Arbeitsgegenstände zwischen den stationären Elementen so einzuordnen, daß „... die wirtschaftlichste Anordnung der ortsgebundenen Arbeitsmittel bei Beachtung der sich daraus ergebenden Ortsveränderungen der Arbeitsgegenstände und Arbeitskräfte...“ gegeben ist [1].

Zur Lösung und Objektivierung von Zuordnungsproblemen wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von Verfahren, Modellen und Methoden zur Anordnungsoptimierung erarbeitet [2], die jedoch bisher bei der Projektierung landwirtschaftlicher Produktionsanlagen nur wenig angewendet wurden.

Die Anwendung eines vom Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus Karl-Marx-Stadt erarbeiteten Rechenprogramms zur zweckmäßigen Anordnung von Werkzeugmaschinen wurde

auf seine Einsatzmöglichkeiten für landwirtschaftliche Tierproduktionsanlagen getestet.

### 2. Beschreibung des Rechenprogramms

Für die Belange der Projektierung von Maschinenbaubetrieben hat sich das Vertauschungsverfahren als sehr geeignet gezeigt. Grundlage des vorgestellten Rechenprogramms ist eine in [3] dargestellte Modifikation des Dreiecks-Vertauschungsverfahrens.

Auf den in der Literatur bereits oft vorgestellten mathematischen Hintergrund der Vertauschungsverfahren soll hier verzichtet werden. Es wird auf die unter [3] genannte Forschungs- und Entwicklungsarbeit verwiesen.

Interessant ist, wie die vereinfachte Grundformel des mathematischen Modells

$$Q = \sum_i \sum_j H [IJ] \times D [IJ] \longrightarrow \text{Minimum}$$

praktisch realisiert wird, wobei bedeuten:

Q Gesamtintensitätsaufwand

I, J anzuordnende Objekte (durchnummeriert von 1 bis N)

H Intensitäten

D Entfernungen.