1. Einführung

Die wirtschaftliche Situation gut organisierter, milchviehhaltender Betriebe kann verbessert werden, wenn

- o das Input-Output-Verhältnis günstiger gestaltet oder
- o bei gleichen Arbeitskräftebesatz mehr Kühe gehalten werden.

Für die Aufstockung des Kuhbestandes ist ein hoher Kapitaleinsatz erforderlich, der nicht von allen Betrieben erbracht werden kann. Das Input-Output-Verhältnis kann dagegen von jedem Betrieb, unabhängig von der Betriebsgröße, verbessert werden.

Da die Futterkosten etwa 50% der Gesamtkosten der Milcherzeugung verursachen und damit der weitaus größte Aufwandsposten ist, ist es angebracht, auf der Fütterungsseite nach Einspar- und Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen. Diese ergeben sich durch eine bessere Anpassung der Futterzufuhr an den jeweiligen Bedarf des Einzeltieres.

Manuell ist diese Anpassung wegen des unterschiedlichen Laktationsstandes, der unterschiedlichen Leistung und des unterschiedlichen Futteraufnahmevermögens der Kühe schwierig zu erreichen. Hinzu kommt, daß sowohl eine Unter- als auch eine Überfütterung zu Fruchtbarkeitsstörungen, Leistungseinbußen und sogar gesundheitlichen Schäden führen kann.

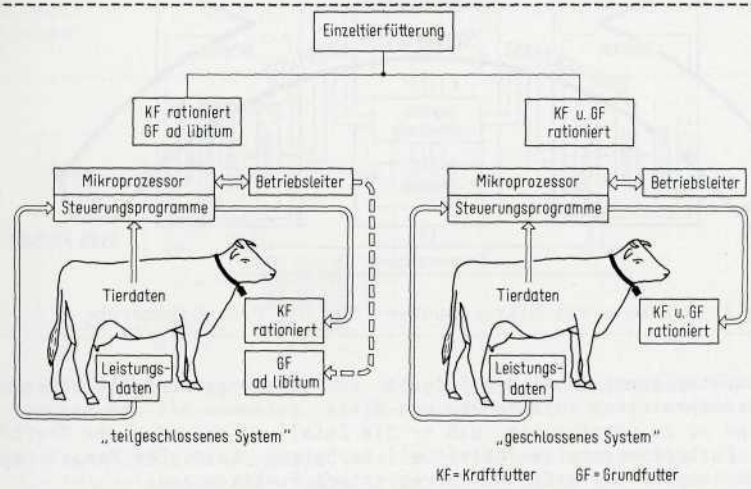

Abbildung 1: Alternativen zur rechnergesteuerten Einzeltierfütterung

Es fehlt daher nicht an Bestrebungen die Fütterung zu automatisieren (2). Der Einsatz von Mikrocomputern zur Realisierung einer bestmöglichen leistungsangepaßten Fütterung des Einzeltieres bietet sich an.
Wichtige Bestandteile für rechnergestützte Fütterungsverfahren sind kommerziell verfügbar, andere Teile befinden sich im Erprobungs- und Entwicklungsstadium. Vor allem fehlt es an geeigneten Programmen für die direkte Steuerung.

In den folgenden Ausführungen sollen die technischen Einrichtungen zur rechnergesteuerten Fütterung aufgezeigt, Programme zur Futtermengenberechnung vorgestellt und die mit diesen Programmen im Versuch erzielten Ergebnisse erläutert werden.

2. Technische Einrichtungen einer rechnergestützten Fütterung

Für eine rechnergestützte Einzeltierfütterung gibt es zwei Fütterungsstrategien, Abbildung 1 auf Seite 47.

1. Die rationierte Kraftfutterfütterung mit unbegrenzter Grundfuttervorlage und

2. die rationierte Kraft- und Grundfuttervorlage.

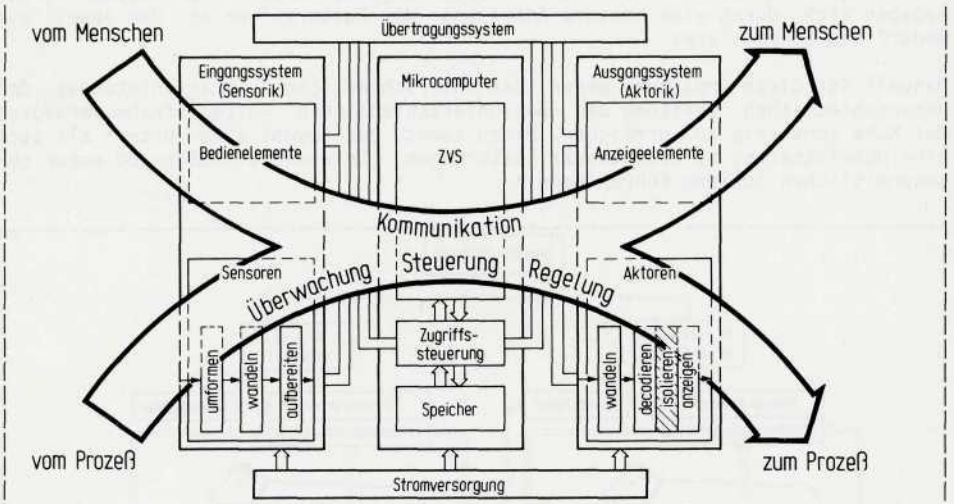

Abbildung 2: Aufbau eines Mikrocomputers für die Prozeßsteuerung

Dem Mikrocomputer kommt dabei die Aufgabe zu, Leistungs- und Tierdaten während des Produktionsprozesses aufzunehmen und diese zusammen mit den manuell eingegebenen Daten so zu verarbeiten, daß er die Zuteilung entweder des Kraftfutters oder aller Futterkomponenten individuell vornehmen kann. Der Mensch übt eine überwachende, kontrollierende und korrigierende Funktion aus.

Drei Systemkomponenten sind für den Aufbau einer solchen rechnergestützen Einzeltierfütterung erforderlich:

1. ein für die Prozeßsteuerung geeigneter Computer,

2. eine Sensorik für die Datenaufnahme aus dem Prozeß und

3. eine Aktorik für die Zuteilung und Vorlage des Futters.

Kernstück der gesamten Technik ist der Mikrocomputer. Er hat nicht nur die Informationen aus dem Prozeß aufzunehmen und die Fütterung zu steuern, sondern auch die Kommunikation mit dem Menschen durchzuführen. Damit er dies kann, muß er einen Aufbau, wie in Abbildung 2 auf Seite 48 zeigt, besitzen. Der eigentliche Mikrocomputer, bestehend aus zentralem Verarbeitungssystem, Zugriffssteuerung und Speicher, muß um die Sensorik und Aktorik ergänzt werden. Er ist mit diesen Teilen durch das Übertragungssystem verbunden. Die Sensorik enthält die Bedienelemente für die manuelle Eingabe und Sensoren für die automatische Datenerfassung. Die Aktorik besteht aus Anzeigeelementen für die Sichtbarmachung von Prozeßzuständen oder Daten sowie Aktoren für die Steuerung des Prozesses.

Der Mensch kommuniziert über Bedien- und Anzeigeelemente mit dem Mikrocomputer und kann in den Prozeß eingreifen. Die Verbindung zum Prozeß stellen die Sensoren und Aktoren her. Sensoren melden den Prozeßzustand an den Mikrocomputer. Über Aktoren greift dieser steuernd bzw. regelnd in den Prozeß ein. Mikrocomputersysteme mit diesem Aufbau und in einer für die gestellte Aufgabe erforderlichen Größe sind auf dem Markt. Für eine bequeme Kommunikation sollte auf eine Tastatur mit separatem Dezimaleingabefeld, einem Bildschirm und einem Drucker nicht verzichtet werden.

Da es Aufgabe des Mikrocomputers ist die Futterzuteilung individuell und leistungsabhängig zu steuern, sind Sensoren erforderlich, die eine automatische Standortbestimmung des Einzeltieres und eine automatische Leistungserfassung ermöglichen. Für die automatische Standortbestimmung werden sogenannte Erkennungssysteme eingesetzt. Sie haben die Aufgabe, die einem Tier zugewiesene Nummer an allen gewünschten Stellen der Ver- und Entsorgung zu erfassen und dem Rechner zu melden (1). Der Computer kann damit tierbezogene Daten korrekt ablegen und auffinden sowie eine individuelle Versorgung vornehmen. Aufbau und Funktion elektronischer Erkennungssysteme verdeutlicht Abbildung 3. Sie bestehen grundsätzlich aus den drei Baugruppen Erkennungslogik, Erkennungsstelle und Antwortsender.

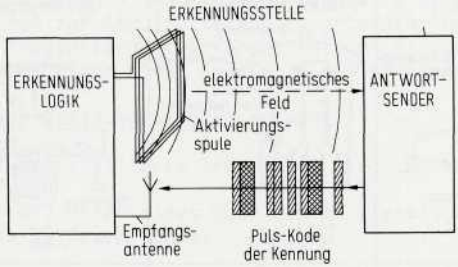

Abbildung 3: Funktionsschema elektronischer Erkennungssysteme

Erkennungslogik und Erkennungsstelle sind stationär unter- bzw. anzubringende Teile. Der Antwortsender muß dagegen vom Tier - meist an einem Halsband befestigt - getragen werden.

Die Funktion ist folgende:

Die Erkennungslogik versorgt die an der Erkennungsstelle befindliche Aktivierungsspule mit einer definierten Frequenz. Dadurch entsteht in und um die Aktivierungsspule ein elektromagnetisches Feld. Wird ein Antwortsender in

dieses Feld gebracht, so erfolgt die Aktivierung der in ihm befindlichen Elektronik. Diese erzeugt die einprogrammierte Kennung und gibt sie immer wiederkehrend solange ab, solange der Antwortsender aktiviert ist. Die Erkennungslogik empfängt die Kennung, bereitet sie auf und hält sie für die Übernahme durch den Computer bereit.

In der Bundesrepublik Deutschland werden derzeit fünf verschiedene Erkennungssysteme angeboten. Fordert man, daß die Erkennungssysteme sowohl stehende wie auch gehende und nebeneinander stehende Kühe einwandfrei erkennen müssen, so genügen einige Systeme diesem Anspruch nicht. Weiterhin ist wichtig, daß die aufwendige Erkennungslogik für mehrere Erkennungsstellen genutzt werden kann, so daß sich Kosteneinsparungen ergeben. Dies ist besonders bei der Erkennung in Melkständen von Bedeutung, da bereits in einem Doppelfünfer- Fischgrätenmelkstand zehn Erkennungsstellen erforderlich sind. Besser sind Systeme, die in der Lage sind, die Kuh bereits beim Betreten des Melkstandes zu identifizieren.

Neben der Kuherkennung ist zumindest eine automatische Milchmengenerfassung für eine rechnergestützte Fütterung notwendig. Einige Geräte hierfür sind kommerziell verfügbar, andere befinden sich vor der Markteinführung (4). Eine Zusammenstellung der Verfahren zur automatischen Milchmengenerfassung zeigt Abbildung 4.

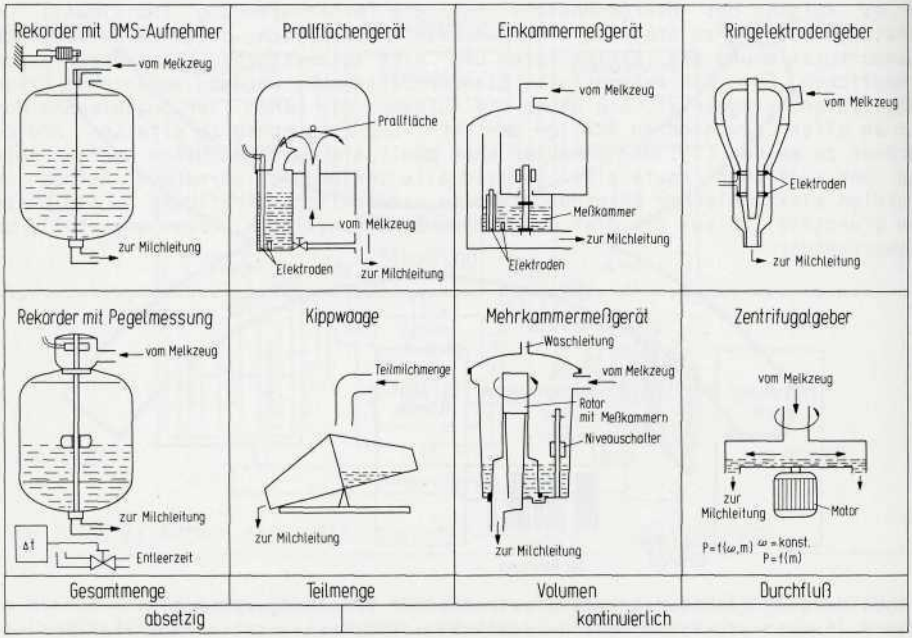

Abbildung 4: Verfahren zur automatischen Milchmengenerfassung

Prinzipiell eignen sich alle Verfahren sowohl zur Erfassung der Milchmenge als auch des Milchflusses, wobei letzterer meist aus der in einem Zeitintervall ermolkenen Milch berechnet werden muß. Zu bevorzugen sind Systeme, die die Milch im Durchfluß messen. Diese Geräte sind jedoch neu auf dem Markt bzw. befinden sich noch im Eignungstest.

Mit dem Standort der Kuh und der Kuhnummer sowie der Milchleistung hat der Mikrocomputer die wesentlichsten Informationen aus dem Prozeß. Er benötigt nun eine Aktorik für die Futtermengensteuerung und individuelle Zuteilung.
Der technische Aufwand für die Aktorik hängt von der verfolgten Fütterungsstrategie ab.
Für die rationierte Kraftfuttervorlage ist lediglich ein Abrufautomat, Abbildung 5, für 20 bis 35 Kühe je nach Leistungsniveau der Herde erforderlich. Sobald eine Kuh den Automaten betritt, wird sie identifiziert. Der Computer prüft, ob dem Tier Kraftfutter zusteht und leitet die Dosierung ein, falls es Futter bekommt. Ein Zuteilprogramm stellt sicher, daß die tägliche Kraftfuttermenge in physiologisch unbedenklichen Portionen und über den Tag verteilt verabreicht wird.

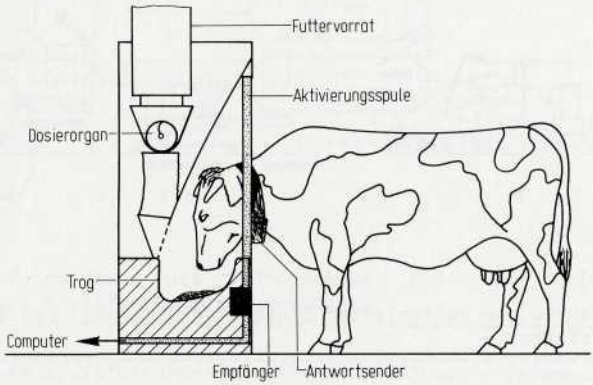

Abbildung 5: Kraftfutterabrufautomat

Für die rationierte Kraft- und Grundfuttervorlage ist ein wesentlich höherer technischer Aufwand notwendig. Einrichtungen hierfür befinden sich in Entwicklung und Erprobung, Abbildung 6 auf Seite 52. Es ist zwischen Anlagen zur Trog- und solchen zur Abruffütterung zu unterscheiden.
Bei den Trogfütterungsverfahren ist den Tieren ein fester Freßplatz zugeordnet, deshalb benötigen diese Anlagen ein Tier/Freßplatzverhältnis von 1:1.

Die Futterzuteilung erfolgt entweder

- in festinstallierte Tröge, wie sie z.B. am Unicarwagen befestigt sind,
- oder mit Hilfe eines über dem Futtertisch ausziehbaren und wieder auftrommelbaren Futterbandes.

Die Abruffütterung ist dadurch gekennzeichnet, daß sich mehrere Tiere einen Freßplatz teilen, das Tier/Freßplatzverhältnis kann bis zu 1:6 betragen.

Hier gibt es zwei Systeme:

Beim System mit Wechseltrögen wird der Behälter am Freßplatz gegen einen befüllten Trog mittels eines positionsgesteuerten Transportwagens ausgetauscht. Das Portionszuteilsystem arbeitet ähnlich einem Kraftfutterabrufautomaten. Es werden Grundfutterpositionen entsprechend der Aufnahmegeschwindigkeit zugeteilt und vom Computer gezählt.

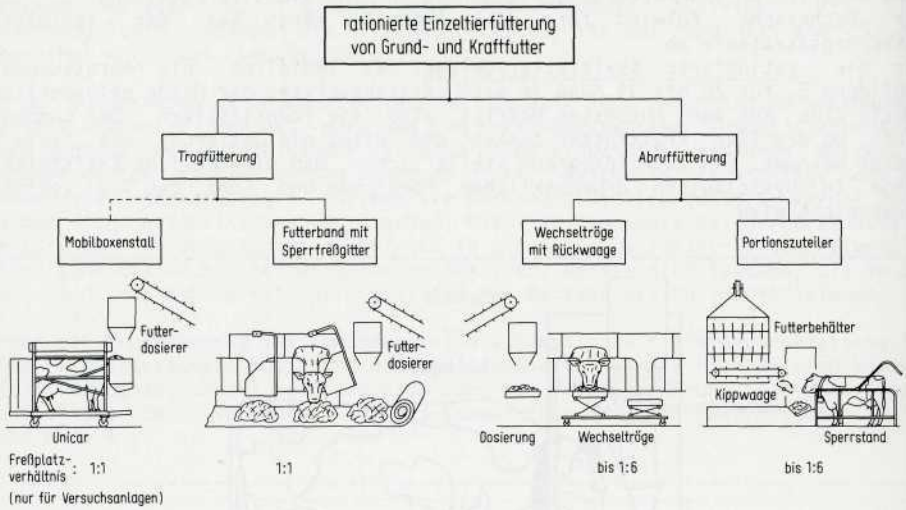

Abbildung 6: Verfahren zur rationierten Einzeltierfütterung von Grund- und Kraftfutter.

Die für die rechnergestützte Fütterung unbedingt erforderliche Technik wurde damit aufgezeigt. Für eine automatische Fütterung fehlt es bisher an Programmen, die die leistungsgerechte Futtermenge berechnen.

3. Programme für die leistungsbezogene Futtermengenberechnung

Zur Behebung dieses Mangels entwickeln wir am Institut für Betriebstechnik ein Programm für die rationierte Kraftfuttervorlage und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebswirtschaft ein Programm für die rationierte Kraft- und Grundfuttervorlage. Die Hauptschwierigkeit bei der Entwicklung eines Programmes für die rationierte Kraftfuttervorlage liegt darin, daß die Kraftfuttermenge festgelegt werden muß, ohne die Grundfutteraufnahme und damit die Milchleistung aus dem Grundfutter zu kennen.

Das entwickelte Programm versucht, diesen Informationsmangel dadurch zu umgehen, daß es die erforderliche Kraftfuttermenge aus der Beziehung zwischen Kraftfutteränderung einerseits und der daraus resultierenden Milchleistungsänderung andererseit ermittelt, Abbildung 7 auf Seite 53.
Nach dem Kosten-Nutzen-Prinzip erhöht es die Kraftfuttermenge so lange, bis die dadurch entstehenden Kosten durch die Milchleistungssteigerung nicht mehr zu decken sind. Fällt die Leistung, wird eine kostenäquivalente Kraftfuttermenge zurückgenommen. Das Programm setzt eine tägliche Milchmengenerfassung voraus. Im wöchentlichen Abstand wird der Milchleistungsänderung die Veränderung der Kraftfuttermenge gegenübergestellt, monetär bewertet und unter Zuhilfenahme der beiden Trends, des Laktationsstandes und eines berechneten Versorgungsgrades die Kraftfuttermenge berechnet. Eine Nachkalkulation mit bekannten Formeln (3) verhindert eine Unterfütterung bei plötzlichem Leistungsabfall.

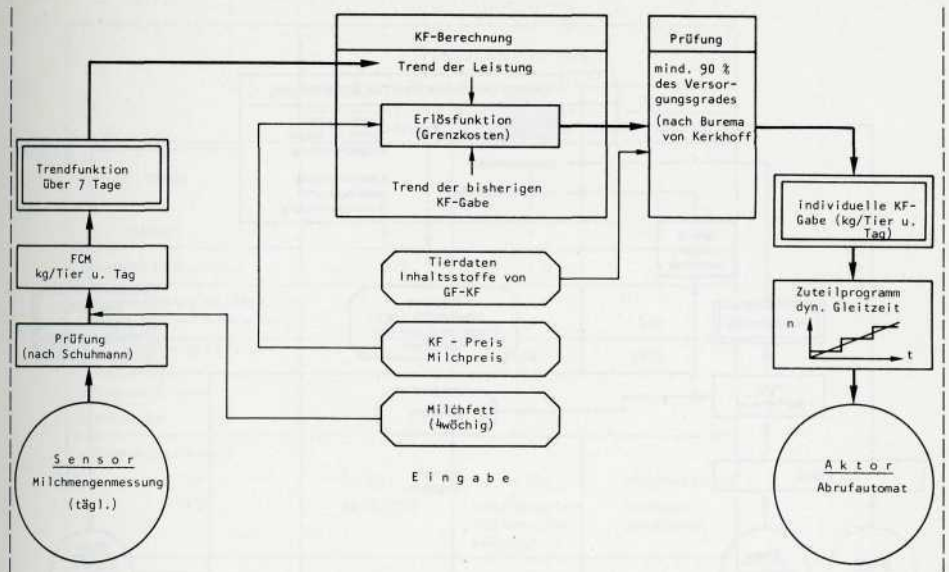

Abbildung 7: Aufbau des Programmes für die leistungsangepaßte Kraftfuttermengenberechnung

Die berechnete Kraftfuttermenge wird an das Zuteilprogramm übergeben und eine Woche lang konstant gehalten.
Das Programm für die rationierte Kraft- und Grundfuttervorlage skizziert Abbildung 8 auf Seite 54. Neben der täglichen Milchleistungserfassung ist hierfür auch die Ermittlung der Futteraufnahme und der Lebendmasse notwendig. Des weiteren müssen die Nährstoffzusammensetzung und die Preise der Futtermittel bekannt sein. Aus den erfaßten und eingegebenen Daten berechnet das Programm den erforderlichen Nährstoffbedarf, das Aufnahmevermögen, berücksichtigt eine angestrebte Gewichtsentwicklung, ordnet die Daten für die lineare Programmierung und führt diese aus. Als Ergebnis erhält man die kostengünstigste Ration für die individuelle Leistung (3). Diese Ration wird dem Einzeltier exakt zugeteilt.

4. Versuchsergebnisse

Die beschriebenen Programme zur Berechnung der erforderlichen Kraftfuttermenge bzw. der kostenminimalen Futterration wurden in einem Stallsystem mit Einzeltierfütterung (Unicar) getestet. Es sollte der Nachweis erbracht werden, daß mit einer automatischen Futtermengenbestimmung ein mit bestmöglicher herkömmlicher Rationsfestlegung vergleichbares Ergebnis erzielt werden kann. Zu diesem Zweck wurden drei Gruppen mit je 15 Kühen gebildet. Die Versuchsanstellung ist in Tabelle 9 auf Seite 55 dargelegt.

Gruppe I diente als Vergleichsgruppe. Sie bekam Grundfutter ad libitum. Das Kraftfutter wurde nach dem monatlichen Milchleistungskontrollergebnis unter Kenntnis der Trockenmasseaufnahme aus dem Grundfutter, dem Energiegehalt des Grundfutters, der Lebendmasse etc., also mit bestmöglichem Informationsstand berechnet.

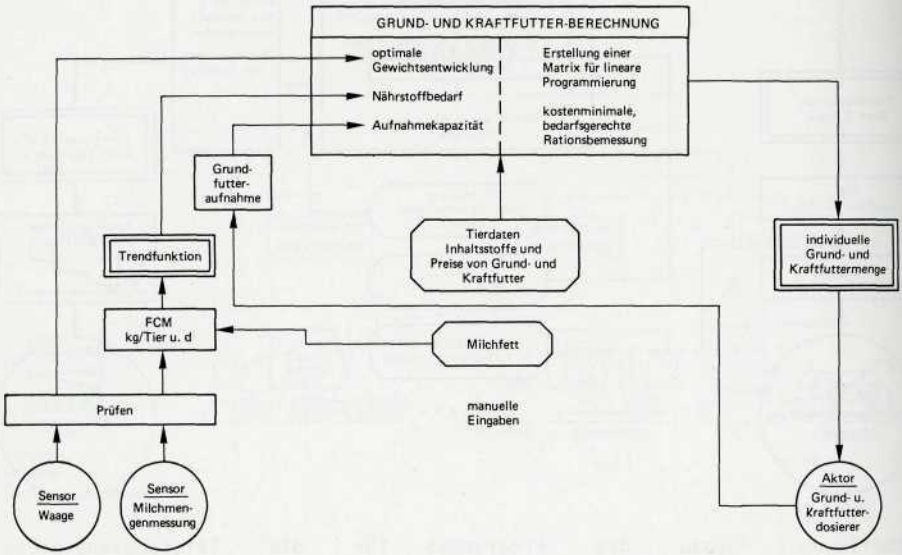

Abbildung 8: Aufbau des Programmes für die leistungsangepaßte, kostenminimierte Gesamtrationsrechnung

Gruppe II erhielt das Grundfutter ebenfalls ad libitum, die Kraftfuttermenge wurde per Programm ohne manuelle Korrektur zugeteilt.
Gruppe III erhielt Kraft- und Grundfutter, das in Zusammensetzung und Menge kostenminimiert und auf den indviduellen Bedarf abgestimmt wurde.

Die Entwicklung der mittleren Milchleistung, Lebendmasse und Trockenmasseaufnahme der Versuchsgruppe zeigt Abbildung 10 auf Seite 56. Die Tendenz der Versuchsparameter verläuft in allen drei Versuchsgruppen parallel. Signifikante Unterschiede bestehen lediglich hinsichtlich der Milchleistung zwischen Gruppe I und III und Gruppe II und III. Alle übrigen Unterschiede sind statistisch nicht abzusichern.

Eine Gegenüberstellung des im Nachhinein kalkulierten Energiebedarfes zur tatsächlich verabreichten Energie zeigt Abbildung 11 auf Seite 57.
Alle drei Gruppen zeigen eine Energieüberversorgung, jedoch mit unterschiedlichem Verlauf. Im Mittel beträgt die Energieüberversorgung 36 bis 39 StE/kg FCM, das entspricht 13-18% Überversorgung gegenüber dem Normwert von 275 StE/kg FCM. Nach dem neuen NEL-Bewertungssystem beträgt die Überversorgung nur wenige Prozent.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, daß eine automatisierte Fütterung ein gleichgutes Ergebnis liefert, wie eine ideale manuelle Fütterung. Unter Praxisbedingungen liegt jedoch keine ideale Fütterung vor; schon allein deshalb nicht, weil der Landwirt das individuelle Aufnahmevermögen und vielfach auch seine Grundfutterqualität sowie die individuelle Milchleistung nicht kennt. Ein Vergleichsversuch unter Praxisbedingungen würde daher ein verbessertes Produktionsergebnis durch rechnergesteuerte Futterverfahren erwarten lassen.

	VERSUCHSGRUPPEN		
	I	II	III
	Vergleichsgruppe	KF-Steuerung	Gf+Kf-Steuerung
Anzahl Tiere	15	15	15
davon Kühe	5	6	6
Rinder	10	9	9
∅ Anzahl Laktationen	2,6	1,9	2,1
∅ Lebendmasse kg/Tier zum Zeitpunkt der Aufstallung	592	555	540
∅ Milchleistung kg/Tier (Vorjahr)	6167	5932	5936
Fütterungs- und Melkzeiten	6.00 15.30		
Fütterungsstrategie			
GF	ad lib.	ad lib.	programmiert
KF	nach MLK	programmiert wöchentl. Anpassung	wöchentl. Anpassung
Futterarten			
GF	Gärheu/Mais	Gärheu/Mais	Gärheu/Mais
KF	HG Gerste/ Hafer Soja	Gerste/Hafer Soja	HG Gerste/ Hafer Soja

Tabelle 9: Versuchsbedingungen

5. Zusammenfassung

Mikroprozessoren und Mikrocomputer werden in der Milchviehhaltung derzeit fast ausschließlich zur Prozeßsteuerung beim Füttern eingesetzt.

Der Mikrocomputer steuert die Vorlage entweder des Kraftfutters oder aller Futterkomponenten an das Einzeltier. Die für die aktuelle Leistung erforderliche Futtermenge wird vom Computer berechnet. Die Technik steht größtenteils zur Verfügung. Es mangelt jedoch an Programmen für die Futtermengenberechnung. Der Lösungsansatz für je ein Programm zur Berechnung der erforderlichen Kraftfuttermenge bzw. der kostengünstigsten Gesamtration wurde vorgestellt.

Die Ergebnisse eines Vergleichsversuches zeigen, daß mit rechnergestützten Fütterungsverfahren ein gleichgutes Ergebnis wie mit bestmöglicher Handfütterung zu erreichen ist. Dabei erreicht das Programm zur rationierten Kraftfuttervorlage ein besseres Ergebnis als das zur rationierten Kraft- und Grundfutterfütterung. Obwohl dieser Unterschied durch Programmverbesserungen aufgehoben werden kann, scheint es mit geeigneten Programmen möglich, auch ohne Kenntnis der Grundfutteraufnahme eine optimale Fütterung zu erreichen. Der erhebliche technische Aufwand für die individuelle Vorlage von Grundfutter könnte, wenn sich die Versuchsergebnisse bestätigen, gespart werden.

Der Einsatz von Mikrocomputer in der Milchviehhaltung kann

o die Arbeitsleistung und -qualität verbessern und

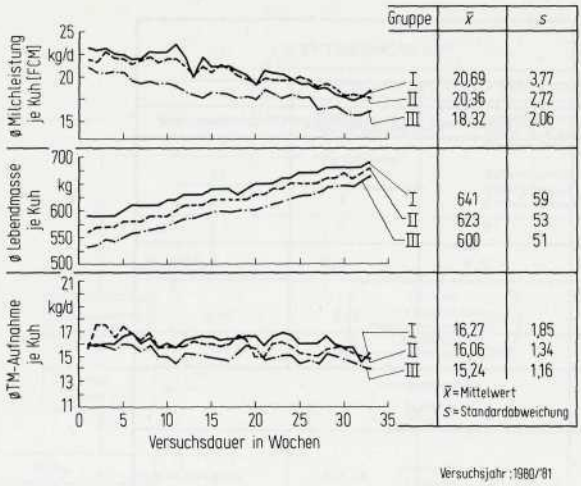

Abbildung 10: Versuchsergebnisse: Leistungs- und Fütterungsparameter

- eine exaktere, tierindividuelle Fütterung bewirken.

Dies führt zu einer besseren Ausschöpfung des Leistungsvermögens der Tiere und zu niedrigeren Futterkosten.

Darüberhinaus ermöglicht der Mikrocomputereinsatz

- die automatische Kontrolle und Überwachung des Einzeltieres und somit eine verbesserte Gesundheitsüberwachung und Reproduktionsleistung,
- die automatische Erfassung von Daten für ökonomische Entscheidungen und
- eine Automatisierung des Herdenmanagements. Sie vereinfacht die Arbeit und erlaubt einen Wechsel des Stallpersonals ohne Produktionseinbußen.

Dies ist von erheblicher sozialer Bedeutung.

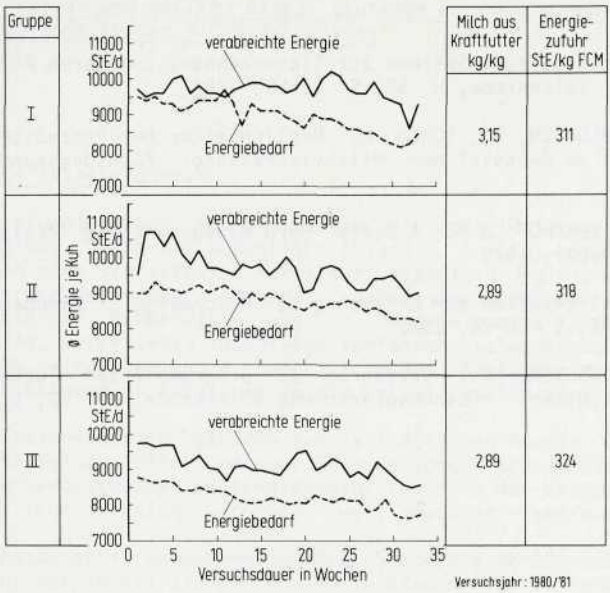

Abbildung 11: Versuchsergebnisse: Energiebilanz

6. Literatur

1. ARTMANN, R.: Elektronische Systeme zur Tiererkennung und deren Anwendung. - Landbauforschung Völkenrode, H. 62, S. 49-65, 1982

2. ARTMANN, R., SCHLÜNSEN, D., SCHÖN, H.: Möglichkeiten der Prozeßsteuerung in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung. Züchtungskunde 53, S. 301-314, 1981

3. BUREMA, H.-J., KERKHOF, J.A.: A Dairy Herd Management and Health Control System. - ASAE-Paper, 1979

4. ORDOLFF, D.: Möglichkeiten zur Erfassung der Milchmenge. - Landbauforschung Völkenrode, H. 62, S. 66-76, 1982

5. SCHLÜNSEN, D., WALTER, K.: Verfahren zur programmierten Fütterung von Grund- und Kraftfutter. - Landbauforschung Völkenrode, H. 62, S. 131-141, 1982