

# Ermittlung ausgewählter Steuergrößen für die leistungsorientierte Gruppenfütterung in Milchviehanlagen

Dozent Dr.-Ing. M. Klose, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik  
Dipl.-Ing. H. Schwarze, VEB Kombinat Landtechnik Dresden

## 1. Problemstellung

Die Fütterung in der Tierproduktion dient der Versorgung der Tiere mit den notwendigen Energie- und Nährstoffmengen aus den verabreichten Futtermitteln. Sie ist so zu gestalten, daß z. B. in Milchviehanlagen (MVA) maximale Milchleistungen bei minimalem Einsatz an Futtermitteln erreicht werden. Die vorgelegten Futtermittel bestehen aus Grob- und Konzentratfutter, wobei der Anteil des letzteren zunehmend verringert und durch hochwertiges Grobfutter ersetzt werden soll. Dabei entsteht zwangsläufig die Gefahr, den Tieren ungenügende Energiemengen zur Verfügung zu stellen, woraus ein Leistungsabfall resultiert. Hinzu kommt, daß bereits derzeit bis zu 20% des Grobfutters die Anlage bei der Laufstallhaltung ohne Wirkung passieren [1]. Zukünftig kommt daher der genauen Erfassung der Grobfuttermasse, ihres Feuchteanteils sowie ihrer Qualität eine steigende Bedeutung zu. Diese setzt wiederum die Schaffung und den Einsatz von Meßeinrichtungen voraus, die eine möglichst kontinuierliche Ermittlung der o. g. Quantitäts- und Qualitätskennzahlen der verabreichten Futtermittel gestatten sollten. Mit Hilfe solcher Meßeinrichtungen wäre es möglich, zusammen mit der in [2] beschriebenen Leistungsgruppenzusammenstellung und einer automatischen Tierdatenerfassung (Milchmenge, Lebendmasse, Tiererkennung u. a.)

die vorhandenen Futtermittel rechnergestützt optimal einzusetzen. Aber auch nur die Ermittlung der o. g. Grobfutterkennwerte könnte bereits zu einer Erhöhung der Futterökonomie in den bestehenden MVA führen.

Im folgenden sollen Anforderungen an die Entwicklung von Meßeinrichtungen für diese Kennwerte und die dabei auftretenden Probleme erläutert werden.

## 2. Lösungsvarianten zur leistungsorientierten Gruppenfütterung in einer MVA des Angebotsprojekts AP 1930

### 2.1. Derzeitiger Stand

Die Futterstrecke einer MVA AP 1930 ist eine stationäre Fördereinrichtung (Bild 1). Das Futter gelangt über die Grobfutterdosierer  $D_I$  und  $D_{II}$  auf den Zentralförderer, auf den je nach Erfordernis Zusatzstoffe aus einem 3. Dosierer oder weiteren Dosierern aufgegeben werden können. Damit besteht die Möglichkeit, die Ration auf eine Tiergruppe aus 3 oder mehreren Komponenten zusammenzustellen. Dieses Futter wird durch eine Übergabeeinrichtung vom Zentralförderer abgenommen, gelangt auf das Futterband T 228 (oberhalb der Krippe angebrachter Gurtbandförderer) und wird von einem Abstreicher in die darunter befindliche Krippe abgeworfen, womit es den vorgesehenen Tiergruppen zur Verfügung steht.

Problematisch ist, daß die Dosierung der Komponenten nach dem Volumendurchsatz erfolgt, der durch folgende Beziehung gekennzeichnet ist.

$$\dot{V} = f(A, n, t) \quad (1)$$

Der Massedurchsatz ergibt sich dann aus

$$\dot{m} = \dot{V} \rho_s \quad (2)$$

Die massedurchsatzbestimmenden Kenngrößen im Förderprozeß des Futters entsprechend den Gln. (1) und (2) werden wie folgt beeinflusst:

- n: Drehzahl des Austragorgans der Dosierer  $D_I$ ,  $D_{II}$  und  $D_{III}$ ; beeinflusst durch die individuelle Einstellung von seiten des Bedienpersonals, dieser Wert ist folglich subjektiv, kann jedoch aus technischer Sicht mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden
- t: Förder- bzw. Dosierzeit; ist nicht völlig frei wählbar, sondern durch die Notwendigkeit ganzzahliger Abstreichungen am Futterband T 228 in weiten Grenzen festgelegt, Abweichungen vom Sollwert sind durch den systematischen und zufälligen Fehler der mechanischen Schaltuhren bedingt
- A: mit Gut ausgefüllter Querschnitt der Dosierer; beeinflusst durch unzureichende Egalisierung bzw. unzureichende Egalisierung des Gutstapels bei  $D_I$  und  $D_{II}$  oder ungleichmäßige Befüllung des Austragorgans bei  $D_{III}$  (meist Schnecken)
- $\rho_s$ : Gutdichte; beeinflusst durch unterschiedliche Art des Futtermittels und dessen unterschiedliche Verdichtung beim Transport bzw. bei der Befüllung.

Durch diese Einflußgrößen können, bezogen auf die Masse des vorgelegten Futters, folgende maximale Dosierfehler auftreten:

- bei den Grobfutterdosierern (je nach Art und Halmlänge des Futters)  $\pm 20\%$
- beim Dosierer für Zusatzstoffe (je nach Art des Stoffes)  $\pm 4$  bis  $10\%$
- bei Grobfutter insgesamt  $\pm 40\%$ .

Der Dosierfehler von  $\pm 40\%$  ist vor allem durch die subjektiven Fehler im Fütterungsprozeß bedingt [3]. Möglichkeiten der Verringerung sind bei guter Organisation des Fütterungsprozesses und Kenntnis der Einflußgrößen vorstellbar. Trotzdem muß aus der Sicht des derzeitigen technischen Standes einer MVA AP 1930 mit einem mittleren Dosierfehler der Masse des Grobfutters von  $\pm 15$  bis  $20\%$  gerechnet werden.

Fortsetzung von Seite 354

folgt im Hinblick auf eine hohe Arbeitsqualität beim Dosieren. Für die Bewertung der Qualität wird der Dosiervorgang als stochastischer Prozeß betrachtet.

## Literatur

- [1] Schwedes, J.: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Weinheim: Verlag Chemie GmbH 1968, S. 270.
- [2] Michaelis, G.: Grundlagen zum Dosieren von Futterkomponenten und Gemischen. FZM Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [3] Becker, R., u. a.: Technische Prinziplösung für das Dosieren von Mineral- und Wirkstoffgemischen. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 4, S. 161-163.
- [4] Gatzky, D.: Eignung unterschiedlicher Dosierprinzipien für die Dosierung von pelletierten Trockenfuttermitteln. Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim, Informationsbericht 1976 (unveröffentlicht).
- [5] Füll, C.; Scholz, V.: Lagerung von Trockenmischfutter in Behältern. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 8, S. 353-357.

A 3904

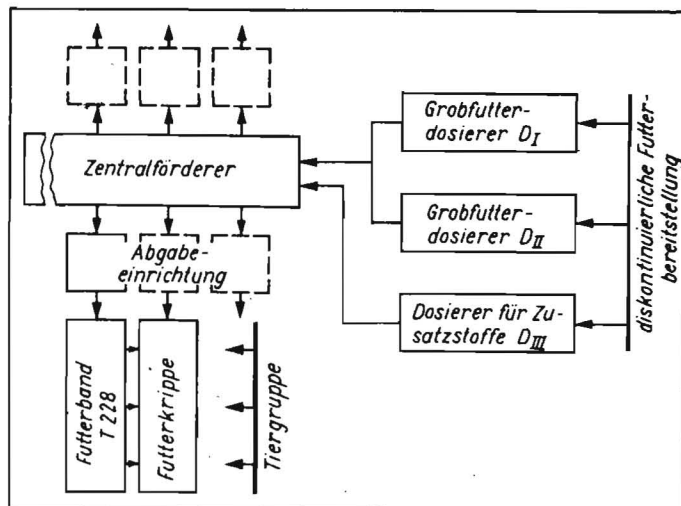


Bild 1  
Schematische Darstellung der Futterstrecke einer MVA AP 1930

Aber auch die Masse als Quantitätskennwert eines Grobfuttermittels hat nur dann größere Bedeutung, wenn dessen Feuchteanteil bekannt ist bzw. während des Fütterungsprozesses schnell ermittelt werden kann, da damit die Möglichkeit besteht, die vorgelegte Trockenmasse zu bestimmen. Sie ist der Kennwert, der die Tierernährer letztlich interessiert, da sie die Grundlage für die Berechnung der zugeführten Energie bildet. Entsprechend dem Tabellenwerk des DDR-Futterbewertungssystems können außerdem Qualitätskennwerte eines Futtermittels aus der Kenntnis folgender Werte errechnet werden [4]:

- Gehalt (Anteil) an Trockenmasse
- Gehalt (Anteil) an Trockenmasse und Rohprotein
- Gehalt (Anteil) an Trockenmasse und Rohnährstoffen.

Die Trockenmasse ist folglich auch Grundvoraussetzung für die Qualitätsbestimmung eines Futtermittels. Grundsätzliche Möglichkeiten der Trockenmassebestimmung ergeben sich wie folgt [5]:

- Berechnung der Trockenmasse  $m_{tr}$  aus Gesamtmasse  $m_{ges}$  und Trockenmassegehalt  $TM$  in % nach

$$m_{tr} = m_{ges} TM \frac{1}{100} \quad (3)$$

Dieses ist das genaueste Verfahren, setzt jedoch die Kenntnis des Trockenmassegehalts voraus, wofür eine entsprechende kontinuierliche Meßeinrichtung zu entwickeln ist.

- Berechnung der Trockenmasse  $m_{tr}$  aus Gesamtmasse  $m_{ges}$  und Schüttdichte  $q_s$ , wobei der funktionelle Zusammenhang zwischen Trockenmasse  $TM$  und Schüttdichte  $q_s$  erst zu ermitteln ist:

$$m_{tr} = m_{ges} f_1(q_s) \frac{1}{100} \quad (4)$$

$$TM = f_1(q_s) \quad (4a)$$

Da eine kontinuierliche Meßeinrichtung der Schüttdichte ebenfalls nicht zur Verfügung steht, könnte deren Ermittlung durch die gleichzeitige Erfassung von Gutmasse  $m_{ges}$  und Gutvolumen  $V_{ges}$  sowie die Quotientenbildung  $m_{ges}/V_{ges} = q_s$  erfolgen.

Beide Möglichkeiten setzen die Schaffung entsprechender Meß- und Auswerteinrichtungen voraus, die auch unter den Bedingungen einer Tierproduktionsanlage funktionsfähig und zuverlässig sein müssen.

Das Ziel der Bemühungen muß in der Schaffung eines Systems zur kontinuierlichen Trockenmasseermittlung und deren automatischen Regelung für eine bestimmte Tiergruppe entsprechend ihrem Leistungspotential und nach entsprechenden Vorgaben der

Tiernährer bestehen. Da bezüglich der Meßgeber z. Z. noch nicht alle Voraussetzungen vorhanden sind, könnte dieses Ziel in mehreren Etappen erreicht werden.

## 2.2. Lösungsmöglichkeiten zur Ermittlung von Masse und Trockenmasse der einer Tiergruppe in der MVA zugeführten Grobfuttermittel

In den Bildern 2 und 3 sind die Signalflußbilder von Varianten zur Ermittlung der Grobfuttermittellage einer Tiergruppe des AP 1930 entsprechend Bild 1 dargestellt. Die im Bild 2 gezeigte Variante kann als kurzfristige realisierbare Rationalisierungslösung angesehen werden, wobei jedoch z. Z. noch die Registrier- und Auswerteinrichtung für die Signale von Bandwaage und eventuell Querschnittabsteineinrichtung fehlt. Der Einsatz universeller meßtechnischer Arbeitsmittel, wie Verstärker, Gerät zur Mittelwertbildung und A/D-Umsetzer, erfolgte zur Erprobung der elektromechanischen Bandwaage und der Querschnittabsteineinrichtung.

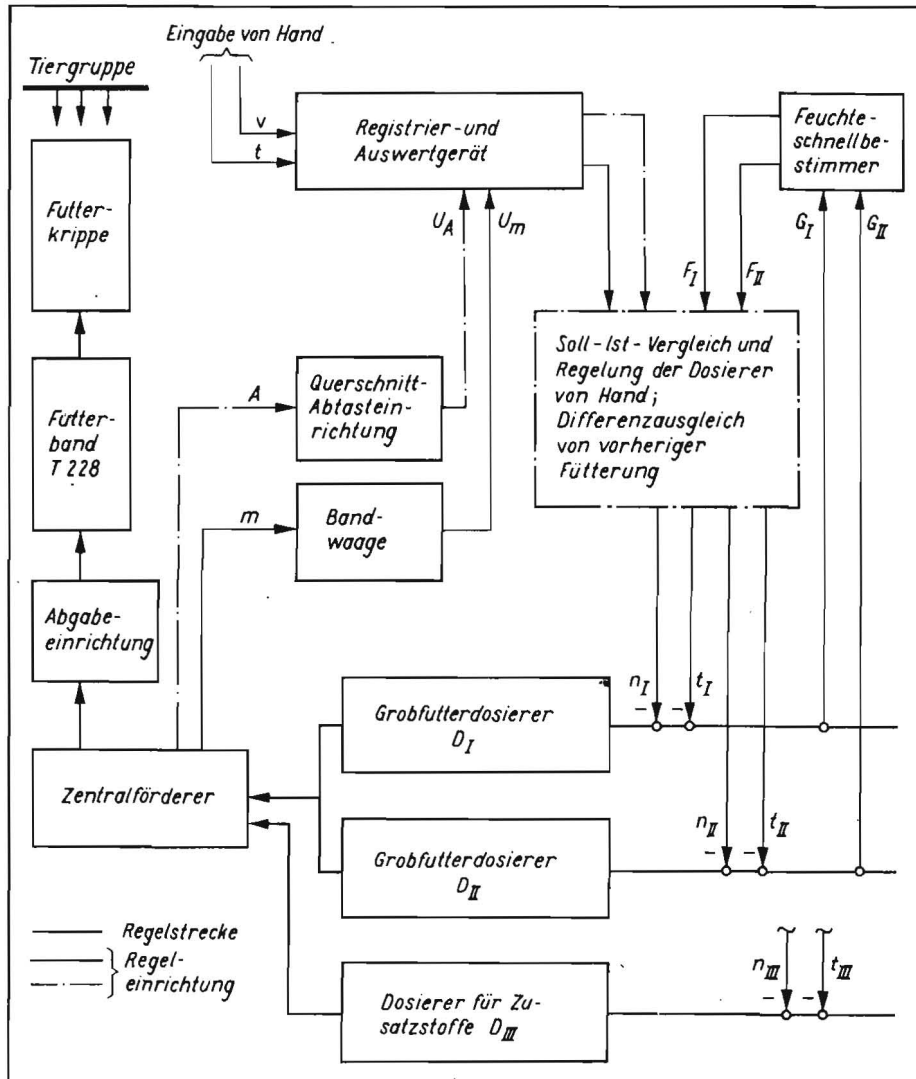
Die Variante im Bild 3 könnte eine Lösung in einem System der automatischen Produktionskontrolle und -regelung in MVA sein. Ihre Realisierung setzt das Vorhandensein einiger Meßgeber und eines Rechners voraus. Sie stellt jedoch eine ökonomisch vertretbare Lösung dar und kann schrittweise realisiert werden. Im folgenden sollen beide Varianten kurz beschrieben werden.

### Variante 1 (Bild 2)

Das von den Dosierern  $D_I$  und  $D_{II}$  zugeführte Grobfutter wird hinsichtlich des Feuchtegehalts untersucht, wobei von Hand Proben  $G_I$  und  $G_{II}$  diskontinuierlich entnommen und mit Hilfe eines Feuchteschnellbestimmers die Feuchten  $F_I$  und  $F_{II}$  ermittelt werden. Nachteilig ist der entstehende Zeitverzug zwischen Probenahme und Ergebnis von rd. 0,5 Stunden, da nach Vorliegen des Kennwerts das zugehörige Grobfutter bereits aus dem Dosierer ausgegeben sein kann. Durch den Einsatz eines dielektrischen Feuchteschnellbestimmers könnte unter Nutzung der Größen  $\epsilon_I$  und  $\epsilon_{II}$  dieser Zeitverzug eliminiert werden. Ein für den auftretenden Feuchtebereich zuverlässig funktionierendes und ökonomisch vertretbares Gerät aus eigener Produktion ist z. Z. noch nicht vorhanden. Die Dosierung der Grobfuttermittel erfolgt wie bisher über Volumendosierer. Deren Steuerung von Hand wird über die Größen  $n_I, n_{II}$  bzw.  $t_I, t_{II}$  realisiert. Nach Aufgabe des Futters auf den Zentralförderer erfolgt eine Registrierung der Masse durch die eingebaute Bandwaage. Da die Gurtbandgeschwindigkeit des Zentralförderers konstant und damit bekannt ist, entfällt ihre meßtechnische Erfassung. Der so ermittelte Wert der Masse wird unter Verwendung der gleichzeitig ermittelten Feuchteanteile für eine Trockenmasseberechnung herangezogen. Es erfolgt ein Soll-Ist-Vergleich der vorgesehenen und der tatsächlich der Tiergruppe verabreichten Trockenmasse, die Differenz wird bei der nächsten Fütterung ausgeglichen. Auf diese Weise kann nach und nach der vorgesehene Wert annähernd erreicht werden.

Ein Nachteil dieses Systems ist, daß immer nur eine Komponente des Grobfutters gefüttert und registriert werden kann, was technologisch nicht befriedigend ist. Im Fall der Dosierung zweier Komponenten bleibt der technisch bedingte hohe Dosierfehler, der aufgrund der Volumendosierung eintritt, beste-

Bild 2. Signalflußbild einer einfachen Variante zur Ermittlung der Grobfuttermittellage; A Gutquerschnittfläche, F Gutfeuchte, G Gutprobe, m Gutmasse, n Drehzahl des Dosieraustragorgans, t Dosierzeit, U Meßspannung, v Gurtgeschwindigkeit



hen, da die Masseermittlung erst nach dem Zusammenführen der Komponenten, d. h. von der Mischraktion, erfolgt. Hinzu kommt der Feuchteeinfluß, der für die Trockenmasseermittlung erforderlich ist und der bei beiden Dosierern unterschiedlich sein kann. Außerdem wird von dem Feuchteanteil weniger Grobfutterproben auf die Gesamtgrobfuttermenge extrapoliert, wodurch ein zusätzlicher Fehler entsteht.

Der Fehler, der durch die Zusatzstoffe aus dem Dosierer  $D_{III}$  resultiert, kann vernachlässigt werden, da diese Stoffe meist einen geringen und gleichbleibenden Feuchteanteil haben und ihre Dosierung nach dem Volumen ausreicht und auch bezogen auf die Masse genügend exakt errechnet werden kann. Auf die Regelung dieses Dosierers durch  $n_{III}$  und  $t_{III}$  wurde deshalb nicht eingegangen.

Unabhängig von den aufgeführten Nachteilen würde das System gegenüber dem derzeitigen Stand eine wesentliche Verbesserung der Futterökonomie erlauben. Da die Abnahme der ermittelten Werte, die notwendigen Berechnungen, der Soll-Ist-Vergleich und die Regelung der Dosierer von Hand erfolgen müssen, kann diese Variante nur als Übergangslösung betrachtet werden.

### Variante 2 (Bild 3)

Die Regelstrecke entspricht der von Variante 1. Das Grobfutter der Dosierer  $D_I$  und  $D_{II}$  wird ebenfalls hinsichtlich des Feuchteanteils untersucht, wobei ein Meßgeber für die Gutfeuchteermittlung auf dielektrischer Basis vorausgesetzt wird. Daten hierfür sind die Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_I$  und  $\epsilon_{II}$ , die diskontinuierlich ermittelt und als Signale  $U_{TM I}$  und  $U_{TM II}$  in den Rechner eingegeben werden, woraus die Trockenmasse  $m_{tr}$  berechnet wird. Die Dosierung des Grobfutters erfolgt wie bisher durch die Volumendosierer  $D_I$  und  $D_{II}$ . Nach der Aufgabe des Grobfutters auf den Zentralförderer werden die Geschwindigkeit des Gurtbandes dieses Förderers  $v$ , die Masse  $m$  und der Querschnitt  $A$  des Gutes durch entsprechende Meßgeber erfaßt und die zugehörigen Signale  $U_v$ ,  $U_m$  und  $U_A$  vom Rechner registriert. Vorgesehen ist auch die kontinuierliche Erfassung des Gutfeuchteanteils mit Hilfe der dielektrischen Methode, wenn ein entsprechender Meßgeber zur Verfügung stehen sollte. Dann entfällt die diskontinuierliche Gutfeuchtebestimmung. Mit einem solchen Meßgeber würde ein direktes Signal der Gutfeuchte  $U_{TM}$  zur Verfügung stehen und ebenfalls in den Rechner eingegeben werden können. Im Rechner erfolgt die Berechnung der Trockenmasse  $m_{tr}$  des Gutes auf dem Zentralförderer, d. h. der Mischraktion. Da dieser Geber z. Z. noch nicht vorhanden ist, kann die Trockenmasse der Mischraktion entsprechend den Gln. (4) und (4a) aus Masse und Schüttdichte, gekennzeichnet durch den Quotienten aus Masse und Volumen, ermittelt werden. Letzterer ergibt sich mit Kenntnis der Gurtgeschwindigkeit  $v$ . Des weiteren wird im Rechner ein Soll-Ist-Vergleich der Trockenmasse vorgenommen, und es erfolgt eine Regelung der Drehzahl der Austragorgane der Dosierer  $n_I$ ,  $n_{II}$  und der Dosierzeit  $t_I$ ,  $t_{II}$  (letztere unter Berücksichtigung ganzzahliger Abstreichungen am T228). Aus der räumlichen Anordnung der Meßgeber und der relativ trägen Regeleinrichtung an den Dosierern resultieren große Regelabweichungen. Die Differenzen zwi-

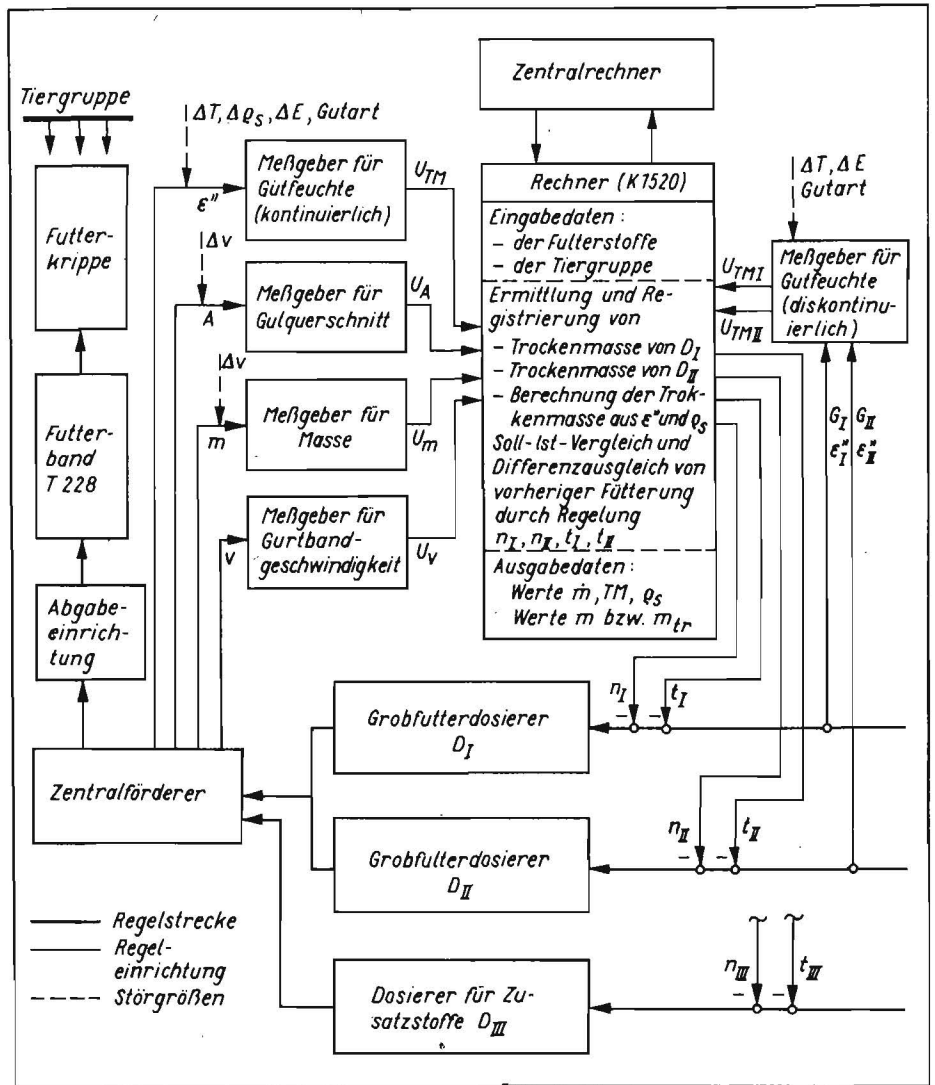


Bild 3. Signalflußbild einer rechnergestützten Variante zur Ermittlung und Regelung der Grobfuttervorlage;

A Gutquerschnittfläche,  $\Delta E$  elektrische Störfelder, F Gutfeuchte, G Gutprobe, m Gutmasse,  $m_{tr}$  Trockenmasse,  $\dot{m}$  Massedurchsatz,  $n$  Drehzahl des Dosieraustragorgans, T Temperatur, TM Trockenmassegehalt,  $t$  Dosierzeit,  $U$  Meßspannung,  $v$  Gurtgeschwindigkeit,  $\epsilon$  Imaginärteil der komplexen Dielektrizitätskonstanten,  $\rho$ , Schüttdichte

schen Soll- und Istwert werden vom Rechner registriert und bei der nächsten Futtervorlage durch Neueinstellung der Dosierer berücksichtigt. Auf diese Weise kann nach mehrmaliger Fütterung annähernd der Sollwert erreicht werden. Eine exaktere Regelung wäre über die Veränderung der Gurtbandgeschwindigkeit  $v$  des Zentralförderers bzw. eine ständige Regelung der Dosierer  $D_I$  und  $D_{II}$  nach konstantem Massestrom möglich. Ein derartiges System ist jedoch aufgrund größerer Eingriffe in das AP1930 und notwendiger größerer Investitionen derzeit nicht zu empfehlen.

Wie schon bei der Variante 1 ist die Tatsache nachteilig, daß die exakte Trockenmasseermittlung nur bei der Fütterung einer Grobfutterkomponente erfolgen kann. Bei 2 Komponenten wäre die Erfassung von Masse und Feuchte der Einzelkomponenten erforderlich. Dafür bieten sich die Masseerfassung des Grobfutters in jedem Dosierer und die kontinuierliche Feuchteermittlung unmittelbar danach an. Die Grobfutterdosierer sind auf je einer mechanischen oder elektromechanischen Waage installiert, so daß die Gutentnahme ständig registriert werden kann. Die für jede Tiergruppe gespeicherten Daten können in einen Zentralrechner der MVA

eingetragen werden und die Grundlage für Leistungsvergleiche, exakte Futterberechnungen und Gruppenzusammenstellungen der Tiere bilden.

### Literatur

- [1] Hennig, A.: Bedarfsgerechte Energie- und Nährstoffversorgung durch effektiven Futtereinsatz. Vortrag zur wissenschaftlichen Jahrestagung der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig am 16./17. Febr. 1983.
- [2] Lemme, F.: Leistungsgruppenbildung in Milchproduktionsanlagen. Vortrag zur 4. Wissenschaftlich-technischen Tagung „Rationalisierung von Anlagen und Ausrüstungen der Rinder- und Schweineproduktion“ am 27. und 28. Oktober 1983 in Neubrandenburg.
- [3] Schröder, E.: Meßwertfassung zur Produktionssteuerung in Tierproduktionsanlagen. „INFERT 1978“, Vorträge der Fachsektion III „Verarbeitungstechnik“.
- [4] Das DDR-Futterbewertungssystem. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1971.
- [5] Hausig, R.: Kontinuierliche Qualitäts- und Quantitätserfassung von Grobfutterstoffen an Bandanlagen bei der industriemäßigen Rinderproduktion. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht). A 4246/1