

# Möglichkeiten zur Überwachung der Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung

H. Auernhammer & X. Zenger  
Weihenstephan, Bundesrepublik Deutschland

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die Prozeßsteuerung ist in größeren Herden fester Bestandteil der Produktion. Neben einer Arbeitserleichterung erbringt sie vor allem zusätzliche Informationen für das Management. Letztere sind jedoch nur dann brauchbar, wenn sie fehlerfrei sind. Deshalb erfordert Prozeßsteuerung eine integrierte Überwachung. Diese muß auf der einen Seite die fehlerfreie Funktion der Technik beachten. Zum anderen hat sie die eingesetzten Sensoren zu überwachen. Erst danach können die Tierleistungsdaten analysiert und die Überwachung der Einzeltiere durchgeführt werden. All dies ist nur sinnvoll, wenn diese Vorgänge automatisiert vom Betriebsrechner durchgeführt werden und eventuell vorliegende Abweichungen vom erwarteten Ablauf wiederum automatisch dem Betriebsleiter mitgeteilt werden.

**SUMMARY:** Process control is nowadays an usual part in larger herds of dairy husbandry. It can reduce the work load and it offers a lot of new data for the herd management. But these data are only usable, if they are complete and free of errors. Due to this an integrated process control is needed. It has to look to the correct function of the installed equipment. It has to monitor the installed sensors too. Only after this, data of performance can be analyzed and single cattle can be monitored. All this has to be done in an automatic way from the on-farm computer. Also deviations from the usual situation should be offered to the farmer in an automatic way.

**RESUME:** Le contrôle électronique de procédé est un élément fixe de la production laitière par les troupeaux plus grands. Il en résulte une décharge du travail et surtout des informations additionnelles pour l'organisation de ferme. Pour que celles-ci soient libres d'erreurs, le contrôle électronique de procédé doit être surveillé par un système aussi bien que les divers capteurs périphériques. Seulement dans ces conditions il est possible d'analyser les dates de puissance des bêtes est de surveiller la vache singulière. En outre, il est indispensable, que l'ordinateur de ferme règle tous ces procédés automatiquement et que également des irrégularités éventuelles du système ou du procédé escompté sont automatiquement transmises à l'agriculteur.

## 1. EINFÜHRUNG

In der Milchviehhaltung hat die Elektronik mittlerweile sehr starken Eingang gefunden. Allerdings beschränkt sie sich schwerpunktmäßig auf den Laufstall und darin nahezu ausschließlich auf den Bereich der Kraftfutterfütterung. Der Landwirt verfolgt dabei vor allem das Ziel, die Arbeit zu erleichtern und die Dosiergenauigkeit zu erhöhen. Aus ökonomischer Sicht ist dies sicher der richtige Ansatzpunkt, weil das Futter mit etwa 50 % an den Produktionskosten beteiligt ist. Dem steht jedoch im Sinne eines optimalen Produktionserfolges die Leistung

gegenüber. Dabei erbringt die Milch den höchsten Leistungsanteil, weshalb in eine Optimierung der Ertrags-/Aufwandsrelationen beide Bereiche einbezogen werden müssen. Der Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung muß deshalb künftig auf diese beiden Bereiche erweitert und in einen Regelkreis eingegliedert werden (Abb. 1).

Dabei wird von der in der BR-Deutschland gegebenen Tatsache ausgegangen, daß Grundfutter in Form von Heu, Silage und Gras kostengünstiger ist, als zugekauft Kraftfutter. Auch neuere Untersuchungen zeigen, daß dies auch in Zukunft so sein

wird, wobei sicher auch jüngere agrarpolitische Überlegungen in Form von Bestandesbegrenzungen je Flächeneinheit und das verstärkte Umweltbewußtsein breiter Bevölkerungsschichten bedeutungsvoll sind.

Aufbauend auf diese Voraussetzungen soll deshalb versucht werden, möglichst hohe Mengen an Grundfutter zu verabreichen und das teure Kraftfutter ausschließlich tierindividuell nach Leistung einzusetzen. Elektronik erhält somit mehrere Aufgaben, nämlich

- Überwachung der Leistung
- Überwachung der Futtermittelaufnahme
- Steuerung der tierindividuellen Kraftfutterdosierung
- Überwachung der gesamten Technik.

Punktuell sollen nachfolgend vor allem die Bemühungen auf dem Bereich der Überwachung dargestellt und diskutiert werden.

## 2. DAS UNTERSUCHUNGSOBJEKT

Für die Untersuchungen stand ein Praxisbetrieb mit etwa 40 Kühen in einem Liegeboxenlaufstall zur Verfügung. Die dort installierte Technik läßt sich drei Einsatzbereichen zuordnen (Abb. 2).

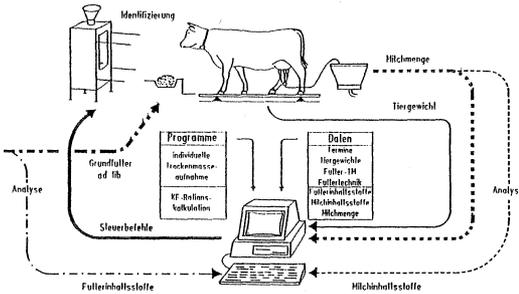


Abbildung 1: Regelkreis "Leistungsbezogene Kraftfutterdosierung durch Grundfutteraufnahme-schätzung für Milchvieh"

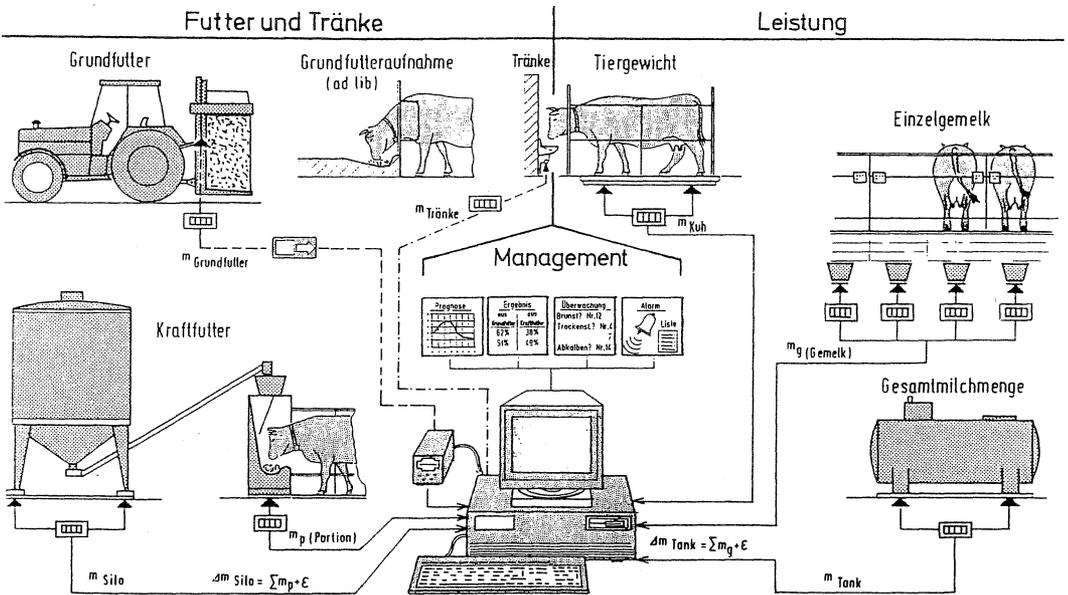


Abbildung 2: Überwachung der Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung

Die Fütterungsüberwachung erfolgt durch Ermittlung der verabreichten Silagemengen über eine in den Schlepperheckkraftheber installierte Wiegeeinrichtung. Das zudosierte Kraftfutter kann über die Kraftfuttermischstation ermittelt werden. Vorsehen ist darüber hinaus die Erfassung der Tränkemengen.

Die Tierleistung wird zum einen über das Lebendgewicht der Kühe erfaßt. Dazu steht eine Tierwaage in einer Kraftfutterabruflstation zur Verfügung. Zum anderen erfolgt die Erfassung der Milchleistung über Milchmengenmeßgeräte im Melkstand.

Alle Daten gelangen über fest installierte Leitungen in den Betriebsrechner und werden dort in einzelne Tabellen eines Datenbanksystems abgelegt. Das gesamte Datenmanagement führt das Betriebssystem UNIX selbstständig durch. Dies betrifft sowohl den Datentransfer, wie auch die Ergebnisdarstellung, die Überwachung und die Alarmierung. Vorsehen ist zudem eine Anbindung des Betriebsrechners über Bildschirmtext (im englischen Sprachgebrauch als video text system bezeichnet) an das Rechenzentrum der staatlichen Beratung, in welchem durch den Landeskontrollverband die Herdbuchdaten der Kühe erstellt und verrechnet werden.

Das gesamte System wurde 1986 installiert. Es wird weitgehend selbständig vom Landwirt betreut. Probleme ergeben sich bisher vor allem durch das Zusammenfügen der verschiedenen Versuchskomponenten und bei Softwareumstellungen.

### 3. DATENVERFÜGBARKEIT UND ÜBERWACHUNG DER TECHNIK

Die Erfassung der Milchleistung der Tiere erfolgt im 2 x 4 Fischgrätenmelkstand. Dazu ist an jedem Melkplatz eine Antenne zur Identifizierung und ein Milchmengenmeßgerät installiert. Die Meßgeräte erfüllen die Forderungen des Landeskontrollverbandes.

Alle acht Elektroneinheiten sind mit einem Prozeßrechner verbunden. Dieser übernimmt die Identifizierung der Tiere und die Erfassung der Milchmengen. Die Datenübertragung erfolgt über eine Leitung mit softwaremäßiger Adressierung der einzelnen Melkplätze.

#### 3.1 Verfügbare Daten

Prozeßüberwachung durch Rechnerunterstützung setzt eine hohe Datenverfügbarkeit

voraus. Werden die Daten der Jahre 1987 und 1988 betrachtet (Abb. 3), dann zeigt sich dabei lediglich eine mittlere Verfügbarkeit von 82 %.

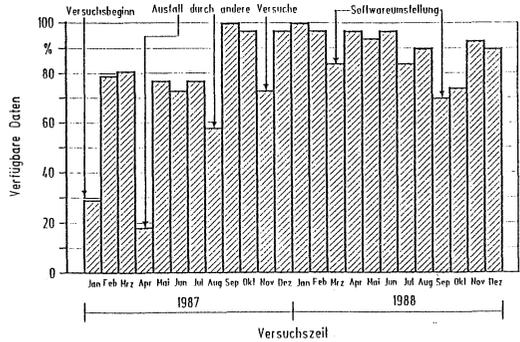


Abbildung 3: Verfügbare Daten in der bisherigen Beobachtungszeitspanne

Ausgehend von erheblichen Problemen zu Beginn der Beobachtung hat sich danach die Verfügbarkeit sehr stark erhöht. Trotzdem sind Monate mit einer 100 %igen Verfügbarkeit auch heute noch die Ausnahme. Zurückzuführen sind diese unerwartet ungünstigen Ergebnisse auf:

- Softwareprobleme mit selbständiger Löschung erstellter Datenfiles
- erforderliche Softwareumstellungen im Rahmen der Beobachtungen
- Störungen durch integrierte Elektroneinheiten, insbesondere durch die Tierwaage
- unvorhersehbare Fehler in der Software, die trotz umfangreicher Tests noch vorhanden sind.

#### 3.2 Identifizierungsrate

Wesentlich für eine hohe Datenverfügbarkeit ist im Melkstand eine nahezu 100 %ige Identifizierung der gemolkten Kühe (mehr als 3 % Fehleridentifizierungen sollten keinesfalls akzeptiert werden). Werden dabei die ermittelten Daten vom März bis Juni 1988 betrachtet, dann zeigt sich folgendes Ergebnis (Abb. 4).

Die mittlere Identifizierungsrate liegt bei 94 %. Darin sind allerdings auch die manuellen Nachidentifizierungen durch die Melkpersonen eingeschlossen. Wird dagegen die automatische Identifizierung betrachtet, dann liegt der Wert dafür erheblich unter 90 %.

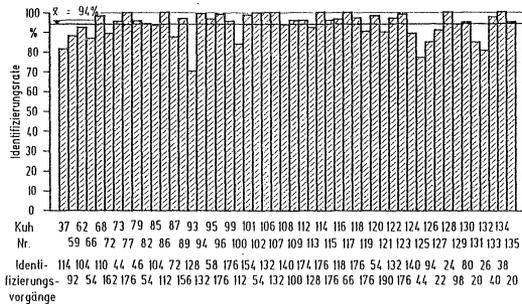


Abbildung 4: Identifizierungserfolg bei der Einzelplatzidentifizierung (2 x 4 FGM, Zeitspanne vom 1.3. bis 30.6.1988)

Deutliche Unterschiede zeigen sich bei unterschiedlichen Kühen. Äußerst ungünstig schneiden z.B. die Kuhnummern 93, 100, 125 und 132 ab. Alle diese Kühe hatten geringe Milchmengen je Einzelgemelk und hohe Milchflußgeschwindigkeiten. Dies läßt den Schluß zu, daß der eingesetzte Identifizieralgorithmus zu träge ist. Daneben ist aber auch das Tierverhalten maßgeblich an diesen unbefriedigenden Ergebnissen beteiligt. Bedingt durch die fehlende Kraftfuttergabe im Melkstand sind viele Tiere nicht bereit, den Kopf ausreichend lange in einer identifizierbaren Stellung zu halten.

Um die Melkpersonen zu einem sorgfältigen Arbeiten zu erziehen, werden täglich die erreichten Identifizierungsraten ausgedruckt und die nicht identifizierten Kühe besonders erwähnt. Der Erfolg dieser Maßnahme ist insgesamt positiv zu beurteilen.

### 3.3 Zuverlässigkeit der Milchmengenmeßgeräte

Die Tierleistung kann nur dann richtig erfaßt werden, wenn die installierten Meßgeräte fehlerfrei arbeiten. Schleichende Abweichungen (Triften) sind dabei besonders kritisch, weil diese vom Landwirt nicht einfach zu erkennen sind. Hierbei kann die Elektronik gute Hilfen leisten, wenn entsprechende Algorithmen eingesetzt und eine tägliche automatisierte Überprüfung per Software stattfindet. Ein derartiges Programm wird im Beobachtungsbetrieb eingesetzt. Es geht von der Hypothese aus, daß in zeitlichen Abständen bis zu etwa fünf Tagen die Kühe die einzelnen Buchten im Melkstand zufällig betreten. Ist dies der Fall, dann sind in jeder Melkbucht zufällig

verteilte Einzelgemelke unterschiedlicher Kühe zu erwarten. Demnach müssen die mittleren Einzelgemelke einer Melkbucht über der Zeit gleich bleiben. Sowohl ein Trend, als auch ein Sprung der erwarteten mittleren Gemelksmenge je Melkbucht weisen auf Meßfehler hin, wenn Beeinflussungen, welche die ganze Herde betreffen, ausgeschlossen werden. Ein Beispiel soll die damit ermittelte Meßabweichung verdeutlichen (Abb. 5).

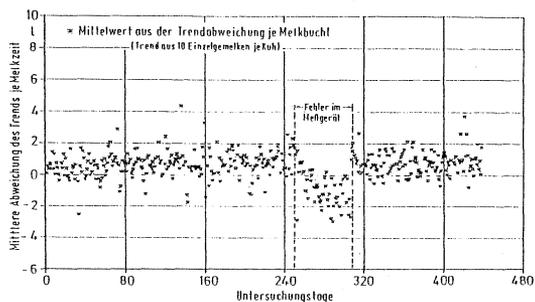


Abbildung 5: Mittlere Abweichung des errechneten Trends von der tatsächlichen Milchleistung in einer Melkbucht

Dabei trat durch eine Beeinträchtigung der lotrechten Anbringung eines Meßgerätes eine gerichtete Fehlmessung auf. Durch einen entsprechenden Hinweis an die Melkperson konnte der entstandene Schaden relativ kurzfristig behoben werden.

### 3.4 Zuverlässigkeit der Kraftfütterdosierung

Ähnliche Untersuchungen bezogen sich auch auf die Kraftfütterabrufanlagen. Sie führten zur Installation von Brückenwaagen unter dem Kraftfüttersilo, weil Überprüfungen der Dosiergenauigkeit eine zum Teil hohe Abweichung von bis zu +/- 20 % selbst nach der ordnungsgemäßen Kalibrierung erbrachten. Längerfristig soll deshalb in mehreren Ställen die installierte Technik weiter überwacht werden. Dabei wird von der Erfahrung ausgegangen, daß die Landwirte trotz eventuell per Rechner erfolglicher Hinweise die Nachkalibrierung der Anlagen unterlassen oder daß durch Futterveränderungen und Feuchtigkeitseinflüsse unerwartet hohe Abweichungen auftreten.

#### 4. ÜBERWACHUNG DER MILCHLEISTUNG

Erst bei ordnungsgemäßer Technik können die erfaßten Daten für die Überwachung der Milchleistung herangezogen werden. Dabei sind mehrere Überwachungsziele zu verfolgen. Zum einen müssen sich diese auf die Herde beziehen und zum anderen sind die Einzeltiere zu erfassen. Dazu dienen drei unterschiedliche Überwachungsalgorithmen.

##### 4.1 Abweichungen der täglichen Milchleistungen der Herde

Um allgemein geltende Fütterungseinflüsse analysieren zu können, werden die täglichen Milchleistungen aller Tiere mit dem Mittel des Vortages verglichen. Diese Analyse dient derzeit zur Erfassung der Grundstreuung und der daraus abzuleitenden Möglichkeiten der Ausreißerentfernung. Für die Beobachtungsherde bestätigen sich dabei die schon von SCHLÜNSEN ermittelten Ergebnisse, wonach die täglichen Streuungen ohne besondere Einflüsse im Mittel bei 1,4 kg und einer Standardabweichung von 1,3 kg liegen. Maximale Streuungen von bis zu  $\pm 4$  kg sind deshalb durchaus möglich (Abb. 6).

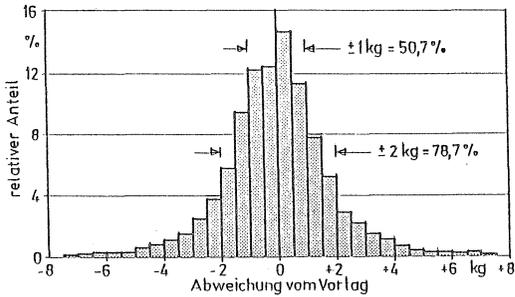


Abbildung 6: Verteilung der täglichen Streuungen bei den Milchleistungsdaten (16 092 Meßwerte von 40 Kühen; Deutsches Fleckvieh)

Allerdings zeigte sich auch, daß etwa 50 % der erfaßten Werte innerhalb einer Streuung von  $\pm 1$  kg liegen und sogar 78 % innerhalb  $\pm 2$  kg. Deshalb ist zu überlegen, ob nicht im Sinne der Herstellerüberwachung eine Einschränkung auf Tiere mit relativ stabiler Leistung vorgenommen werden kann.

#### 4.2 Laktationsverlauf der Einzeltiere

Bezogen auf das Einzeltier interessiert zum ersten der Laktationsverlauf. BUREMA und KERKHOF schlagen dazu eine Standardlaktationskurve vor und messen an dieser die jeweiligen Tagesabweichungen. WOOD erstellte ebenfalls eine standardisierte Laktationskurve, welche im Gegensatz zu BUREMA und KERKHOF auf mehrere Parameter aufbaut und so eine ständige Anpassung an die sich verändernden Laktationen zuläßt. Beide Algorithmen dienten auf dem Versuchsbetrieb zur Überwachung der Laktationskurven der Einzeltiere. Die damit durchgeführten Analysen zeigen folgende Ergebnisse (Abb. 7 und 8).

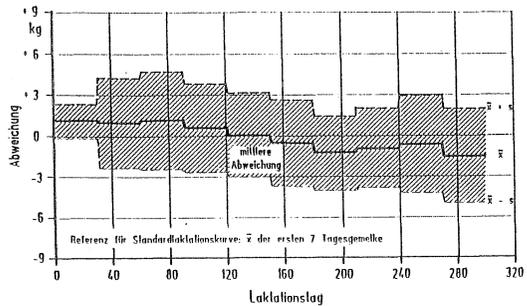


Abbildung 7: Abweichungen der Herde auf dem Beobachtungsbetrieb von der Standardlaktationskurve nach BUREMA und KERKHOF (40 Kühe, 80 Laktationen; Deutsches Fleckvieh)

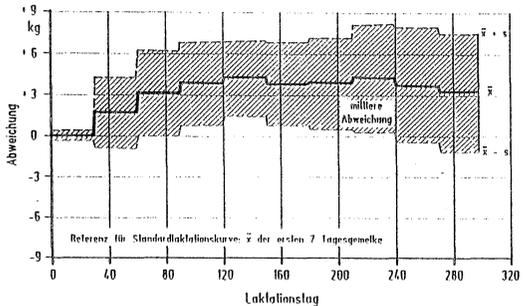


Abbildung 8: Abweichung der Herde auf dem Beobachtungsbetrieb von der Standardlaktationskurve nach WOOD (40 Kühe, 80 Laktationen; Deutsches Fleckvieh)

Allgemein ist zu erkennen, daß beide Funktionen die tatsächlichen Verhältnisse nur bedingt wiedergeben. Dabei sind die Abweichungen bei WOOD wesentlich höher als bei BUREMA und KERKHOF. Allerdings steht be-rechtigt die Frage im Raum, ob überhaupt nach derartigen Standardlaktationskurven verfahren werden soll, oder ob nicht be-triebsspezifische Laktationskurven mit heute gültigen Anforderungen die bessere Lösung darstellen könnten. Zu erwähnen sei an dieser Stelle nur die Tatsache, daß durch die Quotenregelung ein möglichst gleichmäßiger Milchanfall über das ganze Jahr gefordert wird, welcher z.B. durch gleichbleibende Milchmengen über der gesam-ten Laktation am ehesten zu realisieren ist.

#### 4.3 Abweichungen in bezug zur Brunst

Gegenüber der bisherigen monatlichen Stich-probenenerhebung eröffnen tägliche Milchmen-genwerte wesentlich umfangreichere Analysen. Darauf aufbauend sollte der Frage nachgegangen werden, ob eventuell die Milchleistungsdaten auch einen Hinweis auf die bevorstehende Brunst zulassen könnten oder ob im nachhinein eine Bestätigung einer stattgefundenen Brunst möglich wäre. Letzteres würde dann in der Planung eine sichere Einbeziehung in die Aktionsliste ermöglichen. Die durchgeführten Analysen brachten ein nicht erwartetes Ergebnis (Abb. 9).

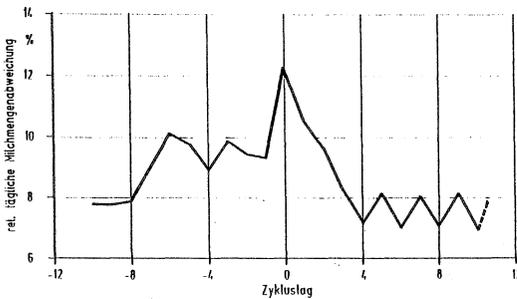


Abbildung 9: Tägliche Milchleistungsschwankungen während des Brunstzyklus bei 40 Kühen der Beobachtungsherde (77 Brunst-zyklen)

Ausgehend vom 10. Tag vor der Brunst steigt dabei bei allen beobachteten Kühen die Streuung der täglichen Milchleistung von Tag zu Tag immer stärker an, um am Brunst-tag den höchsten Wert mit im Mittel

+/- 12 % Streuung zu erreichen. Danach re-duziert sich die Streuung sehr stark und pendelt sich schon nach dem vierten Tage nach der Brunst auf den üblichen Wert zwi-schen +/- 7 und 8 % ein.

#### 5. EINORDNUNG DER ERGEBNISSE

Werden die nun vorliegenden Ergebnisse einer kritischen Einordnung unterzogen, dann ergeben sich sehr wesentliche Hin-weise auf die weiteren Arbeiten für die Überwachung der Prozeßsteuerung.

Sehr deutlich zeigt sich, daß die Überwa-chung der Technik im Hinblick auf die Funktions-sicherheit und die Genauigkeit bisher viel zu wenig Beachtung gefunden ha-ben. Insbesondere in der Praxis treten vielfach nicht vorhergesehene Störgrößen auf. Zudem ist der Landwirt sehr schnell geneigt, der erworbenen Technik zu stark zu vertrauen und Überprüfungen weitgehend zu unterlassen. Deshalb müssen entsprechen-de Prüfalgorithmen Basisbestandteil jeder rechnergestützten Prozeßsteuerung sein. Daß sich darin auch die Überwachung der Genauigkeit von Meßgeräten einschließen läßt, konnte sehr deutlich gezeigt werden.

Hinsichtlich der Überwachung der Milch-leistung müssen die bisher vorgeschlagenen standardisierten Laktationskurven auf ihren Wert hin sehr kritisch beurteilt werden. Eigene Untersuchungen mit Möglichkeiten einer Anpassung an die betriebsspezifi-schen Verhältnisse wären ein denkbarer Ausweg. Allerdings bleibt zu bedenken, daß künftig im Rahmen einer reglementierten Milcherzeugung andere Gesichtspunkte aus ökonomischer Sicht auch andere Strategien erforderlich machen können, weshalb spe-ziiell für diese Fragestellung ein von Standardlaktationskurven losgelöstes Den-ken angebracht erscheint.

Völlig neue Möglichkeiten eröffnen lücken-los verfügbare Tagesgemelksmengen im Hin-blick auf weitere Aussagen aus den täg-lichen Streuungen der Einzeltiere. So könnte dann eine Unterstützung bei der Brunstkon-trolle vorgenommen werden, insbesondere erscheint aus der Rückverfolgung dieser Werte für viele Kühe eine exaktere Vorher-sage der nächsten Brunst möglich, wodurch Aktionslisten für den Landwirt noch mehr Bedeutung erlangen können. Dazu müssen je-doch weitere Untersuchungen eine Unter-mauerung der ersten Ergebnisse bringen und exakt gemessene Zwischengemelkszeiten ver-feinerte Analysen ermöglichen.

## 6. LITERATURHINWEISE

- Artmann, R. 1982. Verfahren zur programmierbaren Fütterung von Kraftfutter. Völkenrose: FAL SH62: 104-120
- Auernhammer, H., G. Wendl und S. Harkow 1987. Lactation curves for performance orientated ration calculation of dairy cows. Wageningen: IMAG (Third symposium "Automation in Dairring")
- Auernhammer, H., H. Pirkelmann und G. Wendl 1988. Microprocessor based farm management system for dairy family farms. St. Joseph: ASAE (Congress Toronto)
- Binder, S., O. Distl, H. Kräuslich und H. Auernhammer 1988. Computereinsatz als Hilfsmittel für das Management von Milchrinderherden. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 2: 231-239
- Burema, H.J. und J.A. Kerkhof 1979. A dairy herd management and health control system. Wageningen: IMAG
- Schlünsen, D., H. Schön und H. Roth 1987. Automatic detection of oestrus in dairy cows. Wageningen: IMAG (Third symposium "Automation in Dairring")
- Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve on cattle. Natur 216: 164-165