Institut für Landtechnik der

T e c h n i s c h e n U n i v e r s i t ä t M ü n c h e n

Methodische Ansätze zur computergestützten Überwachung der Milchleistung in der Milchviehhaltung

Xaver Zenger

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.Dr. H.H. Sambraus

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. M. Estler
2. Univ.-Prof. Dr. E. Berg

Die Dissertation wurde am 06.07.90 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau am 05.10.90 angenommen.

(C) 1990 Landtechnik Weihenstephan

Nachdruck, auch auszugsweise, Wiedergabe, Vervielfältigung und Übersetzung nur mit Genehmigung der Landtechnik Weihenstephan

Selbsverlag im Eigenvertrieb:

Institut für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
D-8050 Freising

ISSN 0931-6264

V o r w o r t

Elektronik ist aus der Innenwirtschaft nicht mehr wegzudenken. In der Milchviehhaltung übernimmt sie Aufgaben bei der Fütterung, beim Melken und bei der Betriebsführung. In zunehmenden Maße wird der Regelkreis von der Datenerfassung über das Betriebsmanagement zur Prozeßsteuerung geschlossen. Da derartige Regelkreise zunehmend automatisiert ablaufen, kommt der Prozeßüberwachung eine zentrale Funktion zu. Die Überwachung der Funktionsfähigkeit von Meß- und Dosiereinrichtungen auf der technischen Seite, sowie die Leistungs- und Gesundheitsüberwachung auf der Seite des Tieres stellen die Hauptaufgaben dar.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Algorithmus zur automatisierbaren Überwachung der Meßgenauigkeit von Milchmengenmeßgeräten und ein Verfahren zur Überwachung des Laktationsverlaufes entwickelt.

Durch die kontinuierliche, automatisierbare Überwachung der Meßgenauigkeit der Milchmengenmeßgeräte können die aufwendigen manuellen Überprüfungen ersetzt werden. Dadurch wird eine exakte Milchleistungserfassung gewährleistet, was für eine leistungsgerechte Fütterung von entscheidender Bedeutung ist.

Die Signalisierung von kurzfristigen Milchleistungsrückgängen leistet einen entscheidenden Beitrag zur Aufdeckung von Unregelmäßigkeiten im Produktionsablauf. Hiermit steht ein wesentliches Hilfsmittel zur Erkennung von Brunst, Krankheit oder einer veränderten Futterversorgung zur Verfügung.

Weihenstephan, im November 1990 Prof. Dr. habil. M. Estler

Nach Abschluß der vorliegenden Dissertation danke ich allen ganz herzlich, die zum Gelingen dieser Arbeit beitrugen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H.-L. Wenner † für die Überlassung des Themas. Besonders danke ich Prof. Dr. M. Estler für die Gesamtbetreuung dieser Arbeit nach dem Tod von Prof. Dr. H.-L. Wenner. Weiterhin bedanke ich mich bei Prof. Dr. E. Berg für die Übernahme des Koreferates und bei Herrn Prof. Dr. Dr. H.H. Sambraus für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. habil. H. Auernhammer für die wissenschaftliche Betreuung und die wertvollen Hinweise bei der Abfassung der Arbeit.

Herrn Dr. G. Wendl bin ich für die tatkräftige Unterstützung beim Aufbau der Datenerfassung und für die vielen wertvollen Hinweise zu dieser Arbeit besonderen Dank schuldig.

Besonders danke ich Herrn N. Hemmen für die stets konstruktive Mithilfe bei der Durchführung der Arbeiten.
Einschließen möchte ich hier auch das Zeichenbüro der Landtechnik Weihenstephan sowie alle Mitarbeiter, die mir helfend zu Seite standen.

Dank gilt ferner der Deutschen Forschungsgesellschaft für die Finanzierung des Projektes.
Nicht zuletzt bedanke ich mich bei Familie Huber, die freundlicherweise ihren landwirtschaftlichen Betrieb für die Datenaufzeichnung zur Verfügung stellte.

Weihenstephan im Juni 1990 Xaver Zenger

Gliederung Seite

1.	Aufgabenstellung	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Problemstellung	3
1.3	Ziel der Arbeit	5
2.	Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung	7
2.1	Betriebliches EDV-Konzept	8
2.2	Tieridentifizierung	11
2.3	Ansätze zur Prozeßsteuerung	13
2.4	Ansätze zur Prozeßüberwachung	16
2.4.1	Überwachungsansätze im Bereich Milch	16
2.4.1.1	Technik zur Milchmengenmessung	17
2.4.1.2	Milchleistungsprüfung	20
2.4.1.3	Laktationsmodelle	20
2.4.2	Überwachungsansätze im Bereich Grundfutterfütterung	25
2.4.3	Überwachungsansätze im Bereich Tiergewicht	26
2.4.4	Überwachungsansätze im Bereich Brunst	27
2.4.5	Überwachungsansätze im Bereich Tiergesundheit	28
2.5	Ansätze zur Prozeßregelung	29
2.6	Ansätze zur Überwachung der Prozeßtechnik	30
2.7	Zusammenfassende Betrachtung	31
3.	Datenerfassung und Datenorganisation	33
3.1	Der Betrieb zur Datenerfassung	33
3.2	Aufbau der Datenerfassung	34
3.2.1	Hardwareausrüstung	35
3.2.2	Softwareausrüstung	36
3.2.3	Organisation der Datenerfassung und Verwaltung	38
3.3	Ablauf der Datenerfassung	42

4.	Überwachung der Milchmengenerfassung und des Laktationsverlaufes	43
4.1	Funktionssicherheit der Datenerfassung	43
4.1.1	Datenverfügbarkeit in der Erfassungsperiode	43
4.1.2	Tieridentifizierung beim Melken	45
4.1.3	Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte	48
4.2	Überwachung der Milchmengenerfassung	51
4.2.1	Material und Methode	51
4.2.2	Analyse der Einzelgemelksabweichungen	56
4.2.3	Analyse der Melkplatzbelegung	60
4.2.4	Prognose der folgenden Einzelgemelke	62
4.2.5	Einflußfaktoren auf die Gemelksabweichungen	64
4.2.6	Automatisierte Genauigkeitsüberprüfung	68
4.3	Beschreibung und Überwachung des Laktationsverlaufes	74
4.3.1	Beschreibung des Laktationsverlaufes	74
4.3.1.1	Material und Methode	75
4.3.1.2	Adaptive Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes	80
4.3.1.3	Laktationsmodelle zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufes	85
4.3.1.4	Adaptive Verfahren zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufes	88
4.3.1.5	Beispiele zur Beschreibung des Laktationsverlaufes	89
4.3.1.6	Folgerungen zur Überwachung des Laktationsverlaufes	90
4.3.2	Überwachung des Laktationsverlaufes	92
4.3.2.1	Material und Methode	92
4.3.2.2	Datenanalyse und Grenzwertbestimmung	94
4.3.2.3	Beispiele zur Überwachung des Laktationsverlaufes	96
5.	Diskussion und Einordnung der Ergebnisse	101
5.1	Funktionssicherheit der Datenerfassung	101
5.2	Überwachung der Milchmengenmeßtechnik	104
5.3	Überwachung des Milchleistungsverlaufes	110
5.4	Zusammenfassende Betrachtung und Ausblick	116
6.	Zusammenfassung	119
7.	Literatur	123
8.	Anhang	

Verzeichnis der Abbildung Seite

1. Entwicklung des Milchkuhbestandes, der milchviehhaltenden Betriebe und des mittleren Milchkuhbestandes pro Milchviehbetrieb in der BR Deutschland 1

2. Struktur des Elektronikeinsatzes in der Landwirtschaft 8

3. Bauarten von Antwortsendern und Erkennungsstellen zur Tieridentifizierung 12

4. Einteilung der Milchmengenmeßgeräte nach dem Erfassungsprinzip 18

5. Laktationsmodell von WOOD 21

6. Laktationsmodell von BUREMA und KERKHOF 22

7. Laktationsverlauf nach HUTH 25

8. Grundriß der Betriebsgebäude des landwirtschaftlichen Betriebes zur Datenerfassung 34

9. Gesamtkonzept für eine Prozeßsteuerungsanlage in der Milchviehhaltung 35

10. System zur Unterstützung der Herdenführung in der Milchviehhaltung 37

11. Organisation der Datenerfassung und Verwaltung 38

12. Organisation der Datenerfassung und Datenverwaltung mit dem Herden-Informationssystem auf dem Betriebsrechner 40

13. Relative Verfügbarkeit der Milchdaten vom Januar 1987 bis August 1989 44

14. Tierspezifischer Identifizierungserfolg bei der Einzelplatzidentifizierung (2x4 FGM, 44 Kühe, 22699 Identifizierungsvorgänge) 48

15. Meßfehler der Milchmengenmeßgeräte bei zwei verschiedenen Überprüfungen 49

16. Vergleich der manuellen und der automatisierbaren Überprüfung von Milchmengenmeßgeräten 51

17. Entwicklungsschritte zur Erstellung eines Modells zur automatisierten Überwachung der Milchmengenmeßgeräte 53

18. Programmablauf zur Überprüfung der Milchmengenmeßgeräte 55

19. Klassenhäufigkeitsverteilungen der relativen Abweichungen der Einzelgemelke vom 7-Tages-Trend (Rohdaten) 58

20. Klassenhäufigkeitsverteilungen der relativen Abweichungen der Einzelgemelke vom 7-Tages-Trend (bereinigte Daten) 59

21. Anzahl der durchschnittlich besuchten verschiedenen Melkbuchten in der Zeit vom 6.8.88 - 3.10.88 (n = 14 Kühe) 61

22. Vertrauensbereiche (95 %) für die Abweichungen der gemessenen Milchmengen vom arithmetischen 5-Tages-Mittel bzw. der linearen Regression 63

23. Vertrauensbereiche (95 %) für die betragsmäßigen relativen Gemelksabweichungen vom 5-Tages-Trend nach Gemelksklassen 64

24. Zusammenhang zwischen der Änderung der Zwischenmelkzeit und der Abweichung des Morgengemelks vom 5-Tages-Trend 66

25. Zusammenhang zwischen der Änderung des Kraftfutterverzehrs und der Änderung des Morgengemelks 67

26. Abweichungen der Morgengemelke vom jeweiligen Trend in der Zeit vom 1.3.88 - 28.2.89 für das Meßgerät am Melkplatz 3 69

27. Vertrauensbereiche (95 %) der Meßfehler bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung der Meßgeräte (11.2.89 bis 10.6.89, vor der Korrektur mit dem Gesamtfehler) 71

28. Vertrauensbereiche (95 %) der Meßfehler bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung der Meßgeräte (11.2.89 bis 10.6.89, nach der Korrektur mit dem Gesamtfehler) 72

29. Vertrauensbereiche (95 %) der mittleren Abweichungen an den einzelnen Meßgeräten (11.2.89 bis 10.6.89, Kuh 107) 73

30. Vertrauensbereiche (95 %) der Meßfehler bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung der Meßgeräte (12.6.89 bis 11.10.89, nach der Korrektur mit dem Gesamtfehler) 74

31. Klassenhäufigkeit der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel 82

32. Vertrauensbereiche (95 %) der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel (nach Milchleistungsklassen) 83

33. Verlauf der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen von den Werten der adaptiven Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes ($\bar{x} \pm s$) 84

34. Verlauf der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen von den Schätzwerten der Laktationsmodelle ($\bar{x} \pm s$) 87

35. Verlauf der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen von den Schätzwerten der adaptiven Verfahren zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufes ($\bar{x} \pm s$) 88

36. Beschreibung der 2. Laktation von Kuh Nr. 114 durch verschiedene Verfahren 89

37. Beschreibung der 5. Laktation von Kuh Nr. 77 durch verschiedene Verfahren 90

38. Verfahren zur Überwachung des Laktationsverlaufes 93

39. Programmablauf zur Überwachung des Laktationsverlaufes 94

40. Klassenhäufigkeitsverteilungen für die relativen Abweichungen des aktuellen 5-Tages-Mittels von den letzten drei 5-Tages-Mittelwerten 95

41. Verlauf der Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel während des Brunstzyklus 96

42. Überwachung des Laktationsverlaufes von Kuh Nr. 89 in der 4. Laktation 97

43. Überwachung des Laktationsverlaufes von Kuh Nr. 130 in der 1. Laktation 99

44. Standardisierte Meßfehler bei den Überprüfungen der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte 109

Verzeichnis der Tabellen Seite

1. Ablauf der Datenerfassung 42

2. Ergebnisse zur Tiererkennung 46

3. Statistische Parameter der Trendabweichungen (Rohdaten) 57

4. Statistische Parameter der Trendabweichungen (bereinigte Daten) 59

5. Statistische Parameter der Abweichungen der gemessenen Gemelksmengen von den geschätzten Gemelksmengen 62

6. Parameter der Regressionsanalyse zur Schätzung der Gemelksabweichung durch die Änderung der Zwischenmelkzeit 66

7. Mittlere Gemelksabweichung am Meßgerät des Melkplatzes 3 vom 90. - 360. Tag 70

8. Erfaßte Milchdaten vom Januar 1987 bis Februar 1989 75

9. Statistische Parameter für die Abweichungen der gemessenen Tagesmilchmengen vom Mittel (Rohdaten) 81

10. Statistische Parameter für die Abweichungen der gemessenen Tagesmilchmengen vom Mittel (bereinigte Daten) 81

11. Statistische Parameter der drei Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes 91

12. Alarmmeldung zur Signalisierung von Milchleistungsrückgängen 98

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung
A	Kalbealter in Jahren
B	Teilfaktor zur Berechnung des Laktationsfaktors
C	Laktationsfaktor
D	Laktationstage
$y_{(t)}$	Tagesmilchmenge in der Laktationswoche t
t	Laktationswoche
a	Parameter für das Milchleistungsniveau
b	Parameter für den Milchleistungsanstieg bis zum Laktationsmaximum
c	Parameter für den Rückgang der Milchleistung nach Überschreiten des Maximums
z	tolerierbarer Fehler
k	Fraktilen der Normalverteilung

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
St.	Stück
kpa	Kilopascal
FGM	Fischgrätenmelkstand
FCM	Fat Corrected Milk
ns	nicht signifikant
*	signifikant (95 % Sicherheitswahrscheinlichkeit)
$\bar{x}$	arithmetisches Mittel
s	Standardabweichung
$\hat{t}$	berechneter t-Wert

1. Aufgabenstellung

Das Ziel jedes Unternehmens ist eine befriedigende Faktorentlohnung. Deshalb werden im Sinne einer optimalen Faktorallokation von Zeit zu Zeit entsprechende betriebliche Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

1.1 Einleitung

Die Entwicklung der Landwirtschaft in den letzten Jahren ist geprägt durch den Strukturwandel. Während 1970 noch etwa 1.1 Mio. Betriebe Landwirtschaft betrieben, sind es z.Z. knapp 700 000 [19].

Als Folge davon schieden viele Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft aus. Waren 1970 noch 1.5 Mio. Arbeitskräfte in der Landwirtschaft tätig, so sind es heute rund 570 000. Von dieser Entwicklung war auch die Milchviehhaltung sehr stark betroffen (Abbildung 1).

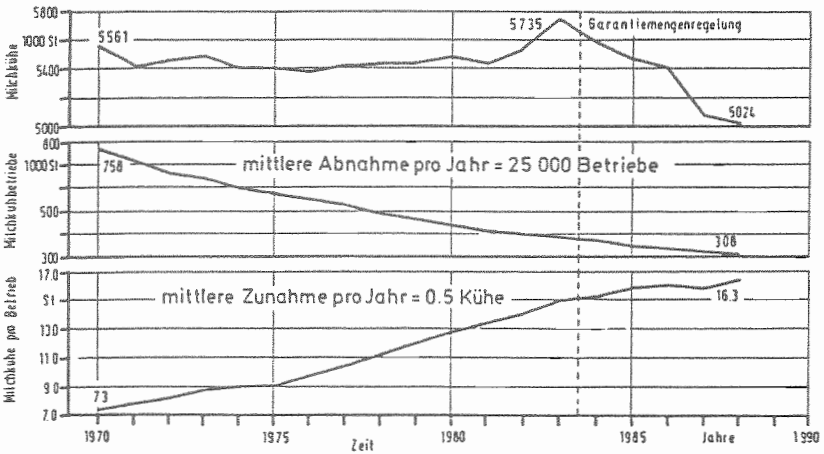


Abbildung 1: Entwicklung des Milchkuhbestandes, der milchviehhaltenden Betriebe und des mittleren Kuhbestandes pro Milchviehbetrieb in der BR Deutschland [101]

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, bewegte sich der Milchkuhbestand bis 1981 auf einem Niveau von 5.5 Mio. Stück. Im Jahre 1983 erreichte er seinen Höhepunkt mit 5.7 Mio. Tieren. Seit Einführung der Garantiemengenregelung verringerte sich der Milchkuhbestand deutlich auf z.Z. rund 5 Mio. Kühe. Demgegenüber nahm die Zahl der milchviehhaltenden Betriebe in den letzten 20 Jahren kontinuierlich von 758 000 im Jahre 1970 auf z.Z. rund 308 000 ab.

Als Folge dieser beiden Entwicklungen erhöhte sich der durchschnittliche Kuhbestand je milchviehhaltenden Betrieb von 7.3 im Jahre 1970 auf z.Z. 16.3 Kühe, wobei sich seit Einführung der Garantiemengenregelung der Durchschnittsbestand nur noch geringfügig nach oben veränderte.

Bei der Zahl der Milchkühe pro Betrieb sind nicht nur im internationalen Vergleich große Unterschiede (BR Deutschland 16, Niederlande 40, Großbritannien 60 Kühe pro Betrieb), sondern auch in der BR Deutschland ist die Struktur der Milchviehhaltung, vor allem regional, sehr heterogen. So halten etwa 69 % der Betriebe weniger als 20 Kühe, 28 % der Betriebe halten 20 - 50 Kühe und nur in 3 % der Betriebe werden über 50 Milchkühe gehalten.

Da das Einkommen eines Milchviehbetriebes wesentlich von der Betriebsgröße bestimmt wird, müßte sich nach SCHMITT 1989 [87] die erforderliche Betriebsgröße eines Vollerwerbsbetriebes laufend nach oben verschieben, um steigende Einkommensansprüche zu realisieren. Dieser Entwicklung ist jedoch durch die Garantiemengenregelung eine enge Grenze gesetzt, wenngleich sie in jüngster Zeit etwas gelockert wurde.

Wie aber verschiedene Auswertungen zeigen [15, 44, 54, 38] kommen große Einkommensunterschiede selbst innerhalb gleicher Betriebsgrößenklassen vor, wobei die Gewinnunterschiede je Kuh über 200 % betragen können [105].

Diese Unterschiede resultieren zum einen aus unterschiedlichen Milcherträgen und Milchqualitäten, zum anderen aus unterschiedlichen Aufwandspositionen. Vor allem die Grundfutterqualität hat dabei maßgeblichen Einfluß auf den Kraftfutterbedarf.

SCHNEKENBURGER 1986 [89] folgert daraus, daß zur Anhebung des Einkommensniveaus bei Betrieben mit Tierhaltung der Verbesserung der Ertrags-/ Aufwandsrelation eine dominierende Rolle zukommt. Derartige Verbesserungen sind dann am wirksamsten, wenn an den bedeutendsten Ertrags- bzw. Aufwandspositionen angesetzt wird.

1.2 Problemstellung

Folgerichtig werden deshalb seit mehreren Jahren in der Milchviehhaltung Techniken zur automatisierten Kraftfutterzuteilung, sowie zur täglichen Milchmengenmessung eingesetzt.
Nach WENDL 1990 [109] sind zur Zeit 5 000 - 6 000 Betriebe mit einer automatisierten Kraftfutterzuteilung und 200 - 300 Betriebe mit einer elektronischen Milchmengenerfassung ausgerüstet. Zum Teil besitzen diese Betriebe auch einen Betriebsrechner (Personal Computer = PC).

Nach BERG 1985 [16] besteht durch den Einsatz von Betriebsrechnern die Möglichkeit, die einzelbetriebliche Datenbasis erheblich zu erweitern, was für die Betriebsführung von ganz entscheidender Bedeutung ist.

Zur effizienten Nutzung (z.B. tierindividuelle Futterberechnung, tierspezifische, wirtschaftliche Auswertungen) der erfaßten Daten sind des weiteren Verfahren zur Datenverarbeitung erforderlich. Zu diesem Zweck sind seit einigen Jahren Computerprogramme verfügbar.

Der Funktionsumfang dieser Programme erstreckt sich auf die Bereiche:

1. Bestandshaltung:
   Die Bestandshaltung umfaßt die Führung der Stammdaten (Geburtsdatum, Geschlecht, Rasse etc.) und die Registrierung der Zu- und Abgänge. Ebenfalls erfolgt die Aufzeichnung der Kalbungen und der Nachzucht.

2. Kuhkalender:
   Der Kuhkalender dient zur Signalisierung der Kühe, die zur Kalbung, zur Besamung oder zum Trockenstellen anstehen. Auf die entsprechenden Kühe weist der Computer dem Landwirt durch die Ausgabe der sogenannten "Alarmlisten" hin. Zusätzlich kann der Befund von Trächtigkeitsuntersuchungen oder der

Kalbeverlauf eingetragen werden. Diese Kuhkalenderdaten können dann über mehrere Laktationen ausgewertet werden. Die Ergebnisse stellen eine wichtige Information für die innerbetriebliche Selektion dar.

3. Futterberechnung:
   Derartige Programme ermöglichen die exakte, leistungsgerechte Futterberechnung. Dadurch wird dem Landwirt zum einen der manuelle Rechenaufwand abgenommen, zum anderen sind auch tierspezifische Rationsberechnungen möglich.

4. Betriebswirtschaftliche Auswertungen:
   Anhand dieser Berechnungen kann die Wirtschaftlichkeit jeder einzelnen Kuh überprüft werden. Solche Auswertungen spielen neben der Milchleistung und den Kuhkalenderdaten eine sehr wichtige Rolle bei der innerbetrieblichen Selektion.

Um die Ergebnisse dieser Berechnungen (z.B. Futterberechnung) unmittelbar für die Produktionssteuerung verwenden zu können, ist ein Regelkreis zwischen der Datenerfassung, der Datenverarbeitung und der Steuerung erforderlich. Voraussetzung hierzu ist ein Informationsaustausch zwischen dem Betriebsrechner und dem Prozeßrechner. Die Kopplung dieser beiden Rechner ist zwar technisch machbar, in der Praxis aber noch nicht sehr verbreitet.

Das Ziel eines produktionstechnischen Regelkreises ist die weitgehende Automatisierung von Arbeitsabläufen. Automatisierte Arbeitsabläufe müssen entweder "sicher" erfolgen, oder es muß die Ausführung des Arbeitsablaufes kontrollierbar sein. Eine 100%ig sichere Ausführung dürfte in der Praxis jedoch die Ausnahme darstellen. Deshalb ist eine kontinuierliche Überwachung der einzelnen Komponenten des Regelkreises anzustreben.

Da in der Milchviehhaltung die Milch den entscheidenden Ertragsfaktor darstellt und zugleich Grundlage für die Futterberechnung (wesentlicher Kostenfaktor) ist [28, 105], kommt der Überwachung der Milchleistung zentrale Bedeutung zu. Darüber hinaus spielt die Milchleistung eine entscheidende Rolle bei der Zuchtwertschätzung. Die exakte Erfassung der Milchmenge, sowie deren Überwachung in der Laktation, ist deshalb eine unabdingbare Voraussetzung für eine effiziente Milchviehhaltung. Deshalb ist eine tägliche Milchmengenerfassung anzustreben. Dabei entscheidet die Meßgenauigkeit von automatisiert arbeitenden Milchmengenmeßgeräten über die erreichbare Datenqualität.

In Betrieben, die der Milchleistungsprüfung angeschlossen sind, wird deshalb in regelmäßigen Abständen die Meßgenauigkeit der Geräte festgestellt und gegebenenfalls werden diese neu kalibriert. Allerdings stellen diese Maßnahmen nur punktuelle Eingriffe dar. In den dazwischenliegenden Zeitspannen kann jedoch trotzdem eine mehr oder weniger große Abweichung mit all ihren negativen Folgen vorliegen. Wesentlich sinnvoller wäre deshalb eine automatisierte Überwachung während der gesamten Produktionszeit.

Zur Erleichterung (Automatisierung) dieser manuell sehr aufwendigen Überprüfung, sowie zur Überwachung des Laktationsverlaufes, soll diese Arbeit einen Beitrag leisten. Aus Gründen der Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis sollen die Arbeiten in einem praktischen landwirtschaftlichen Betrieb durchgeführt werden.

1.3 Ziel der Arbeit

Zu diesem Zweck ist für einen praktischen Milchviehbetrieb, der bereits mit Geräten für eine tägliche Milchmengenmessung und einer automatisierten Kraftfutterzuteileinrichtung ausgerüstet ist, ein Datenerfassungskonzept zu erstellen. Anhand der erfaßten Daten ist eine Methode zur softwaremäßigen Überwachung der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte, sowie zur Überwachung des Laktationsverlaufes zu entwickeln. Dieses Hauptziel gliedert sich in folgende Teilziele:

1. Überwachung der Funktionssicherheit der Datenerfassung. Hier gilt es, die Sicherheit der Datenerfassung und der Tieridentifizierung zu ermitteln. Des weiteren ist die Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte manuell festzustellen.

2. Entwicklung einer Methode zur softwaremäßigen Überwachung der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte. Durch diese Methode soll es möglich sein, die Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte kontinuierlich zu überwachen und gerichtete Meßfehler festzustellen.

3. Entwicklung einer Methode zur softwaremäßigen Überwachung des Laktationsverlaufes. Dadurch sollen größere Milchleistungsrückgänge kurzfristig erkannt werden. Dem Landwirt soll dadurch ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, um auf derartige Leistungsrückgänge schneller reagieren zu können.

Insgesamt sind somit diese Teilbereiche zu betrachten. Dadurch sollen mögliche Fehler bei der Milchmengenmessung automatisiert feststellbar sein. Aufbauend darauf können die Überwachung des Laktationsverlaufes und weitere Maßnahmen für das Herdenmanagement erfolgen.

2. Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung

Nach BERG et al. 1985 [17] hat der Übergang zu anspruchsvolleren Produktionstechniken die Betriebsführung zu einer zunehmend komplexen Aufgabe werden lassen. Parallel dazu stieg auch die Notwendigkeit, rechnergestützte Hilfsmittel zur Betriebsführung zu entwickeln. Diese werden umfassend als Managementmaßnahmen bezeichnet.

Aufgabe eines Managementinformationssystems ist es, dem Unternehmer gezielt Informationen zu liefern, um ihn in die Lage zu versetzen, seine unternehmerischen Ziele durch rationale Unternehmensführung zu erreichen [48]. Die Unternehmensführung sieht RIEBE 1983 [78] in drei zeitlichen Dimensionen, dem langfristigen, dem mittelfristigen und dem kurzfristigen Entscheidungsbereich. Im Rahmen der einzelnen Entscheidungsbereiche haben nach KUHLMANN 1985 [43] drei Konzepte entscheidende Bedeutung erlangt:

1. Die Steuerung, d.h. die Ausführung eines Prozesses unter Vorgabe von Stellgrößen ohne Erfolgskontrolle (z.B. Zuteilung einer bestimmten Kraftfuttermenge an eine Kuh durch einen Kraftfutterabrufautomaten).

2. Die Überwachung, d.h. die Kontrolle der SOLL- und IST-Werte bei der Prozeßausführung (z.B. Überwachung ob eine Kuh wirklich soviel Milch gibt, daß eine bestimmte Kraftfuttermenge gerechtfertigt ist).

3. Die Regelung, d.h. die Rückkopplung der Überwachung auf die Steuerung unter Einfluß der Überwachungsresultate (z.B. kontinuierliche Anpassung der Kraftfuttervorgabe an die Milchleistung).

Im Bereich der Milchviehhaltung ist von diesen drei Konzepten zur Zeit im wesentlichen das Konzept der Prozeßsteuerung in der Praxis realisiert. Die Prozeßüberwachung und die darauf aufbauende Prozeßregelung befinden sich erst in der Entwicklungs- und Erprobungsphase.

2.1 Betriebliches EDV-Konzept

Ein Gesamtkonzept für den EDV-Einsatz in der Landwirtschaft wurde von AUERNHAMMER 1987 [10] dargestellt (Abbildung 2).

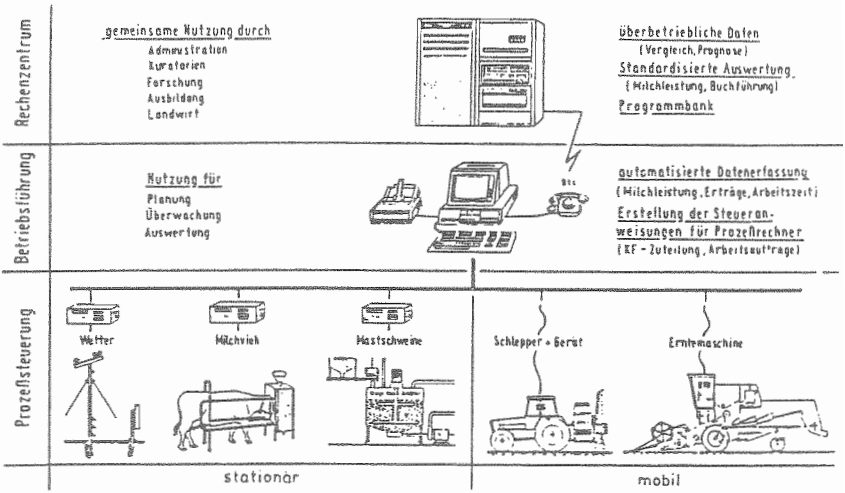


Abbildung 2: Struktur des Elektronikeinsatzes in der Landwirtschaft nach AUERNHAMMER 1987 [10]

Danach strukturiert sich ein derartiges Konzept in die drei Ebenen Prozeßsteuerung, Betriebsführung und Rechenzentrum. Während sich Prozeßrechner und Betriebsrechner am Betrieb befinden, stehen die Rechner des Rechenzentrums außerhalb des Betriebes (z.B. Beratungszentrale). Die Kopplung von Prozeßrechner und Betriebsrechner wird durch die serielle Schnittstelle V.24/V.28 realisiert. Der Zugriff auf das Rechenzentrum erfolgt über den Betriebsrechner, wobei als Verbindung das öffentliche Fernsprechnetz dient (z.B. Btx). Jede Ebene in diesem Konzept hat ganz spezifische Aufgaben zu erfüllen.

Der Prozeßrechner im Milchviehbereich übernimmt vor allem die Datenerfassung (Milchmenge, Tiergewicht, Klimadaten) und die Steuerung von Arbeitsaufgaben (z.B. Zuteilung von Kraftfutter).

Der Betriebsrechner hat vor allem Aufgaben wie Datenverwaltung, Auswertungen und Planungen durchzuführen.

Über ein Rechenzentrum können für den Betrieb verschiedene externe

Programme und Daten zur Verfügung gestellt werden. Dadurch sind z.B. neben der Abfrage von Statistiken und aktuellen Marktdaten auch vertikale Betriebsvergleiche oder ein Datenaustausch mit Beratungsorganisationen möglich.

Ein derartiges, gesamtbetriebliches Konzept ist nach AUERNHAMMER 1983 [8] modular aufzubauen, so daß das Gesamtkonzept stufenweise ausgebaut werden kann [9, 90]. Dies hat gegenüber einem fixen Gesamtkonzept, bei dem die Einzelkomponenten fest miteinander verbunden sind, für den Landwirt folgende Vorteile:

1. Es ist ein schrittweiser Einstieg in die Prozeßtechnik möglich, wodurch nicht nur die Investitionen auf längere Zeitspannen aufgeteilt, sondern auch die Einarbeitung erleichtert wird.
2. Die Prozeßtechnik kann in einfacher Weise an spezielle Betriebsbedingungen angepaßt werden.
3. Bei technischen Neuerungen in Teilbereichen muß nicht das Gesamtsystem, sondern nur ein Teilsystem erneuert werden, um die technische Entwicklung mitverfolgen zu können.

Nachteilig für ein modular aufgebautes System ist, daß für die entsprechenden Modulkopplungen definierte Schnittstellen sowohl im Hardware- als auch im Softwarebereich vorhanden sein müssen, damit der Landwirt auch die Gewähr für eine Ausbaufähigkeit und Modernisierbarkeit hat.

Das betriebliche EDV-Konzept sollte ferner so organisiert sein, daß der Betriebsrechner zentral und den Prozeßrechnern übergeordnet ist. Dies hat nach WENDL et al. 1986 [109] und ARTMANN 1987 [5] gegenüber einer gleichrangigen Verbindung von Betriebsrechner und Prozeßrechner folgende Vorteile:

1. Zwischen Betriebsrechner und Prozeßrechner ist eine eindeutige Arbeitsteilung möglich (Prozeßrechner für Datenerfassungs- und Steuerungsaufgaben, Betriebsrechner zur Datenverwaltung und für Auswertungen).
2. Dadurch können Prozeßrechner vereinfacht und für bestimmte Aufgaben (z.B. Futterdosierung) optimiert werden.
3. Der Betriebsrechner mit seiner größeren und billigeren Speicherkapazität ist für die Datenspeicherung und den Betrieb von verschiedenen Anwenderprogrammen (Buchführung, Kuhkalender, Schlagkartei) besser geeignet.

4. Auf dem Betriebsrechner ist eine komfortable Benutzerschnittstelle einfacher und billiger realisierbar.

Ein Nachteil dieser Rechneranordnung ist, daß wiederum sämtliche Schnittstellen hard- und softwaremäßig kompatibel sein müssen. Diese Kompatibilität setzt eine Vereinheitlichung (Normung) der physikalischen und protokollarischen Übertragungsebenen voraus. Nach WENDL 1990 [109] sind aber hier z.Z. nur herstellerspezifische Lösungen verfügbar, wenngleich verschiedene Standardisierungsbemühungen im Gange sind [106, 107, 2, 23, 102].

Neben dem modularen Systemaufbau und der zum zentralen Betriebsrechner dezentralen Prozeßrechneranordnung ist die Datenverwaltung auf dem Betriebsrechner ein sehr wichtiger Punkt. Hierzu bieten sich folgende Möglichkeiten an:

1. Die Verwaltung der Daten in Dateien.
2. Die Datenverwaltung durch ein Datenbanksystem.

Bei einer Datenverwaltung durch verschiedene Dateien werden die Daten in speziell gekennzeichnete Dateien auf der Betriebssystemebene abgelegt. Für die Verwaltung, Aktualisierung und Bereitstellung der Daten müssen jeweils ganz spezifische Programme angeschafft werden.
Bei der Datenverwaltung über ein Datenbanksystem werden die Daten in einer speziellen Datenbank gespeichert. Die Verwaltung, Aktualisierung und Bereitstellung der Daten für Auswertungen erfolgt über das Datenbank-Management-System. Die Vorteile der Datenspeicherung in einer Datenbank gegenüber der Datenspeicherung in Dateien sind nach PRECHT 1980 [73] und WENDL 1985 [107]:

1. Eine zentrale Datenspeicherung für alle Anwendungsbereiche.
2. Die möglichst redundanzfreie Speicherung der Daten.
3. Eine einfache Aktualisierung der gespeicherten Daten.
4. Die Bereitstellung der Daten für Anwendungsprogramme durch das Datenbank-Management-System und durch programmierbare Abfrageschnittstellen.
5. Die Befreiung der Anwenderprogramme vom Datenmanagement.

Nachteilig ist jedoch, daß für diese Art der Datenverwaltung zusätzliche Software angeschafft werden muß, was nicht nur zusätzliche Kosten verursacht, sondern auch den verfügbaren Speicherplatz am Betriebsrechner mindert.

Zusammenfassend betrachtet ist ein derart umfassend konzipiertes, modular aufgebautes System mit zentralem Betriebsrechner und Prozeßrechneranbindung bei zentraler Datenverwaltung durch ein Datenbank-Management-System für alle landwirtschaftlichen Einsatzbereiche geeignet.

2.2 Tieridentifizierung

Voraussetzung für die Anwendung jeglicher Prozeßtechnik in der Tierhaltung ist die Tieridentifizierung an den Stellen, wo tierspezifische Daten automatisiert erfaßt werden (z.B. Milchmenge) oder Steuerungsaktivitäten (z.B. Kraftfutterzuteilung) erfolgen sollen. Für den Einsatz der Prozeßtechnik in Laufställen wurden hierzu entsprechende Systeme entwickelt. Die Anforderungen an derartige Erkennungssysteme sind nach ARTMANN 1982 [3]:

1. Die Erkennung des Tieres, ohne daß das Tier fixiert wird.
2. Die Identifizierung an allen erforderlichen Plätzen im Stall.
3. Das System soll an die räumlichen und funktionalen Gegebenheiten des Stalles angepaßt werden können, bzw. vom Aufstallungssystem unabhängig sein.

Diese Anforderungen können nach ARTMANN 1982 [3] nur von drahtlosen Systemen erfüllt werden.

Ein derartiges System besteht grundsätzlich aus drei Baugruppen: der Erkennungslogik, der Erkennungsstelle und dem Antwortsender. Die Erkennungstelle ist stationär dort angebracht, wo das Tier identifiziert werden soll. Den Antwortsender führt das Tier in Form eines Halsbandes oder einer Ohrmarke mit sich.

Im allgemeinen funktionieren derartige Systeme nach folgendem Prinzip:

Die Erkennungslogik versorgt die an der Erkennungsstelle befindliche Aktivierungsspule mit Energie, wodurch ein elektromagnetisches Feld um die Erkennungsstelle aufgebaut wird. Bewegt sich ein Tier mit einem Antwortsender in den Feldbereich, so wird der Antwortsender über eine Spule aktiviert. Die Erkennungsnummer wird solange gesendet, wie sich das Tier im Erkennungsbereich befindet. Die Erkennungslogik empfängt die Kennung, bereitet sie auf und hält sie für die Übertragung zum Prozeßrechner bereit.

Bei den Antwortsendern und den Erkennungsstellen existieren verschiedene Ausführungsformen, die für den Einsatz aufeinander abgestimmt sein müssen (Abbildung 3).

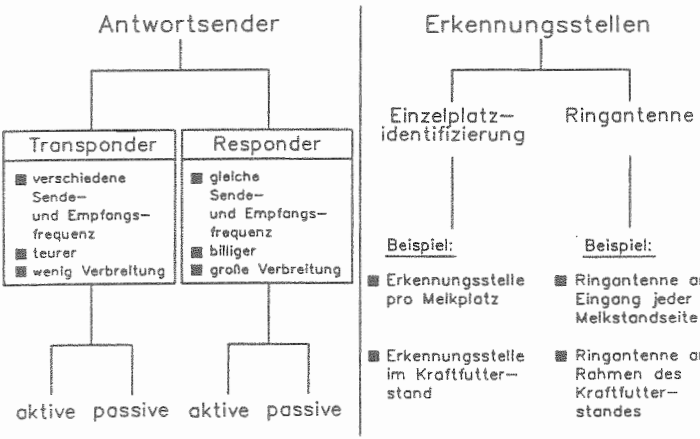


Abbildung 3: Bauarten von Antwortsendern und Erkennungsstellen zur Tieridentifizierung nach ARTMANN et al. 1981 [6] und ARTMANN 1982 [3]

Bei den Antwortsendern wird zwischen Transponder und Responder unterschieden, die jeweils entweder passiv oder aktiv sein können. Charakteristisch für den Transponder ist, daß er für die Übertragung der Nummer eine von der Aktivierungsfrequenz unabhängige zweite Frequenz besitzt. Demgegenüber wird bei Respondern die Tiernummer auf der Aktivierungsfrequenz gesendet. Aktive Antwortsender verfügen über eine eigene Stromversorgung (Akku) für die Übertragung. Passive Systeme gewinnen die zur Übertragung erforderliche Energie aus der Aktivierungsfrequenz.

Insgesamt hat sich nach ARTMANN 1982 [3] der passive Responder in der Praxis durchgesetzt, da zum einen aktive Systeme wegen der begrenzten Lebensdauer der erforderlichen Batterien wartungsaufwendiger sind, zum anderen der Transponder gegenüber dem Responder mehr elektronische Bauteile benötigt und deshalb teurer ist.

Anwendung finden diese Responder nach ARTMANN et al. 1981 [6] sowohl zur Einzelplatzidentifizierung (d.h. jedes Tier wird genau dort identifiziert wo es während eines Vorganges steht, z.B. Melkplatz) als auch zur Identifizierung mittels der Ringantenne, d.h. die Tiere werden beim Durchgang durch diese Antenne, die z.B. am Einlaßtor einer Melkstandseite angebracht ist, identifiziert und den Melkplätzen in der Reihenfolge des Durchgangs zugeordnet.

Über die Funktionsfähigkeit dieser Identifizierungssysteme berichten WENDL und PIRKELMANN 1987 [111], daß in der Praxis der Identifizierungserfolg bei der Einzelplatzidentifizierung bei 90 % liegt, bei der Identifizierung mittels der Ringantenne werden 95 % der Tiere richtig erkannt. Als Antwortsender wurde dabei ein Responder am Halsband verwendet.
SPAHR und PUCKETT 1987 [98] ermittelten bei der Einzelplatzidentifizierung eine Erkennungsrate von 85 %, wenn der Antwortsender als Halsband getragen wird und rund 98 %, wenn der Antwortsender am Ohr des Tieres befestigt ist.

Über neue, z.Z. in der Erprobung befindliche Erkennungssysteme berichtet KUIP 1987 [45] sowie PIRKELMANN und WENDL 1989 [71], wobei es sich hier vor allem um eine Verkleinerung des Antwortsenders handelt. Dieser kann bei einer Größe von 3.6 x 29 mm z.B. am Ohrgrund implantiert werden. Diese Systeme sollten aber nicht nur die betriebsinterne Nummer, sondern eine allgemeine Nummer, wie z.B. die derzeitige Ohrmarkennummer, enthalten können.

2.3 Ansätze zur Prozeßsteuerung

Über die Einzeltieridentifizierung wurden erste Ansätze zur Prozeßsteuerung möglich. Diese beschränken sich bisher vor allem auf die Kraftfutterzuteilung. Ziel ist es dabei, dem Tier eine

definierte Menge Kraftfutter anzubieten. Aus ernährungsphysiologischer Sicht (vor allem bei großen Mengen), ist es dabei sinnvoll, die Tagesmenge auf mehrere Portionen aufzuteilen [51, 50]. Die Dosierung des Kraftfutters erfolgt entweder durch die Bestimmung der Masse oder des Volumens. Bei der Volumendosierung sind verschiedene Varianten (Schneckendosierer, Zellenraddosierer) möglich.

Die Massendosierung erfolgt absätzig, d.h. über ein Förderorgan wird das zu dosierende Material in einen Wiegebehälter gebracht. Dieser Behälter wird solange gefüllt, bis das Sollgewicht erreicht ist. Nach Erreichen des Sollgewichtes wird die Zuführung gestoppt und der Behälter in den darunterliegenden Futtertrog entleert. Anschließend kann der Dosiervorgang neu beginnen. Nach SCHOLTYSIK 1980 [92] ist bei der Massendosierung die Genauigkeit umso besser, je größer die dosierte Portion und je kleiner die Massenstromschwankungen sind. Deshalb ist bei der Massendosierung ein möglichst gleichmäßiger Massenstrom in der Zufuhr anzustreben, was entscheidend von den Zufuhrorganen beeinflußt wird.

Die Schneckendosierung erfolgt durch eine von einem Vorratsbehälter zur Futterschale installierten Förderschnecke, die vor dem Auswurf in die Futterschale vollkommen ummantelt ist. Der Raum zwischen Schnecke und Mantel wird vollständig mit Futter gefüllt. Während der Dosierzeit wird ein bestimmter Massenstrom Kraftfutter in die Schale befördert, woraus sich die dosierte Portion ergibt. Bei der Schneckendosierung ist nach SCHOLTYSIK 1981 [93] die Dosiergenauigkeit vor allem vom Schneckendurchmesser und der Gangzahl abhängig, wobei die Genauigkeit von kleineren Durchmessern und höherer Gangzahl positiv beeinflußt wird.

Bei Zellenraddosierern wird das Gut vom Silo über eine Schnecke in ein Fallrohr befördert, das am unteren Ende durch ein aus mehreren Kammern (Zellen) bestehendes Zellenrad begrenzt ist. Bei jedem Dosiervorgang wird eine Zelle in die darunterliegende Futterschale entleert. Die Genauigkeit wird hier vor allem von der Futterstruktur beeinflußt.

Da bei der Volumendosierung der Rechner nicht das wirkliche

Portionsgewicht ermittelt, sondern nur die ausgeworfenen Portionen zählt, muß in regelmäßigen Abständen, mindestens aber bei jeder Futterumstellung, das Portionsgewicht vom Landwirt kontrolliert und manuell in den Rechner eingegeben werden.

Nach ARTMANN 1982 [4] werden aus Kostengründen fast ausschließlich Volumendosierer eingesetzt, wobei es hier vor allem durch mangelnde Wartung (i.d.R. Unterlassung der Neuermittlung des Portionsgewichtes), Änderung der Gutfeuchte und der Futterstruktur zu erheblichen systematischen Fehlern kommen kann. So ermittelte IPEMA 1980 [35] an 246 in der Praxis eingesetzten Kraftfutterabrufautomaten, daß nicht einmal bei 30 % der untersuchten Anlagen die relative Abweichung des gemessenen vom gespeicherten Portionsgewicht im Bereich von ± 5 % lag.
PIRKELMANN 1986 [67] berichtet über einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Abweichung und der Auswurfmenge, wobei mit zunehmender Auswurfmenge der Variationskoeffizient der Abweichung deutlich geringer wird. So geht aus dieser Untersuchung hervor, daß Volumendosierer erst bei Portionen ab 500 g einen Variationskoeffizienten von unter 5 % aufweisen. Demgegenüber erreicht der von PIRKELMANN 1986 [69] geprüfte Gewichtsdosierer bereits bei Portionsgewichten ab 100 g diese Genauigkeit.

Die Zuteilung der vorgegebenen Kraftfuttermenge in mehreren, über den Tag verteilten Portionen, erfolgt durch entsprechende Programme. Einige Hersteller halten sich bei der Zuteilung der Gesamtmenge an die Tagesgrenzen (Festzeitprogramme), andere beachten diese Tagesgrenzen nicht (Gleitzeitprogramme). Die herstellerspezifischen Programmausführungen unterscheiden sich nach ARTMANN 1982 [4] nur noch in Details. Die Hauptkriterien, zeitliche Intervallabstufung und Höchstmengenbegrenzung, werden von allen Herstellern, eine Restmengenübertragung auf den folgenden Tag nur von einzelnen Herstellern angeboten. Die Abholung der vorgegebenen Kraftfuttermenge pro Tag liegt nach PIRKELMANN 1986 [69] im Normalfall bei über 94 %.
Im Zusammenhang mit der automatisierten Kraftfuttervorlage spielt das Tierverhalten eine bedeutende Rolle. Vor allem die Zeit zur Gewöhnung an eine derartige Kraftfuttervorlage und die Besuchshäufigkeit sind dabei von Bedeutung.

Nach PIRKELMANN und BÖHM 1982 [70] gewöhnen sich die Kühe sehr schnell an eine derartige Kraftfuttervorlage. Danach haben bereits 90 % der Kühe innerhalb einer Woche nach einer Neuinstallation ihre Kraftfuttervorgaben abgeholt. Abweichend dazu verhalten sich nach den Autoren vor allem kranke Tiere, die in der Regel das angebotene Kraftfutter nicht vollständig abrufen.

Die Anzahl der Besuche pro Tier und Tag ist abhängig von der Vorgabe je Tier und der programmierten Höchstmenge pro Intervall. Daraus ergibt sich, daß die Besuchszahlen sehr stark streuen. In der Literatur werden Besuchshäufigkeiten von 5 - 25 genannnt [99, 1, 13, 41]. Bei bis zu 10 Besuchen wird jedoch kein Kraftfutter zugeteilt, da entweder die Tagesmenge schon abgerufen wurde oder die zulässige Intervallmenge sonst überschritten würde [99, 14, 111].

2.4 Ansätze zur Prozeßüberwachung

Die Ansätze zur Überwachung des Produktionsprozesses in der Milchviehhaltung konzentrieren sich auf die Überwachung der Milchleistung, der Grundfutteraufnahme, des Tiergewichtes, der Brunst und der Tiergesundheit.

2.4.1 Überwachungsansätze im Bereich Milch

Die Überwachung der Milchleistung setzt die Milchmengenerfassung voraus. Nach ORDOLFF 1988 [65] bildet die Milchmengenerfassung Grundlage für:

1. Die Ermittlung des leistungsgerechten Futterbedarfs.
2. Die Berechnung ökonomisch optimaler Futterrationen.
3. Die Schätzung von Zuchtwerten.
4. Die innerbetriebliche Selektion von Tieren.

Zur Ermittlung der Milchmenge stehen sehr vielfältige technische Möglichkeiten zur Verfügung.

2.4.1.1 Technik zur Milchmengenmessung

An den Einsatz von Milchmengenmeßgeräten sind gewisse Anforderungen gestellt, denn sie dürfen weder den Melkvorgang noch die Reinigung behindern. Auch die Messgenauigkeit und die Möglichkeit repräsentative Stichproben für die Bestimmung der Inhaltsstoffe zu ziehen muß gewährleistet sein.
Die Anforderungen bezüglich der Meßgenauigkeit werden international durch das INTERNATIONALE KOMITEE ZUR ERMITTLUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT VON MILCHKÜHEN (IKEWM) festgelegt [34]. Für die BR Deutschland sind diese Anforderungen von der ARBEITSGEMEINSCHAFT DEUTSCHER RINDERZÜCHTER (ADR) für die Anerkennung der Geräte zum Einsatz in der Milchleistungsprüfung übernommen worden. Danach werden folgende Anforderungen gestellt:

1. Es müssen Gemelksmengen von 0 bis 30 kg erfaßbar sein.
2. Die Funktionsfähigkeit muß bis zu einem Milchfluß von 9 kg/min gewährleistet werden.
3. Der mittlere Anzeigefehler muß kleiner gleich 2.0 % sein.
4. Die Standardabweichung der Fehler muß kleiner gleich 2.5 % sein.

Des weiteren müssen diese Geräte das Entnehmen von repräsentativen Stichproben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe erlauben. Der Fettgehalt der Stichprobe darf im Bereich von 2 - 6 % maximal um 0.05 % vom Fettgehalt des Gesamtgemelkes abweichen. Die Standardabweichung der Abweichungen muß kleiner als 10 % sein.

Die vakuumtechnische Beeinträchtigung des Melkvorganges darf nach DIN/ISO 350 5707 bei fest eingebauten Geräten bei einem mittleren Milchfluß von 3 kg/min einen Vakuumabfall von maximal 3 kpa verursachen [21].

Werden diese Geräte lediglich für die innerbetriebliche Milchmengenerfassung eingesetzt, so reicht nach ORDOLFF 1982 [60] eine mittlere Meßgenauigkeit der Milchmenge von bis zu 5 % aus.

Die Funktion, der in der Praxis eingesetzten Meßgeräte,

unterscheidet sich im wesentlichen durch das Meßprinzip (Volumen- oder Massenbestimmung). Die Bauarten teilt ORDOLFF 1987 [63] nach dem Erfassungsprinzip folgendermaßen ein (Abbildung 4):

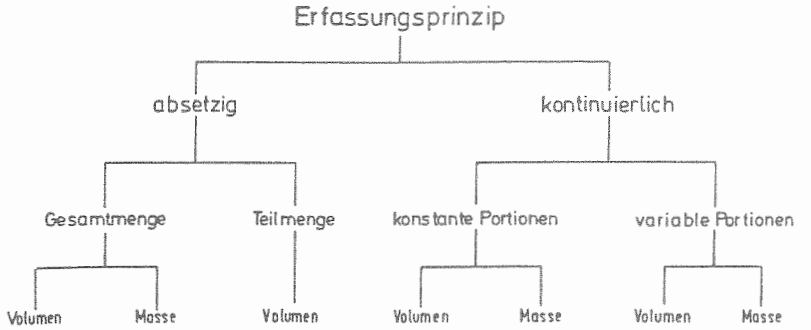


Abbildung 4: Einteilung der Milchmengenmeßgeräte nach dem Erfassungsprinzip nach ORDOLFF 1987 [63]

Danach wird grundsätzlich zwischen absetzig und kontinuierlich arbeitenden Geräten unterschieden. Absetzig arbeitende Geräte sammeln das Gesamtgemelk oder einen definierten Teil davon in einem Meßbehälter. Die Bestimmung der Milchmenge erfolgt entweder volumetrisch oder über die Masse. Die erfaßte Milchmenge kann entweder auf einer Skala abgelesen werden, oder sie wird elektronisch angezeigt und zur Weiterleitung zum Prozeßrechner festgehalten. Vor Beginn des folgenden Melkvorganges muß der Behälter entleert werden.
Während bei absetzig arbeitenden Meßgeräten der Meßbereich durch das Volumen des Meßbehälters begrenzt ist, ist der Meßbereich bei "Durchflußmeßgeräten" unbegrenzt. Bei kontinuierlich arbeitenden Geräten wird die Gesamtmilchmenge durch Addition von konstanten oder variablen Portionen ermittelt, die je nach Gerät durch Volumen- oder Massenbestimmung in einer Meßkammer erfolgt.
Geräte, die konstante Portionen hochzählen, verschließen den Meßkammereinlauf während der Meßkammerentleerung. Demgegenüber besitzen Geräte, die variable Portionen hochrechnen, keinen

verschließbaren Meßbehältereinlauf. Sie ermitteln aus der Füllzeit der Meßkammer den aktuellen Milchfluß und daraus die Milchmenge, die während der Meßbehälterentleerung den Meßbehälter durchströmt. Daraus und aus den einzelnen Portionen wird die Gesamtmilchmenge hochgerechnet, elektronisch angezeigt und am Ende des Melkvorganges an den Prozeßrechner weitergeleitet.

Nach ORDOLFF 1982 [60] eignen sich kontinuierlich arbeitende Meßgeräte besser für den Einbau in Melkstände, da hier keine Wartezeiten für die Meßbehälterentleerung auftreten. Von den absetzig arbeitenden Geräten eignen sich nach ORDOLFF 1987 [63] die Geräte, die die Gesamtmilchmenge erfassen, aufgrund ihrer Größe nur für den festen Einbau in Melkstände. Demgegenüber sind Geräte zur Teilmengenerfassung aufgrund ihres geringen Gewichtes und der Handlichkeit auch für den Anbindestall geeignet.

Da die Milchmengenmeßgeräte zwischen Melkzeug und der milchabführenden Leitung eingebaut werden, kann die Zuverlässigkeit des Meßgerätes von den Betriebsbedingungen der Melkanlage beeinträchtigt werden. Als Einflußfaktoren werden dabei der Luftdurchsatz, die Pulsierung und das Vakuum genannt [58, 59, 25, 116, 117, 62], wobei die Wirkung einzelner Parameter von Fabrikat zu Fabrikat unterschiedlich sein kann. Geräte für die stationäre Anbringung bereiten dabei nach ORDOLFF 1987 [64] weniger Probleme als Geräte für den mobilen Einsatz.
Ebenfalls kann die Milchbeschaffenheit, der Milchfluß und die Milchtemperatur die Funktion der Milchmengenmeßgeräte beeinflussen [116, 25, 62, 64]. Nach WORSTORFF 1989 [115] stellt bei der volumetrischen Messung der zwischen den Kühen variierende Schaumanteil in der Milch ein zentrales Problem dar.

Genauigkeitsüberprüfungen [76, 75, 61, 68, 62] zeigen, daß die eingesetzten Milchmengenmeßgeräte in der Regel den Anforderungen des ADR für die Milchleistungsprüfung genügen, jedoch können vereinzelt Abweichungen, auch bei gleichen Fabrikaten, außerhalb der geforderten Grenzen auftreten.
Ferner gibt es z.T. Probleme, die automatisiert erfaßten Milchmengen vom Prozeßrechner zum Betriebsrechner zu übertragen und für das Betriebsmanagement bereitzustellen [68, 111, 12].

Neben Stromausfall und Hardwaredefekten waren hier vor allem versuchsbedingte Softwareumstellungen die Ursachen, so daß eine 100%ige Übertragung nicht gewährleistet werden konnte.

2.4.1.2 Milchleistungsprüfung

Sehr weit verbreitet ist die Leistungsermittlung und Leistungsüberwachung durch die Milchleistungsprüfung. In Bayern waren 1988 rund 30 % der milchviehhaltenden Betriebe der Milchleistungsprüfung angeschlossen, wobei in diesen Betrieben rund 50 % des bayerischen Milchkuhbestandes standen [47].
Bei dieser Prüfungsart wird stichprobenartig (11 mal pro Jahr) die Abendgemelksmenge eines Tages mit der Morgengemelksmenge des Folgetages zu einer Tagesmilchmenge summiert. Diese Tagesmilchmenge wird für eine bestimmte Zeitspanne als konstant angenommen. Zusätzlich werden bei dieser Überprüfung Stichproben gezogen und auf Inhaltsstoffe, sowie auf verschiedene Qualitätsmerkmale überprüft. Diese Daten werden dann mit einer zeitlichen Verzögerung von 2 bis 3 Wochen für das Betriebsmanagement bereitgestellt.
Da es sich bei dieser Kontrolle um eine stichprobenartige Messung handelt, führt dies zu einer sehr ungenauen Milchleistungsermittlung, so daß eine leistungsbezogene Fütterung und Leistungsüberwachung nur bedingt möglich ist [106, 68]. Für eine Überwachung des Laktationsverlaufes ist deshalb eine kontinuierliche Milchmengenerfassung bzw. eine möglichst genaue Beschreibung des Milchleistungsverlaufes erforderlich.

2.4.1.3 Laktationsmodelle

Zur Schätzung des Laktationsverlaufes wurden verschiedene Modelle entwickelt.

WOOD 1970 [114] entwickelte ein mathematisches Modell, durch das der Laktationsverlauf bei Vorhandensein von drei Milchmengen geschätzt werden kann.
Das Modell zur Berechnung des Laktationsverlaufes sowie drei Beispiellaktationen sind in Abbildung 5 dargestellt.

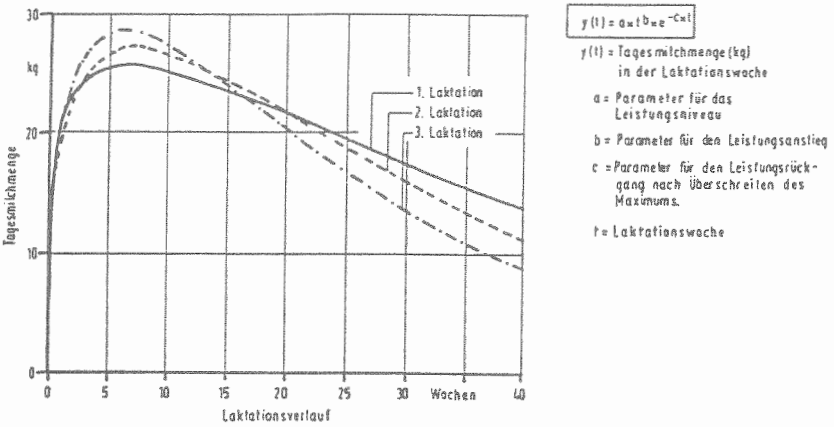


Abbildung 5: Laktationsmodell von WOOD 1970 [114]

Zur Bestimmung der drei unbekannten Parameter (a, b, c) sind drei Gleichungen mit drei verschiedenen Milchmengen (y_t), in drei verschiedenen Laktationswochen (t) erforderlich. Um den Leistungsanstieg zu Laktationsbeginn und den Leistungsrückgang nach Überschreiten des Leistungsmaximums treffend zu erfassen, muß die erste Milchmenge möglichst bald nach der Kalbung, die zweite möglichst bald darauf (auf jeden Fall vor dem Maximum) und die dritte nach Überschreiten des Leistungsmaximums ermittelt werden. Diese Zeitpunkte sind weiterhin deshalb von Bedeutung, weil dadurch die Parameter b und c größer als Null werden und nur dadurch ein typischer Laktationsverlauf berechnet werden kann.
Die Schätzung des Laktationsverlaufes und der Laktationsleistung aufgrund des WOOD-Modells ist allerdings nach SCHNEEBERGER 1978 [88] mit großen Abweichungen vom tatsächlichen Laktationsverlauf verbunden, wobei diese Abweichungen durch einen zusätzlichen Modellansatz von SCHAEFFER et al. 1977 [82] teilweise beseitigt werden können.

GROENEWOLD 1983 [26] griff das Modell von WOOD 1970 [114] auf und versuchte darauf aufbauend eine Leistungsüberwachung und eine leistungsgerechte Kraftfutterdosierung durchzuführen.
Hierzu ermittelte er für Kühe mit mehr als vier monatlichen

Milchleistungskontrollmessungen den weiteren theoretischen Laktationsverlauf. Für die ersten vier Monate schätzte er den Leistungsverlauf aus der letzten Laktation der Kuh, bei Jungkühen ermittelte er den Laktationsverlauf der ersten 4 Monate aus einer betriebsspezifischen Standardkurve für die erste Laktation. Insgesamt stellte er für die Beschreibung des Leistungsverlaufes fest, daß diese Methode zumindest nicht schlechter ist, als das derzeitige Verfahren mit der Milchleistungsprüfung. Jedoch ist durch die kontinuierliche Beschreibung eine wesentlich effizientere Kraftfutterberechnung durchzuführen.

Ein weiteres Modell wurde von BUREMA und KERKHOF 1979 [20] entwickelt. Das Modell zur Berechnung der Laktationsfaktoren sowie der Verlauf der Laktationsfaktoren für zwei Beispiellaktationen sind in Abbildung 6 dargestellt.

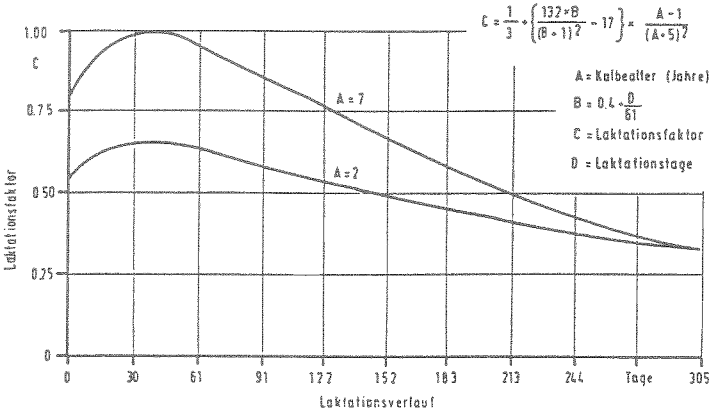


Abbildung 6: Laktationsmodell von BUREMA und KERKHOF 1979 [20]

Aufgrund des aus einer Herde Schwarzbunter Kühe zur Verfügung stehenden Datenmaterials ermittelten sie, daß Kühe, im Alter von 7 Jahren, 6 Wochen nach der Kalbung ihre maximale Tagesmilchmenge erreichen. Für diese maximale Tagesmilchmenge definierten sie den Laktationsfaktor (C) 1.0. Jeden Laktationsverlauf stellen sie in Abhängigkeit des Lebensalters und des Laktationstages als Relativleistung zum Laktationsfaktor C von 1.0 dar.

Anhand dieser Relativleistungen kann bei Vorhandensein einer bestimmten Startmilchmenge (d.h. einer absoluten Tagesmilchmenge zu einem bestimmten Tag) ein tierspezifischer theoretischer Laktationsverlauf berechnet werden. Dieser dient als Vergleichsbasis zur Überwachung des tatsächlichen Laktationsverlaufes.

Da BUREMA und KERKHOF 1979 [20] nur eine sehr begrenzte Rechen- und Speicherkapazität zur Verfügung hatten, konnten sie keine echte tierspezifische Überwachung darauf aufbauen, sondern lediglich eine Überwachung aufgrund des Milchleistungstrends der gesamten Herde durchführen.

Hierzu werden die Tagesmilchmengen zeitkorrigiert, d.h. die Tagesmilchmengen werden auf eine sogenannte 24-Stunden-Produktion umgerechnet. Anschließend wird jede 24-Stunden-Produktion durch den mit dem Laktationsmodell berechneten Laktationsfaktor dividiert, so daß sich die theoretisch maximale Tagesmilchmenge für jede Kuh ergibt, die als Standard-Kuh-Produktion bezeichnet wird.

Aus der Summe aller Standard-Kuh-Produktionen bildeten sie die Standard-Herden-Produktion. Dafür wird ein Trend berechnet, wobei der Trendwert des Vortages, gewichtet mit dem Faktor 0.8 und die neue Standard-Herden-Produktion, gewichtet mit dem Faktor 0.2, den neuen Mittelwert für die Mittlere-Herden-Produktion ergibt. Zusätzlich zur Mittleren-Herden-Produktion wird täglich ein Produktionslevel bestimmt. Hierzu wird der alte Produktionslevel (entspricht bei Beginn der Berechnung der Mittleren-Herden-Produktion), mit 0.98 gewichtet, mit der aktuellen Standard-Herden-Produktion, gewichtet mit 0.02, addiert. Die Differenz zwischen der aktuellen Standard-Herden-Produktion und dem Produktionslevel ist die Herdenabweichung.

Die Relation zwischen Produktionslevel und der mittleren Herden-Produktion wird mit der Standard-Kuh-Produktion multipliziert und als herdenkorrigierte Standard-Kuh-Produktion bezeichnet. Für diesen tierspezifischen Wert wird ein gleitendes Mittel berechnet (gleitendes Mittel der herdenkorrigierten Standard-Kuh-Produktion), wobei der Wert des Vortages mit 0.8, der aktuelle Wert mit 0.2 gewichtet wird. Dieses gleitende Mittel der herdenkorrigierten

Standard-Kuh-Produktion stellt die eigentliche Überwachungsbasis dar.

Folgende Überwachungsansätze sollten daraus abgeleitet werden:

1. Von diesem gleitenden Mittel wird die tägliche Abweichung der aktuellen herdenkorrigierten Standard-Kuh-Produktion ermittelt. Von der Abweichung wird wiederum ein entsprechendes Mittel errechnet. Überschreiten die Abweichungen von diesem gleitenden Mittel einmal einen bestimmten Grenzwert, dann wird die Abweichung signalisiert. Tritt eine entsprechende Abweichung zwei Tage hintereinander auf, dann wird ein Alarm ausgegeben.

2. Kontrolle der Herdenproduktion durch die wöchentliche Darstellung des Verlaufes der Mittleren-Herden-Produktion und des Produktionslevels.

3. Kontrolle der Milchmengenmeßgeräte durch Analyse der Abweichungen nach Melkplätzen.

4. Kontrolle der Tiergesundheit basierend auf Milchmenge, Milchtemperatur und elektrischer Leitfähigkeit der Milch.

Die Umsetzung dieser Gedanken in ein praktikables Modell wurde jedoch von den Autoren nicht verwirklicht. Andere Autoren, die mehr Rechenkapazität zur Verfügung hatten, versuchten das Modell zur Überwachung des Laktationsverlaufes in vereinfachter Weise umzusetzen.

HUBER 1987 [29] versuchte durch Variation der Startmilchmenge (Mittel aus den ersten 3 Tagesmilchmengen, Mittel der höchsten 6 Tagesmilchmengen der ersten 6 Laktationswochen) das Modell dem tierspezifischen Laktationsverlauf anzupassen. Für die Milchmengendaten der zur Verfügung stehenden Fleckviehherde stellte er fest, daß dies mit einer ausreichenden Aussagekraft nur in Einzelfällen möglich ist.

AUERNHAMMER et al. 1987 [13] ermittelten für die Daten der gleichen Herde spezifische Anpassungsfaktoren. Insgesamt konnten sie jedoch ebenfalls keine ausreichende Anpassung des Laktationsmodells an die tatsächlichen Laktationskurven realisieren.

Eine dritte Methode zur Beschreibung des Laktationsverlaufes stellten HUTH und SCHUTZBAR 1981 [31] vor. Den Verlauf der

Laktation teilen sie in 5 Phasen, wie beispielhaft in Abbildung 7 dargestellt.

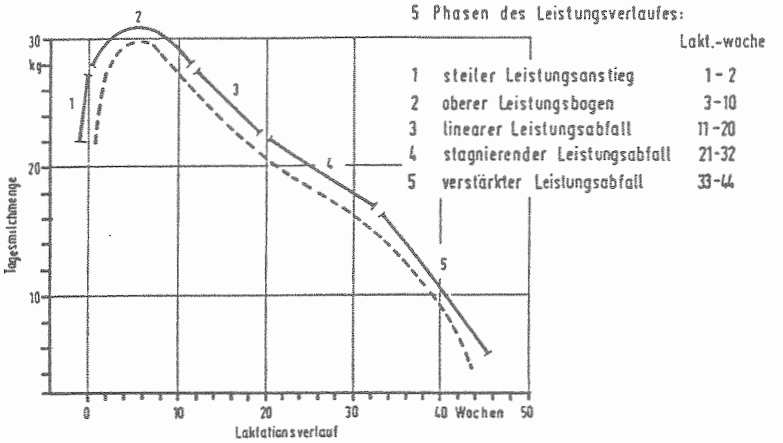


Abbildung 7: Laktationsverlauf nach HUTH 1983 [30]

Abgesehen von Phase 2 wird für alle anderen Phasen ein nahezu linearer Laktationsverlauf unterstellt. Die Phase 2 ist nach HUTH 1983 [30] entscheidend für die Form der Laktationskurve, der 305-Tage-Leistung und der Persistenz. Diese Phase dauert bei einer Kuh mit einer Laktationsleistung von 3 000 kg 4 Wochen, bei einer Kuh mit einer Laktationsleistung von 8 000 kg 13 Wochen. Für die einzelnen Laktationen (erste, zweite, dritte und weitere) hat HUTH 1983 [30] die absoluten Änderungen der Tagesmilchmengen von einer Woche auf die folgende für verschiedene Leistungsklassen berechnet. Anhand dieser Faktoren kann die Milchleistung der Folgewoche geschätzt werden, was zum einen für die Futterberechnung, zum anderen für die Leistungsüberwachung von Bedeutung ist.

2.4.2 Überwachungsansätze im Bereich Grundfutterfütterung

Zur Ermittlung der tatsächlich aufgenommenen Grundfuttermenge werden zwei verschiedene Ansätze verfolgt.

IPEMA und ROSSING 1987 [37] rüsteten zur Ermittlung der

Grundfutteraufnahme einen Laufstall mit Grundfutterstationen aus. Betritt ein Tier die Station wird innerhalb von 15 Sekunden eine bestimmte Grundfuttermenge aus dem Vorratsbehälter durch ein Förderband zugeführt. Die Menge wird dabei automatisch gewogen. Nach einer Zeit von 15 Minuten wird das noch vorhandene Restfutter automatisch aus dem Trog entfernt, gewogen und abgeführt. Die gefressene Menge wird bei der nächsten Zuteilung berücksichtigt. Dadurch wird eine tierspezifische Mengenzuteilung realisiert, die sich zwischen 1.5 - 3.5 kg bewegen kann. Die Zahl der Besuche ist nicht begrenzt, so daß das Grundfutter ad lib. aufgenommen werden kann.
Als Ergebnis dieses Versuches stellten die Autoren fest, daß bei diesem Verfahren genausoviel Grundfutter aufgenommen wird, wie bei der als Kontrollversuch durchgeführten üblichen Laufstallhaltung (20 kg Trockenmasse). Leistungsunterschiede konnten dabei nicht festgestellt werden.

JUNGE und KALM 1987 [40], sowie KLEPPER et al. 1989 [42] ermittelten die Grundfutteraufnahme indem sie spezielle Futtertröge für jeden Freßplatz installierten. Diese wurden durch eine Wiegeeinrichtung vor und nach jedem Freßvorgang gewogen. Der Zutritt zum Fressen wurde durch ein elektronisch gesteuertes Tor kontrolliert. Die Gewichtsdifferenzen der Tröge bei den einzelnen Besuchen eines Tieres wurden über den Tag aufsummiert und als Verzehrsmenge ausgewiesen.
Durch diese Versuchsanstellung ermittelte JUNGE 1988 [39] rassenspezifische Unterschiede in der Grundfutteraufnahme bis zu 1.5 kg. HAFEZ et al. 1989 [27] stellten mit der gleichen Versuchsanstellung fest, daß sich die Aufnahme von Grundfuttertrockenmasse von 8 - 10 kg zu Beginn der Laktation auf bis zu 12 - 14 kg am Laktationsende erhöht.

2.4.3 Überwachungsansätze im Bereich Tiergewicht

Da das Tiergewicht bei Kühen während der Laktation eine ausgeprägte Periodik aufweist [57, 32, 24], die Futteraufnahme wesentlich beeinflußt [95] und die Fütterung einen wesentlichen Kostenfaktor in der Tierhaltung darstellt, wird an einer automatisierten

Tiergewichtserfassung gearbeitet.

TURNER und COX 1983 [104] entwickelten dazu eine elektronische Tierwaage, mit der die Kühe am Melkstandausgang während des Durchquerens des Ausgangstores gewogen wurden. LANKOW und PREUSS 1985 [49] kombinierten eine mechanische Waage mit elektronischen Bauteilen, so daß die erfaßten Gewichtsdaten an einen Rechner übergeben werden konnten. STANZEL und EMBERGER 1987 [100], sowie IPEMA und PLUIJGERS 1987 [36] entwickelten und erprobten elektronische Wiegesysteme. Diese Wiegeeinrichtungen wurden in den Kraftfutterstand eines Laufstalls eingebaut. Bei jedem Kraftfutterabruf einer Kuh wurde deren Gewicht ermittelt und an einen Rechner übertragen. Die erfaßten Gewichtswerte können z.B. für die Berechnung tierspezifischer Futterrationen verwendet werden [72].

Da die Bereitstellung von Tiergewichtsdaten für das Betriebsmanagement Aufgabenstellung eines zur Zeit parallelen Forschungsvorhabens an der Landtechnik Weihenstephan ist, soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen, sondern auf diese Arbeit verwiesen werden (Dissertation K. Engelhardt).

2.4.4 Überwachungsansätze im Bereich Brunst

Überlange Zwischenkalbezeiten und wiederholte Nachbesamungen stellen einen nicht unbeträchtlichen Kostenfaktor in der Milchviehhaltung dar. Zur rechnergestützten Brunstüberwachung eignen sich physiologische Parameter wie die Milchtemperatur, die elektrische Leitfähigkeit der Milch, die Milchmenge, die Pulsfrequenz, sowie das Tierverhalten [91, 85, 83, 46, 52].
Zur Erfassung der Daten dienen verschiedene spezielle Sensoren. Nach SCHLÜNSEN 1987 [83] sind durch die kombinierte Erfassung und Auswertung von Milchmenge, Milchtemperatur, elektrischer Leitfähigkeit und der täglichen Schrittzahl sowohl im Anbindestall als auch im Laufstall rund 80 % der Brunstfälle richtig erkannt worden. Die deutlichsten Anzeichen waren hierbei die Änderung der Milchtemperatur und der Schritthäufigkeit. Bei Kühen im Laufstall waren dabei beide Änderungen deutlicher ausgeprägt, als bei Kühen in der Anbindehaltung.

2.4.5 Überwachungsansätze im Bereich Tiergesundheit

Hohe Abgangsraten (22.5 % der Kühe bei einem durchschnittlichen Abgangsalter von 6 Jahren), sowie Kosten der Behandlung erkrankter Tiere stellen einen weiteren wesentlichen Kostenfaktor in der Milcherzeugung dar [47]. Um bestimmte Krankheiten (v.a. Mastitis, Stoffwechselkrankheiten) bereits im Frühstadium zu erkennen, wurden verschiedene physiologische Parameter hierzu ermittelt. Danach ist die elektrische Leitfähigkeit der Milch ein guter Parameter für den Frühnachweis von Euterentzündungen [94, 56, 86]. Ebenfalls kann die Milchtemperatur als Indikator zur Früherkennung von Eutererkrankungen genutzt werden [86, 79, 96, 97]. Zur automatischen Aufnahme dieser beiden physiologischen Parameter wurden verschiedene Sensoren entwickelt [67, 66, 85, 83].

Mastitis kann durch eine gleichzeitige Erfassung von Milchtemperatur und der elektrischen Leitfähigkeit der Milch gut erkannt werden. Die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit ist auf das erkrankte Euterviertel begrenzt, so daß auch die erkrankten Euterviertel bestimmt werden können.

Demgegenüber sind für die Erkennung einer Stoffwechselstörung neben der elektrischen Leitfähigkeit der Milch auch die Parameter Futteraufnahme, Milchleistung und Tiergewicht von Bedeutung [83]. Zur Ermittlung von deutlichen krankheitsbedingten Milchmengenabweichungen wurde von HYDE et al. 1981 [33] ein Algorithmus entwickelt, wodurch anhand einer Trendanalyse deutliche Leistungsabweichungen festzustellen sind.

Zur Überwachung der Tiergesundheit erstellte BINDER 1986 [18] ein EDV-Konzept für einen Versuchsbetrieb. Die tierspezifischen Daten speicherte er in Einzeltierkarteien. Als Hilfe für die Betriebsführung werden Alarmmeldungen (Signalisierung von Problemtieren), Aktionslisten (Wochenarbeitspläne), Indexlisten (Leistungsabweichungen) und Merzungsrichtlinien für Jungtiere ausgegeben.

2.5 Ansätze zur Prozeßregelung

Regelungsansätze existieren zur Zeit lediglich für die Kraftfutterfütterung, wobei es hier zwei verschiedene Ansätze gibt.

ARTMANN 1982 [4] versucht über die Ermittlung des Grenznutzens des Kraftfuttereinsatzes eine optimale Kraftfutterberechnung zu realisieren. Hierbei wird die Milchmenge täglich erfaßt, anhand der Fettprozente auf FCM umgerechnet und ein Trend ermittelt.
Steigt der Trend, wird die Kraftfuttervorgabe solange erhöht, wie der Grenznutzen des Kraftfuttereinsatzes über Null liegt; fällt der Trend, wird die Kraftfuttervorgabe entsprechend dem Grenznutzenprinzip zurückgenommen. Die Anpassung erfolgt wöchentlich. Zur Kontrolle wird der Laktationsverlauf jeder Kuh mit dem Modell nach BUREMA und KERKHOF 1979 [20] kontrolliert und bei Bedarf (z.B. Unterversorgung) wird die Kraftfuttervorgabe entsprechend korrigiert.
Die Ergebnisse seines Versuches zeigen, daß zwischen dieser Fütterungsregelung und den üblichen Fütterungsverfahren unter bestmöglicher Information keine signifikanten Unterschiede bestanden. Allerdings ist damit eine tierspezifische und bedarfsgerechtere Fütterung möglich [84].

PIRKELMANN 1986 [69] versucht durch ein Schätzprogramm die Einflußfaktoren auf die Grundfutteraufnahme zu quantifizieren um darauf aufbauend die leistungsgerechte Kraftfuttermenge zu ermitteln. Für dieses, von WENDL und PIRKELMANN 1987 [111] weiterentwickelte Verfahren, werden die Milchmenge und das Tiergewicht täglich automatisch erfaßt. Ausgehend vom Tiergewicht wird die mögliche Grundfutteraufnahme geschätzt [95]. Dabei werden zusätzlich futterspezifische Faktoren (Futterart, Futterqualität) und tierspezifische Faktoren (Laktationsstand, Trächtigkeit) berücksichtigt. Nach Schätzung der aus dem Grundfutter aufgenommenen Nährstoffe und einem Vergleich mit dem Bedarf, wird die erforderliche Kraftfuttermenge ermittelt und für die Zuteilung automatisiert bereitgestellt. Die automatische Anpassung der Kraftfuttervorgabe an die Leistung erfolgt wöchentlich.
Die Autoren berichten, daß nach den bisherigen Erfahrungen mit dem

Modell zum einen Kraftfutter eingespart werden konnte, zum anderen erfolgte eine gewisse Umverteilung des Kraftfutters, d.h. weniger Kraftfutter für Kühe in fortgeschrittener Laktation und mehr an Kühe, die am Laktationsbeginn stehen.

2.6 Ansätze zur Überwachung der Prozeßtechnik

Zur Überwachung der Prozeßtechnik griff DUFTER 1988 [22] die Idee von BUREMA und KERKHOF 1979 [20] auf und versuchte die Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte kontinuierlich zu überwachen.

Hierzu berechnete er für die Kühe einer Fleckviehherde die jeweiligen Milchleistungstrends und ermittelte die Abweichungen der letzten Gemelke vom jeweiligen Trend. Haben alle Kühe, die am gleichen Melkplatz gemolken wurden, eine deutliche gleichgerichtete Abweichung über mehrere Tage, so sollte von diesen Abweichungen auf einen Meßgerätefehler geschlossen werden. Durch Analyse eines umfangreichen Datenmaterials konnte er aufzeigen, daß die Meßgenauigkeit der Milchmengenmeßgeräte nicht konstant bleibt und dadurch möglicherweise auf Meßgerätefehler geschlossen werden kann.

In diesem Zusammenhang kommt der Belegung der Melkbuchten eine ganz besondere Bedeutung zu. Denn nur wenn die Kühe die Melkplätze wechseln, kann ein vom einzelnen Meßgerätefehler unabhängiger Milchleistungstrend festgestellt werden. REINHARDT 1973 [77] bezeichnet die Regelmäßigkeit und die Ordnung, mit der Kühe sich in dem Melkstand zum Melken einfinden, als Melkordnung. Hierbei, vor allem beim Warten vor dem Melkstand, spielt die Rangordnung der Tiere eine dominierende Rolle. Nach SAMBRAUS 1970 [81] korreliert dabei die Ranghöhe eines Tieres sowohl mit dem Gewicht als auch mit dem Alter und der Milchleistung positiv.

WILLEMS und LAMPO 1964 [113] stellten fest, daß die Reihenfolge der Melkplatzbelegung ziemlich konstant ist, und daß ältere Kühe und Kühe mit höherer Leistung die vorderen Melkplätze bevorzugt aufsuchen. TSCHIRCH und SOMMER 1970 [103] ermittelten, daß die Mehrheit der Kühe die Melkplätze unregelmäßig belegen, jedoch gibt es einzelne Kühe, die bevorzugt die vorderen bzw. die hinteren

Melkplätze aufsuchen, wobei vor allem schwerere Kühe nach vorne drängen.
REINHARDT 1973 [77] bezeichnet Alter, Laktationsstand, Milchleistung und Tiergewicht als Einflußfaktoren für die Melkordnung. Er stellte fest, daß ranghöhere Tiere früher zum Melken kommen als rangniedrigere. Hierdurch wird eine gewisse Ordnung geprägt und auch über eine längere Zeit beibehalten. Ferner sieht er die Kraftfuttervorgabe im Melkstand als Einflußfaktor auf die Melkordnung. Abweichungen von der Melkordnung sind nach ihm vor allem bei brünstigen Tieren festzustellen, bei denen desweiteren Abweichungen in der Milchleistung auftreten.
Während die Melkplatzbelegung aufgrund der Melkordnung langfristig nicht zufällig sein kann, stellte DÜFTER 1988 [22] fest, daß täglich der Melkplatz gewechselt wird, und somit von Melkzeit zu Melkzeit der Melkplatz zufällig besucht wird.

2.7 Zusammenfassende Betrachtung

Insgesamt können aus den dargelegten Literaturergebnissen folgende Schlußfolgerungen abgeleitet werden.

Das EDV-Konzept für einen landwirtschaftlichen Betrieb mit zentralem Betriebsrechner, dezentralen Prozeßrechnern und überbetrieblicher Rechneranbindung über das öffentliche Fernsprechnetz scheint ein guter Lösungsansatz zu sein. Mit Blick in die Zukunft dürfte die Datenverwaltung über ein Datenbankmanagementsystem die einzige Möglichkeit sein, einmal erfaßte und gespeicherte Daten für alle betrieblichen Anwendungen zentral zur Verfügung zu stellen.

Die Steuerung der Kraftfuttervorlage ist in der Praxis im beträchtlichen Umfang realisiert. Aus Kostengründen werden fast ausschließlich Volumendosierer eingesetzt. Vor allem als Folge mangelnder Wartung kann sich bei diesen Dosierern die Genauigkeit ungünstig verändern.

Zur Überwachung der Milchleistung wurden bisher verschiedene Modelle erarbeitet. Die Umsetzung dieser Modelle in praktikable

Überwachungsansätze ist jedoch noch nicht erreicht.

Gleiches gilt für die Überwachung der Brunst und der Tiergesundheit. Einzelne Lösungsansätze erscheinen hier aber durchaus erfolgversprechend.

Die Überwachung der Grundfutteraufnahme und des Tiergewichtes befindet sich in ersten Forschungsansätzen.

Die geregelte Kraftfutterberechnung und Dosierung befindet sich z.Z. in einer Erprobungsphase. Hauptproblem einer derartigen Regelung ist dabei die Bereitstellung exakter Leistungsdaten. Die Milchmenge hat dabei eine besondere Bedeutung. Einflußfaktoren auf die Milchleistung sind dabei neben der Leistungsfähigkeit des Tieres:

1. Fütterung:
   Neben der Kraftfuttermenge spielt dabei die Grundfutterqualität eine entscheidende Rolle.

2. Tiergesundheit:
   Krankheiten wirken sich in der Regel sehr rasch auf die Leistungsbereitschaft der Tiere aus.

3. Brunst:
   Die Milchmengen am Brunstag kann von der momentanen Milchleistung beträchtlich abweichen.

In dieser Arbeit wird deshalb die Überwachung der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte und die Überwachung des Laktationsverlaufes behandelt. Dazu sollen Lösungsansätze erarbeitet werden, um die Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte, sowie den Laktationsverlauf automatisierbar überwachen zu können.

Für die Überwachung der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte soll der von DUFTER 1988 [22] dargestellte Algorithmus weiter entwikkelt und verfeinert werden.

Zur Überwachung des Laktationsverlaufes sind verschiedene Modelle dargestellt worden. Hierzu sollen die Laktationsmodelle von WOOD 1970 [114] und BUREMA-KERKHOF 1979 [20] auf deren Brauchbarkeit überprüft werden, da diese beiden Modelle in operationaler Form realisiert sind.

3. Datenerfassung und Datenorganisation

Für die Entwicklung eines Modells zur Überwachung der Milchmengenmeßgeräte und des Laktationsverlaufes sind Daten erforderlich, die im direkten Zusammenhang zu den zu bearbeitenden Aufgaben stehen. Um die Ergebnisse dieser Arbeit auf praktische Verhältnisse übertragen zu können, werden die Daten nicht anhand eines Laborversuches, sondern in einem praktischen landwirtschaftlichen Betrieb erfaßt. Zu diesem Zweck ist ein landwirtschaftlicher Betrieb, der bereits über eine elektronische Milchmengenmessung und Kraftfutterzuteilung verfügt, für die Datenerfassung ausgestattet worden. Dabei wurde gewährleistet, daß die Datenerfassung den alltäglichen Betriebsablauf nicht behindert.

3.1 Der Betrieb zur Datenerfassung

Der Betrieb liegt nach der bayerischen Agrargebietseinteilung im Agrargebiet "Tertiär-Hügelland-Süd". Er ist als spezialisierter Milcherzeuger Mitglied des Zuchtverbandes für Fleckvieh und bewirtschaftet 34 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (vgl. Anhangstabelle 1). Der Betrieb ist auch der Milchleistungsprüfung angeschlossen. Das Leistungsniveau der Herde lag im Milchprüfjahr 1987/88 bei durchschnittlich 5 300 kg Milch mit 4.14 % Fett und 3.50 % Eiweiß bei einem mittleren Bestand von 38 Kühen.

Zu Beginn der Datenerfassung (Januar 1987) waren die Betriebsgebäude und die installierte Technik zwei Jahre alt. Die installierte Technik entspricht somit dem gegenwärtigen Entwicklungsstand. Der Grundriß der Betriebsgebäude ist in Abbildung 8 dargestellt.

Der Stall mit zweireihiger Aufstallung ist für 42 Kuh- und 33 Jungviehplätze gebaut. Ausgerüstet ist er mit einen 2x4 Fischgrätenmelkstand und 2 Kraftfutterabrufstationen. Bei den installierten Milchmengenmeßgeräten handelt es sich um anerkannte Durchflußmeßgeräte für die Milchleistungsprüfung.

Diese Milchmengenmeßgeräte werden von einem eigenen Prozeßrechner

verwaltet. Nach jedem Melkvorgang werden die erfaßten Daten zum Prozeßrechner für die Fütterung übertragen.

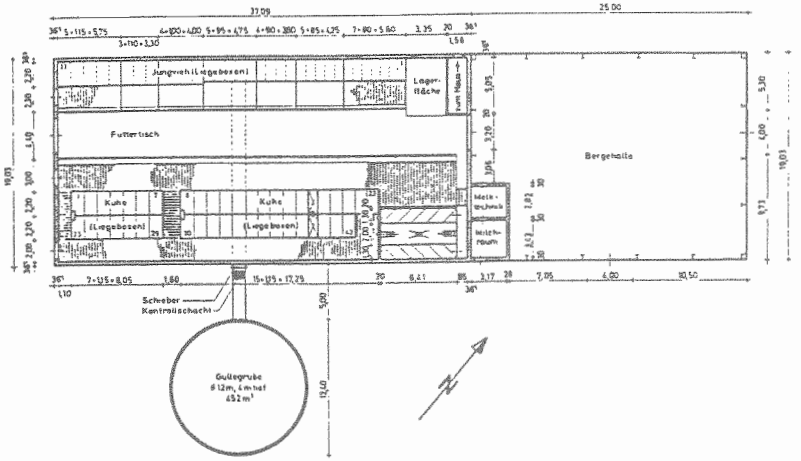


Abbildung 8: Grundriß der Betriebsgebäude des landwirtschaftlichen Betriebes zur Datenerfassung

Auf diesem ist ein Fütterungs- und Leitsystem für die Herdenführung installiert. Ebenfalls steuert er die Zuteilung der Kraftfuttermengen. Bedient werden konnte dieser Prozeßrechner über eine Tastatur mit Funktionstasten. Als Ausgabe diente zum einen die in die Tastatur integrierte mehrstellige Siebensegmentanzeige, sowie ein angeschlossener Drucker.

3.2 Aufbau der Datenerfassung

Um diesen praktischen Betrieb zur Datenerfassung nutzen zu können, waren zusätzliche Ausrüstungen erforderlich. Da auf dem Betrieb mehrere Forschungsprojekte parallel durchgeführt werden sollten, war eine umfassende Hardwareausstattung geplant. Ziel war es dabei, möglichst alle Daten automatisiert zu erfassen und zentral auf dem Betriebsrechner zu speichern.

3.2.1 Hardwareausrüstung

Anhand Abbildung 9 sei das geplante Gesamtkonzept zur Überwachung des Produktionsprozesses Milchviehhaltung dargestellt.

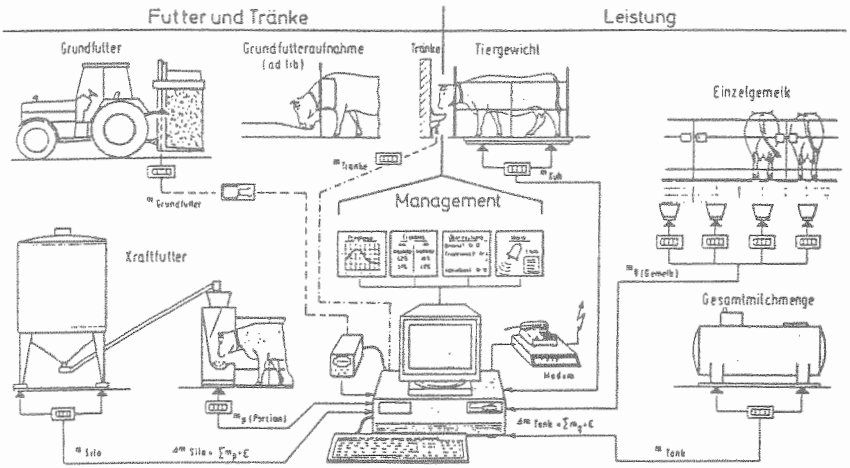


Abbildung 9: Gesamtkonzept für eine Prozeßsteuerungsanlage in der Milchviehhaltung

Dieses Gesamtkonzept gliedert sich in die drei großen Bereiche Leistung, Fütterung und Management. Alle drei Bereiche sollten von dem zentralen Betriebsrechner (ein handelsüblicher Personal Computer unter dem Betriebssystem SINIX) verwaltet werden.
Auf der Leistungsseite werden das Tiergewicht und die Milchmenge erfaßt. Zur Überwachung der Milchmengenmessung war die Installation einer Wiegeeinrichtung zur Wiegung des Milchtanks vorgesehen. Durch die Erfassung der Gesamtmilchmenge und einem Vergleich mit der Summe der einzelnen Tagesmilchmengen der Kühe sollte eine Kontrolle der Gesamtgenauigkeit der Milchmengenmeßgeräte möglich sein.

Bei der Fütterung sollte die gesamte Grundfuttervorlage durch eine Wiegeeinrichtung am Schlepper ermittelt und über einen Datenträger (Chip-Karte) zum Betriebsrechner übertragen werden.
Das Kraftfutter wird über die Kraftfutterabrufanlage (Zellenraddosierer) in Portionen definierter Masse an das Einzeltier zugeteilt.

Durch die tägliche Verwiegung des Kraftfuttervorratsbehälters könnte die Dosiergenauigkeit des Kraftfutterdosierers überprüft werden.

Die Übertragung der Daten vom Prozeßrechner zum Betriebsrechner erfolgte über die serielle Schnittstelle V.24/V.28 und die erforderlichen Kabel. Die Speicherung der erfaßten Daten wurde auf dem zentralen Betriebsrechner durchgeführt. Ebenfalls stand der Betriebsrechner für weitere betriebliche Anwendungen (z.B. Kuhplaner) zur Verfügung.

Für den Bereich dieser Arbeit sind die Milchmengenerfassung, die Kraftfutterzuteilung und der Betriebsrechner von Bedeutung. Zur Durchführung der geplanten Arbeiten war verschiedene Software erforderlich.

3.2.2 Softwareausrüstung

Die installierte Software läßt sich in die Bereiche Systemsoftware, Anwendersoftware für den Landwirt und der speziellen Software zur Datenerfassung gliedern.

An Systemsoftware wurde das Betriebssystem (das UNIX-Derivat SINIX), ein Programmentwicklungssystem (C-Compiler) und ein Datenbankprogramm (INFORMIX) installiert. Da von der Aufgabenstellung her gewährleistet sein mußte, daß der Betriebsrechner häufig mehrere Programme gleichzeitig abarbeiten kann (z.B. Milchdatenabfrage vom Prozeßrechner, Tiergewichtserfassung) war ein Betriebssystem erforderlich, das zum Mehrprogrammbetrieb (Multitasking) fähig ist. Darüberhinaus sollte der Betriebsrechner zu jeder Zeit auch vom Betrieb nutzbar und vom Institut aus per Modem ansprechbar sein.

Zur Datenverwaltung wurde ein relationales Datenbanksystem installiert, da dadurch sichergestellt ist, daß Daten möglichst redundanzfrei gespeichert werden können. Ferner gewährleistet ein derartiges System, daß die Datenaktualisierung einfach durchzuführen und der Zugriff von verschiedener Anwendersoftware auf die zentralen Datenbestände möglich ist.
Für die Programmentwicklung wurde ein Entwicklungssystem der

Programmiersprache "C" installiert. Mit dieser Programmiersprache kann zum einen sehr hardwarenah programmiert werden (erforderlich bei Kommunikationsprogrammen), zum anderen ist eine programmierbare Schnittstelle zur installierten Datenbank vorhanden. Des weiteren erlaubt diese Programmiersprache die Entwicklung von Programmen zur Interprozeßkommunikation, was bei der Arbeit auf dem Gebiet der Prozeßsteuerung dringend erforderlich ist.

Während es sich bei der Systemsoftware um übliche Marktprodukte handelt, wurden für die Nutzung des Betriebsrechners und die Kopplung des Prozeßrechners zum Datentransfer spezielle Programme erstellt.

Das zur Nutzung des Betriebsrechners erstellte Herden-Informationssystem ist in Abbildung 10 dargestellt.

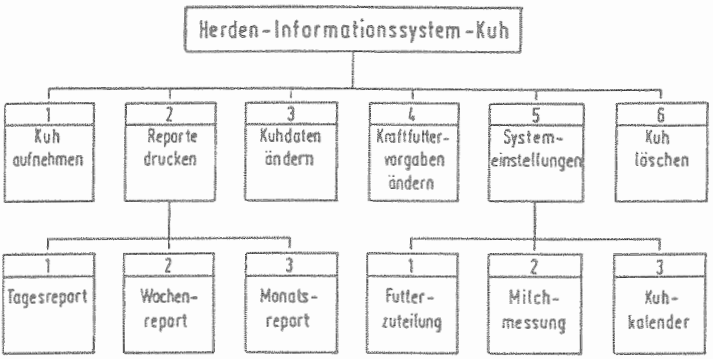


Abbildung 10: System zur Unterstützung der Herdenführung in der Milchviehhaltung

Mit diesem Programm wurden zum einen bestimmte Funktionen des Fütterungs- und Leitsystems des Prozeßrechners nachgebildet, so daß der Prozeßrechner über ein benutzerfreundliches Maskensystem vom Betriebsrechner aus programmiert werden konnte. Zum anderen wurden einige zusätzliche Funktionen mit aufgenommen.
So wurden zusätzlich Module zur Führung des Kuhkalenders, zur Berechnung des Laktationsverlaufes, zur Überwachung der

Tieridentifizierung und zur Berechnung der Kraftfutterabholraten realisiert. Die Ergebnisse wurden dem Landwirt durch verschiedene Protokollausdrucke in bestimmten Zeitabständen automatisiert zur Verfügung gestellt.

Neben der Systemsoftware und der Anwendersoftware waren weitere Programme zur Datenübertragung erforderlich. Diese Programme wurden durch das Betriebssystem zu bestimmten Zeiten automatisch gestartet. Dadurch konnte ohne personellen Aufwand zu jedem erforderlichen Zeitpunkt der Datentransfer mit dem Prozeßrechner gestartet werden. Ebenfalls wurde dadurch die Datenstrukturierung und die Ablage in der Datenbank realisiert.

3.2.3 Organisation der Datenerfassung und Verwaltung

Die Datenerfassung wurde so konzipiert, daß sie weitgehend ohne personellen Aufwand ablief. Die Organisation der Datenerfassung und Verwaltung ist in Abbildung 11 dargestellt.

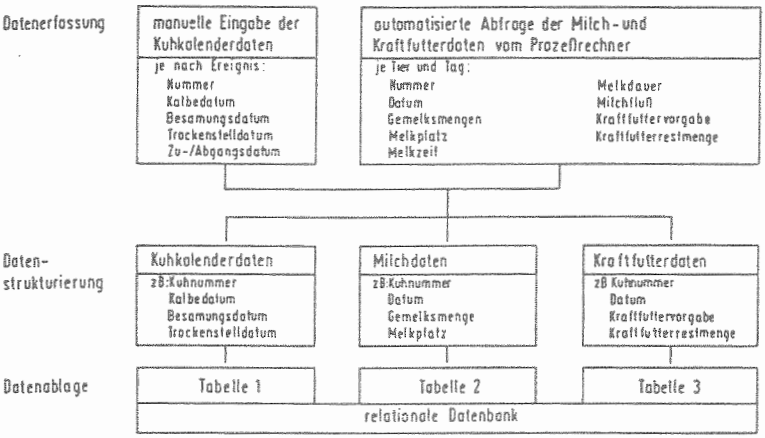


Abbildung 11: Organisation der Datenerfassung und Verwaltung

Wie daraus hervorgeht, wird der Großteil der Daten automatisiert erfaßt. Nur die sporadisch anfallenden Kuhkalenderdaten waren manuell einzugeben. Manuell erfaßt wurden dabei die Kuhzu- bzw.

-abgänge, das Geburtsdatum, das Kalbedatum, die Laktationsnummer, das Besamungsdatum und das Trockenstelldatum. Während die Kuhkalenderdaten über das Herden-Informationssystem direkt am Betriebsrechner eingegeben werden konnten, mußten die Kraftfutter- und Milchdaten zu ganz bestimmten Zeitpunkten vom Prozeßrechner abgerufen werden.

Die Kopplung von Betriebsrechner und Prozeßrechner erfolgte über die serielle Schnittstelle V.24/V.28 mit eigens dafür erstellter Software. Die auf dem Betriebsrechner übertragenen Daten wurden in verschiedenen Dateien zwischengespeichert. Dadurch konnten alle erforderlichen Milch- und Kraftfutterdaten (Kraftfuttervorgaben, Kraftfutterrestmengen) automatisiert erfaßt werden. An Milchdaten wurden pro Melkzeit und Kuh die Milchmenge (kg), der Melkplatz(Nr.), die Melkzeit (min), die Melkdauer (min) und der Milchfluß (kg/min) aufgezeichnet.
Durch ein weiteres Programm wurden täglich die für den jeweiligen Tag aufgezeichneten Daten nach bestimmten Kriterien strukturiert und in verschiedenen Tabellen der relationalen Datenbank abgelegt. Die Datenstrukturierung erfolgte zum einen unter dem Gesichtspunkt, daß gleichartige Daten gemeinsam in einer Tabelle abgelegt werden, zum anderen sollte die Strukturierung so sein, daß der Datenabfrage- und Verknüpfungsaufwand bei der Auswertung möglichst gering bleibt, die Ablage aber trotzdem mit möglichst geringer Redundanz erfolgt. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte wurden drei verschiedene Datensätze gebildet.

Datensatz 1: Kuhkalenderdaten
Dieser besteht aus Kuhnummer, Geburtsdatum, Kalbedatum, Besamungsdatum, Trockenstelldatum und dem eventuell vorhandenen Abgangsdatum. Er wurde in Tabelle 1 abgelegt und bildet die Datengrundlage für die Führung des Kuhkalenders und der Herdenübersicht.

Datensatz 2: Milchdaten
Er beinhaltet die Kuhnummer, das Datum, Laktationsnummer, Laktationstag, Morgengemelksmenge, Abendgemelksmenge, sowie jeweils für das Morgen- und Abendgemelk zusätzlich die Melkzeit, die Melkdauer, der Milchfluß und der Melkplatz. Dieser Datensatz wurde in Tabelle 2 der Datenbank abgelegt und bildet die Grundlage für den Großteil der

Datenanalysen.

Datensatz 3: Kraftfutterdaten
In diesem Datensatz wurde für jede Kuh und jeden Tag die Kraftfuttervorgabe und die Kraftfutterrestmenge gespeichert. Dieser Datensatz wurde in Tabelle 3 der Datenbank abgelegt und dient zur Analyse des Kraftfutterverzehrs.

Diese Art der Datenablage gewährleistet, daß alle erforderlichen Auswertungen mit möglichst geringem Aufwand für die Datenbereitstellung erfolgen können. Ferner können die betrieblichen Anwendungsprogramme problemlos auf die Datenbestände zugreifen.

Die softwaremäßige Gesamtorganisation dieser Arbeiten auf dem Betriebsrechner ist in Abbildung 12 dargestellt.

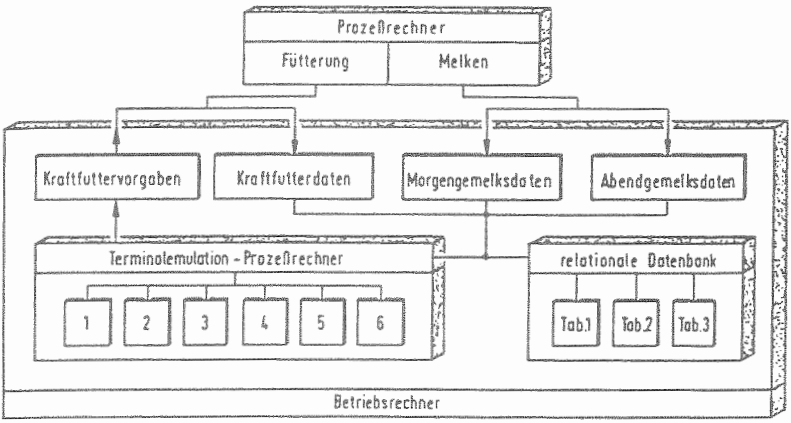


Abbildung 12: Organisation der Datenerfassung und Datenverwaltung mit dem Herden-Informationssystem auf dem Betriebsrechner

Vom Prozeßrechner abgerufen werden täglich zu bestimmten Zeitpunkten die Milch- und Kraftfutterdaten. Diese Daten werden in verschiedenen Dateien auf dem Betriebsrechner zwischengespeichert. Am Ende eines Tages erfolgt die Datenstrukturierung und Einlagerung in die Datenbank. Dadurch stehen die erfaßten Daten für das Herden-Informationssystem zu Verfügung.

Des weiteren können über das Herden-Informationssystem Bestands- und Kuhkalenderdaten in die Datenbank eingegeben werden. Die Bereitstellung von Auswertungen erfolgt ebenfalls über das Herden-Informationssystem. Neben der Ausgabe von Reporten (z.B. Wochenreport für die anstehenden Kalbungen) können auch die Kraftfutterabholraten oder die Tiererkennungsraten ermittelt werden.

Als weiteres ist über das Herden-Informationssystem die Bedienung des Prozeßrechners (z.B. Einstellung des Portionsgewichtes für die Futterdosierung) und die automatisierte Übertragung der Ergebnisse des auf dem Betriebsrechner installierten Futterkalkulationsprogrammes möglich. Dadurch ist der Landwirt weitgehend von der manuellen Änderung der Kraftfuttervorgaben befreit.

Für die Datenanalyse zur Modellerstellung wurde eine mit der Datenverwaltung auf dem Betriebsrechner völlig identische Datenverwaltung auf dem Rechner der Landtechnik Weihenstephan (Rechner der mittleren Datentechnik mit dem Betriebssystem ULTRIX und dem relationalen Datenbanksystem ORACLE) realisiert. Dadurch war gewährleistet, daß die am Rechner der Landtechnik Weihenstaphan erstellten Programme unmittelbar auf dem Betriebsrechner übertragbar waren.

Die Daten wurden mittels Datenträger (anfangs mit Diskette, später per Leitung und Modem) auf den Rechner der Landtechnik Weihenstephan übertragen und in die Datenbank eingelesen. Während des Einlesens erfolgte dabei die oben dargestellte Datenstrukturierung. Aus der Datenbank wurden sie durch selbsterstellte Programme aufbereitet und abgerufen. Für die statistischen Berechnungen wurden die aufbereiteten Daten zum Großrechner des Leibniz-Rechenzentrums durch das Programm KERMIT übertragen, wo mittels dem Statistikprogrammpaket SPSSX die statistischen Auswertungen durchgeführt wurden.

Basierend auf den statistischen Ergebnissen wurden am Rechner der Landtechnik Weihenstephan die Programme für die Überwachungsaufgaben erstellt. Sowohl die Programme zur Überwachung der Milchmengenmeßgeräte als auch die Programme zur Überwachung des Laktationsverlaufes greifen auf die gemeinsame Datenbasis in der Datenbank zu.

3.3 Ablauf der Datenerfassung

Zur Datenaufzeichung waren verschiedene Programme erforderlich. Die Programme wurden dabei je nach den technischen Möglichkeiten nach und nach entwickelt. Zu Beginn der Arbeit (März 1987) war die Aufzeichnung der Tagesmilchmengen, der Morgengemelke und der Kraftfuttervorgaben bereits realisiert. Der weitere Ausbau der Datenerfassung und die Verfügbarkeit der Anwenderprogramme ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Ablauf der Datenerfassung

Zeit	Installation/Erweiterung der Datenerfassung und des Herden-Informationssystems
Januar 1987	Beginn der Datenerfassung. Aufzeichnung der Tagesmilchmenge, des Morgengemelks und der Kraftfuttervorgabe.
August 1987	Installation des Herden-Informationssystems. Prozeßrechner kann vom Betriebsrechner aus bedient werden. Bereitstellung von Protokollen zur Unterstützung der Herdenführung.
Januar 1988	Erweiterung der Datenaufzeichnung. Zusätzliche Erfassung der Abendgemelke und der Kraftfutterrestmengen.
März 1988	Erweiterung der Datenaufzeichnung. Zusätzliche Erfassung der Melkplätze während des Melkens.
Oktober 1988	Erweiterung und Erneuerung der Anwendersoftware. Installation von Kontrollprogrammen zur Überwachung des Milchleistungsverlaufes, der Tiererkennung im Melkstand und der Kraftfutterrestmengen.
Februar 1989	Erweiterung der Datenaufzeichnung. Zusätzliche Aufzeichnung von Melkzeit, Melkdauer und Milchfluß.

4. Überwachung der Milchmengenerfassung und des Laktationsverlaufes

Die aus den erfaßten Daten ermittelten Ergebnisse werden im folgenden dargestellt. Aufgezeigt werden die Datenqualität, die Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte und der Laktationsverlauf der Kühe.

4.1 Funktionssicherheit der Datenerfassung

Zur Überwachung des Produktionsprozesses Milchviehhaltung ist eine kontinuierliche Datenerfassung eine unabdingbare Voraussetzung. Eine Beurteilung der Daten ist dabei nur möglich, wenn die Genauigkeit der eingesetzten Meßgeräte bekannt ist. Die Sicherheit der Datenerfassung, die Effizienz der Tiererkennung im Melkstand und die Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte sind dazu die wesentlichen Kriterien.

4.1.1 Datenverfügbarkeit in der Erfassungsperiode

Wie in Tabelle 1 dargestellt, wurde im Januar 1987 mit der Datenaufzeichnung begonnen und je nach den vorhandenen technischen Möglichkeiten auf den erforderlichen Umfang erweitert. Da die Geräte in einem landwirtschaftlichen Betrieb installiert waren, konnten diese nicht täglich, sondern nur in bestimmten Zeitabständen überprüft werden. Aus diesem Grund waren aufgetretene Mängel nicht unmittelbar zu beseitigen, so daß eine vollständige Datenaufzeichnung nicht erreicht werden konnte. Außerdem wurde durch die parallel zu diesen Arbeiten durchgeführten anderen Projekte die Datenerfassung teilweise beeinträchtig.

Wie dargestellt wurden von Beginn an die Tagesmilchmengen und die jeweiligen Kraftfuttervorgaben aufgezeichnet (vgl. Anhangstabelle 2) und auf dem Betriebsrechner in einer Datei mit dem Tagesdatum abgelegt (z.B.: Dateiname für den 4.3.88 ist hub03-04.88).

Die erreichte Datenverfügbarkeit (an wieviel Tagen je Monat alle Daten vorhanden sind) ist beispielhaft für die Milchdaten in Abbildung 13 dargestellt.

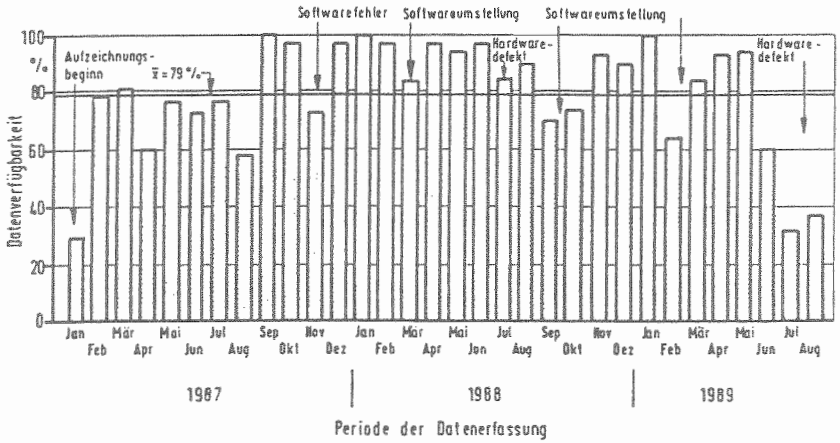


Abbildung 13: Relative Verfügbarkeit der Milchdaten vom Januar 1987 bis August 1989

Danach wurde in den ersten 8 Monaten eine Aufzeichnungssicherheit von 60 - 80 % erzielt. Vor allem Probleme mit der Datenerfassungssoftware verursachten in dieser Phase viele unvermeidbare Systemausfälle. Von September 1987 bis August 1988 wurde mit wenigen Ausnahmen eine relativ gute Datenaufzeichnung erreicht. Im November 1987 war ein Fehler in der Software für die Tiergewichtserfassung die Ursache für häufige Systemausfälle. Im März 1988 wurde die Datenerfassung erweitert, wodurch in der Anfangsphase teilweise die gesamte Milchdatenerfassung ausfiel. Infolge der defekten Festplatte des Betriebsrechners konnten von Ende September bis Anfang Oktober 1988 keine Daten erfaßt werden. Im Februar 1989 wurde die Datenaufzeichnung erneut erweitert, wodurch in der Anfangsphase wiederum mehrere Systemausfälle verursacht wurden. Von Mitte Juni 1989 bis Mitte Juli 1989 konnten infolge eines defekten Schnittstellenumsetzers keine Daten aufgezeichnet werden. Ende Juli wurde durch stärkere Schwankungen in der Stromversorgung (vermutlich Blitzschlag) die Ausgabeplatine des Prozeßrechners zerstört, wodurch die Datenabfrage unmöglich wurde.

Die häufigen monatlichen Ausfälle von bis zu 10 % (3 Tage pro Monat) wurden durch Spannungsschwankungen in der Stromversorgung des Betriebscomputers verursacht. Dadurch wurde der Betriebsrechner in einen Systemzustand versetzt, bei dem kein Programmlauf möglich war. Nur in 3 Monaten konnte eine 100%ige Datenerfassung erreicht werden.

Insgesamt ergab sich eine Datenverfügbarkeit von 79 %. Die Ursachen für die Datenverluste lassen sich folgendermaßen zusammenfassen.

1. Durch Probleme in der Anfangsphase konnten 7 % der möglichen Daten nicht aufgezeichnet werden.
2. Die gelegentlich aufgetretenen Hardwaremängel verursachten Datenverluste von 7.6 %.
3. Die erforderlichen Softwareumstellungen bedingten Aufzeichnungsverluste von 2.9 %.
4. Durch die vorhandenen Spannungsschwankungen konnten 3.5 % der möglichen Daten nicht erfaßt werden.

Abgesehen von der Anfangs- und Endphase wurde unter den gegebenen Umständen und den häufig erforderlichen Systemumstellungen eine gute Datenaufzeichnung erzielt. Für die Datenanalysen stand somit gutes Datenmaterial vom September 1987 bis Mai 1989 zur Verfügung.

4.1.2 Tieridentifizierung beim Melken

Für die Verwertbarkeit der Milchdaten ist entscheidend, daß die von den Meßgeräten ermittelten Milchmengen den richtigen Tieren zugeordnet werden, wozu eine entsprechende Einrichtung zur automatisierten Tiererkennung erforderlich ist. Bei dem auf dem Betrieb vorhandenen System handelt es sich um eine Einzelplatzidentifizierung. Erkannt wird dabei ein Tier, wenn der Sender am Halsband in den Empfangsbereich des Empfängers gebracht wird. Der Empfangsbereich (bis zu 25 cm) wurde bei der Installation für die gegebenen Betriebsbedingungen eingestellt.

Kühe, die ihren Kopf nicht in den Empfangsbereich halten, werden

vom System nicht erkannt und dem Landwirt durch eine aufleuchtende Kontrollampe am Melkplatz signalisiert. Wird dem System die Kuhnummer auch nicht manuell eingegeben, kann der Prozeßrechner die Gemelksmenge keiner Kuh zuordnen und muß sie deshalb verwerfen.

Im nachhinein war nicht feststellbar, ob das Tier wirklich automatisch vom System erkannt oder ob die Kuhnummer manuell eingegeben wurde. Deshalb ist die Erkennungsrate über die tatsächlich vorhandenen Daten ermittelt worden. Als identifiziert gilt eine Kuh, wenn ihr ein Melkplatz zugeordnet werden konnte. Es wurde also nicht zwischen automatischer und manueller Identifizierung differenziert. Diese Größe spiegelt zwar nicht die wirkliche systemeigene Erkennungsrate wider, stellt aber für die Beurteilung der tatsächlich verfügbaren Gemelksmengen eine richtige Größe dar.

Die Gesamtzahl der vorhandenen Erkennungsvorgänge dividiert durch die Anzahl der möglichen Erkennungsvorgänge ergibt die Identifizierungsrate. Ausgewertet wurden die Erkennungsraten nach tierindividuellen Unterschieden, sowie Unterschieden nach Kalendermonaten, Laktationsnummern, Laktationstagen, Gemelksmengen und nach der Morgen- und Abendmelkzeit. Diese Identifizierungsraten sind für die Zeit vom 1.3.88 - 28.2.89 in Anhangstabelle 3 dargestellt. Die wichtigsten Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tabelle 2: Ergebnisse zur Tiererkennung

Auswertevariante	Erkennungsrate in %
Morgengemelk - Abendgemelk	89.9 - 93.5
nach Monaten	87.2 - 96.0
zwischen den verschiedenen Laktationen	90.1 - 95.9
innerhalb der Laktation	86.6 - 93.3
nach den Gemelksmengen	88.5 - 95.6
zwischen den verschiedenen Kühen	71.4 - 98.7
Gesamtmittel	91.7

Insgesamt wurde eine Erkennungsrate von 91.7 % erreicht. Auffällig ist, daß abends die Erkennung (93.5 %) immer besser war als morgens (89.9 %). Der Grund dafür liegt darin, daß häufig morgens und abends unterschiedliche Personen die Melkarbeiten erledigten. Dabei wurden abends die vom System nicht erkannten Tiere häufiger manuell eingegeben als morgens. Die Erkennungsrate morgens von 89.9 % entspricht somit eher der wirklichen automatischen Identifizierung.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten sind gering (87.2 - 96.0 %) und unsystematisch über die einzelnen Monate verteilt. Daraus folgt, daß kein jahreszeitlicher Einfluß vorhanden ist.

Der verschiedene Erkennungserfolg zwischen den einzelnen Laktationen (90.1 - 95.9 %) betrug rund 6 %, wobei in den ersten beiden Laktationen etwas schlechter identifiziert wurde als in den folgenden.

Ein Unterschied von 6.7 % zeigte sich innerhalb der Laktation. In der Laktationsmitte wurde etwas besser erkannt als zu Beginn oder zum Ende der Laktation.

Etwas größere Unterschiede ergaben sich bei der Auswertung nach der Gemelksmenge. So wurden Kühe mit einer Gemelksmenge von weniger als 5.0 kg zu 88.5 % identifiziert. Demgegenüber wurden Kühe mit einer Gemelksmenge von über 15.0 kg zu etwa 95 % erkannt. Ursache hierfür ist, da bei längerer Melkzeit auch die Möglichkeit, daß das Tier seinen Kopf in den Erkennungsbereich hält, größer wird. Die deutlichsten Unterschiede zeigten sich jedoch zwischen den einzelnen Kühen. Die tierspezifischen Erkennungsraten sind in Abbildung 14 dargestellt.

Wie daraus hervorgeht, beträgt die durchschnittliche Erkennungsrate 91.7 %. Die Spanne reicht aber von 71.4 % (Nr. 139) bis 98.7 % (Nr. 114). Von den Kühen mit einer Erkennungsrate unter 85.0 % (Nr. 37, 93, 100, 120, 121, 126, 139, 144) hatten die Kühe 120, 121, 126 eine im Vergleich zum Herdendurchschnitt geringe durchschnittliche Gemelksmenge. Die Kühe 121, 126, 139, 144 standen darüber hinaus in der 1. oder 2. Laktation. Demgegenüber hatte die Kuh 100 trotz einer weit überdurchschnittlichen Gemelksmenge eine sehr schlechte Erkennungsrate.

Eine weit überdurchschnittliche Erkennungsrate hatten die Kühe mit der Nummer 77, 85, 94, 107, 114 und 123. Sie hatten alle überdurchschnittliche Gemelksmengen. Allerdings gibt es auch Kühe mit einer guten Erkennungsrate (Nr. 86, 95, 96) und einer durchschnittlichen Gemelksmenge.

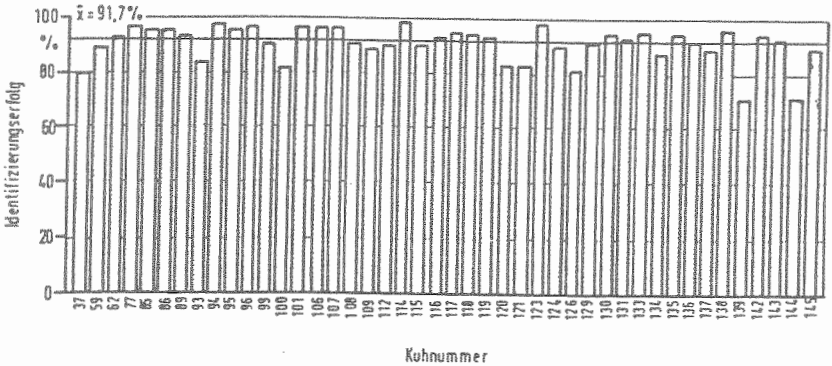


Abbildung 14: Tierspezifischer Identifizierungserfolg bei der Einzelplatzidentifizierung (2x4 FGM, 44 Kühe, 22699 Identifizierungsvorgänge)

Insgesamt kann festgehalten werden, daß aus dem vorhandenen Datenmaterial kein Zusammenhang zwischen dem Identifizierungserfolg und den dargestellten Parametern ermittelt werden konnte. In der Summe führten sie aber zu beträchtlichen Unterschieden im Erkennungserfolg.

4.1.3 Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte

Zur Beurteilung der erfaßten Milchmengen wurde die Genauigkeit der Meßgeräte zweimal überprüft (erste Überprüfung am 30/31.5.89; zweite Überprüfung am 16/17.8.89).

Bei der ersten Überprüfung wurden 8 Gemelksmengen, bei der zweiten Überprüfung 4 Gemelksmengen pro Meßgerät nachgewogen. Für die 8 Meßwerte bei der ersten Überprüfung wurden alle Kühe jeweils an

einer Melkstandseite gemolken, was den Melkablauf durch sehr lange Wartezeiten erheblich störte. Bei den Überprüfungen wurden jeweils abends und morgens die Meßgeräte einer Melkplatzseite überprüft. Dabei wurde der Milchstrom nach Durchqueren des Meßgerätes nicht in die Milchleitung, sondern in einen Eimer geleitet. Der Eimer wurde unmittelbar anschließend auf einer mobilen Waage (Meßbereich 0 - 60 kg; Auflösung 1.0 g; Genauigkeit 0.04 %) gewogen, wobei die Waage vorher unter Belastung des leeren Eimers tariert wurde. Die jeweiligen von der Waage angezeigten Gewichte wurden per Hand in ein Meßprotokoll übertragen.

Zur Überprüfung der Meßgenauigkeit wurden die relativen Abweichungen der von den Meßgeräten ermittelten Milchmengen von den mit der Waage gemessenen Milchmengen errechnet.

Anschließend wurde für die Abweichungen je Meßgerät ein zweiseitiges 95 % Vertrauensintervall gebildet (Abbildung 15). Durch den zweiseitigen t-Test wurde überprüft, ob die von den Milchmengenmeßgeräten ermittelten Milchmengen von den mit der Waage ermittelten Mengen abweichen. Dazu wurde für jedes Meßgerät aus den jeweiligen Abweichungen die t-Testgröße $\hat{t}$ ermittelt und mit dem Grenzwert der t-Tabelle [74] für die Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % verglichen.

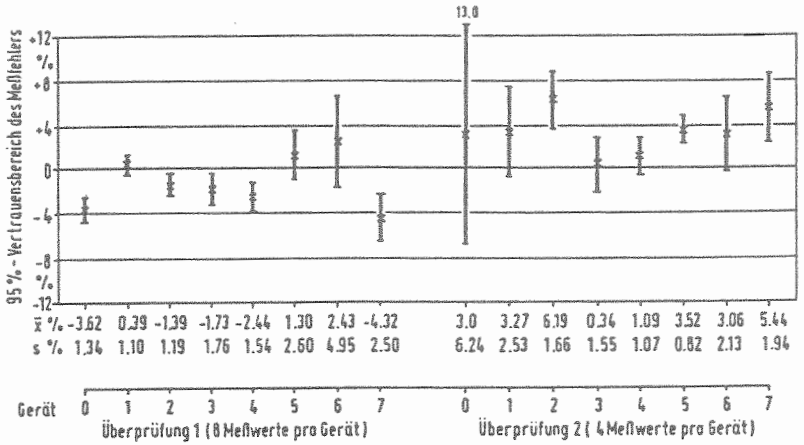


Abbildung 15: Meßfehler der Milchmengenmeßgeräte bei zwei verschiedenen Überprüfungen

Für die einzelnen Meßgeräte sind von beiden Überprüfungen die 95 % Vertrauensbereiche der relativen Abweichungen aufgetragen. Ferner ist für jedes Meßgerät die mittlere relative Abweichung und die Standardabweichung der Abweichungen genannt.

Bei der ersten Überprüfung konnte bei 5 Meßgeräten (Nr. 0, 2, 3, 4, 7) ein signifikanter Fehler festgestellt werden.
Die Abweichungen an den Meßgeräten Nr. 5 und 6 streuten in einem weiten Bereich. An Meßgerät Nr. 1 variierten die Abweichungen mit einer geringen Standardabweichung um Null. Die mittleren Abweichungen lagen bei 5 Geräten (Nr. 0, 2, 3, 4, 7) im negativen Bereich, so daß sich ein mittlerer Fehler über alle Meßgeräte von -1.2 % bei einer mittleren Standardabweichung von 2.1 % ergab.

Die Geräte wurden anschließend durch den Hersteller nach den Anforderungen für die Milchleistungsprüfung neu kalibriert. Fünf Wochen später wurde eine erneute Überprüfung durchgeführt.

Während bei der ersten Überprüfung 8 Meßwerte pro Gerät erfaßt wurden, konnten bei der zweiten Überprüfung nur 4 Meßwerte pro Gerät erfaßt werden. Dies entspricht aber den alltäglich üblichen 4 Durchgängen. Infolge dieser 4 Meßwerte sind die Vertrauensbereiche selbst bei gleicher Standardabweichung größer als bei der ersten Überprüfung.
Bei der zweiten Überprüfung wurde bei 3 Meßgeräten (Nr. 2, 5, 7) ein signifikanter Fehler ermittelt. Eine sehr große Streuung der Abweichungen war bei den Geräten mit der Nr. 0 und 1 festzustellen. Die gerätespezifischen Fehler waren bei allen Geräten positiv. Dadurch ergab sich ein mittlerer Fehler von 3.1 % bei einer Standardabweichung der Abweichungen von 3.6 %. Durch die Kalibrierung wurde also das Meßergebnis verschlechtert.

Die Funktionssicherheit der Datenerfassung läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Die in der Zeit vom Januar 1987 bis August 1989 auf dem Betrieb angefallenen Daten konnten zu 79 % aufgezeichnet werden. Die vollständige Datenaufzeichnung wurde vor allem durch verschiedene Anfangsprobleme und gelegentliche Hardwaredefekte verhindert. Zu bedenken ist auch, daß durch die unvollständige Tiererkennung schon 8.7 % der Daten verloren gingen.

Die mittlere Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte betrug bei der ersten Überprüfung -1.2 %, bei der zweiten Überprüfung 3.1 %. Die Genauigkeit der einzelnen Geräte weicht von dieser mittleren Genauigkeit z.T. erheblich ab.

4.2 Überwachung der Milchmengenerfassung

Zur automatisierbaren Erkennung der oben dargestellten Mängel wurde ein computergestütztes Verfahren entwickelt. Dadurch sollen die aufwendigen und den Melkablauf störenden manuellen Überprüfungen ersetzbar werden. Des weiteren werden mit diesem Verfahren kontinuierliche Genauigkeitsüberprüfungen realisierbar.

4.2.1 Material und Methode

Für die Entwicklung des Modells zur automatisierbaren Überprüfung der Milchmengenmeßgeräte wurden die vom 1.3.88 bis 28.2.89 erfaßten Einzelgemelke analysiert. Eine automatisierte Überprüfung soll dabei im Vergleich zur manuellen Überprüfung folgendermaßen durchgeführt werden (Abbildung 16).

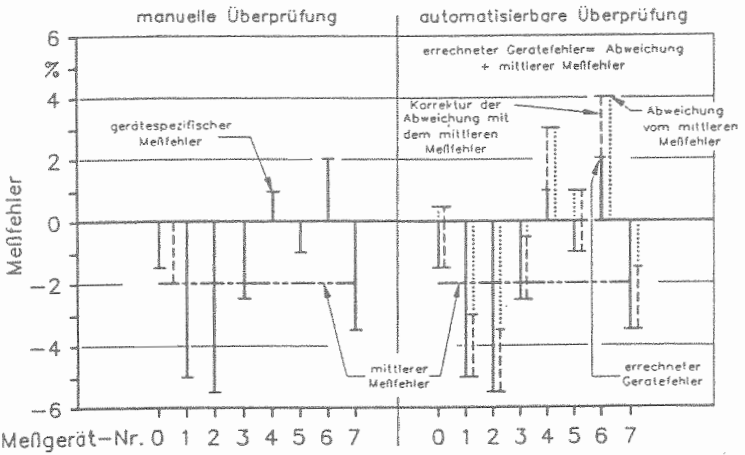


Abbildung 16: Vergleich der manuellen und der automatisierbaren Überprüfung von Milchmengenmeßgeräten

Bei der manuellen Überprüfung wird die Milchmenge jeder Kuh an jedem Melkplatz nach Durchströmen des Meßgerätes in einen Eimer geleitet, nachgewogen und der Meßfehler (Differenz aus Anzeige und gewogener Milchmenge) festgestellt. Nach Abschluß des Melkens wird der gerätespezifische Meßfehler und der mittlere Meßfehler über alle Meßgeräte ermittelt.

Bei der automatisierbaren Überprüfung wird die Fehlerermittlung in 2 Schritte zerlegt. Im 1. Schritt wird die Abweichung der Genauigkeit jedes Meßgerätes vom mittleren Fehler ermittelt. Die Ermittlung der gerätespezifischen Abweichungen vom mittleren Meßfehler erfolgt durch den Vergleich der an den einzelnen Meßgeräten gemessenen Gemelken mit den jeweils erwarteten Gemelksmengen (Trendanalyse). Um eine sichere Trendanalyse durchführen zu können, müssen 4 Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Es muß die Grundstreuung der Gemelke bekannt sein, damit Ausreißer von der Trendanalyse ausgeschlossen werden können.
2. Das erwartete Gemelk muß so berechnet werden, daß es mit dem mittleren Meßfehler behaftet ist.
3. Es ist eine Methode zur Ermittlung der erwarteten Gemelksmengen festzulegen.
4. Es müssen Faktoren, die die melkplatzspezifischen Abweichungen verzerren könnten, ausgeschaltet werden.

Als 2. Schritt ist der mittlere Meßfehler über alle Meßgeräte festzustellen. Der gerätespezifische Meßfehler kann dann durch Korrektur der Abweichung mit dem mittleren Fehler errechnet werden.

Die Entwicklung des Modells für diese Trendanalyse erfolgt nach dem in Abbildung 17 dargestellten Schema.

Ausgangspunkt sind die erfaßten Einzelgemelksmengen. Zur Ermittlung der Grundstreuung der Einzelgemelke wurden die Abweichungen aller Einzelgemelke vom jeweiligen arithmetischen Mittel der n zurückliegenden Gemelksmengen gebildet. Die Zeitspanne n für die Trendberechung wurde schrittweise von 4 auf 14 Tage verlängert, um den Einfluß der Zeitspanne auf die Abweichungen zu ermitteln. Die

Analysen wurden grundsätzlich getrennt nach dem Morgengemelk und Abendgemelk durchgeführt, so daß bei den Überwachungsaufgaben die Abweichungen beim Abendgemelk eine gewisse Kontrolle für die Abweichungen vom Morgengemelk darstellen. Nur wenn beide Trendabweichungen gleichgerichtet sind, kann von einer Funktionsstörung eines Meßgerätes ausgegangen werden. Durch diese Analysen sollen Grenzwerte für die Ausreißerkontrolle festgelegt werden.

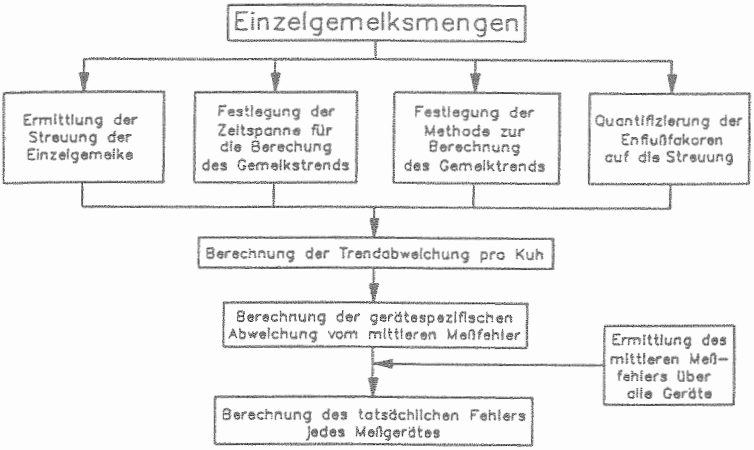


Abbildung 17: Entwicklungsschritte zur Erstellung eines Modells zur automatisierten Überwachung der Milchmengenmeßgeräte

Um durch die Trendanalyse die meßgerätespezifischen Abweichungen vom mittleren Meßfehler berechnen zu können, ist ein repräsentativer Milchleistungstrend erforderlich. Der Trend soll so bestimmt werden, daß die Gemelksmengen, die in die Trendberechnung eingehen mit dem mittleren Meßfehler behaftet sind. Dies setzt voraus, daß in die Trendberechnung Gemelksmengen eingehen, die an verschiedenen Geräten gemessen wurden. Da die Kühe die Melkplätze nicht zufällig aufsuchen (vgl. Kapitel 2.6) ist die Zeitspanne für die Trendberechnung so festzulegen, daß in die Trendberechnung Gemelksmengen eingehen, die mit verschiedenen Meßgeräten ermittelt wurden. Daraus folgt, daß die Anzahl der Melkplätze, die in bestimmten Zeitspannen aufgesucht werden, zu ermitteln sind. Die Zeitspanne für die Trendberechnung soll mindestens so lang sein, daß in die Trendberechnung Gemelksmengen eingehen, die an

mindestens 3 von den zu überprüfenden Meßgerät verschiedenen Meßgeräten gemessen wurden.
Aus diesen Kenntnissen und den Kenntnissen über die Grundstreuung gilt es die Zeitspanne festzulegen, in der ein repräsentativer Gemelkstrend berechnet werden kann. Um möglichst flexibel und aktuell auf Funktionsstörungen reagieren zu können, ist dabei das Ziel, die Trendzeitspanne möglichst kurz zu halten.
Des weiteren ist das statistische Verfahren zur Trendberechnung festzulegen. Aus der Literatur sind Trendberechnungen mit dem gleitenden arithmetischen Mittel und der gleitenden Regression bekannt [33, 7]. Für den Einsatz zur Überwachung der Milchmengenmeßgeräte soll die Eignung dieser Methoden miteinander verglichen werden. Dazu wird für jede Kuh und für jeden Tag in der Auswertezeit die Abweichung des jeweiligen Einzelgemelks von den durch den arithmetischen Mittelwert bzw. der linearen Regression für diesen Tag geschätzten Gemelksmengen gebildet. Mit der Methode, mit der das folgende Einzelgemelk besser geschätzt werden kann (geringere mittlere Abweichung), sind dann die Überprüfungen der Meßgeräte durchzuführen.
Da die Überprüfungen mittels der Gemelksabweichungen durchgeführt werden sollen, gilt es zu überprüfen, inwiefern die Abweichungen von der Höhe der Gemelksmenge, der Änderung der Zwischenmelkzeit oder der Änderung des Kraftfutterverzehrs beeinflußt werden. Derartige Einflüsse müßten vor der Überprüfung der melkplatzspezifischen Abweichungen berücksichtigt werden. Die Gemelksmengen müssen also, falls erforderlich, standardisiert werden.

Aufbauend auf diesen Kenntnissen wurde dann die Trendanalyse durchgeführt. Sie sollte die Ermittlung der meßgerätespezifischen Trendabweichungen, die die verschiedene Genauigkeit zwischen den einzelnen Meßgeräten darstellt, ermöglichen. Eine verschiedene Meßgenauigkeit liegt dann vor, wenn gleichgerichtete Trendabweichungen bei den Kühen auftreten, die am gleichen Melkplatz gemolken wurden. Ferner gilt es festzustellen, ob die Milchmenge einzelner Kühe von einzelnen Meßgeräten über- oder unterschätzt wird. Dies wäre z.B. bei verschiedenen, tierspezifischen Schaumanteilen in der Milch denkbar.
Die Überprüfungen sollen folgendermaßen ablaufen. Als erstes wird pro Kuh und Tag die melkplatzspezifische Trendanalyse durchgeführt

und die Trendabweichungen pro Melkplatz ermittelt. Aus den einzelnen melkplatzspezifischen Abweichungen wird die gerätespezifische Abweichung vom mittleren Meßfehler errechnet. Diese Abweichungen werden anschließend mit dem mittleren Fehler korrigiert, so daß sich der tatsächliche Meßgerätefehler ergibt. Der mittlere Fehler aller Meßgeräte könnte z.B. durch eine Kontrollwiegung der Milchmenge im Milchtank ermittelt werden. Da eine derartige Kontrollwiegung auf dem Betrieb nicht realisierbar war, wurde die Korrektur mit dem mittleren Gesamtfehler aus den manuellen Überprüfungen (vgl. Kapitel 4.1.3) durchgeführt. Der gesamte Programmablauf für diese Berechnungen ist in Abbildung 18 schematisch dargestellt.

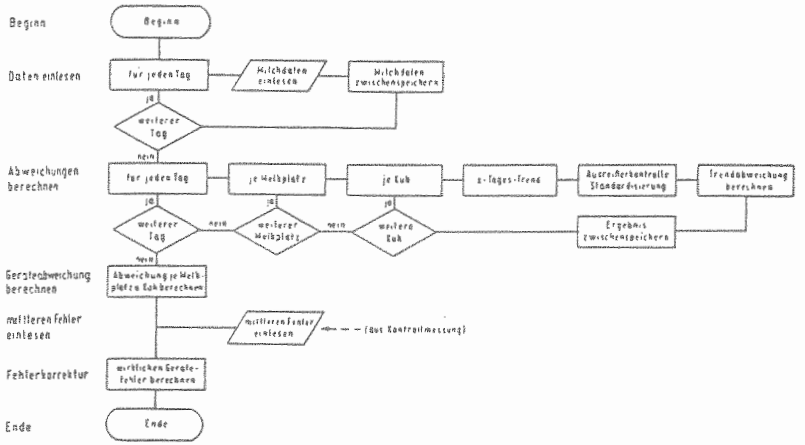


Abbildung 18: Programmablauf zur Überprüfung der Milchmengenmeßgeräte

Dabei werden die Daten der Auswertezeitspanne (1.3.88 - 28.2.89) eingelesen. Für jeden Tag wird anschließend für jeden Melkplatz und für jede Kuh eines Melkplatzes ein Gemelkstrend aus den n zurückliegenden Einzelgemelken gebildet, mit dem das aktuelle Einzelgemelk geschätzt wird. Falls erforderlich, wird eine Standardisierung der Milchmengen, d.h. eine Korrektur bezüglich des Einflusses der Gemelksmenge, der Änderung der Zwischenmelkzeit oder der Änderung des Kraftfutterverzehrs auf die Milchmengenabweichung durchgeführt. Der Trend wird dabei ebenfalls um mögliche Ausreißer bereinigt. Anschließend wird die Abweichung des gemessenen Gemelks

vom geschätzten Gemelk ermittelt und zwischengespeichert. Sind die Abweichungen aller Kühe über die gesamte Auswertezeit berechnet, wird für jedes Meßgerät und für jede Kuh eine durchschnittliche Abweichung berechnet.

Die mittleren Abweichungen je Kuh und Meßgerät dienen zur Überprüfung, ob die Milchmenge aller Tiere an allen Meßgeräten gleichgerichtet abweicht, oder ob z.B. die Milchmenge einer Kuh an einem Meßgerät überschätzt, die Milchmenge einer anderen Kuh am gleichen Meßgerät unterschätzt wird.
Insgesamt soll dadurch ermittelt werden, ob in der Berechnungszeit bestimmte Meßgeräte die Milchmengen über- oder unterschätzen. Eine Über- oder Unterschätzung der Milchmengen liegt dann vor, wenn die Abweichungen an bestimmten Meßgeräten signifikant positiv oder negativ von 0 verschieden sind, und dies sowohl beim Morgengemelk als auch beim Abendgemelk, das als Kontrollinstrument dient. Die statistischen Auswertungen werden mit dem Statistikprogrammpaket SPSSX durchgeführt. Als Test wird der t-Test verwendet.

4.2.2 Analyse der Einzelgemelksabweichungen

Für die Analyse der Grundstreuung wurden die Einzelgemelke vom 1.3.88 bis 28.2.89 getrennt nach Morgen- und Abendgemelk ausgewertet. Insgesamt konnten in dieser Zeit 10138 Morgengemelke und 9481 Abendgemelke erfaßt werden. Von diesen zur Verfügung stehenden Gemelken konnten 6731 Morgengemelksabweichungen und 6274 Abendgemelksabweichungen für die Datenanalyse ermittelt werden, da die Abweichung vom letzten Mittel nur berechnet wurde, wenn für die Mittelberechnung mindestens 3 Werte vorhanden waren. Zur Ermittlung der Abweichung der Einzelgemelke (Abweichung der Morgengemelke vom Mittel der letzten Morgengemelke bzw. Abweichung des Abendgemelks vom Mittel der letzten Abendgemelke) wurde ein arithmetisches Mittel aus den jeweils n letzten Einzelgemelken (n von 4 bis 14 Tage) gebildet und mit dem aktuellen Einzelgemelk verglichen. Die absoluten (kg) und relativen (%) Abweichungen wurden bezüglich ihrer mittleren Größe und ihrer Verteilung analysiert. Die berechneten statistischen Parameter sind in Anhangstabelle 4, die wichtigsten Größen sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tabelle 3: Statistische Parameter der Trendabweichungen (Rohdaten)

	mittlere Abweichung	Standard-abweichung	Exzeß	Schiefe
1. absolute Abweichungen (kg)				
Morgengemelk	-0.1 - 0.0	1.0 - 1.1	15.6 - 17.1	-0.3 - -0.1
Abendgemelk	-0.1 - 0.0	1.0	16.6 - 18.9	0.8 - 1.2
2. relative Abweichungen (%)				
Morgengemelk	-0.6 - 0.2	11.0 - 12.9	24.3 - 48.4	1.6 - 2.9
Abendgemelk	-0.8 - 0.1	11.6 - 11.9	23.8 - 26.3	1.9 - 2.1

Danach liegen die mittleren absoluten Abweichungen des Morgengemelks bzw. des Abendgemelks im Bereich von -0.1 bis 0.0 kg. Die entsprechenden relativen Abweichungen betragen -0.8 bis -0.1 %. Je länger die Zeitspannen, desto negativer werden die mittleren Abweichungen (vgl. Anhangstabelle 4). Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei einem typischen Laktationsverlauf einer kurzen Zeit des Milchleistungsanstiegs, eine verhältnismäßig lange Zeit des Milchleistungsverlaufes mit absteigender Tendenz gegenübersteht. Berechnet man einen Trend aus n Tagen, so wird der Trendmittelwert umso mehr vom aktuellen Wert abweichen, je länger die Trendzeitspanne gewählt wird. Die Standardabweichung der Abweichungen liegt bei allen Trendzeitspannen bei 1.0 kg bzw. 11 bis 13 %. Der Exzeß beträgt 16 - 19 bei den absoluten bzw. 24 - 48 bei den relativen Abweichungen. Die Schiefe liegt bei -0.3 - 0.8 (absolute Abweichungen) bzw. 1.6 - 2.9 bei den relativen Abweichungen. Als Beispiel für die relativen Abweichungen sind in Abbildung 19 die Klassenhäufigkeitsverteilungen der relativen Abweichungen vom 7-Tages-Mittel dargestellt.
Wie aus Abbildung 19 hervorgeht, ist an den jeweiligen Verteilungsenden eine Anhäufung von extremen Abweichungen festzustellen. Derartige Abweichungen sind z.B. darauf zurückzuführen, daß das Melkzeug während eines Melkvorgangs von der Kuh abgetreten wurde. Bei der Fortsetzung des Melkvorganges wurde dies dem Prozeßrechner jedoch nicht per Tastendruck mitgeteilt und deshalb speicherte er das restliche Gemelk als neues Gesamtgemelk.

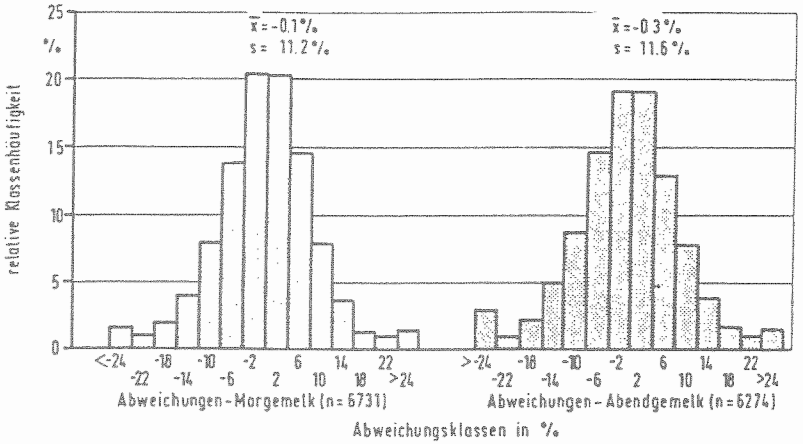


Abbildung 19: Klassenhäufigkeitsverteilungen der relativen Abweichungen der Einzelgemelke vom 7-Tages-Trend (Rohdaten)

Da derartige Einzelgemelke bei der Grunddatenanalyse nicht ausgeschlossen wurden, entstanden zum einen die großen negativen Abweichungen (Gemelk - Trendmittelwert), zum anderen gingen diese unvollständigen Gemelksmengen auch in die folgende Trendberechnung ein, wodurch der Trend entsprechend abgesenkt wurde und somit beim Vergleich mit dem folgenden Gemelk eine hohe positive Abweichung daraus resultierte. Durch diese extremen Abweichungen wird eine sehr große Standardabweichung bedingt. Verteilungen mit großen Standardabweichungen sind aber wesentlich breiter und niedriger als die in Abbildung 19 dargestellte Verteilung. Deshalb haben die oben dargestellten Verteilungen einen großen positiven Exzeß (vgl. Tabelle 3).

Um die Schätzung der mittleren Abweichung bei Vorkommen von solch unrealistischen Einzelabweichungen zu verbessern, ist es nach SACHS 1983 [80] sinnvoll bis zu insgesamt 3 %, bei starker Abnormalität bis zu insgesamt 6 % der größten Abweichungen zu eleminieren. Deshalb wurden von jedem Verteilungsende her 1.5 % der Werte abgeschnitten. Aus den verbleibenden 97 % der vorhandenen Einzelabweichungen wurde eine neue mittlere Abweichung berechnet (Anhangstabelle 5). Die wichtigsten statistischen Parameter sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Tabelle 4: Statistische Parameter der Trendabweichungen (bereinigte Daten)

	mittlere Abweichung	Standard-abweichung	Exzeß	Schiefe
1. absulute Abweichungen (kg)				
Morgengemelk	-0.1 - 0.0	0.8	0.4 - 0.5	-0.1
Abendgemelk	-0.1 - 0.0	0.7	0.2 - 0.3	-0.1 - 0.0
2. relative Abweichungen (%)				
Morgengemelk	-0.8 - -0.1	7.8 - 7.9	0.2 - 0.3	-0.1 - 0.0
Abendgemelk	-1.1 - -0.2	8.2 - 8.5	0.0 - 0.2	0.0 - 0.1

Mit den so bereinigten Daten haben sich gegenüber den Rohdaten die Standardabweichung, der Exzeß und die Schiefe deutlich verringert, während sich die mittleren Abweichungen erwartungsgemäß wenig veränderten. Die Standardabweichung beträgt nun 0.7 kg bzw. 8 %. Die Schiefe liegt bei 0.0, der Exzeß veränderte sich deutlich und beträgt nun 0.2 bis 0.5 bei den absoluten bzw. 0.0 bis 0.3 bei den relativen Abweichungen. Die neu berechnete Klassenhäufigkeitsverteilungen sind in Abbildung 20 dargestellt.

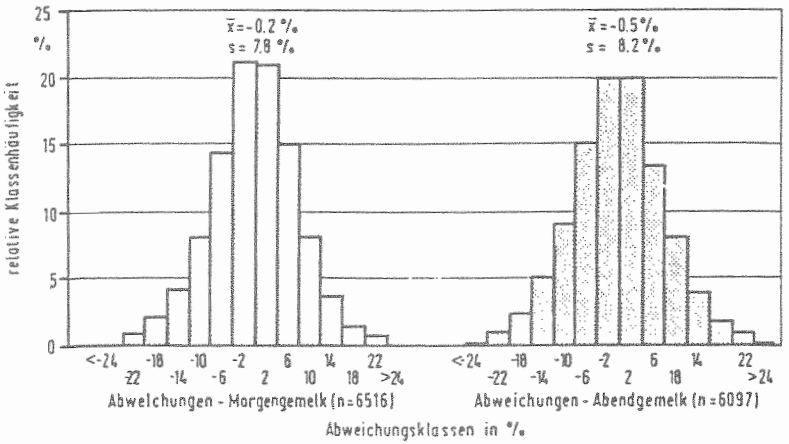


Abbildung 20: Klassenhäufigkeitsverteilungen der relativen Abweichungen der Einzelgemelke vom 7-Tages-Trend (bereinigte Daten)

Die relative Anhäufung von extremen Abweichungen an den Verteilungsenden ist nun nicht mehr vorhanden. Durch das Abschneiden dieser Werte kann diese Verteilung als normalverteilt betrachtet werden. Nach SACHS 1983 [80] ist eine Verteilung normalverteilt, wenn Schiefe und Exzeß nahe bei 0 liegen bzw. wenn der Wert 0 im Bereich Schiefe ± 2 * Standardfehler der Schiefe und im Bereich Exzeß ± 2 * Standardfehler des Exzeß liegt. Dies trifft nach Anhangstabelle 5 für die Verteilungen der relativen Abweichungen besser zu, als für die Verteilungen der absoluten Abweichungen. Bei den Verteilungen der absoluten Abweichungen beträgt der Exzeß zwar maximal 0.5, ist aber durchweg größer als der Exzeß bei den relativen Verteilungen. Für die weiteren Analysen wird deshalb immer mit den relativen Abweichungen gerechnet.

4.2.3 Analyse der Melkplatzbelegung

Zur Festlegung der zurückliegenden Zeitspanne, in der zum Vergleich mit dem aktuellen Einzelgemelk eine repräsentative Gemelksmenge berechnet werden kann, ist entscheidend, daß in die Trendberechnung Einzelgemelke eingehen, die mit verschiedenen Meßgeräten ermittelt wurden. Um diese Zeitspanne festlegen zu können, ist zu überprüfen, wieviel verschiedene Melkplätze in einer bestimmten Zeitspanne aufgesucht werden, wobei zwischen Morgen- und Abendmelkzeit ein separater Trend berechnet werden soll.

Für diese Auswertungen wurden die Daten vom 6.8.88 bis 3.10.88 ausgewählt, da hier keine Aufzeichnungslücken vorhanden sind, was für die Berechnung der besuchten Melkplätze in einer bestimmten Zeitspanne unabdingbar ist. Des weiteren wurden nur Kühe in die Auswertung einbezogen, die in dieser Zeit bei jeder möglichen Melkzeit auch einen Melkplatz zugewiesen hatten, also identifiziert wurden.

Insgesamt standen dafür von 14 Kühen 826 Morgen- und Abendgemelksmengen zur Verfügung. Die Zeitspanne wurde zwischen 4 und 14 Tagen variiert, wobei jedesmal festgestellt wurde, an wieviel verschiedenen Melkplätzen in jeder Zeitspanne jede Kuh war. Die von allen Kühen durchschnittlich aufgesuchte Anzahl der verschiedenen

Buchten in jeder Zeitspanne ist in Abbildung 21 dargestellt.

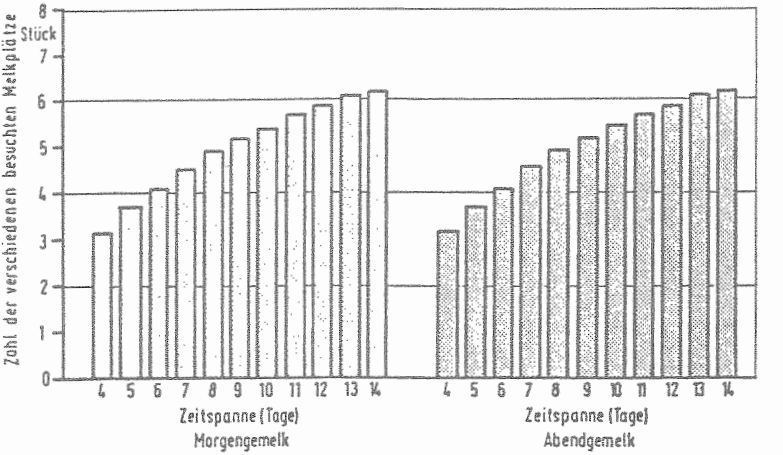


Abbildung 21: Anzahl der durchschnittlich besuchten verschiedenen Melkbuchten in der Zeit vom 6.8.88 - 3.10.88 (n = 14 Kühe)

Wie daraus hervorgeht steigt die Zahl der durchschnittlich besuchten verschiedenen Melkbuchten von 3 in der 4-Tages-Zeitspanne auf 6 in der 14-Tages-Zeitspanne. In der Zeit von 6 Tagen werden über 4 verschiedene Buchten besucht.

Für die Festlegung der Trendzeitspanne kann daraus folgende Konsequenz gezogen werden. Vergleicht man die aktuelle Gemelksmenge mit dem Mittel aus den letzten 5 Gemelksmengen, dann gehen in die Mittelberechnung Gemelksmengen ein, die mindestens an 3 anderen als dem zu prüfenden Gerät gemessen wurden. Dies erscheint als ausreichend, um eventuell vorhandene systematische Fehler von bestimmten Meßgeräten zu kompensieren.

Darüber hinaus muß die Trendzeitspanne möglichst kurz sein, um Verzerrungen in der Trendberechnung vermeiden zu können. Des weiteren sollen Störungen möglichst schnell erkannt werden. Deshalb wird die 5-Tages-Spanne als Referenzzeit zur Überwachung gewählt.

Im folgenden gilt es nun zu ermitteln, ob durch ein arithmetisches Mittel oder durch eine lineare Regression, jeweils

berechnet aus den letzten 5-Tages-Gemelken, das folgende Einzelgemelk besser geschätzt werden kann.

4.2.4 Prognose der folgenden Einzelgemelke

Hierzu wurde für die Zeit vom 1.3.88 - 28.2.89 jedes Einzelgemelk zum einen mit dem jeweils zurückliegenden arithmetischen 5-Tages-Mittel verglichen und die Abweichungen analysiert. Zum anderen wurde aus den jeweils 5 zurückliegenden Einzelgemelken eine lineare Regression ermittelt und das folgende Einzelgemelk geschätzt. Die Abweichungen vom gemessenen Gemelk wurden ebenfalls analysiert (Tabelle 5).

Tabelle 5: Statistische Parameter der Abweichungen der gemessenen Gemelksmengen von den geschätzten Gemelksmengen

Bezeichnung	Morgengemelk	Abendgemelk
Anzahl der Abweichungen	6516	6097
1. arithmetisches Mittel		
mittlere Abweichung ($\bar{x}$) %	- 0.2	- 0.0
Standardabweichung (s) %	12.7	14.2
t-Testergebnis (95 %)	1.0 ns	0.1 ns
2. lineare Regression		
mittlere Abweichung ($\bar{x}$) %	0.7	1.1
Standardabweichung (s) %	17.3	32.6
t-Testergebnis (95 %)	3.2 *	2.7 *

ns = nicht signifikant
* = signifikant mit 95 % Sicherheitswahrscheinlichkeit

Die Abweichungen der gemessenen Milchmengen vom Schätzwert des arithmetischen Mittels sind dabei deutlich geringer als die Abweichungen vom Schätzwert der linearen Regression. Dies gilt ebenso für die Standardabweichung.

Für jede Methode wurde die Nullhypothese aufgestellt, daß sich die

mittlere Abweichung nicht signifikant von 0 unterscheidet (H_0: Abweichung = 0). Dagegen wurde die Alternativhypothese getestet, daß die Abweichungen jeweils mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % von 0 verschieden sind (H_1: Abweichung ≠ 0). Als Test wurde der t-Test verwendet.
Während bei den Abweichungen vom arithmetischen Mittel die Nullhypothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht abgelehnt werden kann, trifft bei den Abweichungen von der linearen Regression die Alternativhypothese mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % zu. Das heißt, daß mit dem arithmetischen Mittel das folgende Gemelk besser geschätzt werden kann.

Des weiteren wurde für jede Kuh und jede Methode ein 95%-Vertrauensintervall für die mittlere Abweichung berechnet. Diese Vertrauensintervalle sind in Abbildung 22 dargestellt.

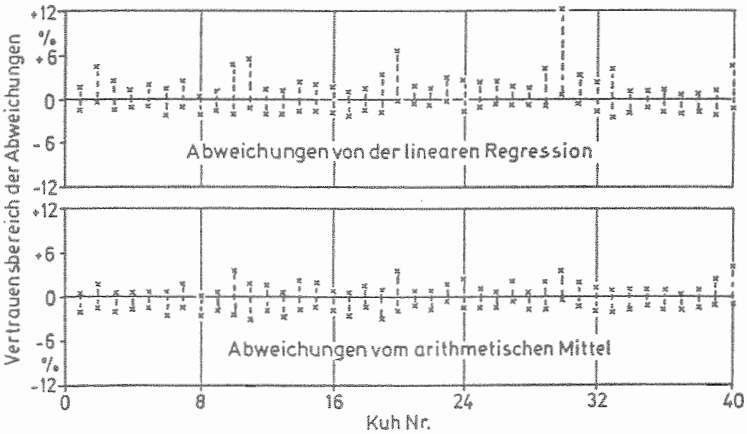


Abbildung 22: Vertrauensbereiche (95 %) für die Abweichungen der gemessenen Milchmengen vom arithmetischen 5-Tages-Mittel bzw. der linearen Regression

Wie daraus hervorgeht, und auch aufgrund der größeren Standardabweichung bei den Abweichungen von der linearen Regression zu erwarten ist, sind die Vertrauensbereiche für die mittleren Abweichungen vom arithmetischen Mittelwert deutlich geringer als bei der linearen Regression. Dies führt daher, da der Schätzwert der Regression, je nach Lage der Regressionsgeraden eine bestimmte

gerichtete Abweichung zum Mittelwert erhält, wobei die Richtung der Regressionsgeraden v.a. durch die am meisten vom Mittelwert abweichenden Milchmengen bestimmt wird. Demgegenüber wird beim Mittelwert ein ungerichteter Schätzwert ermittelt. Da die Abweichungen der Einzelgemelke in kurzen Zeitspannen normalverteilt sind (vgl. oben) ergibt sich, daß durch den arithmetischen Mittelwert das folgende Einzelgemelk besser geschätzt werden kann.

4.2.5 Einflußfaktoren auf die Gemelksabweichungen

Aufbauend auf diesen Ergebnissen gilt es nun zu überprüfen, inwieweit die Abweichungen von der **Höhe der Einzelgemelke** beeinflußt werden. Hierzu wurden die betragsmäßigen relativen Abweichungen (d.h. |Abweichung|) nach der Höhe der Einzelgemelke analysiert, wobei die Gemelksklassen $\leq$ 7.5, 7.5 - 10.0, 10.0 - 12.5 und $\geq$ 12.5 kg gebildet wurden, da dies als sachlich sinnvoll erscheint. Die betragsmäßigen Abweichungen wurden hier deshalb zur Auswertung herangezogen, da sich sonst positive und negative Abweichungen ausgleichen und keine Aussage über die wirkliche Milchmengenschwankung gemacht werden kann. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Abbildung 23 dargestellt.

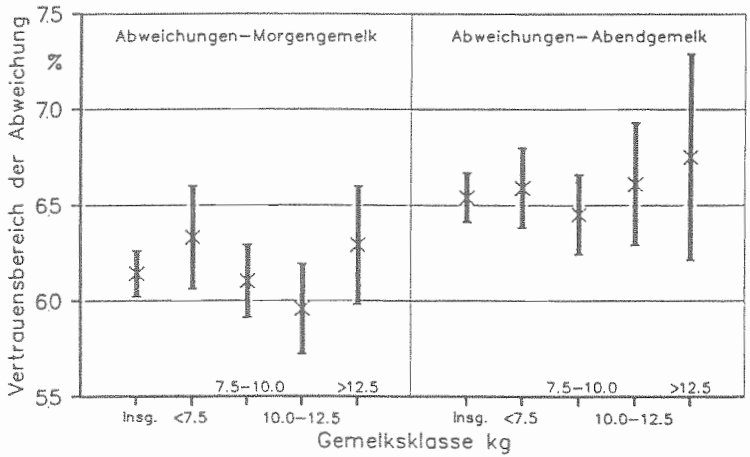


Abbildung 23: Vertrauensbereiche (95 %) für die betragsmäßigen relativen Gemelksabweichungen vom 5-Tages-Trend nach Gemelksklassen

Wie daraus hervorgeht, beträgt der 95%-Vertrauensbereich für die relativen Abweichungen des Morgengemelks vom letzten 5-Tages-Mittel 6.0 bis 6.3 % ($\bar{x}$ = 6.1 %), der des Abendgemelks 6.4 bis 6.7 % ($\bar{x}$ = 6.5 %). Die relativen Abweichungen des Abendgemelks sind etwas höher (etwa 0.4 %), da das Abendgemelk aufgrund der kürzeren Zwischenmelkzeit geringer ist als das Morgengemelk, so daß sich Abweichungen relativ stärker auswirken. Die Vertrauensbereiche der Abweichungen in den verschiedenen Gemelksklassen weichen nur geringfügig von den Vertrauensbereichen über alle Abweichungen ab.

Beim Test (t-Test, 95 %) wurde überprüft, ob sich die mittleren Abweichungen der einzelnen Gemelksklassen vom Mittelwert aller Abweichungen unterscheiden. Dazu wurde die Nullhypothese, die Abweichungen unterscheiden sich nicht, gegen die Alternativhypothese, die Abweichungen unterscheiden sich, getestet. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % kann davon ausgegangen werden, daß sich die Abweichungen nicht unterscheiden. Somit hat die Gemelksmengen keinen signifikanten Einfluß auf die relativen Abweichungen.

Ein weiterer möglicher Einflußfaktor auf die kurzfristigen Milchleistungsänderungen ist die **Änderung der Zwischenmelkzeit**. Die Auswertungen dazu wurden wieder getrennt für das Morgen- und Abendgemelk durchgeführt. Hierzu wurden die jeweiligen relativen Abweichungen der Zwischenmelkzeit vom letzten 5-Tages-Mittel der Zwischenmelkzeit sowie die relativen Abweichungen der Gemelksmengen vom jeweiligen letzten 5-Tages-Mittel berechnet. Insgesamt standen 979 Einzelabweichungen für diese Auswertung zu Verfügung.

Der Zusammenhang zwischen der Änderung der Zwischenmelkzeit und der relativen Gemelksabweichung vom Trend ist in Abbildung 24 beispielhaft für das Morgengemelk dargestellt.

Der größte Teil der Abweichungen der Zwischenmelkzeit bewegt sich im Bereich von ± 15 Minuten. Die relativen Abweichungen des Morgengemelks haben mit zunehmender Zwischenmelkzeit eine geringe positive Tendenz. Zur Erklärung des Zusammenhangs wurde versucht, ob die Änderung der Gemelksmenge durch die Änderung der Zwischenmelkzeit mittels einer linearen Regression erklärt werden kann.

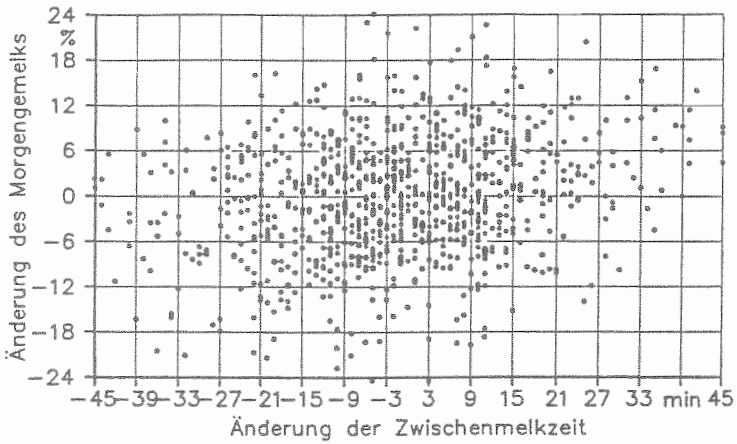


Abbildung 24: Zusammenhang zwischen der Änderung der Zwischenmelkzeit und der Abweichung des Morgengemelks vom 5-Tages-Trend

Die Regressionsgleichung für die Änderung des Morgengemelks und die für die Änderung des Abendgemelks sowie deren Bestimmtheitsmaß und die Vertrauensbereiche (95 %) für die Regressionskoeffizienten sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Parameter der Regressionsanalyse zur Schätzung der Gemelksabweichung durch die Änderung der Zwischenmelkzeit

Gleichung	Bestimmtheitsmaß %	Vertrauensbereiche der Regressionskoeffizienten 95 %
Abwmg = 0.2 + 0.1 * Abwmz	5.0	-0.1 - 0.3
Abwag = -0.6 + 0.1 * Abwaz	12.0	-0.1 - 0.3

Abwmg = Abweichung des Morgengemelks
Abwag = Abweichung des Abendgemelks
Abwmz = Abweichung der Zwischenmelkzeit Morgens
Abwaz = Abweichung der Zwischenmelkzeit Abends

Wie aus den Regressionsgleichungen hervorgeht, ändert sich die Gemelksmenge um 0.1 %, wenn sich die Zwischenmelkzeit um 1 Minute ändert. Beide Funktionen haben jedoch ein sehr geringes Bestimmtheitsmaß. Daraus folgt, daß die Einzelgemelksabweichungen nur zu einem geringen Teil durch eine Änderung der Zwischenmelkzeit erklärt werden können.
Ferner liegt die Null in den Vertrauensbereichen für die Regressionskoeffizienten liegt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, daß bei den zur Verfügung stehenden Datenmaterial die Änderung der Zwischenmelkzeit keinen gesicherten Einfluß auf die Änderung der Gemelksmengen hat.

Als letztes ist zu überprüfen, ob durch eine **geänderte Kraftfutterverzehrsmenge** die Abweichung der Gemelksmenge am nächsten bzw. übernächsten Tag gerichtet beeinflußt wird. Hierzu wurden die Abweichungen der Gemelksmengen von den Kühen berechnet, die eine geänderte Kraftfutteraufnahme hatten. Insgesamt konnten 336 Abweichungen errechnet werden. Für die Abweichungen der Gemelksmengen am Folgetag bzw. übernächsten Tag der geänderten Kraftfutteraufnahme ergab sich das gleiche Bild. Als Beispiel sind die Abweichungen der Morgengemelke am übernächsten Tag der geänderten Kraftfutteraufnahme in der Abbildung 25 dargestellt.

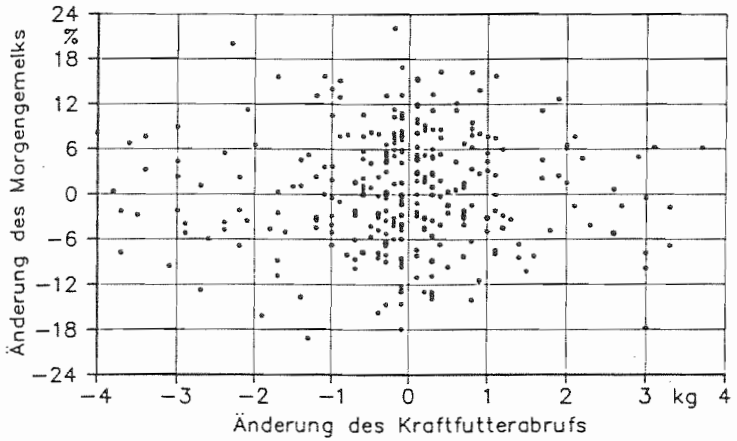


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen der Änderung des Kraftfutterverzehrs und der Änderung des Morgengemelks

Wie ersichtlich, besteht bei diesem Datenmaterial kein Zusammenhang zwischen der Änderung der Kraftfutterverzehrsmenge und der Änderung der Gemelksmenge. Der Großteil der geänderten Verzehrsmenge liegt dabei im Bereich ± 1.0 kg.
Daß sich die Milchmengen nicht unmittelbar gerichtet ändern liegt zum einen daran, daß das Tier durch Energieeinlagerung und -mobilisierung eine gewisse Kompensationsmöglichkeit für kurzfristige Änderungen der Energieaufnahme hat, zum anderen war das Niveau der Kraftfutterfütterung auf dem Betrieb relativ niedrig, da gutes Grundfutter zur Verfügung stand.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird nun die Effizienz des unter Kapitel 4.2.1 beschriebenen Modells zur Überwachung der Milchmengenmeßgeräte dargestellt.

4.2.6 Automatisierte Genauigkeitsüberprüfung

Für die Ermittlung der gerätespezifischen Fehler werden die Gemelksabweichungen vom tierspezifischen Trend bezüglich der Meßgeräte, an denen die Gemelksmenge ermittelt wurde, analysiert. Dabei wird grundsätzlich zwischen den Abweichungen vom Morgengemelkstrend und Abendgemelkstrend differenziert. Dadurch ist eine gewisse Kontrolle möglich, denn nur wenn die Abweichungen von beiden Trends gleichgerichtet sind, kann von einer tatsächlichen Funktionsstörung ausgegangen werden. Als Beispiel für den zeitlichen Verlauf der Abweichungen sind die Abweichungen des Morgengemelks vom Trend für das Meßgerät am Melkplatz 3 für die Zeit vom 1.3.88 - 28.2.89 dargestellt (Abbildung 26).

Wie daraus hervorgeht streuen die Abweichungen bis zum 180. Tag und ab dem 270. Tag relativ gleichmäßig um 0. In der Zeit vom 180. bis 270. Tag ist eine deutliche negative Richtung der Abweichungen zu erkennen. In dieser Zeit lag entweder eine Störung des Meßvorganges vor, oder das Meßgerät driftete in dieser Zeit entsprechend. Solche plötzlichen Änderungen in der Trendabweichung sollen softwaremäßig analysiert, festgestellt und angezeigt werden. Bezüglich der Aktualität stellt sich die Frage nach der minimalen Zeitspanne für die Analyse dieser Abweichungen.

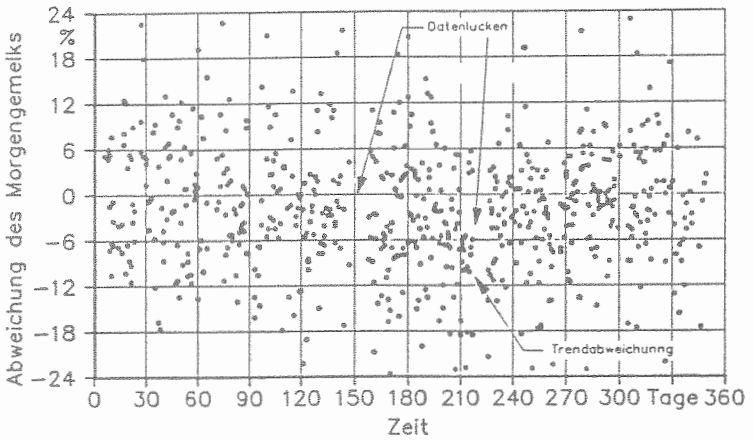


Abbildung 26: Abweichungen der Morgengemelke vom jeweiligen Trend in der Zeit vom 1.3.88 - 28.2.89 für das Meßgerät am Melkplatz 3

Aus statistischer Sicht gilt es deshalb den erforderlichen minimalen Stichprobenumfang zu ermitteln, so daß statistisch sichere Aussagen möglich sind. Dieser läßt sich nach folgender Formel ermitteln [74]:

$$n \geq \frac{k^2_{p\%} * s^2}{z^2}$$

n = erforderlicher Stichprobenumfang
k = Fraktile der Normalverteilung
s = Standardabweichung der Abweichungen
z = tolerierbarer Fehler

Die Varianz der Abweichungen ist, wie in Kapitel 4.1 dargestellt, rund 36. Als Fehler sollen 2 % toleriert werden, d.h. die mittlere Abweichung soll mit einer Genauigkeit von ± 2 % feststellbar sein. Als minimaler Stichprobenumfang ergibt sich daraus, daß mindestens 62 Einzelgemelksabweichungen erforderlich sind. Das wären bei

100%iger Datenverfügbarkeit und 100%iger Identifizierung bei 4 Durchgängen je Melkzeit 16 Melkzeiten (Tage).
Da aus praktischer Sicht (vgl. Kapitel 4.1) von einer 100%igen Datenverfügbarkeit und einer 100%igen Identifizierung nicht ausgegangen werden kann, soll unter Hinzunahme eines Sicherheitszuschlages die Zeitspanne auf 30 Tage festgesetzt werden. Für diese 30-Tages-Abschnitte der Berechnungszeitspanne sind die mittleren Abweichungen an jedem Meßgerät für das Morgen- und Abendgemelk in der Anhangstabelle 6 dargestellt.

Als Vergleich zu Abbildung 26 sind die Abweichungen des Morgen- und Abendgemelks für das Meßgerät am Melkplatz 3 in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Mittlere Gemelksabweichung am Meßgerät des Melkplatzes 3 vom 90. - 360. Tag

Zeit (Tag)	90	120	150	180	210	240	270	300	330
	mittlere Abweichung (%)								
Morgengemelk	0.5	0.0	-2.5*	-4.8*	-2.4*	-4.7*	1.3	0.3	-0.2
Abendgemelk	-0.1	0.0	0.7	-4.2*	-2.4*	-3.9*	-3.4*	-1.1	-0.8

* = mit 95% Sicherheitswahrscheinlichkeit von 0 verschieden

Wie daraus hervorgeht, driften die Abweichungen vom 180. bis zum 270. Tag mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % von 0 in die gleiche Richtung ab. Nach dem 270. Tag kehren die Abweichungen wieder auf das ursprüngliche Niveau zurück. Daraus läßt sich schließen, und wie aus Anhangstabelle 6 hervorgeht gilt dies auch für die anderen Meßgeräte, daß die Genauigkeit der Meßgeräte nicht konstant bleibt.

Bei Betrieben mit Milchleistungskontrolle werden deshalb in regelmäßigen Abständen (jährlich) manuelle Überprüfungen durchgeführt.
Eine derartige Überprüfung soll nun softwaremäßig realisiert werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß die manuell ermittelten

Fehler an den einzelnen Meßgeräten sowie der mittlere Fehler aller Meßgeräte richtig sind. Sie stellen deshalb die Vergleichsbasis dar.
Gegenüber diesen Fehlern werden per Programm die errechneten Fehler ermittelt. Dabei wird die Zeitspanne für die Überprüfung von 1 bis 12 Monaten variiert. Die Ergebnisse sind in Anhangstabelle 7 dargestellt.

Wie daraus hervorgeht, ist durch die Analyse der Abweichungen der 4 zurückliegenden Monate eine gute tendenzielle Übereinstimmung der mittleren Abweichung je Meßgerät mit dem manuell ermittelten Fehler je Meßgerät festzustellen. Eine kürzere oder längere Berechnungszeit verzerrt die Abweichungen.
Für die 4 zurückliegenden Monate sind die 95%-Vertrauensbereiche der softwaremäßig berechneten Abweichungen und der manuell ermittelten Abweichungen je Meßgerät sowie die Gesamtabweichung dargestellt (Abbildung 27).

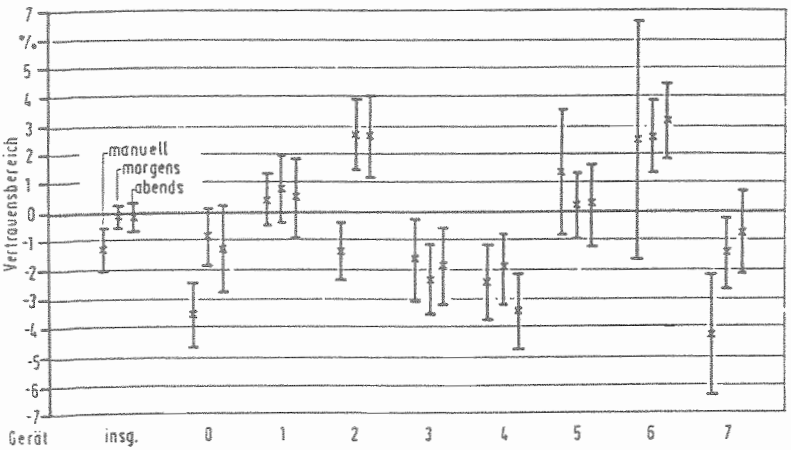


Abbildung 27: Vertrauensbereiche (95 %) der Meßfehler bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung der Meßgeräte (11.2.89 bis 10.6.89, vor der Korrektur mit dem Gesamtfehler)

Wie ersichtlich, stimmen die Abweichungen mit Ausnahme von Meßgerät 2 tendenziell gut überein. Die mittlere Gesamtabweichung liegt bei der softwaremäßigen Überprüfung erwartungsgemäß bei 0, da ja

die mittleren Abweichungen gegenüber dem Trend festgestellt werden.

Der mittlere Gesamtfehler aus der manuellen Überprüfung, der z.B. automatisiert über eine Milchtankwiegung festgestellt werden könnte, beträgt -1.2 %. Durch Korrektur der softwaremäßig festgestellten Abweichungen um diese mittlere Gesamtabweichung ergeben sich die gerätespezifischen Fehler (Abbildung 28).

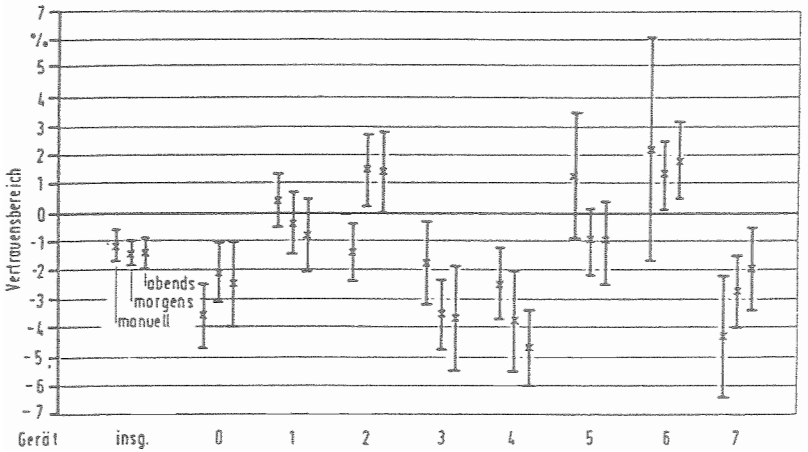


Abbildung 28: Vertrauensbereiche (95 %) der Meßfehler bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung der Meßgeräte (11.2.89 bis 10.6.89, nach der Korrektur mit dem Gesamtfehler)

Die mittleren Fehler über alle Meßgeräte stimmen nun bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung überein. Die Fehler der einzelnen Meßgeräte stimmen mit Ausnahme der Fehler am Meßgerät 2 ebenfalls gut überein. Derartige Abweichungen können dann auftreten, wenn bei einer manuellen Überprüfung nur solche Kühe den Melkstand 2 aufsuchen, deren Gemelksabweichungen nicht mit dem richtungsmäßigen Abweichungen der Herde übereinstimmen. Ein Beispiel für eine derartige richtungsmäßig umgekehrte Abweichung ist für die Kuh 107 in Abbildung 29 dargestellt.

Demnach weichen die Gemelksmengen dieser Kuh am Meßgerät 0 signifikant positiv ab, während im Herdenmittel am Meßgerät 0 negative Abweichungen auftreten. An den anderen Meßgeräten stimmt die

Abweichung größtenteils mit dem Herdenmittel überein.

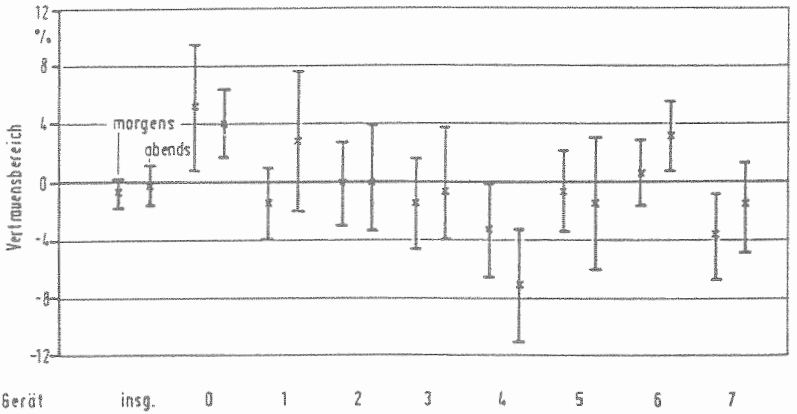


Abbildung 29: Vertrauensbereiche (95 %) der mittleren Abweichungen an den einzelnen Meßgeräten (11.2.89 bis 10.6.89, Kuh 107)

Das bestimmte Kühe an bestimmten Meßgeräten entgegen dem Herdenmittel richtungsmäßig abweichen, könnte am Meßprinzip der im Betrieb verwendeten Milchmengenmeßgeräte liegen. Diese volumetrischen Durchflußmeßgeräte werden nämlich auf einem mittleren Milch-Schaumanteil kalibriert. Weicht nun die Milch-Schaum-Relation von einzelnen Kühen von den Kühen ab, die für die Kalibrierung am entsprechenden Melkplatz gemolken wurden, so kann eine derartige Verzerrung des Meßfehlers auftreten [115].

Zur Überprüfung des Überwachungsalgorithmus wurde eine zusätzliche manuelle Überprüfung am 16/17.8.89 durchgeführt, 5 Wochen, nachdem die Meßgeräte aufgrund der Ergebnisse der manuellen Überprüfung vom 30/31.5.89 kalibriert wurden. Dabei wurde ein Gesamtfehler von 3.1 % festgestellt (vgl. Kapitel 4.1.3).
Die softwaremäßig ermittelten Abweichungen wurden um diesen Faktor korrigiert. Die so ermittelten Meßfehler sind in Abbildung 30 dargestellt.
Wie aus Abbildung 30 hervorgeht, stimmen an allen Meßgeräten die softwaremäßig ermittelten Meßfehler mit den manuell ermittelten Meßfehlern überein.

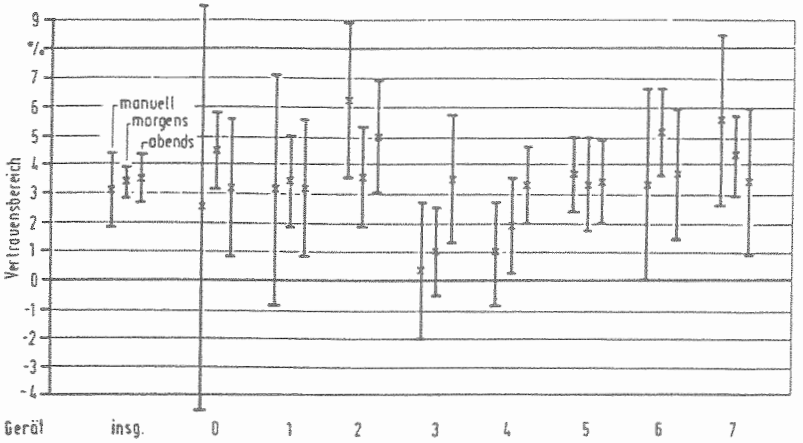


Abbildung 30: Vertrauensbereiche (95 %) der Meßfehler bei der manuellen und der softwaremäßigen Überprüfung der Meßgeräte (12.6.89 bis 11.10.89, nach der Korrektur mit dem Gesamtfehler)

Aus all diesen Ergebnissen kann folgender Schluß gezogen werden: Für das vorhandene Datenmaterial sind mit dem dargestellten Verfahren die Meßfehler der einzelnen Meßgeräte ebenso ermittelt worden, wie durch die manuellen Überprüfungen. Der erforderliche mittlere Meßfehler über alle Meßgeräte muß aber für die softwaremäßige Überprüfung vorhanden sein.

4.3 Beschreibung und Überwachung des Laktationsverlaufes

Aufbauend auf exakten Milchdaten kann der Laktationsverlauf überwacht werden. Vorab ist dazu jedoch eine Methode zu bestimmen, mit der der Laktationsverlauf beschrieben werden kann.

4.3.1 Beschreibung des Laktationsverlaufes

Zur Beschreibung des Laktationsverlaufes wurden die wesentlichsten methodischen Ansätze aus der Literatur herangezogen (vgl. Kapitel 2.4.1.3). Insgesamt werden folgende 6 Verfahren geprüft:

1. adaptive Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes
   - arithmetischer Mittelwert
   - exponentiell geglätteter Mittelwert

2. Laktationsmodelle
   - Verfahren von BUREMA und KERKHOF
   - Laktationsmodell von WOOD

3. adaptive Verfahren mit Anpassung der Schätzparameter zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufes
   - exponentiell geglätteter Mittelwert mit Anpassund des Glättungsparameters
   - adaptives WOOD-Modell

4.3.1.1 Material und Methode

Als Datenmaterial standen die Tagesmilchmengen vom Januar 1987 bis Februar 1989 der Fleckviehherde des unter 3.1 dargestellten landwirtschaftlichen Betriebes zur Verfügung (Tabelle 8).

Tabelle 8: Erfaßte Milchdaten vom Januar 1987 bis Februar 1989

Laktation Nr.	vorhandene Laktationen			erfaßte Milchmengen	Verteilung der Daten in den Laktationen %		
	insg.	Gesamtlakt.	Teillakt.		< 100 Tage	100-200 Tage	> 200 Tage
1	32	13	19	6306	33.6	36.2	30.2
2	22	10	12	4463	30.2	33.7	36.1
3	19	6	13	3802	34.1	31.4	34.5
4	13	4	9	2515	33.9	36.0	30.1
5	5	1	4	1072	34.8	37.6	27.6
6	3	2	1	675	31.7	27.6	40.7
7	2	-	2	179	91.1	8.9	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	1	1	-	234	29.5	32.9	37.6
10	1	-	1	107	72.0	28.0	-
Mittel/ Summe	98	37	61	19353	33.7	34.1	32.2

In dieser Zeit konnten von 58 verschiedenen Kühen 19353 Tagesmilchmengen aufgezeichnet werden. Von den 98 erfaßten Laktationen waren 37 vollständig vorhanden. Der Großteil der erfaßten Daten stammt aus den ersten 4 Laktationen. Die Verteilung der vorhandenen Milchmengen über die jeweilige Laktation ist sehr homogen (jeweils rund 1/3 in den 100-Tages-Abschnitten). Für die Datenanalysen zur Modellerstellung wurden nur die vollständigen Laktationen verwendet. Von diesen 37 Laktationen standen 9541 Tagesmilchmengen für die Auswertungen zur Verfügung.

Die Beschreibung des Laktationsverlaufes durch das **arithmetische Mittel** erfolgt folgendermaßen. Es wird für jeden Tag jeder Laktation ein arithmetisches Mittel aus den Milchmengen der letzten n Laktationstage gebildet und die Abweichung von der Milchmenge des aktuellen Laktationstages ermittelt. Die Anzahl der Tage n für die Mittelwertberechnung wird dabei von 4 bis 14 Tage variiert. Als minimale Spanne werden 4 Tage gewählt, da dies für die repräsentative Wiedergabe der momentanen Milchmenge als erforderlich angesehen wird. Bei weniger als 4 Tagesmilchmengen würden die täglichen Milchmengenschwankungen den zu berechnenden arithmetischen Mittelwert zu stark verzerren. Das Maximum wurde auf 14 Tage festgesetzt, da der arithmetische Mittelwert den Trend des Laktationsverlaufes beschreiben soll und deshalb einer gewissen Aktualität bedarf. Die Berechnungszeitspanne darf dafür nicht zu lang sein. Die Abweichungen der Tagesgemelke von den jeweiligen arithmetischen Mittelwerten werden bezüglich ihrer mittleren Abweichung und der Streuung analysiert. Als Maß für die Streuung wird dabei die Standardabweichung verwendet. Die Zeitspanne für die Mittelwertberechnung soll so festgelegt werden, daß die jeweils aktuellen Tagesmilchmengen am besten geschätzt werden können. Die beste Schätzung ist dann gegeben, wenn die Abweichung der geschätzten Milchmengen von den gemessen Milchmengen und die Streuung der Abweichungen am geringsten sind.

Das **exponentiell geglättete Mittel** wird nach folgender Formel berechnet [55]:

$$S_t = k * x_t + (1-k) * S_{t-1}$$

S_t = exponentiell geglättetes Mittel
x_t = Tagesmilchmenge
k = Glättungsfaktor

Durch den Glättungsfaktor k wird das Gewicht der letzten Tagesmilchmenge festgelegt. Dadurch kann die Flexibilität des exponetiell geglätteten Mittels bzw. die Filterstärke festgelegt werden.

Die Beschreibung des Laktationsverlaufes nach dem Modell von **BUREMA und KERKHOF** 1979 [20] erfolgt nach der Formel:

$$C = \frac{1}{3} * \frac{132 * B}{(B + 1)^2} - 17 * \frac{(A - 1)}{(A + 5)^2}$$

Die einzelnen Faktoren haben dabei folgende Bedeutung:

A = Kalbealter in Jahren
B = 0.4 + D/81
C = Laktationsfaktor
D = Laktationstag

Der zu berechnende Laktationsfaktor C spiegelt den relativen Laktationsverlauf wider (vgl. Kapitel 3). Danach erreicht eine Kuh ihre maximale Tagesmilchmenge bei einem Alter von 7 Jahren (d.h. in der 6. Laktation) 36 Tage nach dem Abkalben. Zu diesem Zeitpunkt wird der Faktor C gleich 1.0.
Alle anderen Tagesmilchmengen können über den Faktor C berechnet werden, wenn neben dem Alter der Kuh und dem Laktationstag eine bestimmte Tagesmilchmenge, die sogenannte Startmilchmenge, vorhanden ist. Aufgabe ist es deshalb, die Startmilchmenge so festzulegen, daß die gemessenen Tagesmilchmengen möglichst wenig von den durch das Laktationsmodell berechneten Tagesmilchmengen abweichen, d.h. daß der berechnete Laktationsverlauf möglichst genau den tatsächlichen Laktationsverlauf darstellt. Der Zeitpunkt für die Festlegung der Startmilchmenge wird dabei vom Laktationsbeginn bis zum Laktationsmaximum variiert. Gesucht wird der Zeitpunkt für die Berechnung der Startmilchmenge, bei dem die bestmögliche Berechnung des Laktationsverlaufes möglich ist.

Als vierte Variante soll die Beschreibung des Laktationsverlaufes mit dem **Laktationsmodell von WOOD** 1970 [114] dienen. Danach lassen sich die Milchmengen einer Laktation folgendermaßen berechnen:

$$y_{(t)} = a * t^{b} * e^{-c*t}$$

Die einzelnen Faktoren bedeuten dabei:

$y_{(t)}$ = Tagesmilchmenge in der Laktationswoche t
a = Parameter für das Leistungsniveau
b = Parameter für den Laktationsanstieg
c = Parameter für den Rückgang der Milchmengen nach Überschreiten des Laktationsmaximums

Zur Berechnung des Laktationsverlaufes mittels dieser Gleichung müssen vorab die Parameter a, b und c bestimmt werden, wozu die Tagesmilchmengen von drei verschiedenen Laktationszeitpunkten erforderlich sind. Nach WOOD 1970 [114] sollte dabei die 1. Milchmenge möglichst früh in der Laktation erfaßt werden. Die 2. sollte zwischen dem Zeitpunkt für die erste Milchmenge und dem Laktationsmaximum liegen und muß größer sein als die 1. um den Kurvenanstieg zu erfassen. Die 3. Milchmenge dient zur Erfassung des Leistungsrückgangs und sollte deshalb nach Überschreiten des Laktationsmaximums erfaßt werden. Nur wenn die drei Tagesmilchmengen so festgelegt werden, ist die Berechnung eines typischen Laktationsverlaufes gewährleistet. Aus Gründen der täglichen Milchleistungsschwankungen wird dabei immer mit einem 5-Tages-Mittel gearbeitet.
Um den bestmöglichen Kurvenverlauf herauszufinden, werden folgende Varianten für die Bestimmung der Milchmengen getestet:

- Als 1. Milchmenge wird die in der Laktation frühestmöglich vorhandene Tagesmilchmenge herangezogen. Dies ist i.d.R. nach dem 10. Laktationstag. Ist in einer Laktation vor dem 30. Laktationstag keine Milchmenge vorhanden, so wird diese Laktation von der Modellentwicklung ausgeschlossen.

- Die Zeit für die 2. Tagesmilchmenge wird variiert vom 10. Tag nach der Berechnung der 1. bis zum Laktationsmaximum.

- Die Zeit für die 3. Milchmenge wird in der Zeit vom 10. bis zum 140. Tag nach dem Maximum festgelegt.

Mit diesen unterschiedlichen Ansätzen soll die Anpassung des Modells an die jeweiligen Laktationen versucht werden. Ziel ist es dabei, die Parameter für den Kurvenverlauf so zu bestimmen, daß der tatsächliche Laktationsverlauf aller Kühe möglichst gut

beschrieben werden kann.

Die Ermittlung des **exponentiell geglätteten Mittels mit Anpassung des Glättungsparameters** erfolgt nach folgender Formel [55]:

$$S_t = k_t * x_t + (1-k_t) * S_{t-1}$$

$$k_t = \left| \frac{E_{t-1}}{M_{t-1}} \right|$$

$$E_{t-1} = l * (x_{t-1} - S_{t-1}) + (1-l) * E_{t-2}$$

$$M_{t-1} = l * |x_{t-1} - S_{t-1}| + (1-l) * M_{t-2}$$

S_t = Exponentiell geglättetes Mittel mit Anpassung des Glättungsparameters
k = Glättungsfaktor
l = Anpassungsfaktor für den Glättungsfaktor

Der Glättungsfaktor k stellt einen Trend für die Abweichungen dar und wird für jede Berechnung neu ermittelt, ist also über die Zeit nicht konstant. Je größer die letzten Abweichungen sind, desto größer wird k, und desto größer die Anpassung.
Das oben dargestellte WOOD-Modell läßt sich nach einen Ansatz von MANETSCH 1980 [53] wie folgt in ein adaptives Modell **(adaptives WOOD-Modell)** überführen, so daß mit jeder neu erfaßten Tagesmilchmenge der weitere Laktationsverlauf neu geschätzt werden kann. Wie oben dargestellt, lautet die WOOD-Formel:

$$y_{(t)} = a t^b * e^{-ct}$$

Durch Logarithmieren erhält man folgende Form:

$$\ln y_{(t)} = \ln a + \ln t - ct$$

In Matrixform entspricht dies:

$$X_t = \vec{a}^T * \vec{u}_t$$

Dabei entspricht X_t dem Wert der abhängigen Variable zum Zeitpunkt t. Der Vektor u_t entspricht der unabhängigen Variablen zum Zeitpunkt t und der a entspricht dem Vektor der Regressionskoeffizienten. Für obige Schätzgleichung gilt folglich:

$$X_t = \ln y_t \qquad \vec{a} = \begin{bmatrix} \ln a \\ b \\ -c \end{bmatrix} \qquad \vec{u}_t = \begin{bmatrix} 1 \\ \ln t \\ t \end{bmatrix}$$

Bei diesem sequentiellen Algorithmus müssen nur die jeweils letzte Schätzung des Parametervektors und die neuen Beobachtungswerte bekannt sein, um den weiteren Laktationsverlauf neu zu schätzen.

Als Lösungsansatz für den Vektor a ergibt sich:

$$\vec{a}_t = \vec{a}_{t-1} + X_t * \vec{u}_t * (x_t - \vec{u}_t^T * \vec{a}_{t-1})$$

X_t ist eine quadratische Matrix und läßt sich folgendermaßen ermitteln:

$$X_t = X_{t-1} - X_{t-1} * \vec{u}_t \, (1 + \vec{u}_t^T * X_{t-1} * \vec{u}_t)^{-1} \, u_t^T * X_{t-1}$$

Zu Beginn der Schätzung müssen die Startwerte wie folgt festgelegt werden.

$$X_0 = \begin{bmatrix} 10000 & 0 & 0 \\ 0 & 10000 & 0 \\ 0 & 0 & 10000 \end{bmatrix} \qquad \vec{a}_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad \vec{u}_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Die dargestellten Verfahren werden im folgenden analysiert, wobei eine möglichst gute Beschreibung des Laktationsverlaufes angestrebt wird.

4.3.1.2 Adaptive Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes

Für die Festlegung der optimalen Zeitspanne für die Berechnung des arithmetischen Mittels wurden die 9541 Tagesmilchmengen analysiert. Dabei wurde die Zeitspanne von 4 auf 14 Tage in 1-Tages-Schritten verlängert und die Abweichungen der jeweiligen Tagesgemelke von den zurückliegenden Mittelwerten gebildet. Ein Mittelwert wurde nur berechnet, wenn mehr als 3 Tagesmilchmengen in der jeweiligen 5-Tages-Spanne vorhanden waren. Insgesamt konnten 6629 Abweichungen errechnet werden. Die Abweichungen wurden zum einen absolut (kg) und zum anderen relativ (%) ermittelt und bezüglich ihrer mittleren Größe und der Verteilung analysiert. Die berechneten statistischen Größen sind in Anhangstabelle 8 dargestellt. Die wichtigsten Parameter sind in Tabelle 9 zusammengefaßt.

Tabelle 9: Statistische Parameter für die Abweichungen der gemessenen Tagesmilchmengen vom Mittel (Rohdaten)

Abweichungen	mittlere Abweichung	Standard-abweichung	Exzeß	Schiefe
absolut kg	-0.3 - -0.1	1.6 - 1.8	13.1 - 16.8	-0.4 - 0.5
relativ %	-0.7 - -0.1	5.9 - 11.2	28.4 - 52.2	-0.4 - 4.5

Bei den absoluten Abweichungen beträgt das Mittel -0.3 bis -0.1 kg. Die Standardabweichung variiert von 1.6 bis 1.8 kg. Der Exzeß liegt im Bereich von 13.1 bis 16.8 und die Schiefe von -0.4 bis 0.5. Das Mittel bei den relativen Abweichungen liegt bei -0.7 bis -0.1 % bei einer Standardabweichung von 5.9 bis 11.2 %. Der Exzeß bewegt sich im Bereich von 28.4 - 52.2, die Schiefe von -0.4 bis 4.5.

Wie bei der Analyse der Einzelgemelksabweichungen wurden auch hier zur besseren Schätzung der Abweichungen die 1.5 % extremsten Abweichungen an den Verteilungsenden abgeschnitten (vgl. Kapitel 4.2.2). Die neu ermittelten statistischen Parameter sind in Anhangstabelle 9 dargestellt. Die wichtigsten Größen sind in Tabelle 10 zusammengefaßt.

Tabelle 10: Statistische Parameter für die Abweichungen der gemessenen Tagesmilchmengen vom Mittel (bereinigte Daten)

Abweichungen	mittlere Abweichung	Standard-abweichung	Exzeß	Schiefe
absolut kg	-0.3 - 0.0	1.1 - 1.1	0.2 - 0.5	0.0
relativ %	-0.7 - 0.3	5.9 - 6.3	0.2 - 0.4	0.0

Gegenüber obiger Berechnung zeigte sich eine deutliche Verringerung der Standardabweichung, des Exzeß und der Schiefe. Die mittleren Abweichungen haben sich erwartungsgemäß wenig verändert. Die Standardabweichung beträgt jetzt rund 1 kg bzw. 6 %. Der Exzeß

liegt bei 0.2 bis 0.5, die Schiefe ist 0. Wie bei den Analysen der Einzelgemelksabweichungen (vgl. Kapitel 4.2.2) zeigt sich auch hier, daß von den relativen Abweichungen die Bedingungen für eine Normalverteilung besser erfüllt werden.
Deshalb sollen im folgenden alle Analysen mit den relativen Abweichungen durchgeführt werden. Zur Demonstration der Wirkung des Abschneidens der jeweils größten 1.5 % der Abweichungen sind in Abbildung 31 die Klassenhäufigkeiten der relativen Abweichungen dargestellt.

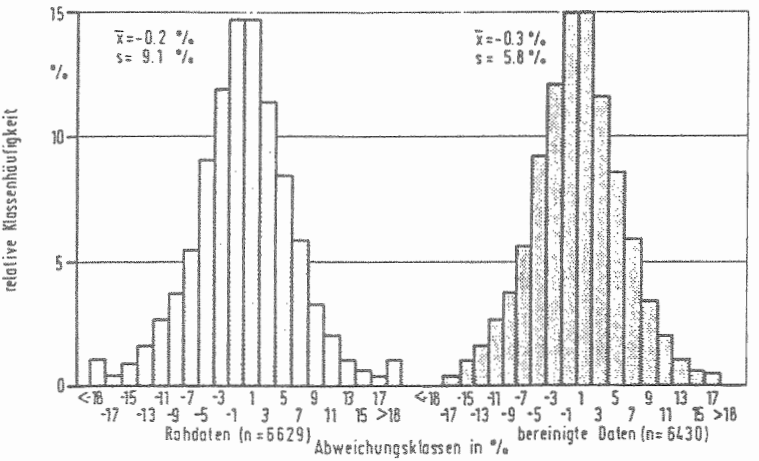
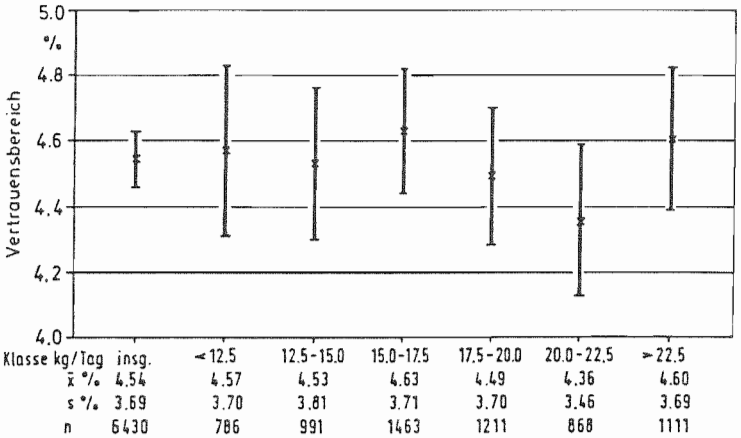


Abbildung 31: Klassenhäufigkeit der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel

Durch das Abschneiden der 1.5 % größten Werte an jedem Verteilungsende wurden alle Abweichungen entfernt, die < -17.4 % bzw. > 17.4 % waren. Wie weiter aus Anhangstabelle 9 hervorgeht, eignet sich das 5-Tages-Mittel am besten für die Beschreibung des Laktationsverlaufes, da hier sowohl die mittlere Abweichung (-0.3 %) als auch die Standardabweichung (5.8 %) am geringsten sind.

Die Beschreibung des Laktationsverlaufes wird deshalb mit dem arithmetischen 5-Tages-Mittel durchgeführt. Als Ausreißer werden die Werte von der Mittelwertsberechnung ausgeschlossen, die mehr als 17.4 % vom Mittel abweichen.

Zur Klärung der Frage, ob die relative Abweichung von der Höhe des Tagesgemelks abhängt, sind in Abbildung 32 die betragsmäßigen, relativen Abweichungen für verschiedene Milchleistungsklassen, sowie über alle Milchleistungsklassen dargestellt.



Klasse kg/Tag	insg.	<12.5	12.5-15.0	15.0-17.5	17.5-20.0	20.0-22.5	>22.5
$\bar{x}$ %	4.54	4.57	4.53	4.63	4.49	4.36	4.60
s %	3.69	3.70	3.81	3.71	3.70	3.46	3.69
n	6430	786	991	1463	1211	868	1111

Abbidlung 32: Vertrauensbereiche (95 %) der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel (nach Milchleistungsklassen)

Wie daraus hervorgeht, weicht im Mittel das Tagesgemelk etwa 4.5 % vom letzten 5-Tages-Mittel ab, bei einer Standardabweichung von 3.7 %. Der 95 %-Vertrauensbereich hierfür ist 4.4 - 4.6 %. Die Vertrauensintervalle für die mittleren Abweichungen bei den einzelnen Milchmengenklassen sind zwar aufgrund der geringeren Anzahl von Werten deutlich weiter, stimmen aber insgesamt mit den mittleren Abweichungen gut überein. Folglich hängen mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % die relativen Abweichungen nicht von der Höhe der Milchmengen ab.
Daraus kann gefolgert werden, daß die Grenzen für den Ausreißertest für alle Tagesmilchmengen gelten. Der erstellte Algorithmus muß deshalb nicht geändert werden. Die Beschreibung des Laktationsverlaufes soll deshalb durch das arithmetische 5-Tages-Mittel erfolgen, wobei in die Mittelwertsberechnung nur Gemelksmengen eingehen, die weniger als 17.4 % vom Mittelwert abweichen.

Zur Berechnung des exponentiell geglätteten Mittels wurde der

Glättungsfaktor k von 0.0 bis 1.0 variiert. Dabei zeigte sich, daß daß dies nur einen geringen Einfluß auf die Abweichungen hatte. Der Faktor k wurde deshalb mit 0.33 festgelegt, da hier die Daten, die in die Mittelberechnung einfließen, das gleiche mittlere Alter haben wie beim arithmetischen 5-Tages-Mittel.

Der Verlauf der mittleren Abweichungen, sowie die Standardabweichung der mittleren Abweichungen sind in Abbildung 33 dargestellt.

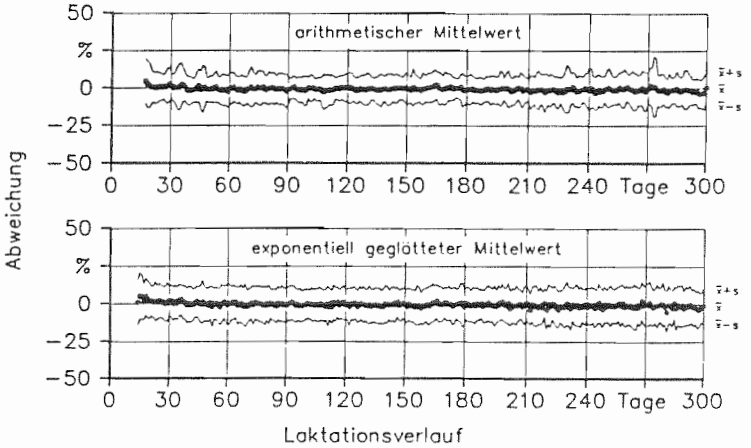


Abbildung 33: Verlauf der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen von den Werten der adaptiven Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes ($\bar{x} \pm s$)

Deutlich wird ersichtlich, daß die mittlere Abweichung aller Kühe über die gesamte Laktation nahezu 0 % bzw. leicht negativ ist. Nur zu Laktationsbeginn und am Ende der Laktation sind die Abweichungen deutlich von 0 % verschieden. Die Standardabweichung liegt bei beiden Verfahren im Bereich 6 bis 12 %. Zu Beginn und Ende der Laktation ist die Standardabweichung etwas größer als in der Laktationsmitte. Die mittlere Abweichung vom arithmetischen Mittel beträgt -0.7 %, die Stadardabweichung 10.0 %. Die mittlere Abweichung vom exponentiell geglätteten Mittel beträgt -0.5 %, die Standardabweichung 11.6 %.

4.3.1.3 Laktationsmodelle zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufes

Wie in Kapitel 4.3.1.1 dargestellt, kann mit dem Laktationsmodell von BUREMA und KERKHOF 1979 [20] bei Vorhandensein einer sogenannten Startmilchmenge der Laktationsverlauf im voraus berechnet werden. Um die bestmögliche Anpassung an die betriebs- und herdenspezifischen Gegebenheiten zu erreichen wird für die Startmilchmenge ein 5-Tages-Mittel verwendet, wobei die Berechnungszeit vom 10. bis zum 60. Laktationstag in 5-Tages-Schritten variiert wird. Als zusätzliche Variante wird die Berechnung der Startmilchmenge zum jeweiligen Laktationsmaximum betrachtet.
Insgesamt wurden für die 12 Varianten die Abweichungen der gemessenen Tagesmilchmengen von den durch das Laktationsmodell geschätzten Milchmengen ermittelt. Die mittleren Abweichungen, sowie die Standardabweichungen dieser Varianten sind in Anhangstabelle 10 dargestellt.

Die mittlere Abweichung liegt bei den Varianten, bei den die Startmilchmenge zu einem bestimmten Zeitpunkt vor dem Laktationsmaximum festgesetzt wurde, bei -10 bis -6 %, die Standardabweichung bei 17 bis 18 %. Bei der Variante mit dem Laktationsmaximum als Startmilchmenge liegt die mittlere Abweichung bei -2.3 % bei einer Standardabweichung von 16.2 %. Mit dieser Variante kann somit der Laktationsverlauf am besten beschrieben werden. Für diese Variante sind für die vorhandenen Laktationen die mittleren Abweichungen, sowie die Standardabweichungen über den Laktationsverlauf in Abbildung 34 dargestellt.

Mit dem Laktationsmodell von WOOD 1970 [114] kann bei Vorhandensein von 3 Milchmengen der weitere Laktationsverlauf berechnet werden. Wie in Kapitel 4.3.1.1 dargestellt, wird die 1. Milchmenge als Mittel der Tagesgemelke vom 10. bis 14. Laktationstag festgesetzt. Die Zeit für die 2. und 3. Milchmenge wird so variiert, daß eine möglichst gute Beschreibung des Laktationsverlaufes möglich ist, d.h. die Abweichungen der gemessenen Tagesgemelke von den durch das Modell berechneten Milchmengen sollen möglichst gering sein.

Hierzu wurde der Zeitpunkt für die 2. und für die 3. Milchmenge variiert. Aus Gründen der Streuung wurde immer mit einem 5-Tages-Mittel gerechnet.
Die 2. Milchmenge wurde für die Zeiten 20. - 24., 25. - 29., 30. - 34. Laktationstag eingesetzt. Als Grenzwert wurde das 5-Tages-Mittel zum Laktationsmaximum überprüft.
Die 3. Milchmenge wurde vom 10. - 14. Tag nach dem Laktationsmaximum bis zum 145. - 149. Tag nach dem Laktationsmaximum variiert.

Für diese Varianten wurden jeweils die Abweichungen der gemessenen Milchmengen von den aufgrund des Modells berechneten Milchmengen gebildet. Die jeweiligen mittleren Abweichungen, sowie die Standardabweichungen sind in Anhangstabelle 11 dargestellt.

Bei den Varianten, bei den die dritte Milchmenge bis zum 40. Tag nach dem Laktationsmaximum berechnet wurde, sind die mittleren Abweichungen dann am geringsten, wenn die zweite Milchmenge vom 30. - 34. Laktationstag stammt. Wird das Laktationsmaximum als zweite Milchmenge verwendet, dann sind die mittleren Abweichungen deutlich größer.
Entscheidend für die Beurteilung ist jedoch nicht nur die mittlere Abweichung, sondern auch die Standardabweichung, da jede einzelne Laktation beschrieben werden soll.
Unter diesem Gesichtspunkt schneiden die Varianten am besten ab, bei denen die zweite Milchmenge vom 25. - 29. Laktationstag berechnet wurde. Deshalb wurde für diese Variante die dritte Milchmenge zu noch späteren Zeiten berechnet.
Dabei zeigte sich, daß die mittlere Abweichung und die Standardabweichung dann am günstigsten sind, wenn die dritte Milchmenge am 110. Tag nach dem Laktationsmaximum berechnet wird. Hier liegt die mittlere Abweichung bei -0.2 % bei einer Standardabweichung von 17.1 %.

Aufbauend auf diesen Ansatz ist der Verlauf der Abweichungen und der Standardabweichung für die vorhandenen Laktationen in Abbildung 34 dargestellt.

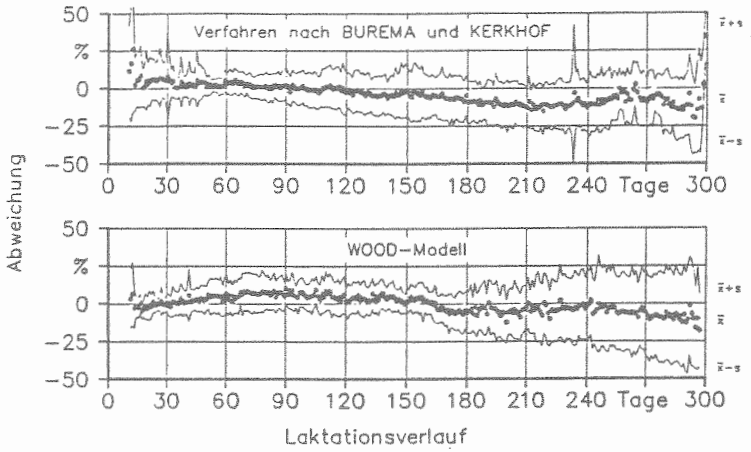


Abbildung 34: Verlauf der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen von den Schätzwerten der Laktationsmodelle ($\bar{x} \pm s$)

Wie ersichtlich, liegt beim Verfahren nach BUREMA und KERKHOF die mittlere Abweichung der geschätzten Milchmengen von den gemessenen Milchmengen am Laktationsbeginn bei 0 %. Mit fortschreitender Laktation werden die Abweichungen immer ungünstiger und erreichen ab dem 200. Laktationstag etwa -12 %. Die Standardabweichung liegt anfangs bei rund 20 %, verringert sich anschließend deutlich und liegt bis zum 200. Laktationstag bei 12 %. Zum Laktationsende steigt die Standardabweichung wieder deutlich an.

Beim Modell nach WOOD steigt die mittlere Abweichung von anfangs 0 auf 10 % bis zum 90. Laktationstag an, fällt dann leicht ab und beträgt bis zum 160. Laktationstag 4 %. Anschließend fällt sie auf ein Niveau von -5 % ab und bleibt bei dieser Größenordnung bis zum 250. Laktationstag. Zum Ende der Laktation fällt die mittlere Abweichung auf ein Niveau von -10 % ab.

Daraus folgt, daß das Modell die Milchmenge anfangs unterschätzt und ab der Laktationsmitte überschätzt. Die Standardabweichung liegt anfangs unter 10 %, steigt dann auf 15 %, fällt bis zum 160. Laktationstag wieder auf unter 10 % ab und nimmt anschließend bis zum Laktationsende auf 40 % zu.

4.3.1.4 Adaptive Verfahren zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufes

Beim exponentiell geglätteten Mittel mit Anpassung des Glättungsparameters wurde der Faktor l für die Trendkorrektur von 0.0 bis 1.0 in 0.1 Schritten variiert. Bei allen Varianten zeigte sich ein nahezu identisches Bild, wobei bei l = 0.3 die Streuung der Abweichungen am geringsten war. Die mittlere Abweichung und die Standardabweichung der Abweichungen ist in Abbildung 35 dargestellt. Ebenfalls sind in Abbildung 35 die Abweichungen der gemessenen Tagesmilchmengen von den Schätzwerten des adaptiven WOOD-Modells dargestellt. Als Startwerte wurden dabei die unter 4.3.1.1 dargestellten Ausgangswerte verwendet.

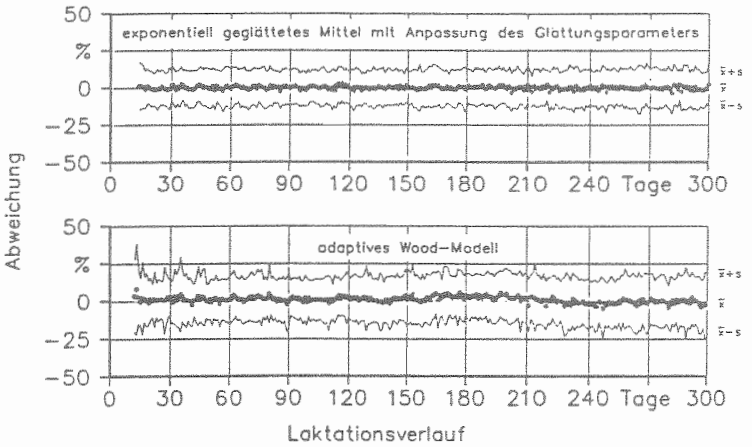


Abbildung 35: Verlauf der relativen Abweichungen der Tagesmilchmengen von den Schätzwerten der adaptiven Verfahren zur Beschreibung und Schätzung des Laktationsverlaufs ($\bar{x} \pm s$)

Mit dem exponentiell geglätteten Mittel mit Anpassung des Glättungsparameters kann die Tagesmilchmenge des folgenden Tages gut geschätzt werden (mittlere Abweichung -0.1 %), wobei die Standardabweichung der Abweichungen bei 12.5 % liegt. Die mittlere Abweichung der gemessenen Tagesmilchmengen von den Schätzwerten des adaptiven WOOD-Modells liegt bei 1.0 %, die Standardabweichung der

Abweichungen bei 16.0 %. Daraus folgt, daß mit beiden Verfahren eine Schätzung der folgenden Tagesmilchmengen gut möglich ist, wobei eine Streuung von deutlich über 10 % auftritt. Daraus folgt, daß für das Einzeltier eine genaue Schätzung nur bedingt möglich ist.

4.3.1.5 Beispiele zur Beschreibung des Laktationsverlaufes

Zur Demonstration der Anpassung der Modelle an den tatsächlichen Laktationsverlauf sind zwei Beispiele im folgenden dargestellt. Von den 6 dargestellten Verfahren werden der arithmetische Mittelwert, das Verfahren nach BUREMA und KERKHOF und das adaptive WOOD-Modell dargestellt.
Als Beispiel für eine relativ gute Anpassung des starren Laktationsmodells von BUREM-KERKHOF an den tatsächlichen Laktationsverlauf ist in Abbildung 36 die 2. Laktation von Kuh Nr. 114 dargestellt.

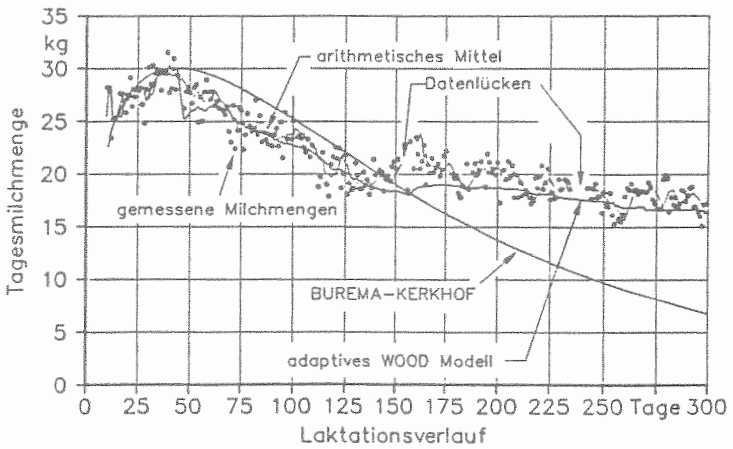


Abbildung 36: Beschreibung der 2. Laktation von Kuh Nr. 114 durch verschiedene Verfahren

Wie aus Abbildung 36 hervorgeht, beschreiben alle drei Methoden zu Laktationsbeginn den Milchleistungsverlauf recht gut. In der Zeit vom 50. - 100. Laktationstag überschätzt das Modell von

BUREMA-KERKHOF die tatsächliche Milchleistung um etwa 2 kg. Ab dem 150. Laktationstag unterschätzt das Modell von BUREMA und KERKHOF die tatsächliche Milchleistung beträchtlich. Die Abweichungen werden dabei umso deutlicher, je weiter die Laktation fortschreitet. Demgegenüber folgt das arithmetische 5-Tages-Mittel und das adaptive WOOD-Modell dem tatsächlichen Laktationsverlauf, wenngleich die Abweichungen beim adaptiven WOOD-Modell etwas größer sind.

Eine ungünstige Anpassung des Modells von BUREMA-KERKHOF an den gegebenen Laktationsverlauf sei in Abbildung 37 dargestellt.

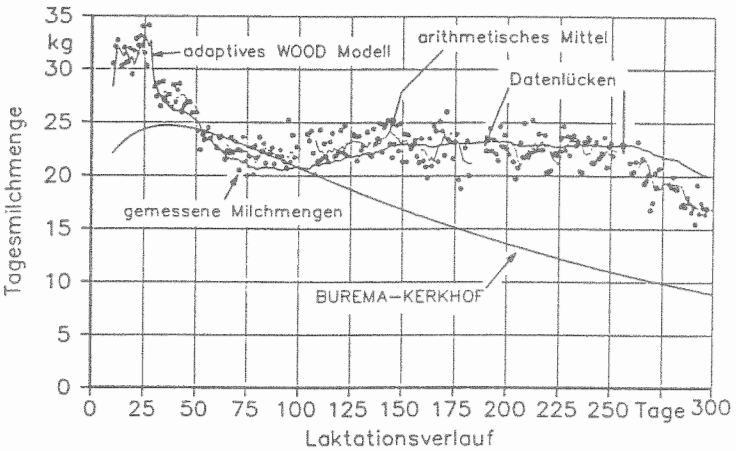


Abbildung 37: Beschreibung der 5. Laktation von Kuh Nr. 77 durch verschiedene Verfahren

Diese Laktation wird vom Verfahren von BUREMA und KERKHOF im gesamten Bereich nicht zutreffend beschrieben. Demgegenüber folgt der arithmetische Mittelwert exakt und das adaptive WOOD-Modell relativ gut dem gegebenen Laktationsverlauf.

4.3.1.6 Folgerungen für die Überwachung des Laktationsverlaufes

Insgesamt lassen sich die dargestellten Methoden folgendermaßen zusammenfassen und bezüglich ihrer praktischen Brauchbarkeit zur Überwachung des Laktationsverlaufes bewerten. Zum Vergleich sind

die wesentlichen statistischen Parameter in Tabelle 11 zusammengefaßt.
Aufgrund der geringeren Bandbreiten für die mittleren Abweichungen und der Streuung ist die Beschreibung des Laktationsverlaufes mit den adaptiven Verfahren gut möglich.
Für die Überwachung des Laktationsverlaufes ist des weiteren erforderlich, daß der Laktationsverlauf jeder Kuh in jeder Laktation möglichst früh beschrieben werden kann. Dies ist mit dem arithmetischen 5-Tages-Mittel am besten möglich, da die Standardabweichung der Abweichungen am geringsten ist. Die Abweichungen vom Mittelwert sind praktisch über den gesamten Laktationsverlauf konstant bei 0, die Standardabweichung liegt im Bereich von 5 - 15 %.

Tabelle 11: Statistische Parameter der sechs Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes

Verfahren	mittlere Abweichung %		Standardabweichung %	
	$\bar{x}$	Spannweite	mittl. s	Spannweite
arith. Mittelwert	-0.7	-4.0 - 5.0	10.0	5.0 - 15.0
exponentiell geglättetes Mittel	-0.5	-4.0 - 4.0	11.6	7.0 - 17.0
BUREMA und KERKHOF	2.3	-18.0 - 12.0	16.2	5.0 - 25.0
WOOD-Modell	-0.2	-18.0 - 11.0	17.4	5.0 - 30.0
exp. gegl. Mittel mit Anpassung des Glättungspar.	-0.1	-3.0 - 3.0	12.5	6.0 - 18.0
adaptives WOOD-Modell	1.0	-6.0 - 9.0	16.0	8.0 - 30.0

Demgegenüber weist sowohl das Modell von BUREMA und KERKHOF 1979 [20] als auch das WOOD 1970 [114] (starres WOOD-Modell) einen unstetigen Verlauf der mittleren Abweichungen und der Standardabweichung auf. Dadurch ist eine systematische Korrektur nicht möglich und aufgrund der großen Streuung wenig effektiv. Darüber

hinaus sind die beiden Modelle nicht zu Laktationsbeginn einsetzbar, da laktationsspezifische Parameter ermittelt werden müssen. Durch die adaptiven Verfahren könnte dieser Nachteil vermieden werden. Der arithmetische Mittelwert zeigte sich bei der Beschreibung des Laktationsverlaufes am flexibelsten, deshalb soll die Überwachung des Laktationsverlaufes mit dem arithmetischen 5-Tages-Mittel durchgeführt werden.

4.3.2 Überwachung des Laktationsverlaufes

Aufbauend auf den Ergebnissen aus Kapitel 4.3 ist ein Modell zur Überwachung des Laktationsverlaufes zu entwickeln. Durch dieses Verfahren soll der Landwirt frühzeitig auf festgestellte Milchleistungsrückgänge hingewiesen werden. Des weiteren soll die Milchmenge so korrigiert werden, daß eine ordnungsgemäße Futterberechnung unabhängig von den Milchleistungsschwankungen möglich ist.

4.3.2.1 Material und Methode

Als Datenmaterial standen die in Kapitel 4.3.1.1 dargestellten Milchdaten zu Verfügung. An Kontrollmethoden zur Überwachung von Produktionsabläufen ist aus der Statistik nur die Methode der Kontrollkarten bekannt (vgl. SACHS 1983 [80]). Bei dieser Methode werden Werte, die bestimmte Grenzen über- oder unterschreiten signalisiert.

Diese Methode soll in etwas veränderter Form für die Überwachung des Milchleistungsverlaufes verwendet werden. Da die Milchleistung je nach dem momentanen Stand im Laktationsstadium eine gewisse Tendenz aufweist, soll die Überwachung wie in Abbildung 38 dargestellt durchgeführt werden.

Zur Überwachung wird eine 20-Tagesspanne gewählt. Für diese 20 Tage werden 4 arithmetische 5-Tages-Mittel berechnet. Der aktuelle Mittelwert soll nacheinander mit den drei anderen verglichen werden. Dadurch sollen auch weniger ausgeprägte Milchleistungsrückgänge zu erkennen sein. Eine Überprüfungszeit von 20 Tagen

erscheint als ausreichend, denn durch die Signalisierung von Leistungsabfällen soll der Landwirt zur Behebung deren Ursachen hingewiesen und aufgefordert werden.

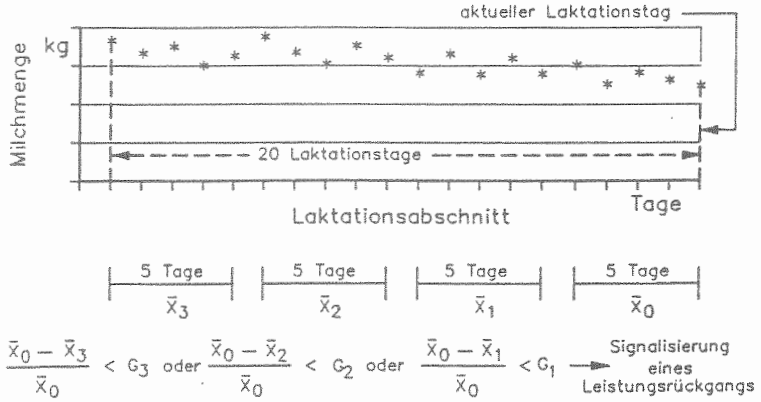


Abbildung 38: Verfahren zur Überwachung des Laktationsverlaufes

Die durch den Mittelwertsvergleich ermittelten Abweichungen werden mit noch zu bestimmenden Grenzwerten verglichen. Die Grenzwerte hierfür werden aus dem vorhandenen Datenmaterial ermittelt. Ein Alarm soll dann ausgelöst werden, wenn der aktuelle Mittelwert um mehr als den jeweiligen Grenzwert vom zu vergleichenden Mittelwert abweicht. Als jeweiliger Grenzwert wird die aus der Datenanalyse zu ermittelnde mittlere Abweichung abzüglich 1 Standardabweichung festgelegt. Aus den Abweichungen des aktuellen Mittelwertes vom letzten wird der Grenzwert G_1, aus dem vom vorletzten der Grenzwert G_2 und aus dem vom drittletzten der Grenzwert G_3 ermittelt. Die darauf aufbauende Überwachung soll softwaremäßig folgendermaßen realisiert werden (Abbildung 39).

Die Überprüfung wird getrennt für jede Laktation durchgeführt. Sie kann begonnen werden, wenn Milchmengen von mindestens 10 Laktationstagen erfaßt wurden, also ein aktueller und ein letzter 5-Tages-Mittelwert gebildet werden kann. Sind Milchmengen von mehr als 20 Laktationstagen erfaßt, werden für jeden Laktationstag die letzten vier 5-Tages-Mittel gebildet.

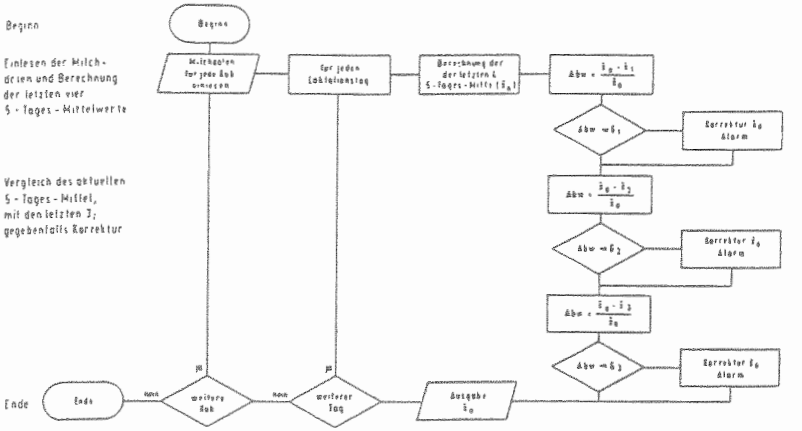


Abbildung 39: Programmablauf zur Überwachung des Laktationsverlaufes

Als erstes wird die Abweichung des aktuellen 5-Tages-Mittels vom letzten 5-Tages-Mittel gebildet. Überschreitet die Abweichung den Grenzwert G_1, dann wird das aktuelle 5-Tages-Mittel entsprechend der Abweichung korrigiert und ein Alarm ausgelöst. Die gleiche Überprüfung wird mit den beiden anderen Mittelwerten durchgeführt und bei Bedarf mit den jeweiligen Abweichungen korrigiert.

4.3.2.2 Datenanalyse und Grenzwertbestimmung

Wie im letzten Kapitel dargestellt, sind zur Überwachung des Laktationsverlaufes mit der aufgezeigten Methode Grenzwerte erforderlich. Zur Ermittlung dieser Grenzwerte werden die Abweichungen des aktuellen 5-Tages-Mittels vom letzten, vorletzten und drittletzten 5-Tages-Mittel für alle vorhandenen Milchmengen gebildet. Ein 5-Tages-Mittel wird dabei nur berechnet, wenn in der Berechnungszeit mindestens 3 Milchmengen vor der Ausreißerkontrolle vorhanden sind. Ausreißer sind dabei diejenigen Milchmengen, die mehr als ± 17.4 % (vgl. Kapitel 4.3.1.2) vom jeweiligen 5-Tages-Mittel abweichen. Insgesamt wurden 19094 Abweichungen je Variante

ermittelt. Die Verteilung dieser Abweichungen ist in Abbildung 40 dargestellt.

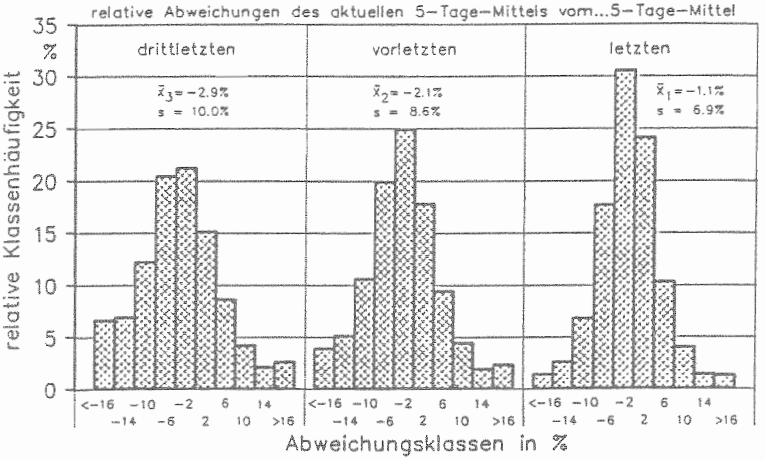


Abbildung 40: Klassenhäufigkeitsverteilungen für die relativen Abweichungen des aktuellen 5-Tages-Mittels von den letzten drei 5-Tages-Mittelwerten

Die mittlere Abweichung des aktuellen 5-Tages-Mittel vom letzten 5-Tages-Mittel beträgt -1.1 %, vom vorletzten -2.1 % und vom drittletzten -2.9 %.
Legt man als Grenzwert die mittlere Abweichung abzüglich einer Standardabweichung fest, so ergibt sich als Grenzwert G_1 -8.0 %, als G_2 -10.7 % und als G_3 -12.9 %.

Von Bedeutung ist dabei auch die Frage, ob durch den Brunstzyklus ein typischer Verlauf der Abweichungen verursacht wird. Hierzu wurden die Abweichungen des aktuellen Tagesgemelkes vom letzten 5-Tages-Mittel während des Brunstzyklus gebildet.
Insgesamt wurden 55 Brunstzyklen ausgewertet. Es wird dabei davon ausgegangen, daß am Besamungstag wirklich eine Brunst vorlag. Die mittlere Abweichung aller Kühe an den entsprechenden Tagen, sowie die mittlere Abweichung ± 1 Standardabweichung ist in Abbildung 41 dargestellt.

Die mittleren Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel liegen im Bereich von ± 1.5 %. Nur am Besamungstag

sowie am Tag danach sind Abweichungen von -4 bis -5 % gegeben.

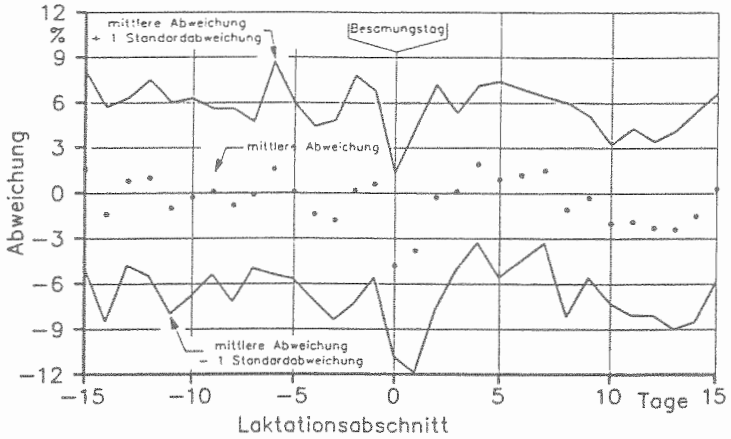


Abbildung 41: Verlauf der Abweichungen der Tagesmilchmengen vom letzten 5-Tages-Mittel während des Brunstzyklus

Da bei der Überwachung des Laktationsverlaufes immer mit 5-Tages-Mitteln gerechnet wird, kann davon ausgegangen werden, daß durch die Brunst keine Beeinträchtigung des Kontrollkonzeptes auftritt, bzw. ein Fehlalarm ausgelöst wird. Denn zum einen werden die negativen Abweichungen an 2 Tagen bei einem 5-Tages-Mittel ausgeglichen, zum anderen liegt die negative Abweichung am Besamungstag nicht außerhalb der oben dargestellten Grenzwerte.

4.3.2.3 Beispiele zur Überwachung des Laktationsverlaufes

Anhand von zwei Beispielen soll die Reaktion des aufgezeigten Modelles auf einen kurzfristigen bzw. langfristigen Milchleistungsrückgang dargestellt werden. Das Verhalten des Verfahrens bei einem kurzfristigen Milchleistungsrückgang ist in Abbildung 42 dargestellt.
Dieser Laktationsverlauf ist von 3 kurzfristigen Laktationseinbrüchen gekennzeichnet (48. - 51., 113. - 117., 255. - 270. Laktationstag). Wie der von größeren Abweichungen bereinigte Verlauf der korrigierten Milchmengen zeigt, werden kurzfristige

Milchleistungsrückgänge gut erkannt und überbrückt.

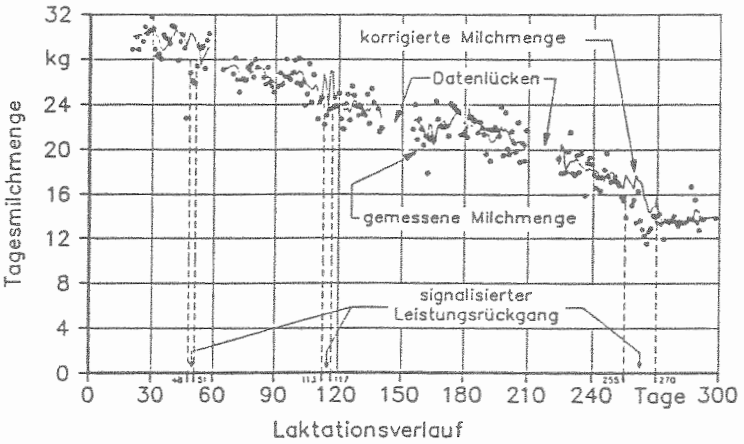


Abbildung 42: Überwachung des Laktationsverlaufes von Kuh-Nr. 89 in der 4. Laktation

Der Landwirt könnte z.B. durch folgende Alarmmeldung (Tabelle 12) auf derartige Leistungsrückgänge hingewiesen werden.

In Tabelle 12 ist das aktuelle 5-Tages-Mittel und die aktuelle Tagesmilchmenge von Kuh Nr. 89 in der 4. Laktation für die Zeit vom 251. - 270. Laktationstag dargestellt. Die Abweichungen des aktuellen 5-Tages-Mittel vom letzten, vorletzten und drittletzten Mittelwert sind nur ausgewiesen, wenn die Abweichung den jeweiligen Grenzwert überschritt.

Die Alarmierung beginnt, wenn der aktuelle 5-Tages-Mittelwert um mehr als den oben definierten Grenzwert vom letzten 5-Tages-Mittelwert abweicht. Dies ist am 255. Laktationstag der Fall. Die Alarmierung beginnt also 2 Tage nachdem der Leistungsrückgang zu erkennen ist. Im weiteren Laktationsverlauf überschreitet die Abweichung auch die Grenzwerte G_2 und G_3. Ab dem 270. Laktationstag wird die Alarmierung eingestellt, da kein Grenzwert mehr überschritten wird.

Tabelle 12: Alarmmeldung zur Signalisierung von Milchleistungsrückgängen

Alarm für Kuh Nr. 89 in der 4. Laktation					
Laktationstag	aktueller Mittelwert kg	aktuelle Milchmenge kg	Abweichung außerhalb Grenzwert		
			- 8.0 %	-10.7 %	-12.9 %
251	17.3	17.1	-	-	-
252	17.2	16.8	-	-	-
253	16.9	15.8	-	-	-
254	16.5	15.4	-	-	-
255	17.8	13.9	-11.0	-	-
256	17.5	14.4	-11.0	-	-
257	17.3	15.2	-12.0	-	-
258	16.9	15.0	-13.0	-	-
259	16.5	15.5	-11.0	-	-
260	17.8	13.4	-	-18.0	-
261	17.3	16.3	-	-13.0	-
262	17.2	13.6	-	-14.0	-
263	16.9	12.8	-	-15.0	-
264	15.8	12.2	-12.0	-11.0	-18.0
265	15.3	11.5	-14.0	-	-18.0
266	14.4	12.6	-17.0	-	-13.0
267	14.4	12.9	-16.0	-	-14.0
268	14.9	14.1	-12.0	-	-15.0
269	14.8	13.9	-	-12.0	-
270	15.8	13.4	-	-	-15.0

Beim zweiten Beispiel (1. Laktation von Kuh-Nr. 130) wird die Reaktion des Modells bei einem länger andauernden Laktationseinbruch dargestellt. Vor allem der Verlauf der korrigierten Tagesmilchmengen soll hier demonstriert werden (Abbildung 43).

Wie daraus hervorgeht, beschreibt das Modell bei anfänglich großen Schwankungen den Laktationsverlauf recht gut. Ab dem 131. Laktationstag fallen die Milchmengen deutlich ab und stabilisieren sich auf einem Niveau von 10 kg. Das Modell hält die Milchmenge bis zum 150. Tag auf dem ursprünglichen Niveau von 18 kg. Da die Kontrollzeit auf 20 Tage beschränkt ist, fällt die korrigierte Milchmenge anschließend entsprechend den gemessenen Milchmengen ab. Nach dem 180. Laktationstag beschreibt die korrigierte Milchmenge den Verlauf der gemessenen Milchmengen wieder recht gut.

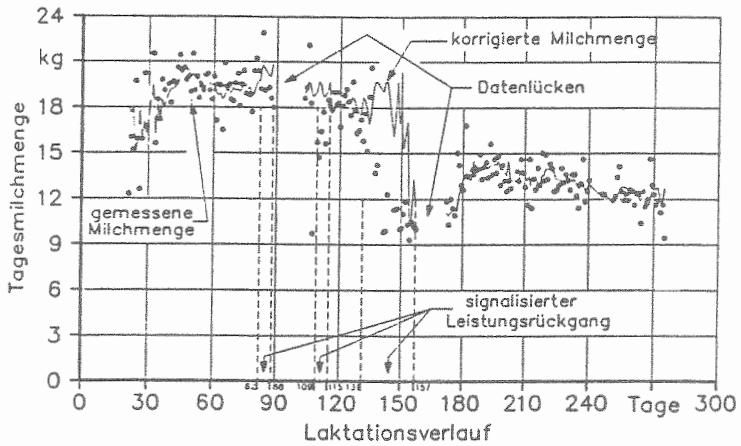


Abbildung 43: Überwachung des Laktationsverlaufes von Kuh-Nr. 130 in der 1. Laktation

Zusammenfassend kann zur Beschreibung und Überwachung des Laktationsverlaufes folgendes festgestellt werden. Zur Beschreibung des Laktationsverlaufes wurden folgende Verfahren verglichen:

- arithmetischer Mittelwert
- exponentiell geglätteter Mittelwert
- Laktationsmodell von BUREMA und KERKHOF
- Laktationsmodell von WOOD
- exponentiell geglätteter Mittelwert mit Anpassung des Glättungsparameters
- adaptives WOOD-Modell

Von diesen Verfahren wurde der arithmetische Mittelwert zur Beschreibung des Laktationsverlaufes verwendet, da er den tierspezifischen Laktationsverlauf sehr gut und flexibel beschreibt. Des weiteren ist mit ihm der Leistungsverlauf vom Laktationsbeginn an zu beschreiben, was für die Überwachung des Laktationsverlaufes dringend erforderlich ist.

Die Überwachung des Laktationsverlaufes wurde deshalb auf den arithmetischen Mittelwert aufgebaut. Hierzu werden für eine Zeitspanne von 20 Laktationstagen 4 arithmetische Mittel gebildet. Der aktuelle Mittelwert wird mit den drei anderen nacheinander verglichen. Weicht dieser um mehr als die ermittelten Grenzwerte ab, dann wird ein Leistungsrückgang signalisiert. Wie die dargestellten Beispiele zeigten, sind mit diesem Verfahren Milchleistungsrückgänge kurzfristig zu erkennen.

5. Diskussion und Einordnung der Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit war es, ein Modell zur automatisierbaren Überwachung der Milchmengenmeßgeräte und des Laktationsverlaufes zu entwickeln. Nach der Darstellung der Ergebnisse soll nun eine Einordnung und Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse erfolgen, wobei wiederum die praktische Anwendbarkeit dieser Erkenntnisse im Vordergrund stehen soll.

5.1 Funktionssicherheit der Datenerfassung

Als Datengrundlage für diese Arbeiten diente der unter Kapitel 3 dargestellte landwirtschaftliche Betrieb. Die Datenerfassung wurde deshalb in einem praktischen Betrieb durchgeführt, da dadurch gewährleistet ist, daß die daraus gewonnenen Erkenntnisse direkt in die Praxis umzusetzen sind. Dies wäre bei einem Modellaufbau aufgrund von simulierten Meßdaten eines Laborversuchs nicht ohne weiteres möglich.

Nachteil dieses Vorgehens ist allerdings, daß die Datenerfassung nicht kontinuierlich überwacht werden konnte. Dies hatte zur Folge, daß Störungen bei der Datenaufzeichnung nicht unmittelbar behoben werden konnten und somit Lücken in der Datenerfassung entstanden. Deshalb konnten nur 79 % der möglichen Daten erfaßt werden, in einzelnen Monaten gar nur 30 %.

In der Literatur ist über die Sicherheit der Datenerfassung, selbst bei Laborversuchen, wenig bekannt. WENDL und PIRKELMANN 1987 [111] erwähnen, daß bei der Übertragung von Milchdaten vom Prozeßrechner zum Betriebsrechner in Extremfällen bis zu 10 Tage im Monat die Datenübertragung ausfiel. Nach AUERNHAMMER 1987 [11] kann die Datenübertragung sogar zu 100 % ausfallen. Im Mittel bewegte sich die Sicherheit der Datenerfassung in praktischen landwirtschaftlichen Betrieben bei etwa 80 %.

Derartige Datenlücken haben den Nachteil, daß die Datenanalysen ungenauer werden, bzw. daß die Datenanalysen über längere

Zeitspannen betrachtet werden müssen, um sichere Aussagen machen zu können. Diesem Nachteil steht jedoch gegenüber, daß Modelle, die unter derartigen Bedingungen entwickelt wurden, auch eine gewisse Toleranz gegenüber Datenlücken aufweisen. Dies ist deshalb von Bedeutung, da in der Praxis von einer 100%igen Datenerfassung auch in Zukunft nicht ausgegangen werden kann. So wird z.B. eine defekte Festplatte oder ein defektes EDV-Kabel den Betriebsablauf nicht so stark beeinträchtigen, wie die defekte Vakuumpumpe einer Melkanlage. Deshalb wird die Behebung solcher Mängel immer mehrere Tage in Anspruch nehmen. Aus der Sicht der Informationsverarbeitung stellt dies natürlich einen großen Nachteil dar.

Einen weiteren wesentlichen Aspekt für die Datenerfassung stellt die Tieridentifizierung beim Melken dar. Nur von identifizierten Tieren können Daten automatisiert erfaßt werden. Wie in Kapitel 3 dargestellt, ist auf dem, für die Datenerfassung zur Verfügung stehenden Betrieb, das System der Einzelplatzidentifizierung installiert. Da die echte, systemeigene Identifizierungsrate nicht ermittelt werden konnte (vgl. Kapitel 4.1.2), wurde die Erkennungsrate aufgrund der Relation der tatsächlich vorhandenen Gemelksmengen zu den möglichen Gemelksmengen ermittelt. Diese Größe stellt aber nicht die echte systemeigene Erkennungsrate dar, da die manuellen Nachidentifizierungen miteinbezogen sind. Zur Beurteilung der tatsächlich erfaßten Gemelksmengen ist sie aber zutreffend.

Insgesamt wurde eine durchschnittliche Erkennungsrate von 91.7 % ermittelt. Die Erkennungsrate morgens (89.9 %) und abends (93.5 %) weichen deshalb voneinander ab, da i.d.R. morgens und abends von verschiedenen Personen gemolken wurde und morgens weniger Tiere manuell nachidentifiziert wurden. Die Erkennungsrate von 89.9 % stellt deshalb eher die systemeigene Erkennungsrate dar.

Zwischen der Höhe der Gemelksmenge und der Erkennungsrate wurde ein leichter positiver Zusammenhang beobachtet (89 % bei unter 5.0 kg, 95 % bei über 15.0 kg Gemelksmenge). Dieser Zusammenhang konnte aber statistisch nicht abgesichert werden. Praktisch ist dieser Zusammenhang so zu erklären, daß Kühe mit einer höheren Milchleistung auch länger gemolken werden, wodurch die

Wahrscheinlichkeit, daß die Tiere den Kopf in den Erkennungsbereich halten größer wird. Ein Alterseinfluß, eine Änderung über den Laktationsverlauf oder eine Änderung der Erkennungsraten über das Jahr konnte nicht festgestellt werden.Die größten Unterschiede wurden zwischen den einzelnen Kühen ermittelt (71.4 - 98.7 %). Daraus folgt, daß die heute üblichen Erkennungsbereiche (bis zu 25 cm), zumindest für die Einzelplatzidentifizierung beim Melken, zu gering sind.

Vergleichbare Erkennungsraten sind aus der Literatur bekannt. Nach WENDL und PIRKELMANN 1987 [111] liegt der Identifizierungserfolg bei der Einzelplatzidentifizierung bei 90 %, beim System der Ringantenne bei 95 %. In einer Auswertung von SPAHR und PUCKETT 1987 [98] wurde bei den Antwortsendern in Form von Halsbändern eine Erkennungsrate von 85 %, bei den Antwortsendern in Form einer Ohrmarke eine Erkennungsrate von 98 % ermittelt.

Diese Erkennungsraten stellen zweifellos eine unbefriedigende Situation dar, da die Tiererkennung Grundlage jeglicher tierindividueller Fütterung und Prozeßsteuerung ist. Ob diese Situation durch Neuentwicklungen wie implantierbare Sender mit einer größeren Reichweite (bis zu 100 cm) verbessert werden kann, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu beurteilen.

Als drittes spielt bei der Erfassung von Milchmengen die Genauigkeit der Meßgeräte eine ganz entscheidende Rolle. Bei den auf dem Betrieb installierten Meßgeräten handelt es sich um Durchflußmeßgeräte, die volumetrisch variable Portionen ermitteln und diese zur Gesamtmenge eines Melkvorgangs summieren. Diese Geräte sind für die Milchleistungsprüfung anerkannt. Hierzu wird maximal ein mittlerer Fehler von 2 % und eine Standardabweichung von 2.5 % toleriert.

Die Genauigkeit dieser Geräte wurde zweimal manuell überprüft. Bei der ersten Überprüfung konnten 5 von 8 Geräte die Anforderungen, die von der Milchleistungsprüfung gestellt werden, nicht erfüllen. Insgesamt ergab sich ein mittlerer Fehler von -1.2 % bei einer Standardabweichung von 2.1 %.

Die Geräte wurden anschließend vom Hersteller entsprechend den Ergebnissen aus der Überprüfung neu kalibriert. Bei der darauf folgenden zweiten Überprüfung konnten 6 Geräte die gestellten Anforderungen nicht erfüllen. Insgesamt ergab sich ein mittlerer Fehler von 3.1 % bei einer Standardabweichung von 3.6 %. Bei der 1. Überprüfung konnten 3 Geräte, bei der 2. Überprüfung nur 2 Geräte die Anforderungen für die Milchleistungsprüfung erfüllen. Aus vergleichbaren Untersuchungen von PIRKELMANN 1985 [68] sind ähnliche Resultate bekannt. So konnten auf einem Betrieb 2 von 4 Meßgeräten, auf einem zweiten Betrieb 5 von 8 Meßgeräten und auf einem dritten Betrieb 6 von 12 Meßgeräten die Anforderungen bezüglich der Genauigkeit für die Milchleistungsprüfung nicht erfüllen.

Da derartige Überprüfungen sehr zeitaufwendig sind und darüber hinaus den Betriebsablauf beim Melken sehr stören, war das Ziel dieser Arbeit, ein Modell zu entwickeln, daß derartige Überprüfungen automatisiert durchführen kann.

5.2 Überwachung der Milchmengenmeßtechnik

Das Modell zur Überprüfung der Meßgenauigkeit der Milchmengenmeßgeräte gliedert sich in zwei Teile. Im 1. Teil wird die Abweichung der Genauigkeit vom mittleren Fehler über alle Meßgeräte festgestellt. Im 2. Teil wird der mittlere Fehler ermittelt und die Abweichungen der einzelnen Meßgeräte damit korrigiert. Dadurch ergibt sich der tatsächliche Gerätefehler. Durch die Zweiteilung kann die Überprüfung automatisiert, vereinfacht (nur eine Kontrollmessung für alle Meßgeräte) und größtenteils durch die Analyse der erfaßten Gemelksmengen durchgeführt werden.

Die Ermittlung der Abweichungen der einzelnen Meßgeräte vom mittleren Fehler über alle Meßgeräte erfolgt durch Vergleich der an den einzelnen Meßgeräten ermittelten Gemelksmengen mit den jeweils erwarteten Gemelksmengen (Trendanalyse). Die Trendanalyse der erfaßten Gemelksmengen stellt dabei folgende Anforderungen:

1. Es muß die Grundstreuung der Gemelksmengenabweichungen bekannt sein, damit Ausreißer die Aussagekraft der Trendanalyse nicht beeinträchtigen.

2. Die erwartete Milchmenge muß mit dem mittleren Meßfehler über alle Meßgeräte behaftet sein. Dies setzt voraus, daß in die Berechnung der Vergleichsmilchmenge Gemelksmengen eingehen, die an verschiedenen Meßgeräten ermittelt wurden. Dadurch ist gewährleistet, daß die Genauigkeit einzelner Meßgeräte die Trendanalyse nicht verzerrt.

3. Die Schätzung der erwarteten Milchmenge setzt eine Methode voraus, mit der aus den Gemelksmengen der letzten Tage die zu erwartende Gemelksmengen möglichst exakt ermittelt werden kann.

4. Da mit den Gemelksmengenabweichungen über die Genauigkeit der Meßgeräte eine Aussage gemacht wird, ist zu überprüfen, ob die Höhe der Gemelksmenge, die Zwischenmelkzeit oder eine kurzfristig geänderte Kraftfutterverzehrsmenge die Gemelksabweichungen gerichtet beeinflußt. Derartige Einflußfaktoren müßten vor der Verwendung der Gemelksabweichungen für die Trendanalyse ausgeschaltet werden (Standardisierung der Abweichungen).

Die Ermittlung der Grundstreuung erfolgte anhand der vorhandenen 19 500 Einzelgemelke. Dazu wurden die jeweiligen Abweichungen vom arithmetischen Mittel der letzten n Gemelksmengen ermittelt. Die Zeitspanne n wurde dabei in 1-Tagesschritten von 4 auf 14 Tage verlängert, um das Verhalten der Abweichungen von dieser Zeitspanne festzustellen. Wie sich dabei zeigte, werden die Abweichungen im Mittel mit zunehmender Zeitspanne immer stärker negativ (-0.2 bis -1.1 %). Die Streuung der Abweichungen wurde von dieser Zeitspanne nicht beeinflußt. Auffallend war, daß sich an den Verteilungsenden extreme Werte anhäuften.

Um die Schätzung der Abweichungen zu verbessern, wurden die 1.5 % extremsten Werte an jedem Verteilungsende abgeschnitten. Dadurch verringerte sich die Standardabweichung von etwa 12 auf 8 %. Die Spanne der Abweichungen wurde dadurch auf rund ± 25 % eingeengt. Dieser Wert wurde für die Ausreißerkontrolle in das Verfahren übernommen.

Damit die erwartete Milchmenge nicht von einem einzelnen Meßgerät verzerrt wird, müssen Gemelksmengen von verschiedenen Meßgeräten für die Berechnung der erwarteten Gemelksmenge herangezogen werden. Die setzt voraus, daß die Kühe die Melkplätze zufällig aufsuchen. Nach DUFTER 1988 [22] trifft dies aber nicht grundsätzlich zu. Deshalb wurde ermittelt, wieviel verschiedene Melkplätze in bestimmten Zeitspannen von den Kühen aufgesucht werden. Dabei

stellte sich heraus, daß in 6 Tagen mindestens 4 verschiedene Melkplätze belegt werden. Vergleicht man also das aktuelle Gemelk einer Kuh mit dem Vergleichswert der letzten 5 Tage, so gehen in die Vergleichswertberechnung Gemelksmengen ein, die an mindestens 3 anderen als dem zu vergleichenden Meßgerät ermittelt wurden. Dies erschien als ausreichend und deshalb wurde die Zeitspanne für die Ermittlung der Vergleichsmilchmenge auf 5 Tage festgesetzt. An Methoden zur Schätzung der aktuellen Gemelksmenge anhand der letzten 5 Gemelksmengen wurde der arithmetische Mittelwert und die lineare Regression verglichen. Wie der Vergleich zeigte, kann mit dem arithmetischen Mittelwert das aktuelle Gemelk wesentlich exakter geschätzt werden als mit der linearen Regression. Die Ursache für das schlechte Abschneiden der linearen Regression liegt darin, daß entgegen dem arithmetischen Mittelwert ein gerichteter Trend berechnet wird. Die Richtung des Trends wird dabei durch die Streuung der Gemelksmengen häufig sehr stark verzerrt. Derartige große Abweichungen bei der Schätzung mit der linearen Regression konnte auch AUERNHAMMER 1982 [7] feststellen. Deshalb wird das aktuelle Gemelk mit dem arithmetischen Mittel aus den letzten 5 Tagen geschätzt.

An Einflußfaktoren auf die Abweichung des aktuellen Gemelks von der geschätzten Gemelksmenge wurden die Höhe der Gemelksmenge, die Zwischenmelkzeit und die kurzfristig geänderte Kraftfutterverzehrsmenge überprüft.

Von der Gemelksmenge war kein gesicherter Einfluß auf die Abweichungen festzustellen.

Die Zwischenmelkzeit zeigte einen geringen positiven Einfluß, dieser konnte aber nicht statistisch gesichert werden. Die Änderung der Zwischenmelkzeit lag dabei größtenteils im Bereich ± 15 Minuten.

Ebenfalls wurden durch kurzfristig veränderte Kraftfutterverzehrsmengen die Abweichungen nicht gerichtet beeinflußt. Dies könnte zum einen daran liegen, daß die Tiere kurzfristige Änderungen der Energieversorgung, durch Einlagerungs- und Mobilisierungsvorgänge, kompensieren können. Zum anderen ist dies aber auch

betriebsspezifisch zu sehen, da im untersuchten Betrieb aufgrund des guten Grundfutters das Niveau der Kraftfutterfütterung relativ niedrig war.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde der Schätzwert mit dem arithmetischen Mittelwert ermittelt. Eine Standardisierung der Gemelksmengen war nicht erforderlich. Lediglich eine Ausreißerkontrolle wurde durchgeführt. Dabei wurden Gemelksmengen, die mehr als ± 25 % vom Mittelwert abweichen von der Trendanalyse ausgeschlossen. Die Überprüfung der Meßgeräte wurde, wie im Kapitel 4.2.1 dargestellt, durchgeführt.

Als erstes wurde dabei überprüft, ob die Abweichungen über die Zeit ihre Richtung ändern, d.h. ob die Genauigkeit der Geräte über die Zeit variiert. Wie in Abbildung 26 dargestellt, muß davon ausgegangen werden, daß die Genauigkeit der Geräte über die Zeit nicht konstant bleibt. Es wurden dabei Änderungen in der mittleren Abweichung von nahezu 5 % festgestellt.

Diese Ergebnisse stimmen mit denen von DUFTER 1988 [22] überein, der in einer vergleichbaren Auswertung feststellte, daß sich die Genauigkeit der Meßgeräte mit der Zeit um bis zu 2 kg verändert. Deshalb kann davon ausgegangen werden, daß die Genauigkeit von Milchmengenmeßgeräten über die Zeit nicht konstant bleibt.

Aus diesem Grund werden die Geräte, die von Betrieben mit Milchleistungsprüfung eingesetzt werden, in regelmäßigen Abständen überprüft und gegebenenfalls neu kalibriert. Derartige Überprüfungen wurden im Rahmen dieser Arbeit durch das vorgestellte Verfahren durchgeführt. Anschließend wurde verglichen, ob die festgestellten Meßgerätefehler aus den manuellen und den softwaremäßigen Überprüfungen übereinstimmen.

Wie im Kapitel 4.2.6 dargestellt, ist eine Fehlerermittlung durch die Trendanalyse sehr gut möglich, wobei sich eine Betrachtungszeitspanne von 4 Monaten als günstigste herausgestellt hat. Kürzere oder längere Zeitspannen verzerren die Meßfehler. Allerdings muß angemerkt werden, daß bei einer besseren, lückenlosen Datenerfassung die Betrachtungszeitspanne für die Trendanalyse durchaus

verkürzt werden könnte. Dadurch wäre eine noch genauere und aktuellere Überprüfung möglich.

Wie weiter in Kapitel 4.2.6 dargestellt, konnte bei Meßgerät Nr. 2 der manuell ermittelte Fehler bei der 1. Überprüfung nicht nachvollzogen werden. Die Ursache hierfür dürfte im Prinzip der volumetrischen Milchmengenmessung liegen. Denn bei dieser Milchmengenbestimmung wird nicht die reine Milch, sondern aufgrund der melktechnischen Bedingungen immer ein Milch-Luft-Gemisch volumetrisch bestimmt.

Bei der Kalibrierung der Geräte wird das Meßgerät so eingestellt, als sei das Milch-Luft-Gemisch, d.h. der Schaumanteil in der Milch, konstant. Nach WORSTORFF 1989 [115] trifft dies aber nicht zu. Vielmehr variiert der Schaumanteil nicht nur von Kuh zu Kuh, sondern auch von Laktation zu Laktation und selbst innerhalb einer Laktation. Auch brünstige und euterkranke Tiere haben einen veränderten Schaumanteil in der Milch. Nicht zuletzt ist ein gewisser Fütterungseinfluß auf den Schaumanteil zu erwarten.

Die entgegen dem Herdenmittel veränderten Abweichungen von einzelnen Kühen kann durch diese Zusammenhänge erklärt werden. Ein Beispiel hierfür wurde in Abbildung 29 dargestellt. So hatte die Kuh Nr. 107 am Meßgerät Nr. 0 eine deutliche positive Abweichung, während im Herdenmittel die Abweichungen eindeutig im negativen Bereich lagen.

In einer Wiederholungsüberprüfung konnten die Ergebnisse der ersten Überprüfung eindeutig nachvollzogen werden. Auch stimmten bei dieser Überprüfung die Abweichungen aus der manuellen Überprüfung mit den Abweichungen aus der softwaremäßigen Überprüfung an allen Meßgeräten überein.

Zur Beurteilung der Übereinstimmung der manuell und der softwaremäßig festgestellten Meßfehler (vgl. Abbildung 28, 30) wurden alle manuell festgestellten Meßfehler auf das Vergleichsniveau von 0 korrigiert. Die entsprechenden softwaremäßig festgestellten Fehler wurden entsprechend der Korrektur der manuell ermittelten Fehler korrigiert. Die so ermittelten standardisierten Fehler

(95 %-Vertrauensbereiche) sind in Abbildung 44 aufgetragen.

Die jeweiligen Fehler aus der softwaremäßigen Überprüfung weichen von den manuell ermittelten Fehlern im allgemeinen sehr wenig ab. Auch sind die Vertrauensbereiche enger, was gleichbedeutend mit einer besseren Schätzung des Fehlers ist. Lediglich bei der ersten Überprüfung von Meßgerät 2 überlappen sich die Vertrauensbereiche nicht. Diese Abweichung könnte jedoch auch andere Ursachen haben (Schaumproblem bei der volumetrischen Milchmengenmessung).

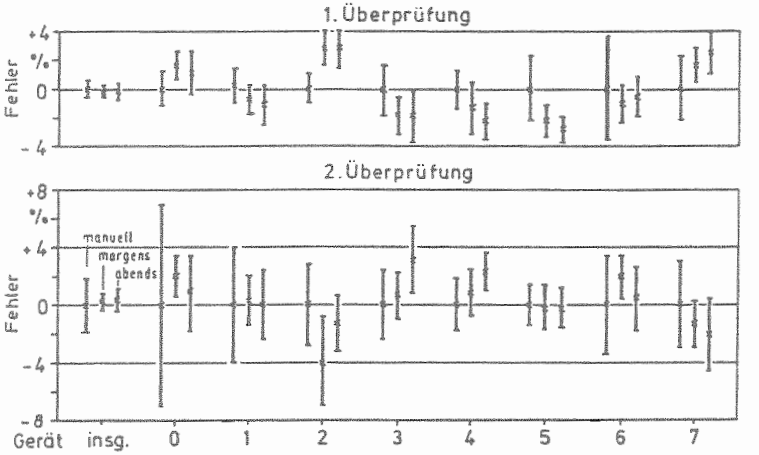


Abbildung 44: Standardisierte Meßfehler bei den Überprüfungen der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte

Der Nachteil dieser Methode ist, daß unabhängig von den Milchmengenmeßgeräten der Gesamtfehler aller Geräte ermittelt werden muß. Dies könnte z.B. durch eine automatisierte Milchtankwiegung erfolgen. Ferner hätte dies den Vorteil, daß die Ablieferungsmenge ebenfalls täglich kontrolliert werden könnte.

Insgesamt betrachtet kann diese Methode, wenn der mittlere Gesamtfehler der Meßgeräte vorhanden ist, die aufwendigen manuellen Überprüfungen der Milchmengenmeßgeräte ersetzen. Dadurch ist eine kontinuierliche Überprüfung der Milchmengenmeßgeräte möglich, so daß die Grundlage für eine exakte Milchmengenerfassung gegeben ist.

5.3. Überwachung des Milchleistungsverlaufes

Neben der exakten Milchmengenerfassung ist die Beschreibung des Laktationsverlaufes und die darauf aufbauende Laktationsüberwachung für eine rationelle Milchviehhaltung erforderlich.

Im Kapitel 2.4.1.3 wurden verschiedene Laktationsmodelle, bzw. Varianten dieser Modelle vorgestellt. Anhand der Verfahren von WOOD 1970 [114], sowie BUREMA und KERKHOF 1979 [20] wurde die Beschreibung des Laktationsverlaufes versucht. Ebenfalls wurde das arithmetische Mittel und das exponentiell geglättete Mittel zur Beschreibung des Laktationsverlaufes getestet. Für den Vergleich dieser Verfahren standen aus 37 Laktationen 9541 Tagesmilchmengen zu Verfügung.

Als erstes wurde die Beschreibung des Laktationsverlaufes durch den arithmetischen Mittelwert überprüft. Ziel war dabei, das aktuelle Tagesgemelk aus den letzten Tagesgemelken zu schätzen. Dazu wurden die Abweichungen der Tagesmilchmengen von dem arithmetischen Mittel der letzten n Tage gebildet. Die Zeitspanne für die Mittelberechnung wurde wie bei den Einzelgemelken in 1-Tageschritten von 4 auf 14 Tage verlängert. Auch hier zeigte sich, daß sich die mittleren Abweichungen mit zunehmender Zeitspanne vergrößerten (-0.3 bis -0.9 %). Die Standardabweichung wurde davon wenig beeinflußt. Wie bei den Verteilungen der Einzelgemelke war auch hier eine relative Anhäufung von extremen Abweichungen am Verteilungsende festzustellen. Diese wurden wiederum durch Abschneiden der 1.5 % extremsten Werte eliminiert. Die Spanne der Abweichungen wurde dadurch auf ± 17.4 % beschränkt. Die Standardabweichung verringerte sich von etwa 10 auf 6 %. Von der Länge der Zeitspanne wurde die Standardabweichung wenig beeinflußt, war aber bei der 5-Tages-Spanne am geringsten. Deshalb wurde die 5-Tages-Spanne für die Beschreibung des Laktationsverlaufes verwendet.

Wie ebenfalls aufgezeigt werden konnte (Kapitel 4.2) hatten bei dem vorhandenen Datenmaterial die Änderungen der Zwischenmelkzeit, die Änderung der Kraftfutterverzehrsmenge und die Höhe der Milchmenge keinen signifikanten Einfluß auf die Milchmengenabweichung

bei den Einzelgemelken. Deshalb wurde davon ausgegangen, daß dies auch für die Abweichungen bei den Tagesmilchmengen zutrifft. Trotzdem wurde nachgeprüft, ob die Höhe der Tagesmilchmenge einen Einfluß auf die relativen Abweichungen hat. Dabei zeigte sich ebenfalls, daß die Höhe der Tagesmilchmenge die relative Abweichung der Tagesmilchmenge vom letzten 5-Tages-Mittel nicht gerichtet beeinflußt.

Die Güte der Schätzung der Tagesmilchmenge anhand des 5-Tages-Trends wurde in Abbildung 32 dargestellt. Vor der Schätzung wurde dabei eine Plausibilitätsprüfung (Ausreißerkontrolle) durchgeführt. Nur Milchmengen mit einer Abweichung von bis zu ± 17.4 % vom Mittelwert wurden in die Mittelwertberechnung einbezogen. Wie anhand des Datenmaterials festgestellt werden konnte, weichen die gemessenen Tagesmilchmengen von den geschätzten Tagesmilchmengen nur geringfügig ab ($\bar{x}$ = -0.7 %). Die Abweichungen sind dabei bis zum Erreichen des Laktationsmaximums (etwa 50. Tag) leicht positiv, im weiteren Laktationsverlauf leicht negativ. Die Standardabweichung der Abweichungen beträgt rund 10 %.

Als zweite Filtermethode wurde die Beschreibung des Laktationsverlaufes durch das exponentiell geglättete Mittel getestet. Wie sich zeigte, ist damit eine mit dem arithmetischen Mittel vergleichbare Beschreibung möglich, wenngleich die Streuung etwas ungünstiger ist.

Als drittes wurde die Beschreibung des Laktationsverlaufes durch das Modell von BUREMA und KERKHOF 1979 [20] überprüft. Mit diesem Modell (vgl. Kapitel 2.4.1.3) kann anhand des Alters der Kuh und des Laktationstages der Laktationsverlauf im voraus berechnet werden, wenn eine Referenzmilchmenge (die sogenannte Startmilchmenge) vorhanden ist. Die Wahl des Zeitpunktes für die Festlegung der Referenzmilchmenge ist ganz entscheidend für den Verlauf der geschätzten Laktation und somit auch für die Güte der Prognose der Tagesmilchmengen (vgl. Kapitel 4.3).

Diese Ergebnisse decken sich mit denen von HUBER 1986 [29] und AUERNHAMMER et al. 1987 [13]. Des weiteren deckt sich mit den Ergebnissen dieser Autoren, daß die gemessenen Tagesmilchmengen von

den geschätzten Tagesmilchmengen bis zum 100. Laktationstag wenig abweichen, im weiteren Laktationsverlauf aber deutlich, z.T. über 10 %. Die Standardabweichung der Abweichungen liegt deutlich über 10 %.

Insgesamt ist festzustellen, daß mit dieser Methode die verfügbaren Laktationen nur bedingt zu beschreiben sind. Weiter problematisch ist die Ermittlung des Laktationsverlaufes für die Zeit vor der Bestimmung der Referenzmenge. Die Verwendung der jeweiligen Referenzmenge aus der letzten Laktation bzw. einer Standardreferenzmenge für die 1. Laktation beinhaltet eine andere Unsicherheit. Eine Überwachung des Laktationsverlaufes aufgrund einer derart unsicheren Beschreibungsmöglichkeit kann deshalb nicht empfohlen werden.

Als viertes wurde die Beschreibung des Laktationsverlaufes durch das Modell von WOOD 1970 [114] überprüft. Damit kann bei Vorhandensein von 3 Milchmengen der gesamte Laktationsverlauf dargestellt werden. Voraussetzung für die Berechnung eines typischen Laktationsverlaufes ist, daß die erste Tagesmilchmenge möglichst früh in der Laktation, die zweite zwischen dem Zeitpunkt für die erste und dem Laktationsmaximum und die dritte nach Überschreiten des Laktationsmaximums erfaßt wird. Die Auswertungen zeigten (vgl. Kapitel 4.3.1.4), daß der Zeitpunkt für die Festlegung der dritten Tagesmilchmenge ganz entscheidend für den Laktationsverlauf ist. Die günstigsten Ergebnisse wurden erreicht, wenn die dritte Tagesmilchmenge 120 Tage nach Erreichen des Laktationsmaximums ermittelt wurde. Bei dieser Berechnung sind die mittleren Abweichungen der gemessenen Milchmengen von den geschätzten Milchmengen und die Standardabweichung am geringsten. Wie dargestellt wurde, waren zum Laktationsbeginn die geschätzten und die gemessen Milchmengen fast identisch. Im weiteren Verlauf traten aber deutliche Abweichungen auf. Diese stiegen bis zum 90. Laktationstag auf ein Niveau von 10 % an. Anschließend verringerten sie sich auf rund 5 %. Ab dem 160. Laktationstag verringerten sich die Abweichungen weiter und variierten bis zum Laktationssende zwischen 0 und -10 %.

Daraus folgt, daß das Modell den tatsächlichen Laktationsverlauf in den ersten 120 Tagen unterschätzt und ab dem 160. Laktationstag

überschätzt. Die Standardabweichung liegt anfangs bei 10 - 15 %. Im weiteren Verlauf nimmt sie aber deutlich zu und beträgt am Laktationsende bis zu 40 %. Eine derart ungenaue Beschreibung des Laktationsverlaufes ist für die Überwachung des tierindividuellen Milchleistungsverlaufes wenig nützlich. Ferner müßten hierzu die Milchmengen der ersten Laktationshälfte bekannt sein, es sei denn es wird eine weitere Unsicherheit durch die Verwendung von Standardwerten in Kauf genommen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt GROENEWOLD 1983 [26] der anhand der ersten drei Kontrollmessungen der Milchleistungsprüfung den weiteren Laktationsverlauf berechnete, um darauf eine leistungsbezogene Fütterung aufzubauen. Auch er stellte fest, daß wegen großer Abweichungen von dem jeweiligen tierindividuellen Laktationsverlauf dies nur sehr bedingt möglich ist.

Als fünftes wurde das exponentiell geglättete Mittel mit Anpassung des Glättungsparameters geprüft. Mit diesem Verfahren ist im Mittel eine sehr gute Schätzung der folgenden Milchmenge möglich. Jedoch können aufgrund der größeren Streuung etwas größere Abweichungen als beim arithmetischen Mittel beim Einzeltier auftreten. Entgegen dem arithmetischen Mittel ist damit allerdings auch eine Prognose der Milchmengen für eine bestimmte Zeit (erforderlich für Rationsplanung) möglich.

Als sechste Methode wurde das adaptive WOOD-Modell getestet. Dabei zeigte sich, daß die unsystematischen Abweichungen wie beim WOOD-Modell in seiner ursprünglichen Form nicht mehr auftraten. Die Beschreibung des Laktationsverlaufes ist jedoch etwas ungünstiger als beim arithmetischen Mittel bzw. beim exponentiell geglätteten Mittel mit Anpassung des Glättungsparameters.

Aus den dargestellten Methoden zur Beschreibung des Laktationsverlaufes kann folgendes festgehalten werden:

Die Beschreibung des individuellen Laktationsverlaufes ist durch den arithmetischen Mittelwert am sichersten. Auch sind bei dieser Methode die tierspezifischen Abweichungen am geringsten. Zwar kann mit dem 5-Tages-Mittel nicht der Laktationsverlauf im voraus

beschrieben werden, dies ist aber für die Überwachung des Laktationsverlaufes nicht erforderlich. Vielmehr ist eine sichere Beschreibung des tierindividuellen Leistungsverlaufes erforderlich, um größere, kurzfristige Leistungsabfälle festzustellen. Außerdem ist von Vorteil, daß der Laktationsverlauf von Beginn an beschrieben werden kann.

Aufbauend auf den Verfahren zur Beschreibung des Laktationsverlaufes wurde eine Methode zur Überwachung desselben erstellt. Mit dieser Methode sollen kurzfristige Milchleistungsabfälle signalisiert werden können, so daß der Landwirt kurzfristig produktionstechnisch reagieren kann. Des weiteren sollen die Milchmengen so korrigiert werden, daß die Futterberechnung nicht durch einen kurzfristigen Milchleistungsrückgang beeinträchtigt wird.

Das vorgestellte Verfahren berechnet für jede Kuh aus den Milchmengen der letzten 20 Tage 4 arithmetische 5-Tages-Mittelwerte. Der aktuelle Mittelwert wird nacheinander mit den drei anderen Mittelwerten verglichen. Weicht der aktuelle 5-Tages-Mittelwert um mehr als einen bestimmten Grenzwert von den zurückliegenden Mittelwerten ab, dann wird ein Alarm ausgegeben und die Milchmenge für die Futterberechnung korrigiert.

Als erstes wurden dazu die Grenzwerte für die Abweichungen ermittelt, ab denen ein Alarm ausgelöst werden soll. Hierzu wurden die Abweichungen des aktuellen 5-Tages-Mittels von den letzten 5-Tages-Mittelwerten gebildet. Wie in Abbildung 36 dargestellt ist, beträgt die mittlere Abweichung vom letzten 5-Tages-Mittel -1.1 %, vom vorletzten -2.1 % und vom drittletzten -2.9 %. Die entsprechenden Standardabweichungen sind 6.9 %, 8.6 % und 10.0 %.

Nimmt man als Alarmgrenze die mittlere Abweichung abzüglich einer Standardabweichung, so ergeben sich folgende Alarmgrenzen. Ein Alarm wird dann ausgelöst, wenn das aktuelle 5-Tages-Mittel mehr als -8.0 % vom letzten, oder mehr als -10.7 % vom vorletzten, oder mehr als -12.9 % vom drittletzten 5-Tages-Mittel abweicht. Die Überprüfung wird dabei schrittweise durchgeführt.

Als erstes wird die Abweichung des aktuellen 5-Tages-Mittel vom

letzten 5-Tages-Mittel ermittelt. Ist die Abweichung kleiner -8.0 %, dann wird das aktuelle 5-Tages-Mittel entsprechend korrigiert und eine Alarmmeldung ausgegeben. Dieser gegebenenfalls korrigierte 5-Tages-Mittelwert wird anschließend mit dem vorletzten 5-Tages-Mittel verglichen. Weicht er um mehr als -10.7 % ab, dann wird das aktuelle 5-Tages-Mittel erneut angepaßt und die Abweichung signalisiert. Als drittes wird dieser Wert mit dem drittletzten 5-Tages-Mittel verglichen. Unterschreitet die Abweichung -12.9 % dann wird erneut die Milchmenge angepaßt und die Anpassung signalisiert.

Bevor derartige Überwachungen durchgeführt werden können, gilt es zu prüfen, ob z.B. bei der Brunst Abweichungen auftreten, die sich von den alltäglichen Abweichungen signifikant unterscheiden. Hierzu wurden die Abweichungen der jeweiligen Tage im Brunstzyklus vom letzten 5-Tages-Mittel gebildet. Wie in Abbildung 38 dargestellt, weicht die mittlere Abweichung bei den 55 ausgewerteten Brunstzyklen am Besamungstag und am Tag danach deutlich (etwa -5 %) negativ ab. Eine signifikante negative Abweichung konnte jedoch nicht festgestellt werden. Vergleichbares berichten REINHARDT 1973 [77] und SCHLÜNSEN 1987 [83], die ebenfalls größere Milchleistungsschwankungen am Brunsttag beobachten. Numerische Angaben über die Abweichungen wurden von den beiden Autoren jedoch nicht gemacht. Da der beobachtete Milchleistungsrückgang am Besamungstag bzw. am Tag danach nicht außerhalb der Alarmgrenzen liegt und bei der 5-Tages-Mittelberechnung einigermaßen kompensiert wird, ist keine Korrektur der zu überprüfenden Tagesmilchmengen erforderlich. Eine Signalisierung der Brunst aufgrund der Milchmengenabweichungen ist bei dem vorhandenen Datenmaterial nicht möglich. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt SCHLÜNSEN 1987 [83], der für die Brunsterkennung eine kombinierte Erfassung und Auswertung von Milchmenge, Milchtemperatur, elektrischer Leitfähigkeit der Milch und der Schrittzahl vorschlägt.

Die Wirkung des Modells auf drastische kurzfristige und längerfristige Milchleistungsrückgänge wurde in Kapitel 4.3.2.3 dargestellt. Demnach ist eine Überwachung mittels des 5-Tages-Mittels eine sehr gute Möglichkeit, kurzfristige Milchleistungsabfälle zu signalisieren und darauf eine stetige Futterberechnung aufzubauen.

Bei länger andauernden Leistungseinbrüchen (über 20 Tage) paßt sich das Modell aufgrund der auf 20 Tage begrenzten Überwachungszeitspanne den gemessenen Milchmengen an. Eine noch längere Überwachungszeitspanne erscheint nicht erforderlich, da durch die Signalisierung von kurzfristigen Leistungsrückgängen die Ursachen abgestellt werden können, so daß länger andauernde Leistungseinbußen verhindert werden können.

5.4 Zusammenfassende Betrachtung und Ausblick

Insgesamt läßt sich zu den dargestellten Ergebnissen folgendes feststellen. Ein System zur softwaremäßigen Überwachung der Milchproduktion setzt eine lückenlose und umfassende Datenaufzeichnung voraus. Eine möglichst vollständige Datenerfassung ist deshalb von ganz entscheidender Bedeutung, weil dadurch statistische Überprüfungen in kürzeren Zeitspannen durchgeführt werden können. Damit werden die möglichen Aussagen nicht nur aktueller, sondern auch exakter.

Die Genauigkeit der erfaßten Daten ist für die Verwendbarkeit zur Prozeßsteuerung von ganz entscheidender Bedeutung. Neben der Genauigkeit der erfaßten Milchmengen gilt dem Laktationsverlauf jeder einzelner Kuh besonderes Interesse. Nur wenn von einem ordnungsgemäßen Laktationsverlauf ausgegangen werden kann, können die Milchmengen ohne Korrektur für die leistungsgerechte Futterberechnung verwendet werden.

Die Funktionssicherheit der Datenerfassung wird von der Tieridentifizierung und der Sicherheit der Datenübertragung vom Prozeßrechner zum Betriebsrechner bestimmt. Die ermittelte Tiererkennungsrate im Melkstand von 91.7 % stimmt mit den dargestellten Literaturergebnissen [111, 98] überein. Um eine möglichst vollständige Datenerfassung zu erreichen, ist eine Verbesserung der Tiererkennung erforderlich. Ob sich durch die neu entwickelten implantierbaren Sender mit einer größeren Reichweite der Identifizierungserfolg verbessern wird, ist gegenwärtig nicht zu beurteilen.

Ebenso wie die Identifizierungsraten liegt auch die Sicherheit der Datenübertragung (79 %) vom Prozeßrechner zum Betriebsrechner im Bereich, wie er in der Literatur [111, 10, 11] dargestellt ist. Die Ursachen für den Ausfall der Datenübertragung waren zum einen versuchsbedingt, zum anderen Hardwareausfälle und Mängel in der Stabilität der Stromversorgung. Da versuchsbedingte Beeinträchtigungen unter allgemeinen Betriebsbedingungen nicht auftreten, dürfte die Aufzeichnungssicherheit nach der Anfangsphase vor allem von der Schnelligkeit, mit der Hardwareausfälle (z.B. defekte Festplatte) beseitigt werden, abhängen.

Die kontinuierliche Überwachung der Milchmengenmeßgeräte mit der dargestellten Methode ist sehr gut möglich, setzt aber die unabhängige Ermittlung der Gesamtmilchmenge voraus (z.B. durch Tankwiegung). Dies hätte ferner den Vorteil, daß die Ablieferungsmilchmenge täglich kontrolliert werden könnte. Die Überwachung der Genauigkeit der Milchmengenmeßgeräte basiert ausschließlich auf der Auswertung der aufgezeichneten Milchmengen. Dadurch ist gewährleistet, daß dieses Verfahren für alle Fabrikate und auch für alle Melkstandgrößen einsetzbar ist.

Die Beschreibung des Laktationsverlaufes ist mit dem arithmetischen 5-Tages-Mittel sehr gut möglich. Durch die darauf aufbauende Methode zur Überwachung des Laktationsverlaufes können kurzfristige Milchleistungseinbrüche nach 2 Tagen erkannt werden. Dadurch hat der Landwirt die Möglichkeit, frühzeitig durch produktionstechnische Maßnahmen einen weiteren Leistungsabfall zu vermeiden. Eine Erklärung der Ursache für die signalisierten Abweichungen ist mit diesem Verfahren nicht möglich.

Zur computergestützten Überwachung der Milchleistung sind deshalb weitere Arbeiten erforderlich.

Von vorrangiger Wichtigkeit ist die Verbesserung der Datenerfassung. Neben der Verbesserung der Tiererkennung wären Standardlösungen zur Datenübertragung zwischen Betriebsrechner und Prozeßrechner wie sie zur Zeit diskutiert werden [10, 11, 109] sicherlich nützlich.

Im Bereich der Überwachung der Milchmengenmeßtechnik ist ein von den Milchmengenmeßgeräten unabhängiges Verfahren zur kontinuierlichen Erfassung der Tagesmilchmenge erforderlich, um den mittleren Meßfehler automatisiert ermitteln zu können.

Zur Erklärung der Milchleistungsabweichungen und zur Prognose der Brunst sind weitere Ansätze erforderlich. Hierzu sind Erklärungsmodelle erforderlich, wie sie z.B. durch Expertensysteme realisiert werden könnten.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Seit der Einführung der Garantiemengenregelung sind für Milchviehbetriebe Einkommensverbesserungen durch eine Produktionsausweitung nur bedingt geeignet. Möglichkeiten bieten sich dagegen in einer Verbesserung der Ertrags-/ Aufwandsrelation, denn die Gewinnunterschiede pro Kuh sind selbst bei Betrieben der gleichen Größenklasse beträchtlich. Im Rahmen der Verbesserung des Betriebsmanagements kommt der Überwachung der Milchleistung eine dominierende Rolle zu. Denn die Milch ist nicht nur der größte Ertragsfaktor in der Milchviehhaltung, sondern bestimmt durch ihre Bedeutung bei der Futterbedarfsermittlung auch den wesentlichsten Aufwandsfaktor.
Zur Unterstützung der Betriebsführung bietet die Elektronik vielfältige Möglichkeiten. So ist z.B. die tierindividuelle, portionsweise Zuteilung von Kraftfutter seit Jahren Stand der Technik. Für die Futterberechnung, die Führung von Kuhkalender, die Bestandshaltung und die Kostenrechnung stehen verschiedene EDV-Programme zur Verfügung. Die kontinuierliche Erfassung der Milchmenge durch elektronische Milchmengenmeßgeräte ist ebenfalls verfügbar. Die kontinuierliche Tiergewichtserfassung, sowie die Überwachung der Tiergesundheit und der Brunst wird z.Z. in mehreren Forschungsansätzen erprobt.
Der Einsatz dieser und weiterer zukünftiger Techniken bringt jedoch nur Erfolg, wenn die Funktionssicherheit und die Funktionsgenauigkeit der Systeme sichergestellt ist. Dabei nimmt der Bereich Milch eine zentrale Stelle ein. Im Rahmen dieser Arbeit sollte deshalb ein Ansatz zur Überwachung der Milchleistung ermittelt werden.

Grundsätzliche Voraussetzung für ein Verfahren der Laktionsüberwachung, ist eine sichere und genaue Datenerfassung. Die hierzu ermittelte Tiererkennungsrate beim Melken von rund 90 % und eine 80%ige Übertragung der erfaßten Daten vom Prozeßrechner zum Betriebsrechner zur Verrechnung der erfaßten Daten ist nicht befriedigend. Letztere dürfte aber unter den üblichen praktischen Bedingungen etwas günstiger sein, da durch die erforderlichen Systemanpassungen viele Übertragungsausfälle verursacht wurden.

Die Genauigkeit der eingesetzten Milchmengenmeßgeräte wurde durch 2 Überprüfungen manuell ermittelt. Bei der 1. Überprüfung wurde ein mittlerer Fehler über alle Meßgeräte von -1.2 %, bei der 2. Überprüfung von 3.1 % festgestellt. Die einzelnen Meßgeräte variierten von dieser mittleren Genauigkeit z.T. beträchtlich. Deshalb konnten bei der 1. Überprüfung nur 3 Meßgeräte, bei der 2. Überprüfung sogar nur 2 von insgesamt 8 Meßgeräten die für die Anerkennung zur Milchleistungsprüfung erforderliche Genauigkeit erfüllen.

Trotz der unbefriedigenden Datenerfassung konnte ein guter Ansatz zur softwaremäßigen Überprüfung der Milchmengenmeßgeräte ermittelt werden. Diese Überprüfung erfolgt in zwei Schritten. Dadurch kann sie vereinfacht, automatisiert und größtenteils softwaremäßig durchgeführt werden.
Zuerst wird die Abweichung der Genauigkeit der einzelnen Meßgeräte vom mittleren Gesamtfehler über alle Meßgeräte festgestellt. Danach wird der mittlere Gesamtfehler ermittelt. Mit diesem mittleren Fehler werden anschließend die gerätespezifischen Abweichungen korrigiert, so daß sich der tatsächliche gerätespezifische Fehler ergibt.

Der erste Teil erfolgt ausschließlich durch Analyse der erfaßten Gemelksmengen. Das Verfahren berechnet für jede Kuh und jeden Tag die Abweichung des aktuellen Gemelks vom erwarteten Gemelk. Diese Abweichungen werden den Melkplätzen zugewiesen, an dem das entsprechende Gemelk gemessen wurde. Das Mittel der Abweichungen pro Melkplatz ergibt die gerätespezifische Abweichung vom mittleren Meßfehler.

Um die Funktion dieses Verfahrens zu gewährleisten waren 4 Voraussetzungen zu überprüfen.
Als erstes wurde die Streuung der Gemelksmengen ermittelt. Wie dazu festgestellt werden konnte, weichen die Gemelksmengen im Mittel um weniger als -1 % vom arithmetischen Mittel der Gemelksmengen der letzten Tage ab. Die Standardabweichung der Abweichungen lag im Bereich von 8 %. Die jeweils extremsten 1.5 % der Abweichungen wurden dabei von der Berechnung ausgeschlossen, da diese z.B. auf unvollständig erfaßte Gemelksmengen zurückgeführt werden

konnten. Die Spanne der Abweichungen wurde dadurch auf rund ± 25 % eingeengt. Diese Grenze wurde in das Verfahren zur Ausreißerkontrolle übernommen.
Zum zweiten mußte gewährleistet sein, daß die zu berechnende, erwartete Gemelksmenge (Vergleichsmilchmenge) mit dem mittleren Meßfehler behaftet ist. Um dies sicherzustellen wurde die Zeitspanne für die Berechnung dieser Vergleichsmilchmenge auf 5 Tage festgelegt. Dadurch gehen in die Berechnung der erwarteten Milchmenge Gemelksmengen ein, die an mindestens 3 von den zu überprüfenden verschiedenen Meßgeräten ermittelt wurden.
Drittens mußte eine Methode festgelegt werden, mit der aus den Gemelksmengen der letzten 5 Tage das aktuelle Gemelk möglichst exakt geschätzt werden kann. Dazu konnte festgestellt werden, daß dies mit dem arithmetischen Mittel wesentlich besser möglich ist als mit der linearen Regression. Deshalb wurde die Ermittlung der Vergleichsmilchmenge mit dem arithmetischen Mittel der Gemelksmengen der letzten 5 Laktationstage durchgeführt.
Die vierte Voraussetzung ist, daß die Abweichung der aktuellen Gemelksmenge von der geschätzten Gemelksmenge nicht von Faktoren wie der Höhe der Gemelksmenge, der Zwischenmelkzeit oder einer kurzfristig geänderten Kraftfutterverzehrsmenge verzerrt wird. Dazu konnte festgestellt werden, daß derartige Verzerrungen bei dem vorhandenen Datenmaterial nicht gegeben waren.
Für den zweiten Teil ist die Ermittlung des mittleren Meßfehlers über alle Meßgräte erforderlich. Dieser muß unabhängig von den zu überprüfenden Milchmengenmeßgeräten erfolgen. Daraus folgt, daß eine zusätzliche Ermittlung der Gesamtmilchmenge erforderlich ist (z.B. durch Tankwiegung oder Durchflußmessung in der Milchleitung). Der mittlere Meßgerätefehler kann dann durch Vergleich dieser Gesamtmilchmenge und der Summe der über die Meßgeräte ermittelten Einzelgemelksmengen errechnet werden. Da ein Verfahren zur Ermittlung der Gesamtmilchmenge auf dem Betrieb nicht realisiert werden konnte, wurde ersatzweise der bei den manuellen Überprüfungen festgestellte mittlere Fehler der Meßgeräte herangezogen.

Die durchgeführten Überprüfungen zeigten, daß mit dieser Methode die Gerätefehler ebenso festgestellt werden konnten, wie durch die manuellen Überprüfungen. Des weiteren ist dadurch eine stetige Überwachung der Meßgeräte möglich. Da die Überprüfungen anhand der

erfaßten Milchmengen durchgeführt werden, ist dieses Verfahren unabhängig von Fabrikaten und der Anzahl der Meßgeräte.

Zur Beschreibung des Laktationsverlaufes wurden mehrere Verfahren verglichen. Das arithmetische Mittel, das exponentiell geglättete Mittel, das Verfahren von BUREMA und KERKHOF 1979 [20] und das Modell von WOOD 1970 [114]. Die Beschreibung des Laktationsverlaufes wurde mit dem arithmetischen Mittel durchgeführt, da dadurch der tierindividuelle Laktationsverlauf sehr sicher und flexibel beschrieben werden kann. Zugleich ist damit von Laktationsbeginn an eine Beschreibung möglich.
Das erarbeitete Verfahren zu Überwachung des Laktationsverlaufes baut deshalb auf den arithmetischen Mittelwert auf. Mit diesem Verfahren sollen dem Landwirt Milchleistungsrückgänge kurzfristig signalisiert werden. Diese sollen zugleich so korrigiert werden, daß eine von kurzfristigen Milchleistungsschwankungen unabhängige ordnungsgemäße Futterberechnung möglich ist. Zur Überwachung wurde eine Zeitspanne von 20 Tagen festgelegt. Für die jeweils letzten 20 Laktationstage werden 4 arithmetische 5-Tagesmittel berechnet. Anschließend wird der aktuelle Mittelwert mit den 3 anderen nacheinander verglichen. Um dabei einen Milchleistungsrückgang signalisieren zu können, mußten Grenzwerte festgelegt werden, ab denen eine Signalisierung erfolgen soll. Ein Leistungsrückgang wird demnach signalisiert, wenn der aktuelle Mittelwert den letzten um mehr als -8 %, den vorletzten um mehr als -10.7 % oder den drittletzten um mehr als -12.7 % unterschreitet. Ausgewählte Beispiele zeigten, daß dadurch eine gute Überwachung des Laktationsverlaufes möglich. Die Alarmierung eines Leistungsrückgangs erfolgt dabei spätestens 2 Tage nachdem der Milchleistungsabfall zu erkennen ist.

Insgesamt kann mit diesen methodischen Ansätzen:

1. Die Genauigkeit der Milchmengenerfassung verbessert werden.
2. Durch die exakte Milchmengenerfassung ist eine verbesserte Leistungsüberwachung realisierbar.
3. Dadurch ist eine wirtschaftlichere Milchproduktion möglich.
4. Letztlich können auf diesen Ansätzen weitere Verfahren zur Herdenüberwachung aufgebaut werden.

7. Literatur

1. Andreae, U. u. D. Smidt:
   Tagesrhythmik, Sozialverhalten und Ruheverhalten von Milchkühen bei kontinuierlicher automatischer Kraftfutterversorgung.
   Landbauforschung Völkenrode 33(1983), H. 4, S. 208-218.

2. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR):
   Standarddatensätze für die Milchviehhaltung.
   Bonn 1988.

3. Artmann, R.:
   Elektronische Systeme zur Tiererkennung und deren Anwendung.
   Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 62 (1982), S. 49-65.

4. Artmann, R.:
   Verfahren zur programmierten Fütterung von Kraftfutter - Programmierte Fütterung und Herdenüberwachung in der Milchviehhaltung.
   Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 62(1982), S. 104-119.

5. Artmann, R.:
   Konzepte, Einrichtungen und Ergebnisse einer rechnergestützten Gruppen- und Einzeltierfütterung von Milchvieh.
   VDI/MEG Kolloquium Landtechnik.
   Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 27-49.

6. Artmann, R., D. Schlünsen u. H. Schön:
   Möglichkeiten der Prozeßsteuerung in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung.
   Züchtungskunde 5(1981), S. 301-314.

7. Auernhammer, H.:
   Milchleistungsdaten als Steuergröße für die automatisierte Kraftfutterzuteilung.
   Fütterungstechnik in der Rinderhaltung. Tagungsband zum Fachgespräch des Projektbereiches F im Sonderforschungsbereich 141. Weihenstephan 1982, S. 102-114.
   Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten München 1982.

8. Auernhammer, H.:
   Konzepte für den Einsatz computergesteuerter Prozeßsteuerung in der Tierhaltung.
   Prozeßsteuerung in der Tierhaltung - Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1983, S. 5-31.

9. Auernhammer, H.:
Forschungsvorhaben der Landtechnik Weihenstephan zum EDV-Einsatz und zur Prozeßsteuerung im landwirtschaftlichen Betrieb.
Prozeßsteuerung in der Tierhaltung - Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1985, S. 5-20.

10. Auernhammer, H.:
Betriebsrechner und Prozeßrechner - der automatisierte Verbund ist das Ziel.
Agrarinformatik - Informationsverarbeitung in der Agrarwissenschaft. Band 13(1987), S. 269-279.
Hrsg.: L. Reiner u. H. Geidel.

11. Auernhammer, H.:
Einbindung der Prozeßsteuerung in das rechnergestützte Management.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik-Elektronikeinsatz in der Tierhaltung
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 311-326.

12. Auernhammer, H. u. G. Wendl:
Experience with data handling in micro processor based herd management systems.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying". Wageningen (Niederlande) 1987, S. 331-337.

13. Auernhammer, H., G. Wendl u. S. Harkow:
Lactation curves for performance orientated ratio calculation of dairy cows.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying" Wageningen (Niederlande) 1987, S. 62-70.

14. Baehr, J.:
Verhalten von Milchkühen in Laufställen.
KTBL-Schrift 293, 1984.

15. Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.):
Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 1988/89.
München 1990.

16. Berg, E.:
Mikrocomputereinsatz im landwirtschaftlichen Betrieb.
Berichte über Landwirtschaft 63(1985), S. 376-389.

17. Berg, E., S.B. Harsh u. F. Kuhlmann
Kontrolltheoretische Konzepte als Grundlagen für die Entwicklung von Entscheidungshilfsmitteln.
Agrarwirtschaft 34(1985), H. 7, S. 206-212.

18. Binder, S.:
Möglichkeiten des Computereinsatzes als Hilfsmittel der Betriebsführung in Milchrinderherden.
Dissertation am Intstitut für Tierzucht und Tierhygiene der LMU München, München 1986.

19. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.):
Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland.
verschiedene Jahrgänge.

20. Burema, H u. J. A. Kerkhof:
A Dairy Herd Management and Health Control System.
Wageningen (Niederlande) 1979.

21. Deutsches Institut für Normung e.V.:
Melkanlagen, Konstruktion und Leistung - DIN/ISO 5707
Normenausschuß Maschinenbau im DIN, Berlin 1983.

22. Dufter, P.:
Analyse der Daten von Milchmengenmeßgeräten in bezug auf die Einzelmelkbucht.
Diplomarbeit am Institut für Landtechnik der TU München, Weihenstephan 1988.

23. EDV-Center der dänischen Landwirtschaft:
Specification of Communications Protocol between Personal Computers and Processing Equipments.
Risskov (Dänemark) 1989.

24. Fahr, R.D., K. Schmidt u. H. J. Schwark:
Lebendmasseentwicklung und Lebendmasse - Leistungsbeziehungen bei Kühen im Verlauf der Laktation.
Archiv der Tierzucht 28(1985), H. 6, S. 519-528.

25. Fleming, M. G.:
Effects of milk temperature and flow rate on the accuracy of two similar positiv-displacement milk meters when operated under full flow conditions.
Irish Journal of Agricultural Research 20(1981) S. 147-154.

26. Groenewold, J.R.:
Entwicklung eines Managementkontrollsystems für grössere Milchviehherden.
Dissertation Göttingen 1983.

27. Hafez, S., W. Junge, H. Hagemeister u. E. Kalm
Futteraufnahme und Futterverwertung der Rassen Rotbunt, Schwarzbunt und Red-Holstein x Rotbunt unter Laufstallbedingungen.
Züchtungskunde 61 (1989), H. 1, S. 41-54.

28. Heinrich, I. u. K. Walter:
Kontrolle und Analyse des Betriebszweiges Futterbau - Rindviehhaltung mit Personalcomputer.
Agrarwirtschaft 38(1989), H. 5, S. 135-150.

29. Huber, L.:
Analyse von Laktationskurven.
Diplomarbeit am Institut für Landtechnik der TU München, Weihenstephan 1987.

30. Huth, F.W.:
Analyse der Laktationskurve des Rindes.
7. jugoslovanski mednarodni simpozij SODABNA PROIVODMJA IN PREDELANA MLEK.
Portoroz (Jugoslawien) 1983.

31. Huth, F.W. u. W. v. Schutzbar:
Zur Frage des Laktationskurvenverlaufes beim Rind.
Der Tierzüchter 33(1981), H. 7, S. 286-288.

32. Huth, F.W. u. D. Smidt:
Gewichtsveränderungen von Kühen während der Trächtigkeit und nach der Abkalbung.
Züchtungskunde 51(1979), H. 1, S. 71-84.

33. Hyde, G.M., H.B. Puckett, E.F. Olver u. K.E. Harshbarger:
A Step Toward Dairy Herd Management by Exception.
Transactions of the ASAE 1981, S. 202-207.

34. Internationales Komitee zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Milchtieren (Hrsg.):
Die Anerkennung von Milchmengenmeßgeräten.
Sonderdruck 1988.

35. Ipema, A.H.:
Praktijkervaringen met geprogrammerde Kracht voerverstrekking.
Wageningen (Niederlande), IMAG-Publikative 140 (1980).

36. Ipema, A.H. U. H.G. Pluijgers:
Automatic weighing of dairy cows.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying"
Wageningen (Niederlande) 1987, S. 110-115.

37. Ipema, A.H. u. W. Rossing:
Rechnergestützte Einzeltierfütterung von Grundfutter.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 66/77.

38. Isermeyer, F.:
Die Wettbewerbsstellung der deutschen Milchproduktion.
Der Tierzüchter 41(1989), H. 5, S. 195-197.

39. Junge, W.:
Futteraufnahme und Versorgungsanlage von Rotbunten und Schwarzbunten Milchkühen unter Laufstallbedingungen.
Agrarinformatik - Informationsverarbeitung Agrarwissenschaft, Band 15(1988), S. 339-346.
Hrsg.: L. Reiner u. H. Geidel.

40. Junge, W. u. E. Kalm:
Messung der Grundfutteraufnahme unter Laufstallbedingungen.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 78-83.

41. Kemkens, K.:
Der Einfluß von Kraftfutterabruffütterung und Grundfuttervorlage auf das Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall. Dissertation am Institut für Landtechnik der TU München, Weihenstephan 1989.

42. Klepper, R., G. Kragenings u. H. Kräuslich:
Grundfutteraufnahme automatisch messen.
Der Tierzüchter 41(1989), H. 12, S. 528-529.

43. Kuhlmann, F.:
Computergestützte Betriebsführung.
agrarspektrum - Neue Informationstechniken im Agrarbereich Band 8(1985), S. 73-102.

44. Kögl, H. u. F. Plesser:
Veränderung der Produktionskosten durch Strukturwandel und technischen Fortschritt in ausgewählten Zweigen der Tierhaltung.
Ber. Ldw. 66(1988), S. 370-392.

45. Kuip, A.:
Animal identification.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying" Wagening (Niederlande) 1987, S. 12-17.

46. Lake, J.R.:
An assessment of the prospects for improved oestrus detection on the farm.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying" Wageningen (Niederlande) 1987, S. 159-165.

47. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.:
Ergebnisse und Auswertungen der Milchleistungsprüfung in Bayern.
München 1989.

48. Langbehn, W. u. G. Schiefer:
Management Informationssysteme für die Landwirtschaft.
Landtechnik 36(1981), H. 2, S. 91-94.

49. Lankow, C. u. H. Preuss:
Lösung für die automatische Lebendmassebestimmung in Tierproduktionsanlagen.
agrartechnik 35(1985), H. 6, S. 268-271.

50. Leffers, G. u. E. G. von Loeper:
Untersuchungen über den Einsatz von Abrufautomaten für die Kraftfutterzuteilung an Milchkühe im Grünlandbetrieb.
Das wirtschaftseigene Futter 27(1981), H. 1, S. 65-78.

51. Lindner, H. P., F. J. Schwarz u. M. Kirchgeßner:
Zum Einfluss der Fütterungsfrequenz auf Milchmenge, Fett- und Eiweissgehalt bei rationiertem Grundfutterangebot.
Das wirtschaftseigene Futter 25(1979), H. 2, S. 183-192.

52. Maatje, K. u. W. Rossing:
Detection oestrus by measuring milk temperature of dairy cows during milking.
Livestock production Science 3(1976), S. 85-89.

53. Manetsch, T.:
A sequentiell Regression Model.
Dept. of Electrical Engineering and Systems Science, Michigan State University, East Lansing, 1980.

54. Meinhold, K., I. Heinrich u. K. Walter:
Ausgewählte betriebswirtschaftliche Fragen der Milchviehhaltung und der pflanzlichen Produktion unter Berücksichtigung der Auswertungsergebnisse aus dem Arbeitskreis "Forschung und Praxis".
Landbauforschung Völkenrode 36(1986), H. 3/4, S. 139-147.

55. Mertens, P.:
Prognoserechnung.
Physica-Verlag, 4. Auflage Würzburg-Wien 1981.

56. Mielke, H.:
Das Verhalten der osmotisch aktiven Substanzen in der Milch gesunder und kranker Euterviertel als biologische Grundlage automatisierter Eutergesundheits- und Milchkontrollsysteme bei der industriellen Milchproduktion.
Monatshefte für Veterinärmedizin 34(1975), S. 334-338.

57. Miller, R.H., N.W. Hooven, J.W. Smith u. M.E. Creegan:
Usefulness of periodic body weights to predict yield, intake and feed efficiency of lactating cows.
Journal of Dairy Science 56(1973), H. 12, S. 1540-1544.

58. Ordolff, D.:
Einflüsse des Melkvakuums auf Anzeigefehler von Milchmengenmessgeräten für Rohrmelkanlagen.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 31(1979), H. 2, S. 125-131.

59. Ordolff, D.:
Untersuchungen zum Einfluss von Milchmengenmessgeräten für Rohrmelkanlagen.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 32(1980), H. 1, S. 3-14.

60. Ordolff, D.:
Möglichkeiten zur Erfassung der Milchmenge.
Programmierte Fütterung und Herdenüberwachung in der Milchviehhaltung.
Landbauforschung-Völkenrode Sonderheft 62(1982), S. 66-76.

61. Ordolff, D.:
Praxisuntersuchungen über die Messgenauigkeit von Milchmengenmessgeräten.
Landtechnik 38(1983), H. 5, S. 205-207.

62. Ordolff, D.:
Einfluss von Milchbeschaffenheit und technischen Bedingungen des maschinellen Milchentzugs auf die Messgenauigkeit von Milchmengengeräten.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 38(1986), H. 2, S. 83-94.

63. Ordolff, D.:
Geräte zur Milchmengenmessung - Bauarten.
KTBL-Arbeitsblatt Nr. 226, Münster-Hiltrup 1987.

64. Ordolff, D.:
Technische Einrichtungen zur automatischen Milchmengenerfassung.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik-Elektronikeinsatz in der Tierhaltung.
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 160-171.

65. Ordolff, D.:
Technische Einrichtungen zur automatischen Milchmengenerfassung.
Die Milchpraxis 26(1988), H. 2, S. 68-70.

66. Paul, W.:
Entwicklung von Sensoren für eine rechnergestützte Tierüberwachung.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik-Elektronikeinsatz in der Tierhaltung.
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 113-123.

67. Paul, W. u. H. Speckmann:
Die Messung der Milchtemperatur als Mittel zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Steuerung des Milchentzuges.
Grundlagen der Landtechnik 29(1979), H. 6, S. 201-207.

68. Pirkelmann, H.:
Erfahrungen mit der automatischen Milchmengenmessung im Melkstand.
Milchpraxis 23(1985), H. 3, S. 110-114.

69. Pirkelmann, H.:
Techniken zur leistungsgerechten Rinderfütterung.
Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 1986, Sonderheft, S. 449-460.

70. Pirkelmann, H. u. W. Böhm:
Abruffütterung in der Milchviehhaltung.
RKL-Schrift, H. 3, 1982.

71. Pirkelmann, H. u. G. Wendl:
Elektronikeinsatz zur leistungsbezogenen Milchviehfütterung.
Landtechnik 44(1989), Sonderheft, S. 383-387.

72. Pirkelmann, H., G. Wendl u. K. Emberger:
Automatic recording of animal performance for computer based feeding.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying" Wagening (Niederlande) 1987, S. 78-85.

73. Precht, M.:
Warum Datenbanken?
Agrarinformatik - Informationsverarbeitung Agrarwissenschaft, Band 1(1980), S. 417-422.
Hrsg.: Reiner, L. u. H. Geidel.

74. Precht, M.:
Biostatistik, Teil 1.
Oldenbourg Verlag, 3. Auflage München 1982.

75. Preuss, H.:
Messwerterfassung in Melkständen als Bestandteil von Systemen der automatisierten Produktionskontrolle.
Tagungsbericht, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik 1983, H. 210, S. 295-304.

76. Reetz, I. u. H.U. Wiesner:
Untersuchungen zur Messgenauigkeit des "Waikato" Weight and Rate Milk Meter.
Der Tierzüchter 24(1972), H. 23, S. 690-691.

77. Reinhardt, V.:
Beiträge zur sozialen Rangordnung und Melkordnung bei Kühen.
Zeitschrift für Tierpsychologie 32(1973), S. 281-292.

78. Riebe, K.:
Computergestütztes Management-Informationssystem (CMIS) der landwirtschaftlichen Betriebsleitung - Kiel.
Berichte über Landwirtschaft 61(1983), S. 235-243.

79. Rossing, W., K. Maatje, G.J. Garssen u. H.G. Pluygers:
Automation of elektrical conductivity measurements during milking.
Proceedings of the Symposium "Automation in dairying" Wageningen 1983.

80. Sachs, L.:
Angewandte Statistik.
Springer Verlag, 6. Auflage Berlin 1983.

81. Sambraus, H.H.:
Zur sozialen Rangordnung von Rindern.
Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 86(1970), H. 3, S. 240-257.

82. Schaeffer, L.R., C.E. Minder, J. McMillan u. E.B. Burnside:
Nonlinear techniques for predicting 305-day lactation production of Holsteins and Jerseys.
Journal of Dairy Science 60 (1977), S. 1636-1644.

83. Schlünsen, D.:
Versuchsergebnisse einer rechnergestützten Tierüberwachung.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik-Elektronikeinsatz in der Tierhaltung.
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 124-139.

84. Schlünsen, D. u.K. Walter:
Verfahren zur programmierten Fütterung von Grund- und Kraftfutter.
Landbauforschung-Völkenrode, Sonderheft 62(1982) S. 131-143.

85. Schlünsen, D., H. Roth, H. Schön, W. Paul u. H. Speckmann:
Möglichkeiten einer rechnergestützten Gesundheits- und Brunstüberwachung in der Milchviehhaltung.
Züchtungskunde 59(1987), H. 2, S. 81-96.

86. Schlünsen, D., H. Schön, B. Holzum u. H.L. Wiesner:
Eignung ausgewählter physiologischer Parameter zur automatisierten Früherkennung subklinischer Mastitiden.
Landbauforschung Völkenrode 33(1983), H. 4, S. 219-232.

87. Schmitt, G.:
Zum Wandel der Betriebsgrößenstruktur in der Landwirtschaft der BR Deutschland.
Agrarwirtschaft 38(1989), H. 10, S.294-304.

88. Schneeberger, M.:
Der Verlauf der Laktationskurve und die Schätzung der Milchleistung beim schweizerischen Braunvieh.
Dissertation Zürich 1978.

89. Schnekenburger, M.:
Zum Einfluss der Betriebsführung auf den Wirtschaftserfolg landwirtschaftlicher Vollerwerbsbetriebe.
Schriftenreihe des Hessischen Bauernverbandes e.V. 1986, H. 18.

90. Schön, H.:
Prozeßsteuerung in der landwirtschaftlichen Produktion.
agrarspektrum - Neue Informationstechniken im Agrarbereich Band 8(1985), S. 103-145.

91. Schön, H., R. Artmann u. D. Schlünsen:
Zukunftsorientierte Milchproduktion durch moderne Elektronik.
Arbeiten der DLG, Band 181, Frankfurt 1984.

92. Scholtysik, B. J.:
Einfluss des zugeführten Massenstroms auf das Dosierergebnis bei Kraftfutter-Dosierwaagen.
Grundlagen der Landtechnik 30(1980), H. 3, S. 61-66.

93. Scholtysik, B. J.:
Einfluss der geometrischen Parameter auf die Dosiergenauigkeit von Schneckendosierern für Kraftfuttermittel.
Grundlagen der Landtechnik 31(1981), H. 1, S. 9-15.

94. Schulz, J.:
Beiträge zur Sicherung der Eutergesundheit in industriemäßigen Milchproduktionsanlagen.
Dissertation Leipzig 1974.

95. Schwarz, F. J. u. M. Kirchgeßner:
Grundfutteraufnahme von Milchkühen in Abhängigkeit von Lebendgewicht, Zahl der Laktationen, Kraftfutterzufuhr und Grundfutterqualität.
Züchtungskunde 57(1985), H. 4, S. 267-277.

96. Scott, N.R., N.A. Sigrimis, A.T. Sobel, R.A. Marshall, D.V. Henke-Drenkard u. C. Montemagno:
Elektronic developments in dairy herd management.
Proceedings of the Symposium "Automation in dairying"
Wageningen (Niederlande) 1983.

97. Spahr, S.L., H.B. Puckett, R.S. Fernando u. E.D. Rodda:
Analysis of in-line milk conductivity data.
Proceedings of the Symposium "Automation in dairying"
Wageningen (Niederlande) 1983.

98. Spahr, S.L. u. H.B. Puckett:
Performance of elektronic animal identification systems in the milking parlor.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying"
Wagening (Niederlande) 1987, S. 385-394.

99. Spiegelberg, E.:
Abruffütterung für Milchkühe im Laufstall.
RKL-Schriftenreihe 4.20 (1980), S. 663-703.

100. Stanzel, H. u. K. Emberger:
Automatische Gewichtserfassung in der Tierhaltung.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik-Elektronikeinsatz in der Tierhaltung.
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 140-153.

101. Statistisches Bundesamt:
Viehbestand und tierische Erzeugung.
Fachserie 3, Reihe 4, versch. Jahrgänge.

102. TAURUS (Hrsg.):
Standard Interface between Management Systems and Process Computers in Dutch Dairy Farming.
Lelystad (Niederlande) 1989.

103. Tschirch, H. u. O.A. Sommer:
Über das Verhalten von Milchkühen bei unterschiedlicher Haltungsform, unter besonderer Berücksichtigung von Liegezeit und Reihenfolge beim Melken.
Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 47(1970), H. 7 S. 771-810.

104. Turner, M.J.B. und S.W.R. COX:
Automatic weighing of livestock.
Agricultural electronics - Proceedings of National Conference.
Chicago (USA) Vol. II 1983.

105. Wagner, H.:
Wer wird im Jahr 2000 noch Kühe melken?
Die Milchpraxis 27(1989), H. 4, S. 185-187.

106. Walter, K. u. D. Schlünsen:
Anforderung an die Milchleistungskontrolle als Voraussetzung für eine individuelle, leistungsgerechte Fütterung.
Landbauforschung-Völkenrode, Sonderheft 36(1976), S. 109-123.

107. Wendl, G.:
Erfahrungen mit der Kopplung von Prozeßrechnern und Betriebsrechnern unter MS-DOS.
Rechner - Rechner - Schnittstellen für den landwirtschaftlichen Betrieb.
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1985, S. 83-97.

108. Wendl, G.:
Anforderungen an den Betriebscomputer für die landwirtschaftliche Produktion.
Vortrag zur Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan.
Freising 1987, H. 2, S. 144-160.

109. Wendl, G.:
Schnittstellen für die Online-Verbindung zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer - Stand und Normungsbemühungen.
KTBL Arbeitspapier 145 (1990).
Hrsg.: KTBL Darmstadt.

110. Wendl, G., H. Auernhammer u. H. Pirkelmann:
Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung mit Hilfe eines betrieblichen Managementsystems auf dem Betriebscomputer.
22. Internationaler Kongress der Landarbeitswissenschaften Stuttgart-Hohenheim 1986, S. 233-239.

111. Wendl, G. u. H. Pirkelmann:
Erfahrungen mit rechnergestützten Fütterungsverfahren in praktischen Milchviehbetrieben.
VDI/MEG Kolloquium Landtechnik-Elektronikeinsatz in der Tierhaltung.
Braunschweig-Völkenrode 1987, H. 5, S. 50-65.

112. Wierenga, H.K. u. H. Hopster:
Behavioural research for the further development of systems for automatic concentrate feeding.
Proceedings of the third Symposium "Automation in dairying"
Wageningen (Niederlande) 1987, S. 52-61.

113. Willems, A. E. R. u. P. Lampo:
De rangorde bij het melken van koeien in de melkstal.
Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift
33(1964), H. 3, S. 75-82.

114. Wood, P. D. P.:
A note on the repeatability of parameters of the lactation curve in cattle.
Animal Production 12(1970), S. 535-38.

115. Worstorff, H.:
Schaum als Störfaktor volumetrischer Milchmengenmessung.
Landtechnik 44(1989), Sonderheft, S. 387-390.

116. Worstorff, H. u. A. Prediger.:
Milking machine requirements on milk meters.
Proceedings of the Symposium "Automation in Dairying".
Wageningen (Niederlande) 1983.

117. Worstorff, H. u. H. Stanzel:
Zur Messung der Strömungsverluste von Milchfluß- und Milchmengenmeßgeräten.
Landtechnik 38(1983), H. 7/8, S. 308-314.

EDV-Software:

1. Columbia University Center for Comuting Activities (CUCCA):
KERMIT 4E.
Columbia (USA) 1988.

2. Control Data:
NOS/VE.
Frankfurt 1989.

3. Digital Equipment GmbH:
ULRTIX-32 V3.0.
New Hampshire (USA) 1988.

4. ORACLE Corporation:
ORACLE 5.1.
California (USA) 1988.

5. Informix Software GmbH:
INFORMIX V2.0.
München 1986.

6. Siemens AG:
CES 1.0B.
München 1986.

7. Siemens AG:
SINIX V1.2A:
München 1987.

8. SPSS GmbH:
SPSS-X 2.2.
München 1986.

ANHANGSTABELLEN

Anhangstabelle 1: Betriebsspiegel für den Versuchsbetrieb

Natürliche Ertragsvoraussetzungen:

Betriebsfläche (BF)	35.5 ha
Landw. Nutzfläche (LN)	34.0 ha
davon: Grünland	6.0 ha
Ackerland	28.0 ha

Viehbestand:

Kühe	36
Kalbinnen	9
Jungvieh bis 1 J.	22
w. Jungvieh ü. 1 J.	9
Mastvieh ü. 1 J.	-

Milchleistung (Milchprüfjahr 78/88):

5.300 kg Milch, 4.14 % Fett, Eiweiß 3.50 %,
Milchkontingent kg: 190.000,
Zwischenkalbezeit 375 Tage

Arbeitskräfte:

Betriebsleiter	1.0 AK
Ehefrau	0.3 AK
Eltern	0.6 AK

Stall:

Milchviehboxenlaufstall mit eingestreuten Tiefboxen und Vollspaltenboden, 2-reihige Aufstallung, 46 Kuhplätze, 30 Jungviehplätze Vollspaltenboden mit Liegeboxen;

Doppelvierer-Fischgrätenmelkstand mit Milchmengenmeßgeräten und Melkstandcomputer, Einzelplatzidentifizierung;

Speicherung und Aufbereitung der Melkdaten durch einen PC;

Futterlagerung:

Hochsilo	240 cbm
Fahrsilo	200 cbm
Feldmieten	je nach Bedarf
Bergeraum in der Maschinenhalle	je nach Bedarf

Güllelagerung:

Tiefbehälter (450 cbm)

Anhangstabelle 2: Verfügbarkeit der erfaßten Daten vom Januar 1987 bis August 1989

Jahr	Monat	Milch-Kraftfutterdaten (Tage pro Monat) abs.	rel.	Melkplatz-Melkzeitdaten abs.	rel.
1987	1	9	29		
	2	22	79		
	3	25	81		
	4	18	60		
	5	24	77		
	6	22	73		
	7	24	77		
	8	18	58		
	9	30	100		
	10	30	97		
	11	22	73		
	12	30	97		
1988	1	31	100		
	2	28	97		
	3	26	84	28	90
	4	29	97	28	93
	5	29	94	28	90
	6	29	97	29	97
	7	26	84	26	84
	8	28	90	27	87
	9	21	70	30	100
	10	23	74	24	77
	11	28	93	28	93
	12	28	90	30	97
1989	1	31	100	31	100
	2	18	64	18	64
	3	26	84	26	84
	4	28	93	27	90
	5	29	94	28	90
	6	18	60	11	37
	7	10	32	18	58
	8	11	36	24	77

Anhangstab. 3: Identifizierungsraten in der Versuchszeit

Bezeichnung	morgens		abends		Tag insgesamt	
	n	%	n	%	n	%
1. Auswertung insgesamt						
	11131	89.9	11568	93.5	22699	91.7
2. Auswertung nach Monaten						
Monat						
Januar	947	90.0	947	92.0	1894	91.4
Februar	382	86.9	433	87.5	815	87.2
März	1125	85.3	1212	95.6	2337	90.7
April	1390	86.3	1390	89.8	2780	88.0
Mai	1275	87.5	1328	91.7	2603	89.6
Juni	719	94.6	803	96.3	1522	95.5
Juli	710	94.2	773	97.7	1483	96.0
August	916	93.1	949	93.9	1865	93.5
September	1053	92.4	1053	95.3	2106	93.9
Oktober	781	89.1	780	94.4	1561	91.7
November	939	90.6	973	92.5	1912	91.6
Dezember	894	91.2	927	95.1	1821	93.2
3. Auswertung nach Laktationen						
Laktationsnummer						
1	4401	87.4	4568	92.6	8969	90.1
2	2404	89.2	2500	93.8	4904	91.5
3	1709	91.4	1779	94.2	3488	92.8
4	1913	94.1	1981	94.6	3894	94.4
5	382	95.8	398	96.0	780	95.9
4. Auswertung nach Laktationsabschnitten						
Laktations-abschnitt (Tage)						
<= 30	1052	89.7	1090	92.1	2142	90.9
> 30 - <= 60	1258	90.5	1307	93.5	2565	92.0
> 60 - <= 90	1201	90.8	1261	94.4	2462	92.6
> 90 - <=120	1076	90.4	1117	95.5	2193	93.0
>120 - <=150	1074	90.7	1112	95.1	2186	92.9
>150 - <=180	1079	92.2	1109	94.4	2188	93.3
>180 - <=210	983	89.4	1013	92.7	1996	91.1
>210 - <=240	978	91.0	1031	94.4	2009	92.7
>240 - <=270	1014	87.7	1051	94.1	2065	90.9
>270 - <=300	792	85.4	824	87.7	1616	86.6
>300 - <=330	367	87.7	387	91.2	754	89.5
>330	257	91.1	266	94.4	523	92.7

Fortsetzung von Anhangstabelle 3 auf nächster Seite

Fortsetzung von Anhangstabelle 3

5. Auswertung nach Gemelksmenge

Gemelksmenge (kg von ... bis)						
<= 5.0	361	81.7	1787	89.8	2148	88.5
> 5.0 - <= 7.5	2538	86.6	3824	92.3	6362	90.0
> 7.5 - <=10.0	3727	89.6	3264	94.4	6991	91.9
>10.0 - <=12.5	2467	91.4	1799	96.5	4266	93.6
>12.5 - <=15.0	1343	93.4	744	96.2	2087	94.4
>15.0 - <=17.5	561	95.2	126	96.8	687	95.5
>17.5	134	94.8	24	100.0	158	95.6

6. Auswertung nach Kühen

34	108	82.4	114	78.1	222	80.2
59	55	87.3	58	91.4	113	89.4
62	79	89.9	86	97.7	165	93.9
77	321	97.5	335	97.3	656	97.4
85	288	94.8	300	96.7	588	95.7
86	307	96.4	320	96.3	627	96.3
89	305	94.1	317	94.3	622	94.2
93	320	82.8	331	84.9	651	83.9
94	154	99.4	160	97.5	314	98.4
95	277	97.1	288	96.2	565	96.6
96	323	97.2	336	96.7	659	97.0
99	349	90.0	365	91.5	714	90.8
100	126	77.8	132	86.4	258	82.2
101	272	95.6	281	98.2	553	96.9
106	300	96.0	310	96.8	610	96.4
107	295	96.6	304	98.0	599	97.3
108	143	90.9	148	91.2	291	91.1
109	164	86.6	171	93.6	335	90.1
112	271	86.3	285	95.1	556	90.8
114	272	98.5	283	98.9	555	98.7
115	338	89.6	352	90.9	690	90.3
116	286	94.1	301	94.4	587	94.2
117	211	93.8	219	96.8	430	95.3
118	305	94.8	318	95.3	623	95.0
119	324	91.4	337	96.1	661	93.8
120	339	77.0	353	89.5	692	83.4
121	332	76.5	344	89.8	676	83.3
123	329	98.2	343	99.1	672	98.7
124	299	88.3	310	92.9	609	90.6
126	309	77.7	319	84.3	628	81.1
129	293	88.7	305	93.8	598	91.3
130	268	94.0	279	95.7	547	94.9
131	271	93.0	280	94.3	551	93.6
133	229	95.2	238	96.2	467	95.7
134	254	82.7	264	93.6	518	88.2
135	237	93.2	246	95.9	483	94.6
136	243	89.3	251	95.2	494	92.3
137	237	89.9	245	89.4	482	89.6
138	237	96.2	245	95.9	482	96.1
139	236	60.2	243	82.3	479	71.4
142	225	94.2	231	94.4	456	94.3
143	241	92.9	248	92.7	489	92.8
144	193	63.2	200	80.5	393	72.0
145	166	83.7	173	94.8	339	89.4

Anhangstabelle 4: Statistische Parameter der absoluten Morgengemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6731 Einzelgemelksabweichungen, Rohdaten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel kg	Standardabweichung kg	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.0	1.1	16.0	0.1	-0.3	0.1
5	-0.0	1.1	16.2	0.1	-0.2	0.1
6	-0.0	1.1	16.8	0.1	-0.2	0.1
7	-0.0	1.1	17.1	0.1	-0.2	0.1
8	-0.0	1.1	17.0	0.1	-0.2	0.1
9	-0.0	1.1	16.8	0.1	-0.2	0.1
10	-0.0	1.1	16.4	0.1	-0.2	0.1
11	-0.1	1.1	16.3	0.1	-0.2	0.1
12	-0.1	1.1	16.3	0.1	-0.2	0.1
13	-0.1	1.1	15.9	0.1	-0.2	0.1
14	-0.1	1.1	15.6	0.1	-0.1	0.1

Anhangstabelle 4: Statistische Parameter der absoluten Abendgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6274 Einzelgemelksabweichungen, Rohdaten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel kg	Standardabweichung kg	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.0	1.0	16.6	0.1	0.8	0.0
5	-0.0	1.0	18.1	0.1	1.0	0.0
6	-0.0	1.0	18.3	0.1	1.0	0.0
7	-0.0	1.0	18.9	0.1	1.1	0.0
8	-0.1	1.0	18.7	0.1	1.1	0.0
9	-0.1	1.0	18.3	0.1	1.1	0.0
10	-0.1	1.0	18.3	0.1	1.1	0.0
11	-0.1	1.0	17.6	0.1	1.2	0.0
12	-0.1	1.0	17.3	0.1	1.2	0.0
13	-0.1	1.0	17.1	0.1	1.2	0.0
14	-0.1	1.0	16.7	0.1	1.2	0.0

Fortsetzung der Anhangstabelle 4 auf nächster Seite

Fortsetzung von Anhangstabelle 4

Anhangstabelle 4: Statistische Parameter der relativen Morgengemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6731 Einzelgemelksabweichungen, Rohdaten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel %	Standardabweichung %	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	0.2	12.9	48.4	0.1	2.9	0.0
5	0.1	11.3	27.7	0.1	2.0	0.0
6	-0.0	11.2	28.5	0.1	2.0	0.0
7	-0.1	11.2	29.4	0.1	2.1	0.0
8	-0.2	11.1	25.6	0.1	1.8	0.0
9	-0.3	11.1	25.9	0.1	1.8	0.0
10	-0.3	11.0	24.8	0.1	1.6	0.0
11	-0.4	11.0	24.9	0.1	1.6	0.0
12	-0.5	11.0	24.9	0.1	1.6	0.0
13	-0.6	11.1	24.5	0.1	1.6	0.0
14	-0.6	11.1	24.3	0.1	1.6	0.0

Anhangstabelle 4: Statistische Parameter der relativen Abendgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6274 Einzelgemelksabweichungen, Rohdaten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel %	Standardabweichung %	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	0.1	11.9	23.8	0.1	1.9	0.0
5	-0.1	11.7	25.2	0.1	2.0	0.0
6	-0.2	11.6	25.7	0.1	2.0	0.0
7	-0.3	11.6	26.3	0.1	2.1	0.0
8	-0.4	11.6	26.3	0.1	2.1	0.0
9	-0.5	11.6	26.0	0.1	2.1	0.0
10	-0.6	11.6	25.8	0.1	2.1	0.0
11	-0.6	11.7	25.6	0.1	2.1	0.0
12	-0.7	11.7	25.5	0.1	2.1	0.0
13	-0.7	11.7	25.2	0.1	2.1	0.0
14	-0.8	11.7	25.1	0.1	2.1	0.0

Anhangstabelle 5: Statistische Parameter der absoluten Morgengemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6516 Einzelgemelksabweichungen, bereinigte Daten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel kg	Standardabweichung kg	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	0.0	0.8	0.5	0.1	-0.1	0.0
5	0.0	0.8	0.5	0.1	-0.1	0.0
6	0.0	0.8	0.5	0.1	-0.1	0.0
7	0.0	0.8	0.5	0.1	-0.0	0.0
8	0.0	0.8	0.5	0.1	-0.1	0.0
9	0.0	0.8	0.5	0.1	-0.1	0.0
10	-0.1	0.8	0.4	0.1	-0.1	0.0
11	-0.1	0.8	0.4	0.1	-0.1	0.0
12	-0.1	0.8	0.4	0.1	-0.1	0.0
13	-0.1	0.8	0.4	0.1	-0.1	0.0
14	-0.1	0.8	0.4	0.1	-0.1	0.0

Anhangstabelle 5: Statistische Parameter der absoluten Abendgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6097 Einzelgemelksabweichungen, bereinigte Daten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel kg	Standardabweichung kg	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	0.0	0.7	0.3	0.1	-0.6	0.0
5	0.0	0.7	0.3	0.1	-0.6	0.0
6	0.0	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
7	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
8	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
9	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
10	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
11	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
12	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
13	-0.1	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0
14	-0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0

Fortsetzung der Anhangstabelle 5 auf nächster Seite

Fortsetzung von Anhangstabelle 5

Anhangstabelle 5: Statistische Parameter der relative Morgengemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6516 Einzelgemelksabweichungen, bereinigte Daten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel %	Standardabweichung %	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.1	8.0	0.3	0.1	-0.1	0.0
5	-0.1	7.9	0.2	0.1	-0.1	0.0
6	-0.2	7.8	0.2	0.1	-0.1	0.0
7	-0.2	7.8	0.2	0.1	-0.1	0.0
8	-0.3	7.8	0.2	0.1	-0.1	0.0
9	-0.4	7.8	0.2	0.1	-0.1	0.0
10	-0.4	7.9	0.2	0.1	-0.0	0.0
11	-0.5	7.9	0.2	0.1	-0.1	0.0
12	-0.6	7.9	0.2	0.1	-0.1	0.0
13	-0.7	7.9	0.2	0.1	-0.1	0.0
14	-0.8	7.9	0.2	0.1	-0.1	0.0

Anhangstabelle 5: Statistische Parameter der relative Abendgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6097 Einzelgemelksabweichungen, bereinigte Daten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel %	Standardabweichung %	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.2	8.5	0.2	0.1	0.0	0.0
5	-0.4	8.3	0.2	0.1	0.0	0.0
6	-0.4	8.3	0.1	0.1	0.0	0.0
7	-0.6	8.2	0.1	0.1	0.0	0.0
8	-0.6	8.2	0.0	0.1	0.0	0.0
9	-0.7	8.2	0.0	0.1	0.0	0.0
10	-0.8	8.2	0.0	0.1	0.0	0.0
11	-0.9	8.2	0.0	0.1	0.1	0.0
12	-0.9	8.2	0.0	0.1	0.0	0.0
13	-1.0	8.2	0.0	0.1	0.0	0.0
14	-1.1	8.3	0.0	0.1	0.0	0.0

Anhangstabelle 6: Mittlere relative Abweichungen der berechneten Gemelksmengen von den geschätzten Gemelksmengen nach Melkplätzen (Morgengemelk)

Melk-platz	Zeitabschnitte in der Datenerfassung (Tage) (jeweils 1. Tag der 30-Tages-Spanne)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	0.0	-2.8*	-0.8	-1.2	-1.8	-0.4	-0.9	-3.6*	-4.1*	-2.3*	-1.9*	-1.6
1	0.0	-0.5	-0.5	0.9	-1.6	-0.3	-1.4	-1.7	-3.4*	-2.4*	1.2	-0.7
2	1.8	-0.7	-0.7	-1.3	1.0	3.5*	-0.3	0.5	-2.7*	-1.8*	2.7*	1.5
3	-1.3	-0.9	-0.4	0.5	0.0	-2.5*	-4.8*	-2.4*	-4.7*	-1.3	0.3	-0.2
4	0.5	0.3	-3.1*	0.3	-2.4*	-2.9*	-3.6*	-5.8	-3.7*	-3.6*	-3.2*	-5.6*
5	2.9	-2.8*	1.3	3.3*	-0.2	1.8*	0.7	-1.9	-2.2*	0.0	-1.1	3.1
6	0.0	0.3	-0.4	2.0	3.3*	3.5*	3.4*	3.9*	1.9	2.2*	3.1*	4.2*
7	-2.0	-1.9	-0.2	-0.5	-2.0*	-1.3	-1.9*	-3.5*	-5.0*	-2.7*	-2.0*	-0.2
$\bar{x}$	0.3	-1.2	-0.6	0.4	-0.6	0.1	-1.1	-1.9	-3.0	-1.5	-0.1	0.0

* = siginifikante Abweichung von 0 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %

Fortsetzung von Anhangstabelle 6 auf nächster Seite

Fortsetzung von Anhangstabelle 6

Anhangstabelle 6: Mittlere relative Abweichungen der berechneten Gemelksmengen von den geschätzten Gemelksmengen nach Melkplätzen (Abendgemelk)

Melkplatz	Zeitabschnitte in der Datenerfassung (Tage) (jeweils 1. Tag der 30-Tages-Spanne)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	-2.3	-0.4	0.0	0.2	-1.1	-0.1	-1.2	-0.1	-3.6*	-2.0*	-0.2	-2.7*
1	0.7	2.1	-2.3	-1.1	1.4	4.4*	0.2	-1.6	0.7	-0.7	1.7	-1.8
2	-0.3	-1.2	-2.2	3.4*	1.9	3.7*	2.7*	-0.5	-0.2	-1.6	2.0*	0.1
3	-3.3*	-2.6*	-2.5*	-0.1	-0.0	0.7	-4.2*	-3.4*	-3.9*	-3.4*	-1.1	-0.8
4	-1.8	-2.0	-1.0	1.5	-2.6*	0.5	-4.1*	-5.0*	-4.8*	-5.2*	-3.6*	-4.2*
5	-2.5	1.3	-0.1	2.3*	-0.9	3.4*	0.8	-0.6	-1.7	-0.5	0.9	0.2
6	2.2	1.8	0.6	1.5	3.4*	1.5	1.8*	1.8	0.5	2.3*	4.4*	3.3*
7	-1.1	-1.9	-1.0	-2.1	-1.5	1.6	-2.0*	-4.0*	-4.4*	-2.5*	-2.2*	-2.1
x̄	-1.1	-0.3	-1.1	0.7	0.0	2.0	-0.7	-1.6	-2.2	-1.7	0.3	-1.0

* = siginifikante Abweichung von 0 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %

Anhangstabelle 7: Zeitspannen für die Berechnung der melkplatzspezifischen Abweichungen (Morgengemelk, 95 %-Vertrauensbereich der Abweichungen)

Anz. Mon.	Abweichung der gemessenen Gemelksmengen von den geschätzten Gemelksmengen Melkplatznummer %															
	0		1		2		3		4		5		6		7	
1	-4.5	-0.6	-0.1	4.8	0.3	5.4	-6.4	-1.5	-4.1	1.5	-1.1	4.3	1.0	5.6	-2.5	3.5
2	-2.1	0.8	0.5	3.8	1.3	4.7	-5.4	-1.9	-3.0	0.7	-0.9	2.5	1.1	4.2	-2.3	2.1
3	-1.9	0.3	-0.1	2.4	1.5	4.3	-3.7	-1.0	-3.0	-0.4	-1.2	1.3	1.2	3.7	-2.7	0.1
4	-1.9	0.1	-0.4	1.9	1.4	3.9	-3.6	-1.1	-3.3	-0.8	-1.0	1.3	1.3	3.7	-2.8	-0.3
5	-2.6	-0.9	-0.4	1.5	1.4	3.4	-3.1	-0.9	-3.8	-1.7	-1.0	0.9	1.7	3.6	-2.1	-0.1
6	-2.1	-0.6	-0.4	1.2	1.3	3.1	-2.4	-0.6	-3.2	-1.5	-0.8	0.8	2.0	3.5	-2.0	-0.4
7	-2.1	-0.6	-1.0	0.5	0.4	2.0	-2.5	-0.9	-3.3	-1.7	-1.0	0.5	1.9	3.4	-2.4	-0.9
8	-2.4	-1.1	-1.0	0.3	0.3	1.8	-2.5	-1.1	-3.8	-2.4	-1.1	0.2	2.2	3.5	-2.6	-1.3
9	-2.1	-0.9	-1.1	0.2	0.2	1.5	-3.0	-1.7	-3.7	-2.4	-0.9	0.3	2.2	3.5	-2.6	-1.3
10	-2.0	-0.9	-1.1	0.1	0.6	1.9	-3.0	-1.7	-3.7	-2.5	-0.9	0.3	2.3	3.5	-2.6	-1.4
11	-2.1	-1.0	-1.3	-0.1	0.6	1.8	-2.9	-1.7	-3.6	-2.5	-0.7	0.4	2.3	3.5	-2.5	-1.4
12	-2.0	-0.9	-1.1	-0.0	0.4	1.5	-2.8	-1.7	-3.5	-2.4	-0.6	0.4	2.2	3.3	-2.4	-1.4

Fortsetzung der Anhangstabelle 7 auf nächster Seite

Fortsetzung von Anhangstabelle 7

Anhangstabelle 7: Zeitspannen für die Berechnung der melkplatzspezifischen Abweichungen (Abendgemelk, 95 %-Vertrauensbereich der Abweichungen)

Anz. Mon.	Abweichung der gemessenen Gemelksmengen von den geschätzten Gemelksmengen Melkplatznummer %															
	0		1		2		3		4		5		6		7	
1	-4.4	1.6	-1.0	6.0	0.9	7.1	-5.8	-0.2	-7.2	-0.5	-3.6	3.1	-1.1	4.7	-0.1	7.4
2	-3.0	1.9	-0.7	3.6	0.6	5.0	-5.8	-1.9	-5.2	-1.3	-2.4	1.8	1.1	5.6	-0.7	4.1
3	-2.8	0.5	-1.1	1.9	0.9	4.1	-3.7	-0.7	-4.3	-1.5	-1.4	1.8	1.2	4.2	-1.7	1.5
4	-2.8	0.2	-0.9	1.7	1.1	4.0	-3.3	-0.6	-4.8	-2.2	-1.3	1.6	1.7	4.4	-2.2	0.7
5	-2.4	-0.2	-0.6	1.6	1.3	3.5	-2.8	-0.6	-5.1	-3.0	-0.9	1.3	2.5	4.5	-2.3	-0.1
6	-2.2	-0.4	-0.7	1.1	0.9	2.7	-2.7	-0.8	-4.9	-3.0	-0.7	1.1	2.6	4.3	-2.1	-0.3
7	-2.4	-0.8	-0.4	1.2	0.5	2.3	-3.0	-1.3	-4.5	-2.9	-0.7	0.9	2.4	4.0	-2.6	-1.0
8	-2.2	-0.8	-0.4	1.0	0.3	1.9	-3.2	-1.6	-4.8	-3.3	-1.0	0.5	2.1	3.6	-2.8	-1.3
9	-2.0	-0.7	-0.5	0.9	0.5	2.0	-3.6	-2.1	-5.0	-3.7	-0.7	0.6	2.0	3.4	-2.9	-1.5
10	-2.1	-0.8	-0.1	1.2	0.8	2.2	-3.2	-1.9	-4.6	-3.3	-0.7	0.6	1.8	3.1	-2.5	-1.2
11	-2.1	-0.9	-0.1	1.2	0.9	2.2	-3.1	-1.8	-4.5	-3.2	-0.6	0.6	1.9	3.2	-2.4	-1.2
12	-2.0	-0.8	-0.0	1.2	1.0	2.3	-2.9	-1.6	-4.0	-2.8	-0.6	0.6	1.8	3.0	-2.4	-1.3

Anhangstabelle 8: Statistische Parameter der absoluten Tagesgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6629 Einzelgemelksabweichungen, Rohdaten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel kg	Standardabweichung kg	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.1	1.6	16.8	0.1	-0.4	0.0
5	-0.1	1.6	16.4	0.1	-0.3	0.0
6	-0.1	1.6	16.2	0.1	-0.3	0.0
7	-0.1	1.6	16.0	0.1	-0.3	0.0
8	-0.1	1.7	15.5	0.1	-0.1	0.0
9	-0.1	1.7	15.1	0.1	-0.1	0.0
10	-0.1	1.8	15.6	0.1	0.5	0.0
11	-0.1	1.7	13.5	0.1	0.1	0.0
12	-0.1	1.7	13.5	0.1	0.0	0.0
13	-0.1	1.7	13.3	0.1	0.0	0.0
14	-0.2	1.7	13.1	0.1	0.0	0.0

Anhangstabelle 8: Statistische Parameter der relativen Tagesgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6629 Einzelgemelksabweichungen, Rohdaten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel %	Standardabweichung %	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.1	9.2	28.6	0.1	1.3	0.0
5	-0.2	9.2	28.6	0.1	1.3	0.0
6	-0.2	9.2	28.5	0.1	1.3	0.0
7	-0.3	9.3	28.4	0.1	1.3	0.0
8	-0.4	9.6	39.8	0.1	2.1	0.0
9	-0.4	9.6	39.0	0.1	2.1	0.0
10	-0.1	11.8	52.2	0.1	4.5	0.0
11	-0.4	10.2	32.8	0.1	2.1	0.0
12	-0.5	9.9	35.2	0.1	2.0	0.0
13	-0.6	9.9	35.6	0.1	2.0	0.0
14	-0.7	10.0	35.3	0.1	2.0	0.0

Anhangstabelle 9: Statistische Parameter der absoluten Tagesgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6430 Einzelgemelksabweichungen, bereinigte Daten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel kg	Standardabweichung kg	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	0.0	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
5	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
6	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
7	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
8	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
9	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
10	-0.1	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0
11	-0.1	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0
12	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
13	-0.1	1.1	0.4	0.1	0.1	0.0
14	-0.2	1.2	0.4	0.1	0.1	0.0

Anhangstabelle 9: Statistische Parameter der relativen Tagesgemelksabweichungen vom Mittelwert der zurückliegenden Tage (n = 6430 Einzelgemelksabweichungen, bereinigte Daten)

zurückliegende Tage	arith. Mittel %	Standardabweichung %	Exzeß	Standardfehler Exzeß	Schiefe	Standardfehler Schiefe
4	-0.3	5.9	0.2	0.1	-0.4	0.0
5	-0.3	5.8	0.2	0.1	0.0	0.0
6	-0.4	5.9	0.2	0.1	-0.1	0.0
7	-0.4	5.9	0.2	0.1	-0.1	0.0
8	-0.5	5.9	0.2	0.1	0.0	0.0
9	-0.6	6.0	0.2	0.1	0.0	0.0
10	-0.7	6.1	0.3	0.1	0.0	0.0
11	-0.8	6.3	0.4	0.1	0.0	0.0
12	-0.8	6.3	0.3	0.1	0.0	0.0
13	-0.8	6.3	0.2	0.1	0.0	0.0
14	-0.9	6.3	0.2	0.1	0.0	0.0

Anhangstabelle 10: Abweichung der gemessenen Tagesmilchmengen von den nach BUREMA und KERKHOF geschätzten Milchmengen bei verschiedenen Zeiten für die Berechnung der Startmilchmenge

Laktationstag für für Berechnung der Startmilchmenge	mittlere Abweichung %	Standardabweichung der mittl. Abweichung %
10	-10.6	18.3
15	- 7.9	18.7
20	- 9.1	18.1
25	- 9.3	18.5
30	- 7.8	18.3
35	- 7.8	18.7
40	- 7.7	18.6
45	- 8.1	18.0
50	- 6.5	17.3
55	- 6.2	17.1
60	- 7.3	17.0
Laktationsmaximum	- 2.3	16.2

Anhangstabelle 11: Abweichung der gemessenen Tagesmilchmengen von den nach WOOD geschätzten Milchmengen bei verschiedenen Zeiten für die Berechnung der Startmilchmenge (1. Milchmenge zu Laktationsbeginn)

Laktationstag für die Berechnung der 2. Milchmenge	Laktationstag für die Berechnung der 3. Milchmenge	mittlere Abweichung %	Standardabweichung der Abweichungen %
20	10	-31.5	48.4
20	15	-31.6	43.0
20	20	-35.7	37.2
20	25	-25.5	38.8
20	30	-25.1	38.4
20	35	-26.9	41.0
20	40	-24.2	37.6
25	10	-16.5	47.0
25	15	-19.4	42.0
25	20	-23.2	38.6
25	25	-12.7	33.4
25	30	-12.7	37.6
25	35	-23.1	32.1
25	40	-18.6	30.0
25	45	-14.1	28.9
25	50	-12.3	28.9
25	55	-11.7	28.4
25	60	- 9.6	28.0
25	65	- 7.6	26.4
25	70	- 5.0	26.7
25	75	- 3.8	24.5
25	80	- 5.7	22.9
25	85	- 5.4	23.1
25	90	- 3.1	22.2
25	95	- 4.5	19.5
25	100	- 3.0	21.7
25	105	- 2.0	20.1
25	110	- 0.2	17.1
25	115	- 0.7	17.3
25	120	0.4	17.0
25	125	1.7	16.8
25	130	2.2	17.0
25	135	2.9	17.4
25	140	5.4	16.9
25	145	5.8	16.9
30	10	48.2	653.3
30	15	- 4.7	121.3
30	20	- 9.4	71.2
30	25	- 0.3	83.8
30	30	- 8.7	48.7
30	35	-10.8	44.4
30	40	-13.2	36.5
Laktationsmax.	10	-51.1	41.0
Laktationsmax.	15	-46.2	44.7
Laktationsmax.	20	-44.9	40.1
Laktationsmax.	25	-41.8	39.8
Laktationsmax.	30	-37.6	37.5
Laktationsmax.	35	-36.0	37.1
Laktationsmax.	40	-33.0	35.5

Abb	S	Nr	Seite	Reihe
1	1	90-2-030	13	2
2	8	86-2-289	12	6
3	12	90-2-042	3	1
4	18	90-2-040	3	1
5	21	90-2-037	3	2
6	22	90-2-038	3	1
7	25	90-2-039	3	1
8				
9	35	88-2-439	19	3
10	37	90-2-072	3	4
11	38	90-2-075	3	4
12	40	90-2-074	3	4
13	44	90-2-057	2	6
14	48	90-2-068	3	5
15	49	90-2-073	3	4
16	51	90-2-152	3	3
17	53	90-2-071	3	4
18	55	90-2-080	3	3
19	58	90-2-051	2	7
20	59	90-2-052	2	6
21	61	90-2-045	3	1
22	63	90-2-043	3	1
23	64	90-2-046	2	7

Abb	S	Nr	Seite	Reihe
24	66	90-2-061	3	6
25	67	90-2-050	2	7
26	69	90-2-054	2	6
27	71	90-2-063	3	6
28	72	90-2-064	3	5
29	73	90-2-065	3	5
30	74	90-2-062	3	6
31	82	90-2-055	2	6
32	83	90-2-049	2	7
33	84	90-2-186	4	5
34	87	90-2-187	4	5
35	88	90-2-188	4	3
36	89	90-2-151	4	3
37	90	90-2-193	4	2
38	93	90-2-153	3	3
39	94	90-2-083	3	3
40	95	90-2-048	2	7
41	96	90-2-060	3	6
42	97	90-2-059	3	6
43	99	90-2-066	3	5
44	109	90-2-047	2	7