

<sup>1)</sup> Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Georg-August-Universität, Göttingen

<sup>2)</sup> Ontario Dairy Herd Improvement Corporation (DHI), Guelph, Kanada

<sup>3)</sup> Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt, Braunschweig (FAL)

ERNST BOHLSSEN<sup>1, 2, 3)</sup>, RALF WAßMUTH<sup>1)</sup> und DIETER ORDOLFF<sup>3)</sup>

## **Aussagegenauigkeit der Milchleistungsprüfung unter Bedingungen automatischer Melkverfahren - Vergleich deutscher und kanadischer Modellansätze**

### Summary

Title of the paper: **Reliability of milk recording applying automatic milking - comparison of German and Canadian model approaches**

Due to a high variability of milking intervals within animals rate of milk secretion and milk yield per hour in automatic milking systems (AMS) are more variable than in conventional milking systems. Further reasons are technical problems and the absence of milking persons cows with problems are to be milked. The calculation of milk yield obtained in 24 hours, only based on milking during the test day, is not precise enough. To calculate the average milk yield in a testing period as many milking as possible should be taken into consideration. Milk yield calculated according to that procedure does not correspond with milk composition of the test day.

Based on 85012 milking on one farm the amount of milking was calculated, required to minimize the variability of milk yield per hour and to obtain a high correlation of the calculated daily yield with the "real" milk yield during the sampling period. Depending on number and state of lactation it was found that between 13 and 16 milking are required to obtain a maximum of accuracy. In all classes 12 milking would result in 95% of the maximum accuracy. Since farm management and type of the AMS may affect the results additional types of AMS and more farms should be included into the evaluation.

Key Words: automatic milking system, milk recording, dairy cows

### Zusammenfassung

Am Automatischen Melkverfahren (AMV) hat die Milchsekretionsrate und ermolzene Milchmenge je Stunde, bedingt durch eine hohe Variabilität der Zwischenmelkzeit innerhalb eines Tieres, eine höhere Streubreite als bei konventionellen Melkverfahren. Weitere Ursachen sind technische Unzulänglichkeiten und das Fehlen des Melkers bei Problemtieren. Die Ermittlung des 24-Stunden-Gemelkes aufgrund der Melkungen unmittelbar am Testtag ist zu ungenau. Für die Berechnung der mittleren Milchmenge im Prüfungsabschnitt wären möglichst viele Melkungen notwendig. Die so ermittelte Milchmenge passt jedoch nicht zu den am Testtag analysierten Inhaltsstoffen. Anhand von 85012 Melkungen eines Betriebes wurde berechnet, wie viele Melkungen heran gezogen werden müssen, damit die Variabilität der Milchmenge pro Stunde möglichst gering ist und gleichzeitig eine hohe Korrelation des 24-Stunden-Gemelkes mit der 'wahren Milchmenge' zur Zeit der Probennahme gegeben ist. Die Berechnung ergab, dass je nach Laktationsnummer und Laktationsstadium mindestens 13 und höchstens 16 Melkungen notwendig sind, um die höchste gemeinsame Genauigkeit zu erreichen. Bei 12 Melkungen würden in allen Klassen mindestens 95% vom Maximum erreicht werden. Die Ergebnisse sollten durch Hinzunahme weiterer Fabrikanlagen und Betriebe überprüft werden, da das Management und das AMV-Fabrikat einen Einfluss auf die Anzahl haben könnten.

Schlüsselwörter: Automatisches Melkverfahren, Roboter, Milchleistungsprüfung, Milchkühe

### 1. Einleitung

Sinkende Milcherzeugerpreise und steigende Produktionskosten erfordern ein ständiges Wachsen der landwirtschaftlichen Betriebe und fördern den Strukturwandel in der Landwirtschaft. Die letzten Jahre sind gekennzeichnet durch einen zunehmenden An-

teil an Milcherzeugungsbetrieben, die die Landwirtschaft aufgeben. Allein von 1999 auf 2000 haben 9,3% der milchviehhaltenden Betriebe die Produktion eingestellt (ADR, 2001). Im gleichen Zug erweitern die verbleibenden Betriebe ihre Betriebsgröße (CUMMING, 2000). Mit der steigenden Herdengröße nimmt auch der Arbeitsaufwand zu, der jedoch nur selten durch Einstellung von Arbeitskräften ausgeglichen wird. Hohe Personalkosten und vergleichsweise hohe Industrielöhne zwingen den Betrieb, die steigende Arbeitsbelastung durch Technisierung zu verringern. In den letzten Jahren wurde sowohl in Europa als auch in Nordamerika viel Arbeitszeiteinsparung durch den Einsatz moderner Fütterungstechniken, Haltungsformen und Melktechniken erreicht. Das Errichten moderner Boxenlaufställe ermöglichte den Einsatz größerer Gruppenmelkstände, wie Side by Side- und Fischgrätenmelkstände. Aber auch Automatische Melkverfahren (AMV) haben Einzug in die landwirtschaftliche Praxis gehalten. Damit ist es nun erstmalig möglich, den Melkprozess von der permanenten Anwesenheit einer Person zu lösen und weitestgehend vollautomatisch ablaufen zu lassen.

Züchtungsfortschritte, verbesserte Haltungsformen und eine bedarfsgerechtere Fütterung ließen in den letzten Jahren die Milchmengen stark ansteigen. Die hohen Leistungen bewirken, dass das Wohlbefinden der Kühe bei zweimaligem melken nicht mehr optimal ist. Daher ist es nach ROSSING et al. (1997) sinnvoll, die Melkfrequenz zu erhöhen, was auch durch den Einsatz von AMV ohne Mehraufwand möglich ist. Der freie Kuhzugang zum AMV und die damit eigenständig wählbaren Melkzeiten lösen die Kuh vom atypischen Verhaltensrhythmus, der durch den konventionellen morgendlichen und abendlichen Melkvorgang entsteht (SCHÖN et al., 1992; SCHÖN und WENDL, 1999) und stehen im positiven Einklang mit der Forderung nach einem höheren Maß an Kuhkomfort. Die höhere Melkfrequenz ermöglicht eine weitere Milchleistungssteigerung, was die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion fördern kann (AMOS et al., 1985; DE PETERS et al., 1985; GISI et al., 1986; ORDOLFF, 1989; SZUCS et al., 1991; CAMPOS et al., 1994; KLEI et al., 1997; WOLF, 2000). WOLF (2000) empfiehlt allerdings für Betriebe mit konventionellen Melksystemen, das dreimalige Melken erst ab einer Leistung ab 7000 kg Milch. Bei niedrigerer Milchleistung reicht der Leistungszuwachs nicht aus, um die höheren Kosten auszugleichen.

Als Ursache für die höhere Milchleistung bei häufigerem Milchentzug werden verschiedene Faktoren genannt. LANSER (1981) und AMOS et al. (1985) deuten auf ein höheres Durchhaltevermögen der Kühe hin. Aber auch die Herabsetzung des Euterinnendruckes durch die häufigere Entleerung des Euters, besonders bei Färsen, nimmt eine wichtige Rolle ein (PEARSON et al., 1979; AMOS, 1985). WENDT et al. (1994) berichten über eine Einweißfraktion in der Ziegenmilch, die die Milchsekretion hemmen soll. Durch einen häufigen Milchentzug verlieren diese ihre Wirkung.

Die Verteilung der Melkungen am AMV über den gesamten Tag mit frei wählbaren Melkzeiten hat jedoch auch zur Folge, dass die Zwischenmelkzeiten (ZMZ) eine hohe Variabilität aufweisen (ORDOLFF, 1989; BOHLSSEN, 2000; REENTS et al., 2000). Als Konsequenz ist die Melkfrequenz der Kühe damit sehr verschieden. Unterschiedliche ZMZ haben auch zur Folge, daß die Milchsekretionsrate pro Zeiteinheit nicht immer gleich ist (BOHLSSEN, 2000). Daraus ergibt sich, dass das berechnete 24-Stundengemelk aus den einzelnen Melkungen nicht gleich hoch ist. Durch die Verteilung der Melkungen über den gesamten Tag lässt sich nur schwer ein 24-Stunden-Intervall

bestimmen. Hinzu kommt, dass einige Melkungen unvollständig sind, da z.B. das Melkgeschirr abgetreten wird und kein Melker es erneut ansetzt, oder das Einfließen von Falschluff eine vorzeitige Melkzeugabnahme bedingt. Das AMV setzt nach einer gewissen Erfüllung der erwarteten Milchmenge das Melkzeug nicht wieder ans Euter an. Die Kuh wird mit einer Restmenge aus der Melkbox entlassen. Diese Problematik eröffnet die Frage, wie viele Melkungen oder Tage zur Ermittlung der 24-Stunden-Milchmenge herangezogen werden sollten. Werden mehr zurückliegende Melkungen herangezogen, sinkt die Varianz der Milchmenge pro Zeiteinheit (MM) und die Genauigkeit der errechneten Milchmenge verglichen mit der „wahren“ Milchmenge steigt. Andererseits werden im Rahmen der Milchleistungsprüfung (MLP) aus Kostengründen die Proben zur Inhaltsstoffbestimmung bisher in der Regel an einem Tag oder nur an einzelnen Gemelken des Tages gezogen. Um jedoch eine korrespondierende Zuordnung der ermittelten Inhaltsstoffe zur Tagesmilchmenge zu gewährleisten, sollte die Anzahl zurückliegender Melkungen, die in die Berechnung einbezogen werden, nicht zu groß sein. Die Annahme besteht darin, dass die Korrelation zwischen der zugehörigen Milchmenge an dem Testtag und die Einbeziehung mehr vorhergehender Melkungen zum Testtag sinkt. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung liegt somit in der Bestimmung der Anzahl Melkungen, die zur Berechnung der Milchmenge pro Stunde bzw. des 24-Stunden-Gemelkes für den Kontrolltag herangezogen werden sollten.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Tierdaten

Für die vorliegende Untersuchung standen insgesamt alle Melkungen eines Betriebes in Schleswig-Holstein mit durchschnittlich 80 Kühen vom 01. Dezember 1997 bis 31. Januar 1999 zur Verfügung. In diesem Zeitraum wurden 85012 Datensätze gesammelt. Zu den Melkungen wurden die Laktationsnummer und das Kalbedatum, mit dessen Hilfe der Laktationstag berechnet werden konnte, zugeordnet.

Das genetische Niveau der einzelnen Kühe konnte nicht berücksichtigt werden, da von vielen Kühen keine Abstammungsinformationen vorhanden waren.

Die Registrierung der Kühe am AMV und die Ablage der tierspezifischen Daten erfolgte bei dem untersuchten Fabrikat anhand der Stallnummer der Kuh und nicht anhand der Tieridentifikation. Die Stallnummer kann vom Landwirt verändert werden. Dadurch ist bei manchen Datensätzen eine eindeutige Zuordnung der Melkungen zu bestimmten Kühen nicht möglich. Datensätze, bei denen diese Zuordnung sowie die Zuordnung der Einflussfaktoren Laktationstag und Laktationsnummer nicht möglich war, wurden aus dem Datenmaterial eliminiert. Besonders bei häufigem Tierwechsel im Betrieb erweist sich dieses als ein Problem. Im Betrieb wurden mit hohem Aufwand die Tierbewegungen und Angaben zu den Kalbungen recherchiert, um eine hohe Genauigkeit der Melkdaten zu gewährleisten.

### 2.2 Aufbereitung der Daten

Zur Berechnung der Anzahl Melkungen, die für die Milchmengenbestimmung am Testtag herangezogen werden sollten, wurden die Korrelationen der Melkungen untereinander und die Varianzen der Milchmengen, wie sie im folgenden beschrieben werden, analysiert.

Die Anzahl Melkungen pro Kuh und Tag sind zwischen und innerhalb der Kühe unterschiedlich. Allgemein wird im Mittel eine Melkhäufigkeit von etwa 3 Melkungen pro Kuh und Tag angestrebt. Allein die Berücksichtigung dieser drei Melkungen als Referenzbasis scheint aus den oben beschriebenen Gründen zu gering zu sein. Die Variabilität ist sehr groß. Somit wurde entschieden, als Referenzbasis nicht die Melkungen vom Testtag allein, sondern die mittlere Anzahl Melkungen eines vorhergehenden Tages und eines zukünftigen Tages hinzuzuziehen. Das ergibt 9 Melkungen pro Kuh. Da einige Kühe jedoch nur einmal am Testtag kommen und demzufolge nur eine Probe liefern, wird die letzte Melkung am Testtag als mittlere Melkung genommen und jeweils vier vorhergehende und nachfolgende in die Referenzberechnung einbezogen. In der Abbildung 1 wird dieses schematisch dargestellt. Die gesamte Milchmenge der 9 Melkungen, dividiert durch die summierte Zwischenmelkzeit (ZMZ), ergibt die mittlere ermolkene Milchmenge pro Stunde, aus der das 24-Stunden-Gemelk gebildet werden kann. Eine Bereinigung der Daten, z.B. bei zu hohen Milchmengen einzelner Melkungen, wurde nicht vorgenommen, da auch die AMV-Programme keine Bereinigung durchführen bzw. keine Kontrolle über die Bereinigung bestehen würde. Dem AMV-Hersteller soll jedoch als Fazit eine Anzahl Melkungen genannt werden, anhand der die Milchmenge pro Stunde oder das 24-Stunden-Gemelk berechnet werden soll. Eine Berücksichtigung der Melkhäufigkeit der individuellen Kuh wird nicht vorgenommen, da es sich hierbei in erster Linie um sogenannte 'freie Entscheidungen der Kuh' und nicht eine vom Landwirt vorgegebene Anzahl handelt.

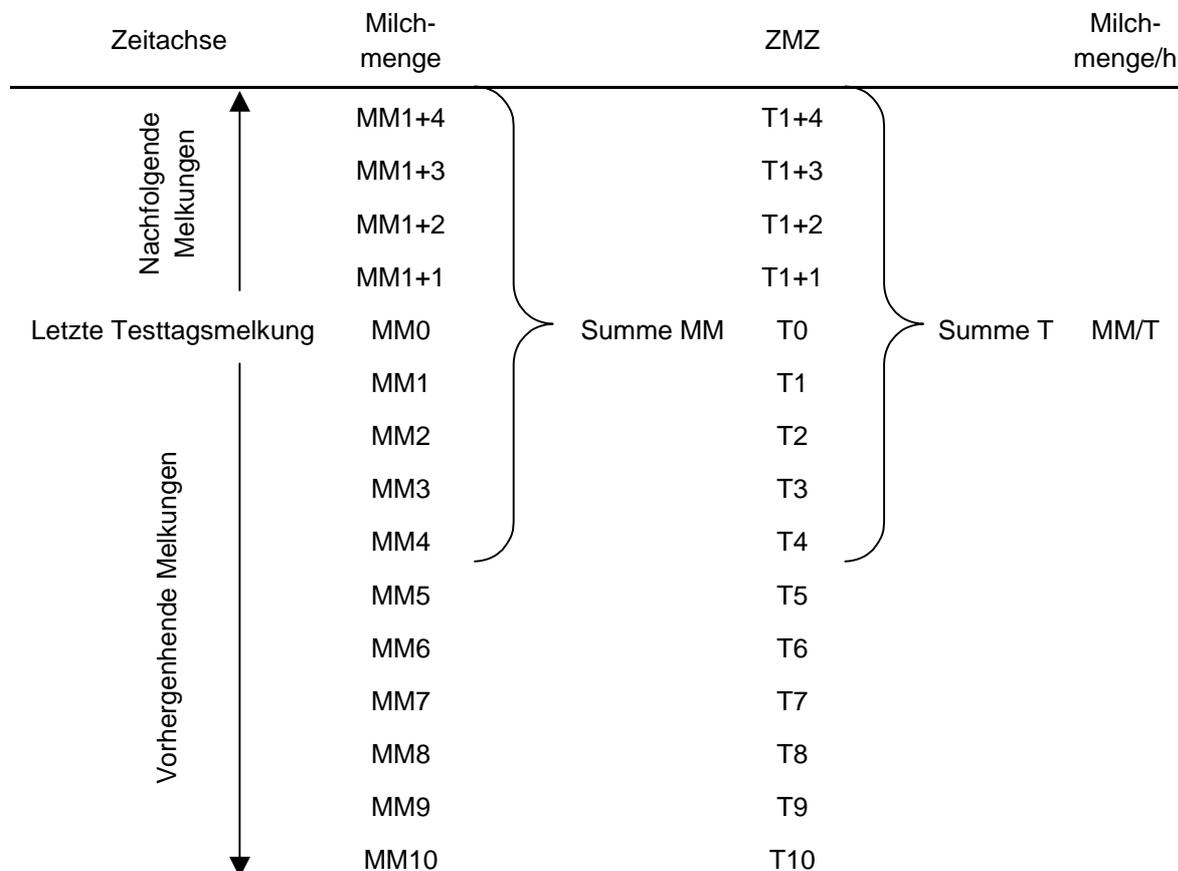


Abb.1: Darstellung der Berechnung des Referenzwertes zur Ermittlung der Milchmenge am Kontrolltag (Calculation of reference value to calculate milk yield of the test day)

In der Praxis besteht nicht die Möglichkeit, die zukünftigen Melkungen zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung allein der Melkungen am Testtag scheint jedoch zu gering zu sein. Daher wird eine Berechnung der Korrelation der gewählten Referenzbasis zu Melkungen, die vor und bis zum Ende des Testtages durchgeführt wurden, vorgenommen.

In der Untersuchung besteht die Möglichkeit, den Testtag jeweils um eine Melkung zu verschieben, um somit eine gleitende Basis und damit eine neues Wertepaar für die Korrelationsberechnung zu bekommen. Jede Melkung über die ersten 8 Melkungen hinaus liefert somit ein weiteres Wertepaar zur Korrelationsberechnung.

Die erste Korrelation besteht zwischen dem Referenzwert und einem Vergleichswert, der auf der letzten Melkung am Testtag basiert  $\Rightarrow$  'lag 0'. Der zweite Korrelationswert besteht zwischen dem Referenzwert und dem Vergleichswert, der auf der letzten und der vorhergehenden Melkung basiert  $\Rightarrow$  'lag 1'. In der Abbildung 2 wird dieses erläutert. Es wurden Korrelationen berechnet zwischen dem Referenzwert und Vergleichswerten, basierend auf bis zu 25 Melkungen.

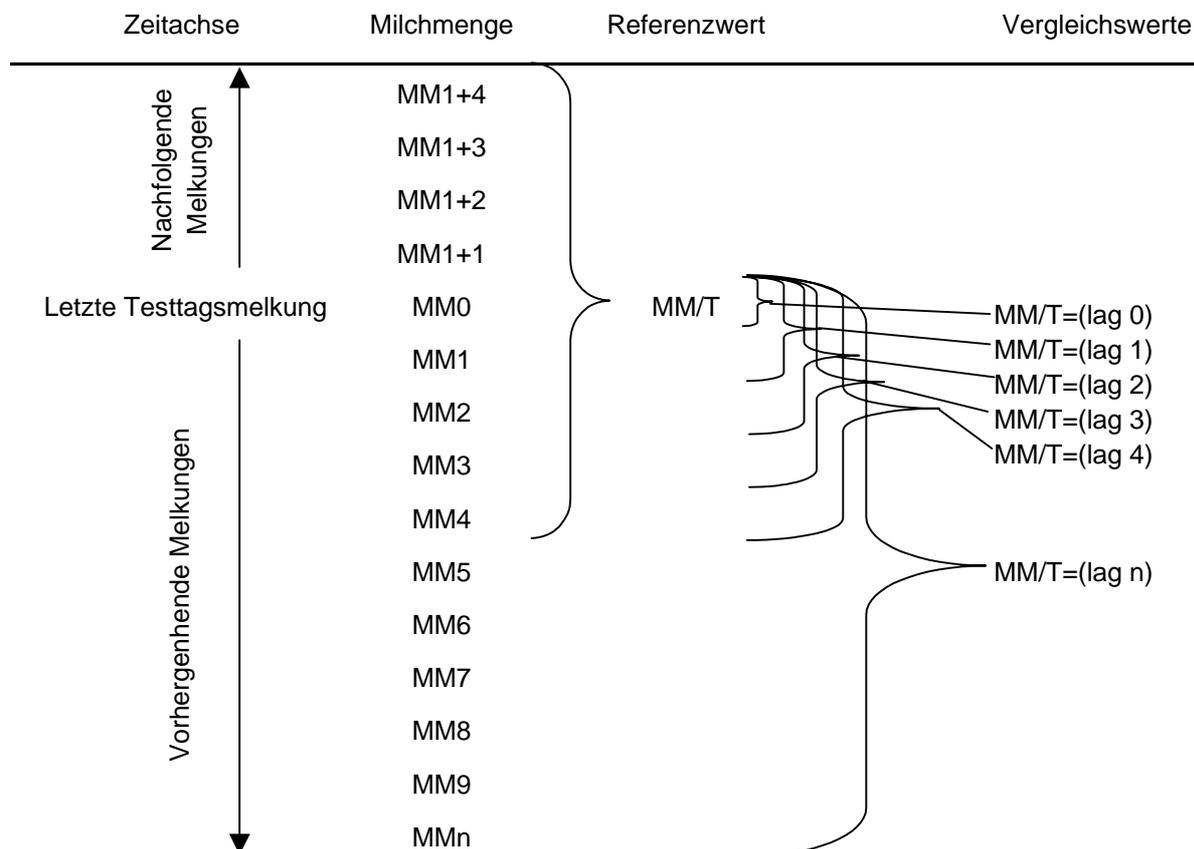


Abb. 2: Darstellung des Referenzwertes und der Vergleichswerte zur Berechnung der Korrelationen der Milchmengen zum Testtag (Reference value and corresponding data to calculate correlations of milk yields with the test day)

Aus den Berechnungen von SCHÄFFER und JAMROZIK (1996) und weiterer Literatur ist bekannt, dass die Laktationskurve in den einzelnen Laktationsstadien einen unterschiedlichen Verlauf hat. Somit wurde die Laktation in der Analyse in 8 gleich große Abschnitte von jeweils 45 Tagen geteilt, denn mit dem unterschiedlichen Verlauf könnte eine differenzierte Variabilität und auch Korrelation bestehen.

## Laktationsabschnitt

Laktationstag	Laktationsstadiumklasse
1 bis 45	DIM 1
46 bis 90	DIM 2
91 bis 135	DIM 3
136 bis 180	DIM 4
181 bis 225	DIM 5
226 bis 270	DIM 6
271 bis 315	DIM 7
361 bis 360	DIM 8

Die Besetzung der einzelnen DIM-Klassen (days in milk) mit Datensätzen, die nach Bereinigung der Daten zur Verfügung standen, zeigt die Tabelle 1.

Tabelle 1

Verteilung der Kühe/Datensätze auf die Laktationsstadienklassen (Distribution of cows/data sets in classes of state of lactation)

DIM-Klasse	Anzahl Kühe/Datensätze
1	49
2	52
3	44
4	32
5	29
6	34
7	36
8	33

Die Datensätze in den Laktationsstadienklassen waren nicht immer vom ersten bis zum letzten Tag besetzt. Gründe dafür sind der Beginn des Untersuchungszeitraumes für viele Tiere mitten in der Laktation, der vorzeitige Abgang von Kühen, das frühere Trockenstellen vor dem 360. Laktationstag (Grenze der DIM-Klasse 8), zeitweiliges Melken außerhalb des AMV aufgrund von Krankheit u.a.. Bestand ein Datensatz eines Tieres in einer Laktationsstadiumsklasse aus weniger als 10 Vergleichswerten, so wurde dieser Datensatz nicht berücksichtigt. Für 10 bis 42 Vergleichswerte wurde eine Korrektur des Fehlers  $r'$  in kleinen Stichproben durchgeführt.

$$r' = r [1 + (1-r^2)/(2(n-4))]$$

Ein weiterer Einflussfaktor, der einen unterschiedlichen Effekt auf die Laktationskurve haben könnte und somit in das Modell 'Melkungen' mit aufgenommen wurde, war die Laktationsnummer.

Es wurde folgende Einteilung vorgenommen:

1. Laktation
2. Laktation
3. und weitere Laktationen.

### 2.3 Statistisches Modell

Mit dem folgenden Modell 'Melkungen' werden die Einflussfaktoren überprüft. Die Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS (SAS, 1996) in einem gemischten Modell. Es wurde die Prozedur 'mixed' mit dem darin enthaltenen REML - Algorithmus angewendet, um Varianz- und Kovarianzkomponenten zu schätzen.

### Modell 'Melkungen':

$$Y_{ijklm} = L_i + LAG_j + DIM_k + cow(L)_l + L*LAG_{ij} + L*DIM_{ik} + LAG*DIM_{ik} + L*LAG*DIM_{ijk} + LAG*LAG_j + e_{ijklm}$$

wobei

$Y_{ijklm}$	= Beobachtete Korrelationswerte zwischen dem Referenzwert und dem Vergleichswert
L	= fixer Effekt der Laktationsnummer ( $i = 1, 2, \geq 3$ )
LAG	= fixer Effekt der Vergleichswerte (Anzahl Melkungen) ( $j = 0, \dots, 25$ )
DIM	= fixer Effekt der Laktationsstadienklassen ( $k = 1, \dots, 8$ )
cow(L)	= zufälliger Effekt der Kuh innerhalb der Laktationsnummer ( $l = 1, \dots, n$ )
L*LAG	= Interaktionskomponenten
L*DIM	= Interaktionskomponenten
LAG*DIM	= Interaktionskomponenten
L*LAG*DIM	= Interaktionskomponenten
e	= Restfehler

Mit dem Modell wurde überprüft, welche Einflussfaktoren auf die Korrelationswerte zwischen der Referenzmenge und der Vergleichsmenge signifikant sind.

Um die gemeinsame maximale Genauigkeit zu erhalten, wurde in einer neuen Funktion die Varianz von der Korrelation subtrahiert. Da eine direkte Subtraktion nicht sinnvoll ist, wurden die Varianz- und Korrelationsfunktionen zuvor standardisiert. Die erste Ableitung der Gesamtfunktion zeigt den Maximalwert. Dieser Wert spiegelt die Korrelationswertklassen wieder, die die Anzahl der Melkungen wiedergibt, bei denen die oben genannten Anforderungen erfüllt werden.

Eine weitere Überlegung besteht darin, wie flach die Funktion am Maximum ist. Dazu wurden auch die Punkte auf der Funktion berechnet, bei denen 90 %, 95 % und 99 % des Maximalwertes erreicht sind.

### 3. Ergebnisse

In der Abbildung 3 wird die Verteilung der Gemelksgrößen dargestellt. Es wird deutlich, dass der größte Anteil der Gemelke zwischen 5 und 10 kg Milch lieferte. Der Mittelwert lag bei 8,08 kg mit einer Standardabweichung von 3,185 kg.

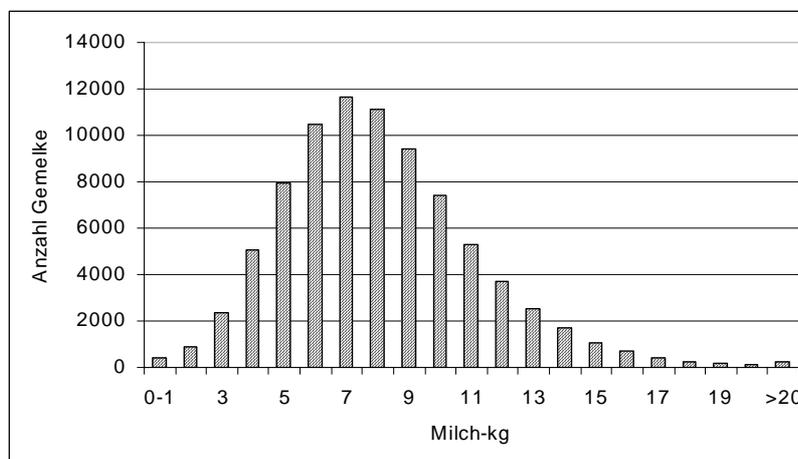


Abb. 3: Verteilung der Gemelke je Gemelksgröße in kg (Distribution of milk yield (kg) per milking)

Die mittlere Melkhäufigkeit in der untersuchten Herde betrug 2,6. Angestrebt wird eine Melkfrequenz von 3 Melkungen pro Tag. Die Spannweite der Anzahl Melkungen pro Tag zur Inhaltsstoffbestimmung reichte von 1 bis 5 Proben. Dabei wurde festgestellt, dass die Melkfrequenz zwischen den Kühen und auch innerhalb der Kühe von Tag zu Tag stark schwankte. Viele Kühe haben unregelmäßige sich abwechselnde kurze und lange Zwischenmelkzeiten. Dabei nehmen viele Faktoren wie Fütterungszeiten und -management, Witterung, individuelles Tierverhalten der einzelnen Kuh, Herdenmanagementmaßnahmen wie Tierzutrieb von Neuzugängen u.a. einen Einfluss auf das Melkverhalten der Kuh.

In der Tabelle 2 sind die Anzahl Melkungen für die jeweiligen Laktationsklassen innerhalb der Laktationsstadienklassen dargestellt. Es werden sowohl die Anzahl Melkungen zum Erreichen des Maximums als auch die zum Erreichen der 90 %-, 95 %- und 99 %-Grenzen vom Maximum aufgelistet.

Tabelle 2

Anzahl der Melkungen (N) in den Laktationsstadien und Laktationen, die eine geringe Varianz der Milchmengen pro Stunde kombiniert mit einer hohen Genauigkeit der Zuordnung der Milchinhaltsstoffproben zur Milchmenge gewährleistet (Number of milkings (N) in state of lactation and number of lactation required to guarantee a high accuracy of milk components to corresponding milk yields)

Laktations- stadienklassen	Laktation	Maximum N	90% N	95% N	99% N
DIM1	L1	13,50	7,66	9,24	11,53
	L2	15,81	9,29	11,14	13,72
	L3	15,20	8,27	10,10	12,82
DIM2	L1	13,23	7,67	9,19	11,37
	L2	14,15	8,23	9,85	12,17
	L3	14,76	8,31	10,04	12,58
DIM3	L1	13,05	7,67	9,15	11,26
	L2	13,94	8,30	9,86	12,08
	L3	14,44	8,37	10,03	12,42
DIM4	L1	12,97	7,66	9,12	11,21
	L2	13,85	8,38	9,91	12,05
	L3	14,24	8,44	10,05	12,32
DIM5	L1	13,22	7,65	9,17	11,35
	L2	13,84	8,46	9,96	12,08
	L3	14,13	8,51	10,07	12,28
DIM6	L1	13,11	7,64	9,13	11,28
	L2	13,91	8,50	10,01	12,14
	L3	14,11	8,55	10,10	12,28
DIM7	L1	13,34	7,66	9,20	11,43
	L2	14,05	8,50	10,05	12,22
	L3	14,16	8,57	10,13	12,33
DIM8	L1	13,70	7,71	9,32	11,67
	L2	14,27	8,46	10,07	12,35
	L3	14,30	8,56	10,16	12,41

Aus der Tabelle 2 kann gezeigt werden, dass die erste Ableitung der Gesamtfunktion, die den Maximalwert der gemeinsamen Genauigkeit von Korrelation und Varianz zeigt, am Maximum sehr flach verläuft. Vergleicht man die Anzahl Melkungen, die zur Erreichung des Maximums notwendig sind, mit denen, bei denen 95 % vom Ma-

ximums erreicht werden, so werden im Mittel nur 70 % der Melkungen benötigt. Aus der Tabelle wird deutlich, dass bei 12 Melkungen in allen Laktationsstadienklassen und Laktationen mindestens 95 % vom Maximum erreicht werden. Für 8 von den 24 Gesamtklassen werden sogar 99 % vom Maximum erreicht. Die höchste Anzahl Melkungen mit 16 wären für Kühe in der 2. Laktation und in den ersten 45 Laktationstagen notwendig. Die geringste Anzahl benötigen Färsen um den 160. Tag herum.

#### 4. Diskussion

Automatische Melkverfahren ermöglichen die Registrierung und Aufzeichnung jeder Melkung mit zugehörigem Melkzeitpunkt, Zwischenmelkzeit, Milchmenge und weiteren Daten, die wichtige Informationen zum Melkprozess liefern und neben der Managementhilfe für die Milchleistungsprüfung und Zuchtwertschätzung genutzt werden können. Mit der Entwicklung der AMV wurde zeitgleich an der Entwicklung automatischer Probenahmegeräte gearbeitet, die weitere Arbeitseinsparungen, nämlich die Probenziehung während der Milchkontrolle, ermöglichen. Diese Probenahmegeräte nehmen während der gesamten Probezeit von jedem Gemelk eine Probe und ordnen die Probennummer der Melkung zu. Somit ist die Anzahl der Melkungen einer Kuh, die während der MLP durchgeführt wurden, identisch mit der Anzahl Milchproben. Eine automatische Zusammenführung der Milchproben je Kuh erfolgt jedoch nicht.

Am Tag der MLP stehen am AMV neben den Melkungen vom Kontrolltag die Daten der zurückliegenden Melkungen der letzten Wochen zur Verfügung. Der verfügbare Zeitraum ist jedoch von Fabrikat zu Fabrikat sehr unterschiedlich. In Deutschland hat die ADR die Richtlinie erlassen, dass die Milchmengen aller Melkungen im Prüfungszeitraum bis zum Testtag bereitgestellt werden sollen (ADR, 1998). Diese Daten sollen für die Berechnung der Laktations-, Jahres- und Herdenleistungen herangezogen werden.

Die Berechnung der Laktationsleistung einer Kuh wird in Kanada von der dortigen MLP-Organisation 'Ontario Dairy Herd Improvement Corporation (DHI)' anhand eines MTP-Modells (Multiple-Trait Prediction) (SCHÄFER, 1996) vorgenommen (DHI, 1999). MTP ermöglicht die Schätzung einer 305-Tage-Laktationsleistung schon nach dem ersten Probemelken. In dem Modell stehen über 14000 verschiedene Standardlaktationskurven zur Verfügung, die sich ergeben aus der Kombination der verschiedenen Rassen, Regionen, Kalbealter, Laktationsnummern und Kalbesaisonklassen. Die Form der Kurve wird jedoch mit zunehmender Anzahl Testtage verändert und der individuellen Kuh angepasst.

Für die Projektion und Berechnung der Laktationsleistung mit MTP soll nicht die durchschnittliche Milchmenge der letzten zwei oder mehr Wochen angenommen werden. Zum einen gehört die so ermittelte mittlere Milchmenge nicht zu den am Kontrolltag festgestellten Inhaltsstoffen. Die mittlere Milchmenge würde auf der Laktationskurve einen anderen Zeitpunkt darstellen als die ermittelten Inhaltsstoffe. Zum anderen wird im derzeitigen MTP-Modell eine gewisse Variabilität der Milchmengen vorausgesetzt, die durch die Mittelwertbildung verringert wird. Auch für die Zuchtwertschätzung würde es zu Ungenauigkeiten führen, wenn man den Mittelwert der Milchmenge der letzten 2 bis 8 Wochen als 24-Stundenbasis für den Testtag ansetzen würde. Vor allem die Zuordnung der mittleren Milchmenge zu den Inhaltsstoffen wäre nicht korrekt. Hinzu kommt, dass der Umwelteinfluss nicht nur an dem entsprechen-

den Testtag in die Leistung eingehen würde, sondern bei der Milchmenge für den insgesamt betrachteten Zeitraum.

Um dieses Problem zu lösen, gibt es verschiedene Ansätze. Eine Möglichkeit, die zukünftig vom VIT (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V.) in Verden genutzt werden soll (KUWAN, 2001), besteht darin, bis zum nächsten Probetermin zu warten, da dann die Milchleistungsdaten der Tage vor und nach der letzten MLP zur Verfügung stehen und ein Mittelwert der Milchmenge um den Testtag herum gebildet werden kann. Eine korrekte Zuordnung der Milchmenge zu den Inhaltsstoffen ist möglich und damit eine Verwendung sowohl für die Zuchtwertschätzung als auch für die Leistungsausweisung im Bericht für den Landwirt. Etwas problematisch ist dabei jedoch der Aspekt der Umweltberücksichtigung in der Zuchtwertschätzung und beim MTP-Modell durch die Milchmengenerfassung an allen Laktationstagen (VAN DOORMAAL, 2000). In Kanada ist der Anteil an längeren Kontrollintervallen erheblich höher als in Deutschland. Die Anwendung dieses Verfahrens und damit die Berechnung des Mittelwertes für den zurückliegenden Testtag würde dazu führen, dass die Ausweisung der Laktationsleistung erst wesentlich später erfolgen könnte. Laut PETRENY (2000) wird es jedoch immer wichtiger, die Milchleistungen als Managementhilfe für den Milchproduzenten aufzubereiten. Eine frühe Verfügbarkeit der Daten würde den Anforderungen des Landwirts entgegen kommen.

Ein weitere Möglichkeit, die von Canadian Dairy Network (CDN) in Erwägung gezogen wird, besteht darin, mehrere fiktive Testtage für die Milchmengen zu entwickeln. Das heißt, dass zwischen den Testtagen, an denen die Inhaltsstoffe ermittelt wurden, weitere Testtage festgelegt werden, an denen nur die Milchmengen aus dem AMV oder auch aus Herden mit täglicher Milchmengenmessung verwendet werden. Für die Zuchtwertschätzung im 'Mehrmerkmals-Mehrlaktations-Testtags-Tiermodell', wie es in Kanada verwendet wird, und auch im MTP-Modell könnten diese Daten weitere wichtige Informationen liefern und zu einer höheren Genauigkeit führen.

Eine Hinzuziehung der Melkungen nach dem Testtag für die Berechnung des Mittelwertes ist nicht möglich, da die Kosten für die Ermittlung durch erneutes Anfahren des Betriebes zu hoch sind. Eine automatische Online-Übertragung der Daten bereitet zur Zeit noch große Probleme. Die AMV-Firmen sind noch nicht ohne weiteres dazu bereit. Eine manuelle Übertragung scheitert häufig an der Vergesslichkeit der Landwirte. Es muss automatisch erfolgen. Auch die Übermittlung der Dateien vom Betrieb zum Rechner bereitet häufig noch große Probleme, da die Telefonleitungen unterbrochen werden.

Als Grundlage der vorliegenden Untersuchung stand die Frage, wie viele Melkungen vor und an dem Testtag für die Ermittlung des 24-Stundengemelkes herangezogen werden sollten, um eine möglichst hohe Genauigkeit des 24-Stundengemelkes zu haben. Die Melkungen finden zu unterschiedlichen Zeitpunkten während des Tages statt, so dass eine Zuordnung der ermolkenen Milchmenge zu dem einen oder anderen Tag nicht mehr eindeutig möglich ist. Da die Kühe unterschiedliche Melkfrequenzen haben, wurde als Basis der Analyse die Anzahl Melkungen und nicht die Anzahl Tage gewählt. Die Betrachtung der Milchmenge pro Stunde, basierend auf einzelnen Melkungen, hatte gezeigt, dass die Variabilität innerhalb des Tages und ebenso innerhalb sehr kurzer Zeiträume sehr hoch ist. Zum einen ist es darin begründet, dass die Milchsekretionsrate pro Stunde mit zunehmender Zwischenmelkzeit abnimmt (ORDOLFF, 1989; BOHLSSEN, 2000), zum anderen – und diese Tatsache dürfte wesentlich stärker

wiegen – hat das Verlassen der Kuh aus der Melkbox, wenn sie noch nicht vollständig ausgemolken ist, weitreichende Folgen. Wird z.B. das Melkzeug von der Kuh abgetreten, so wird es vom AMV nicht wieder ans Euter angesetzt, wenn ein gewisser Prozentsatz von z.B. 80 % der erwarteten Milchmenge erreicht wurde. Es wurde auch häufig beobachtet, dass gegen Ende der Melkung Falschlufft in den Melkbecher einfließt, da das Euter kleiner wird und sich hochzieht. Diese Falschlufft führt dazu, dass das Melkzeug abgenommen wird und die Kuh nicht ausgemolken die Melkbox verlässt. In einem konventionellen Melkstand ist immer noch ein Landwirt anwesend, der in diesem Fall den Becher manuell anheben kann. Ebenso beinhalten erfolglose Ansatzversuche häufig Teilmelkungen.

Nimmt man eine weitere vorhergehende Melkung zur Berechnung des 24-Stundengemelkes am Testtag hinzu, so steigt die Sicherheit des Schätzwertes an. Mit zunehmender Anzahl wird die Steigerung jedoch geringer. Andererseits nimmt die Korrelation der so ermittelten Milchmenge mit der am Prüftag ermittelten Inhaltsstoffe ab. Die Annahme bestand darin, dass beide Funktionen entgegengesetzt wirken was in der Tabelle 2 auch zum Ausdruck kommt. Erst bei 13 bis 16 Melkungen ist die gemeinsame Sicherheit am höchsten.

Um diese Ergebnisse für die Milchleistungsprüfung auf Praxisbetrieben mit AMV einzusetzen, sollten jedoch in einer weiteren Untersuchung andere Betriebe u.a. auch mit weiteren AMV-Fabrikaten einbezogen werden. Erfahrungen haben gezeigt, daß neben anderen Faktoren, wie Leistungsniveau, auch die Arbeitsweise der Fabrikate und das Management der Betriebsleiter sehr verschieden ist und einen deutlichen Einfluss auf die notwendige Anzahl Melkungen ausüben könnte. Bei einem anderen Fabrikat und einem anderen Management könnte durchaus eine höhere oder geringere Anzahl Melkungen notwendig sein.

Mit dem aufgestellten Modell kann jedoch die Anzahl Melkungen, die bei der MLP einbezogen werden sollte, ausgegeben werden. Besonders bei Nutzung des MTP-Modells zur Projektion der Laktationsleistung und für die Zuchtwertschätzung im kanadischen Modell erhöht diese Art der Berechnung der Anzahl Melkungen die Genauigkeit der Daten und ermöglicht eine Kalkulation schon nach dem ersten Testtag wie es bei konventioneller MLP üblich ist.

Um eine weitere Absicherung der Ergebnisse zu bekommen, ist es jedoch notwendig, eine höhere Anzahl aufeinanderfolgender Melkungen über einen längeren Zeitraum von verschiedenen Betrieben mit unterschiedlichen Fabrikaten zu sammeln, aufzubereiten und dann das aufgestellte Modell zu überprüfen. Eine eindeutige Zuordnung der Melkungen zu den Tieren im Datensatz des AMV ist dabei sehr wichtig.

### Danksagung

Die Untersuchungen wurden mit dankenswerter Unterstützung der H. Wilhelm Schaumann Stiftung durchgeführt.

Ein weiterer herzlicher Dank gilt der Organisation 'Ontario Dairy Herd Improvement Corporation (DHI)' in Guelph, Kanada, die die Durchführung des Projektes vor Ort ermöglichte.

### Literatur

AMOS, H.E., KISER, T.; LÖWENSTEIN, M.:

Influence of milking frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. *J. Dairy Sci.* **68** (1985), 732-739

- ADR:  
ADR-Empfehlung 1.8 zur Durchführung der Milchleistungsprüfung mit AMS (Automatische Melksysteme) und für die Berechnung der Leistung. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V., Bonn (1998)
- ADR:  
Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 2000. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V., Bonn (2001)
- BOHLSSEN, E.:  
Erprobung und Bewertung Automatischer Melkverfahren (AMV) im Praxiseinsatz. Univ. Göttingen, Diss., 2000
- CAMPOS, M.S.; WILCOX, C.J.; HEAD, H.H.; WEBB, D.W.; HAYEN, J.:  
Effects on production of milking three times daily on first lactation Holsteins and Jerseys in Florida. *J. Dairy Sci.* **77** (1994), 770-773
- CUMMING I.:  
The dairy farmer exit rate. *Ontario Farmer* (2000), 21.11.2000: 14
- DHI:  
Vision 2000 – Introduction to Vision 2000 Concepts. Ontario Dairy Herd Improvement Corporation, Guelph (1999)
- DOORMAAL, VAN B.:  
Persönliche Mitteilung (2000)
- GISI, D.D. ; DE PETERS, E.J.; PELISSIER, C.L.:  
Three times daily milking of cows in california dairy herds. *J. Dairy Sci.* **69** (1986), 863-868
- KLEI, L.R.; LYNCH, J.M.; BARBANO, D.M.; OLTENACU, P.A.; LEDNOR, A.J.; BANDLER, D.K.:  
Dairy foods – Influence of milking three times a day on milk quality. *J. Dairy Sci.* **80** (1997), 427-436
- KUWAN, K.:  
Persönliche Mitteilung (2001)
- LANSER, E.W.:  
Einfluß der Fütterungs- und Melkhäufigkeit auf die Ausprägung wichtiger Leistungsmerkmale bei Kühen. Univ. Hohenheim, Diss., 1981
- ORDOLFF, D.:  
Voraussetzungen und Grundlagen automatischer Milchgewinnung. Univ. Hohenheim, Habilitationsschrift, 1989
- PEARSON, R.E.; FULTON, L.A.; THOMPSON, P.D.; SMITH, P.D.:  
Three times a day milking during the first half of lactation. *J. Dairy Sci.* **62** (1979), 1941-1950
- PETERS DE, E.J.; SMITH, N.E.; ACEDO-RICO, J.:  
Three or two times daily milking of older cows and first lactation cows for entire lactations. *J. Dairy Sci.* **68** (1985), 123-132
- PETRENY, N.:  
Canadian Herd Recording Strategy Focuses on Service and Flexibility. 32<sup>nd</sup> ICAR Session, Bled, Slovenia, 14.-19.05. (2000)
- REENTS, R.; BÜNGER, A.; REINHARD, F.; KUWAN, K.:  
Properties of milk recording data from automatic milking systems. 32<sup>nd</sup> ICAR-session, Bled, Slovenia 14.- 19.05. (2000)
- ROSSING, W.; HOGEWERF, P.H.; IPEMA, A.H.; KETELAAR-DE LAUWERE, C.C.; DE KONING, C.J.A.M.:  
Robotic milking in dairy farming. *Netherlands Journal of Agricultural Science* **45** (1997), 15-31
- SAS:  
SAS/STAT User's Guide. Version 6.12, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA (1996)
- SCHÄFFER, L.R.; JAMROZIK, J.:  
Multiple-Trait Prediction of Lactation Yields for Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* **79** (1996), 2044-2055
- SCHÖN, H.; ARTMANN, R.; WORSTORFF, H.:  
The automation of milking as a key issue in future oriented dairy farming. In: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking, Wageningen, EAAP publication **65** (1992), 7-22
- SCHÖN, H.; WENDL, G.:  
Automatisches Melksystem – High-Tech im Kuhstall. Mitteilungen der Vereinigung Weihenstephaner Universitätsabsolventen 87, Winter (1999)
- SZUCS, E.; ACS, I.; UGRY, K.; SAS, M.; TOROK, I.; FODOR, E.:  
Milking of dairy cows three times a day in herds of high genetic potential. *World Review of Animal Production* **26** (1991), 33-38
- WASSMUTH, R.; BOELLING, D.; MADSON, P.; JENSEN, J.; ANDERSEN, B.B.:

Genetic Parameters of Disease Incidence, Fertility and Milk Yield of First Parity Cows and the Relation to Feed Intake of Growing Bulls. Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci. **50** (2000), 93-102

WOLF, J.:

Kann die Wirtschaftlichkeit durch mehrmaliges Melken verbessert werden? Züchtungskunde **72** (2000) 6, 486-493

Eingegangen: 29.08.2002

Akzeptiert: 15.12.2002

Anschriften der Verfasser  
Dr. ERNST BOHLSSEN  
Landeskontrollverband Weser-Ems e.V.  
Großstraße 30  
D-26789 Leer

PD Dr. RALF WABMUTH  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Abteilung Tierproduktion  
Naumburger Straße 98  
D-07743 Jena

Prof. Dr. DIETER ORDOLFF  
Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
Bundesallee 50  
D-38116 Braunschweig