

Humboldt-Universität zu Berlin

DISSERTATION

Untersuchungen zu Methoden der Milchleistungsprüfung bei dreimaligem Melken

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum agriculturalarum

(Dr. rer. agr.)

eingereicht an der

Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

von Dipl.-Ing. agr. Anke Wangler, geb. Römer

geb. am 31. Januar 1963

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:

Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät:

Prof. Dr. Uwe Jens Nagel

Gutachter: 1. Prof. Dr. O. Kaufmann

2. Prof. Dr. O. Weiher

3. Dr. S. Hartwig

eingereicht: 05. Februar 2003

Datum der Promotion: 03. Juli 2003

Abstrakt

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Methoden der Milchleistungsprüfung (MLP) bei dreimaligem Melken getestet. Mit Hilfe von Modellentwicklungen und dem Test verschiedener Schätzverfahren wurde das Ziel verfolgt, den hohen Arbeitsaufwand zur MLP beim dreimal täglichen Melken zu reduzieren und trotzdem hinreichend genaue Prüfergebnisse zu garantieren.

Dazu wurden Untersuchungen in zwei Milchviehbetrieben vorgenommen, die jeweils etwa 400 Kühe dreimal täglich in einem Intervall von 8:8:8 Stunden melkten. Es wurden am MLP-Tag zusätzlich zur obligatorischen Mischprobe aus allen drei Gemelken (Standardmethode) die Milchinhaltsstoffe jedes Einzelgemelkes analysiert und die Gemelksmengen erfasst.

Die Untersuchungen ergaben, dass sich trotz gleicher Zwischenmelkzeiten die Mittelwerte sowohl der Milchmengen als auch der Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß signifikant voneinander unterschieden. Dabei wiesen die Milchmengen und Inhaltsstoffe des Mittagsgemelkes die geringsten Unterschiede bzw. die höchsten Korrelationen zur Tagesgesamtleistung auf.

Ein signifikanter Einfluss der Laktationsnummer und des Laktationsmonates auf die Schätzung der Tagesmilchmenge bzw. des Fett- und Eiweißgehaltes konnte nachgewiesen werden.

Im Ergebnis des Vergleiches aller getesteten Schätzverfahren wurden für die Verwendung zweier Gemelke generell höhere Schätzgenauigkeiten erreicht als bei Einbeziehung lediglich eines Gemelkes in die Hochrechnung. Die alleinige Nutzung des Mittagsgemelkes ergab jedoch ähnlich hohe Schätzgenauigkeiten und erfordert einen deutlich geringeren Arbeitsaufwand.

Die Methode der einfachen linearen Regression innerhalb von Klassen nach Laktation und Laktationsmonat führte zu den höchsten Übereinstimmungen in Bezug auf die wahren Tagesleistungen.

Das Verfahren der MLP mit einem konstanten monatlichen Prüfgemelk (nur mittags) ergab höhere Genauigkeiten als ein monatlicher Wechsel der Probegemelke.

Für die Praxis können folgende Empfehlungen gegeben werden:

1. Anhand der eigenen Ergebnisse ist ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden anzustreben.
2. Unter den Bedingungen gleicher Zwischenmelkzeiten sollte die Probenahme aus dem Mittagsgemelk erfolgen, ohne das Prüfgemelk monatlich zu wechseln.
3. Die eigenen Auswertungen ergaben, dass sowohl der Eiweiß-, Laktose-, Zell- als auch der Harnstoffgehalt des Mittagsgemelkes hohe Übereinstimmungen zur Tagesgesamtleistung aufwiesen und demzufolge ohne Korrektur auf die Tagesleistung übertragen werden können.
4. Im Vergleich zu den anderen Inhaltsstoffen wurden für den Fettgehalt der Milch deutlich größere Variationen festgestellt. Der Fettgehalt des Mittagsgemelkes wies aber auch hier die höchsten Übereinstimmungen mit der Tagesgesamtleistung auf. Eine Korrektur zur Hochrechnung auf die Tagesleistung ist jedoch notwendig.
5. Obwohl zwischen der Milchmenge des Mittagsgemelkes und der Tagesgesamtleistung eine hohe Korrelation besteht, sollten bei vorhandener automatischer Milchmengenmessung alle Gemelke in die Prüfung einbezogen werden. Ist dies nicht möglich, bedarf auch die Milchmenge einer Korrektur zur Hochrechnung auf die Tagesleistung.

Das aus dieser Arbeit abgeleitete alternative Verfahren der MLP bei dreimaligem Melken wurde indessen von der ADR anerkannt, vom ICAR genehmigt und ist offiziell zugelassen.

Schlagerwörter: Milchleistungsprüfung, dreimal tägliches Melken, Hochrechnungsverfahren, Schätzgenauigkeit

Abstract

Various methods of milk recording for 3-times milking per day have been tested in this study. The aim of the work was to expand models for estimating daily yield from only one or two milkings per cow and day. Comparisons of different models were made to select the highest accuracy of prediction. But also practicability was taken into consideration.

Investigations were made on two dairy farms each milking 400 cows 3-times daily with an milking interval of 8:8:8 hours. In addition to a mixture of all three milking samples (obligatory sample for the standard method) a separate sample from each of the three milkings was taken and analysed. Single milk yields were registered, too.

The results documented significant differences between yields of milk and contents of fat and protein per milking despite equal milking intervals. Milk yields were highest at morning milking and lowest in the evening. The lowest differences in relation to the whole daily yield were found for the midday milking. This milking also had the highest correlation with daily yield.

A significant influence of number and stage of lactation was established for the estimation of daily milk yield and fat and protein content, respectively.

In the result of the comparison between all estimation methods generally better accuracies have been found for including two out of three milkings per day than including only one milking for estimating daily yield. But using only midday milking proved similar high precision and requires smaller expense of work and cost.

Method of simple linear regression within classes of lactation number and lactation stage led to the highest correspondences in relation to the true daily yield.

The testing method which included only midday samples each month (without changing) resulted in higher accuracies than a monthly change between all three milkings (morning/midday/evening).

The following recommendations can be given for practice:

1. On the basis of results a milking interval of 8:8:8 hours is to prefer.
2. Under conditions of equal times between milkings samples should be taken from midday milking.
3. The corrected method with midday milking has to be used. Each month only midday milking has to be sampled and analysed, without an alternating sampling of milkings.
4. The results showed that under conditions of equal milking intervals there were high correspondences between contents of protein, lactose, somatic cell count, and urea of the midday sample and the mixed sample of all milkings per day. To estimate daily yields, here no correction is necessary.
5. The content of fat varied extremely within cow and day in comparison with other components. Midday milking showed highest correspondences with daily yield, too. But here a correction is necessary.
6. Even though there is a high correlation between milk yield of the midday milking and the whole yield of the day it is advisable to include all milking yields of the test day if automatic equipment for measuring milk yield is available. Otherwise a correction of milk yield of midday milkings is necessary, too.

The in this study recommended alternative method of milk recording under conditions of 3-times daily milking is meanwhile accepted by ICAR as well as registered in Germany.

Key Words: milk recording, 3-times daily milking, estimation method, accuracy

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Verzeichnis der Abkürzungen..... | 11 |
| Klassifizierung und Kennzeichnung von MLP-Prüfverfahren..... | 5 |
| 1 Einleitung und Zielstellung..... | 4 |
| 2 Literaturübersicht..... | 7 |
| 2.1 Die Milchleistungsprüfung..... | 7 |
| 2.2 ICAR anerkannte Prüfmethoden..... | 8 |
| 2.2.1 Standardmethode..... | 8 |
| 2.2.2 International angewandte Prüfmethoden..... | 10 |
| 2.2.3 Prüfmethoden der Bundesländer..... | 12 |
| 2.2.4 Milchleistungsprüfung in Mecklenburg-Vorpommern..... | 4 |
| 2.3 Genauigkeit unterschiedlicher MLP-Verfahren..... | 6 |
| 2.3.1 Standardmethode..... | 6 |
| 2.3.2 Alternierende Kontrolle..... | 7 |
| 2.4 Dreimal tägliches Melken..... | 12 |
| 3 Material und Methoden..... | 15 |
| 3.1 Tiermaterial..... | 15 |
| 3.2 Datenerfassung..... | 16 |
| 3.3 Statistische Auswertung..... | 18 |
| 4 Ergebnisse..... | 27 |
| 4.1 Analyse der Differenzen zwischen Morgen-, Mittags- und Abendmelk..... | 27 |
| 4.1.1 Milchmenge..... | 27 |
| 4.1.2 Fettgehalt..... | 28 |
| 4.1.3 Eiweißgehalt..... | 30 |
| 4.1.4 Zellgehalt..... | 31 |
| 4.1.5 Harnstoffgehalt..... | 33 |
| 4.1.6 Laktosegehalt..... | 34 |
| 4.2 Vergleich der Ergebnisse der Standardmethode mit der wahren Leistung..... | 35 |
| 4.3 Schätzung der Tagesleistung je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelmelken..... | 37 |
| 4.3.1 Schätzung der Tagesleistung ohne Korrektur der Einzelmelke..... | 37 |
| 4.3.1.1 Milchmenge..... | 37 |
| 4.3.1.2 Fettgehalt..... | 40 |
| 4.3.1.3 Eiweißgehalt..... | 42 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.3.2 | Berechnung von Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem bzw. zwei Einzelgemelken | 45 |
| 4.3.2.1 | Milchmenge..... | 45 |
| 4.3.2.2 | Fettgehalt..... | 46 |
| 4.3.2.3 | Eiweißgehalt..... | 47 |
| 4.3.3 | Untersuchungen zur Anwendung amerikanischer Korrekturfaktoren | 49 |
| 4.3.3.1 | Milchmenge..... | 49 |
| 4.3.3.2 | Fettgehalt..... | 50 |
| 4.3.3.3 | Eiweißgehalt..... | 51 |
| 4.3.4 | Schätzung von Regressionsgleichungen | 52 |
| 4.3.4.1 | Milchmenge..... | 52 |
| 4.3.4.2 | Fettgehalt..... | 70 |
| 4.3.4.3 | Eiweißgehalt..... | 71 |
| 4.3.5 | Untersuchungen zur Anwendung eines vom VIT entwickelten Regressionsmodells | 72 |
| 4.3.5.1 | Milchmenge..... | 72 |
| 4.3.5.2 | Fettgehalt..... | 78 |
| 4.3.5.3 | Eiweißgehalt..... | 82 |
| 4.3.6 | Vergleich der Genauigkeiten der Schätzverfahren..... | 86 |
| 4.3.6.1 | Milchmenge..... | 86 |
| 4.3.6.2 | Fettgehalt..... | 90 |
| 4.3.6.3 | Eiweißgehalt..... | 94 |
| 4.4 | Vergleich einer simulierten Korrigierten Methode mit der wahren Leistung..... | 97 |
| 4.5 | Vergleich einer simulierten Alternierenden Kontrolle mit der wahren Leistung... | 103 |
| 5 | Diskussion | 109 |
| 6 | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 129 |
| 7 | Literaturverzeichnis..... | 135 |
| 9. | Anhang | 156 |

Verzeichnis der Abkürzungen

| | |
|------------|--|
| ADR | Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. |
| ADT | Arbeitsgemeinschaft Deutscher Tierzüchter e.V. |
| AM-Gemelke | Morgengemelke |
| ICAR | Internationales Komitee für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion |
| LKV | Landeskontrollverband |
| LWK | Landwirtschaftskammer |
| MLP | Milchleistungsprüfung |
| MSE | Mean Square Error |
| PM-Gemelke | Abendgemelke |
| VIT | Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. |

Klassifizierung und Kennzeichnung von MLP-Prüfverfahren (gemäß ICAR, ergänzt durch ADR; Stand: 2002)

| Unterscheidungsmerkmal | Klassen | Symbol | |
|--|--|---|----------|
| Prüfungsmethode (Wer nimmt die Prüfung vor?) | •amtliche Prüfung durch Mitarbeiter einer anerkannten Prüforganisation | A | |
| | •Prüfung durch den Betriebsleiter oder eine von ihm beauftragte Person | B | |
| | •verbandseigener und betrieblicher Prüfer | C | |
| Prüfungsschema (Wieviel Gemelke werden für Milchmengenerfassung und Probenahme geprüft?) | Milchmenge | Probenahme | |
| | •Prüftag - alle Gemelke | •alle Gemelke - anteilige Probe | S |
| | •Prüftag - alle Gemelke | •alle Gemelke - konstante Probe | L |
| | •Prüftag - alle Gemelke | •ein Gemelk - alternierende Melkzeit | M |
| | •Prüftag - alle Gemelke | •ein Gemelk - gleiche Melkzeit - korrigiert | N |
| | •täglich ¹⁾ - alle Gemelke | •ein Gemelk - gleiche Melkzeit - unkorrigiert | I |
| | •Prüftag - ein Gemelk - alternierend | •ein Gemelk - alternierende Melkzeit | T |
| | •Prüftag - ein Gemelk - gleiche Melkzeit | •ein Gemelk - gleiche Melkzeit - korrigiert | U |
| | •Prüftag - ein Gemelk - gleiche Melkzeit | •ein Gemelk - gleiche Melkzeit - unkorrigiert | V |
| | •täglich ¹⁾ - alle Gemelke | •alle Gemelke - anteilige Probe | E |
| | •täglich ¹⁾ - alle Gemelke | •alle Gemelke - konstante Probe | F |
| | •täglich ¹⁾ - alle Gemelke | •ein Gemelk - alternierende Melkzeit | G |
| | •täglich ¹⁾ - alle Gemelke | •ein Gemelk - gleiche Melkzeit - korrigiert | H |
| | •Prüftag - alle Gemelke | •ein Gemelk - gleiche Melkzeit - unkorrigiert | O |
| Prüfungsintervall (Wie häufig wird geprüft?) | •täglich | D | |
| | •... | | |
| | •dreiwöchig | 3 | |
| | •vierwöchig | 4 | |
| | •sechswöchig | 6 | |
| Melkfrequenz (Wie oft je Tag wird im Betrieb gemolken?) | •einmal | 1 | |
| | •zweimal | 2 | |
| | •dreimal | 3 | |
| | •viermal | 4 | |
| | •kontinuierlich (z.B. automatische Melksysteme) | R | |

¹⁾ bei automatischer täglicher Milchmengenerfassung, mindestens 14 Tagesergebnisse müssen vorliegen

1 Einleitung und Zielstellung

Die Milchleistungsprüfung ist seit vielen Jahren eines der wichtigsten Hilfsmittel in der Milchrindhaltung. Mit ihr werden zwei wesentliche Ziele verfolgt. Zum einen bilden die Ergebnisse der Milchleistungsprüfung die Grundlage für die Berechnung der Zuchtwerte von Kühen und Bullen und zum anderen sind sie wertvolle Managementinstrumente. Mit den ausgewiesenen Parametern der Leistungsprüfung erhält der Landwirt wesentliche Angaben nicht nur zur Leistung der Kühe, sondern auch über die Gesundheit der Tiere und die Milchqualität. Es können Fütterungsfehler aufgedeckt und Selektionsentscheidungen getroffen werden.

Seit den letzten Jahren zeichnet sich der Trend ab, dass immer mehr Landwirte vom traditionellen zweimaligen täglichen Melken ihrer Kühe abweichen und zu höheren Melkfrequenzen übergehen. Dem liegen zwei wichtige Ursachen zugrunde. Erstens kann durch einen dreimaligen täglichen Milchentzug die Milchleistung der Tiere erhöht werden, womit eine Steigerung der Produktionseffektivität und damit des Gewinnes erzielt werden soll. Der zweite nicht zu unterschätzende Grund für den Übergang zum dreimaligen Melken ist eine Stabilisierung der Eutergesundheit. Züchterischer Fortschritt in Verbindung mit verbessertem Kuhkomfort haben bereits einen beachtlichen Leistungszuwachs erbracht. Mit täglichen Milchmengen von bis zu 70 kg je Kuh wird dem Euter ein enormes Speichervermögen abverlangt. Durch eine häufigere Melkfrequenz sowie auf der Grundlage hochentwickelter, dem natürlichen Saugakt angepasster Melktechnik kann damit eine Stabilisierung der Eutergesundheit erreicht werden.

In Mecklenburg-Vorpommern hat sich die Anzahl dreimal melkender Betriebe von 1,2 % im Januar 1998 auf 11,5 % im September 2002 erhöht. Dies betrifft vor allem Milchviehbetriebe mit mehr als 200 Kühen. Derzeit werden 37.840 Kühe, das sind 21,3 % des gesamten Kuhbestandes Mecklenburg-Vorpommerns, dreimal täglich gemolken.

Die Durchführung der Milchleistungsprüfung nach dem Standardverfahren (AS4/BS4) erfordert bei einer Melkfrequenz von drei Melkungen je Tag einen deutlich höheren Zeitaufwand gegenüber dem zweimaligen Melken. Am Kontrolltag ist von drei Teilgemelken, morgens, mittags und abends, die Milchmenge zu erfassen und eine anteilige Probe zu ziehen. Aus dem Gemisch der Probenanteile werden wie beim zweimaligen Melken die Inhaltsstoffe der Milch im Labor analysiert. In Betrieben mit großen Kuhbeständen nimmt die tägliche Melkarbeit bei dreimaliger Melkfrequenz nahezu 24 Stunden in Anspruch. Über diesen Zeitraum hat nach der AS43-/BS43-Methode die Durchführung der Leistungsprüfung je Kuh

zu erfolgen. Das bedeutet für den Prüfer einen 24-stündigen Arbeitseinsatz nahezu ohne Pausen. Der zeitliche Aufwand für die Milchleistungsprüfung erhöht sich somit beim Übergang zum dreimaligen Melken erheblich.

Um den Arbeitsaufwand und die damit verbundenen Kosten der Milchleistungsprüfung (MLP) bei dreimaligem Melken zu reduzieren, wurden alternative Prüfmethode getestet. In die Prüfung wurden nur vom ICAR anerkannte Methoden einbezogen. In dem Internationalen Abkommen zur Durchführung der MLP sind als Alternativvarianten zur Standardmethode sowohl Verfahren mit längerem Prüfintervall (5, 6, 7, 8 oder 9 Wochen) als auch mit verringerter Anzahl gemessener und/oder beprobter Gemelke am Prüftag registriert.

Eine Kostenreduzierung durch Verlängerung des Prüfabstandes auf z.B. 6 Wochen bietet zwar den Vorteil, dass wie bei der Standardmethode alle Gemelke eines Tages in die Prüfung einbezogen werden und somit die exakte Leistung je Kuh am Kontrolltag zur Verfügung steht, wird aber von den meisten Landwirten aufgrund der verzögerten Leistungsinformation (alle 6 statt 4 Wochen) abgelehnt. Managemententscheidungen sowie tier- bzw. gruppenbezogene Fütterungskontrollen verzögern sich um 2 Wochen, ohne dass sich der Arbeitsaufwand am Tag der MLP verringert.

Praxisrelevanter erscheinen Verfahren, die ebenfalls wie die Standardmethode im Abstand von 4 Wochen durchgeführt werden, wobei jedoch die Anzahl der Prüfgemelke je Kuh am Kontrolltag reduziert ist.

Ziele der vorliegenden Arbeit waren:

- nach Möglichkeiten zu suchen, um den hohen Aufwand der Milchleistungsprüfung bei dreimal täglichem Melken zu reduzieren

- zu untersuchen, ob eine Verringerung der Probenahmefrequenz auf ein oder zwei Gemelke je Prüftag eine hinreichende Genauigkeit in der Berechnung der Tagesleistung zulässt

- Berechnungsverfahren zu entwickeln, mit denen sowohl die gemessenen als auch die analysierten Werte aus ein bzw. zwei Prüfgemelken auf die Tagesgesamtleistung je Tier hochgerechnet werden können

- diese Verfahren hinsichtlich ihrer Schätzgenauigkeit zu prüfen und miteinander zu vergleichen

- auf der Grundlage der gewonnenen Werte international anerkannte Prüfmethode (wechselndes/konstantes Prüfgemelk) zu simulieren und das Verfahren aufzuzeigen, welches die wahren Ergebnisse über mehrere Monate am genauesten darstellt

die Schätzmodelle und Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz zu bewerten und Ableitungen für eine Einführung in die Praxis zu treffen.

2 Literaturübersicht

2.1 Die Milchleistungsprüfung

Die Leistungsprüfung von Milchkühen kann auf eine über 100-jährige Geschichte zurückblicken. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurde sie von einzelnen Züchtern durchgeführt (MÜGGE et al., 2001). Vom Internationalen Komitee für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion (ICAR) wird die erste offizielle Milchkontrolle in den USA im Jahre 1883 genannt (ICAR, 2001 a). In Deutschland begann die Milchleistungsprüfung mit der Gründung der ersten Kontrollvereine 1897 (GRAVERT, 1983). Zunächst war sie auf die Kenntnis bzw. Ermittlung der Kühe für die Selektion ausgerichtet und fand deshalb in Zuchtbetrieben verstärkte Anwendung. Im Jahre 1908 führte die Ostpreußische Herdbuchgesellschaft die MLP obligatorisch für alle Herdbuchtiere ein (MÜGGE et al., 2001). Erst als die Molkereien dazu übergingen, die angelieferte Milchmenge nach Milchfett zu bezahlen, fand die Milchkontrolle auch in den Produktionsbetrieben breite Akzeptanz.

Die Milchleistungs- und Qualitätsprüfung dient dem Zweck,

die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe der Milch quantitativ zu ermitteln,
der Erhaltung und Förderung der Tiergesundheit,
zur Verbesserung der Milchqualität und Hygiene der Milcherzeugung beizutragen, um
hochwertige Milch zu erzeugen,
Grundlagen für strukturverbessernde Maßnahmen zu liefern
Voraussetzungen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Gesamtpopulation zu
schaffen
und nicht zuletzt
Grunddaten zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines Betriebes zu liefern
(ADR, 2001).

Seit Mitte der 50-er Jahre arbeiten alle MLP-Organisationen, die dem ICAR angehören, nach einheitlichen Vorschriften zur Durchführung der Milchleistungsprüfung. In Deutschland kam seit Einführung der MLP bis etwa Mitte der 80-er Jahre nur eine einzige, nämlich die Standardreferenzmethode, zur Anwendung (PAUW, 1999). Diese Kontrollmethode beruht auf einem 4-wöchigen Rhythmus wobei die Milchmengenerfassung und die Probenahme durch einen amtlichen Prüfungsbeauftragten erfolgt (ICAR, 2001 b).

Erst seit Mitte der 90-er Jahre wurden die MLP-Organisationen in Deutschland auch für andere, international längst übliche, Prüfmethode offen.

2.2 ICAR anerkannte Prüfmethode

Dem Internationalen Komitee für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion (ICAR) sind derzeit 45 Länder angeschlossen. Diese, 1901 in Frankreich gegründete und mittlerweile weltweite Organisation, hat sich zum Ziel gesetzt, die Leistungsprüfung bei Tieren zu forcieren und die in den einzelnen Ländern verwendeten Methoden zu vereinheitlichen (ICAR, 2000). Damit können die Ergebnisse international vergleichbarer gemacht werden. In einem vom ICAR getroffenen internationalen Abkommen über die Durchführung von Leistungsprüfungen wurden dafür Regeln, Standards und Empfehlungen festgesetzt. Sie enthalten Mindestanforderungen an eine im Sinne des ICAR befriedigende Prüfung, zu deren Einhaltung sich alle Mitgliedsländer laut Abkommen verpflichtet haben.

In dieser gemeinsamen Resolution sind mehrere Prüfverfahren definiert, über deren Anwendung die Prüforganisationen der Länder eigenständig entscheiden können. Wichtig ist, dass dabei die vorgeschriebenen Richtlinien zur Durchführung und Leistungsberechnung eingehalten werden.

2.2.1 Standardmethode

Von den verschiedenen durch das ICAR zugelassenen Verfahren wurde eines als Standardreferenzmethode festgelegt. Hierbei handelt es sich um die so bezeichnete AS42-Methode (ICAR, 2001 b). Dieses Prüfverfahren bezieht sich auf Herden, die zweimal täglich gemolken werden (Symbol: AS42). An einem Stichtag, der sich im Abstand von vier Wochen wiederholt (Symbol: AS42), wird die Leistung je Kuh innerhalb von 24 Stunden ermittelt. Dazu misst ein amtlich beauftragter Prüfungsnehmer (Symbol: AS42) die Milchmenge des Abend- und Morgengemelkes je Tier. Zur Bestimmung der Inhaltsstoffe der Milch (mindestens Fett- und Eiweißgehalt) wird für jede Kuh von jedem Gemelk eine repräsentative Probe gezogen (Symbol AS43). Beide Proben eines Tages werden zu einer Mischprobe je

Tier zusammengeführt. In einem behördlich anerkannten Untersuchungslabor wird dann jede Probe bezüglich ihrer Inhaltsstoffe analysiert (ICAR, 2001 b).

Hinsichtlich der Probenahme für die Bestimmung der Inhaltsstoffe bestehen zwischen den Mitgliedsländern gewisse Unterschiede. Während in Großbritannien, Italien, den Niederlanden sowie teilweise in Frankreich und Norwegen aus der Morgen- und Abendmilch gleich große Proben gezogen und für die Analyse gemischt werden, erfolgt in den übrigen, dem ICAR angeschlossenen Ländern die Probenahme anteilmäßig zur Gemelksmenge (GRAVERT, 1983). Dadurch werden die unterschiedlichen Fettgehalte der Einzelgemelke korrekt bewertet.

Zuständig für die Durchführung der Milchleistungsprüfung in der BRD ist die nach jeweiligem Landesrecht beauftragte MLP-Organisation. Diese Organisation kann sich für die Analyse der Milchinhaltstoffe und/oder für die Datenauswertung einer anderen Organisation, Einrichtung oder Rechenstelle bedienen, sofern diese nach ICAR-Vorschriften arbeitet (ADR, 2001; Richtlinie 1.1).

Das bereits erläuterte Standardverfahren ist nach wie vor die dominierende Prüfungsform und wird auch in Deutschland in allen Bundesländern angeboten und genutzt (PAUW, 1999). Ihre Bedeutung nimmt jedoch seit einigen Jahren ab. Standen 1998 noch in 67 % aller ICAR-Länder über die Hälfte aller geprüften Milchrinder unter AS42-Kontrolle, so war dies im Jahr 2000 nur noch bei 58 % aller angegebenen ICAR-Länder der Fall (ICAR, 2002).

In der Bundesrepublik Deutschland wurde bis zu Beginn der 90-er Jahre nahezu ausschließlich nach der Standardreferenzmethode geprüft. Eine Ausnahme bildet hierbei das 1963 beschlossene Gesetz der DDR zur Neuregelung der Milchleistungsprüfung. Darin wurde die Durchführung der Leistungsprüfung nach demselben Verfahren, jedoch durch betriebliche Leistungsprüfer, die geschult wurden und weiterhin unter Kontrolle und Anleitung von staatlich angestellten Instruktoren standen, erlaubt (STUTZ, 2001). Lässt man diese Einschränkung außer Acht, wurden grundsätzlich alle Kühe der damaligen DDR nach der Standardmethode geprüft (FACHBEREICHSSANDARD; 1984).

Bis zum Jahr 1996 kamen deutschlandweit entweder nur die Standardmethode (AS4) oder die verfahrenstechnisch gleiche Methode mit einem betrieblichen Leistungsprüfer (BS4) zur Anwendung.

2.2.2 International angewandte Prüfmethode

Obwohl im internationalen Vergleich die Anwendung der Standardprüfmethode dominiert, wurde in vielen Ländern bereits in der Vergangenheit auch von anderen Methoden Gebrauch gemacht. Im Gegensatz zu Deutschland wurde z.B. bereits 1994 in den USA, Frankreich, Italien, Österreich, Portugal, Kroatien, Tschechien und der Slowakei neben der Standard- auch die Alternierende Kontrolle durchgeführt (ICAR, 1995).

Bis zum Jahr 2000 reduzierte sich die ausschließliche Anwendung der Standardreferenzmethode auf die Länder Schweiz, Griechenland, Ungarn, Indien, Korea und Slowenien (Tabelle 1). Spanien ist das einzige Land, das in großem Umfang (zu 90 %) die Milchleistungsprüfung in kürzeren Abständen, und zwar alle 3 Wochen, durchführt (A3). Zunehmend verbreiten sich jedoch Prüfverfahren, die gegenüber der Standardmethode Kosteneinsparungen garantieren (A6, AT, B). So kam es 1968 in Pennsylvania (USA) zur Einführung der Alternierenden Milchkontrolle unter Berücksichtigung, dass

1. dieses Verfahren genauer ist als zweimonatliche Tests,
2. die Akzeptanz beim Farmer größer ist als beim zweimonatlichen Test,
3. es die tägliche Arbeitsroutine weniger unterbricht,
4. es geringere Kosten je Kuh verursacht und
5. je Kontrollperson ein höheres Einkommen erzielt werden kann (EVERETT und WADELL, 1970 b).

Die österreichischen Bauern bevorzugen bereits seit mehreren Jahren die Alternierende Kontrolle (AT) in der Milchleistungsprüfung. Auch in Deutschland, Kroatien, der Slowakei und den USA nimmt dieses Prüfverfahren eine bedeutende Position ein. Estland, Schweden und Norwegen lassen alle MLP-Kühe nach der Besitzer-Methode (B) prüfen.

Argentinien, Australien, Belgien, Zypern, Irland, Italien, Mexiko, Niederlande, Neuseeland und Polen entschieden sich, auch Verfahren mit größeren Prüfintervallen von 5 bis 9 Wochen zuzulassen. In Neuseeland z.B. erfolgt für 96 % aller MLP-Kühe die Prüfung im Abstand von 9 Wochen, d.h. nur 6-mal jährlich.

Die gemeinsame Durchführung der Milchleistungsprüfung durch den Landwirt und einen amtlich beauftragten Leistungsprüfer (C) wird in 6 der in Tabelle 1 aufgeführten Länder praktiziert.

Tabelle 1: International angewandte Methoden der Milchleistungsprüfung; Stand: 2000
(ICAR, 2002)

| Land | Prozentsatz geprüfter Kühe nach Methode | | | | |
|------------------------|---|---------|---------|--------|--------|
| | A3 | A4 | A6 | AT | B |
| Argentinien | | 83 | 14,5 | 2,4 | C4:0,1 |
| Österreich | | | | 100 | |
| Australien | | C4:6 | C6:18 | | 45 |
| Belgien | | 85,5 | 4,5 | 10 | |
| Kanada | | A: 39,5 | | C:5,5 | 55 |
| Schweiz | | 100 | | | |
| Zypern | | 60 | A8:40 | | |
| Tschechien | | 96,7 | | 3,2 | 0,1 |
| Deutschland | | 51,7 | | 29,1 | 19,1 |
| Dänemark | | 16 | | | 84 |
| Estland | | | | | 100 |
| Spanien | 90 | | | | |
| Finnland | 0,3 | C4:3,6 | | | 96,1 |
| Frankreich | | 91,5 | | 8,5 | |
| Großbritannien (En/Wa) | | 89 | C4:5 | | 6 |
| Griechenland | | 100 | | | |
| Kroatien | | | | 83,3 | 16,7 |
| Ungarn | | 100 | | | |
| Irland | | 58,4 | 32,3 | A8:9,3 | |
| Israel | | 65 | | | 35 |
| Indien | | 100 | | | |
| Italien | | 83,5 | | 16,4 | 0,03 |
| Japan | | 96,3 | | 2,7 | 1 |
| Korea | | 100 | | | |
| Litauen | A1:44 | 56 | | | |
| Lettland | | 14 | C:84,5 | | 1,5 |
| Mexiko | | 95 | 5 | | |
| Niederlande | 5 | 64,1 | 27,4 | A5:3,5 | |
| Norwegen | | | | | 100 |
| Neuseeland | | 1 | A9:96 | A7:3 | |
| Polen | | 48,5 | A8:32,4 | 19 | |
| Schweden | | | | | 100 |
| Slowenien | | 100 | | | |
| Slowakei | | 14,7 | | 85,3 | |
| Tunesien | | 81,3 | | | 18,7 |
| USA | | 21 | | 61 | 18 |

Untersuchungen zur Anwendung verlängerter Prüfintervalle werden in der Literatur sowohl in älterer als auch in jüngerer Vergangenheit kontrovers diskutiert (ERB et al., 1952; VOIGTLÄNDER, 1965; POLY und POUTOUS, 1967; EVERETT et al., 1968; DICKINSON und Mc DANIEL, 1970; DÜNNEBIER, 1971; ESSL et al., 1974; YADAV und KHANNA, 1989; LEDIC et al., 1991; PANDER et al., 1993; NORMAN et al., 1999). Den Schwerpunkt bildet dabei stets der Vergleich zwischen Aufwandsreduzierung und Genauigkeit der Leistungsbewertung. Dabei kommen die Autoren zu differenzierten Schlussfolgerungen, die nicht zuletzt aus verfahrens- sowie rechentechnischen Entwicklungen resultieren.

Vereinfachungen in der Prüfmethode wurden nicht nur für Milchkühe getestet, sondern spielen zunehmend auch bei der Leistungsprüfung von Schafen und Ziegen eine Rolle (BOULOC et al., 1991; BISHOP et al., 1994; ROSATI et al., 1994; SANNA et al., 1994; GIACCONE et al., 1996; PORTOLANO et al., 1997; WÓJTOWSKI et al., 2001)

2.2.3 Prüfmethode der Bundesländer

In Deutschland blieben die Prüfverfahren seit Einführung der Milchleistungsprüfung (im Jahre 1897) in den letzten 100 Jahren nahezu unverändert. Erst Mitte der achtziger Jahre setzten geringfügige Modifikationen und seit 1996 dann ein deutlicher Wandel in der Milchleistungsprüfung ein (PAUW, 1999). Das Bestreben nach Kostensenkung in der Milcherzeugung zwang und drängt noch heute zu Überlegungen, Alternativen in der Milchleistungsprüfung anzubieten (TRAPPMANN et al., 1998). Ein anderer Grund liegt in der Kürzung von Zuschüssen für die Kontrollverbände und in steigenden Personalkosten, sodass auch die LKV zur Kostenminimierung gezwungen sind (PAUW und SCHULTE-LOHMÖLLER, 1998). Eine der effektivsten Möglichkeiten ist dabei nach Ansicht der Autoren die Anwendung alternativer Kontrollmethoden. Denn, wie PAUW und SCHULTE-LOHMÖLLER (1998) treffend formulierten, ist das teuerste, international anerkannte Verfahren (AS4) am weitesten in Deutschland verbreitet.

Westfalen-Lippe war der erste Bereich, indem bereits 1994 – 1996 Kühe nach der Alternierenden Methode geprüft wurden. Das entsprach 0,03 % aller geprüften Kühe Deutschlands (ADR, 1994). Am 1. Oktober 1995 wurde in Mecklenburg-Vorpommern das Verfahren der Alternierenden Milchkontrolle eingeführt, zunächst als Testphase, ab 1.10.1996

offiziell. Eine rasante Entwicklung begann. Bereits ein Jahr später wurden in diesem Bundesland 58.000 Kühe, das war etwa ein Viertel des gesamten Kuhbestandes, nach dieser Methode geprüft (HARTWIG, 1997). Im selben Jahr begann die Region Hannover/Bremen mit einer vorläufigen Zulassung der Verfahren AT und A6 (6-wöchiges Prüfintervall) (LWK Hannover, 1996) und das Rheinland mit der Einführung dieses Verfahrens für Nicht-Herdbuchbetriebe (KUWAN, 1996). Innerhalb der ersten 3 Monate nahmen bereits 211 Betriebe dieses Angebot an. Im Jahr darauf führte die Landwirtschaftskammer in Schleswig-Holstein und Hamburg die Alternierende Milchleistungsprüfung ein (PIEPENBURG, 1998). Auch hier wurde dieses Prüfverfahren, das in jedem Fall als Alternativvariante zur Standardmethode angeboten wird, sehr schnell von den Landwirten angenommen. Im September 1998 waren es hier bereits 1.807 Betriebe, die zu dieser Kontrollmethode übergangen. Damit wurden nur ein Jahr nach der Einführung 34,7 % aller MLP-Kühe in Schleswig-Holstein nach der AT-Methode geprüft.

Derzeit werden in allen Bundesländern, mit Ausnahme von Rheinland-Pfalz, neben der Standardmethode auch Alternativverfahren angeboten, die von den Landwirten regional sehr unterschiedlich genutzt werden. Entschieden sich in Bayern z.B. 42,6 % aller Betriebe, die AT-/BT-Methode anzuwenden, so waren dies in Westfalen-Lippe, Baden-Württemberg, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen weniger als 5 %. Im Jahr 2000 wurde dieses Prüfverfahren deutschlandweit in 19.552 Betrieben (=23,5 %) angewandt und 715.215 Kühe (= 19,5 %) auf diese Weise geprüft (ADR, 2001).

Der Anteil Kühe, die in Deutschland nach der traditionellen AS4-Methode geprüft wurden, betrug nur noch 51,7 % (Tabelle 2). In Schleswig-Holstein, Bayern und Mecklenburg-Vorpommern waren es sogar weniger als 20 % aller MLP-Kühe. Für das Jahr 2001 wird von der ADR ein weiterer Rückgang des Anteils A-geprüfter Kühe von 2000 zu 2001 um 4,1 % ausgewiesen. Der Anteil B-geprüfter Tiere erhöhte sich im selben Maße auf 23,3 % im Jahr 2001 (ADR, 2002).

Eine von der Alternierenden Kontrolle abgeleitete Variante beruhte ursprünglich auf der Anwendung des damals neu entwickelten Messgerätes Lactocorder. Dieses Gerät, entwickelt zur Bestimmung von Milchflusskurven, misst ebenfalls die Milchmenge je Kuh und Gemelk und kann daher in der MLP eingesetzt werden. Das mit AM symbolisierte Verfahren wurde erstmalig im Oktober 1998 in Bayern angewandt (SPRENGEL et al., 2001). Dabei wird zu einer Melkzeit in Anwesenheit des Prüfers die Milchmenge erfasst und eine repräsentative Milchprobe gezogen (siehe AT). In der darauf folgenden Melkzeit misst das Betriebspersonal mit Hilfe des Lactocorders die Milchmenge des zweiten, bei der AT-Kontrolle ausgelassenen

Tagesgemelkes (PAUW und BERGMANN, 1999). Dieses Verfahren ist zwischenzeitlich nicht mehr nur auf die Anwendung des Lactocorders beschränkt, sondern wird auch von Betrieben mit automatischer Milchmengenmessung genutzt. Mit fortschreitender Entwicklung ist es gelungen, den Lactocorder zusätzlich mit einem Probenahmegerät auszustatten, das automatisch jedem Gemelk eine repräsentative Milchprobe entzieht, diese direkt in ein Analysefläschchen füllt und über Barcode eine eindeutige Zuordnung von Tier- und Flaschennummer absichert (SCHULZ und SCHMIDT, 1999). 40,9 % aller unter Leistungsprüfung stehenden Kühe Bayerns wurden im Jahr 2000 nach der AM- bzw. BM-Methode geprüft. Aber auch in Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen und Sachsen ist diese Kontrollmethode in größerem Umfang in Anwendung.

Tabelle 2: Anwendung ICAR-anerkannter MLP-Prüfmethoden in Deutschland (Kühe)
(Quelle: ADR, 2001)

| Land Region | AS | | BS | | AT | | BT | | AM | | BM | |
|------------------------|-----------|-------|---------|------|---------|------|--------|------|---------|------|---------|------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Schleswig-Holstein | 59.614 | 19,8 | 103.293 | 34,2 | 70.518 | 23,4 | 34.840 | 11,5 | 9.618 | 3,2 | 23.700 | 7,9 |
| Hannover-Bremen | 268.749 | 86,9 | 6.471 | 2,1 | 30.399 | 9,8 | 966 | 0,3 | | | | |
| Weser-Ems | 280.842 | 91,9 | | | 24.886 | 8,1 | | | | | | |
| Westfalen-Lippe | 148.505 | 88,5 | 16.066 | 9,6 | 3.219 | 1,9 | | | | | | |
| Nordrhein | 112.972 | 77,7 | | | 32.443 | 22,3 | | | | | | |
| Hessen | 116.983 | 82,0 | 10.158 | 8,0 | | | | | | | | |
| Rheinland-Pfalz | 101.329 | 100,0 | | | | | | | | | | |
| Saarland | 12.095 | 98,1 | 240 | 2,0 | | | | | | | | |
| Baden-Württemberg | 235.776 | 76,3 | 63.345 | 20,5 | 7.081 | 2,3 | 2.998 | 1,0 | | | | |
| Bayern | 188.376 | 18,2 | 2.289 | 0,2 | 419.773 | 40,6 | 91 | | 410.183 | 39,7 | 12.183 | 1,2 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 25.787 | 14,0 | 66.548 | 36,1 | 13.655 | 7,4 | 30.053 | 16,3 | 7.509 | 4,1 | 40.800 | 22,1 |
| Brandenburg | 96.843 | 52,6 | 84.511 | 45,9 | 115 | 0,1 | 2.561 | 1,4 | | | | |
| Sachsen-Anhalt | 73.661 | 53,1 | 46.585 | 33,6 | 219 | 0,2 | 10.417 | 7,5 | 396 | 0,3 | 5.475 | 3,9 |
| Thüringen | 50.619 | 38,5 | 50.896 | 38,7 | 452 | 0,3 | 7.589 | 5,8 | 1.189 | 0,9 | 20.760 | 15,8 |
| Sachsen | 115.153 | 55,9 | 32.585 | 15,8 | 16.324 | 7,9 | 6.616 | 3,2 | 17.292 | 8,4 | 18.138 | 8,8 |
| Total | 1.887.304 | 51,7 | 482.987 | 13,2 | 619.084 | 16,9 | 96.131 | 2,6 | 446.187 | 12,2 | 121.056 | 3,3 |

2.2.4 Milchleistungsprüfung in Mecklenburg-Vorpommern

Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts führte der bedeutende Agrarwissenschaftler und Ökonom Johann Heinrich von Thünen über Leistung und Fettgehalt seiner Kühe im mecklenburgischen Tellow Buch (HIPPAUF, 2000). 1925 wurde in Rostock der „Mecklenburgische Kontrollverband“ gegründet (STUTZ, 2001), und mit der im November 1935 verabschiedeten „Verordnung über die Durchführung der pflichtmäßigen Milchkontrolle“ wurden alle Kuhhalter zur MLP verpflichtet. Auch in der DDR war die monatliche Milchleistungsprüfung obligatorisch (FACHBEREICHSSSTANDARD, 1965).

Am 28. Mai 1990 wurde der Landeskontrollverband für Milchleistungsprüfung in Mecklenburg-Vorpommern e.V. gegründet. Er übernahm die hoheitlichen Aufgaben der Leistungserfassung und Milchprobenanalyse. Ab diesem Zeitpunkt wurde die A-Prüfungsmethode in Mecklenburg-Vorpommern eingeführt (LKV M-V, 1992). Sie wurde jedoch nur zögerlich angenommen, da die meisten Betriebe über qualifizierte Leistungsprüfer verfügten. Im Dezember 1990 betrug der Anteil A-Prüfungen in M-V lediglich 1,2 %. Bis Dezember 1991 erhöhte sich dieser auf 17,5 % (Abbildung 1).

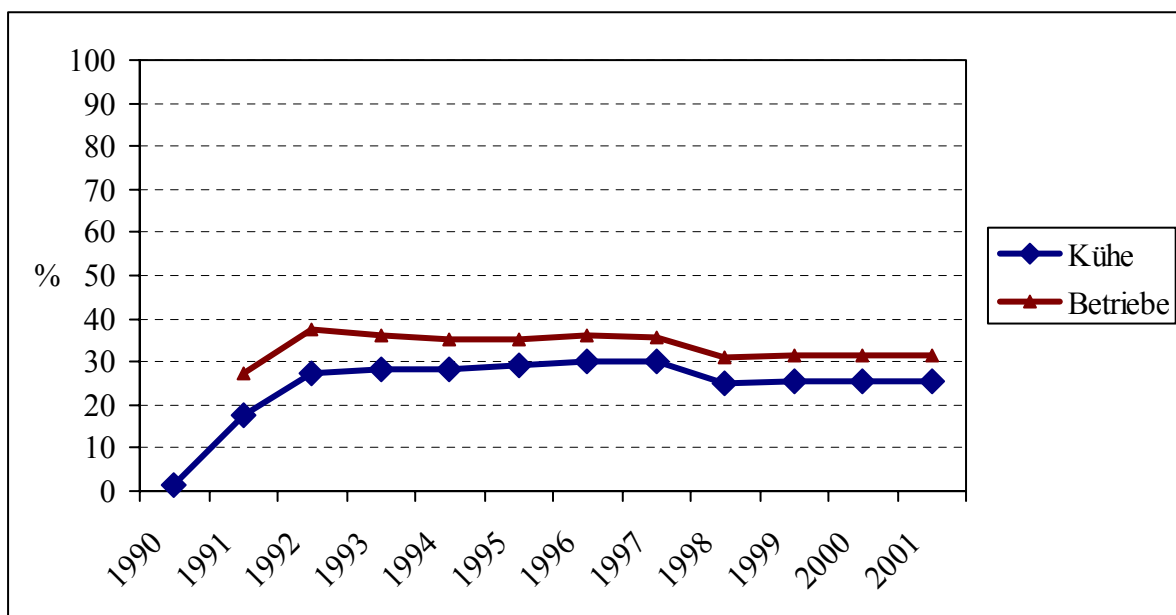


Abbildung 1: Anwendung der A-Prüfung in Mecklenburg-Vorpommern als Anteil der Kühe bzw. Betriebe zum Gesamtbestand (Quelle: LKV MV, 1992 bis 2001)

Insgesamt stieg der Anteil A-geprüfter Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern nicht über 40 %. Im Jahr 1998 verringerte er sich sogar auf 30,8 % und etablierte sich seitdem auf diesem Niveau. Es sind vorrangig kleinere Betriebe, die noch die teurere A-Prüfung nutzen.

Zum 1. Oktober 1996 wurde in Mecklenburg-Vorpommern die AT-/BT-Methode eingeführt (Tabelle 3). Damit nahm dieses Bundesland eine Vorreiterstellung in Deutschland ein, die bundesweit anfangs teilweise skeptisch betrachtet, zunehmend jedoch auf positive Resonanz stieß (ADT, 1997; DUDA und AUMANN, 1997; STEINERT, 1997; SWALVE, 1997; PAUW und SCHULTE-LOHMÖLLER, 1998; TRAPPMANN et al., 1998; AVERDUNK, 1998; GERNAND et al., 1999).

Tabelle 3: Anwendung von Prüfmethode im LKV M-V

| Monat/Jahr | AT/BT | | | |
|---------------------------|----------|------|------------|------|
| | Betriebe | | Kühe | |
| | n | % | n | % |
| Februar/97 ¹⁾ | 89 | 7,9 | 31.242 | 13,4 |
| August/97 ²⁾ | 155 | 14 | ca. 45.000 | >20 |
| Oktober/97 ²⁾ | 188 | 17 | 57.339 | 25,6 |
| Januar/98 ²⁾ | | 19,8 | | 27,0 |
| Juli/98 ²⁾ | | 24,5 | | 31,0 |
| Oktober/98 ²⁾ | 268 | 25,3 | 67.712 | 32,0 |
| Oktober/99 ²⁾ | | 35,3 | | 41,5 |
| Januar/00 ²⁾ | | 37,9 | | 44,7 |
| Dezember/01 ³⁾ | | 42,7 | | 45,9 |

¹⁾ HARTWIG, 1997

²⁾ LKV M-V, persönliche Mitteilung

³⁾ LKV M-V, 2002

2.3 Genauigkeit unterschiedlicher MLP-Verfahren

2.3.1 Standardmethode

Die wahre Laktationsleistung einer Kuh kann nur durch tägliche bzw. gemelksweise Wägungen und Analysen der Milchinhaltsstoffe erfasst werden. Da der hierfür erforderliche Aufwand unter praktischen Bedingungen das Maß des Möglichen überschreitet, finden unter Verzicht auf die genauen Werte Kontrollen als Stichprobenerhebungen statt (JOHANSSON, 1942). Die sich hieraus ergebenden Fehler sind in den Schwankungen der Leistung von Tag zu Tag sowie in den laktationsbedingten Veränderungen zu suchen. Das Bestreben, einerseits den Aufwand zur Milchleistungsprüfung zu reduzieren und andererseits die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Resultate zu gewährleisten, ließ die Genauigkeit der Milchleistungsprüfung immer wieder in den Mittelpunkt zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen rücken (VOGTLÄNDER, 1965).

Schon vor mehr als 75 Jahren, also noch in den Anfangszeiten der Milchleistungsprüfung, stellten sich M'CANDLISH und M'VICAR (1925) der Frage, wie genau eine monatliche Leistungsprüfung sei. Ihre Berechnungen ergaben eine mittlere Abweichung von 2 % zur wahren Leistung. DICK (1950) beobachtete ebenfalls bei 28-tägigen Testintervallen einen Fehler von durchschnittlich 2,3 Prozent. Auch ERB (1952) verglich die Leistung von Kühen an Prüftagen mit der tatsächlichen 305-Tage-Leistung und ermittelte für einen Prüfzeitraum von 30 Tagen einen prozentualen Fehler von 2,4. Diese Angaben sind jedoch an lediglich 9 Kühen erhoben worden.

An einem größeren Datenmaterial von 645 Laktationen fand FLOCK (1969), dass die Genauigkeit der Vorhersage der 305-Tageleistung, gemessen an der Korrelation des Standardverfahrens zur wahren Leistung, mit $r=0,99$ für die Milchmenge und $r=0,98$ für die Fettmenge sehr hoch ist. Aber auch bei lediglich 3 Milchleistungsprüfungen im Jahr lag der Korrelationskoeffizient für die Merkmale Milchmenge, Fettmenge und Fettgehalt über 0,90. Ebenso hohe Korrelationen ermittelte BIRKER (1972) mit $r=0,99$ bzw. $r=0,97$ für Milch- und Fettmenge. Der Autor verweist aber auch auf teilweise große Unterschiede beim Einzeltier, die jedoch in gleicher Höhe zwischen der wahren Leistung und jedem anderen Stichprobenverfahren auftreten können. 1994 bestätigten SCHAEFFER et al. nach bedeutenden Entwicklungen in der Milchleistung der Kühe diese hohe Beziehung zwischen AS4-Kontrolle und wahrer Laktationsleistung mit demselben Korrelationskoeffizienten von

$r=0,99$. In Bezug auf die Fettmenge geben die Autoren jedoch mit $r= 0,80$ deutlich geringere Beziehungen an als BIRKER (1972). LAUPRECHT (1950) untersuchte die Genauigkeit der 28-tägigen Milchkontrolle im Vergleich zu den tatsächlich innerhalb von 305 Laktationstagen erzielten Leistungen. Bei einem kleinen Datenmaterial lag die größte aufgetretene Abweichung der täglichen von der 28-tägigen Kontrolle zwischen 6 % und 7 % sowohl bei der Milchmenge als auch beim Fettgehalt. Fehlschätzungen bei der Standardkontrolle von -12 % bis +9 % für die Milchmenge je Tag sowie von -6 % bis +5 % für den Fettgehalt ermittelte VOIGTLÄNDER (1965) im Vergleich zur wöchentlichen Kontrolle.

Mc DANIEL (1969) recherchierte anhand umfangreicher Literaturquellen eine durchschnittliche Fehlervarianz der Standardmethode von 2,7 % für die Milchmenge, 3,5 % für den Fettgehalt und 5,0 % für die Fettmenge. Mindestens 90 % der Milchleistung, geschätzt aus einem Einzeltag je Monat, sind nach Angaben des Autors innerhalb von ± 5 % der wahren Leistung.

PUTNAM et al. (1968) teilen sogar Größenordnungen mit, nach denen 98,8 % der nach dem Standardverfahren geschätzten Werte innerhalb von ± 5 % der wahren Leistung liegen. Die Autoren geben Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung von 112,5 kg Milch je Laktation an. Deutlich höhere Werte für die Standardabweichung der Differenzen zwischen der AS4-Kontrolle und der wahren Laktationsleistung dokumentierten SCHAEFFER und RENNIE (1976). Für die Milchmenge erstlaktierender Kühe ermittelten sie ± 201 kg, für zweite und höhere Laktationen ± 255 kg bzw. ± 292 kg. Ähnliche Ergebnisse stellten SCHAEFFER et al. auf der 29. ICAR-Tagung 1994 in Kanada vor. In ihrer Auswertung von 54.978 MLP-Daten berechneten sie eine mittlere Differenz zwischen geschätzter und wahrer Laktationsleistung von 45 kg Milch mit einer Standardabweichung von ± 203 kg.

2.3.2 Alternierende Kontrolle

Die Alternierende Kontrolle ist ein international anerkanntes Prüfverfahren, bei dem nicht alle Gemelke je Tier am Prüftag gemessen und beprobt werden. Bei zweimaligem Melken z.B. bezieht sich die Probenahme nur auf ein Gemelk. Bei dreimaligem Melken können ein bzw. zwei Gemelke einbezogen werden. Bedingung ist in jedem Fall, dass das Prüfgemelk

monatlich wechselt. Die Einzelgemelksergebnisse werden auf die Tagesgesamtleistung hochgerechnet.

Die Genauigkeit der Alternierenden Kontrolle ist von der Bezugsgröße abhängig, mit der die geschätzten Werte verglichen werden sollen. Zum einen kann dies die wahre Leistung am Prüftag sein und zum anderen die Leistung im Laktationszeitraum. Am Prüftag treten oft größere Unterschiede zwischen geschätzten und wahren Werten auf, die sich aufgrund der Alternierung mit zunehmender Laktationsdauer weitgehend ausgleichen. Andererseits ist dieses Verfahren aber auch sehr stark vom Hochrechnungsmodell abhängig.

Alternierende Kontrolle bei zweimal täglichem Melken

Bei zweimal täglichem Melken gibt es generell die beiden Möglichkeiten der einfachen Verdopplung eines Einzelgemelkes und der Berechnung von spezielleren Korrekturmodellen. Auf der Grundlage einfacher Verdopplung der Einzelgemelkswerte verglichen POLY und POUTOUS (1967) an einem Datenmaterial von 5.275 Laktationen in 236 französischen Zuchtbetrieben die Alternierende Kontrolle mit dem Standardverfahren. Die Autoren konnten für beide Verfahren gleiche mittlere Laktationsleistungen ausweisen. Die Varianz der Differenz wurde mit 0,62 % der Varianz der Standardmethode angegeben. POLY und POUTOUS (1967) empfahlen damit bereits vor 35 Jahren die Anwendung der Alternierenden Kontrolle als Alternativverfahren, dass ihren Angaben nach 25-35 % billiger ist. Noch eher, bereits 1953, sprach sich PORZIO für die Durchführung der Alternierenden Kontrolle in den Gebirgsregionen von Italien aus. Damit könnten mit dem gleichen restriktiven Personalbestand besonders in diesen Gebieten doppelt so viele Betriebe in die Milchleistungsprüfung integriert werden. Bei Dopplung der Einzelgemelksergebnisse berechnete er eine mittlere Differenz von 1,05 % zur wahren Laktationsleistung.

Auch BIRKER (1972) sieht den Vorteil der Alternierenden Milchkontrolle in einer Kostenreduzierung, vor allem durch Verringerung des Personalaufwandes. In Untersuchungen an 943 Schwarzbunten und Rotbunten Kühen stellte er fest, dass die Jahresergebnisse aus der vierwöchigen Ganztagskontrolle bzw. der vierwöchigen Alternierenden Methode weitgehend übereinstimmen.

ESSL et al. (1974) bevorzugen eine 4-wöchentliche Alternierende Kontrolle gegenüber einer 6-wöchentlichen Ganztagskontrolle, da ein größerer Kontrollabstand zu Überschätzungen der wahren Leistung führt.

Unter Berücksichtigung der Milchkontrolle als Kostenfaktor betrachten YADAV und KHANNA (1989) die Alternierende Milchkontrolle alle 50 Tage in Indien als einfach, genau und praktikabel.

Einen sehr guten Überblick über die Genauigkeit der verschiedenen Probeverfahren für die Schätzung der Laktationsleistung gab Mc DANIEL (1969) mit der Auswertung von 60 Forschungsberichten. Verschiedene Studien zeigten, dass die Alternierende Kontrolle in der Praxis vertrauenswürdiger scheint als zweimonatliche Tests.

DICKINSON und Mc DANIEL (1970) verglichen an 214.400 Beobachtungswerten aus 536 Laktationen von Holstein Friesian-Kühen verschiedene Schätzverfahren (AS42-Methode; alternierend AM-PM; alternierend PM-AM; alle AM-Gemelke; alle PM-Gemelke). Das Melkintervall betrug 11 : 13 h. Der Schätzfehler der alternierenden Verfahren war größer als bei der „offiziellen“ Schätzmethode, hauptsächlich verursacht durch das tägliche Melkintervall. Auch SHOOK et al. (1973) sowie EVERETT und WADELL (1970 a, b) schlussfolgerten, dass Unterschiede zwischen Morgen- und Abendmilchmenge primär eine Funktion des Melkintervalls und der Anzahl Tage in der Laktation sind. Deswegen sind Faktoren entwickelt worden, die die charakteristischen Unterschiede zwischen Morgen- und Abendgemelk ausgleichen sollen. An einem großen Datenmaterial von Holstein Friesian- und Jersey-Kühen aus den Jahren 1966 bis 1970 bildeten SCHAEFFER und RENNIE (1976) Faktoren ebenfalls unter Berücksichtigung von Melkintervall und Laktationsmonat. Sie kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie EVERETT und WADELL (1970 c).

Auch SMITH und PEARSON (1981) halten die Alternierende Kontrolle für ein geeignetes Verfahren zur Schätzung der Milchleistung. An ihrem Datenmaterial ergaben die Faktoren von SHOOK et al. (1973) Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung von 1,6 kg für das Morgengemelk und 1,8 kg für das Abendgemelk, die als zu hoch bewertet wurden. Aus diesem Grunde entwickelten auch HARGROVE und GILBERT (1984) eigene Faktoren für die Milchleistung und den Fettgehalt bei Alternierender Kontrolle.

Für die Schätzung der täglichen Milchleistung und des Fett- und Eiweißgehaltes aus Morgen- bzw. Abendgemelken ermittelten LEE und WARDROP (1984) an 12.800 Beobachtungen aus 49 Herden entsprechende Faktoren. Die Effekte von Herde und Testmonat waren klein. Dagegen wurden wiederum das Melkintervall und das Laktationsstadium bei der Faktorberechnung berücksichtigt. Die Milchleistung und der Eiweißgehalt in einer Laktation konnten mit der Alternierenden Kontrolle annähernd so genau geschätzt werden wie mit der AS42-Methode. Als Maß der Genauigkeit geben auch LEE und WARDROP die Standardabweichung der Differenz zur wahren Leistung an, die sie für die Milchmenge mit

1,54 kg (a.m.) bzw. 1,90 kg (p.m.) ausweisen. Ein alternierendes Prüfschema würde jedoch zu einer weniger präzisen Schätzung des täglichen Fettgehaltes führen als die Sammelprobe aus zwei Gemelken.

Die Korrektur des Fettgehaltes aus einem Einzelgemelk fordern auch DE LORENZO und WIGGANS (1986), die ebenfalls Faktoren aus Prüfplänen mit nur einem gemessenen Gemelk entwickelten. Sie bezogen etwa 1,37 Millionen Kühe in 9.984 Herden in den USA in die Auswertung ein. Die Standardabweichungen der Differenzen betragen ähnlich denen von SHOOK et al. (1973) und LEE und WARDROP (1984) 1,64 kg für das Morgen- und 1,98 kg für das Abendgemelk. Jedoch unterschieden sich diese Genauigkeitsparameter kaum von denen aus einer einfachen Verdopplung der Gemelksmengen (1,65 kg bzw. 2,03 kg). 1995 untersuchten LEE et al. die Aktualität der in den USA verwendeten Faktoren von DE LORENZO und WIGGANS und prüften alternative Korrekturmodelle. Gemessen an den MSE-Werten erhielten sie für die Milch- und Eiweißmenge etwas höhere Schätzgenauigkeiten als ihre Vorgänger, jedoch keine Verbesserung für die Fettmenge. Nach dem Verfahren von DE LORENZO und WIGGANS berechneten CASSANDRO et al. (1995) Faktoren für Italienische Friesian-Kühe. Sie wiesen eine Genauigkeit der Schätzung, gemessen an der Standardabweichung der Differenz zwischen geschätzten und wahren Werten, von 1,8 kg für das Morgengemelk und 2,0 kg für das Abendgemelk aus. Eine einfache Verdopplung der Einzelgemelksmengen ergab Standardabweichungen von 2,1 kg.

Ergebnisse zur Anwendung verschiedener Schätzverfahren für Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe, ermittelt an etwa 200 Kühen, stellte HARGROVE (1994) dar. Das Melkintervall in der Herde betrug 14:10 h. Die Einbeziehung des Melkintervalls in die Schätzung von Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt und Zellzahl reduzierte den Schätzfehler. Ausgehend von einer Marktforschungsanalyse beschreiben KOORN und WILMINK (1994), dass eine tägliche Erfassung der Milchmenge über automatische Milchmengenmessung kombiniert mit einer alternierenden Probenahme von den Landwirten in Holland als besser angesehen wird als die Standardreferenzmethode.

Korrelationskoeffizienten, die MONTOBBIO et al. (1994) zwischen den Ergebnissen der Alternierenden Kontrolle mit Korrektur des Einzelgemelkes und der wahren Milchmenge je Kuh und Tag ermittelten, waren mit $r=0,99$ ebenso hoch wie sie andere Autoren für die Standardmethode beschrieben haben (FLOCK, 1969; BIRKER, 1972; SCHAEFFER et al. 1994). Hinsichtlich des Fettgehaltes der Milch fanden MONTOBBIO et al. größere rassebedingte Unterschiede. Für Holstein Friesian-Kühe geben sie $r=0,96$ sowohl für den Fett- als auch für den Eiweißgehalt an.

Vom Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (VIT) Verden wurden 1999 umfangreiche Untersuchungen zur Erarbeitung eines Korrekturmodells zur Schätzung der Tagesgesamtleistung einer Kuh aus einem Einzelmelk bei zweimal täglichem Melken abgeschlossen. Dabei fanden Milchleistungsprüfdaten aus den Jahren 1993 bis 1998 von Landeskontrollverbänden aus 7 Bundesländern Eingang (LIU und KUWAN, 1999). Von insgesamt sieben angewandten Schätzmethoden wurde eine (Modell 6) favorisiert und von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR) im Oktober 1999 bundesweit als einheitliches Korrekturverfahren in der Richtlinie zur Durchführung der Alternierenden Milchkontrolle bei zweimaligem Melken empfohlen (ADT, 2000). Bei diesem Modell 6 handelt es sich um eine einfache lineare Regression unter Berücksichtigung von Zwischenmelkzeiten, Laktation und Laktationsstadium.

Testversuche zur Anwendung des Modell 7 an Praxisbetrieben in Niedersachsen ergaben allgemein hohe Schätzgenauigkeiten (LIU et al., 1998). Die Autoren stellten jedoch auch fest, dass die größere Kompliziertheit dieses Modells den sehr geringen Genauigkeitszuwachs nicht rechtfertigt.

Alternierende Kontrolle bei dreimal täglichem Melken

In den USA, wo bereits seit Anfang der 80-er Jahre insbesondere in großen Milchviehbetrieben dreimal täglich gemolken wird, berechnete WIGGANS 1986 Faktoren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem bzw. zwei Einzelmelken. Dem Autor stand ein Datenumfang von 10.180 MLP-Ergebnissen von Holstein Friesian-Kühen zur Verfügung. Das Melkintervall, als wichtigste Einflussgröße auf die Gemelksmenge, wurde in die Berechnung der Korrekturfaktoren einbezogen. Für die von WIGGANS ermittelten Faktoren konnte eine hohe Genauigkeit ausgewiesen werden. Die Standardabweichungen der Differenzen betragen für die jeweilige Gemelksmenge 2,9 kg bis 3,7 kg, wenn ein Gemelk in die Schätzung der Tagesleistung einbezogen wurde und 1,5 kg bis 2,0 kg unter Nutzung zweier Gemelke. Für die Fettmenge wurden Standardabweichungen der Differenzen von 0,60 kg bis 0,71 kg bzw. 0,31 kg bis 0,36 kg ausgewiesen. In Bezug auf die Eiweißmenge konnte der Autor die höchsten Schätzgenauigkeiten feststellen. Für dieses Merkmal wurden Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Tagesleistung von 0,37 kg bis 0,48 kg bzw. 0,20 kg bis 0,26 kg berechnet.

Nach Ansicht von SCHAEFFER et al. (2000) müssen für Leistungsschätzungen im Abstand von einigen Jahren neue Berechnungen erfolgen, da sich das Leistungsniveau der Kühe

erhöht. Nach PTAK et al. (1993) bedürfen nicht nur Formeln mit additiven Parametern (z.B. Intercept) einer ständigen Neuberechnung, sondern auch multiplikative Faktoren. SCHAEFFER et al. testeten im Jahr 2000 die 1986 von WIGGANS entwickelten Faktoren und stellten diese den eigenen Schätzmodellen zur Bestimmung der Tagesleistung aus ein bzw. zwei Gemelken für Kühe, die dreimal täglich gemolken werden, gegenüber. Nach Einteilung des Datenmaterials in Klassen nach Laktationsstadium, Laktation und Kalbesaison wurde für jede der 72 Klassen eine Regressionsgleichung unter Einbeziehung des Melkintervalls berechnet. Die Genauigkeiten der aufgestellten Modelle maßen die Autoren an der Varianz der Differenz zwischen geschätzter und wahrer Leistung in Bezug zur Varianz des Merkmals. So wiesen sie Schätzgenauigkeiten sowohl für die Milch- als auch die Fett- und Eiweißmenge von 80 % bis 97 % aus. Die Varianz der Differenzen war etwas geringer gegenüber den am selben Material geschätzten Tagesleistungen unter Verwendung der Faktoren von WIGGANS (1986). Einschränkend wird jedoch von den Autoren darauf hingewiesen, dass die geschätzten Regressionsparameter an einem nur sehr geringen Datenmaterial erhoben und am selben getestet wurden. Sie geben daher die Empfehlung, die Untersuchungen an einer umfangreicheren Datenbasis fortzuführen. Die an einem sehr großen Datenmaterial berechneten und in vielen Herden getesteten Faktoren von WIGGANS (1986) erwiesen sich auch anhand ihrer Untersuchungen als immer noch aktuell und praktikabel und finden in Kanada und in den USA bis heute Anwendung (WIGGANS, 2002).

Zur Genauigkeit der **Korrigierten Methode** wurden keine Literaturangaben gefunden.

2.4 Dreimal tägliches Melken

Traditionell werden Kühe zweimal täglich gemolken. Steigende Kosten in der Milchproduktion in Kombination mit sinkenden Milchabgabepreisen lassen die Frage nach der optimalen Melkhäufigkeit jedoch immer wieder in den Vordergrund praktischer Erwägungen sowie wissenschaftlicher Untersuchungen treten. Durch den Übergang vom zweimaligen zum dreimaligen Melken ist nach Ermittlungen von JAHNKE (1999) in Praxisbetrieben eine Erhöhung der Milchleistung der Herde um 15 % bis 24 % in Abhängigkeit vom Ausgangsniveau innerhalb von drei bis vier Monaten realisierbar. Auf eine

betriebsbezogene Kalkulation der höheren Erlöse, aber auch der höheren finanziellen Aufwendungen für dreimaliges Melken weisen auch MILL (1998) und WOLF et al. (1998) hin.

In anderen Ländern wird ein häufigerer Milchentzug seit vielen Jahren mit Erfolg praktiziert. In Israel z.B. werden zwei Drittel aller Herden dreimal täglich gemolken (DIEHL, 1998). Diese Betriebe erreichten 1997 mit durchschnittlich 11.054 kg Milch je Kuh und Laktation eine um 700 kg höhere Leistung als die zweimal melkenden Betriebe. In den USA werden nach Angaben des United States Department of Agriculture 20 % aller Milchkühe dreimal am Tag gemolken (VAN RADEN et al., 1999).

In der Bundesrepublik Deutschland melkten 1999 insgesamt 137 Landwirte den Gesamtbestand oder einen Teil ihrer Kühe dreimal täglich (DITTING, 1999). Davon befanden sich 93 Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern. Die ersten Betriebe stellten ihr gesamtes Herdenmanagement 1997 auf dieses für Deutschland neue Verfahren um. Wie in keinem anderen Bundesland fand das dreimalige Melken (3x) in Mecklenburg-Vorpommern eine derartig rasante Ausbreitung. Betrug der Anteil 3x-Kühe hier im Januar 1998 noch 1,9 %, so erhöhte er sich bis Dezember 1999 auf 16,0 % und betrug am Ende des Jahres 2002 21,3 % aller MLP-Kühe in Mecklenburg-Vorpommern (LKV M-V, 2002; HARTWIG, 2002). Das sind 37.840 Milchkühe (Abbildung 2).

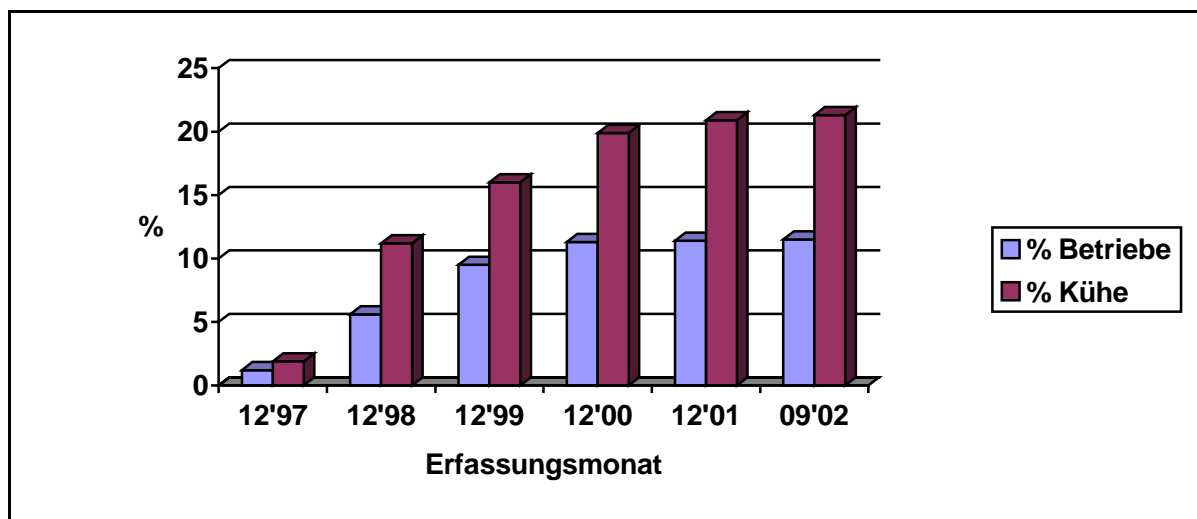


Abbildung 2: Anteil 3x melkender Betriebe bzw. Kühe in Mecklenburg-Vorpommern von 1997 bis 2002 (Quellen: HARTWIG, persönl. Mitteilungen; LKV M-V, 2002)

Das dreimalige Melken von Kühen erfordert aufgrund der höheren Melkfrequenz eine intensivere Fütterung und Betreuung der Tiere sowie ein neues und qualifizierteres Herdenmanagement (PEARSON et al., 1979; BARNES et al., 1990; CAMPOS et al., 1994; PAPE, 1994; MILL, 1998; WOLF et al., 1998; JAHNKE, 2000). Aber auch die Milchleistungsprüfung, durchgeführt nach der Standardmethode, nimmt eine Melkzeit mehr in Anspruch. Nachdem bereits für zweimal melkende Betriebe vereinfachte Formen der MLP auch in Deutschland zugelassen wurden, war der Ruf der Landwirte nach alternativen Methoden für dreimaliges Melken groß und nur allzu gerecht, zumal dies in anderen Ländern längst praktiziert wird.

In den USA und in Kanada stehen dem Landwirt 7 verschiedene vereinfachte Methoden der Leistungsprüfung unter den Bedingungen des dreimaligen Melkens zur Auswahl (NATIONAL DHIA, 2002). Neben dem Standardverfahren, das die Messung aller Gemelksmengen je Tag sowie die Beprobung aller Gemelke durch einen amtlichen Beauftragten vorsieht, sind sowohl in Kanada als auch in den USA folgende Verfahren zugelassen:

| | Milchmengenerfassung | Probenahme |
|----|---------------------------------------|---|
| 1. | Prüftag - 2 Gemelke | 1 Gemelk - alternierende Melkzeit |
| 2. | Prüftag - alle Gemelke | 1 Gemelk - alternierende Melkzeit |
| 3. | Prüftag - alle Gemelke | keine Probenahme |
| 4. | Prüftag - 2 Gemelke - alternierend | keine Probenahme |
| 5. | Prüftag - alle Gemelke | alle Gemelke, aber nur jeden 3. Prüftag |
| 6. | Prüftag jeden 3. Monat - alle Gemelke | keine Probenahme |

Desweiteren werden alle zugelassenen Verfahren danach unterschieden, ob eine amtlich beauftragter Probenehmer oder der Farmer selbst die Milchleistungsprüfung durchgeführt hat.

Das Prüfintervall ist für alle nicht gesondert gekennzeichneten Methoden auf 4 Wochen festgesetzt. Für die Hochrechnung der Einzelgemelke auf die Tagesgesamtleistung finden die Faktoren von WIGGANS (1986) Anwendung (WIGGANS, 2002).

3 Material und Methoden

3.1 Tiermaterial

Die Untersuchungen erfolgten in zwei Milchviehbetrieben Mecklenburg-Vorpommerns an Kühen der Rasse Deutsche Holsteins.

Betrieb A :

Betrieb A hielt etwa 390 melkende Kühe (Tabelle 4). Die Tiere wurden in einem 2 x 20-er Side-by-Side-Melkstand dreimal täglich in einem Intervall von 8:8:8 Stunden gemolken. Die Laktationsleistung der Herde betrug im Untersuchungsjahr 8.648 kg Milch mit 4,29 % Fett und 3,52 % Eiweiß.

Melkzeiten (Beginn):

| | |
|----------|-----------|
| morgens: | 04:00 Uhr |
| mittags: | 12:00 Uhr |
| abends: | 20:00 Uhr |

Betrieb B :

Betrieb B bewirtschaftete etwa 400 melkende Kühe. Gemolken wurden die Tiere dreimal am Tag in einem Melkkarussell mit 22 Kuhplätzen. Das Melkintervall betrug wie im Betrieb A 8:8:8 Stunden. Die melkenden Kühe waren in drei Gruppen zu jeweils etwa 120 Tieren eingeteilt. Kranke Kühe wurden in einer gesonderten Gruppe, der sogenannten Kranken- und Zellzahlgruppe, gehalten.

Im Untersuchungsjahr erreichte der Betrieb eine Herdenleistung von 6.904 kg Milch mit 4,08 % Fett und 3,56 % Eiweiß.

Melkzeiten (Beginn):

| | |
|----------|-----------|
| morgens: | 04:30 Uhr |
| mittags: | 12:30 Uhr |
| abends: | 20:30 Uhr |

Hinsichtlich der Milchmengenleistung lagen die Kühe beider Betriebe sowohl über dem Durchschnitt der Bundesrepublik Deutschland als auch über dem Durchschnitt der neuen Bundesländer. In Mecklenburg-Vorpommern wurde im Untersuchungsjahr eine durchschnittliche Leistung von 6.183 kg Milch je Kuh und Laktation realisiert. Die ausgewählten Betriebe erreichten hierzu eine um 2.465 kg bzw. 721 kg höhere Herdenlaktationsleistung.

Tabelle 4: Ausgewählte Parameter der Untersuchungsbetriebe
(Leistungsangaben = durchschnittliche 305-Tage-Leistung der Herde)

| | Betriebe | |
|--------------------|------------------------|-----------------|
| | A | B |
| Anzahl Kühe | 390 | 400 |
| Milchleistung (kg) | 8.648 | 6.904 |
| Fettgehalt (%) | 4,29 | 4,08 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,52 | 3,56 |
| Melkstand | 2 x 20-er Side-by-Side | 22-er Karussell |
| Melkintervall | 8 : 8 : 8 h | 8 : 8 : 8 h |

3.2 Datenerfassung

Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum Dezember 1997 bis März 1998. Beide einbezogenen Betriebe verfügten über Melkanlagen mit vom ICAR zugelassenen elektronischen Milchmengenmessgeräten. Dadurch war es möglich, die Milchmengen jedes Einzelgemelkes zu erfassen.

Einmal monatlich wurden im Rahmen der offiziellen Milchleistungsprüfung von jedem Gemelk eine Probe gezogen und die drei Einzelgemelksproben je Kuh und Tag (vom Morgen-, Mittags- und Abendgemelk) zu einer Tagesgesamtprobe je Kuh gemischt. Zusätzlich zu dieser Mischprobe wurde von jeder Kuh und jedem Einzelgemelk eine repräsentative Milchprobe gezogen. Die Inhaltsstoffe aller Proben wurden gemäß der Richtlinie für die Durchführung der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung beim Rind in Mecklenburg-Vorpommern vom Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Mecklenburg-Vorpommern e.V. analysiert.

Die Untersuchungen erfolgten auf Fett-, Eiweiß-, Laktose-, Harnstoff- und Zellgehalt der Milch. Somit standen für die Auswertungen 4 Probenanalysen je Tier und MLP-Tag zur Verfügung, und zwar von den Inhaltsstoffen des Morgengemelkes, des Mittagsgemelkes, des Abendgemelkes sowie der Mischprobe aus allen drei Gemelken.

Die Gesamtzahl der verfügbaren Daten resultierte aus 3.165 Milchleistungsprüfungen, wobei alle Milchmengen und Inhaltsstoffe eines Tages je Tier zu einem Datensatz (=ein MLP-Ergebnis) zusammengefasst wurden.

Durch Plausibilitätskontrollen der Originaldaten nach folgenden Bedingungen:

Milchmenge morgens >0

Milchmenge mittags > 0

Milchmenge abends > 0

Milchmenge gesamt >0

Milchmenge morgens + Milchmenge mittags + Milchmenge abends = Milchmenge gesamt

alle Inhaltsstoffe >0

vollständige Merkmalsbesetzung

reduzierte sich das Gesamtmaterial auf insgesamt 2.840 vollständige MLP-Ergebnisse. Davon sind 1.440 Datensätze dem Betrieb A und 1.400 Datensätze dem Betrieb B zuzuordnen. Der Stichprobenumfang wurde nach RASCH et al. (1978) geprüft und lag über dem statistisch notwendigen Mindestmaß.

Werte für Milchmengen wurden mit einer Dezimalstelle, Inhaltsstoffe mit 2 Dezimalstellen angegeben. Dies gilt auch für Differenzen zwischen geschätzten und wahren Leistungen, wodurch bei einigen Daten scheinbare „Rundungsfehler“ zu begründen sind.

Neben der Kuhnummer wurden als allgemeine Merkmale die Laktationsnummer, das Kalbedatum sowie das Datum des MLP-Tages erfasst und der Laktationstag berechnet.

3.3 Statistische Auswertung

Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung des Programmpaketes SAS 8.2 (SAS Institute Inc. 2001) sowie der Excel-Version 2000 des Programmpaketes Office 2000 (Microsoft Office 2000 Professional).

Die Signifikanz von Mittelwertdifferenzen wurde mit Hilfe des t-Testes geprüft. Für diese sowie für Signifikanzen korrelativer Beziehungen wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ vorgegeben und signifikante Testergebnisse mit * in den Tabellen gekennzeichnet.

Die Überprüfung der Varianzgleichheit erfolgte anhand des F-Testes. Dabei wurden signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) mit unterschiedlichen, hochgestellten Buchstaben vor bzw. mit * nach der jeweiligen Standardabweichung gekennzeichnet.

Varianzanalysen wurden mit SAS PROC GLM gerechnet, da nicht in jedem Fall einheitliche Klassenbesetzungen vorlagen. Dies ist eine Prozedur zur Berechnung von Varianzanalysen mit unbalancierten Daten. Die Analysen wurden berechnet für den Einfluss von Laktation, Laktationsmonat, Betrieb, Tagesgesamtleistung, Gemelksmenge und Anteil des Gemelkes an der Tagesgesamtleistung auf die Höhe der Abweichungen der geschätzten zur wahren Leistung für alle getesteten Korrekturverfahren.

Der Anteil der Milchmenge eines Einzelgemelkes an der Tagesgesamtmilchmenge wurde als prozentualer Wert nach folgender Formel angegeben:

Formel-Nr. 1 : am Beispiel der Milchmenge des Morgengemelkes

$$\text{Anteil}_{\text{morgens}} = \text{Milchmenge}_{\text{morgens}} * 100 \% / \text{Milchmenge}_{\text{Tag gesamt}}$$

Um die Inhaltsstoffe der Milch aus Einzelgemelken (Morgen-, Mittags-, Abendgemelk) mit dem Gehalt in der Tagesgesamtmilch vergleichen zu können, ohne dabei auf die mit eventuellen Probenahmefehlern behaftete Mischprobe zurückgreifen zu müssen, wurde der wahre Gehaltswert der Tagesmilchmenge wie folgt berechnet:

Formel-Nr. 2 : am Beispiel des Fettgehaltes der Milch

$$F\%_{\text{Tag wahr}} = ((F\%_{\text{morgens}} \times \text{Milchmenge}_{\text{morgens}}) + (F\%_{\text{mittags}} \times \text{Milchmenge}_{\text{mittags}}) + (F\%_{\text{abends}} \times \text{Milchmenge}_{\text{abends}})) / \text{Milchmenge}_{\text{Tag gesamt}}$$

Nach gleicher Formel wurden auch die Tagesgehaltswerte für Eiweiß, Laktose, Harnstoff und Zellzahl berechnet.

Verfahren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem bzw. zwei Einzelgemelken ohne Korrektur

Bei Unterstellung gleicher Anteile der Einzelgemelke an der Tagesgesamtleistung, könnte auf eine Wichtung (Korrektur) der Milchmengen bzw. Inhaltsstoffe der Einzelgemelke verzichtet werden. In einer simulierten Testreihe wurden unter Punkt 4.3.1 des Ergebnisteiles die Milchmenge bzw. die Inhaltsstoffe mit folgenden Hochrechnungsfaktoren belegt:

| | |
|---|-------|
| Milchmenge Einzelgemelk (morgen, mittags oder abends) | * 3,0 |
| Milchmenge Summe zweier Gemelke (morgens+mittags, mittags+abends, morgens+abends) | * 1,5 |
| Inhaltsstoffe Einzelgemelk (morgen, mittags oder abends) | * 1,0 |
| Inhaltsstoffe gewichtetes Mittel zweier Gemelke (morgens+mittags, mittags+abends, morgens+abends) | * 1,0 |

Die Wichtung der Inhaltsstoffe aus zwei aufeinander folgenden Gemelken erfolgte über die Milchmengen der jeweiligen Gemelke nach folgender Formel:

Formel-Nr. 3 : am Beispiel der Fettgehalte aus Morgen- und Mittagsgemelk

$$F\%_{\text{morgens} + \text{mittags}} = ((F\%_{\text{morgens}} * \text{Milchmenge}_{\text{morgens}}) + (F\%_{\text{mittags}} * \text{Milchmenge}_{\text{mittags}}) / (\text{Milchmenge}_{\text{morgens}} + \text{Milchmenge}_{\text{mittags}})$$

Verfahren zur Berechnung von Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamtwerte

Die Berechnung von Korrekturfaktoren erfolgte auf der Grundlage der unterschiedlichen Anteile der Einzelgemelke am Tagesgesamtmelk. Bis zum Punkt 4.3.5 sind die Ergebnisse zunächst über alle Laktationen und Laktationsstadien dargestellt. Sowohl in Bezug auf die Milchmenge als auch auf die Inhaltsstoffe wurde der Quotient der Mittelwerte aus Gesamt- und Einzelgemelk berechnet:

Formel-Nr. 4 : am Beispiel der Milchmenge des Morgengemelkes

$$\text{Faktor Milchmenge}_{\text{morgens}} = \bar{x} \text{ Milchmenge}_{\text{Tag gesamt}} / \bar{x} \text{ Milchmenge}_{\text{morgens}}$$

Formel-Nr. 5 : am Beispiel der Milchmenge des Morgen- und Mittagsgemelkes

$$\text{Faktor Milchmenge}_{\text{morgens+mittags}} = \bar{x} \text{ Milchmenge}_{\text{Tag gesamt}} / (\bar{x} \text{ Milchmenge}_{\text{morgens}} + \bar{x} \text{ Milchmenge}_{\text{mittags}})$$

Diese Vorgehensweise entspricht dem in der Literatur beschriebenen reziproken Wert des jeweiligen Anteils am Tagesgesamtmelk.

Bezogen auf die Gehaltswerte der Milch wurden die im Ergebnisteil ausgewiesenen Faktoren auf der Grundlage des nach Formel-Nr. 2 berechneten wahren Tagesgesamtwertes gebildet.

Zur Berechnung von Faktoren auf der Grundlage zweier von drei Gemelken je Tier und Testtag wurde für die im Ergebnisteil beschriebenen Schätzwerte das gewogene Mittel beider einbezogener Gemelke gebildet (Formel-Nr. 3).

Um einen Vergleich zum Standardverfahren für dreimaliges Melken (AS43-Methode) herzustellen, wurden Faktoren auf der Basis der Inhaltsstoffe der AS43-Mischprobe berechnet. Diese Faktoren sind im Anhang Tabellen A1 und A2 ausgewiesen. Die auf diese Weise geschätzten Tageswerte wurden dann den AS43-Werten gegenübergestellt.

Bei Einbeziehung von jeweils zwei Gemelken je Tier und Tag in die Schätzung der Tagesgesamtleistung wurde das arithmetische Mittel beider Gemelke gebildet, da die AS43-Mischprobe aus gleichen Anteilen der drei Einzelgemelke, d.h. unabhängig von der jeweiligen Gemelksmenge, bestand. Dies entspricht den Vorschriften des ICAR sowie der ADR.

Faktoren von Wiggans

Die unter WIGGANS ausgewiesenen Faktoren wurden nach den in der Literaturquelle WIGGANS (1986) beschriebenen Regressionskoeffizienten (Tabelle 5) berechnet.

Die von ihm erstellten Formeln zur Faktorenberechnung lauten:

Formel-Nr. 6 : $y = b_0 + b_1 * MI$

und **Formel-Nr. 7 :** $\text{Faktor} = 1 / y$

Dabei bedeuten:

- y Anteil des Einzel- am Tagesgesamtgemelk
- MI Melkintervall (Zeitdauer in min seit vorherigem Gemelk)
- b₀ und b₁ von Wiggans ermittelt (siehe Tabelle 5)

Tabelle 5: Regressionskoeffizienten zur Schätzung der Tagesleistungen für Milch, Fett und Eiweiß für Herden mit dreimal täglichem Melken (MI = 480 min)

| Merkmal | | morgens | mittags | abends |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | b ₁ | b ₀ | b ₀ | b ₀ |
| Milchmenge | 0,0329 | 0,077 | 0,068 | 0,066 |
| Fettmenge | 0,0186 | 0,186 | 0,186 | 0,182 |
| Eiweißmenge | 0,0333 | 0,072 | 0,065 | 0,063 |

Die Faktoren für die Gehaltswerte wurden nach Wiggans aus den Faktoren der Mengenangaben berechnet:

z.B. für den Fettgehalt:

Formel-Nr. 8 : Faktor Fettgehalt = Faktor Fettmenge / Faktor Milchmenge

Getestete Regressionsmodelle

Eine weitere Möglichkeit zur Hochrechnung eines Einzel- auf das Tagesgesamtmelk der Kuh besteht über eine Regressionsgleichung. Folgende Regressionsmodelle wurden getestet:

Regressionsmodelle unter Einbeziehung zweier Gemelke

Multiple lineare Regression ohne Mischglied

Modell 1.1: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+e$ **Formel-Nr. 9**

Modell 1.2: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_3+e$ **Formel-Nr. 10**

Modell 1.3: $y=b_0+b_1x_2+b_2x_3+e$ **Formel-Nr. 11**

Multiple lineare Regression mit Mischglied

Modell 2.1: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_1x_2+e$ **Formel-Nr. 12**

Modell 2.2: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_3+b_3x_1x_3+e$ **Formel-Nr. 13**

Modell 2.3: $y=b_0+b_1x_2+b_2x_3+b_3x_2x_3+e$ **Formel-Nr. 14**

Multiple quadratische Regression ohne Mischglied

Modell 3.1: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_1^2+b_4x_2^2+e$ **Formel-Nr. 15**

Modell 3.2: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_3+b_3x_1^2+b_4x_3^2+e$ **Formel-Nr. 16**

Modell 3.3: $y=b_0+b_1x_2+b_2x_3+b_3x_2^2+b_4x_3^2+e$ **Formel-Nr. 17**

Multiple quadratische Regression mit Mischglied

Modell 4.1: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_1x_2+b_4x_2^2+b_5x_1x_2+e$ **Formel-Nr. 18**

Modell 4.2: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_3+b_3x_1x_2+b_4x_3^2+b_5x_1x_3+e$ **Formel-Nr. 19**

Modell 4.3: $y=b_0+b_1x_2+b_2x_3+b_3x_2x_3+b_4x_3^2+b_5x_2x_3+e$ **Formel-Nr. 20**

Regressionsmodelle unter Einbeziehung eines Gemelkes

Lineare Regression

Modell 5.1: $y=b_0+b_1x_1+e$ **Formel-Nr. 21**

Modell 5.2: $y=b_0+b_1x_2+e$ **Formel-Nr. 22**

Modell 5.3: $y=b_0+b_1x_3+e$ **Formel-Nr. 23**

Quadratische Regression

Modell 6.1: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_1^2+e$ **Formel-Nr. 24**

Modell 6.2: $y=b_0+b_1x_2+b_2x_2^2+e$ **Formel-Nr. 25**

Modell 6.3: $y=b_0+b_1x_3+b_2x_3^2+e$ **Formel-Nr. 26**

Kubische Regression

Modell 7.1: $y=b_0+b_1x_1+b_2x_1^2+b_3x_1^3+e$ **Formel-Nr. 27**

Modell 7.2: $y=b_0+b_1x_2+b_2x_2^2+b_3x_2^3+e$ **Formel-Nr. 28**

Modell 7.3: $y=b_0+b_1x_3+b_2x_3^2+b_3x_3^3+e$ **Formel-Nr. 29**

Hierbei bedeuten:

- y geschätzte Tagesleistung je Kuh
- x_1 Milchmenge des Morgengemelkes
- x_2 Milchmenge des Mittagsgemelkes
- x_3 Milchmenge des Abendgemelkes
- e Restfehler

Die gleichen Modelle kamen für die Merkmale Fettgehalt, Fettmenge, Eiweißgehalt und Eiweißmenge zum Ansatz.

Regressionsgleichungen nach dem VIT-Modell

In Anlehnung an das vom VIT Verden erarbeitete Modell zur Schätzung der Tagesleistung aus einem Einzelgemelk für zweimal tägliches Melken wurde das vorliegende Datenmaterial ebenfalls in Klassen nach Laktation und Laktationsstadium eingeteilt. Die Zwischenmelkzeit

betrug für beide Betriebe 8:8:8 Stunden. In die Klassifizierung gingen 2 Laktationsgruppen (1, ab 2) und 12 Laktationsmonatsgruppen (1 bis 11, ab 12) ein.

Für die so gebildeten 2 x 12 Klassen wurden mit dem Programmpaket SAS Regressionsanalysen nach dem Modell der einfachen linearen Regression (Formel-Nr. 21 bis 23) zur Schätzung der Tagesgesamtleistung aus dem Morgen-, Mittags- bzw. Abendgemelk für die Mengen- und Gehaltswerte der Milch durchgeführt.

Verfahren zum Vergleich der Genauigkeiten von Schätzmodellen

Die „Genauigkeit“ eines Schätzverfahrens lässt sich korrekterweise nur anhand eines Feldversuches mit zusätzlicher Ermittlung der wahren Werte der zu schätzenden Parameter darstellen. Da dies eines hohen zeitlichen und arbeitsintensiven Aufwandes bedarf und theoretisch erst nach Einführung einer neuen Methode in die Praxis möglich wird, bedient man sich biostatistischer Verfahren, um frühzeitig Vorhersagewerte zu erhalten.

Hierzu verwendete Parameter sind die mittlere quadratische Abweichung (MSE = Mean-Square-Error) und das Bestimmtheitsmaß (r^2). Der MSE-Wert ist die mittlere quadratische Abweichung der gemessenen bzw. anzupassenden Werte von den mit einem Modell geschätzten bzw. vorhergesagten Werten. Je kleiner der MSE-Wert, umso genauer ist eine Schätzung und umso besser ist das Modell.

Das Bestimmtheitsmaß gibt an, welcher Anteil der Varianz des geschätzten Merkmals durch die Regression erklärt wird. Je höher r^2 umso geeigneter ist die Funktion.

Für den Vergleich der Schätzfunktionen wurde desweiteren der Restfehler (MSE) herangezogen. Er ist die mittlere quadratische Abweichung einer Schätzfunktion bezüglich der Einzelwerte. Je kleiner der MSE-Wert, umso genauer ist eine Schätzung, d.h., umso kleiner ist der Schätzfehler.

Die anschaulichste Variante zur Bewertung der Genauigkeit eines Verfahrens ist jedoch, wie eingangs erwähnt, der Vergleich der geschätzten mit den wahren Werten. Da die am eigenen Material entwickelten Faktoren bzw. Regressionsgleichungen hier auf dasselbe Datenmaterial angewendet wurden, müssen die Mittelwerte der Differenzen Null sein. Von Bedeutung für die Schätzgenauigkeit sind daher nur die Standardabweichungen der Differenzen als Maß für

die Streubreite der Abweichungen zwischen geschätzten und wahren Werten sowie die Spannweite (Minima und Maxima) der Differenzen.

Der am fremden Datenmaterial abgeleitete Wiggans-Faktor wurde für den Vergleich der Schätzverfahren mit herangezogen. Hierbei ist der Mittelwert der Differenzen zum wahren Wert ebenso von Bedeutung wie die anderen Vergleichsparameter, kann aber den am eigenen Material geschätzten Werten nicht gegenübergestellt werden.

Verfahren zur Simulierung einer Alternierenden bzw. Korrigierten Methode

Um die Prinzipien einer Alternierenden bzw. Korrigierten Methode am vorliegenden Datenmaterial zu simulieren, wurden Datenpakete von drei aufeinander folgenden Leistungsprüfungen gebildet. Für jede geprüfte Kuh wurde jeweils ein Gemelk in die Prüfung einbezogen, wobei für die Alternierende Kontrolle das Prüfungsgemelk von Monat zu Monat wechselte. Im ersten Monat wurde das Morgen-, im zweiten das Mittags- und im dritten das Abendgemelk mit dem jeweiligen Schätzfaktor einbezogen.

Zur Simulierung der Korrigierten Methode wurde für alle drei Monate jeweils das Mittagsgemelk verwendet. Die Hochrechnung der Einzelgemelke auf die Tagesgesamtleistung erfolgte einheitlich für beide Methoden mit den am Gesamtmaterial berechneten Korrekturfaktoren bezogen auf die wahre durchschnittliche Leistung.

Der Vergleich wurde zwischen den Mittelwerten der wahren und geschätzten Leistungen über drei Monate durchgeführt. Entscheidend für die Bewertung der Verfahren waren dabei neben den Mittelwerten wiederum die Standardabweichungen der Differenzen zum wahren Tageswert.

Korrelationsberechnungen zwischen geschätzten und wahren Leistungen

Lineare Korrelationskoeffizienten sind ein Maß für die Stärke des linearen Zusammenhangs zweier Variablen. In diesem Fall betrifft dies den Zusammenhang der Ausgangsvariablen, d.h. des Einzel- und des Gesamtgemelkes. Durch einfache lineare Transformation (z.B. Multiplikation der Teilgemelke mit einem beliebigen festen Faktor bzw.

Regressionskoeffizienten) ändert sich der Korrelationskoeffizient für gleiche Ausgangsparameter (z.B. Morgengemelk zu Tagesgesamtmelk) nicht.

Höhere Korrelationskoeffizienten bei dem VIT-Modell sind auf die feineren Klasseneinteilungen (24 Klassen nach Laktationsnummer und Laktationsstadium) zurückzuführen, da die Schätzungen hier mit getrennten Faktoren jeweils für die homogenen Teildatenmengen durchgeführt wurden.

Ein Vergleich der Korrelationskoeffizienten bei Korrigierter und Alternierender Methode ist relevant, da verschiedene Ausgangsgrößen zugrunde liegen (Korrigierte Methode: nur Mittagsgemelke; Alternierende Methode: Morgen-, Mittags- und Abendgemelke).

4 Ergebnisse

4.1 Analyse der Differenzen zwischen Morgen-, Mittags- und Abendgemelk

4.1.1 Milchmenge

Aufgrund der einheitlichen Zwischenmelkzeiten von jeweils 8 Stunden waren relativ ausgewogene Milchmengen zu jeder Melkzeit zu erwarten. Es zeigte sich dennoch in beiden Betrieben, dass die Milchsynthese während eines Tages von weiteren Faktoren beeinflusst wird. Die zum Morgengemelk ermolkene Milchmenge hatte im Durchschnitt aller Kühe des Betriebes A mit 35 % den größten Anteil an der Tagesgesamtmilchmenge (Tabelle 6) (siehe 3.3, Formel-Nr. 1). Im Verlauf des Tages fällt die Intensität der Milchsynthese kontinuierlich ab. So betrug der Anteil des Mittagsgemelkes zur gesamten täglichen Milchmenge je Kuh nur noch 34 % und abends wurden lediglich 31 % der Gesamttagesmilchmenge je Kuh ermolken. Das Mittagsgemelk wies die geringste Standardabweichung im Vergleich zu den anderen Gemelken auf. Dies kann als Ausdruck einer hohen Konstanz gewertet werden.

Tabelle 6: Durchschnittliche Verteilung der Milchmengen innerhalb eines Tages bei dreimaligem Melken (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Milchmenge | \bar{x} (kg) | s (kg) | Anteil am Tagesgemelk (%) |
|------------|-------------------|-----------|------------------------------|
| morgens | 10,4 | 3,8 | 35 |
| mittags | 10,1 | 3,5 | 34 |
| abends | 9,3 | 3,6 | 31 |
| gesamt | 29,8 | 10,3 | 100 |

Das Leistungsniveau im Betrieb B lag im Versuchszeitraum bei durchschnittlichen 25,9 kg Milch je Kuh und Tag. Es zeigte sich wie im Betrieb A die gleiche Tendenz bezüglich der Verteilung der Gemelksmengen. Auch in dieser Herde wurde bei gleichen Zwischenmelkzeiten von jeweils 8 Stunden beim morgendlichen Melken mit 36 % der höchste Anteil an der Tagesgesamtmilchmenge ermolken (Tabelle 7). Das Mittagsgemelk nahm mit durchschnittlich 33 % genau ein Drittel der Tagesleistung einer Kuh ein, und auch hier wurde am Abend mit 31 % der geringste Anteil an der täglichen Milchmenge gemessen.

Die Standardabweichung der Gemelksmengen war mit 2,8 kg und 3,1 kg erwartungsgemäß hoch, aber über die drei Gemelke relativ ausgeglichen. Für die Tagesgesamtmilchmenge wurde eine Streuung von 8,2 kg ausgewiesen.

Tabelle 7: Durchschnittliche Verteilung der Milchmengen innerhalb eines Tages bei dreimaligem Melken (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Milchmenge | \bar{x} (kg) | s (kg) | Anteil am Tagesgemelk (%) |
|------------|-------------------|-----------|------------------------------|
| morgens | 9,3 | 3,1 | 36 |
| mittags | 8,5 | 2,8 | 33 |
| abends | 8,1 | 2,8 | 31 |
| gesamt | 25,9 | 8,2 | 100 |

Im Gegensatz zu den größeren Differenzen in den Gemelksmengen zwischen beiden Betrieben waren die Unterschiede der prozentualen Anteile der Gemelke an der Tagesgesamtleistung gering.

4.1.2 Fettgehalt

In den Fettgehalten der Einzelgemelke eines Tages widerspiegelt sich die antagonistische Beziehung zur Milchmenge. Der mittlere Fettgehalt der Herdenmilch differierte zwischen zwei aufeinander folgenden Gemelken um 0,22 %-Punkte (3,88 % - 4,10 % Fett) im Betrieb A und um 0,32 %-Punkte (3,93 % - 4,25 % Fett) bzw. 0,07 %-Punkte (4,25 % - 4,32 % Fett) im Betrieb B (Tabellen 8 und 9). Dabei enthielt die morgendliche Milchmenge, die im Durchschnitt den größten Anteil am Tagesgesamtmelk einnahm, erwartungsgemäß den geringsten Fettgehalt. In den Proben der anderen beiden Melkzeiten traten entsprechend der niedrigeren durchschnittlichen Gemelksmengen höhere Fettgehalte auf.

Um die Einzelgemelkswerte mit der Höhe der Tagesgesamtleistung zu vergleichen, wurde nicht die Mischprobe herangezogen, da diese von Unzulänglichkeiten bei der Probenahme (Mischungsverhältnis) beeinflusst sein kann, sondern anhand der Fettgehalte und Milchmengen der Einzelgemelke über die Fettmengen der wahre Fettgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet (siehe 3.3, Formel-Nr. 2).

Die höchsten Übereinstimmungen zum Tagesgesamtfettgehalt wies in beiden Betrieben das Mittagsgemelk auf. Die Differenz zwischen beiden Merkmalen betrug hierbei lediglich + 0,07 %-Punkte im Betrieb A bzw. + 0,10 %-Punkte im Betrieb B bei Standardabweichungen der Differenz von 0,66 %-Punkten bzw. 0,32 %-Punkten (Tabellen 8 und 9).

Tabelle 8: Fettgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tagesfettgehalt (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Fettgehalt in % | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu gesamt _{wahr} ¹ (%-Punkte) | |
|-------------------------------------|-----------|------|------|-------|---|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 3,88 | 0,92 | 1,15 | 10,15 | - 0,15* | 0,59 |
| mittags | 4,10 | 1,05 | 1,48 | 13,54 | + 0,07* | 0,66 |
| abends | 4,10 | 0,87 | 1,05 | 8,51 | + 0,07* | 0,67 |
| gesamt _{wahr} ¹ | 4,03 | 0,71 | 1,98 | 8,02 | | |

¹ Summe der Fettmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Tabelle 9: Fettgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tagesfettgehalt (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Fettgehalt in % | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu gesamt _{wahr} ¹ (%-Punkte) | |
|-------------------------------------|-----------|------|------|------|---|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 3,93 | 0,74 | 1,54 | 7,82 | - 0,22* | 0,31 |
| mittags | 4,25 | 0,77 | 1,94 | 8,19 | + 0,10* | 0,32 |
| abends | 4,32 | 0,76 | 1,46 | 8,71 | + 0,17* | 0,34 |
| gesamt _{wahr} ¹ | 4,15 | 0,68 | 1,86 | 7,10 | | |

¹ Summe der Fettmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Mit mittleren Abweichungen von -0,15 %-Punkten im Betrieb A und -0,22 %-Punkten im Betrieb B ist die Spanne zwischen Tages- und Einzelgemelksfettgehalt beim Morgengemelk am größten.

Die Schwankungsbreite der Abweichungen der Fettgehalte der Einzelgemelke zum wahren Fettgehalt des Tagesgesamtmilches erwies sich für alle drei Gemelke innerhalb eines

Betriebes als annähernd gleich groß. Im Vergleich beider Betriebe zeigten sich hingegen größere Unterschiede.

4.1.3 Eiweißgehalt

Aufgrund der höheren Stabilität des Eiweißgehaltes gegenüber dem Fettgehalt der Milch sind die Unterschiede zwischen den Einzelmelken eines Tages beim Eiweißgehalt deutlich geringer. Sie folgen aber ebenfalls in antagonistischer Weise dem Trend der Milchmenge. Die am Morgen ermolzene Milch enthielt mit durchschnittlich 3,49 % im Betrieb A und 3,55 % im Betrieb B die niedrigsten Eiweißgehalte des Tages (Tabellen 10 und 11). Das abendliche Gemelk mit dem geringsten Anteil am Tagesgesamtmelk wies jeweils die durchschnittlich höchsten Eiweißgehalte auf.

Tabelle 10: Eiweißgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageseweißgehalt (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Eiweißgehalt in % | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ (%-Punkte) | |
|---------------------------------|-----------|------|------|------|--|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 3,49 | 0,37 | 2,42 | 4,83 | - 0,04* | 0,15 |
| mittags | 3,53 | 0,39 | 2,34 | 5,37 | ± 0,00 | 0,17 |
| abends | 3,58 | 0,38 | 2,49 | 5,00 | + 0,05* | 0,23 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 3,53 | 0,33 | 2,49 | 4,73 | | |

¹ Summe der Eiweißmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Signifikante Differenzen zum wahren, anhand der Eiweißmengen berechneten, Gehaltswert der Tagesgesamtleistung traten nur bei den mittleren Eiweißgehalten der Morgen- und der Abendmilch auf. Der Eiweißgehalt der Milch des Mittagsgemelkes entsprach in beiden Betrieben im Mittel genau dem Wert der Tagesgesamtmilch mit Standardabweichungen der Differenzen von $s_{\text{Diff.}}=0,17$ %-Punkten bzw. $s_{\text{Diff.}}=0,06$ %-Punkten.

Tabelle 11: Eiweißgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageseiweißgehalt (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Eiweißgehalt in % | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ (%-Punkte) | |
|---------------------------------|-----------|------|------|------|--|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 3,55 | 0,37 | 2,21 | 4,97 | - 0,03* | 0,06 |
| mittags | 3,58 | 0,36 | 2,61 | 5,06 | ± 0,00 | 0,06 |
| abends | 3,61 | 0,37 | 2,66 | 5,89 | + 0,03* | 0,06 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 3,58 | 0,36 | 2,61 | 5,01 | | |

¹ Summe der Eiweißmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

4.1.4 Zellgehalt

Im Verlauf des Tages erhöhte sich der Zellgehalt der Milch kontinuierlich. In beiden Betrieben wurde am Morgen der geringste Gehalt an somatischen Zellen in der Milch nachgewiesen (Tabellen 12 und 13). Zum Abend stieg die Zellzahl von 169.000 Zellen/ml auf 198.000 Zellen/ml (Betrieb A) bzw. von 297.000 Zellen/ml auf 333.000 Zellen/ml (Betrieb B), d.h. um 17 % bzw. 12 % an. Diese Werte sind signifikant.

Trotz unterschiedlichen Zellgehaltsniveaus in beiden Betrieben war ein annähernd gleicher prozentualer Anstieg im Verlauf des Tages festzustellen. Statistisch konnte dieser Trend jedoch aufgrund der für das Merkmal Zellzahl typischen hohen Standardabweichung nicht gesichert werden.

In beiden Betrieben wies die zum Mittag ermilchene Milch jedoch im Durchschnitt die höchste Übereinstimmung zur Tagesgesamtmilch bezüglich des Zellgehaltes auf.

Tabelle 12: Zellgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageszellgehalt (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Zellzahl in 1.000/ml | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | |
|---------------------------------|-----------|-----|-----|------|--|-----|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 169 | 401 | 4 | 6497 | -15* | 218 |
| mittags | 188 | 459 | 4 | 5708 | +4 | 273 |
| abends | 198 | 498 | 4 | 7618 | +14 | 324 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 184 | 364 | 8 | 4778 | | |

¹ Summe der Zellzahlmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Tabelle 13: Zellgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageszellgehalt (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Zellzahl in 1.000/ml | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | |
|---------------------------------|-----------|-----|-----|------|--|-----|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 297 | 505 | 9 | 6889 | -17* | 197 |
| mittags | 321 | 512 | 9 | 5958 | +7 | 204 |
| abends | 333 | 530 | 14 | 5869 | +19* | 169 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 314 | 476 | 16 | 5467 | | |

¹ Summe der Zellzahlmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Die Angaben zu den logarithmierten Zellzahl-Werten sind im Anhang den Tabellen A3 und A4 zu entnehmen.

4.1.5 Harnstoffgehalt

Der Harnstoffgehalt der Milch erhöhte sich vom Morgen- zum Mittagsgemelk. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Fehlergröße für die analytische Bestimmung des Harnstoffwertes mittels Infrarotmessung mit 60 mg/l angegeben wird. Demzufolge kann das Mittel der Differenzen zwischen den Einzelgemelkswerten von 3 bis 14 mg/l (Betrieb A) bzw. 1 bis 9 mg/l (Betrieb B) als unbedeutend angesehen werden (Tabellen 14 und 15).

Tabelle 14 Harnstoffgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tagesharnstoffgehalt (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Harnstoff in mg/l | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | |
|---------------------------------|-----------|----|-----|-----|--|----|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 282 | 53 | 40 | 490 | -8* | 26 |
| mittags | 296 | 56 | 79 | 512 | +6* | 26 |
| abends | 293 | 52 | 101 | 501 | +3* | 28 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 290 | 47 | 102 | 471 | | |

¹ Summe der Harnstoffmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Tabelle 15: Harnstoffgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tagesharnstoffgehalt (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Harnstoff in mg/l | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | |
|---------------------------------|-----------|----|-----|-----|--|----|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 280 | 47 | 96 | 597 | -5* | 19 |
| mittags | 289 | 47 | 75 | 641 | +4* | 21 |
| abends | 288 | 49 | 82 | 613 | +3* | 18 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 285 | 44 | 102 | 614 | | |

¹ Summe der Harnstoffmengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

4.1.6 Laktosegehalt

Der Laktosegehalt der Milch ist ähnlich dem Eiweißgehalt im Verlauf des Tages relativ ausgeglichen. Die Unterschiede zwischen den Einzelgemelken waren gering (Tabellen 16 und 17). Auch die Standardabweichung der Differenzen der Einzelgemelke zum Laktosewert der Tagesgesamtmilchmenge lag mit $s_{\text{Diff.}}=0,11$ %-Punkten bzw. $s_{\text{Diff.}}=0,06$ %-Punkten in einem sehr niedrigen Bereich.

Tabelle 16: Laktosegehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageslaktosegehalt (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Laktosegehalt in % | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ (%-Punkte) | |
|---------------------------------|-----------|------|------|------|--|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 4,78 | 0,23 | 2,48 | 5,31 | -0,01 | 0,11 |
| mittags | 4,81 | 0,23 | 2,49 | 5,28 | +0,02* | 0,11 |
| abends | 4,77 | 0,23 | 2,34 | 5,31 | -0,02* | 0,16 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 4,79 | 0,20 | 3,28 | 5,20 | | |

¹ Summe der Laktosemengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Tabelle 17: Laktosegehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageslaktosegehalt (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Laktosegehalt in % | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ (%-Punkte) | |
|---------------------------------|-----------|------|------|------|--|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 4,79 | 0,21 | 3,67 | 5,26 | -0,01 | 0,07 |
| mittags | 4,80 | 0,22 | 2,82 | 5,34 | +0,01 | 0,06 |
| abends | 4,80 | 0,22 | 2,24 | 5,25 | +0,00 | 0,06 |
| $\text{gesamt}_{\text{wahr}}^1$ | 4,80 | 0,21 | 3,14 | 5,24 | | |

¹ Summe der Laktosemengen von morgens, mittags und abends geteilt durch Tagesgesamtmilchmenge je Kuh

Für den Laktosegehalt der Milch war, bei gleichen Zwischenmelkzeiten, kein Einfluss der Tageszeit festzustellen.

4.2 Vergleich der Ergebnisse der Standardmethode mit der wahren Leistung

Die Standardmethode der Leistungsprüfung für Milchrinder, die dreimal täglich gemolken werden, ist die AS43-Methode. Diese entspricht der vom ICAR vorgegebenen Standardreferenzmethode, ist jedoch auf dreimal tägliches Melken angepasst. Die hierbei erfasste Milchmenge entspricht der wahren Milchleistung je Kuh am jeweiligen Kontrolltag. Die analysierten Inhaltsstoffe des Probengemisches wurden mit den aus den Fett- und Eiweißmengen berechneten Gehaltswerten verglichen. Die Berechnung der als wahr unterstellten Tagesgehaltswerte erfolgte nach der in Material und Methoden beschriebenen Formel-Nr. 2.

Die in den Tabellen 18 und 19 für die Standardmethode ausgewiesenen Inhaltsstoffe sind die laboranalytisch bestimmten Gehaltswerte der Mischprobe aus allen drei Einzelgemelken.

Tabelle 18: Vergleich der Ergebnisse der Standardmethode mit der wahren Leistung je Kuh am Kontrolltag (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Merkmal | Standard- methode ¹ | | wahre Leistung ² | | Differenz | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------|------|---------------|-----------|-------|-------|------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} (%) | \bar{x} | min | max | s |
| Milchmenge (kg) | 29.8 | 10.3 | 29.8 | 10.3 | - | - | - | - | - |
| Fettgehalt (%) | 3.99 | 0.78 | 4.03 | 0.71 | -1.0 | -0.04 | -2.74 | +3.83 | 0.41 |
| Eiweißgehalt (%) | 3.56 | 0.38 | 3.53 | 0.33 | +0.8 | +0.03 | -0.80 | +0.97 | 0.17 |
| Laktosegehalt (%) | 4.79 | 0.22 | 4.79 | 0.20 | -0.0 | -0.00 | -1.14 | +0.71 | 0.09 |
| Zellzahl (1000/ml) | 187 | 416 | 184 | 364 | +0.8 | +3 | -2240 | +3699 | 216 |
| Harnstoff (mg/l) | 312 | 63 | 290 | 47 | +7.9 | +23 | -119 | +206 | 37 |

¹ Analysewert der Mischprobe aus allen 3 Gemelken

² berechnet aus den Summen der Mengenangaben

Tabelle 19: Vergleich der Ergebnisse der Standardmethode mit der wahren Leistung je Kuh am Kontrolltag (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Merkmal | Standard- methode ¹ | | wahre Leistung ² | | Differenz | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------|------|---------------|-----------|-------|-------|------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} (%) | \bar{x} | min | max | s |
| Milchmenge (kg) | 25.9 | 8.2 | 25.9 | 8.2 | - | - | - | - | - |
| Fettgehalt (%) | 4,16 | 0.69 | 4,15 | 0.68 | +0.2 | +0,01 | -0.46 | +0.60 | 0,06 |
| Eiweißgehalt (%) | 3.58 | 0.36 | 3.58 | 0.36 | +0.0 | +0.00 | -0.21 | +0.21 | 0.02 |
| Laktosegehalt (%) | 4.80 | 0.21 | 4.80 | 0.21 | +0.2 | +0.01 | -0.31 | +0.28 | 0.02 |
| Zellzahl (1000/ml) | 316 | 486 | 314 | 476 | +0.6 | +2 | -676 | +1323 | 59 |
| Harnstoff (mg/l) | 289 | 49 | 285 | 44 | +1.4 | +4 | -86 | +327 | 26 |

¹ Analysewert der Mischprobe aus allen 3 Gemelken

² berechnet aus den Summen der Mengenangaben

Im Vergleich zum berechneten wahren Fettgehalt in der Milch je Tier und Tag wichen die Analysewerte der Mischprobe in beiden Betrieben nur geringfügig ab. Die Unterschiede waren nicht signifikant (Tabellen 18 und 19).

Auch beim Eiweißgehalt zeigten sich im Betrieb A nur geringfügige Abweichungen von 0,03 %-Punkten zwischen den Ergebnissen der Standardmethode und den wahren Werten des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch.

Die höchste Bestimmungsgenauigkeit nach der Standardmethode wies der Laktosegehalt der Milch auf. Für dieses Merkmal wurden die geringsten Abweichungen zur wahren Leistung registriert. Die Mittelwerte der Differenzen lagen in beiden Betrieben um Null mit Standardabweichungen der Differenzen von $s = 0,09$ %-Punkte bzw. $s = 0,02$ %-Punkte.

Mittlere Abweichungen von +3.000 bzw. +2.000 Zellen/ml Milch im Vergleich zur wahren Leistung sind ebenfalls außerordentlich gering. Zu beachten ist hierbei jedoch die hohe Standardabweichung der Differenz im Betrieb A mit $s=216.000$ Zellen/ml. In diesem Fall heben sich positive und negative Unterschiede zum tatsächlichen Zellgehalt weitestgehend auf, obwohl die Einzelabweichungen zum Teil sehr hoch waren.

Berücksichtigt man die Fehlergrenze in der Bestimmungsgenauigkeit des Harnstoffgehaltes nach o. g. Verfahren, sind mittlere Abweichungen der Ergebnisse nach der AS43-Methode von +23 mg/l bzw. 4 mg/l und Standardabweichungen von 37 mg/l bzw. 26 mg/l als gering einzuschätzen.

4.3 Schätzung der Tagesleistung je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelgemelken

4.3.1 Schätzung der Tagesleistung ohne Korrektur der Einzelgemelke

4.3.1.1 Milchmenge

Eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes zur Milchleistungsprüfung kann auf zwei Wegen vollzogen werden. Zum einen ist der Ersatz menschlicher Arbeitskraft durch den Einsatz von Technik und zum anderen eine Verringerung der Datenerfassung möglich. Als technische Hilfsmittel sind derzeit in die Melktechnik integrierte Geräte zur elektronischen Milchmengenerfassung sowie der Lactocorder zu nennen.

Ein teilweiser Verzicht auf Leistungsdaten zugunsten der Arbeitserleichterung muss durch Korrekturen/Hochrechnungen auf die Tagesleistung der Kuh weitestgehend kompensiert werden.

Zu den in Tabelle 20 und 21 dargestellten Ergebnissen würde eine einfache Verdreifachung eines Einzelgemelkes ohne Korrekturen führen.

Tabelle 20: Schätzung der Tagesmilchleistung je Kuh anhand der Einzelgemelke (Faktor=3) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Milchmenge (kg) | \bar{x} (s) | | |
|----------------------------|---------------|-------------|-------------|
| | morgens | mittags | abends |
| Einzelgemelk | 10,4 | 10,1 | 9,3 |
| Tag geschätzt ¹ | 31,2 | 30,3 | 27,9 |
| Tag wahr ² | 29,8 | 29,8 | 29,8 |
| Differenz geschätzt-wahr | + 1,4 (3,5) | + 0,5 (3,1) | - 1,9 (3,7) |

¹ Milchmenge Einzelgemelk (morgens, mittags bzw. abends) multipliziert mit Faktor=3

² Summe aller Teilgemelke je Kuh und Tag

Die als wahre Tagesleistung bezeichnete Milchmenge ergibt sich aus der Summe der Einzelgemelke je Kuh und Tag.

Bereits ohne die Einbeziehung von Korrekturfaktoren wies das Mittagsgemelk im Durchschnitt aller Kühe im Versuchszeitraum sowohl im Betrieb A als auch im Betrieb B nur die geringsten Differenzen zur wahren Tagesleistung auf. Die Abweichungen von 0,5 kg bzw. 0,4 kg Milch zur wahren Tagesleistung entsprechen 1,7 % bzw. 1,5 % der Tagesleistung.

Demgegenüber wichen das Morgen- bzw. das Abendgemelk bei einfacher Verdreifachung um 1,4 kg bis 2,0 kg Milch von der tatsächlichen Leistung ab. Das entspricht Anteilen von 4,7 % bis 7,7 % der wahren Milchleistung je Kuh und Tag.

Tabelle 21: Schätzung der Tagesmilchleistung je Kuh anhand der Einzelgemelke (Faktor=3) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Milchmenge (kg) | \bar{x} (s) | | |
|----------------------------|---------------|-------------|-------------|
| | morgens | mittags | abends |
| Einzelgemelk | 9,3 | 8,5 | 8,1 |
| Tag geschätzt ¹ | 27,9 | 25,5 | 24,3 |
| Tag wahr ² | 25,9 | 25,9 | 25,9 |
| Differenz geschätzt-wahr | + 2,0 (3,2) | - 0,4 (2,8) | - 1,6 (2,4) |

¹ Milchmenge Einzelgemelk (morgens, mittags bzw. abends) multipliziert mit Faktor=3

² Summe aller Teilgemelke je Kuh und Tag

Im Betrieb A hob sich das Mittagsgemelk ebenfalls durch die geringste Standardabweichung der Differenz hervor, wohingegen im Betrieb B das Abendgemelk die kleinste Streubreite der Abweichungen zur wahren Tagesmilchmenge auswies, jedoch mit deutlich höherem Mittelwert der Differenz (-1,6 kg abends zu -0,4 kg mittags).

Die Ergebnisse der Einbeziehung zweier Teilgemelke in die Schätzung der Tagesleistung je Kuh sind in den Tabellen 22 und 23 dargestellt. Die Hochrechnung der Milchleistungen auf die Tagesgesamtleistung erfolgte hierbei mit dem Faktor 1,5 ohne Anwendung von Korrekturen.

Tabelle 22: Schätzung der Tagesmilchleistung je Kuh anhand zweier Teilgemelke (Faktor=1,5) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Milchmenge (kg) | \bar{x} (s) | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | morgens und mittags | mittags und abends | abends und morgens |
| Summe Teilgemelke | 20,5 | 19,4 | 19,7 |
| Tag geschätzt ¹ | 30,8 | 29,1 | 29,5 |
| Tag wahr ² | 29,8 | 29,8 | 29,8 |
| Differenz geschätzt-wahr | + 1,0 (1,8) | - 0,7 (1,7) | - 0,3 (1,5) |

¹ Summe zweier Teilgemelke multipliziert mit Faktor=1,5

² Summe aller Teilgemelke je Kuh und Tag

Tabelle 23: Schätzung der Tagesmilchleistung je Kuh anhand zweier Einzelgemelke (Faktor=1,5) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Milchmenge (kg) | \bar{x} (s) | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | morgens und mittags | mittags und abends | abends und morgens |
| Summe Teilgemelke | 17,8 | 16,6 | 17,4 |
| Tag geschätzt ¹ | 26,7 | 24,9 | 26,1 |
| Tag wahr ² | 25,9 | 25,9 | 25,9 |
| Differenz geschätzt-wahr | + 0,8 (1,2) | - 1,0 (1,6) | + 0,2 (1,4) |

¹ Summe zweier Teilgemelke multipliziert mit Faktor=1,5

² Summe aller Teilgemelke je Kuh und Tag

Die Einbeziehung zweier der drei Teilgemelke in die Schätzung der Tagesgesamtleistung verringerte die Abweichung zur wahren Milchmengenleistung je Tag um etwa die Hälfte gegenüber der Verwendung nur eines Einzelwertes. Im Mittelwert der Differenzen zwischen geschätzter und tatsächlicher Leistung traten für die Kombination morgens und abends die geringsten Werte auf. Hierbei ist zu bemerken, dass sich im Allgemeinen höhere Morgengemelke durch geringere Abendgemelksmengen ausgleichen. Die Standardabweichungen der Differenzen waren ähnlich, mit $s=1,6$ kg für die Kombination aus Mittags- und Abendgemelk am höchsten.

4.3.1.2 Fettgehalt

Eine einfache Übernahme der Fettgehalte eines Einzelmelkes auf den Gehalt in der Tagesgesamtmilch führte zu erheblichen Über- bzw. Unterschätzungen des Tagesfettgehaltes. Im Mittel lagen die Abweichungen bei -0,15 %-Punkten für das Morgengemelk und +0,07 %-Punkten für das Mittags- bzw. Abendgemelk im Betrieb A (Tabelle 24). Die Standardabweichungen der Differenzen unterschieden sich nur geringfügig.

Tabelle 24: Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand der Einzelmelke (Faktor=1) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Fettgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|---------------|--------------|--------------|
| | morgens | mittags | abends |
| Einzelgemelk (%) | 3,88 | 4,10 | 4,10 |
| Tag geschätzt ¹ (%) | 3,88 | 4,10 | 4,10 |
| Tag wahr ² (%) | 4,03 | 4,03 | 4,03 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,15 (0,59) | +0,07 (0,66) | +0,07 (0,67) |

¹ Fettgehalt des Einzelmelkes multipliziert mit Faktor=1

² Fettgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Fettmengen der Einzelmelke

Im Betrieb B waren die Abweichungen der mittleren Einzelmelksfettgehalte zum wahren Gehalt der Tagesgesamtmilch noch größer. Der durchschnittliche Fettgehalt des Morgengemelkes wich mit 3,93 % um -0,22 %-Punkte vom Tageswert ab (Tabelle 25). Im Falle der alleinigen Beprobung des Abendmelkes ohne Korrektur würde der Tagesfettgehalt im Durchschnitt aller einbezogenen Tiere um 0,17 %-Punkte überschätzt werden. Das Mittagsgemelk wies im Vergleich zu den anderen beiden Melkungen mit +0,10 %-Punkten die geringste mittlere Differenz zum Tagesgesamtfettgehalt auf.

Tabelle 25: Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand der Einzelgemelke (Faktor=1) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Fettgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|---------------|--------------|--------------|
| | morgens | mittags | abends |
| Einzelgemelk (%) | 3,93 | 4,25 | 4,32 |
| Tag geschätzt ¹ (%) | 3,93 | 4,25 | 4,32 |
| Tag wahr ² (%) | 4,15 | 4,15 | 4,15 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,22 (0,31) | +0,10 (0,32) | +0,17 (0,34) |

¹ Fettgehalt des Einzelgemelkes multipliziert mit Faktor=1

² Fettgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Fettmengen der Einzelgemelke

Wurden zwei der drei Gemelke je Tier und Tag in die Prüfung einbezogen und die Fettgehalte mit der entsprechenden Milchmenge gewichtet und gemittelt, so ergab sich in beiden Betrieben eine stärkere Annäherung an den wahren Tagesfettgehalt. Die Differenzen zwischen dem unkorrigierten gewogenen Mittel zweier Gemelke und dem tatsächlichen Tagesfettgehalt betragen in Betrieb A zwischen +0,08 %-Punkten und -0,04 %-Punkten (Tabelle 26). Die geringsten Abweichungen wies mit -0,03 %-Punkten die Kombination Morgen- und Mittagsgemelk auf.

Tabelle 26: Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand zweier Einzelgemelke ohne Korrektur und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Fettgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|
| | morgens + mittags | mittags + abends | abends + morgens |
| Einzelgemelke ¹ (%) | 4,00 | 4,11 | 3,99 |
| Tag geschätzt ² (%) | 4,00 | 4,11 | 3,99 |
| Tag wahr ³ (%) | 4,03 | 4,03 | 4,03 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,03 (0,30) | +0,08 (0,31) | -0,04 (0,35) |

¹ gewogenes Mittel der Fettgehalte der einbezogenen Einzelgemelke (aus Fettmengen)

² Korrekturfaktor=1,00

³ Fettgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Fettmengen der Einzelgemelke

Bei dieser Variante der Leistungsprüfung wurde im Betrieb B die höchste Übereinstimmung mit dem wahren Tagesfettgehalt bei Verwendung des Abend- und Morgengemelkes

verzeichnet. Dabei betrug die mittlere Abweichung zwischen der geschätzten und wahren Leistung -0,04 %-Punkte (Tabelle 27).

Für die anderen beiden Kombinationsmöglichkeiten (morgens/mittags bzw. mittags/abends) wurden mittlere Unter- bzw. Überschätzungen des Tagesfettgehaltes je Kuh von -0,07 %-Punkten und +0,13 %-Punkten festgestellt.

Tabelle 27: Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand zweier Einzelgemelke ohne Korrektur und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Fettgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|
| | morgens + mittags | mittags + abends | abends + morgens |
| Einzelgemelke ¹ (%) | 4,08 | 4,28 | 4,11 |
| Tag geschätzt ² (%) | 4,08 | 4,28 | 4,11 |
| Tag wahr ³ (%) | 4,15 | 4,15 | 4,15 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,07 (0,16) | +0,13 (0,18) | -0,04 (0,17) |

¹ gewogenes Mittel der Fettgehalte der einbezogenen Einzelgemelke (aus Fettmengen)

² Korrekturfaktor=1,00

³ Fettgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Fettmengen der Einzelgemelke

4.3.1.3 Eiweißgehalt

Hinsichtlich des Eiweißgehaltes der Milch konnte bereits unter Einbeziehung lediglich eines Gemelkes in die Leistungsprüfung ohne Korrektur eine höhere Übereinstimmung zum Tagesgesamtwert ausgewiesen werden als dies bei dem Fettgehalt und unter Nutzung zweier Gemelke der Fall war. Für das Mittagsgemelk wurde in beiden Betrieben die höchste durchschnittliche Übereinstimmung mit einer Differenz von 0,00 %-Punkten, ohne Korrektur (Tabellen 28 und 29) ermittelt.

Im Betrieb A wichen die anderen beiden Gemelke (morgens bzw. abends) im Mittel um -0,04 %-Punkte bzw. +0,05 %-Punkte vom wahren Tageseiweißgehalt ab (Tabelle 28).

Im Betrieb B führte die Kombination der Eiweißgehalte der Morgen- und Abendgemelke zu einer Über- bzw. Unterschätzung der wahren Tageswerte um 0,03 %-Punkte (Tabelle 29).

Tabelle 28: Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand der Einzelgemelke (Faktor=1) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Eiweißgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|---------------|-------------|--------------|
| | morgens | mittags | abends |
| Einzelgemelk (%) | 3,49 | 3,53 | 3,58 |
| Tag geschätzt ¹ (%) | 3,49 | 3,53 | 3,58 |
| Tag wahr ² (%) | 3,53 | 3,53 | 3,53 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,04 (0,15) | 0,00 (0,17) | +0,05 (0,23) |

¹ Eiweißgehalt des Einzelgemelkes multipliziert mit Faktor=1

² Eiweißgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Eiweißmengen der Einzelgemelke

Tabelle 29: Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand der Einzelgemelke (Faktor=1) und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Eiweißgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|---------------|-------------|--------------|
| | morgens | mittags | abends |
| Einzelgemelk (%) | 3,55 | 3,58 | 3,61 |
| Tag geschätzt ¹ (%) | 3,55 | 3,58 | 3,61 |
| Tag wahr ² (%) | 3,58 | 3,58 | 3,58 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,03 (0,06) | 0,00 (0,06) | +0,03 (0,06) |

¹ Eiweißgehalt des Einzelgemelkes multipliziert mit Faktor=1

² Eiweißgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Eiweißmengen der Einzelgemelke

Wurden zwei der drei Teilgemelke je Tag in die Prüfung einbezogen, so konnte sowohl in Betrieb A als auch in Betrieb B nach Wichtung und Mittlung der Einzelgemelke für die Eiweißgehalte aus Abend- und Morgenmilch die höchste Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Tageseiweißgehalt berechnet werden (Tabellen 30 und 31).

Aus den anderen beiden Kombinationsvarianten (morgens/mittags und mittags/abends) ergaben sich in beiden Betrieben mittlere Differenzen zur wahren Leistung von 0,01 %-Punkten bzw. 0,02 %-Punkten.

Tabelle 30: Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand zweier Einzelgemelke ohne Korrektur und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| Eiweißgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|
| | morgens + mittags | mittags + abends | abends + morgens |
| Einzelgemelke ¹ (%) | 3,51 | 3,55 | 3,53 |
| Tag geschätzt ² (%) | 3,51 | 3,55 | 3,53 |
| Tag wahr ³ (%) | 3,53 | 3,53 | 3,53 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,02 (0,10) | +0,02 (0,08) | 0,00 (0,09) |

¹ gewogenes Mittel der Eiweißgehalte der einbezogenen Einzelgemelke (aus Eiweißmengen)

² Korrekturfaktor=1,00

³ Eiweißgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Eiweißmengen der Einzelgemelke

Tabelle 31: Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand zweier Einzelgemelke ohne Korrektur und Vergleich mit der wahren Leistung (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| Eiweißgehalt | \bar{x} (s) | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|
| | morgens + mittags | mittags + abends | abends + morgens |
| Einzelgemelke ¹ (%) | 3,57 | 3,60 | 3,58 |
| Tag geschätzt ² (%) | 3,57 | 3,60 | 3,58 |
| Tag wahr ³ (%) | 3,58 | 3,58 | 3,58 |
| Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) | -0,01 (0,03) | +0,02 (0,03) | 0,00 (0,03) |

¹ gewogenes Mittel der Eiweißgehalte der einbezogenen Einzelgemelke (aus Eiweißmengen)

² Korrekturfaktor=1,00

³ Eiweißgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Eiweißmengen der Einzelgemelke

Die Untersuchungsergebnisse für den Zell-, Laktose- und Harnstoffgehalt der Milch sind im Anhang (Tabellen A5, A6 und A7) dargestellt. Da einerseits die Bestimmung dieser Inhaltsstoffe im Rahmen der MLP nicht obligatorisch ist und sie daher auch nicht in allen Bundesländern analysiert werden, andererseits eine für praktische Managemententscheidungen ausreichende Übereinstimmung der Einzelgemelke mit den Tagesgesamtwerten zu verzeichnen war, wurde auf die Berechnung von Korrekturformeln für diese Merkmale verzichtet.

4.3.2 Berechnung von Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem bzw. zwei Einzelmelken

4.3.2.1 Milchmenge

Um die Differenzen zwischen geschätzter und wahrer Tagesleistung zu verringern, wurden einerseits Korrekturfaktoren berechnet und zum anderen Regressionsmodelle erstellt. Die Korrekturfaktoren wurden aus den prozentualen Anteilen der Teilgelme am Tagesgesamtgemelk ermittelt. Die nach den Formeln-Nr. 4 bzw. 5 (siehe 3.3) berechneten Faktoren zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge anhand eines bzw. zweier Einzelmelke sind in Tabelle 32 aufgeführt.

Da beide Betriebe ihr Melkregime nach dem gleichen Melkrhythmus organisiert haben, kann der größte managementorientierte Einfluss auf die Milchsynthese zwischen den Betrieben vernachlässigt werden. Um den Stichprobenumfang zu erweitern und die Faktoren allgemeingültiger zu betrachten, wurden auch über beide Betriebe Faktoren berechnet (Tabellen 32 bis 36). In der praktischen Anwendung ist es zur Zeit nicht möglich, für jeden Betrieb spezifische Korrekturfaktoren zu erstellen.

Tabelle 32: Berechnete Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus ein bzw. zwei Einzelmelken

| Milchmenge (kg) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 2,87 | 2,78 | 2,83 |
| mittags | 2,96 | 3,04 | 3,00 |
| abends | 3,19 | 3,21 | 3,20 |
| morgens und mittags | 1,46 | 1,45 | 1,45 |
| mittags und abends | 1,54 | 1,56 | 1,55 |
| abends und morgens | 1,51 | 1,49 | 1,50 |

Die Varianzanalyse ergab keinen signifikanten Einfluss des Betriebes auf die Korrekturfaktoren, sodass eine Zusammenführung beider Betriebe zur Berechnung eines betriebsübergreifenden Faktors möglich ist. Zwar ist das Leistungsniveau beider Betriebe unterschiedlich, aber die prozentualen Anteile der Einzelmelke zum Tagesgesamtgemelk, aus denen sich die Faktoren berechnen, sind nahezu identisch. Daraus wird ersichtlich, dass es möglich ist, die Milchmengen von Einzelmelken für Betriebe mit gleichen Melkintervallen,

aber differenzierten Herdenleistungen, über einheitliche Faktoren zu korrigieren. Das wiederum widerspiegelt die Robustheit eines Faktors.

4.3.2.2 Fettgehalt

Die Faktoren für die Gehaltswerte wurden ebenfalls wie die der Mengenangaben als Quotient der Mittelwerte des Einzel- und des Tagesgesamtmelkes berechnet (siehe 3.3; Formel-Nr. 4). Die Einbeziehung zweier Gemelke in die Berechnung der Tagesgesamtleistung erfolgte über die Bildung des gewogenen Mittels nach Formel-Nr. 3 bzw. 5 (siehe 3.3).

Die Faktoren zur Hochrechnung der Einzel- und Doppelgemelke auf den Fettgehalt der Tagesgesamtmilch wichen lediglich um null bis sechs Hundertstel von 1,00 ab (Tabelle 33). Auffällig ist ebenfalls, dass der berechnete Korrekturfaktor für die Kombination aus Mittags- und Abendgemelk mit dem eines Einzelmelkes (nur mittags) identisch ist.

Die Höhe der Korrekturfaktoren allein gibt aber noch keine ausreichende Auskunft über die Schätzgenauigkeit der Tagesgesamtwerte.

Tabelle 33: Berechnete Korrekturfaktoren¹ zur Schätzung des Tagesgesamtfettgehaltes² der Milch aus ein bzw. zwei Einzelgemelken

| Fettgehalt (%) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 1,04 | 1,06 | 1,05 |
| mittags | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| abends | 0,98 | 0,96 | 0,97 |
| morgens und mittags | 1,01 | 1,02 | 1,01 |
| mittags und abends | 0,98 | 0,97 | 0,98 |
| abends und morgens | 1,01 | 1,01 | 1,01 |

¹ Faktoren als Quotienten aus Mittelwerten; bei 2 Gemelken : gewogenes Mittel beider Gehaltsmittelwerte

² berechnet aus den Summen der Fettmengen aller Einzelgemelke

Gehaltswerte der Milch werden über Messungen der Menge des jeweiligen Inhaltsstoffes in einer standardisierten Milchmenge (Probenmenge) bestimmt. Es bietet sich daher an, die Korrektur auf Gehaltswerte über Mengenfaktoren zu regulieren.

Tabelle 34: Berechnete Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge je Kuh aus ein bzw. zwei Einzelgemelken

| Fettmenge (kg) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 2,99 | 2,95 | 2,97 |
| mittags | 2,92 | 2,98 | 2,94 |
| abends | 3,10 | 3,08 | 3,09 |
| morgens und mittags | 1,48 | 1,48 | 1,48 |
| mittags und abends | 1,50 | 1,51 | 1,51 |
| abends und morgens | 1,52 | 1,51 | 1,51 |

Die zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge berechneten Faktoren bewegten sich in ihrer Größenordnung bei Einbeziehung eines Gemelkes um 3 und bei Nutzung zweier Gemelke um 1,5 (Tabelle 34). Während die Korrekturfaktoren für 2 Gemelke nur um 0,02 bzw. 0,01 vom „Optimalwert“ 1,50 differierten, zeigten sich für die Hochrechnung der Fettmenge aus einem Einzelgemelk deutlich größere Unterschiede zwischen den Faktoren des Morgen-, Mittags- und Abendgemelkes. Auch zwischen den Betrieben waren z. T. erhebliche Variationen zu verzeichnen.

4.3.2.3 Eiweißgehalt

Die Konstanz und Ausgeglichenheit des Eiweißgehaltes widerspiegelt sich erwartungsgemäß auch in den zur Korrektur berechneten Faktoren. Unabhängig von der Anzahl einbezogener Gemelke wichen die Hochrechnungsfaktoren lediglich um maximal 0,01 von 1,00 ab (Tabelle 35). Die höchsten Übereinstimmungen zwischen den Betrieben wurden mit Faktoren von jeweils 1,00 bei Verwendung des Mittagsgemelkes sowie der Kombination aus Abend- und Morgengemelk verzeichnet.

Tabelle 35: Berechnete Korrekturfaktoren¹ zur Schätzung des Tagesgesamteiweißgehaltes² der Milch aus ein bzw. zwei Einzelgemelken

| Eiweißgehalt (%) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| mittags | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| abends | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| morgens und mittags | 1,01 | 1,00 | 1,01 |
| mittags und abends | 0,99 | 1,00 | 0,99 |
| abends und morgens | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

¹ Faktoren als Quotienten aus Mittelwerten; bei 2 Gemelken : gewogenes Mittel beider Gehaltsmittelwerte

² berechnet aus den Summen der Eiweißmengen aller Einzelgemelke

Im Gegensatz zu den Gehaltswerten zeichnete sich für die Hochrechnung der Eiweißmengen eine deutlich geringere Homogenität der Faktoren ab. Die Unterschiede reichten zwischen den Betrieben von 2,90 bis 2,80 für das Morgengemelk bzw. 1,53 bis 1,56 für das Mittags- und Abendgemelk (Tabelle 36). Wurden die beiden Betriebe zusammengefasst, dann variierten die analogen Faktoren zwischen 2,86 und 3,16 bzw. 1,46 und 1,54.

Tabelle 36: Berechnete Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamteiweißmenge je Kuh aus ein bzw. zwei Einzelgemelken

| Eiweißmenge (kg) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 2,90 | 2,80 | 2,86 |
| mittags | 2,98 | 3,04 | 3,01 |
| abends | 3,13 | 3,19 | 3,16 |
| morgens und mittags | 1,47 | 1,46 | 1,46 |
| mittags und abends | 1,53 | 1,56 | 1,54 |
| abends und morgens | 1,50 | 1,49 | 1,50 |

4.3.3 Untersuchungen zur Anwendung amerikanischer Korrekturfaktoren

4.3.3.1 Milchmenge

Den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen wurden die in den USA verwendeten Korrekturfaktoren von WIGGANS (1986) gegenübergestellt (Tabellen 37 bis 41). Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden nur jene Faktoren aufgeführt, die von WIGGANS für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden angegeben wurden (siehe 3.3; Formel-Nr. 6 und 7). In der Spalte „eigene Berechnung“ sind in den Tabellen 37 bis 41 die am eigenen Datenmaterial über beide Betriebe berechneten Faktoren aufgeführt.

Tabelle 37: Vergleich eigener Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamtmilch aus einem bzw. zwei Einzelgemelken mit denen von WIGGANS (1986)

| Milchmenge (kg) | eigene Berechnung | WIGGANS | Differenz |
|---------------------|-------------------|---------|-----------|
| morgens | 2,83 | 2,94 | + 0,11 |
| mittags | 3,00 | 3,02 | + 0,02 |
| abends | 3,20 | 3,04 | - 0,16 |
| morgens und mittags | 1,45 | 1,49 | + 0,04 |
| mittags und abends | 1,55 | 1,51 | - 0,04 |
| abends und morgens | 1,50 | 1,49 | - 0,01 |

Die höchste Übereinstimmung ergab sich bezüglich der Faktoren zur Schätzung der Tagesmilchmenge für das Mittagsgemelk (Tabelle 37). Hierbei differierten die berechneten Korrekturfaktoren lediglich um 0,02 gegenüber denen des Mittags- und Abendgemelkes mit Unterschieden von 0,11 bzw. 0,16. Selbst unter Einbeziehung zweier Gemelke traten außer der Kombination abends/morgens höhere Abweichungen zwischen den Faktoren auf als beim einzelnen Mittagsgemelk.

4.3.3.2 Fettgehalt

Anhand der Tabelle 38 wird deutlich, dass die von WIGGANS berechneten Faktoren (siehe 3.3, Formel-Nr. 8) eine geringere Spannweite aufweisen als die eigenen. Die höchste Übereinstimmung unter Nutzung eines Gemelkes war auch hier beim Mittagsgemelk zu verzeichnen. Ebenso geringe Unterschiede bestanden zwischen den Faktoren der Kombination Morgen- und Mittagsgemelk bzw. Mittags- und Abendgemelk. Hinsichtlich der Einbeziehung des Abend- und Morgengemelkes in die Hochrechnung auf die Tagesleistung wies WIGGANS (1986) denselben Faktor aus wie der am eigenen Material berechnete.

Tabelle 38: Vergleich eigener Korrekturfaktoren zur Schätzung des Tagesgesamtfettgehaltes der Milch aus einem bzw. zwei Einzelgemelken mit denen von WIGGANS (1986)

| Fettgehalt | eigene Berechnung | WIGGANS | Differenz |
|---------------------|-------------------|---------|-----------|
| morgens | 1,05 | 1,02 | -0,03 |
| mittags | 0,98 | 0,99 | +0,01 |
| abends | 0,97 | 1,00 | +0,03 |
| morgens und mittags | 1,01 | 1,00 | -0,01 |
| mittags und abends | 0,98 | 0,99 | +0,01 |
| abends und morgens | 1,01 | 1,01 | 0,00 |

Hinsichtlich der Fettmenge traten insbesondere in der Hochrechnung eines Gemelkes größere Differenzen zwischen den eigenen und den Faktoren von WIGGANS auf (Tabelle 39). Wichen die amerikanischen Faktoren lediglich um 0,01 bzw. 0,02 von 3,00 ab, so waren es für die eigene Datengrundlage Größenordnungen bis zu 0,09.

Deutlich höhere Übereinstimmungen waren bei der Variante der Beprobung zweier der drei Teilgemelke zu verzeichnen. Hier betragen die Unterschiede in allen Kombinationsmöglichkeiten 0,01.

Tabelle 39: Vergleich eigener Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge aus einem bzw. zwei Einzelgemelken mit denen von WIGGANS (1986)

| Fettmenge | eigene Berechnung | WIGGANS | Differenz |
|---------------------|-------------------|---------|-----------|
| morgens | 2,97 | 2,99 | +0,02 |
| mittags | 2,94 | 2,99 | +0,05 |
| abends | 3,09 | 3,02 | -0,07 |
| morgens und mittags | 1,48 | 1,49 | +0,01 |
| mittags und abends | 1,51 | 1,50 | -0,01 |
| abends und morgens | 1,51 | 1,50 | -0,01 |

4.3.3.3 Eiweißgehalt

Zur Schätzung des Tageseiweißgehaltes stimmen die eigenen Korrekturfaktoren sehr gut mit denen von WIGGANS (1986) überein (Tabelle 40). Hinzu kommt, dass alle Faktoren nur unwesentlich bzw. gar nicht von 1,00 abweichen. Insbesondere die Faktoren von WIGGANS sind außer für das Morgengemelk (mit 1,01) alle mit 1,00 angegeben.

Tabelle 40: Vergleich eigener Korrekturfaktoren zur Schätzung des Tagesgesamteiweißgehaltes der Milch aus einem bzw. zwei Einzelgemelken mit denen von WIGGANS (1986)

| Eiweißgehalt | eigene Berechnung | WIGGANS | Differenz |
|---------------------|-------------------|---------|-----------|
| morgens | 1,01 | 1,01 | 0,00 |
| mittags | 1,00 | 1,00 | 0,00 |
| abends | 0,99 | 1,00 | +0,01 |
| morgens und mittags | 1,01 | 1,00 | -0,01 |
| mittags und abends | 0,99 | 1,00 | +0,01 |
| abends und morgens | 1,00 | 1,00 | 0,00 |

Die Unterschiede zwischen den eigenen und den Korrekturfaktoren von WIGGANS sind für die Eiweißmenge deutlich größer als für den Eiweißgehalt. Die Mengenfaktoren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem Gemelk differierten um bis zu 0,12 (Abendgemelk), für die Schätzung aus zwei Gemelken bis zu 0,03 (morgens und mittags, mittags und abends) (Tabelle 41). Die höchsten Übereinstimmungen waren für das Mittagsgemelk sowie für die Kombination aus Abend- und Morgengemelk zu verzeichnen.

Tabelle 41: Vergleich eigener Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesgesamteiweißmenge aus einem bzw. zwei Einzelgemelken mit denen von WIGGANS (1986)

| Eiweißmenge | eigene Berechnung | WIGGANS | Differenz |
|---------------------|-------------------|---------|-----------|
| morgens | 2,86 | 2,96 | +0,10 |
| mittags | 3,01 | 3,02 | +0,01 |
| abends | 3,16 | 3,04 | -0,12 |
| morgens und mittags | 1,46 | 1,49 | +0,03 |
| mittags und abends | 1,54 | 1,51 | -0,03 |
| abends und morgens | 1,50 | 1,50 | 0,00 |

4.3.4 Schätzung von Regressionsgleichungen

4.3.4.1 Milchmenge

Eine weitere Möglichkeit zur Hochrechnung eines Einzel- auf das Tagesgesamtmelk der Kuh besteht über Regressionsanalysen. Deshalb wurden 20 Regressionsmodelle (siehe 3.3; Formel-Nr. 9 bis 29) gerechnet:

Die Parameter der Regressionsgleichungen zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus zwei gemessenen Teilgemelken sind in Tabelle 42 dargestellt. Zum Vergleich der unterschiedlichen Modelle hinsichtlich Schätzgenauigkeit sind der Mean Square Error (MSE) und das Bestimmtheitsmaß (r^2) angegeben.

Unter Einbeziehung mehrerer Parameter in das Regressionsmodell verringerte sich der MSE-Wert geringfügig. Das Bestimmtheitsmaß (r^2), welches sich bereits bei einer einfachen linearen Regression auf einem sehr hohen Niveau von etwa 0,97 befand, stieg bei Verwendung der anderen statistischen Modelle nur unwesentlich (Kombination morgens/abends und mittags/abends) bzw. gar nicht (Kombination morgens/mittags).

Für die Variante, dass nur eine Gemelksmenge am Kontrolltag gemessen wird, wurden ebenfalls Regressionsparameter berechnet. Die entsprechenden Koeffizienten sowie MSE-Wert und Bestimmtheitsmaß sind in der Tabelle 43 aufgeführt. Auch hier verringerte sich der

MSE-Wert durch die zusätzliche Einbeziehung gemischter bzw. quadratischer Elemente in die Regressionsgleichung. Kleinere MSE-Werte, also geringere quadratische Abweichungen, bedeuten immer eine Verbesserung des Modells, d.h. eine höhere Schätzgenauigkeit. Ausgehend von der alleinigen Messung der Milchmenge des Mittagsgemelkes traten die geringsten Unterschiede zwischen den getesteten Modellen auf. Hier betrug die Differenz zwischen Modell 5.2, der einfachen linearen Regression, und Modell 7.2, einer kubischen Regression, lediglich 0,0842. Die Bestimmtheitsmaße der Schätzung lagen für alle Gemelke um 0,90. Sie erhöhten sich nur minimal mit zunehmender Kompliziertheit der Modelle.

Tabelle 42: Regressionsmodelle zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus zwei gemessenen Einzelgemelksmengen
(n=2840)

| gemessene Gemelke | Modell-Gleichung¹ | b0 | b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | MSE | r² |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------------|
| morgens + mittags | Modell 1.1 | 0,1638 | 1,3549 | 1,5429 | | | | 2,2610 | 0,9751 |
| morgens + mittags | Modell 2.1 | -0,0330 | 1,3758 | 1,5646 | -0,0021 | | | 2,2609 | 0,9751 |
| morgens + mittags | Modell 3.1 | 0,0650 | 1,2500 | 1,6753 | 0,0049 | -0,0065 | | 2,2574 | 0,9751 |
| morgens + mittags | Modell 4.1 | 0,0139 | 1,2801 | 1,6532 | 0,0077 | -0,0013 | -0,0084 | 2,2565 | 0,9751 |
| morgens + abends | Modell 1.2 | 0,9160 | 1,3996 | 1,5095 | | | | 2,1218 | 0,9766 |
| morgens + abends | Modell 2.2 | 0,1521 | 1,4737 | 1,6078 | -0,0086 | | | 2,1076 | 0,9768 |
| morgens + abends | Modell 3.2 | 0,8623 | 1,1370 | 1,8168 | 0,0128 | -0,0165 | | 2,0853 | 0,9770 |
| morgens + abends | Modell 4.2 | 0,5044 | 1,1816 | 1,8447 | 0,0230 | -0,0000 | -0,0301 | 2,0497 | 0,9774 |
| mittags + abends | Modell 1.3 | 1,1467 | 1,5265 | 1,4388 | | | | 2,7956 | 0,9692 |
| mittags + abends | Modell 2.3 | 0,5940 | 1,5882 | 1,5051 | -0,0066 | | | 2,7889 | 0,9692 |
| mittags + abends | Modell 3.3 | 0,7102 | 1,9822 | 1,0519 | -0,0217 | 0,0193 | | 2,7389 | 0,9698 |
| mittags + abends | Modell 4.3 | 0,5732 | 1,9157 | 1,1525 | -0,0042 | 0,0305 | -0,0308 | 2,7215 | 0,9700 |

¹ Modellbeschreibung siehe Material und Methoden

Tabelle 43: Regressionsmodelle zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus einer gemessenen Einzelgemelksmenge (n=2840)

| gemessene Gemelke | Modell-Gleichung | b0 | b1 | b2 | b3 | MSE | r2 |
|-------------------|------------------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| morgens | Modell 5.1 | 2,2953 | 2,5927 | | | 9,2396 | 0,8980 |
| morgens | Modell 6.1 | 3,2220 | 2,3934 | 0,0095 | | 9,2169 | 0,8983 |
| morgens | Modell 7.1 | 9,2030 | 0,2384 | 0,2344 | -0,0070 | 8,7007 | 0,9041 |
| mittags | Modell 5.2 | 2,1192 | 2,7700 | | | 8,3364 | 0,9080 |
| mittags | Modell 6.2 | 0,5392 | 3,1235 | -0,0176 | | 8,2748 | 0,9087 |
| mittags | Modell 7.2 | 2,2667 | 2,5042 | 0,0481 | -0,0021 | 8,2522 | 0,9090 |
| abends | Modell 5.3 | 3,8032 | 2,7626 | | | 9,0537 | 0,9001 |
| abends | Modell 6.3 | 3,4367 | 2,8510 | -0,0047 | | 9,0521 | 0,9001 |
| abends | Modell 7.3 | 8,2599 | 0,9579 | 0,2097 | -0,0072 | 8,6972 | 0,9041 |

¹ Modellbeschreibung siehe Material und Methoden

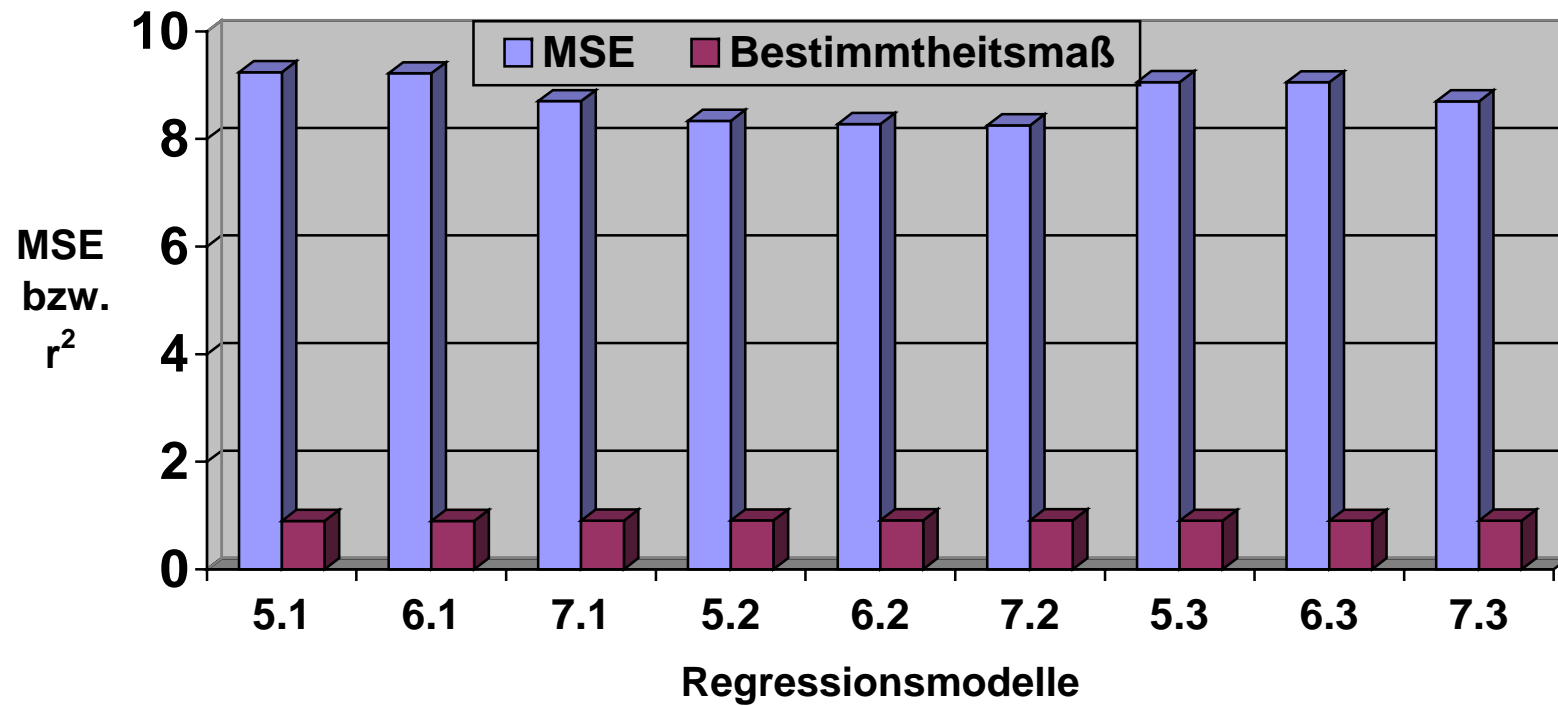


Abbildung 3: MSE-Werte und Bestimmtheitsmaße (r^2) zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh aus einem Einzelgemelk auf der Grundlage von Regressionsmodellen

Alle getesteten Modellansätze (Tabellen 42 und 43, Abbildung 3) waren hoch signifikant ($p < 0,0001$). Bereits die Modelle der einfachen linearen Regression (Modell 5.1, 5.2, 5.3) schätzten im Mittel aller Stichproben die unbekannt Parameter - also die Tagesgesamtleistungen - sehr genau. Die Irrtumswahrscheinlichkeit lag hier ebenfalls unter 0,01 Prozent.

Die Messung eines von drei Tagesteilgemelken führte zu einem um etwa 7 % geringeren Bestimmtheitsmaß gegenüber der Einbeziehung zweier Gemelke je Kuh und Tag (Vergleich Tabellen 42 und 43). Die Fehlervarianz stieg von durchschnittlich 2,3 auf 9,0.

Von den Einzelgemelksmengen wies das Mittagsgemelk das kleinste mittlere Fehlerquadrat und die höchste Schätzgenauigkeit auf.

Der bestehende lineare Zusammenhang zwischen der Milchmenge eines Einzelgemelkes und der Tagesgesamtmilchmenge wird in der nachfolgend dargestellten Grafik optisch deutlich (Abbildung 4).

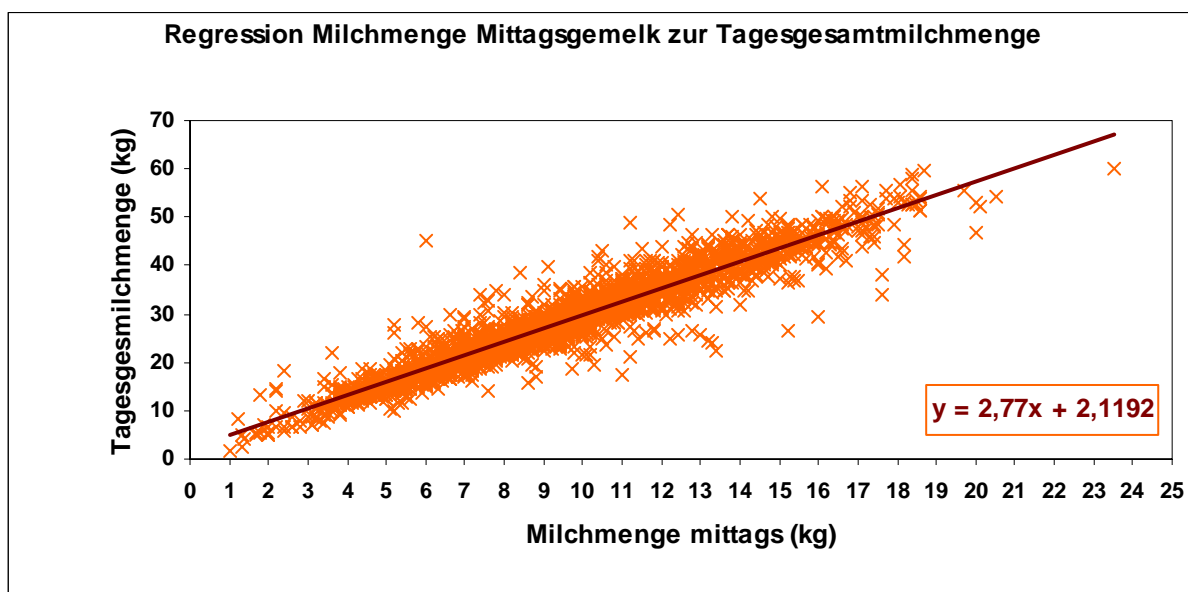


Abbildung 4: Regressionsgerade zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus dem Mittagsgemelk durch einfache lineare Regression

Die Unterschiede in der Schätzgenauigkeit der verschiedenen Modellansätze waren so gering, dass sich im Folgenden auf die einfache bzw. multiple lineare Regression beschränkt wurde.

4.3.4.2 Fettgehalt

Die Regressionsparameter zur Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelgemelken sind in Tabelle 44 aufgeführt.

Die berechneten Werte für das Bestimmtheitsmaß waren beim Fettgehalt im Vergleich zur Milchmenge wesentlich geringer. Für die Einbeziehung eines Gemelkes wurden Größenordnungen von 0,59 und 0,69 berechnet. Bei einer simulierten Beprobung zweier Gemelke erhöhte sich die Genauigkeit der Schätzung auf 86 % bis 90 %.

Die geringsten Restvarianzen und damit die sichersten Schätzergebnisse lieferte sowohl unter Einbeziehung eines als auch zweier Gemelke das Mittagsgemelk bzw. die Kombination mit diesem.

Tabelle 44: Regressionsparameter zur Schätzung des Tagesmilchfettgehaltes je Kuh aus ein bzw. zwei Einzelgemelken (n=2840)

| gemessene Gemelke | Modell | geschätzte Parameter | | | MSE | r ² |
|----------------------|------------|----------------------|----------------|----------------|--------|----------------|
| | | b ₀ | b ₁ | b ₂ | | |
| morgens | Modell 5.1 | 1,4041 | 0,6887 | | 0,1555 | 0,6816 |
| mittags | Modell 5.2 | 1,4775 | 0,6263 | | 0,1530 | 0,6866 |
| abends | Modell 5.3 | 1,3709 | 0,6469 | | 0,2017 | 0,5870 |
| morgens + mittags | Modell 1.1 | 0,5958 | 0,4523 | 0,4145 | 0,0478 | 0,9021 |
| mittags + abends | Modell 1.2 | 0,4406 | 0,4573 | 0,4140 | 0,0600 | 0,8772 |
| abends + morgens | Modell 1.3 | 0,4614 | 0,4036 | 0,4951 | 0,0702 | 0,8564 |

Die zur Schätzung der Tagesfettmenge berechneten Regressionsparameter sind der Tabelle 45 zu entnehmen. Auch hier verringerten sich die MSE-Werte, wenn zwei statt ein Gemelk gemessen und beprobt wurden. Die niedrigsten Restvarianzen wurden hier nicht für das Mittags- sondern für das Abendgemelk sowie seinen Kombinationen (morgens + abends, mittags + abends) festgestellt.

Tabelle 45: Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesfettmenge je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelgemelken (n=2840)

| gemessene Gemelke | Modell | geschätzte Parameter | | | MSE | r ² |
|-------------------|------------|----------------------|----------------|----------------|--------|----------------|
| | | b ₀ | b ₁ | b ₂ | | |
| morgens | Modell 5.1 | 0,2580 | 2,2789 | | 0,0329 | 0,7321 |
| mittags | Modell 5.2 | 0,2612 | 2,2517 | | 0,0306 | 0,7511 |
| abends | Modell 5.3 | 0,3203 | 2,2006 | | 0,0295 | 0,7596 |
| morgens + mittags | Modell 1.1 | 0,0560 | 1,3832 | 0,4236 | 0,0099 | 0,9193 |
| mittags + abends | Modell 1.2 | 0,1078 | 1,3640 | 1,3593 | 0,0093 | 0,9243 |
| abends + morgens | Modell 1.3 | 0,0952 | 1,4018 | 1,3681 | 0,0094 | 0,9233 |

4.3.4.3 Eiweißgehalt

Auch für den Eiweißgehalt der Milch wurden Regressionen gerechnet, deren Parameter in Tabelle 46 zusammengefasst sind. Hiernach wurden für das Morgengemelk sowie die Kombination mittags+abends die besten Hochrechnungen bestimmt. Die Unterschiede zwischen den Gemelken waren jedoch sehr gering. Bereits unter Verwendung lediglich eines Gemelkes (morgens, mittags oder abends) differierten die MSE-Werte um maximal 0,01.

Tabelle 46: Regressionsparameter zur Schätzung des Tagesmilcheiweißgehaltes je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelgemelken (n=2840)

| gemessene Gemelke | Modell | geschätzte Parameter | | | MSE | r ² |
|-------------------|------------|----------------------|----------------|----------------|--------|----------------|
| | | b ₀ | b ₁ | b ₂ | | |
| morgens | Modell 5.1 | 0,4178 | 0,8913 | | 0,0120 | 0,9011 |
| mittags | Modell 5.2 | 0,4857 | 0,8638 | | 0,0146 | 0,8801 |
| abends | Modell 5.3 | 0,5908 | 0,8247 | | 0,0255 | 0,7900 |
| morgens + mittags | Modell 1.1 | 0,2291 | 0,5140 | 0,4268 | 0,0055 | 0,9545 |
| mittags + abends | Modell 1.2 | 0,0754 | 0,5702 | 0,4043 | 0,0039 | 0,9683 |
| abends + morgens | Modell 1.3 | 0,1028 | 0,3632 | 0,6098 | 0,0043 | 0,9645 |

Unter Einbeziehung der Eiweißgehalte zweier Gemelke verringerten sich die Fehlerabweichungen zur wahren Leistung. Für die Regressionsgleichungen der

Kombinationen mittags+abends sowie abends+morgens wurden annähernd gleiche MSE-Werte ausgewiesen.

Auch hinsichtlich der Berechnung der Tageseiweißmenge je Kuh traten nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Modellen in der Schätzgenauigkeit auf. Die MSE-Werte lagen bei Einbeziehung eines Gemelkes um 0,01 und unter Verwendung zweier Gemelke sogar um 0,003 (Tabelle 47). Es konnte nicht festgestellt werden, dass die Berechnung der Tageseiweißmengen eine generelle Erhöhung der Schätzgenauigkeit gegenüber den Gehaltswerten erbrachte.

Tabelle 47: Regressionsparameter zur Schätzung der Tageseiweißmenge je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelgemelken (n=2840)

| gemessene Gemelke | Modell | geschätzte Parameter | | | MSE | r ² |
|----------------------|------------|----------------------|----------------|----------------|--------|----------------|
| | | b ₀ | b ₁ | b ₂ | | |
| morgens | Modell 5.1 | 0,1160 | 2,5119 | | 0,0118 | 0,8599 |
| mittags | Modell 5.2 | 0,0846 | 2,7465 | | 0,0122 | 0,8550 |
| abends | Modell 5.3 | 0,2053 | 2,4873 | | 0,0116 | 0,8615 |
| morgens + mittags | Modell 1.1 | -0,0005 | 1,4170 | 1,5157 | 0,0036 | 0,9569 |
| mittags + abends | Modell 1.2 | 0,0501 | 1,5103 | 1,4081 | 0,0035 | 0,9578 |
| abends + morgens | Modell 1.3 | 0,0612 | 1,4011 | 1,4056 | 0,0028 | 0,9665 |

4.3.5 Untersuchungen zur Anwendung eines vom VIT entwickelten Regressionsmodells

4.3.5.1 Milchmenge

Vom Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (VIT) Verden wurde ein Modell zur Schätzung der Tagesgesamtleistung einer Kuh aus einem Einzelgemelk bei zweimal täglichem Melken erarbeitet. Diese Schätzmethode gilt seit Oktober 1999 als Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR) für die Durchführung einer Alternierenden Milchkontrolle bei zweimaligem Melken. Bei diesem Modell handelt es sich um eine einfache lineare Regression unter Berücksichtigung von Zwischenmelkzeiten, Laktation und Laktationsstadium.

In Anlehnung daran wurde das vorliegende Datenmaterial ebenfalls in Klassen nach Laktation und Laktationsstadium eingeteilt. Da die Zeit zwischen den einzelnen Melkungen in beiden Betrieben 8:8:8 Stunden betrug, erübrigte sich eine Unterteilung in Zwischenmelkzeitklassen. Die Klassifizierung ergab 2 Laktations- (1, ab 2) und 12 Laktationsmonatsgruppen (1 bis 11, ab 12). Für die so gebildeten 2 x 12 Klassen (Tabelle 48) wurden Regressionsformeln nach dem Modell der einfachen linearen Regression zur Schätzung der Tagesgesamtleistung aus dem Morgen-, Mittags- bzw. Abendmelk berechnet (Tabellen 49 bis 51).

Tabelle 48: Klassen und Klassenbesetzung nach dem Schätzverfahren des Modells 6 des VIT Verden *

| Laktationsmonat | Laktation | | gesamt |
|-----------------|-----------|------|--------|
| | 1 | >1 | |
| 1 | 53 | 179 | 232 |
| 2 | 97 | 186 | 283 |
| 3 | 127 | 192 | 319 |
| 4 | 146 | 169 | 315 |
| 5 | 131 | 126 | 257 |
| 6 | 75 | 102 | 177 |
| 7 | 68 | 100 | 168 |
| 8 | 94 | 91 | 185 |
| 9 | 126 | 88 | 214 |
| 10 | 102 | 89 | 191 |
| 11 | 57 | 61 | 118 |
| ≥12 | 112 | 63 | 175 |
| Gesamt | 1188 | 1446 | 2634 |

* Die Zwischenmelkzeiten betragen einheitlich 8:8:8 Stunden.

Tabelle 49: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh anhand des Morgengemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 4,9803 | 2,3484 | 4,6872 | 2,4974 |
| 2 | 6,8890 | 2,2230 | 8,9645 | 2,2480 |
| 3 | 6,8335 | 2,1886 | 6,1331 | 2,3548 |
| 4 | 4,6634 | 2,3630 | 5,5262 | 2,3517 |
| 5 | 5,7378 | 2,2106 | 3,8635 | 2,4351 |
| 6 | 2,3033 | 2,5301 | 5,8690 | 2,1376 |
| 7 | 2,4093 | 2,5061 | 6,3057 | 2,0561 |
| 8 | 2,7014 | 2,4689 | 2,8525 | 2,3961 |
| 9 | 5,1723 | 2,1040 | 5,5125 | 2,0741 |
| 10 | 2,5420 | 2,4282 | 2,5093 | 2,3752 |
| 11 | 3,5079 | 2,3055 | 2,5087 | 2,3323 |
| ≥12 | 2,1205 | 2,4777 | 5,2709 | 1,9273 |

Tabelle 50: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh anhand des Mittagsgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 2,2109 | 2,7849 | 5,1785 | 2,6044 |
| 2 | 5,6035 | 2,4270 | 6,5607 | 2,4771 |
| 3 | 8,1529 | 2,1122 | 5,3772 | 2,5430 |
| 4 | 2,9484 | 2,6832 | 4,4737 | 2,6356 |
| 5 | 3,5825 | 2,5749 | 3,2126 | 2,6470 |
| 6 | 2,9250 | 2,7034 | 3,0854 | 2,6273 |
| 7 | 1,6242 | 2,8505 | 2,1400 | 2,7019 |
| 8 | 2,5059 | 2,7179 | 3,2204 | 2,5848 |
| 9 | 3,6067 | 2,4865 | 2,3237 | 2,5967 |
| 10 | 2,4651 | 2,6521 | 1,9210 | 2,7004 |
| 11 | 4,7152 | 2,3615 | 2,1584 | 2,5637 |
| ≥12 | 3,5551 | 2,4625 | 2,7760 | 2,5143 |

Tabelle 51: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh anhand des Abendmelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 2,1335 | 2,8257 | 5,6158 | 2,6071 |
| 2 | 6,2271 | 2,4444 | 8,1877 | 2,4886 |
| 3 | 5,2024 | 2,5603 | 6,6700 | 2,6105 |
| 4 | 4,5100 | 2,6391 | 4,8109 | 2,7081 |
| 5 | 5,6379 | 2,5026 | 4,6054 | 2,7354 |
| 6 | 5,1056 | 2,5225 | 2,3837 | 2,9753 |
| 7 | 3,3418 | 2,7071 | 5,5672 | 2,6263 |
| 8 | 2,8711 | 2,7908 | 4,8392 | 2,5756 |
| 9 | 4,1118 | 2,6967 | 5,4255 | 2,4301 |
| 10 | 2,3374 | 2,9061 | 4,9925 | 2,4641 |
| 11 | 4,2669 | 2,5333 | 3,5186 | 2,7659 |
| ≥12 | 2,1044 | 2,8972 | 6,3313 | 2,2126 |

Auffällig bei Betrachtung der mittleren quadratischen Abweichungen (MSE) zwischen den Klassen des VIT-Modells waren die Unterschiede zwischen Jung- und Altkühen. Für Jungkühe konnte nach diesem Modell eine deutlich höhere Schätzgenauigkeit ausgewiesen werden als für Tiere höherer Laktation (Abbildung A1). Die Restvarianzen waren bei den Erstlaktierenden um etwa 40 % geringer (Tabelle 52).

Sowohl für Kühe erster als auch höherer Laktation zeichnete sich tendenziell ein Anstieg der Schätzgenauigkeit mit steigendem Laktationsmonat ab. Aus der Abbildung 5 geht sehr anschaulich hervor, dass insbesondere im 2. und 3. Monat p.p., dem Zeitraum der Leistungsspitze der Tiere, die höchsten Restvarianzen sowie die geringsten Bestimmtheitsmaße zu verzeichnen waren.

Tabelle 52: MSE-Werte zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh aus einem Einzelgemelk nach dem Korrekturverfahren Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|---------|--------|--------------|---------|---------|
| | MSE | | | MSE | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 7,4499 | 4,7048 | 6,2860 | 7,9198 | 10,1018 | 9,1455 |
| 2 | 6,1049 | 9,9467 | 5,8127 | 14,4049 | 13,4844 | 13,5624 |
| 3 | 6,4365 | 10,6465 | 7,5171 | 11,7903 | 12,4265 | 8,7353 |
| 4 | 5,6702 | 4,3919 | 5,2122 | 6,6040 | 8,4754 | 10,5961 |
| 5 | 7,0434 | 4,7653 | 8,2639 | 10,7485 | 9,0543 | 9,2305 |
| 6 | 3,4057 | 2,8982 | 5,7720 | 6,6030 | 8,2629 | 7,1501 |
| 7 | 3,0330 | 3,1967 | 4,6390 | 10,5452 | 10,4267 | 9,1286 |
| 8 | 3,8511 | 4,4315 | 4,2724 | 8,2086 | 5,0502 | 7,1174 |
| 9 | 6,6508 | 5,3206 | 7,0475 | 10,3447 | 5,5443 | 10,7568 |
| 10 | 3,4985 | 4,0916 | 5,0448 | 5,8011 | 5,0446 | 7,2340 |
| 11 | 2,8671 | 4,7577 | 5,5708 | 4,9418 | 4,2681 | 5,7581 |
| ≥12 | 2,9224 | 3,1664 | 3,2502 | 5,0172 | 3,3812 | 7,5210 |

Eine Besserstellung des Mittagsgemelkes hinsichtlich Schätzgenauigkeit gegenüber den aus Morgen- bzw. Abendgemelk berechneten Tagesgesamtleistungen kann ab der 2. Laktation festgestellt werden.

Die Bestimmtheitsmaße der Schätzungen sind für alle Klassen im Anhang (Tabelle A8) dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Klassen fielen hier im Vergleich zu den MSE-Werten deutlich geringer aus.

4.3.5.2 Fettgehalt

Auch für den Fettgehalt der Milch wurden nach Unterteilung des Gesamtmaterials in 24 Klassen nach Laktationsnummer und Laktationsstadium Regressionsparameter geschätzt. Die Regressionsanalysen erfolgten dabei zum einen auf direktem Weg, aus den Gehaltswerten, und zum anderen über die Schätzung der Tagesfettmengen.

Nachfolgend sind die nach Formel-Nr. 21 (siehe 3.3) geschätzten Regressionsparameter für den Fettgehalt aufgeführt. Tabelle 53 weist Intercept (b_0) sowie Regressionskoeffizienten (b_1) zur Berechnung des Tagesgesamtfettgehaltes anhand des Morgengemelkes aus. In den Tabellen 54 und 55 bilden jeweils das Mittags- bzw. das Abendgemelk die Ausgangsbasis der Hochrechnung.

Tabelle 53: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand des Morgengemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | 1 | | >1 | |
| | b_0 | b_1 | b_0 | b_1 |
| 1 | 1,7273 | 0,6365 | 2,1700 | 0,5336 |
| 2 | 1,5239 | 0,6543 | 1,5630 | 0,6307 |
| 3 | 1,4328 | 0,6771 | 1,8438 | 0,5539 |
| 4 | 0,9965 | 0,7802 | 1,9118 | 0,5277 |
| 5 | 1,4798 | 0,6407 | 1,6514 | 0,6258 |
| 6 | 1,4256 | 0,6809 | 1,5618 | 0,6532 |
| 7 | 0,4460 | 0,9204 | 1,0063 | 0,7972 |
| 8 | 0,1570 | 1,0062 | 1,1989 | 0,7576 |
| 9 | 1,4418 | 0,6902 | 1,6229 | 0,6591 |
| 10 | 0,7287 | 0,8615 | 0,8086 | 0,8468 |
| 11 | 0,8927 | 0,7999 | 1,1125 | 0,7635 |
| ≥ 12 | 1,0034 | 0,8058 | 1,2753 | 0,7225 |

Tabelle 54: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand des Mittagsgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 1,6330 | 0,5963 | 1,9117 | 0,5249 |
| 2 | 2,0485 | 0,4604 | 1,7563 | 0,5168 |
| 3 | 2,0845 | 0,4527 | 1,8247 | 0,5171 |
| 4 | 1,8448 | 0,5082 | 2,1188 | 0,4462 |
| 5 | 1,4358 | 0,6445 | 1,7031 | 0,5675 |
| 6 | 1,1290 | 0,7251 | 1,3896 | 0,6458 |
| 7 | 0,7791 | 0,8008 | 1,0400 | 0,7341 |
| 8 | 0,4649 | 0,8638 | 0,5596 | 0,8265 |
| 9 | 0,9832 | 0,7708 | 0,9112 | 0,7800 |
| 10 | 0,5654 | 0,8424 | 1,5770 | 0,6324 |
| 11 | 0,2278 | 0,9518 | 1,0613 | 0,7410 |
| ≥12 | 0,8876 | 0,7910 | 1,1864 | 0,7118 |

Tabelle 55: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand des Abendgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 1,8380 | 0,5548 | 1,9801 | 0,5352 |
| 2 | 2,0304 | 0,4500 | 1,5276 | 0,5682 |
| 3 | 1,4427 | 0,6024 | 1,5612 | 0,5721 |
| 4 | 1,5060 | 0,5855 | 2,0836 | 0,4457 |
| 5 | 1,7080 | 0,5416 | 1,9604 | 0,4852 |
| 6 | 1,5540 | 0,6058 | 1,3257 | 0,6554 |
| 7 | 1,1302 | 0,7243 | 1,0000 | 0,7473 |
| 8 | 0,6621 | 0,8242 | 1,4320 | 0,6462 |
| 9 | 1,5348 | 0,6463 | 1,2007 | 0,7031 |
| 10 | 0,7466 | 0,8351 | 1,2791 | 0,6851 |
| 11 | 0,4454 | 0,8926 | 1,2046 | 0,7061 |
| ≥12 | 0,7246 | 0,8122 | 1,5210 | 0,6302 |

Die geschätzten Regressionsparameter zur Berechnung der Tagesfettmenge anhand des Morgen-, Mittags- sowie Abendgemelkes sind im Anhang (Tabellen A9 bis A11) angegeben.

In Tabelle 56 sind die mittleren quadratischen Abweichungen der Funktion (MSE) als Maßstab der Genauigkeit der Schätzung aufgeführt. Den Ergebnissen ist zu entnehmen, dass für Kühe der 1. Laktation geringere MSE-Werte berechnet wurden als für ältere Kühe.

Die Schätzgenauigkeit erhöhte sich mit zunehmendem Laktationsstadium. Ausnahmen bildeten hierbei die Laktationsmonate 3 und 9. In diesen beiden Monaten nach der Kalbung traten sowohl bei Jungkühen als auch bei älteren Kühen höhere Schätzfehler auf als in den Vormonaten. Tendenziell konnte festgestellt werden, dass die Regressionsfunktion den Fettgehalt von Kühen ab dem 7. Laktationsmonat mit höherer Genauigkeit schätzt als von Kühen im ersten Laktationsdrittel.

Unabhängig von der Laktationsnummer wurden für die aus dem Mittagsgemelk geschätzten Tagesleistungen die geringsten Restvarianzen ermittelt.

Tabelle 56: MSE-Werte zur Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh aus einem Einzelgemelk nach dem Korrekturverfahren Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|---------|--------|--------------|---------|--------|
| | MSE | | | MSE | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 0,1243 | 0,1469 | 0,2919 | 0,2353 | 0,1830 | 0,3911 |
| 2 | 0,1371 | 0,1039 | 0,1812 | 0,1795 | 0,1764 | 0,1881 |
| 3 | 0,1823 | 0,1445 | 0,2195 | 0,2290 | 0,2229 | 0,2133 |
| 4 | 0,1269 | 0,1228 | 0,1408 | 0,1502 | 0,1415 | 0,1441 |
| 5 | 0,1166 | 0,0989 | 0,1580 | 0,1505 | 0,1276 | 0,2456 |
| 6 | 0,1103 | 0,0779 | 0,1046 | 0,1100 | 0,1129 | 0,1579 |
| 7 | 0,0931 | 0,0622 | 0,1113 | 0,1077 | 0,0813 | 0,1325 |
| 8 | 0,0508 | 0,0505 | 0,0456 | 0,0973 | 0,0962 | 0,1271 |
| 9 | 0,1754 | 0,1654 | 0,2227 | 0,1781 | 0,1302 | 0,1774 |
| 10 | 0,1010 | 0,0705 | 0,1364 | 0,1125 | 0,0863 | 0,2180 |
| 11 | 0,0555 | 0,0884 | 0,1040 | 0,0995 | 0,1119 | 0,1501 |
| ≥12 | 0,0728 | 0,0886 | 0,0794 | 0,0777 | 0,0885 | 0,1343 |

Stellt man die Bestimmtheitsmaße der Regressionen gegenüber, zeigte sich auch hier, dass durch dieses Modell die Leistung der Kühe erster Laktation genauer geschätzt wurde als die von älteren Kühen (Tabelle A12). Tendenziell konnte in Übereinstimmung mit den MSE-Werten festgestellt werden, dass die Regressionsfunktion den Fettgehalt von Kühen ab dem 7. Laktationsmonat mit höherer Genauigkeit schätzt als von Kühen im ersten Laktationsdrittel.

Die Angaben zur mittleren quadratischen Abweichung der Funktionen zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge je Kuh nach dem VIT-Modell sind im Anhang (Tabelle A13) aufgeführt.

4.3.5.3 Eiweißgehalt

Obwohl der Eiweißgehalt jedes Einzelgemelkes bereits ohne Korrektur eine sehr hohe Übereinstimmung mit dem Gehalt an Eiweiß in der Tagesgesamtmilch aufwies, wurde auch für dieses Merkmal eine Regressionsfunktion erstellt (siehe 3.3; Formel-Nr. 21). Die berechneten Parameter der Schätzgleichungen werden in den Tabellen 57 bis 59 ausgewiesen.

Tabelle 57: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand des Morgengemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,8660 | 0,7566 | 0,5010 | 0,8741 |
| 2 | 0,5219 | 0,8503 | 0,4983 | 0,8537 |
| 3 | 0,5045 | 0,8639 | 0,5289 | 0,8512 |
| 4 | 0,3790 | 0,8969 | 0,9544 | 0,7335 |
| 5 | 0,9170 | 0,7453 | 0,7714 | 0,7971 |
| 6 | 0,5081 | 0,8678 | 0,6851 | 0,8159 |
| 7 | 0,3197 | 0,9135 | 0,3064 | 0,9196 |
| 8 | 0,1450 | 0,9667 | 0,3224 | 0,9200 |
| 9 | 0,1603 | 0,9598 | 0,5393 | 0,8657 |
| 10 | 0,4274 | 0,8934 | 0,3483 | 0,9205 |
| 11 | 0,2328 | 0,9461 | 0,8581 | 0,7806 |
| ≥12 | 0,5307 | 0,8730 | 0,7209 | 0,8137 |

Tabelle 58: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand des Mittagsgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,6210 | 0,8107 | 0,7957 | 0,7725 |
| 2 | 0,5746 | 0,8340 | 0,6033 | 0,8278 |
| 3 | 0,7522 | 0,7859 | 0,4117 | 0,8858 |
| 4 | 0,5502 | 0,8419 | 0,9648 | 0,7276 |
| 5 | 0,7322 | 0,7857 | 0,9341 | 0,7370 |
| 6 | 0,4212 | 0,8725 | 0,4517 | 0,8704 |
| 7 | 0,3716 | 0,8929 | 0,2043 | 0,9430 |
| 8 | 0,0477 | 0,9861 | 0,1543 | 0,9534 |
| 9 | 0,3671 | 0,8954 | 0,2310 | 0,9327 |
| 10 | 0,1083 | 0,9644 | 0,3252 | 0,9114 |
| 11 | -0,0343 | 1,0021 | 0,3601 | 0,8964 |
| ≥12 | 0,1653 | 0,9531 | 0,4402 | 0,8803 |

Tabelle 59: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand des Abendgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,6180 | 0,8057 | 0,8287 | 0,7372 |
| 2 | 1,0380 | 0,6662 | 0,8017 | 0,7350 |
| 3 | 1,1315 | 0,6429 | 0,7802 | 0,7532 |
| 4 | 0,6354 | 0,8041 | 1,2746 | 0,6196 |
| 5 | 1,2182 | 0,6495 | 0,8763 | 0,7485 |
| 6 | 1,1087 | 0,6825 | 1,1205 | 0,6930 |
| 7 | 0,8796 | 0,7622 | 0,5120 | 0,8619 |
| 8 | 0,3433 | 0,9006 | 0,6942 | 0,8106 |
| 9 | 1,0812 | 0,7171 | 0,6972 | 0,8138 |
| 10 | 0,6031 | 0,8416 | 0,7692 | 0,7900 |
| 11 | 0,1444 | 0,9609 | 0,7874 | 0,7943 |
| ≥12 | 0,2916 | 0,9129 | 1,0141 | 0,7315 |

Für die Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch wurden für alle drei Einzelgemelke deutlich geringere Restvarianzen ermittelt als für den Fettgehalt. Innerhalb der 24 Klassen wurden MSE-Werte im Bereich von 0,0026 bis 0,0347 berechnet (Tabelle 60). Auch für dieses Merkmal konnten höhere Schätzgenauigkeiten für Jungkühe ausgewiesen werden. Das Gemelk mit den geringsten Restvarianzen ist für den Eiweißgehalt bei diesem Regressionsmodell jedoch das Morgengemelk.

Auch bei Betrachtung des Bestimmtheitsmaßes war die beste Beschreibung des Eiweißgehaltes anhand der Regressionsfunktion unter Einbeziehung des Morgengemelkes zu verzeichnen (Tabelle A14).

Tabelle 60: MSE-Werte zur Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh aus einem Einzelgemelk nach dem Korrekturverfahren Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|---------|--------|--------------|---------|--------|
| | MSE | | | MSE | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 0,0169 | 0,0173 | 0,0279 | 0,0150 | 0,0228 | 0,0347 |
| 2 | 0,0114 | 0,0169 | 0,0262 | 0,0100 | 0,0198 | 0,0165 |
| 3 | 0,0151 | 0,0167 | 0,0217 | 0,0118 | 0,0140 | 0,0146 |
| 4 | 0,0081 | 0,0141 | 0,0102 | 0,0121 | 0,0156 | 0,0202 |
| 5 | 0,0120 | 0,0129 | 0,0179 | 0,0155 | 0,0118 | 0,0233 |
| 6 | 0,0100 | 0,0099 | 0,0132 | 0,0098 | 0,0109 | 0,0197 |
| 7 | 0,0064 | 0,0086 | 0,0256 | 0,0050 | 0,0073 | 0,0169 |
| 8 | 0,0032 | 0,0053 | 0,0075 | 0,0059 | 0,0072 | 0,0143 |
| 9 | 0,0110 | 0,0114 | 0,0214 | 0,0126 | 0,0089 | 0,0216 |
| 10 | 0,0073 | 0,0129 | 0,0121 | 0,0201 | 0,0112 | 0,0148 |
| 11 | 0,0031 | 0,0026 | 0,0059 | 0,0133 | 0,0139 | 0,0272 |
| ≥12 | 0,0115 | 0,0101 | 0,0104 | 0,0081 | 0,0159 | 0,0193 |

Die Regressionsparameter zur Schätzung der Eiweißmenge je Kuh und Tag sind den Tabellen A15 bis A17 im Anhang zu entnehmen. Die Tabelle A18 enthält die berechneten MSE-Werte dieser Funktionen.

4.3.6 Vergleich der Genauigkeiten der Schätzverfahren

4.3.6.1 Milchmenge

Um Schätzverfahren hinsichtlich ihrer Genauigkeit zu bewerten und vergleichen zu können, finden verschiedene Parameter Anwendung. In der Literatur werden teilweise die Restvarianzen (MSE) sowie das Bestimmtheitsmaß (r^2) der vorausgesagten zur wahren Leistung beschrieben. Häufiger verwendete man jedoch den direkten Vergleich der Mittelwerte von geschätzter und wahrer Leistung sowie die Streuung der Differenzen. Daher, sowie aufgrund der Anschaulichkeit dieser Werte, wurden hier vorrangig diese Parameter der Genauigkeitsbewertung der Schätzverfahren aufgeführt.

Im Folgenden wurden die entwickelten Modelle auf das Datenmaterial angewandt, Tagesleistungen berechnet und mit der entsprechenden wahren Leistung je Kuh und Tag verglichen. Dabei muss beachtet werden, dass im Falle der berechneten Faktoren sowie der einfachen linearen Regressionen die am selben Material geschätzten Gleichungen eingesetzt wurden. Die Ergebnisse müssen eine hohe Übereinstimmung zur tatsächlichen Leistung aufweisen, sind jedoch untereinander vergleichbar und geben Aufschluss über die Güte des jeweiligen Modells. Die geschätzten Tagesleistungen auf der Grundlage der WIGGANS-Faktoren, die an einem fremden Datenmaterial berechnet wurden, haben zwangsläufig eine höhere Abweichung, sind an dieser Stelle aber aus Vergleichsgründen mit aufgeführt (Tabelle 61).

Die Standardabweichungen der Differenzen sind hingegen ein geeignetes Kriterium, um alle Modelle miteinander zu vergleichen.

Tabelle 61: Vergleich der mit verschiedenen Modellen geschätzten und der wahren Milchleistung je Kuh und Tag (n=2840)

| Tagesmilchmenge (kg) | \bar{x} | Differenz (geschätzt – wahr) | | | |
|---|-----------|------------------------------|------------------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr | 27,8 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| Faktor | 27,8 | 0,0 | ^a 3,1 | -26,2 | +20,9 |
| einfache lineare Regression | 27,8 | 0,0 | ^a 3,0 | -24,2 | +19,5 |
| Wiggans | 29,0 | +1,1 | ^b 3,3 | -26,1 | +23,1 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor | 27,9 | 0,0 | ^a 3,0 | -27,1 | +19,2 |
| einfache lineare Regression | 27,8 | 0,0 | ^a 2,9 | -26,4 | +17,8 |
| Wiggans | 28,0 | +0,2 | ^a 3,0 | -27,0 | +19,5 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| Faktor | 27,9 | 0,0 | ^a 3,3 | -28,7 | +26,6 |
| einfache lineare Regression | 27,8 | 0,0 | ^b 3,0 | -26,8 | +20,6 |
| Wiggans | 26,4 | -1,4 | ^b 3,1 | -29,4 | +23,0 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor | 27,8 | 0,0 | ^a 1,5 | -12,1 | +13,0 |
| multiple lineare Regression | 27,8 | 0,0 | ^a 1,5 | -13,1 | +12,5 |
| Wiggans | 28,5 | 0,7 | ^a 1,5 | -11,3 | +14,4 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | |
| Faktor | 27,8 | 0,0 | ^a 1,7 | -11,4 | +14,4 |
| multiple lineare Regression | 27,8 | 0,0 | ^a 1,7 | -11,6 | +13,8 |
| Wiggans | 27,2 | -0,6 | ^a 1,7 | -12,0 | +13,4 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | |
| Faktor | 27,8 | 0,0 | ^a 1,5 | -9,6 | +13,6 |
| multiple lineare Regression | 27,8 | 0,0 | ^a 1,5 | -9,5 | +13,0 |
| Wiggans | 27,7 | -0,1 | ^a 1,5 | -9,7 | +13,3 |

^{a, b, c} ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$

Die Ergebnisse des Vergleiches der anhand eines Einzelgemelkes geschätzten mit der wahren Tagesleistung zeigten zwischen den verschiedenen Verfahren nur unerwartet geringe Unterschiede. Die mittleren Abweichungen müssen bei den Verfahren mittels eigenem Faktor und linearer Regression gleich Null sein, da sie am selben Material geschätzt wurden. Die

anhand der WIGGANS-Faktoren berechneten Tagesmilchmengen wichen im Mittel um 0,2 kg bis 1,4 kg Milch von der tatsächlichen Leistung je Kuh und Tag ab. Dabei wurde die wahre Leistung um durchschnittlich 1,1 kg anhand des Morgengemelkes überschätzt und um 1,4 kg anhand des Abendgemelkes unterschätzt. Ausgehend von der Basis des Mittagsgemelkes zur Berechnung der Tagesleistung wurde die höchste Übereinstimmung zwischen geschätzter und tatsächlicher Leistung mit einer mittleren Differenz von nur 0,2 kg Milch erreicht.

Die Genauigkeit der Schätzung der Tagesleistung mittels der am eigenen Material erhobenen Faktoren bzw. Regressionsparameter lässt sich jedoch eher anhand der Standardabweichungen der Differenzen bewerten. Diese lagen im Mittel sowohl der aus Morgen- als auch aus Mittags- und Abendgemelk berechneten Tagesleistungen um 3 kg Milch.

Bemerkenswert ist, dass die aus den „fremden“ WIGGANS-Faktoren geschätzten Leistungen je Kuh und Tag ebenfalls Standardabweichungen der Differenzen von nur 3 kg Milch aufwiesen, die Abweichungen der geschätzten zu den wahren Werten also wie die „eigenen“ Faktoren variierten. Auch die minimalen und maximalen Über- bzw. Unterschätzungen der wahren Leistung lagen bei eigenem und WIGGANS-Faktor in der gleichen Größenordnung. Lediglich die anhand der linearen Regression geschätzten Tagesleistungen wiesen eine etwas geringere Spannweite der Abweichungen auf.

Durch Erhöhung der Anzahl in die Schätzung einbezogener Gemelke, d. h. in der Praxis: durch Beprobung zweier Einzelgemelke, verringerten sich die Standardabweichungen der Differenzen um etwa die Hälfte (auf $s=1,5$ kg für das Morgen- und Mittags- sowie Abend- und Morgengemelk bzw. auf $s=1,7$ kg für das Mittags- und Abendgemelk). Mittelwerte und Differenzen lagen in derselben Größenordnung wie unter Einbeziehung eines Gemelkes.

In Bezug auf die Anwendung des WIGGANS-Faktors erwies sich hierbei die Kombination abends+morgens als optimal. Dabei wurden mittlere Differenzen zur wahren Leistung von lediglich 0,1 kg Milch erreicht mit Standardabweichungen, die ebenso hoch bzw. niedrig waren wie die Werte aus den am eigenen Material geschätzten Faktoren und Regressionskoeffizienten.

Die Genauigkeit des Verfahrens mittels Faktor, gemessen am Bestimmtheitsmaß, betrug für die verschiedenen Gemelke und Gemelkskombinationen 89,8 % bis 97,6 % und war damit nahezu ebenso hoch wie die des multiplen polynomialen Modells (Tabellen A19 und A20).

Zum Vergleich der Verfahren mit dem Verdener Modell (VIT-Modell) wurde das Material in die laut VIT-Modell vorgeschriebenen 24 Klassen nach Laktation und Laktationsmonat eingeteilt und für jede Klasse ein Faktor sowie Parameter der einfachen linearen Regression berechnet. Die berechneten Faktoren ohne Klasseneinteilung wären dem VIT-Modell von vorn herein unterlegen, da sie als Mittelwert über die gesamte Herde erhoben wurden.

Tabelle 62: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Milchleistung je Kuh und Tag nach Einteilung des Gesamtmaterials in 24 Klassen nach Laktation und Laktationsstadium (n=2634)

| Tagesmilchmenge (kg) | \bar{x} | Differenz (geschätzt - wahr) | | | |
|-----------------------------|-----------|------------------------------|-------------------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr ¹ | 27,4 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| Faktor ² | 27,4 | 0,0 | ^a 3,0 | -26,1 | +19,7 |
| VIT-Modell | 27,4 | 0,0 | ^b 2,7* | -17,9 | +15,1 |
| Wiggans ³ | 28,5 | +1,1 | ^c 3,2 | -26,1 | +23,1 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 27,4 | 0,0 | ^a 2,9 | -15,6 | +18,8 |
| VIT-Modell | 27,4 | 0,0 | ^b 2,7* | -14,5 | +16,6 |
| Wiggans ³ | 27,5 | +0,2 | ^a 2,9 | -15,0 | +19,5 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 27,4 | 0,0 | ^a 3,1* | -27,1 | +18,2 |
| VIT-Modell | 27,4 | 0,0 | ^b 2,8* | -22,6 | +17,9 |
| Wiggans ³ | 26,0 | -1,4 | ^a 3,0 | -27,3 | +16,9 |

¹ Mittelwert der Summen der drei Teilgemelke je Kuh und Tag

² Faktorberechnung je Klasse

³ Wiggans-Faktor = konstanter Faktor für Gesamtmaterial

^{a, b, c} ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$

* signifikante Unterschiede zu Standardabweichungen in Tabelle 61

Auch bei Klasseneinteilungen zeigte sich eine leichte Überlegenheit der Regressionsgleichungen gegenüber Faktoren (Tabelle 62).

Der Unterschied zwischen den am eigenen Material berechneten und den WIGGANS-Faktoren war sehr gering. Sowohl die Standardabweichungen der Differenzen als auch Minima und Maxima wichen nur unwesentlich voneinander ab. Unter Einbeziehung des

Mittagsgemelkes in die Tagesleistungsschätzung lag sogar die mittlere Abweichung der mit WIGGANS-Faktoren geschätzten zur wahren Leistung bei lediglich 0,2 kg Milch.

Die Minima und Maxima sowie die Standardabweichungen der Korrekturmodelle über die gesamte Herde sind nicht ohne weiteres mit denen an 24 Klassen erstellten vergleichbar. Die Abweichungen der in Klassen geschätzten Tagesleistungen müssen geringer sein, da die Parameter für kleinere Tierzahlen in speziellen Abschnitten (Klassen) berechnet und getestet wurden. Eine Gegenüberstellung wurde hier dennoch in Betracht gezogen, um die Effektivität der Klasseneinteilung zu bewerten. Dabei zeigte sich, dass die Unterschiede zwischen den einfachen und komplizierteren Modellen nur geringfügig waren (Vergleich Tabellen 61 und 62). Bei Verwendung von Faktoren unterschieden sich die Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Tagesleistung zwischen den aus Faktor je Herde und Faktor je Klasse berechneten um lediglich 0,1 kg Milch, bei Anwendung der linearen Regression um 0,2 kg Milch.

4.3.6.2 Fettgehalt

Zur Bewertung der Genauigkeit der Schätzverfahren in Bezug auf den Fettgehalt der Milch wurden die nach verschiedenen Modellen aus Teilgemelken geschätzten mit den „wahren“ Tagesfettgehalten verglichen. Der als Vergleichsmaßstab definierte „wahre“ Gehalt an Fett in der Tagesgesamtmilch wurde, wie unter Material und Methoden in Formel-Nr. 2 beschrieben, berechnet. Alle Auswertungen wurden ebenfalls im Vergleich zum Fettgehalt der AS43-Mischprobe vorgenommen (siehe auszugsweise im Anhang Tabelle A21).

Die aus den eigenen Faktoren sowie aus den Regressionsparametern geschätzten Tagesfettwerte entsprachen im Mittel erwartungsgemäß den wahren Tagesfettgehalten (Tabelle 63).

Tabelle 63: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Fettgehalte der Milch je Kuh und Tag (n=2840)

| Tagesfettgehalte (%) | Differenz (geschätzt - wahr) | | | | | |
|---|------------------------------|------|-----------|-------------------|-------|-------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | min | max |
| wahr | 4,09 | 0,70 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,09 | 0,88 | 0,00 | ^a 0,50 | -2,92 | +4,52 |
| einfache lineare Regression | 4,09 | 0,58 | 0,00 | ^b 0,39 | -2,82 | +2,28 |
| Wiggans | 3,97 | 0,85 | -0,13 | ^a 0,48 | -3,03 | +4,19 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,09 | 0,91 | 0,00 | ^a 0,51 | -2,73 | +5,42 |
| einfache lineare Regression | 4,09 | 0,58 | 0,00 | ^b 0,39 | -2,50 | +2,55 |
| Wiggans | 4,13 | 0,91 | +0,04 | ^a 0,52 | -2,70 | +5,54 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,09 | 0,80 | 0,00 | ^a 0,52 | -3,90 | +2,60 |
| einfache lineare Regression | 4,09 | 0,54 | 0,00 | ^b 0,45 | -3,87 | +1,66 |
| Wiggans | 4,19 | 0,82 | +0,10 | ^a 0,53 | -3,83 | +2,77 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,09 | 0,78 | 0,00 | ^a 0,25 | -1,89 | +2,01 |
| multiple lineare Regression | 4,09 | 0,66 | 0,00 | ^b 0,22 | -1,06 | +1,58 |
| Wiggans | 4,05 | 0,77 | -0,04 | ^a 0,24 | -1,92 | +1,94 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,09 | 0,73 | 0,00 | ^a 0,25 | -2,30 | +1,39 |
| multiple lineare Regression | 4,09 | 0,65 | 0,00 | ^a 0,24 | -2,30 | +1,19 |
| Wiggans | 4,16 | 0,74 | +0,07 | ^a 0,25 | -2,23 | +1,51 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,09 | 0,72 | 0,00 | ^a 0,28 | -3,43 | +2,50 |
| multiple lineare Regression | 4,09 | 0,65 | 0,00 | ^a 0,27 | -3,15 | +1,21 |
| Wiggans | 4,07 | 0,72 | -0,02 | ^a 0,28 | -3,44 | +2,47 |

^{a, b, c} ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$

Der durchschnittliche Fettgehalt je Kuh und Tag, berechnet aus den Faktoren von WIGGANS, wich unter Einbeziehung eines Gemelkes um 0,04 %-Punkte bis 0,13 %-Punkte vom tatsächlichen Mittelwert ab, wobei die höchsten Übereinstimmungen zum Mittagsgemelk registriert wurden. Die Standardabweichungen der nach dem eigenen Faktor geschätzten

Werte waren, verglichen mit denen nach WIGGANS geschätzten, annähernd gleich groß und bewegten sich zwischen 0,80 %-Punkten und 0,91 %-Punkten. Bei Anwendung einer linearen Regression verringerten sich die Standardabweichungen der geschätzten Tagesfettgehalte. Sie betragen 0,54 %-Punkte, wenn nur das Abendgemelk berücksichtigt wurde und 0,58 %-Punkte bei Einbeziehung des Morgen- bzw. Mittagsgemelkes. Ein objektiver Vergleich der drei Modelle ist eher über die Streuung der Abweichungen möglich. Ein geeigneter und aussagekräftiger Parameter in Bezug auf die Schätzgenauigkeit ist die Standardabweichung der Differenzen zwischen geschätzter und wahrer Leistung. Dabei wurden zwischen eigenem und WIGGANS-Faktor nur maximale Unterschiede von -0,02 %-Punkten bzw. +0,01 %-Punkten festgestellt. Unter Verwendung des Morgengemelkes trat sogar eine geringere Standardabweichung der Differenz beim WIGGANS-Faktor auf. Die mittlere Abweichung zum wahren Fettgehalt war hierbei jedoch stark in den negativen Bereich verschoben. Die beste durchschnittliche Übereinstimmung für den WIGGANS-Faktor ergab sich mit einer mittleren Abweichung von +0,04 %-Punkten bei einer Standardabweichung der Differenz von $s=0,52$ %-Punkte aus dem Mittagsgemelk.

Unter Einbeziehung zweier Gemelke in die Berechnung des Tagesgesamtfettgehaltes der Milch erhöhte sich erwartungsgemäß die Schätzgenauigkeit bei allen Modellen. Die Standardabweichungen der Differenzen zur tatsächlichen Leistung verringerten sich von 0,39-0,53 %-Punkten auf 0,22-0,28 %-Punkte. Auch die Unterschiede zwischen den Standardabweichungen der einzelnen Modelle und Gemelke wurden geringer. Das bedeutet, dass sich die Schätzverfahren hinsichtlich ihrer Genauigkeit kaum noch unterschieden. Bei Nutzung des Mittags- und Abendgemelkes z.B. ist es unerheblich, ob das relativ komplizierte Regressionsverfahren oder ein an fremdem Material erhobener einfacher Faktor zur Schätzung des Tagesgesamtfettgehaltes herangezogen wird, wenn man die Standardabweichung der Differenzen zur wahren Leistung als Kriterium der Schätzgenauigkeit wertet. Diesen Parameter unterstellt, ergab die Anwendung einer multiplen linearen Regression unter Einbeziehung des Morgen- und Mittagsgemelkes die geringste Abweichungsvariation zum wahren Tagesfettgehalt und damit die höchste Genauigkeit, wobei anzumerken ist, dass die Unterschiede zwischen den Schätzverfahren nur unbedeutend waren. Für das Modell der Beprobung lediglich eines Einzelgemelkes zur Milchleistungsprüfung wurden nach einfacher linearer Regression aus dem Morgen- oder Mittagsgemelk die geringsten Abweichungsschwankungen für den Fettgehalt registriert.

In Bezug auf die Schätzung der Tagesfettmengenleistung je Kuh aus einem bzw. zwei Einzelgemelken zeichnete sich der gleiche Trend ab, der bereits für die Fettgehaltswerte ermittelt wurde. Die Anwendung der linearen Regression war tendenziell überlegen, insbesondere unter Berücksichtigung lediglich eines Einzelgemelkes, wie Tabelle A22 im Anhang zu entnehmen ist.

Im Vergleich mit dem VIT-Modell zeigte sich, dass sich, bei erwartungsgemäß gleichen Mittelwerten der Differenzen zwischen in Klassen geschätzten und wahren Tagesfettgehalten, die Standardabweichungen der Differenzen zugunsten des VIT-Modells unterschieden (Tabelle 64).

Tabelle 64: Vergleich des mit verschiedenen Methoden geschätzten und des wahren Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh (n=2634)

| Tagesfettgehalt (%) | \bar{x} | Differenz geschätzt - wahr (%-Punkte) | | | |
|-----------------------------|-----------|--|--------------------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr ¹ | 4,11 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| Faktor ² | 4,11 | 0,00 | ^a 0,48 | -2,87 | +4,57 |
| VIT-Modell | 4,11 | 0,00 | ^b 0,37* | -2,91 | +2,05 |
| Wiggans ³ | 3,98 | -0,13 | ^a 0,47 | -3,03 | +4,10 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 4,11 | 0,00 | ^a 0,49 | -2,72 | +5,36 |
| VIT-Modell | 4,11 | 0,00 | ^b 0,35* | -2,54 | +1,33 |
| Wiggans ³ | 4,15 | +0,04 | ^a 0,51 | -2,70 | +5,54 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 4,11 | 0,00 | ^a 0,51 | -3,96 | +2,53 |
| VIT-Modell | 4,11 | 0,00 | ^b 0,42* | -3,74 | +1,71 |
| Wiggans ³ | 4,21 | +0,10 | ^a 0,52 | -3,83 | +2,77 |

¹ Mittelwert der Summen der drei Teilgemelke je Kuh und Tag

² Faktorberechnung je Klasse

³ Wiggans-Faktor = konstanter Faktor für Gesamtmaterial

^{a, b, c} ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$

* signifikante Unterschiede zu Standardabweichungen in Tabelle 63

Für die Schätzung der Tagesfettmengen ergab ein Vergleich der Methoden VIT-Modell, Faktor nach Klasseneinteilung und einheitlicher WIGGANS-Faktor ähnliche Ergebnisse wie für den Fettgehalt (Tabelle A23).

Modellübergreifend zeichnete sich jedoch ab, dass die indirekte Schätzung des Tagesfettgehaltes über die Fettmengen zu ungenaueren Ergebnissen führte als eine direkte Schätzung der Fettgehalte je Kuh und Tag aus dem jeweiligen Einzelgemelksfettgehalt. In der Tabelle A24 wurden die Standardabweichungen der Differenzen zwischen direkt und indirekt geschätzten und den wahren Tagesfettgehalten aufgeführt. Der Vergleich ergab um 0,01 %-Punkte bis 0,05 %-Punkte geringere Standardabweichungen der Verzerrungen bei der direkten Schätzung aus den Fettgehaltswerten der Einzelgemelke gegenüber der indirekten Schätzung über die Fettmengen. Auch anhand der Mittelwerte der Differenzen zwischen geschätzter und tatsächlicher Leistung wird der Unterschied in der Schätzgenauigkeit bereits deutlich.

4.3.6.3 Eiweißgehalt

Die Unterschiede bezüglich der Schätzgenauigkeit des Tageseiweißgehaltes der Milch waren sowohl zwischen den Modellen als auch zwischen den Gemelksanteilen so gering, dass sie eine Rangierung der Verfahren bzw. der einzubeziehenden Gemelke kaum zulassen (Tabelle 65). Bei Verwendung der Standardabweichung der Differenz der geschätzten zur wahren Tagesleistung als Parameter für die Genauigkeit wurden maximale Unterschiede von 0,01 %-Punkten berechnet. Für den Eiweißgehalt der Milch sind demnach das Modell wie auch die zu beprobenden Gemelke in ihrer Schätzgenauigkeit nahezu identisch.

Die Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung lagen bei $s=0,11$ %-Punkten bis $s=0,17$ %-Punkten für die Beprobung eines Gemelkes und um, ähnlich dem Fettgehalt, die Hälfte geringer bei Einbeziehung zweier Gemelke ($s=0,06$ %-Punkte bis $s=0,08$ %-Punkte).

Tabelle 65: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Eiweißgehalte der Milch je Kuh und Tag (n=2840)

| Tageseiweißgehalte (%) | | | Differenz (geschätzt - wahr) | | | |
|---|-----------|------|------------------------------|-------------------|-------|-------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | min | max |
| wahr | 3,56 | 0,35 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,56 | 0,37 | 0,00 | ^a 0,12 | -1,05 | +0,75 |
| einfache lineare Regression | 3,56 | 0,33 | 0,00 | ^b 0,11 | -1,03 | +0,61 |
| Wiggans | 3,54 | 0,37 | -0,02 | ^a 0,12 | -1,06 | +0,72 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,56 | 0,38 | 0,00 | ^a 0,13 | -0,78 | +0,95 |
| einfache lineare Regression | 3,56 | 0,33 | 0,00 | ^b 0,12 | -0,70 | +0,80 |
| Wiggans | 3,55 | 0,38 | -0,01 | ^a 0,13 | -0,78 | +0,95 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,56 | 0,37 | 0,00 | ^a 0,17 | -1,35 | +0,95 |
| einfache lineare Regression | 3,56 | 0,31 | 0,00 | ^b 0,16 | -1,20 | +0,81 |
| Wiggans | 3,59 | 0,38 | +0,03 | ^a 0,17 | -1,32 | +1,00 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,56 | 0,36 | 0,00 | ^a 0,08 | -0,44 | +0,71 |
| multiple lineare Regression | 3,56 | 0,34 | 0,00 | ^b 0,07 | -0,45 | +0,64 |
| Wiggans | 3,55 | 0,36 | -0,01 | ^a 0,08 | -0,45 | +0,70 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,56 | 0,35 | 0,00 | ^a 0,06 | -0,52 | +0,36 |
| multiple lineare Regression | 3,56 | 0,34 | 0,00 | ^a 0,06 | -0,68 | +0,40 |
| Wiggans | 3,57 | 0,35 | +0,01 | ^a 0,06 | -0,51 | +0,38 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,56 | 0,35 | 0,00 | ^a 0,07 | -1,12 | +0,44 |
| multiple lineare Regression | 3,56 | 0,34 | 0,00 | ^a 0,07 | -1,09 | +0,41 |
| Wiggans | 3,57 | 0,35 | +0,01 | ^a 0,07 | -1,11 | +0,45 |

^{a, b, c} ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$

Ein Vergleich des nach verschiedenen Methoden geschätzten Tageseiweißgehaltes mit dem Gehalt in der AS43-Mischprobe ist im Anhang Tabelle A25 dargestellt.

Die nach den verschiedenen Verfahren geschätzten Tageseiweißmengen unterschieden sich ebenfalls kaum voneinander. Im Gegensatz zum Eiweißgehalt waren hier die Differenzen jedoch etwas höher (Tabelle A26).

Im Vergleich des VIT-Modells mit einem Faktor je Klasse und dem entsprechenden WIGGANS-Faktor wurde ebenfalls eine sehr hohe Übereinstimmung der Schätzgenauigkeiten der einzelnen Verfahren deutlich (Tabelle 66).

Tabelle 66: Vergleich des mit verschiedenen Methoden geschätzten und des wahren Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh (n=2634)

| Tageseiweißgehalt (%) | \bar{x} | Differenz (%-Punkte) | | | |
|-----------------------------|-----------|----------------------|---------------------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr ¹ | 3,56 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| Faktor ² | 3,56 | 0,00 | ^a 0,115 | -1,03 | +0,72 |
| VIT-Modell | 3,56 | 0,00 | ^b 0,104* | -0,99 | +0,52 |
| Wiggans ³ | 3,54 | -0,02 | ^a 0,115 | -1,06 | +0,73 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 3,56 | 0,00 | ^a 0,124* | -0,77 | +1,01 |
| VIT-Modell | 3,56 | 0,00 | ^b 0,115* | -0,73 | +0,70 |
| Wiggans ³ | 3,56 | 0,00 | ^a 0,127 | -0,78 | +0,95 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 3,56 | 0,00 | ^a 0,157* | -1,32 | +0,82 |
| VIT-Modell | 3,56 | 0,00 | ^b 0,135* | -1,09 | +0,59 |
| Wiggans ³ | 3,60 | +0,04 | ^a 0,164 | -1,32 | +0,92 |

¹ Mittelwert der Summen der drei Teilgemelke je Kuh und Tag

² Faktorberechnung je Klasse

³ Wiggans-Faktor = konstanter Faktor für Gesamtmaterial

^{a, b, c} ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$

* signifikante Unterschiede zu Standardabweichungen in Tabelle 65

Sogar die, mit dem am fremden Datenmaterial errechneten und nicht in Klassen eingeteilten WIGGANS-Faktor, ermittelten Tageswerte wiesen kaum Unterschiede in der Standardabweichung der Differenzen zwischen geschätzter und wahrer Leistung auf.

Auch die nach verschiedenen Schätzmethode berechneten Eiweißmengen wiesen nur geringe Unterschiede auf. Die Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung von VIT-Modell, Klassen-Faktor und WIGGANS differierten um maximal 0,02 kg Eiweiß (Tabelle A27).

4.4 Vergleich einer simulierten Korrigierten Methode mit der wahren Leistung

Das Internationale Komitee für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion (ICAR) hat derzeit zwei Verfahren für die Milchleistungsprüfung unter Einbeziehung nicht aller Gemelke je Tier und Tag zugelassen:

Korrigierte Methode

Alternierende Methode

Die Korrigierte Methode schreibt vor, dass zu jedem Testtag das gleiche Tagesgemelk beprobt wird (z.B. jeweils nur das Morgengemelk). Bei der Alternierenden Methode hingegen wechselt das zu analysierende Gemelk rotierend von Monat zu Monat zwischen Morgen-, Mittags- und Abendgemelk (siehe Punkt 4.5). Voraussetzungen für beide Verfahren sind konstante Melkintervalle sowie eine Hochrechnung auf die Tagesgesamtleistung.

Bei der Wahl des in die Leistungsprüfung einzubeziehenden Gemelkes für die Korrigierte Methode wurde das Verhältnis zwischen Einzel- und Tagesgesamtagemelk zugrunde gelegt. Sowohl für die Milchmenge als auch für die Gehaltswerte konnten die engsten Beziehungen zwischen dem Mittagsgemelk und der gesamten Tagesleistung je Kuh festgestellt werden. Dies konnte ebenfalls anhand der Korrelationen zwischen Einzel- und Gesamtagemelk bestätigt werden (Tabelle A28).

Um den Schätzfehler bei der Berechnung der Werte für die Tagesgesamtmilch aus einem Einzelgemelk zu minimieren, wurde demzufolge vom Mittagsgemelk ausgegangen. Zur Hochrechnung auf die Tagesleistung je Kuh wurde der ermittelte Faktor über das Gesamtmaterial eingesetzt.

Tabelle 67: Vergleich der geschätzten und wahren Milchleistungen je Kuh und Tag über 3 Monate mit konstantem Prüfgemelk (mittags) (n=511)

| Milchmenge (kg) | \bar{x} | s | min | max |
|---|-----------|------|-------|-------|
| Monat1 mittag | 9,5 | 3,0 | 1,9 | 18,6 |
| Monat1 Tag _{geschätzt} ¹ | 28,4 | 8,9 | 5,7 | 55,8 |
| Monat1 Tag _{wahr} | 28,8 | 8,6 | 6,9 | 56,5 |
| Monat1 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,4 | 2,7 | -13,2 | +17,8 |
| Monat2 mittag | 9,5 | 3,3 | 3,0 | 20,1 |
| Monat2 Tag _{geschätzt} ¹ | 28,5 | 9,8 | 9,0 | 60,3 |
| Monat2 Tag _{wahr} | 28,6 | 9,3 | 7,3 | 56,9 |
| Monat2 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,1 | 2,7 | -12,0 | 10,2 |
| Monat3 mittag | 9,1 | 3,0 | 1,3 | 19,7 |
| Monat3 Tag _{geschätzt} ¹ | 27,3 | 9,1 | 3,9 | 59,1 |
| Monat3 Tag _{wahr} | 26,6 | 9,0 | 2,4 | 59,5 |
| Monat3 Differenz _{geschätzt-wahr} | +0,7 | 2,9 | -12,2 | 15,8 |
| Summe 3Monate _{geschätzt} ¹ | 84,2 | 25,9 | 26,7 | 158,4 |
| Summe 3Monate _{wahr} | 84,0 | 25,5 | 23,4 | 156,7 |
| Differenz Summe _{geschätzt-wahr} | +0,2 | 5,2 | -20,4 | +17,6 |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} ¹ | 28,1 | 8,6 | 8,9 | 52,8 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 28,0 | 8,5 | 7,8 | 52,2 |
| Differenz der Mittelwerte _{geschätzt-wahr} | +0,1* | 1,7 | -6,8 | +5,9 |

¹ Faktoren aus Gesamtmaterial

* signifikante Unterschiede zu äquivalenten Werten in Tabelle 73

Über einen Zeitraum von 3 Monaten wurde zur Simulierung der Korrigierten Methode jeweils das Mittagsgemelk je Kuh und Testtag auf die Tagesleistung korrigiert (hochgerechnet), der Durchschnitt über 3 Monate gebildet und dieser mit der wahren Durchschnittsleistung im Simulierungszeitraum verglichen. Die daraus berechneten Differenzen zwischen geschätzter und wahrer Leistung waren mit einem Mittelwert von 0,1 kg Milch sehr gering (Tabelle 67). Die Höhe der Differenz kann jedoch nicht als Genauigkeitsparameter gewertet werden, da der Faktor anhand der Gesamtheit des Datenmaterials, welches diese 3 Simulierungsmonate

einschließt, ermittelt wurde. Die geschätzte Tagesleistung je Kuh betrug 28,1 kg Milch mit einer Standardabweichung von $s=8,6$ kg. Aussagekräftig für eine Genauigkeitsbewertung ist die Standardabweichung der Differenzen, die mit $s=1,7$ kg über einen Zeitraum von 3 Monaten deutlich geringer ist als für jeden einzelnen Monat ($s= 2,7$ kg bis 2,9 kg Milch). Dabei wurden Maximalwerte in der Abweichung von -6,8 kg bzw. +5,9 kg Milch registriert.

Um eine Korrigierte Methode bezüglich des Fettgehaltes der Milch zu simulieren, wurde der prozentuale Gehalt an Fett in der Milch des Mittagsgemelkes jeder Kuh mit dem am Gesamtmaterial berechneten Faktor ($F=0,98$) (siehe 3.3; Formel-Nr. 4) multipliziert und mit dem wahren Fettgehalt, berechnet aus den Summen der Fettmengen der drei Einzelgemelke (siehe 3.3; Formel-Nr. 2), verglichen (Tabelle 68).

Tabelle 68: Vergleich der geschätzten und wahren Fettgehalte der Milch je Kuh und Tag über 3 Monate mit konstantem Prüfgemelk (mittags) (n=511)

| Fettgehalt (%) | \bar{x} | s | min | max |
|---|-----------|------|-------|-------|
| Monat1 mittag | 4,24 | 0,93 | 1,70 | 9,99 |
| Monat1 Tag _{geschätzt} ¹ | 4,15 | 0,92 | 1,67 | 9,79 |
| Monat1 Tag _{wahr} | 4,01 | 0,68 | 1,86 | 6,62 |
| Monat1 Differenz _{geschätzt-wahr} | +0,14 | 0,50 | -1,47 | +4,20 |
| Monat2 mittag | 4,04 | 0,76 | 1,70 | 6,80 |
| Monat2 Tag _{geschätzt} ¹ | 3,96 | 0,74 | 1,67 | 6,66 |
| Monat2 Tag _{wahr} | 4,00 | 0,65 | 1,98 | 6,36 |
| Monat2 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,04 | 0,35 | -1,51 | +1,51 |
| Monat3 mittag | 3,95 | 0,83 | 1,55 | 9,56 |
| Monat3 Tag _{geschätzt} ¹ | 3,87 | 0,82 | 1,52 | 9,37 |
| Monat3 Tag _{wahr} | 4,01 | 0,63 | 2,33 | 6,94 |
| Monat3 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,14 | 0,51 | -2,48 | +2,74 |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} ¹ | 3,98 | 0,66 | 2,03 | 6,60 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 4,00 | 0,55 | 2,14 | 6,36 |
| Differenz Mittelw. _{geschätzt-wahr} | -0,02* | 0,28 | -1,04 | +1,38 |

¹ Faktoren aus Gesamtmaterial (Basis: über Mengen berechnete Gehalte)

* signifikante Unterschiede zu äquivalenten Werten in Tabelle 74

Im Mittel der drei Simulierungsmonate wurde über alle Kühe ein Fettgehalt von 3,98 % geschätzt mit einer Standardabweichung von $s=0,66$ %-Punkten. Der tatsächliche mittlere Fettgehalt betrug 4,00 % mit einer etwas geringeren Variabilität von $s=0,55$ %-Punkten. Die Differenz zwischen geschätztem und wahren Gehalt an Fett in der Milch betrug nur 0,02 %-Punkte. Dabei erreichten die mittleren Abweichungen Extremwerte von -1,04 %-Punkten und +1,38 %-Punkten mit einer Standardabweichung von $s=0,28$ %-Punkte.

Die Unterschiede zwischen nach Korrigierter Methode geschätztem und wahren durchschnittlichen Eiweißgehalt der Milch je Kuh und Tag waren mit einer Differenz von +0,01 %-Punkten ebenfalls sehr gering (Tabelle 69).

Tabelle 69: Vergleich der geschätzten und wahren Eiweißgehalte der Milch je Kuh und Tag über 3 Monate mit konstantem Prüfgemelk (mittags) (n=511)

| Eiweißgehalt (%) | \bar{x} | s | min | max |
|--|-----------|------|-------|-------|
| Monat1 mittag | 3,47 | 0,38 | 2,34 | 4,82 |
| Monat1 Tag _{geschätzt} * | 3,47 | 0,38 | 2,34 | 4,82 |
| Monat1 Tag _{wahr} | 3,47 | 0,37 | 2,50 | 4,78 |
| Monat1 Differenz _{geschätzt-wahr} | 0,00 | 0,07 | -0,68 | +0,29 |
| Monat2 mittag | 3,54 | 0,34 | 2,62 | 4,68 |
| Monat2 Tag _{geschätzt} * | 3,54 | 0,34 | 2,62 | 4,68 |
| Monat2 Tag _{wahr} | 3,55 | 0,33 | 2,69 | 4,61 |
| Monat2 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,01 | 0,05 | -0,18 | +0,23 |
| Monat3 mittag | 3,58 | 0,36 | 2,59 | 5,37 |
| Monat3 Tag _{geschätzt} * | 3,58 | 0,36 | 2,59 | 5,37 |
| Monat3 Tag _{wahr} | 3,55 | 0,29 | 2,86 | 4,79 |
| Monat3 Differenz _{geschätzt-wahr} | +0,03 | 0,20 | -0,78 | +0,95 |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} * | 3,53 | 0,33 | 2,67 | 4,71 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 3,52 | 0,30 | 2,82 | 4,71 |
| Differenz Mittelw. _{geschätzt-wahr} | +0,01 | 0,07 | -0,32 | +0,32 |

* Faktoren aus Gesamtmaterial (Basis: über Mengen berechnete Gehalte)

Anhand der nur halb so großen Standardabweichungen des Eiweißgehaltes im Mittel über drei Monate ($s=0,33$ %-Punkte bzw. $s=0,30$ %-Punkte) im Vergleich zum Fettgehalt ($s=0,66$ %-Punkte bzw. $s=0,55$ %-Punkte) wird die höhere Konstanz des Eiweißes in der Milch deutlich. Das findet seinen Niederschlag ebenfalls in der Streuung der Differenz zwischen geschätztem und wahren Wert mit $s=0,07$ %-Punkten und damit in der Schätzgenauigkeit. Die Abweichungen betragen maximal $0,32$ %-Punkte.

In den Tabellen 70 und 71 werden die Ergebnisse der simulierten Korrigierten Methode anhand der eigenen Faktoren denen unter Nutzung der Faktoren von WIGGANS (1986) gegenübergestellt. Dabei zeigten sich hinsichtlich der Differenzen zwischen korrigierter und wahrer Milchmenge nur geringe Unterschiede zwischen den angewandten Faktoren.

Tabelle 70: Vergleich der mit verschiedenen Faktoren geschätzten Tagesmilchleistungen über 3 Monate nach der Korrigierten Methode vom Mittagsgemelk (n=511)

| Milchmenge (kg) | Faktor=3,00* | | Wiggans-Faktor=3,02 | |
|---|--------------|-----|---------------------|-----|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} | 28,1 | 8,6 | 28,2 | 8,7 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 28,0 | 8,5 | 28,0 | 8,5 |
| Differenz der Mittelwerte _{geschätzt - wahr} | + 0,1 | 1,7 | + 0,2 | 1,7 |

* Faktor aus Gesamtmaterial

Unter Verwendung der eigenen Faktoren für das Mittagsgemelk ($F=3,00$) wurde über einen Zeitraum von 3 Monaten im Vergleich zur wahren Milchleistung in diesem Kontrollabschnitt eine mittlere Differenz von $+0,1$ kg Milch berechnet. Die Standardabweichung der Differenz betrug $s=1,7$ kg. Wurde jedes Mittagsgemelk am Prüftag mit dem Faktor von WIGGANS (1986) auf die Tagesleistung hochgerechnet, ergab sich über denselben Zeitraum von 3 Monaten eine durchschnittliche Überschätzung der tatsächlichen Leistung je Kuh und Tag von $+0,2$ kg Milch mit einer Standardabweichung von ebenfalls $s=1,7$ kg.

Die Faktoren für den Fettgehalt der Milch unterschieden sich um nur $0,01$. Angewandt in der Simulation einer Korrigierten Methode ergab der eigene Faktor für den Fettgehalt des Mittagsgemelkes eine durchschnittliche Unterschätzung des tatsächlichen, aus den Summen der Fettmengen der Einzelgemelke berechneten, Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch um $0,02$ %-Punkte (Tabelle 71). Die Einzelwerte differierten mit einer Standardabweichung von $s=0,28$ %-Punkten um den wahren Wert.

Tabelle 71: Vergleich der mit verschiedenen Faktoren geschätzten Tagesfettgehalte über 3 Monate nach der Korrigierten Methode vom Mittagsgemelk (n=511)

| Fettgehalt (%) | Faktor=0,98* | | Wiggans-Faktor=0,99 | |
|---|--------------|------|---------------------|------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} | 3,98 | 0,66 | 4,02 | 0,66 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 4,00 | 0,55 | 4,00 | 0,55 |
| Differenz der Mittelwerte _{geschätzt – wahr} (%-Punkte) | - 0,02 | 0,28 | + 0,02 | 0,28 |

* Faktor aus Gesamtmaterial (Basis: über Mengen berechnete Gehalte)

Bei Einsatz des Faktors von WIGGANS für das Mittagsgemelk (F=0,99) wurde der wahre Fettgehalt der Milch als Mittel über drei Monate mit 0,02 %-Punkten überschätzt. Die Standardabweichung der Differenz betrug ebenfalls wie unter Verwendung des eigenen Faktors s=0,28 %-Punkte.

Der am eigenen Material berechnete Faktor zur Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch aus dem Gehalt im Mittagsgemelk betrug ebenso wie der von WIGGANS berechnete Faktor 1,00. Insofern erübrigt sich eine Gegenüberstellung.

In den folgenden Untersuchungen wurden die Ergebnisse der Korrigierten Methode (AU43) über drei Monate der Standardmethode für das dreimalige Melken (AS43) gegenübergestellt. Da die Milchmenge der AS43- Methode exakt der wahren Leistung am Prüftag entspricht und der Eiweißgehalt sehr konstant ist, wurden hier lediglich die Fettgehalte im Vergleich aufgeführt. Der Gehalt an Fett aus der gemischten Probe aller drei Gemelke wurde, wie auch der korrigierte Wert der AU43-Probe, mit dem tatsächlichen Fettgehalt der Tagesgesamtmilch (siehe 3.3; Formel-Nr. 2) verglichen.

Beide Prüfmethode, sowohl die Korrigierte- (AU43) als auch die Standardmethode (AS43) wichen im Mittel um 0,02 %-Punkte mit $s_{\text{Differenz}}=0,28$ %-Punkte vom tatsächlichen mittleren Fettgehalt je Kuh und Tag ab (Tabelle 72). Das bedeutet, auf einen Zeitraum von drei Monaten bezogen weist die Korrigierte Methode unter Nutzung des Mittagsgemelkes und Verwendung der angegebenen Korrekturfaktoren eine ebenso hohe Genauigkeit auf wie die Standardmethode mit der Mischprobe.

Tabelle 72: Vergleich Korrigierte Methode (Mittagsmelk) (AU43) sowie Standardverfahren (AS43) mit der wahren Leistung über 3 Monate (n=511)

| Mittelwert über 3 Monate | AU43* | | AS43 | |
|--|-----------|------|-----------|------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s |
| Fettgehalt _{geschätzt} (%) | 3,98 | 0,66 | 4,02 | 0,72 |
| Fettgehalt _{wahr} (%) | 4,00 | 0,55 | | |
| Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | - 0,02 | 0,28 | + 0,02 | 0,28 |

* Faktoren aus Gesamtmaterial (Basis: über Mengen berechnete Gehalte)

4.5 Vergleich einer simulierten Alternierenden Kontrolle mit der wahren Leistung

Die Verfahrensweise der vom ICAR anerkannten Alternierenden Methode sieht vor, dass das Prüfgemelk von Monat zu Monat rotierend wechselt. Wurde z.B. im Monat x das Morgengemelk gemessen und beprobt, muss im darauf folgenden Monat x+1 das Mittagsgemelk und im Monat x+2 das Abendgemelk aller Kühe in die MLP einbezogen werden.

In der simulierten Versuchsanlage wurde im Monat 1 mit dem Mittagsgemelk begonnen und im Monat 3 mit dem Morgengemelk geendet. Die Hochrechnung der Einzelgemelkswerte auf die Tagesgesamtleistung erfolgte mit den am Gesamtmaterial berechneten Faktoren für die jeweiligen Merkmale und Gemelke.

Die geschätzte tägliche Milchmenge je Kuh betrug im Durchschnitt der drei Simulierungsmonate 27,4 kg (Tabelle 73). Der wahre Wert der durchschnittlichen Leistung, gemessen am Mittelwert aller Tagesgesamtmilchmengen je Kuh in diesem Zeitraum, betrug 28,0 kg Milch. Daraus ergibt sich eine mittlere Fehlschätzung um -0,6 kg Milch. Unter Anwendung der Korrigierten Methode wurde eine Differenz zwischen wahrer und geschätzter täglicher Milchleistung von 0,1 kg ermittelt (Tabelle 72). Die Standardabweichung der Differenz war jedoch bei beiden Methoden mit s=1,7 kg Milch gleich groß.

Tabelle 73: Vergleich der geschätzten Milchleistungen je Kuh und Tag über 3 Monate mit wechselndem Prüfgemelk (Alternierende Kontrolle) mit der wahren Milchleistung (n=511)

| Milchmenge (kg) | \bar{x} | s | min | max |
|---|-----------|------|-------|-------|
| Monat1 mittag | 9,5 | 3,0 | 1,9 | 18,6 |
| Monat1 Tag _{geschätzt} ¹ | 28,4 | 8,9 | 5,7 | 55,8 |
| Monat1 Tag _{wahr} | 28,8 | 8,6 | 6,9 | 56,5 |
| Monat1 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,4 | 2,8 | -13,2 | +17,8 |
| Monat2 abend | 8,7 | 3,2 | 1,4 | 18,6 |
| Monat2 Tag _{geschätzt} ¹ | 27,7 | 10,1 | 4,5 | 59,5 |
| Monat2 Tag _{wahr} | 28,6 | 9,3 | 7,3 | 56,9 |
| Monat2 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,9 | 3,2 | -28,7 | +11,0 |
| Monat3 morgen | 9,2 | 3,4 | 0,4 | 23,1 |
| Monat3 Tag _{geschätzt} ¹ | 26,1 | 9,6 | 1,1 | 65,3 |
| Monat3 Tag _{wahr} | 26,6 | 9,0 | 2,4 | 59,5 |
| Monat3 Differenz _{geschätzt-wahr} | -0,5 | 2,9 | -15,7 | +16,1 |
| Summe 3Monate _{geschätzt} ¹ | 82,2 | 26,4 | 21,6 | 165,9 |
| Summe 3Monate _{wahr} | 84,0 | 25,5 | 23,4 | 156,7 |
| Differenz Summe _{geschätzt-wahr} | -1,8 | 5,0 | -25,0 | +17,7 |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} ¹ | 27,4 | 8,8 | 7,2 | 55,3 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 28,0 | 8,5 | 7,8 | 52,2 |
| Differenz der Mittelwerte _{geschätzt-wahr} | -0,6* | 1,7 | -8,3 | +5,9 |

¹ Faktoren = Quotienten aus Gesamtmaterial

* signifikante Unterschiede zu äquivalenten Werten in Tabelle 67

Der Fettgehalt der Milch wurde durch die Simulierung der Alternierenden Kontrolle auf 4,11% und damit um 0,11 %-Punkte überschätzt (Tabelle 74). Der wahre mittlere Gehalt an Fett in der Tagesgesamtmilch, berechnet als Quotient der Summen der Fett- und Milchmengen aller drei Gemelke je Kuh und Tag, betrug 4,00 %. Die Einzelwerte wichen mit einer Standardabweichung von s=0,26 %-Punkten vom jeweiligen tatsächlichen Wert ab und erreichten Maxima von -0,89 %-Punkten bzw. +1,35 %-Punkten.

Im Gegensatz zur Korrigierten Methode war der Mittelwert der Abweichungen aus der Alternierenden Kontrolle um 0,09 %-Punkte höher (-0,02 %-Punkte Tabelle 72; +0,11 %-Punkte Tabelle 74) und damit deutlich in den positiven Bereich, d.h. in Richtung Überschätzung der Fettgehalte, verschoben. Die Standardabweichung der Differenz war jedoch mit $s=0,26$ %-Punkten etwas geringer als bei der Korrigierten Methode ($s=0,28$ %-Punkte).

Tabelle 74: Vergleich der geschätzten Tagesfettgehalte je Kuh über 3 Monate mit wechselndem Prüfgemelk (Alternierende Kontrolle) mit dem wahren Tagesfettgehalt (n=511)

| Fettgehalt (%) | \bar{x} | s | min | max |
|---|-----------|------|-------|-------|
| Monat1 mittag | 4,24 | 0,93 | 1,70 | 9,99 |
| Monat1 Tag _{geschätzt} ¹ | 4,15 | 0,92 | 1,67 | 9,79 |
| Monat1 Tag _{wahr} | 4,01 | 0,68 | 1,86 | 6,62 |
| Monat1 Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | +0,14 | 0,50 | -1,47 | +4,20 |
| Monat2 abend | 4,20 | 0,77 | 1,87 | 6,89 |
| Monat2 Tag _{geschätzt} ¹ | 4,09 | 0,75 | 1,87 | 6,89 |
| Monat2 Tag _{wahr} | 4,00 | 0,65 | 1,98 | 6,36 |
| Monat2 Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | +0,09 | 0,36 | -1,96 | +2,35 |
| Monat3 morgen | 3,93 | 0,79 | 1,48 | 7,26 |
| Monat3 Tag _{geschätzt} ¹ | 4,12 | 0,83 | 1,55 | 7,61 |
| Monat3 Tag _{wahr} | 4,01 | 0,63 | 2,33 | 6,94 |
| Monat3 Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | +0,11 | 0,63 | 2,33 | 6,94 |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} ¹ | 4,11 | 0,62 | 2,28 | 6,79 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 4,00 | 0,55 | 2,14 | 6,36 |
| Differenz der Mittelwerte _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | +0,11* | 0,26 | -0,89 | +1,35 |

¹ Faktoren = Quotienten aus Gesamtmaterial (Basis: über Mengen berechnete Gehalte)

* signifikante Unterschiede zu äquivalenten Werten in Tabelle 68

Ebenso wie für den Fettgehalt der Milch wurde auch der Eiweißgehalt des Einzelgemelkes mit dem jeweiligen Gemelksfaktor multipliziert, ein Mittelwert über 3 Testmonate mit jeweils anderen einbezogenen Gemelken berechnet und mit den wahren mittleren Gehaltswerten an Eiweiß verglichen. Die wahren Werte wurden wiederum aus den Mengen der Inhaltsstoffe aller Gemelke je Tier und Tag berechnet. Dabei gilt zu beachten, dass die Faktoren um nur maximal 0,01 von 1,00 abwichen (Faktor morgens=1,01, Faktor mittags=1,00, Faktor abends=0,99) und damit der Grad der Korrektur der Einzelgemelke nur sehr gering war. Das deutet auf die hohe Stabilität des Merkmals Eiweißgehalt der Milch hin und auf den geringen Einfluss der Hochrechnung auf die Schätzgenauigkeit. Die Multiplikation des Morgengemelkes mit dem Faktor 1,01 ergab eine mittlere Abweichung vom tatsächlichen Eiweißgehalt der Morgengemelke um -0,02 %-Punkte. Durch die Berechnung der Tagesleistung aus dem Abendgemelk mit dem Faktor 0,99 wurde eine durchschnittliche Differenz von -0,01 %-Punkten zur wahren Tagesleistung erreicht. Die „Schätzung“ des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch anhand des Mittagsgemelkes mit dem Faktor 1,00, d.h. ohne Korrektur, ergab eine hohe mittlere Übereinstimmung mit einer Differenz von 0,00 %-Punkten. Die Standardabweichungen der Differenzen, als wesentlich aussagekräftigere Parameter in Bezug auf die Schätzgenauigkeit, waren für das Mittags- und Abendgemelk mit $s=0,07$ %-Punkten bzw. $s=0,06$ %-Punkten wesentlich geringer als für das Morgengemelk mit $s=0,18$ %-Punkten (Tabelle 75). Das bedeutet, die Tagesleistungen aus dem Mittags- und Abendgemelk wurden genauer geschätzt als die aus dem Morgengemelk. Im Mittel über drei Monate wurde eine Abweichung von -0,01 %-Punkten zwischen geschätztem und wahren mittleren Tagesgesamtwert berechnet. Die Standardabweichung der Differenzen betrug über die einbezogenen 3 Monate $s=0,07$ %-Punkte, wobei Maxima von -0,28 %-Punkten bzw. +0,28 %-Punkten zu verzeichnen waren.

Tabelle 75: Vergleich der geschätzten Tageseiweißgehalte je Kuh über 3 Monate mit wechselndem Prüfgemelk (Alternierende Kontrolle) mit dem wahren Tageseiweißgehalt (n=511)

| Eiweißgehalt (%) | \bar{x} | s | min | max |
|---|-----------|------|-------|-------|
| Monat1 mittag | 3,47 | 0,38 | 2,34 | 4,82 |
| Monat1 Tag _{geschätzt} ¹ | 3,47 | 0,38 | 2,34 | 4,82 |
| Monat1 Tag _{wahr} | 3,47 | 0,37 | 2,50 | 4,78 |
| Monat1 Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | +0,00 | 0,07 | -0,68 | +0,29 |
| Monat2 abend | 3,58 | 0,33 | 2,69 | 4,73 |
| Monat2 Tag _{geschätzt} ¹ | 3,54 | 0,32 | 2,66 | 4,68 |
| Monat2 Tag _{wahr} | 3,55 | 0,33 | 2,69 | 4,61 |
| Monat2 Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | -0,01 | 0,06 | -0,17 | +0,24 |
| Monat3 morgen | 3,49 | 0,34 | 2,66 | 4,81 |
| Monat3 Tag _{geschätzt} ¹ | 3,53 | 0,34 | 2,69 | 4,86 |
| Monat3 Tag _{wahr} | 3,55 | 0,29 | 2,86 | 4,79 |
| Monat3 Differenz _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | -0,02 | 0,18 | -1,04 | +0,55 |
| Mittelwert 3 Monate _{geschätzt} ¹ | 3,51 | 0,30 | 2,81 | 4,76 |
| Mittelwert 3 Monate _{wahr} | 3,52 | 0,30 | 2,82 | 4,71 |
| Differenz der Mittelwerte _{geschätzt-wahr} (%-Punkte) | -0,01 | 0,07 | -0,28 | +0,28 |

¹ Faktoren = Quotienten aus Gesamtmaterial (Basis: über Mengen berechnete Gehalte)

Ein Vergleich der Fettmengen über drei Monate nach der Alternierenden wie auch nach der Korrigierten Methode mit der wahren Leistung ist im Anhang (Tabelle A29) angeführt. Die Unterschiede sowohl zur tatsächlichen Leistung als auch zwischen den Prüfmethode n waren minimal und betragen 0 kg bis 3 kg Fett als Summe der Fettmengen über drei Prüfmonate.

Im Vergleich Alternierender und Korrigierter Methode zur tatsächlichen Milchleistung je Kuh und Tag wurden unter Einbeziehung eines Zeitraumes von drei Monaten Korrelationskoeffizienten von $r=0,98$ ermittelt.

Die geringen Unterschiede zwischen beiden Verfahren von 0,0019 fielen für die Milchmenge zugunsten der Alternierenden Methode aus (Tabelle 76). Die Berechnungen erfolgten dabei auf der Grundlage der eigenen, am Gesamtmaterial erhobenen Faktoren.

Tabelle 76: Korrelationskoeffizienten zwischen nach verschiedenen Methoden geschätzten Tagesmilchmengen je Kuh und der wahren Leistung je Kuh und Tag

| Schätzverfahren | Korrelationen zur wahren Tagesgesamtmilchmenge je Kuh | | |
|-----------------------|---|------------|--------------|
| | Milchmenge | Fettgehalt | Eiweißgehalt |
| Alternierende Methode | 0,9817 | 0,9061 | 0,9745 |
| Korrigierte Methode | 0,9796 | 0,9083 | 0,9795 |

Im Vergleich Alternierender und Korrigierter Methode konnte in Bezug auf den Fettgehalt eine geringfügige Überlegenheit der Korrigierten Methode ($r=0,9083$ zu $r=0,9061$) festgestellt werden. Deutlich höhere Korrelationskoeffizienten als beim Fettgehalt der Milch wurden für den Gehalt an Eiweiß berechnet. Sowohl hinsichtlich des Fett- als auch des Eiweißgehaltes der Milch ergab sich eine engere Beziehung zwischen den nach der Korrigierten Methode geschätzten und der wahren Tagesleistung.

5 Diskussion

Die Milchleistungsprüfung ist in der heutigen Zeit der zunehmenden Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse das hilfreichste und umfassendste Kontrollinstrument in milchproduzierenden Betrieben. Aber die sich verschärfende finanzielle Situation der Landwirte zwingt auch hier zu Einsparungen. Um nicht auf die nutzbringenden und zunehmend notwendigen Informationen zu verzichten, wird nach verfahrenstechnischen Alternativen in der MLP gesucht. Die Variante, die Milchkontrolle in größeren Zeitabschnitten durchzuführen, wird von den meisten Bauern abgelehnt, da ihnen die für Fütterung, Selektion und sonstiges Management nötigen Daten dann nicht mehr ein flexibles Reagieren ermöglichen würden. Das Intervall von 4 Wochen sollte deshalb beibehalten werden, aber das Verfahren dennoch einfacher und damit kostengünstiger sein. Für Betriebe, die ihre Kühe zweimal täglich melken, kann bereits seit einigen Jahren ein alternatives Verfahren - die Alternierende Kontrolle – angewandt werden. Dabei wird nur ein Gemelke je Kuh am MLP-Tag gemessen und beprobt und dieses auf die Tagesleistung hochgerechnet. Bei dreimal täglichem Melken entsteht ein noch höherer Kontrollaufwand. Allerdings gibt es hier leider kein vereinfachtes Verfahren.

Differenzen zwischen Morgen-, Mittags- und Abendmelk

In der Literatur existieren zwar zahlreiche Untersuchungen zum dreimaligen Melken, die vor allem die Milchmenge, teilweise auch die Inhaltsstoffe ausweisen, jedoch gibt es kaum Angaben dazu, wie sich die drei Gemelke eines Tages hinsichtlich Milchmenge und Gehaltswerten voneinander unterscheiden. Die aus der Literatur bekannten Ergebnisse beziehen sich zumeist auf Vergleiche der Tagesgesamtleistung bei zweimaligem bzw. dreimaligem Melken, auf die höhere Ausschöpfung des Leistungspotentials, nicht aber auf die Gemelksanteile.

Milchmenge

Zwischen den Mittelwerten der Einzelgemelke ergaben sich Unterschiede von 0,3 bis 1,1 kg Milch im Betrieb A und 0,4 bis 0,8 kg im Betrieb B. Dabei wurde die höchste Gemelksmenge morgens und die geringste abends ermittelt. Den größten Einfluss auf die Milchmenge eines

Gemelkes hat die Zeit, die der Kuh seit der vorherigen Melkung zur Milchbildung zur Verfügung stand (SCHMIDT und TRIMBERGER, 1963; ORMISTON et al., 1967; EVERETT und WADELL, 1970 a, b, c; PUTNAM und GILMORE, 1970; GILBERT et al., 1973; SHOOK et al., 1973; SCHAEFFER und RENNIE, 1976; SYRSTAD, 1977; LEE und WARDROP, 1984; DE LORENZO und WIGGANS, 1986; WIGGANS, 1986; BARNES et al., 1989; GLAVIN et al., 1991; HARGROVE, 1994; SCHAEFFER et al., 2000). Da in den hier ausgewerteten Betrieben konstante Zwischenmelkzeiten von jeweils 8 Stunden vorlagen, müssen andere Einflussgrößen für die Differenzen zwischen den Milchmengenanteilen der Gemelke verantwortlich sein. Tierindividuell abweichende Melkintervalle, bedingt durch die Gruppengröße, wirken sich auf den Mittelwert über den gesamten Versuchszeitraum nicht aus.

Möglich wäre die These von OUWELTJES (1998), dass die Unterschiede in der Milchmenge bei gleichen Zwischenmelkzeiten durch metabolische Differenzen zwischen Tag und Nacht begründet sind. Nachts wirken weniger Stressfaktoren auf die Kühe ein (tierärztliche Untersuchungen, Umgruppierungen, Brunstkontrollen, Besucher ...) und es ist somit mehr Energie für die Milchsynthese verfügbar. Eine weitere Hypothese, wonach die Milchsynthese durch das Liegen der Tiere gefördert wird, hängt wiederum möglicherweise mit dem verfügbaren Stoff- und Energieumsatz zusammen. VAN SOEST (1982) berichtet von Unterschieden in der Milchmenge in Abhängigkeit von der Zeit der Futteraufnahme und der Intensität des Wiederkäuens. Auch dies können Ursachen für Schwankungen zwischen Morgen- und Abendmelk bei gleiche Zwischenmelkzeiten sein.

Die in den vorliegenden Untersuchungsergebnissen dargestellten Differenzen in der Milchmenge insbesondere zwischen Morgen- und Abendmelk bestätigen die Beobachtungen von LEE et al. (1995). Sie wiesen ebenso wie GILBERT et al. (1973) nach, dass bei gleichen Melkintervallen (12 zu 12 Stunden bei zweimaligem Melken), die Milchmenge morgens größer ist als abends. IPEMA und HOGEWERF (2002) ermittelten im Gegensatz dazu die größte durchschnittliche Gemelksmenge für das Mittagsgemelk. Ursache dafür waren verschiedene Melkintervalle mit der längsten Zwischenmelkzeit von 10 Stunden vor dem Mittagsgemelk. Bei gleichen Intervallen von jeweils 7 Stunden für das Morgen- und Abendmelk, konnten auch diese Autoren höhere Milchmengen am Morgen feststellen.

Trotz differenzierter Leistungsniveaus der untersuchten Betriebe (29,8 kg bzw. 25,9 kg Milch je Tier und Tag) unterschieden sich die Anteile der Gemelksmengen an der Tagesgesamtmilch im Vergleich beider Betriebe kaum. Das ist von Vorteil für die

Berechnung betriebsübergreifender, allgemeingültiger Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesleistung anhand eines bzw. zweier Teilgemelke.

Die Anteile der Milchmengen der 3 Gemelke an der Tagesgesamtleistung haben einen Einfluss auf die Gehaltswerte der Milch der Teilgemelke. Bei einer Hochrechnung eines bzw. zweier Einzelgemelke auf die Tagesleistung müssen diese unterschiedlichen Anteile sowohl für die Milchmenge als auch für die Inhaltsstoffe Berücksichtigung finden.

Fettgehalt

In den hier vorgestellten Untersuchungen war der Gehalt an Fett in der Morgenmilch in beiden Betrieben am geringsten. Zu dieser Melkzeit wurden auch die größten mittleren Abweichungen zum Fettgehalt der Tagesgesamtmilch ausgewiesen. Während sich im Betrieb A die Fettgehaltswerte der mittags und abends ermolkenen Milch im Durchschnitt nicht voneinander unterschieden, zeigte sich im Betrieb B ein kontinuierlicher Anstieg der Fettgehalte von morgens zu mittags sowie von mittags zu abends. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Unterschiede zwischen Mittags- und Abendmilch deutlich geringer waren. Diese Erscheinung wurde bereits 1953 von ULRICH beschrieben. Er beobachtete, dass der Fettgehalt der Milch eines Gemelkes nicht nur von der Zwischenmelkzeit sondern auch von der Höhe der zum vorhergehenden Gemelk ermolkenen Milchmenge abhängig ist. GÜTTE (1953) führte diese Untersuchungen weiter und erbrachte damit erstmals den Beweis für die Hypothese, dass nicht nur die Milchmenge, sondern auch die Inhaltsstoffe einer kontinuierlichen Sekretion unterliegen. Die Erklärung für die geringeren Fettgehalte in der Morgenmilch werden mit der höheren Milchmenge und dem damit verbundenen größeren Euterinnendruck erklärt. Dieser hemmt die Diffusion der Fettkügelchen, da sie einen relativ großen Durchmesser haben und über höhere Adhäsionskräfte verfügen. Auch TURNER (1953) und SYRSTAD (1977) führen ihre Ergebnisse auf diese Ursachen zurück. Diese auf einfachen physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruhenden Erklärungen sind heute bei einigen Interpretationen über den Fettgehalt in Vergessenheit geraten.

Die besten Übereinstimmungen zum Fettgehalt der Tagesgesamtmilch wurden zum Mittagsgemelk erreicht. Jedoch liegt der mittägliche Fettgehalt in beiden Betrieben mit +0,07 %-Punkten bzw. +0,10 %-Punkten über dem Tagesmittelwert.

Aus den Untersuchungen wird ersichtlich, dass der Gehalt an Fett in der Milch in starkem Maße von der Milchmenge abhängig ist. Diese negative Beziehung zwischen Milchmenge und Inhaltsstoffen wurde bereits in zahlreichen Forschungsergebnissen belegt (z.B. EVERETT und WADELL, 1970; GILBERT et al., 1973; SYRSTAD, 1977; HARGROVE und GILBERT, 1984; KEAWPROMMAN, 1988; SCHULTE-COERNE et al., 1988; BARNES et al., 1989).

Eiweißgehalt

Der Eiweißgehalt der Milch variierte im Vergleich der Einzelmelke zur Tagesgesamtleistung nur geringfügig um maximal 0,05 %-Punkte im Betrieb A bzw. um 0,03 %-Punkte im Betrieb B. Übereinstimmend konnte bei beiden Herden festgestellt werden, dass der Mittelwert des Eiweißgehaltes der mittags ermolkenen Milch genau dem mittleren Tageswert entsprach. Der Eiweißgehalt des Mittagsgemelkes widerspiegelt demnach den zu schätzenden Tagesgesamtwert sehr genau. In den Untersuchungen von IPEMA und HOGWERF (2002) wird das Abendgemelk als das Gemelk mit der höchsten Übereinstimmung zur Tagesgesamtleistung ausgewiesen. Diesen Ergebnissen liegen allerdings ungleiche Melkintervalle zugrunde.

Zellgehalt

Auch die Zellgehaltswerte des Mittagsgemelkes wiesen in den vorliegenden Untersuchungen die höchsten Übereinstimmungen mit dem Gehalt an Zellen in der Tagesgesamtmilch auf. Die Unterschiede zwischen Einzelgemelk und Tagesgemelk waren hier wie auch beim Abendgemelk nicht signifikant. Im Vergleich der Zellgehaltswerte des Morgen-, Mittags- und Abendgemelkes wurden signifikante Unterschiede lediglich zwischen dem Abend- und dem Morgengemelk festgestellt. Es zeichnet sich jedoch für alle Gemelke der Trend ab, dass sich die Zellzahl im Verlauf des Tages erhöht. Als Ursachen dafür kommen erhöhte Unruhe und Stress während der Tageszeit in Frage und im Gegensatz dazu Ruhe und Entspannung nachts, was sich positiv auf den Zellgehalt der Milch auswirkt. Ein anderer Grund für geringere Zellzahlen in der Morgenmilch ist möglicherweise ein Verdünnungseffekt, bedingt durch die höchsten Gemelksmengen am Morgen. HAMANN und GYODI (1999) ermittelten ebenfalls signifikant höhere Zellgehaltswerte der Milch im Abendgemelk gegenüber dem Morgengemelk. Die Autoren begründen dies jedoch mit der kürzeren Zwischenmelkzeit vor

dem abendlichen Melken und einer erhöhten Zellmigration nach einer Euterentleerung. Übereinstimmend stellen sich die Ergebnisse mit den von HAILE-MARIAM et al. (2001) dokumentierten negativen Korrelationen zwischen Milchmenge und Zellzahl dar, die bereits früher von anderen Autoren bestätigt wurden (REICHMUTH, 1968; GRAVERT, 1983).

Harnstoffgehalt

Die geringen Unterschiede der Einzelgemelke hinsichtlich des Harnstoffgehaltes der Milch von lediglich 3 bis 8 mg/l zur Tagesleistung waren zwar signifikant, verlieren jedoch an Bedeutung, wenn man den Umstand berücksichtigt, dass für die im Rahmen der MLP verwendeten Bestimmungsmethode mittels Infrarotmessung eine Fehlergröße von 60 mg/l angegeben wird. Die Harnstoffgehalte der Milch waren in den aufgeführten Ergebnissen sowohl von der Höhe der Milchmenge als auch von der Tageszeit (dem jeweiligen Gemelk) unabhängig. Ob der Milchleistung ein Einfluss auf den Harnstoffgehalt der Milch zugesprochen werden kann, wird in der Literatur sehr unterschiedlich diskutiert. ROWLANDS et al. (1977), ECKART (1980), DEPKE (1981), KAUFMANN et al. (1982), KLEIN (1984) und MOHRENSTECHE-STRIE (1989) z.B. stellten fest, dass die Milchleistung keinen Einfluss auf den Harnstoffgehalt hat. Dagegen sprachen COENEN (1979), HAGEMEISTER (1981), ADAM (1982), ROEVER (1983) und OLTNER et al. (1985) der Milchleistung einen Effekt auf den Harnstoffgehalt der Milch zu.

Geringfügig höhere Harnstoffgehalte in der Abendmilch gegenüber dem Morgengemelk, wie sie hier ausgewiesen wurden, gaben auch ROEVER (1983) sowie OLTNER und WIKTORSSON (1983) an.

Laktosegehalt

Die Unterschiede im Laktosegehalt der Einzelgemelke waren von allen untersuchten Inhaltsstoffen am geringsten. Zu gleichen Ergebnissen kamen SYRSTAD (1977), SJAUNJA (1986), ROOK et al. (1992), WENDT et al. (1994) und SVENNERSTEN-SJAUNJA (1997). Als Ursache dafür wird der regulierende osmotische Effekt der Laktose genannt.

Der Laktosegehalt spiegelt sowohl zum Morgen- als auch zum Mittags- und Abendgemelk den Gehalt in der Tagesgesamtmilch sehr genau wider.

Vergleich der Ergebnisse der Standardmethode mit der wahren Leistung

Die vom ICAR definierte Standardreferenzmethode beinhaltet, dass alle Gemelke eines Prüftages in die Probenahme einbezogen werden müssen und die Milchmenge des Gesamttages erfasst werden muss. Für das dreimal tägliche Melken bedeutet dies die Milchmengenmessung und Beprobung zu allen drei Melkzeiten. Aus der Mischprobe aller drei Gemelke werden dann die Inhaltsstoffe analysiert. Dieses Mischen der Einzelproben birgt eine gewisse Fehlerquote in sich (fehlerhafte Probenanteile, falsche Zuordnung). Ein neues Verfahren sollte deshalb nicht anhand eines anderen Verfahrens beurteilt werden, sondern anhand der tatsächlichen, zu schätzenden Leistung. Der wahre Gehalt eines Parameters in der Tagesgesamtmilch lässt sich nur dann korrekt ermitteln, wenn die Inhaltsstoffe jedes Gemelkes separat analysiert und mit den entsprechenden Gemelksmengen gewichtet werden. So wurde in der vorliegenden Arbeit verfahren und diese wahren Ergebnisse zunächst mit denen der Mischprobe verglichen.

Es kann eingeschätzt werden, dass bei keinem der untersuchten Inhaltsstoffe (Fett-, Eiweiß, Laktose, Harnstoff-, Zellgehalt) in beiden Betrieben eine völlige Übereinstimmung mit dem wahren Wert bestand. Die Abweichungen zu den tatsächlichen Tageswerten waren aber im Durchschnitt nur gering. Die Fehlervarianz des Fettgehaltes, als dem variabelsten der analysierten Inhaltsstoffe, betrug 2,1 %. Dieser Wert war geringer als der von Mc DANIEL (1969) an umfangreichen Literaturquellen ermittelten Durchschnitt von 3,5% Fehlervarianz des Fettgehaltes der AS4-Mischprobe im Vergleich zum wahren Gehalt. 81,0 % der nach dem Standardverfahren analysierten Werte lagen innerhalb von ± 5 % des tatsächlichen Fettgehaltes je Kuh am Prüftag.

Die Standardabweichungen der Differenzen waren bei allen Inhaltsstoffen nicht halb so groß wie die Standardabweichungen der Merkmale selbst. LIU und KUWAN (1999) ist zu entnehmen, dass ein Schätzverfahren dann als ausreichend genau zu bewerten ist, wenn die Streuung der Differenzen zur wahren Leistung die Standardabweichung des Merkmals nicht überschreitet.

Schätzung der Tagesleistung je Kuh aus einem bzw. zwei Gemelken - ohne Korrektur

Um den Arbeitsaufwand zur Milchleistungsprüfung bei dreimaligem Melken zu reduzieren, wurde die Milchmengenmessung sowie die Probenahme an lediglich einem bzw. zwei der drei Einzelgemelke simuliert. Zur Hochrechnung der Milchmenge bzw. Inhaltsstoffe der Einzelgemelke auf die Tagesgesamtleistung wurden zunächst keinerlei Einflussfaktoren berücksichtigt.

Milchmenge

Für die Milchmenge eines Gemelkes wurde dabei eine einfache Verdreifachung unterstellt. Da das Mittagsgemelk in beiden Betrieben aus einem Drittel der Tagesgesamtmilchmenge bestand, erwies es sich nach der Verdreifachung erwartungsgemäß als das Gemelk mit den geringsten Abweichungen zur Tagesleistung. Jedoch würde in dem einen Betrieb die tatsächliche Tagesleistung um ein halbes Kilogramm über-, in dem anderen um ebenso viel unterschätzt werden. Das Morgen- und das Abendgemelk wiesen nach einer Verdreifachung 3- bis 5-mal so hohe Abweichungen zur Tagesmilchmenge auf wie das Mittagsgemelk.

Bei der Einbeziehung zweier Einzelgemelke in die Schätzung der Tagesleistung ist in Bezug auf die Milchmenge der Kombination aus Abend- und Morgengemelk der Vorrang zu gewähren. Bei der Erfassung dieser beiden Gemelksmengen und Multiplikation mit einem Faktor von 1,5 wurden hierbei mit einer mittleren Differenz von -0,3 kg bzw. +0,2 kg Milch die geringsten Abweichungen erreicht. Zu begründen ist dies damit, dass sich bei dieser Kombination Überschätzungen durch das Morgengemelk und Unterschätzungen durch das Abendgemelk weitestgehend ausgleichen.

Fettgehalt

Der Fettgehalt der Milch wurde zunächst ebenfalls ohne Korrektur, d.h. durch einfache Übernahme bzw. Multiplikation mit dem Faktor 1,00 als Tagesleistung angenommen und mit dem tatsächlichen Fettgehalt der Tagesgesamtmilch je Kuh verglichen. Im Betrieb A wurden die geringsten Differenzen für das Mittags- und Abendgemelk ermittelt, im Betrieb B für das Mittagsgemelk. Die mittleren Überschätzungen sind jedoch auch hierbei mit +0,07 %-

Punkten bzw. +0,10 %-Punkten sehr hoch. Eine einfache Übernahme ist deshalb nicht zu empfehlen.

Würden zwei Gemelke beprobt und das gewogene Mittel aus beiden berechnet, erwies sich wie bei der Milchmenge die Kombination abends/morgens als diejenige mit den höchsten Übereinstimmungen zur Tagesleistung. Im Betrieb A stellte sich jedoch die Einbeziehung der Fettgehalte des Morgen- und Mittagsgemelkes als geringfügig besser dar. In beiden Varianten würde dennoch der tatsächliche Tagesfettgehalt unterschätzt werden. Es ist demnach auch hierbei von einer Übernahme ohne Korrektur abzuraten.

Eiweißgehalt

Der Eiweißgehalt der Milch ist so konstant und ausgeglichen und beschreibt zum Mittagsgemelk die Tagesleistung derart genau, dass eine Korrektur nicht notwendig ist, ja sogar zu Ungenauigkeiten führen könnte, wenn man berücksichtigt, dass die an einer Stichprobe berechneten Korrekturfaktoren für alle Betriebe mit dreimaligem Melken gültig sein sollen.

Bei einer simulierten Beprobung zweier der drei Gemelke je Tag ergab wiederum die Kombination morgens und abends die höchsten Schätzgenauigkeiten. Auch diese Variante ist mit mittleren Differenzen von 0,00 %-Punkten eine sichere Hochrechnungsmöglichkeit. Angesichts der ebenso genauen Schätzung unter Verwendung lediglich des Mittagsgemelkes und der einzusparenden Kosten, ist eine Doppelbeprobung jedoch nicht notwendig.

Die Unterschiede zwischen den Einzelgemelken in Bezug auf den **Laktose-, Harnstoff- und Zellgehalt** der Milch waren so gering, dass eine Übernahme der Werte des Mittagsgemelkes auf die Tagesgesamtleistung empfohlen wird. HARGROVE und GILBERT (1984), LEE und WARDROP (1984), DE LORENZO und WIGGANS (1986), WIGGANS (1986), GLAVIN et al. (1991), CASSANDRO et al. (1995), LEE et al. (1995), LIU und KUWAN (1999) sowie SCHAEFFER et al. (2000) geben ebenfalls keine Korrekturverfahren für diese Inhaltsstoffe an. LIU et al. (1998) testeten die Korrekturmöglichkeiten für den Zellgehalt der Milch eines Gemelkes zur Hochrechnung auf die Tagesgesamtleistung bei zweimaligem Melken. Aus ihren Untersuchungen an 60 Betrieben mit insgesamt 21.000 Einzelkontrollen schlussfolgerten die Autoren, dass auf eine Korrektur der Zellzahlwerte verzichtet werden kann.

Berechnung von Korrekturfaktoren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem bzw. zwei Einzelgemelken

Um die Milchmenge eines einzelnen Gemelkes exakt auf die Tagesleistung hochzurechnen, muss ihr Anteil an der Gesamtleistung bestimmt und mit dem daraus berechneten Faktor multipliziert werden (siehe 3.3, Formel-Nr. 1, 4). Dies kann für jedes Tier separat geschehen und dann ein Mittelwert aller Einzelfaktoren gebildet werden. Die Berechnung eines Faktors aus den Mittelwerten der Gemelke der Herde ergab in den vorgestellten Untersuchungen jedoch eine höhere Genauigkeit, so dass diese Faktoren zur Anwendung kamen. Auf gleicher Verfahrensweise beruhen auch die von EVERETT und WADELL (1970), SHOOK et al. (1973), SCHAEFFER und RENNIE (1976), SMITH und PEARSON (1981), HARGROVE und GILBERT (1984), LEE und WARDROP (1984), DE LORENZO und WIGGANS (1986), GLAVIN et al. (1991), CASSANDRO et al. (1995) und LEE et al. (1995) berechneten Faktoren zur Schätzung der Tagesleistung aus einem Einzelgemelk bei zweimal täglichem Melken sowie von WIGGANS (1986) bei dreimal täglichem Melken.

Derzeit ist es nicht möglich, für jeden Betrieb spezifische Faktoren für Milchmenge und Inhaltsstoffe zu berechnen. Aus diesem Grunde müssen für eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes die Bestrebungen dahingehen, eine allgemeingültige Formel zur Hochrechnung eines bzw. zweier Einzelgemelke auf die Tagesgesamtleistung zu finden.

Im Gegensatz zu den größeren Differenzen in den Gemelksmengen zwischen beiden Betrieben waren die Unterschiede in den prozentualen Anteilen der Gemelke an der Tagesgesamtleistung sehr gering. Das gibt Anlass zur Vermutung, dass bei gleichen Melkintervallen trotz differenzierter Herdenniveaus einheitliche Korrekturfaktoren angewandt werden können. Der Einfluss des Betriebes wurde über eine Varianzanalyse getestet und ergab keine Signifikanz. Eine höhere Allgemeingültigkeit der zu ermittelnden Faktoren sowie der größere Stichprobenumfang waren die Gründe für eine Zusammenfassung beider Betriebe.

Der Faktor für die Schätzung der Tagesmilchmenge anhand des Mittagsgemelkes betrug genau 3,00, derjenige unter Einbeziehung des Morgen- und Abendgemelkes 1,50. Nahezu die gleichen Faktoren ermittelte WIGGANS (1986) mit 3,02 und 1,51 an über 10.000 MLP-Ergebnissen von Holstein-Friesian-Kühen in den USA. In der Literatur sind derzeit keine

anderen Faktoren zur Hochrechnung veröffentlicht, sodass sich der Vergleich der eigenen auf diese beschränken muss.

Auch die berechneten Faktoren für den Fett- und Eiweißgehalt der Milch wiesen hohe Übereinstimmungen mit denen von WIGGANS (1986) auf. Insbesondere traf dies für das Mittagsgemelk und die Kombination abends/morgens zu. Hinsichtlich der Fett- und Eiweißmengen waren größere Unterschiede zwischen den eigenen und den von WIGGANS (1986) berechneten Faktoren zu verzeichnen.

Schätzung von Regressionsgleichungen

Die Möglichkeit der Hochrechnung eines bzw. zweier Einzelgemelke auf die Tagesgesamtleistung über Regressionsparameter nutzten auch SCHAEFFER et al. (2000) sowie LIU und KUWAN (1999). SCHAEFFER et al. (2000) stellten Regressionsgleichungen sowohl für zweimaliges als auch für dreimaliges Melken auf, wobei der Herdentesttag als fixer Effekt, genetische und Umwelteinflüsse auf die Leistung einer Kuh als zufällige Effekte sowie das Intervall zum vorherigen Melken in das Regressionsmodell einbezogen wurden. Die Ergebnisse von LIU und KUWAN (1999) beziehen sich nur auf zweimal tägliches Melken der Kühe. In diesen Untersuchungen wurden sowohl bereits angewandte Faktoren und einfache Verdopplungen der Einzelgemelke als auch verschiedene eigene Modellansätze hinsichtlich ihrer Schätzgenauigkeit miteinander verglichen. Sowohl SCHAEFFER et al. (2000) als auch LIU und KUWAN (1999) verwendeten lineare Regressionsmodelle. Auch in den eigenen Untersuchungen bestand zwischen Tagesgesamtmilchmenge und Einzelgemelk eine lineare Beziehung. Es wurden 4 verschiedene Modellansätze für die Einbeziehung zweier der drei Gemelke zur Schätzung der Tagesgesamtleistung und 3 Modelle unter Verwendung eines Gemelkes aufgestellt und getestet.

Mit zunehmender Kompliziertheit des Modells verringerten sich die Restvarianzen (MSE) nur geringfügig. Die Restvarianz ist ein geschätztes Maß für die Variation der Tagesleistung um die Regressionsfunktion. Ausgedrückt als Reststandardabweichung variierten die aus einem Einzelgemelk geschätzten Tagesgesamtmilchmengen je Kuh um etwa 3,0 kg Milch im Vergleich zur wahren Leistung.

Die Einbeziehung von Mischgliedern in die Regressionsgleichung erbrachte wie auch die zusätzliche Verwendung quadratischer Komponenten nur eine unwesentliche Verringerung der Schätzfehler. Der Genauigkeitsgewinn war nur gering und teilweise nicht signifikant, sodass auf diese Modelle aufgrund der höheren Kompliziertheit zugunsten der einfachen linearen Regression verzichtet wurde. Da kompliziertere Modelle zwar die in die Regression einbezogenen Werte möglicherweise genauer schätzen, aber auch spezieller auf diese Datengrundlage ausgerichtet sind, ist ein einfacheres Modell mit ähnlich hohen Erwartungswerten vorzuziehen. Dies traf auch auf die Schätzung des Fett- und Eiweißgehaltes der Milch zu.

Ausgehend vom Modell der einfachen linearen Regression wurde die Einbeziehung eines bzw. zweier Teilgemelke in die Schätzung der Tagesgesamtleistung hinsichtlich mittlerer Fehlervarianz (MSE) und Bestimmtheitsmaß (r^2) miteinander verglichen. Die tatsächliche Messung zweier von drei Tagesteilgemelken bewirkte ein um etwa 7 % höheres Bestimmtheitsmaß gegenüber einer Einzelgemelksmessung. Die Fehlervarianz verringerte sich von durchschnittlich 9,0 auf 2,3 kg².

Untersuchungen zur Anwendung eines vom VIT entwickelten Regressionsmodells

Varianzanalytisch wurde ein signifikanter Einfluss der Laktationsnummer auf die Schätzgenauigkeit der Tagesgesamtmilchmenge sowie des Laktationsstadiums in Bezug auf den Fett- und Eiweißgehalt der Milch nachgewiesen. Um diese beiden Einflussfaktoren auszuschließen, wurde eine Einteilung des Gesamtmaterials in Klassen nach Laktation und Laktationsstadium vorgenommen und klassenweise Regressionsparameter anhand einfacher linearer Regression berechnet. Dieses Verfahren entspricht dem vom VIT Verden entwickelten Regressionsmodell zur Schätzung der Tagesgesamtleistung aus einem Einzelgemelk für Betriebe mit zweimal täglichem Melken.

Die Berechnungen, die für jedes Gemelk separat durchgeführt wurden, ergaben für Kühe in der 1. Laktation höhere Schätzgenauigkeiten als für ältere Kühe. Ursachen dafür sind möglicherweise zum einen in der geringeren Leistung der Jungkühe und zum anderen in der damit verbundenen niedrigeren Variabilität der Milchmengen und Inhaltsstoffe zu suchen. Von LIU und KUWAN (1999) wurden keine Aussagen zu Unterschieden in der Schätzgenauigkeit der einzelnen Klassen gemacht.

Die Genauigkeit der Hochrechnung erhöhte sich sowohl bei Färsen als auch bei Kühen mit zunehmendem Laktationsstadium, was wiederum auf das Leistungsniveau zurückzuführen sein könnte. Je kleiner die Milchmenge wird, umso geringer ist die mögliche Variationsbreite und umso genauer lassen sich Tagesleistungen schätzen.

Für den Eiweißgehalt der Milch wurden in allen Klassen nur sehr geringe Restvarianzen und hohe Bestimmtheitsmaße berechnet, die ebenso wie die Regressionsparameter kaum Unterschiede zwischen den Klassen aufwiesen.

Vergleich der Genauigkeiten der Schätzverfahren

Milchmenge

Die verschiedenen Verfahren wurden hinsichtlich ihrer Differenzen zwischen geschätzter und wahrer Tagesleistung miteinander verglichen. Als Vergleichsparameter diente die Standardabweichung der Differenz. Sie ist im Zusammenhang mit dem Mittelwert der Differenz eine geeignete und von Praktikern nachvollziehbare Größe zur Bewertung der Schätzgenauigkeit statistischer Verfahren.

Bei Einbeziehung lediglich eines Gemelkes in die Schätzung der Tagesgesamtleistung zeigte sich eine geringfügige Überlegenheit des Modells der einfachen linearen Regression bzw. des VIT-Modells gegenüber den Faktoren. Die Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung waren jedoch nur um 0,1 kg bis 0,3 kg geringer im Vergleich zu den Ergebnissen mit dem eigenen Faktor. Auch LIU und KUWAN (1999) stellten anhand ihrer Untersuchungen zum zweimaligen Melken fest, dass die Schätzgenauigkeit des VIT-Modells höher ist als die der Faktoren von De LORENZO und WIGGANS (1986). Die einfache lineare Regression wies dagegen nur für die Hochrechnung aus dem Abendgemelk eindeutig genauere Ergebnisse gegenüber den Faktoren aus. Hierbei muss erwähnt werden, dass auch bei LIU und KUWAN (1999) die Ableitung der Regressionen und ihre Überprüfung am gleichen Datenmaterial erfolgte, während die Faktoren anhand amerikanischer Daten berechnet und am eigenen Material getestet wurden.

Nach Verwendung zweier der drei Gemelke in der Berechnung der Tagesleistung je Kuh waren keine Unterschiede zwischen den Modellen hinsichtlich der Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung erkennbar. Es stellte sich aber heraus, dass die Einbeziehung der beiden Gemelke mittags und abends zu einer weiteren Streuung der Differenzen führte als die anderen beiden Kombinationen (morgens+mittags, abends+morgens). Dies traf jedoch gleichermaßen für alle getesteten Modelle zu. Die geringsten Abweichungen zur wahren Leistung wurden bei allen Modellansätzen sowohl in Bezug auf den Mittelwert als auch auf die Standardabweichung für die Messung der Gemelke abends und morgens ausgewiesen. Zu gleichen Ergebnissen kamen SCHAEFFER et al. (2000). Auch sie dokumentierten die geringsten Varianzen der Differenzen, also die höchsten Schätzgenauigkeiten, bei Messung des Abend- und Morgengemelkes.

Die anhand des fremden Faktors von Wiggans berechneten Tagesleistungen wiesen mit 3,1 kg bis 3,3 kg ebenso geringe Streuungen der Differenzen zur wahren Leistung auf wie die

Ergebnisse aus den am selben Material berechneten Faktoren. Unter Einbeziehung des Mittagsgemelkes in die Tagesleistungsschätzung lag die mittlere Abweichung der mit Wiggans-Faktoren geschätzten zur wahren Leistung bei lediglich 0,2 kg Milch. Das spricht für die Robustheit des Faktors und eine hohe Übereinstimmung zwischen den Gemelksanteilen bei deutschen und amerikanischen Holstein-Friesian-Kühen.

WIGGANS wies 1986 für seine an etwa 10.000 Felddaten geschätzten Tagesleistungen Standardabweichungen der Differenzen von 2,9 kg bis 3,7 kg aus.

Wurden zwei Gemelke in die Hochrechnung einbezogen, konnte die geringste mittlere Abweichung für die Wiggans-Faktoren bei der Kombination aus Abend- und Morgengemelk mit lediglich 0,1 kg und einer Standardabweichung von 1,5 kg festgestellt werden. Diese Ergebnisse können durch SCHAEFFER et al. (2000) bestätigt werden, die ebenfalls die Wiggans-Faktoren an ihrem Datenmaterial von 3.857 MLP-Ergebnissen testeten. Auch hier zeigte sich, dass die Messung des Abend- und Morgengemelkes zu den genauesten Tagesleistungen führte. Allerdings wiesen die Autoren mit 1,6 kg (abends+morgens; mittags+abends) und 1,8 kg (morgens+mittags) etwas höhere Standardabweichungen der Differenzen aus als in den eigenen Untersuchungen. Die Kombination mit den größten Abweichungen war bei SCHAEFFER et al. (2000) das Morgen- und Mittagsgemelk. Als Ursache dafür können die unterschiedlichen Melkintervalle in Betracht kommen, die diesen Daten zugrunde lagen.

Die Methode der Hochrechnung der Milchmengen aus einem bzw. zwei Gemelken auf die Tagesgesamtleistung mit den von WIGGANS (1986) angegebenen Faktoren ist demnach hinsichtlich der mittleren Fehlerraten und auch der Standardabweichungen der Differenzen, die sich kaum bzw. gar nicht von den eigenen Modellen unterschieden, ein genaues und akzeptables Verfahren, das sowohl in den USA als auch in Kanada angewandt wird und nach neuesten Angaben von WIGGANS (2002) in der Praxis bis heute zu guten Ergebnissen führt.

Die auf der Grundlage des VIT-Modells berechneten Tagesleistungen erwiesen sich als diejenigen mit den höchsten Schätzgenauigkeiten. Durch Einteilung der Leistungsdaten nach Laktation und Laktationsstadium verringerte sich die Standardabweichung der Differenzen zwischen geschätzter und wahrer Tagesmilchmenge um 0,1 kg für den eigenen Faktor und um 0,2 kg für die einfache lineare Regression ohne Klasseneinteilung. Die Einbeziehung der Laktation in das VIT-Modell erbrachte eine signifikante Verbesserung der Schätzgenauigkeit. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass bereits durch die Klasseneinteilung und den damit verbundenen kleineren Stichprobenumfang eine geringere Streuung der Differenzen bedingt

ist. Ein Einfluss des Laktationsmonats auf die Schätzgenauigkeit der Verfahren „Wiggans-Faktor“, „eigener Faktor“ und „VIT“ konnte für die Milchmenge nicht nachgewiesen werden. Das bedeutet nicht, dass das Merkmal Laktationsmonat keinen Einfluss auf die Tagesmilchmenge hat, sondern dass die Einbeziehung dieser Größe in das Schätzmodell keine signifikanten Verbesserungen brachte. Denn eine hohe Tagesgesamtmilchmenge setzt sich aus hohen Einzelgemelksmengen zusammen und nur der Anteil der bzw. des einzelnen Gemelkes an der Tagesleistung ist für eine korrekte Hochrechnung entscheidend. Diese Anteile waren aber für Kühe der ersten und weiteren Laktationen unterschiedlich, wie der Einfluss der Laktation auf die Schätzgenauigkeit beweist.

SCHAEFFER et al. (2000) ermittelten an ihren Daten, die ebenfalls in Klassen nach Laktation, Laktationsstadium, Melkintervall und zusätzlich nach Kalbesaison unterteilt waren, ähnliche Genauigkeiten. Die von den Autoren berechneten Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Leistung waren zwar um 0,2 kg höher und betrugen 2,9 kg, sie beziehen sich aber auch auf ein höheres Leistungsniveau von 32,8 kg Milch je Kuh und Tag gegenüber 27,4 kg bei der eigenen Datengrundlage. Auch SCHAEFFER et al. (2000) wiesen bei Einbeziehung eines Gemelkes die genauesten Hochrechnungen für das Mittagsgemelk aus.

Eine Hochrechnung mittels Faktor ergab gegenüber der einfachen linearen Regression ohne Klasseneinteilung eine geringfügig größere Restvarianz (Tabelle A45). Das Bestimmtheitsmaß unterschied sich jedoch nicht von dem der Regression. Die Restvarianzen unter Einbeziehung zweier Gemelke differierten zwischen Faktor und linearer Regression um 0 bis 4 %.

Fettgehalt

Der aus ein bzw. zwei Gemelken hochgerechnete Tagesfettgehalt der Milch wurde für jede Kuh und jede MLP mit dem wahren, aus den Fettmengen berechneten, Wert verglichen. Dabei fiel auf, dass die aus der einfachen linearen Regression geschätzten Werte deutlich bessere Übereinstimmungen gegenüber den Faktoren aufwiesen als bei der Milchmenge. Während die Ergebnisse aus den Berechnungen mit eigenem und Wiggans-Faktor nur unwesentliche bzw. nicht signifikante Unterschiede in der Standardabweichung der Differenzen zur wahren Leistung aufwiesen, konnte für die Berechnungen auf der Grundlage der Regression eine um 2,5 % geringere Variabilität der Abweichungen bei Verwendung eines Gemelkes festgestellt werden.

Wenn zwei Gemelke beprobt, analysiert und in die Hochrechnung einbezogen wurden, erhöhte sich die Genauigkeit der Schätzung und verringerten sich gleichermaßen die Unterschiede zwischen den Verfahren. Wurde z.B. das Abend- und das Morgengemelk herangezogen, so waren sowohl der eigene Faktor als auch die lineare Regression ohne Klasseneinteilung und sogar der Wiggans-Faktor in ihrer Schätzgenauigkeit gleich gut. Für alle drei wurden nicht signifikante Unterschiede ausgewiesen.

Die von WIGGANS (1986) angegebenen Standardabweichungen des Fehlers, die am selben Datenmaterial berechnet und überprüft wurden, betragen zwischen 0,60 % und 0,71 % für ein Gemelk und 0,30 % bis 0,36 % für die Beprobung zweier Gemelke. Die eigenen Berechnungen lagen dabei mit Werten von 0,48 % bis 0,53 % bzw. 0,24 % bis 0,28 % signifikant darunter. Es ist vorstellbar, dass der höhere Stichprobenumfang von 10.180 gegenüber 2.840 eigenen MLP-Ergebnissen zu einer größeren Streuung der Wiggans-Daten führte.

Die mittlere Fehlerabweichung aller getesteten Modelle unter Einbeziehung eines Gemelkes betrug 0,45 %-Punkte, bei zwei Gemelken 0,25 %-Punkte. Als Vergleich dazu wurde die Fehlerabweichung des Fettgehaltes der AS43-Mischprobe zum wahren Fettgehalt herangezogen. Sie betrug im Mittel beider Betriebe 0,29 %-Punkte, wobei Betrieb A mit 0,41 %-Punkten deutlich schlechter abschnitt. Betrachtet man die Fehlerstreuung der Schätzmodelle im Bezug dazu, welche Ungenauigkeiten auch bei der Standardmethode auftreten können, bedingt durch das Mischungsverhältnis, so sind alle getesteten Hochrechnungsmodelle als geeignet zu bewerten.

In Bezug auf die Fettmengen wurden wiederum ähnliche bzw. gleiche Standardabweichungen der Differenzen für die Ergebnisse mit den am eigenen Material berechneten Faktoren und den Wiggans-Faktoren registriert. SCHAEFFER et al. (2000) ermittelten in ihrem Test der Korrekturfaktoren von Wiggans ähnliche, aber etwas geringere Streuungen der Schätzfehler. Hier betrug die Standardabweichung der Differenz durchschnittlich 0,16 kg, während die eigenen Berechnungen 0,20 kg ausweisen. Die Anzahl einbezogener Daten unterschied sich nur geringfügig, sodass die Ursache dafür lediglich in der geringeren absoluten Tagesfettmenge bei SCHAEFFER et al. (2000) angesehen wird.

Die geschätzten Tageswerte aus der Regression ergaben etwas geringere Fehlervarianzen gegenüber den Berechnungen mit Faktoren. Dies konnten SCHAEFFER et al. (2000) nicht bestätigen. In den Auswertungen dieser Autoren wie auch von LEE et al. (1995) erbrachten weiterentwickelte Modelle zur Bestimmung der Tagesgesamtleistung keine Verbesserung der Genauigkeit der geschätzten Fettmengen.

Durch die Einteilung der Daten in Klassen nach Laktation und Laktationsstadium wurde ein leichter Rückgang der Standardabweichungen der Differenzen verzeichnet. Im Gegensatz zur Milchmenge wurde für den Fettgehalt kein signifikanter Einfluss der Laktation, dafür aber des Laktationsmonats festgestellt. Für die Schätzung des Fettgehaltes der Milch aus einem Einzelgemelk ist es demnach entscheidend, in welchem Laktationsstadium sich die Kuh befindet.

Bei Klassifizierung der Daten nach Laktation, Laktationsstadium, Melkintervall und Kalbesaison ermittelten SCHAEFFER et al. (2000) Standardabweichungen der Differenzen für die Fettmenge, die sich mit 0,16 kg kaum von den eigenen (0,15 kg) und nicht von den an ihrem Material getesteten Wiggans-Faktoren (0,16 kg) unterschieden.

Ein Vergleich der geschätzten Tagesfettgehalte und der Tagesfettmengen ergab, dass die Schätzung der Fettgehaltswerte zu genaueren Ergebnissen führte als die Schätzung der Tagesfettmengen. Dies wird übereinstimmend auch von mehreren bei Mc DANIEL (1969) zitierten Autoren bestätigt. In vergleichenden Untersuchungen zwischen geschätzter und wahrer Laktationsleistung bei zweimaligem Melken ermittelten DAVEY und ALEXANDER (1954) Variationskoeffizienten der Differenzen von 3,97 % für den Fettgehalt und 7,98 % für die Fettmengen. Die ausgewiesene Variabilität der Abweichungen der geschätzten von den wahren Werten war damit für die Fettmengen annähernd doppelt so hoch wie für die Gehaltswerte. Andere Autoren geben für die gleiche Merkmalsbeziehung deutlich geringere Unterschiede an, wobei aber übereinstimmend für die Fettmengen höhere Variationskoeffizienten ausgewiesen wurden (CAMPBELL, 1946; Erb et al., 1952; Thompson et al., 1960).

SCHAEFFER et al. (1994) beobachteten an Kühen unter automatischen Melkbedingungen, dass die Tagesschwankungen der Fett- und Eiweißmengen im Verlauf der Laktation deutlich höher sind, als die Schwankungen der Gehaltswerte an Fett und Eiweiß. Zur Schätzung der 305-Tageleistung verwendeten die Autoren daher ein von WOOD (1967) entwickeltes Modell der Laktationskurve für Fett- und Eiweißgehaltswerte.

Eiweißgehalt

In Bezug auf den Eiweißgehalt der Milch wurden die höchsten Schätzgenauigkeiten erreicht. Dabei waren kaum Unterschiede zwischen den Modellen erkennbar. Als Ursache für die hohen Schätzgenauigkeiten des Tageseiweißgehaltes können die geringen Abweichungen der

Eiweißgehalte der Einzelgemelke zum Tagesgesamtgemelk angesehen werden. Damit in engem Zusammenhang stehen die berechneten Faktoren bzw. Regressionsparameter, die ebenfalls kaum Unterschiede aufweisen.

LIU et al. (1998) bewerten die Genauigkeit der Schätzung des Eiweißgehaltes der Milch aus einer von zwei täglichen Melkungen anhand der Korrelation zwischen geschätzten und wahren Werten in Höhe von $r=0,96$ und stellten ebenfalls kaum Unterschiede zwischen den Methoden fest, die anhand der eigenen Untersuchungen bestätigt werden konnten.

Die Berechnung der Tageseiweißmengen führte zu einer gleichen Rangierung der Modelle aus der Sicht der Schätzgenauigkeit wie bei den Eiweißgehalten.

LIU et al. (1998) geben die Genauigkeit für die Schätzung der Eiweißmenge aus einem Gemelk bei zweimaligem täglichen Melken in Form des Bestimmtheitsmaßes an. Dieses betrug nach ihren Berechnungen 0,904. Das heißt, dass die geschätzten Werte zu 90,4 % dem tatsächlichen Wert entsprachen. Anhand der eigenen Untersuchungen wurde eine Sicherheit von 92,7 % berechnet. Dieses Bestimmtheitsmaß bezieht sich jedoch nicht wie bei LIU et al. (1998) auf zweimaliges Melken, also die Schätzung zweier Gemelke aus einem Gemelk, sondern auf die Berechnung der Summe dreier Gemelke aus einem Gemelk.

LIU und KUWAN (1999) berechneten zwar Regressionsparameter für die Eiweißmenge, wiesen die Genauigkeitskriterien jedoch nur für die bedeutenderen Merkmale Milch- und Fettmenge aus.

Der von WIGGANS (1986) angegebene Standardfehler bei der Schätzung der Tageseiweißmenge aus einem von drei Gemelken anhand seiner eigenen Faktoren war etwas geringer im Vergleich zum Test seiner Faktoren am vorgestellten Material. Das ist zu erwarten gewesen, da WIGGANS (1986) die Überprüfung am gleichen Material vornahm und hier eine völlig fremde Datengrundlage als Vergleichsbasis diente. Die Ergebnisse von WIGGANS (1986) sind jedoch gut mit den hier vorgestellten, ebenfalls am eigenen Material getesteten Modellen vergleichbar. Mit Standardabweichungen der Differenzen von 0,10 kg konnten sowohl zu den Ergebnissen von WIGGANS (1986) ($s=0,06$ kg) als auch von SCHAEFFER et al. (2000) ($s=0,10$ kg) sehr gute Übereinstimmungen festgestellt werden.

Eine Berechnung des Tageseiweißgehaltes der Milch über die Eiweißmengen führte jedoch wie beim Fettgehalt zu größeren Verzerrungen. Die Schätzung der Tageseiweißgehalte aus den Gehaltswerten erwies sich als genauer. Als Ursache dafür kommt der Umstand in Betracht, dass beim indirekten Weg zunächst die Tagesfettmenge geschätzt und diese anschließend durch den ebenfalls aus einem Gemelk geschätzten Wert der

Tagesgesamtmilchmenge ins Verhältnis gesetzt wird. Zu gleichen Aussagen kamen CAMPBELL (1946), ERB et al. (1952) DAVEY und ALEXANDER (1954), THOMPSON et al. (1960), Mc DANIEL (1969) sowie SCHAEFFER (1994).

Die Klasseneinteilung der Daten nach Laktation und Laktationsstadium führte zum größten Teil zu einer signifikanten Verringerung der Fehlervarianz. Wie beim Fettgehalt wurde auch für den Eiweißgehalt der Milch ein signifikanter Einfluss des Laktationsmonats auf die Schätzgenauigkeit nachgewiesen, dem durch die Klassifizierung im VIT-Modell Rechnung getragen wurde. Ein Einfluss der Laktation (erste oder weitere) wurde nicht nachgewiesen.

Auch die Einbeziehung zweier Gemelke in die Berechnung der Tagesgesamtleistung ergab wiederum geringere Abweichungen zur wahren Leistung gegenüber der Beprobung lediglich eines Einzelgemelkes. Zu gleichen Ergebnissen kamen WIGGANS (1986) und SCHAEFFER et al. (2000). Auch hier waren die Standardabweichungen der Differenzen nur etwa halb so groß wie die aus den Einzelgemelken.

Vergleich von Prüfmethode

Eine Simulation der Korrigierten Methode (Prüfgemelk nur mittags) und der Alternierenden Methode (wechselndes Prüfgemelk) ergab für beide Verfahren gleiche Standardabweichungen der Differenzen zur wahren Milchleistung. Im Mittel wurde jedoch bei der Alternierenden Methode die tatsächliche Leistung um 0,6 kg Milch unterschätzt, während die nach der Korrigierten Methode berechnete Tagesmilchmenge durchschnittlich nur um 0,1 kg vom wahren Wert abwich. Die zur Tagesmitte ermolzene Milch wies die höchsten Übereinstimmungen mit der Tagesgesamtleistung auf. Diese enge Korrelation und die damit verbundene nur in geringer Größenordnung notwendige Korrektur der Einzelwerte wirken sich positiver auf die Schätzgenauigkeit aus als ein rotierender Wechsel aller drei Prüfgemelke von Monat zu Monat. Die größeren Abweichungen des Morgen- und Abendgemelkes von der Tagesgesamtleistung und die damit verbundenen höheren Korrekturen schaffen Spielraum für größere Fehlschätzungen.

Ein Vergleich beider Prüfmethode hinsichtlich des Fettgehaltes der Milch ergab ebenfalls höhere mittlere Übereinstimmungen zwischen geschätzter und wahrer Leistung bei der

Korrigierten Methode. Die Standardabweichungen der Differenzen unterschieden sich nicht signifikant.

Hinsichtlich des Eiweißgehaltes der Milch ist es unerheblich, welches der beiden Verfahren zur Anwendung kommt. Beide Prüfmethode ergaben gleiche, sehr hohe Genauigkeiten.

Ein Vergleich zwischen Alternierender und Korrigierter Methode bei dreimaligem Melken konnte in keiner Literaturangabe gefunden werden. In den USA und Kanada wird nach dem Alternierenden Verfahren geprüft (NATIONAL DHIA, 2002). In Israel, wo ein Großteil der Kühe dreimal täglich gemolken wird, wird nach der Standardmethode (AS43) bzw. der Besitzerkontrolle (BS43) geprüft (ICAR, 2002).

Vergleiche zwischen Alternierendem und Korrigiertem Verfahren bei zweimaligem Melken sind hier nicht relevant, da die unterschiedlichen Anteile von Abend- und Morgengemelk eine Alternierung erfordern und nur das Mittagsgemelk die optimale Basis darstellt.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Notwendigkeit der Untersuchungen zu Methoden der Milchleistungsprüfung bei dreimaligem Melken ergab sich aus der Entwicklung des Managements in großen Milchviehbetrieben. In Mecklenburg-Vorpommern begannen am Ende des Jahres 1997 erstmalig einige Betriebe, den Gesamtbestand ihrer Herde dreimal täglich zu melken. Nur 3 Jahre später wurden bereits mehr als 36.000 Kühe, das sind ca. 20 % aller Milchkühe in Mecklenburg-Vorpommern, nach diesem Prinzip gemolken. Unter den Bedingungen des ständig steigenden Leistungsniveaus der Tiere sowie hochentwickelter Melktechnik soll der häufigere Milchentzug eine Entlastung des Euters bewirken. Zum anderen führt das dreimalige tägliche Melken auch zu einer höheren Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials und kann somit zur Steigerung der Effektivität der Milchproduktion beitragen.

Das Standardverfahren der Leistungsprüfung bei dreimaligem Melken beinhaltet die Messung und Beprobung aller drei Gemelke je Tier am Prüftag. Das erfordert einen hohen zeitlichen Aufwand und ist sehr arbeits- und damit kostenintensiv.

Viele der oben genannten Betriebe nutzten vor der Umstellung bereits ein alternatives Verfahren der Milchleistungsprüfung beim zweimaligen Melken - die Alternierende Kontrolle. Solch ein Verfahren stand den Landwirten in Deutschland jedoch für das dreimalige Melken nicht zur Verfügung.

In der vorliegenden Arbeit sind verschiedene Methoden der Milchleistungsprüfung bei dreimaligem Melken getestet worden. Dabei sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

Inwiefern ist eine Vereinfachung der Milchleistungsprüfung bei dreimaligem Melken möglich, um den Arbeitsaufwand und damit die Kosten der Leistungsprüfung zu reduzieren und dennoch eine hohe Schätzgenauigkeit zu gewährleisten?

Wieviele Gemelke sollten am MLP-Tag gemessen und beprobt werden?

Welche Prüfgemelke sollten in der vereinfachten Leistungsprüfung genutzt werden?

Nach welchem Verfahren sollte die Hochrechnung auf die Tagesgesamtleistung durchgeführt werden?

Welche Methode der Leistungsprüfung führt neben der Standardmethode zu den genauesten Ergebnissen?

Um diese Fragen beantworten zu können, wurden Untersuchungen in zwei Milchviehbetrieben vorgenommen, die jeweils etwa 400 Kühe dreimal täglich melken. Es wurden am MLP-Tag zusätzlich zur obligatorischen Mischprobe aus allen drei Gemelken (Standardmethode) die Milchhaltsstoffe jedes Einzelgemelkes analysiert und die Gemelksmengen erfasst. Das Melkintervall betrug in beiden Herden 8:8:8 Stunden. Die Einzelgemelke je Tier und Tag wurden hinsichtlich Milchmenge und Gehaltswerten (Fett, Eiweiß, Laktose, Zellzahl, Harnstoff) miteinander verglichen und zur Tagesgesamtleistung jedes Tieres in Beziehung gesetzt.

Mit Hilfe von Modellentwicklungen und dem Test verschiedener Schätzverfahren wurde versucht, eine genaue und praktikable Variante alternativer Prüfmethoden bei dreimaligem Melken zu erarbeiten.

In die Prüfung wurden nur solche Methoden aufgenommen, die den Anforderungen des Internationalen Komitees für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion (ICAR) entsprechen.

Die *Ergebnisse* lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Im Resultat der durchgeführten Untersuchungen kann die Anwendung eines alternativen Prüfverfahrens bei dreimaligem Melken für die Praxis generell empfohlen werden. Dabei müssen jedoch bestimmte Bedingungen eingehalten werden, die sich aus den nachfolgend aufgeführten Ergebnissen ableiten lassen.
2. Trotz gleicher Zwischenmelkzeiten von jeweils 8 Stunden zwischen den Gemelken eines Tages unterschieden sich die Mittelwerte sowohl der Milchmengen als auch der Inhaltsstoffe signifikant. Die höchsten Milchmengen wurden beim Morgengemelk, die geringsten beim Abendgemelk registriert. Die Inhaltsstoffe Fett- und Eiweißgehalt der Gemelke widerspiegelten die negative Korrelation zur Milchmenge. Morgens wurden die geringsten und abends die höchsten Gehaltswerte ermittelt.

3. Die Milchmengen und Inhaltsstoffe des Mittagsgemelkes wiesen die geringsten Unterschiede bzw. die höchsten Korrelationen zur Tagesgesamtleistung auf.
4. Aus den Anteilen der Einzelgemelke an der Tagesgesamtleistung wurden Hochrechnungsfaktoren berechnet, um von einem Einzelgemelk bzw. einer Gemelkskombination auf die Tagesgesamtleistung zu schließen. Die höchsten Schätzgenauigkeiten wurden bei Verwendung des Mittagsgemelkes bzw. der Kombination aus Morgen- und Abendgemelk erreicht.
5. Ein Vergleich der am eigenen Material berechneten Faktoren mit den von WIGGANS (1986) für die USA und Kanada ausgewiesenen Faktoren für dreimaliges Melken ergab sehr hohe Übereinstimmungen. Dabei wurden nur jene Faktoren für einen Vergleich herangezogen, die der genannte Autor ebenfalls für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden berechnet hatte.
6. Neben der bereits beschriebenen Methode der Hochrechnung mittels Faktoren wurde auch die Schätzung der Tagesgesamtleistung aus ein bzw. zwei Einzelgemelken mittels Regressionsgleichungen getestet. Dazu wurden acht verschiedene Regressionsmodelle entwickelt. Die anhand der berechneten Regressionsparameter geschätzten Tageswerte wurden in Bezug auf die Schätzgenauigkeit miteinander verglichen. Die Untersuchungen belegen, dass eine einfache bzw. multiple lineare Regression zu hohen Aussagesicherheiten führt. Die Verwendung nichtlinearer Modelle ergab nur eine unwesentliche bzw. keine Erhöhung der Schätzgenauigkeiten.
7. Da in den eigenen Untersuchungen ein signifikanter Einfluss der Laktationsnummer auf die Schätzung der Tagesmilchmenge und eine Abhängigkeit des Fett- und Eiweißgehaltes vom Laktationsmonat nachgewiesen werden konnte, wurden diese beiden Einflussfaktoren in einem nächsten Schritt in der Regression berücksichtigt. Dazu wurden das Material in Klassen nach Laktation und Laktationsmonat unterteilt und anschließend klassenweise Regressionsgleichungen erstellt. Diese Vorgehensweise ist identisch mit dem vom VIT Verden entwickelten Modell für die Alternierende Kontrolle bei zweimaligem Melken.

8. Im Ergebnis des Vergleiches aller Schätzverfahren wurden für die Verwendung zweier Gemelke generell höhere Schätzgenauigkeiten erreicht als bei Einbeziehung lediglich eines Gemelkes in die Hochrechnung. Die alleinige Nutzung des Mittagsgemelkes ergab jedoch ähnlich hohe Schätzgenauigkeiten und erfordert einen deutlich geringeren Arbeitsaufwand.
9. Die Methode der einfachen linearen Regression innerhalb von Klassen nach Laktation und Laktationsmonat führte zu den höchsten Übereinstimmungen mit den wahren Tagesleistungen.
10. Hinsichtlich der Prüfmethodik über den gesamten Laktationszeitraum wurden zwei international anerkannte Varianten simuliert - die Alternierende und die Korrigierte Methode. Die daraus berechneten Mittelwerte für die Milchmenge und den Fett- und Eiweißgehalt der Milch wurden mit den wahren Mittelwerten innerhalb von drei aufeinanderfolgenden Monaten verglichen. Dabei traten deutlich größere Abweichungen für die Alternierende Kontrolle auf als bei der Korrigierten Methode unter Einbeziehung des Mittagsgemelkes.

Schlussfolgerungen für die Forschung:

Unter der Voraussetzung einer weiteren Etablierung und Ausdehnung des dreimal täglichen Melkens von Milchkühen, insbesondere auch in den alten Bundesländern, sollten

die anhand des hier vorgestellten Datenmaterials berechneten Regressionsparameter und Faktoren zur Hochrechnung eines Einzelgemelkes auf die Tagesgesamtleistung auf deutschlandweiter Ebene getestet werden.

Dazu ist die Erstellung einer breiten Datenbasis über möglichst alle Bundesländer erforderlich.

Eine Anpassung der Hochrechnungsparameter an verschiedene Melkintervalle sowie an unterschiedliche Rassen oder Herdenniveaus ist zu prüfen.

Bis dahin können für die Praxis folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

Schlussfolgerungen für die Praxis:

Auf Grund der guten Übereinstimmung zwischen den am eigenen Material berechneten Faktoren und denen von WIGGANS (1986) sowie der bereits in großem Umfang durchgeführten Tests letzterer auf aktueller Datenbasis, ist eine Hochrechnung mittels WIGGANS-Faktor zu empfehlen.

Unter der Voraussetzung gleicher Zwischenmelkzeiten erwies sich bei Verwendung eines Gemelkes das Mittagsgemelk als dasjenige mit der höchsten Beziehung zur Tagesgesamtleistung. In Betrieben, die das dreimalige Melken anwenden und den Aufwand der Milchleistungsprüfung deutlich reduzieren wollen, ist deshalb die Probenahme aus dem Mittagsgemelk zu empfehlen.

Im Ergebnis der Untersuchungen zur Methodik der Prüfverfahren ist die Korrigierte Methode anzuwenden. Danach wird an jedem Prüftag das gleiche Gemelk, in diesem Fall das Mittagsgemelk, beprobt und analysiert.

Die eigenen Auswertungen ergaben, dass bei Einhaltung gleicher Zwischenmelkzeiten (8:8:8 h) die Eiweiß-, Laktose-, Zell- und Harnstoffgehalte des Mittagsgemelkes hohe Übereinstimmungen zur Tagesgesamtleistung aufwiesen und demzufolge ohne Korrektur auf die Tagesleistung übertragen werden können. Dies trifft jedoch nicht für den Fettgehalt zu. Aus diesem Grunde ist der mittags analysierte Fettgehalt der Milch zu korrigieren.

Obwohl zwischen der Milchmenge des Mittagsgemelkes und der Tagesgesamtleistung eine hohe Korrelation besteht, sollten dennoch die in vielen Betrieben vorhandenen technischen Voraussetzungen für eine automatische Milchmengenmessung genutzt und somit *alle* Gemelke in die Prüfung einbezogen werden.

Beim dreimal täglichen Melken erscheinen möglichst geringe Schwankungen der Melkintervalle sowohl aus tierphysiologischer als auch aus arbeitsorganisatorischer Sicht als günstig. Die anhand dieser Untersuchungen abgeleiteten Schlussfolgerungen für die Praxis beruhen auf konstanten Melkintervallen von jeweils 8 Stunden. Betriebe, die ihren Kuhbestand dreimal täglich Melken und nach diesem vereinfachten Verfahren die Leistungsprüfung durchführen wollen, *müssen* ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden einhalten

Die in dieser Arbeit abgeleitete Verfahrensweise für eine alternative Methode der Milchleistungsprüfung bei dreimaligem täglichen Melken wurde indessen von den ADR-Ausschüssen Milchleistungsprüfung und Zuchtwertschätzung bereits anerkannt, vom Internationalen Komitee für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion (ICAR) genehmigt und ist neben der Standardmethode offiziell als Verfahren für dreimal melkende Betriebe zugelassen.

7 Literaturverzeichnis

Adam, F. (1982):

„Enzymaktivitäten und Substratkonzentrationen im Blut von monozygoten weiblichen Rinderzwillingen“

Diss. Kiel

ADR (1994):

“Mitteilungen der ADR“

ADR (2000):

“Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 1999”

Ausgabe 2000

ADR (2001):

“Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 2000”

Ausgabe 2001

ADR (2002):

“Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 2001”

Ausgabe 2002 - vorläufige Ergebnisse

ADT (1997):

„Jahrestagung der ADR-Abteilung D“

Informationen 19/97: 1

ADT (2000):

„ADR-Ausschuss für Leistungs- und Qualitätsprüfung tagte“

Informationen 19/00: 1

Averdunk, G. (1998):

„Tendenzen in der MLP Deutschland und international“

Ausschuss für Zuchtwertschätzung der ADR 18./19.2.1998, Kassel, Vortrag

Averdunk, G.; Aumann, J.; Duda, J. (1998):

„Tendencies in am/pm recording in Germany and non-conventional recording methods in future“

ICAR-Tagung Neuseeland

Barnes, M.A.; Pearson, R.E.; Lee, K.L.; Lukes, A.J. (1989):

“Factors contributing to variation in reported milk component percentage in Holstein and Jersey milk”

J. Dairy Sci. 67, 194-200

Barnes, M.A.; Pearson, R.E.; Lukes-Wilson, A.J. (1990):

“Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows”

J. Dairy Sci. 73: 1603-1611

Birker, F. (1971):

„Alternierende Milchkontrolle“

Tierzüchter 23: 36-37

Birker, F. (1972):

„Untersuchungen zur Frage der Aufwandsverminderung bei der MLP“

Züchtungskunde 44: 287-294

Bishop, S.; Sullivan, B.P.; Schaeffer, L.R. (1994):

“Genetic evaluation of Canadian dairy goats using test-day data”

Proceedings der 29. zweijährlichen Tagung des ICAR; Ottawa, Kanada, 31. Juli bis 5. August 1994: 299

- Bouloc, N.; Barillet, F.; Boichard, D.; Sigwald, J.P.; Bridoux, G. (1991):
„Étude des possibilités d'allègement du contrôle laitier officiel chez les caprins“
Anim. Zootech. 40: 125-139
- Campbell, I.L. (1946):
“The accuracy of various methods of estimating a dairy cow's production of milk and butterfat”
Proc. Ann. Conf. New Zealand Soc. Anim. Prod.: 99
- Campos, M.S.; Wilcox, C.J.; Head, H.H.; Webb, D.W.; Hayen, J. (1994):
„Effects on production of milking three times daily on first lactation Holsteins and Jerseys in Florida”
J. Dairy Sci. 7: 770-773
- Cassandro, M.; Carnier, P.; Gallo, L.; Mantovani, R.; Costiero, B.; Bittante, G. (1995):
“Bias and Accuracy of single milking testing schemes to estimate daily and lactation milk yield”
J. Dairy Sci. 78: 2884-2893
- Coenen, M. (1979):
“Zum Einfluss der Nährstoffversorgung ante und post partum auf Milchmenge und Zusammensetzung sowie spezifische Blutwerte bei Kühen mittlerer und hoher Leistung“
Diss. Hannover
- Davey, G.P.; Alexander, G.I. (1954):
“The accuracy of estimation of a dairy cow's production of milk and butterfat”
Queensland J. Agr. Sci. 11: 75

De Lorenzo, M.A.; Wiggans, G.R. (1986):

“Factors for estimating daily yield of milk, fat, and protein from a single milking for herds milked twice a day”

J. Dairy Sci. 69: 2386-2394

Depke, W. (1981):

“Untersuchungen zur Konstitution und Fruchtbarkeit an ausgewählten Nachkommengruppen des Deutschen Schwarzbunten Milchrindes anhand von Blutuntersuchungen“

Diss. Hannover

Dick, I.D. (1950):

“Some results on the accuracy of milk sampling over a complete lactation and the daily variability in milk yields”

N.Z. J. Sci. Tech. Agric. 32 (1): 25-29

Dickinson, F.N.; Mc Daniel, B.T. (1970):

„Single milking yields versus 24-hours yields for estimating lactation milk production by the test interval method“

J. Dairy Sci. 53: 200-207

Ditting, K. (1999):

“Dreimaliges Melken (Stand 30.11.1999)”

persönliche Mitteilung

Duda, J.; Aumann, J. (1997):

„Reliability of new methods in milk recording“

48th Annual Meeting of the EAAP, Wien, 1997; Vortrag

Dünnebier, W. (1971):

“Die Verlängerung der Prüfungszeiträume - eine Möglichkeit der Rationalisierung der Milchleistungsprüfungen”

Tierzüchter 23: 40-41

Eckart, K. (1980):

“Bestimmung des Harnstoffgehaltes in der Milch - Ein Beitrag zur Beurteilung der Protein- und Energieversorgung bei Kühen“

Diss. München

Erb, R.E.; Goodwin, M.M.; Morrison, R.A.; Shaw, A.O. (1952):

“Lactation studies. IV. Accuracy of different methods of estimating lactation yields“

J. Dairy Sci. 35: 977-987

Essl, A.; Haiger, A.; Obritzhauser, W.; Steinwender, R. (1974):

„Zur Frage der Schätzgenauigkeit von verschiedenen Kontrollmethoden bei der Milchleistungsprüfung“

Züchtungskunde 46: 330-337

Everett, R.W.; Wadell, L.H. (1970 a):

„Source of variation affecting the difference between morning and evening milk production“

J. Dairy Sci. 53: 1424-1429

Everett, R.W.; Wadell, L.H. (1970 b):

„Source of variation affecting ratio factors for estimating total daily milk yield from individual milkings“

J. Dairy Sci. 53: 1430-1435

Everett, R.W.; Wadell, L.H. (1970 c):

„Relationships between milking intervals and individual milk weights“
J. Dairy Sci. 53: 548-553

Everett, R.W.; Mc Daniel, B.T.; Carter, H.W. (1968):

„Accuracy of monthly, bimonthly, and trimonthly Dairy Herd Improvement
Association records“
J. Dairy Sci. 51: 1051

Fachbereichsstandard (1965):

“Fachbereichsstandard zur Durchführung der Milchleistungsprüfung in der DDR”
gültig ab 1.11.1965

Fachbereichsstandard 20829 (1984):

“Fachbereichsstandard zur Durchführung der Milchleistungsprüfung in der
Rinderzucht der DDR”
gültig ab 1.11.1984

Flock, D. (1969):

„Wieviele Kontrollen sind zur Abschätzung der 305-Tageleistung erforderlich?“
Der Tierzüchter 21: 38-39

Gernand, E.; Recknagel, R.; Heerbach, B. (1999):

„Möglichkeiten zur kostensparenden Milchleistungsprüfung
2. Mitt.: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von aufwandsreduzierten Verfahren zur
Feststellung der Laktationsleistung“
Arch. Tierz., Dummerstorf 42: 117-134

Giaccone, P.; Portolano, B.; Todaro, M.; Leto, G. (1996):

“Semplificazione dei metodi di controllo della produzione di latte nella specie caprina”

Zoot. Nutr. Anim. 22: 139-148

Gilbert, G.R.; Hargrove, G.L.; Kroger, M. (1973):

„Diurnal variations in milk yield, fat yield, milk fat percentage and milk protein percentage of Holstein-Friesian cows”

J. Dairy Sci. 56, 409-410

Glavin, D.; Jensen, E.L.; Hardie, A.R. (1991):

„Variation in AM and PM fractions of yield in dairy cattle“

J. Dairy Sci. 74 (Suppl. 1): 380

Gravert, H.O. (1983):

„Die Milch. Erzeugung, Gewinnung, Qualität“

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart ISBN 3-8001-4343-7

Gütte, J.O. (1953):

„Untersuchungen über die Unterschiede im Fettgehalt der Morgen-, Mittags- und Abendmilch“

Milchwissenschaft 9: 321-324

Hagemester, H. (1981):

“Einfluss von Fütterung und Milchleistung auf die Milchezusammensetzung”

Mitteilungen der LWK S-H 311: 11-18

Haile-Mariam, M., Bowman, P.J.; Goddard, M.E. (2001):

“Genetic and environmental correlations between test-day somatic cell count and milk yield traits”

Livest. Prod. Sci. 73 (1): 1-13

Hamann, J.; Gyodi, P. (1999):

„Electrical conductivity in fraction-collected quarter milk samples with low somatic cell counts”

Milchwissenschaft 54: 487-491

Hamann, J.; Gyodi, P. (2000):

„Somatic cells and electrical conductivity in relation to milking frequency“

Milchwissenschaft 55: 303-307

Hargrove, G.L. (1994):

“Bias in composite milk samples with unequal milking intervals”

J. Dairy Sci. 77: 1917-1921

Hargrove, G.L.; Gilbert, G.R. (1984):

„Differences in morning and evening sample milkings and adjustment to daily weights and percents”

J. Dairy Sci. 67: 194-200

Hartwig, S. (1997):

“Alternierende Milchleistungsprüfung - eine neue Möglichkeit der Milchleistungsprüfung”

Rind Aktuell 1: 18

Hartwig, S. (2000):

persönliche Mitteilung

Hartwig, S. (2002):

persönliche Mitteilung

Hippauf, R. (2000):

„Johann Heinrich von Thünen Ein Lebensbild“
Hinstorff Verlag GmbH, Rostock, 1. Auflage

ICAR (1995):

“Enquête annuelle sur la situation du Contrôle Laitier bovin dans le pays membres“
Institut de l’Elevage, Satzung Dezember 1995

ICAR (2000):

Satzung
Version 16. Mai 2000

ICAR (2001 a):

[www. ICAR.org/first.htm](http://www.ICAR.org/first.htm)

ICAR (2001 b):

“International agreement of recording practices”
Version 23. Mai 2001

ICAR (2002):

“Enquête annuelle sur la situation du Contrôle Laitier bovin dans le pays membres“
Institut de l’Elevage, März 2002

Ipema, A.H.; Hogewerf, P.H. (2002):

„Detachment criteria and milking duration“
First North American conference on robotic milking, 20.-22.03.2002, Toronto, Kanada

Jahnke, B. (1999):

“Durchgängig dreimal melken?”
Bauernzeitung 36: 46-47

Jahnke, B. (2000):

“Auswirkungen eines täglichen dreimaligen Milchentzuges bei Kühen auf die Leistung und Wirtschaftlichkeit”

Forschungsbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V
Institut für Tierproduktion

Jahnke, B; Wolf, J. (1999):

“Plötzlich eine Melkzeit weniger? Umstellung von zwei- auf dreimal Melken während der Laktation”

Neue Landwirtschaft 6: 58-62

Johansson, I. (1942):

“Untersuchungen über die Methodik der Milchleistungskontrolle”

Z. f. Tierz. und Züchtungsbiol. 51: 229-278

Kaufmann, W.; Lotthammer K.-H.; Lüpping, W. (1982):

„Zum Einfluss eines verminderten Rohproteingehaltes der Ration über Verwendung von geschütztem Protein auf Milchleistung und einige Blutparameter als Kennzeichen der Leberbelastung“

Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde 47: 85-101

Keawpromman, C. (1988):

„Investigations on day-to -day variation in milk yield, fat and protein content“

Diss. Kiel

Klein, B. (1984):

“Serumharnstoffbestimmungen in Milchviehherden zur Beurteilung der Protein- und Energieversorgung“

Diss. München

Koorn, D.S.; Wilmink, J.B.M. (1994):

„The use of daily recorded milk yield by ICAR approved milk meters to reduce costs of milk recording”

Proceedings of the 29th biennial session of the International Committee for Animal Recording (ICAR) Ottawa, Canada, 31. Juli bis 5. August 1994

Kuwan, K. (1996):

persönliche Mitteilung

Lauprecht, E. (1950):

„Beitrag zur Frage der bei der 28-tägigen Milchkontrolle auftretenden Schwankungen der Jahresabschlüsse“

Z. Tierzucht Züchtungsbiologie 58: 511-518

Ledic, I.L.; Sobrinho, E.B.; Tupy, O. (1991):

“Comparação de métodos para estimar a produção de leite com base em controles semanais, quinzenais, mensais e bimestrais“

Pesq. Agropec. Bras., Brasilia, 26 (8): 1127-1137

Lee, A.J.; Wardrop, J. (1984):

„Predicting daily milk yield, fat percent, and protein percent from morning or afternoon tests”

J. Dairy Sci. 67: 351-360

Lee, C.; Pollak, E.J.; Everett, R.W.; Mc Culloch, C.E. (1995):

“Multiplicative factors for estimating of daily milk and component yields from single morning or afternoon tests”

J. Dairy Sci. 78: 221-235

Liu, Z.; Kuwan, K. (1999):

“Korrekturverfahren für die alternierende MLP (AT4)”

VIT Verden 20.04.1999

Liu, Z.; Kuwan, K.; Reinhardt, F.; Reents, R. (1998):

„Auswertungen AT-Versuch Niedersachsen“

VIT-Ausschuss ZWS 26.11.1998, Verden

LKV M-V (1992):

“Jahresbericht 1991 LKV Mecklenburg-Vorpommern”

LKV M-V (2002):

“Jahresbericht 2001 LKV Mecklenburg-Vorpommern”

LWK Hannover (1996):

Rundschreiben der Landwirtschaftskammer Nr. 3/96

M’Candlish, A.C.; M’Vicar, A. (1925):

“Are milk record association results accurate?”

Scot. J. Agr. 8: 201-205

bei Erb et al. (1952)

Mc Daniel, B.T. (1969):

“Accuracy of sampling procedures for estimating lactation yields: A review”

J. Dairy Sci. 52: 1742-1761

Mill, W. (1998):

“Lohnt sich dreimaliges Melken?”

Bauernzeitung 24: 36-37

Mohrenstecher-Strie, J. (1989):

“Milchharnstoffuntersuchungen bei frischlaktierenden Kühen zur Beurteilung der Energie- und Proteinversorgung unter Berücksichtigung des Einsatzes in einem Herdenkontrollprogramm“

Diss. Bonn

Montobbio, P.; Dadati, E.; Rosati, A.; Muller, C.; Santus, E.; Vicario, D. (1994):

“Prediction of milk yield and milk components in alternate recording schemes (AT)”
Proceedings of the 29th biennial session of the International Committee for Animal Recording (ICAR) Ottawa, Canada, 31. Juli bis 5. August 1994

Mügge, B.; Grothe, P.O.; Zelfel, S.; Feddersen, E. (2001):

„125 Jahre Deutsche Holsteinzucht. Die Organisation gestern und heute“
Milchrind *I*: 42-46

National DHIA (2002):

„Official records (all official DHI rules apply)“
<http://www.dhia.org/stfref.htm>

Norman, H.D.; Van Raden P.M.; Wright, J.R.; Clay, J.S. (1999):

“Comparison of test interval and best prediction methods for estimation of lactation yield from monthly, a.m.-p.m., and trimonthly testing”
J. Dairy Sci. 82: 438-444

Oltner, R.; Wiktorsson, H. (1983):

„Urea concentrations in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows“
Livest. Prod. Sci. *10*: 457-467

Oltner, R.; Emanuelson, M.; Wiktorsson, H. (1985):

“Urea concentrations in milk in relation to milk yield, live weight, lactation number and amount and composition of feed given to dairy cows”

Livest. Prod. Sci. 12: 47-57

Ormiston, E.E.; Spahr, S.L.; Touchberry, R.W.; Albright, J.L. (1967):

“Effects of milking at unequal intervals for a complete lactation on milk yield and composition“

J. Dairy Sci. 50, 1597-1605

Ouweltjes, W. (1998):

“The relationship between milking interval and milking interval in dairy cows”

Livest. Prod. Sci. 56: 193-201

Palmer, R.W.; Jensen, E.L.; Hardie, A.R. (1994):

„Removal of within-cow differences between morning and evening milk yields”

J. Dairy Sci. 77: 2663-2670

Pander, B.L.; Thompson, R.; Hill, W.G. (1993):

“The effect of increasing the interval between recordings on genetic parameters of test day yields of British Holstein-Friesian heifers”

Anim. Prod. 56: 159-164

Pape, K.R. (1994):

“Heinz Höpfe: Wir melken dreimal am Tag”

top agrar 8: R8-R11

Pauw, R. (1999):

“Prüfungsformen in der Milchleistungsprüfung”

2. Rinder-Workshop Uelzen 16.02.1999, Vortrag

Pauw, R.; Schulte-Lohmöller, H. (1998):

„Die Milchkontrolle wird billiger“

top agrar 3: R6-R9

Pauw, R.; Bergmann, J. (1999):

„Milchleistungsprüfung heute und morgen“

Milchrind 3: 32-34

Pearson, R.E.; Fulton, L.A.; Thompson, P.D.; Smith, J.W. (1979):

“Three times a day milking during the first half of lactation”

J. Dairy Sci. 62: 1941-1950

Petersen, W.E. (1942):

J.Dairy Sci. 25: 71 (zit. bei Gütte, 1953)

Piepenburg, J. (1998):

“Das Alternierende Kontrollverfahren in Schleswig-Holstein”

Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der Landwirtschaftskammer S-H; Nr. 522/523

Poly, J.; Poutous, M. (1967):

“Alternate monthly milk recording. I. Accuracy of recording monthly and every 2nd month, for 305-day milk”

Anim. Zootechn. 16: 183-190

Portolano, B.; Todaro, M.; Spatafora, F.; Bono, G.; Margotta, S.; Giaccone, P. (1997):

“Simplification of milk recording scheme in Comisana Milking Sheep”

Agr. Med. 127: 56-60

Porzio, G. (1953):

“Il controllo del latte secondo un nuovo metodo”

Ital. agric. 90: 421-427

Putnam, D.N.; Gilmore, H.C. (1968):

„Evaluation of an alternate AM and PM monthly testing plan and its application for use in the Dairy Herd Improvement Association program”

J. Dairy Sci. 51: 985 (Abstr.)

Putnam, D.N.; Gilmore, H.C. (1970):

„Factors to adjust milk production to a 24-hour basis when milking intervals are unequal”

J. Dairy Sci. 53, 685 (Abstr.)

Rasch, D.; Herrendörfer, G.; Bock, J.; Busch, K. (1978):

„Verfahrensbibliothek. Band 1 Versuchsplanung und -auswertung“

Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin

Reichmuth, J. (1968):

“Zum Einfluss subklinisch verlaufender Sekretionsstörungen und Mastitiden auf die Milchleistung von Kühen der Rasse ‘Deutsche Schwarzbunte’”

Diss. Freie Universität Berlin

Roever, G. (1983):

„Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Stoffwechselbelastungen und Fruchtbarkeit am schwarzbunten Rind“

Institut f. Tierz. und Tierhaltg. der C.-A.-Univ. Kiel

Rook, A.J.; Fisher, W.J., Sutton, J.D. (1992):

“Sources of variation in yields and concentrations of milk solids in dairy cows”

Anim. Prod. Sci. 54: 169-173

Rosati, A.; Fresi, P.; Montobbio, P.; Dadati, E.; Sanna, S.; Carta, A. (1994):
“Prediction of daily milk yield for Italian breeds of sheep using simplified methods”
Proceedings der 29. zweijährlichen Tagung des ICAR;
Ottawa, Kanada, 31. Juli bis 5. August 1994: 277-280

Rowlands, G.J.; Little, W.; Kitchenham, B.A. (1977):
“Relationship between blood composition and fertility in dairy cows - a field study”
J. Dairy Res. 44: 1-7

Sanna, S.; Astruc, J.M.; Carta, A.; Osati, A.; Barillet, F. (1994):
“Simplification of the daily milk test-day recording in sheep”
Proceedings der 29. zweijährlichen Tagung des ICAR;
Ottawa, Kanada, 31. Juli bis 5. August 1994: 281-286

Schaeffer, L.R.; Rennie, J.C. (1976):
„AM-PM testing for estimating lactation yields”
Can. J. Anim. Sci. 56: 9-15

Schaeffer, L.R.; Jamrozik, J.; Archer, A.A. (1994):
„Multiple trait prediction of 305-day milk, fat, and protein production of dairy cows
on automated milking systems“
Proceedings of the 29th biennial session of the International Committee for Animal
Recording (ICAR) Ottawa, Canada, 31. Juli bis 5. August 1994

Schaeffer, L.R.; Jamrozik, J.; van Dorp, R.; Kelton, D.F.; Lazenby, D.W. (2000):
“Estimating daily yields of cows from differenet milking schemes”
Livest. Prod. Sci. 65: 219-227

Schmidt, G.H.; Trimberger, G.W. (1963):

„Effect of unequal milking intervals on lactation milk, milk fat, and total solids production of cows”

J. Dairy Sci. 46, 19-21

Schulte-Coerne, H.; Gravert, H.O.; Pabst, K.; Keawpromman, C. (1988):

„Variation der täglichen Milchleistung als individuelle Eigenschaft von Kühen“

Züchtungskunde 60 (4): 311-318

Schulz, G.; Schmidt, T. (1999):

“Der Einsatz des LactoCorders in der amtlichen Milchleistungsprüfung in Schleswig-Holstein“

Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der Landwirtschaftskammer S-H; Nr. 530/531: 115-122

Shook, G.E.; Jensen, E.L.; Tyler, W.J.; Dickinson, F.N. (1973):

„Factors affecting estimates of daily milk yield from a single milking”

J. Dairy Sci. 56: 660 (Abstr.)

Sjaunja, L.-O. (1986):

“Day-to-day variation in milk yield, milk composition and somatic cell count”

Int. Comm. for Record. the Productiv. of Milk Anim. (ICRPMA) 25th Session

Smith, J.W.; Pearson, R.E. (1981):

“Development and evaluation of alternate testing procedures for official records”

J. Dairy Sci. 64: 466-474

Sprenkel, D.; Dodenhoff, J.; Dempfle, L. (2001):

„Zuchtwertschätzung auf Melkbarkeit mit Hilfe des Lactocorders“

SuB Heft 2: IV/1-IV/5

Steinert, D. (1997):

„Einmal reicht: Alternierende Milchkontrolle nicht immer aber immer öfter gefragt“
DLZ 4: 142-144

Stutz, R. (2001):

„Zur Geschichte der Milchleistungskontrolle in Mecklenburg-Vorpommern“
LKV M-V, Verlag Druckerei Steffen

Svennersten-Sjaunja, K.; Sjaunja, L.-O.; Bertilsson, J.; Wiktorsson, H. (1997):

„Use of regular milking records versus daily records for nutrition and other kinds of management“

Livest. Prod. Sci. 48: 167-174

Swalve, H. (1997):

„Wie lassen sich unsere Zuchtprogramme weiterentwickeln?“
Milchrind 3: 20-24

Syrstad, O. (1977):

“Day-to day variation in milk yield, fat content and protein content”
Livest. Prod. Sci. 4, 141-151

Thompson, N.R.; Stone, W.K.; Graf, G.C.; Kramer, C.Y.; Freund, R.Y. (1960):

„Errors in estimation of lactational yields of milk, fat, and solids-not-fat from individual cows“

J. Dairy Sci. 43: 951

Trappmann, W.; Schwaer, P.; Pauw, R.; Tholen, E. (1998):

„Alternierende Milchkontrolle als Alternative zur A4-Kontrolle“
Züchtungskunde 70 (2): 85-95

Turner, H.G. (1955):

„The effect of unequal intervals between milkings upon milk production and diurnal variation in milk secretion”

Austr. J. Agric. Res. 6:530-538

Ulrich, A. (1953):

Milchwissenschaft 8: 98 (zit. bei Gütte, 1953)

Van Raden, P.M.; Wiggans, G.R., Van Tassel, C.P. (1999):

“Changes in USDA-DHIA genetic evaluations (February 1999)”

<http://aipl.arsusda.gov>

Van Soest, P.J. (1982):

“Nutritional ecology of the ruminant”

O and B Books, Corvallis (zit. bei Ouweltjes, 1998)

Voigtländer, K.-H. (1965):

“Ein Beitrag zur Frage der notwendigen Anzahl an Kontrollen zur Ermittlung der Milchmenge und der Milchezusammensetzung“

Archiv f. Tierzucht 8: 113-130

Wendt, K.; Bostedt, H.; Mielke, H.; Fuchs, H.-W. (1994):

„Euter- und Gesäugekrankheiten“

Gustav Fischer Verlag

Wiggans, G.R. (1986):

„Estimating daily yields of cows milked three times a day“

J. Dairy Sci. 69: 2935-2940

Wiggans, G.R. (2002):

persönliche Mitteilung

Wolf, J.; Jahnke, B.; Studier, K. (1998):

„Mit der dritten Melkzeit zu höheren Gewinnen?“

top agrar Spezial 9: 12-16

Wójtowski, J.; Gut, A.; Ślósarz, P.; Moliński, K. (2001):

„A comparison of alternatives of milk recording schemes for dairy sheep“

Arch. Tierz. 44 (3): 297-303

Wood, P.D.P. (1967):

“Algebraic model of the lactation curve”

Nature 216: 165

Yadav, S.B.S.; Khanna, A.S. (1989):

„Reliability of estimating lactation milk yield by Sample-day-production method on interval records in Friesian and Haryana halfbreds”

Indian J. Anim. Prod. Mgmt. 5 (1): 26-29

9. Anhang

Tabelle A1: Berechnete Korrekturfaktoren¹ zur Schätzung des Tagesgesamtfettgehaltes² der Milch aus ein bzw. zwei Einzelgemelken

| Fettgehalt (%) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 1,03 | 1,06 | 1,05 |
| mittags | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| abends | 0,98 | 0,96 | 0,97 |
| morgens und mittags | 1,00 | 1,02 | 1,01 |
| mittags und abends | 0,97 | 0,97 | 0,97 |
| abends und morgens | 1,00 | 1,01 | 1,00 |

¹ Faktoren als Quotienten aus Mittelwerten; bei 2 Gemelken : arithmetisches Mittel beider Gehaltsmittelwerte

² Analysewert der Mischprobe aus allen 3 Gemelken

Tabelle A2: Berechnete Korrekturfaktoren¹ zur Schätzung des Tagesgesamteiweißgehaltes² der Milch aus ein bzw. zwei Einzelgemelken

| Eiweißgehalt (%) | Betrieb A | Betrieb B | beide Betriebe |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| morgens | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| mittags | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| abends | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| morgens und mittags | 1,01 | 1,00 | 1,01 |
| mittags und abends | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| abends und morgens | 1,01 | 1,00 | 1,00 |

¹ Faktoren als Quotienten aus Mittelwerten; bei 2 Gemelken : arithmetisches Mittel beider Gehaltsmittelwerte

² Analysewert der Mischprobe aus allen 3 Gemelken

Tabelle A3: Logarithmierte Zellgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageszellgehalt (Betrieb A) (n=1.440 MLP-Ergebnisse)

| log Zellzahl ² | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu gesamt ¹ | |
|------------------------------|-----------|------|-------|--------|----------------------------------|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 2,49 | 1,71 | -1,64 | +9,02 | -0,23 | 1,28 |
| mittags | 2,57 | 1,74 | -1,64 | +10,88 | -0,15 | 0,67 |
| abends | 2,69 | 1,67 | -1,64 | +9,25 | -0,03 | 1,65 |
| gesamt ¹ | 2,72 | 1,65 | -0,84 | +10,12 | | |

¹ Analysewert der Mischprobe aus allen 3 Gemelken

² $\log_2(ZZ) + 3$

Tabelle A4: Logarithmierte Zellgehaltswerte der drei Teilgemelke im Vergleich zum Tageszellgehalt (Betrieb B) (n=1.400 MLP-Ergebnisse)

| log Zellzahl ² | \bar{x} | s | min | max | Differenz zu gesamt ¹ | |
|------------------------------|-----------|------|-------|--------|----------------------------------|------|
| | | | | | \bar{x} | s |
| morgens | 3,57 | 1,62 | -0,47 | +9,11 | -0,17 | 0,54 |
| mittags | 3,69 | 1,62 | -0,47 | +8,90 | -0,05 | 0,56 |
| abends | 3,79 | 1,58 | +0,16 | +10,67 | +0,05 | 0,51 |
| gesamt ¹ | 3,74 | 1,55 | -0,06 | +9,49 | | |

¹ Analysewert der Mischprobe aus allen 3 Gemelken

² $\log_2(ZZ) + 3$

Tabelle A5: Schätzung des Zellgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand eines bzw. zweier Einzelgemelke ohne Korrektur¹ und Vergleich mit der wahren Leistung (n=2.840 MLP-Ergebnisse)

| Zellgehalt (1.000/ml) | \bar{x} | | |
|--------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|
| | Einzelgemelke | Tag wahr ² | Differenz geschätzt-wahr |
| morgens | 234 | 254 | -20 |
| mittags | 262 | 254 | +8 |
| abends | 271 | 254 | +17 |
| morgens + mittags | 248 | 254 | -6 |
| mittags + abends | 267 | 254 | +13 |
| abends + morgens | 251 | 254 | -3 |

¹ Korrekturfaktor=1,00

² Zellgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Zellmengen der Einzelgemelke

Tabelle A6: Schätzung des Laktosegehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand eines bzw. zweier Einzelgemelke ohne Korrektur¹ und Vergleich mit der wahren Leistung (n=2.840 MLP-Ergebnisse)

| Laktosegehalt (%) | \bar{x} | | |
|----------------------|---------------|-----------------------|--|
| | Einzelgemelke | Tag wahr ² | Differenz geschätzt-wahr (%-Punkte) |
| morgens | 4,78 | 4,79 | -0,01 |
| mittags | 4,80 | 4,79 | +0,01 |
| abends | 4,78 | 4,79 | -0,01 |
| morgens + mittags | 4,79 | 4,79 | 0,00 |
| mittags + abends | 4,79 | 4,79 | 0,00 |
| abends + morgens | 4,78 | 4,79 | -0,01 |

¹ Korrekturfaktor=1,00

² Laktosegehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Laktosemengen der Einzelgemelke

Tabelle A7: Schätzung des Harnstoffgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh anhand eines bzw. zweier Einzelgemelke ohne Korrektur¹ und Vergleich mit der wahren Leistung (n=2.840 MLP-Ergebnisse)

| Harnstoffgehalt (mg/l) | \bar{x} | | |
|---------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|
| | Einzelgemelke | Tag wahr ² | Differenz geschätzt-wahr |
| morgens | 281 | 288 | -7 |
| mittags | 293 | 288 | +5 |
| abends | 291 | 288 | +3 |
| morgens + mittags | 287 | 288 | -1 |
| mittags + abends | 292 | 288 | +4 |
| abends + morgens | 286 | 288 | -2 |

¹ Korrekturfaktor=1,00

² Harnstoffgehalt der Tagesgesamtmilch berechnet aus Summe der Harnstoffmengen der Einzelgemelke

Tabelle A8: Bestimmtheitsmaße zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge je Kuh aus einem Einzelgemelk nach dem Korrekturverfahren Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- Monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|---------|--------|--------------|---------|--------|
| | r^2 | | | r^2 | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 0,8541 | 0,9078 | 0,8769 | 0,8736 | 0,8401 | 0,8541 |
| 2 | 0,8206 | 0,7078 | 0,8292 | 0,7915 | 0,8049 | 0,8037 |
| 3 | 0,8108 | 0,6870 | 0,7790 | 0,8210 | 0,8114 | 0,8674 |
| 4 | 0,8351 | 0,8723 | 0,8484 | 0,8844 | 0,8517 | 0,8146 |
| 5 | 0,7970 | 0,8627 | 0,7618 | 0,8523 | 0,8756 | 0,8732 |
| 6 | 0,8831 | 0,9005 | 0,8018 | 0,8589 | 0,8235 | 0,8472 |
| 7 | 0,8106 | 0,9058 | 0,8633 | 0,7993 | 0,8015 | 0,8262 |
| 8 | 0,8929 | 0,8768 | 0,8812 | 0,8060 | 0,8806 | 0,8318 |
| 9 | 0,7914 | 0,8331 | 0,7789 | 0,7503 | 0,8662 | 0,7404 |
| 10 | 0,9014 | 0,8847 | 0,8578 | 0,8422 | 0,8627 | 0,8032 |
| 11 | 0,8676 | 0,7803 | 0,7428 | 0,8480 | 0,8688 | 0,8229 |
| ≥12 | 0,8738 | 0,8633 | 0,8597 | 0,7483 | 0,8304 | 0,6227 |

Tabelle A9: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge je Kuh anhand des Morgengemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,2646 | 2,3691 | 0,5878 | 1,9031 |
| 2 | 0,4461 | 1,8910 | 0,6224 | 1,8075 |
| 3 | 0,4218 | 1,8822 | 0,5854 | 1,7258 |
| 4 | 0,3183 | 2,0774 | 0,4920 | 1,8081 |
| 5 | 0,3895 | 1,7935 | 0,3324 | 2,1195 |
| 6 | 0,2077 | 2,3085 | 0,3423 | 1,9695 |
| 7 | 0,1777 | 2,3472 | 0,4158 | 1,7154 |
| 8 | 0,1339 | 2,5115 | 0,1925 | 2,3100 |
| 9 | 0,3773 | 1,6871 | 0,3439 | 1,8139 |
| 10 | 0,2260 | 2,1377 | 0,1986 | 2,1397 |
| 11 | 0,1746 | 2,2568 | 0,1681 | 2,1821 |
| ≥12 | 0,1486 | 2,3912 | 0,2552 | 1,8810 |

Tabelle A10: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge je Kuh anhand des Mittagsgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,2292 | 2,3235 | 0,5656 | 1,8110 |
| 2 | 0,5780 | 1,4300 | 0,5814 | 1,7482 |
| 3 | 0,5731 | 1,3562 | 0,6014 | 1,6476 |
| 4 | 0,4224 | 1,7406 | 0,5138 | 1,8013 |
| 5 | 0,3124 | 2,1028 | 0,2752 | 2,2403 |
| 6 | 0,1430 | 2,6360 | 0,1999 | 2,3456 |
| 7 | 0,1351 | 2,5944 | 0,2467 | 2,1940 |
| 8 | 0,1697 | 2,4291 | 0,1640 | 2,3787 |
| 9 | 0,2543 | 2,1753 | 0,1829 | 2,2935 |
| 10 | 0,1112 | 2,5585 | 0,1569 | 2,4189 |
| 11 | 0,2575 | 2,1930 | 0,1190 | 2,4149 |
| ≥12 | 0,1903 | 2,3241 | 0,0913 | 2,5907 |

Tabelle A11: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge je Kuh anhand des Abendmelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,2997 | 2,1991 | 0,6266 | 1,7816 |
| 2 | 0,4824 | 1,6676 | 0,5909 | 1,7894 |
| 3 | 0,4089 | 1,8644 | 0,5520 | 1,8240 |
| 4 | 0,3065 | 2,1486 | 0,5474 | 1,7469 |
| 5 | 0,4841 | 1,5728 | 0,3460 | 2,1385 |
| 6 | 0,4178 | 1,7983 | 0,2200 | 2,5001 |
| 7 | 0,2737 | 2,2307 | 0,3597 | 2,1500 |
| 8 | 0,2176 | 2,4024 | 0,3115 | 2,1252 |
| 9 | 0,4174 | 1,8201 | 0,2799 | 2,1913 |
| 10 | 0,2707 | 2,2819 | 0,2471 | 2,2592 |
| 11 | 0,2642 | 2,2285 | 0,2369 | 2,2984 |
| ≥12 | 0,1815 | 2,4835 | 0,2939 | 2,0439 |

Tabelle A12: Bestimmtheitsmaße zur Schätzung des Fettgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh aus einem Einzelgemelk nach dem Korrekturverfahren Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|----------------|---------|--------|----------------|---------|--------|
| | r ² | | | r ² | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 0,7440 | 0,6974 | 0,3988 | 0,5831 | 0,6757 | 0,3069 |
| 2 | 0,5188 | 0,6353 | 0,3643 | 0,5725 | 0,5799 | 0,5521 |
| 3 | 0,5546 | 0,6469 | 0,4636 | 0,5210 | 0,5337 | 0,5539 |
| 4 | 0,6228 | 0,6350 | 0,5815 | 0,4524 | 0,4840 | 0,4746 |
| 5 | 0,6312 | 0,6873 | 0,5003 | 0,5802 | 0,6442 | 0,3152 |
| 6 | 0,6483 | 0,7486 | 0,6627 | 0,7011 | 0,6932 | 0,5710 |
| 7 | 0,7999 | 0,8662 | 0,7605 | 0,7504 | 0,8114 | 0,6929 |
| 8 | 0,8920 | 0,8925 | 0,9031 | 0,7692 | 0,7719 | 0,6986 |
| 9 | 0,7268 | 0,7423 | 0,6530 | 0,6911 | 0,7741 | 0,6923 |
| 10 | 0,8444 | 0,8914 | 0,7899 | 0,7608 | 0,8165 | 0,5364 |
| 11 | 0,9169 | 0,8674 | 0,8440 | 0,7825 | 0,7554 | 0,6720 |
| ≥12 | 0,8187 | 0,7793 | 0,8022 | 0,7503 | 0,7155 | 0,5683 |

Tabelle A13: Bewertung der Genauigkeit des Korrekturverfahrens zur Schätzung der Tagesgesamtfettmenge je Kuh nach Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen ausgehend vom Morgengemelk, Mittags- und Abendgemelk anhand der MSE-Werte

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|---------|--------|--------------|---------|--------|
| | MSE | | | MSE | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 0,0217 | 0,0159 | 0,0438 | 0,0446 | 0,0438 | 0,0499 |
| 2 | 0,0185 | 0,0277 | 0,0157 | 0,0483 | 0,0462 | 0,0488 |
| 3 | 0,0204 | 0,0184 | 0,0201 | 0,0448 | 0,0505 | 0,0305 |
| 4 | 0,0195 | 0,0146 | 0,0195 | 0,0292 | 0,0334 | 0,0360 |
| 5 | 0,0153 | 0,0154 | 0,0165 | 0,0321 | 0,0283 | 0,0224 |
| 6 | 0,0099 | 0,0113 | 0,0106 | 0,0178 | 0,0185 | 0,0233 |
| 7 | 0,0073 | 0,0105 | 0,0083 | 0,0242 | 0,0195 | 0,0208 |
| 8 | 0,0064 | 0,0070 | 0,0080 | 0,0199 | 0,0130 | 0,0163 |
| 9 | 0,0122 | 0,0163 | 0,0181 | 0,0231 | 0,0179 | 0,0253 |
| 10 | 0,0098 | 0,0091 | 0,0142 | 0,0130 | 0,0134 | 0,0166 |
| 11 | 0,0064 | 0,0137 | 0,0093 | 0,0096 | 0,0068 | 0,0124 |
| ≥12 | 0,0070 | 0,0090 | 0,0073 | 0,0118 | 0,0061 | 0,0135 |

Tabelle A14: Bestimmtheitsmaße zur Schätzung des Eiweißgehaltes der Tagesgesamtmilch je Kuh aus einem Einzelgemelk nach dem Korrekturverfahren Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|----------------|--------|--------------|----------------|--------|
| | morgens | r ² | | morgens | r ² | |
| | | mittags | abends | | mittags | abends |
| 1 | 0,8126 | 0,8076 | 0,6909 | 0,8737 | 0,8077 | 0,7071 |
| 2 | 0,8597 | 0,7926 | 0,6785 | 0,8719 | 0,7456 | 0,7889 |
| 3 | 0,7955 | 0,7739 | 0,7064 | 0,8467 | 0,8170 | 0,8089 |
| 4 | 0,8819 | 0,7958 | 0,8519 | 0,7664 | 0,6977 | 0,6091 |
| 5 | 0,7655 | 0,7469 | 0,6497 | 0,7419 | 0,8039 | 0,6122 |
| 6 | 0,8200 | 0,8220 | 0,7622 | 0,8505 | 0,8334 | 0,6989 |
| 7 | 0,9331 | 0,9099 | 0,7313 | 0,9468 | 0,9230 | 0,8211 |
| 8 | 0,9689 | 0,9482 | 0,9262 | 0,9327 | 0,9177 | 0,8379 |
| 9 | 0,8909 | 0,8878 | 0,7885 | 0,8816 | 0,9164 | 0,7966 |
| 10 | 0,9293 | 0,8754 | 0,8837 | 0,8245 | 0,9022 | 0,8707 |
| 11 | 0,9747 | 0,9785 | 0,9520 | 0,8612 | 0,8547 | 0,7165 |
| ≥12 | 0,9021 | 0,9141 | 0,9112 | 0,8914 | 0,7867 | 0,7412 |

Tabelle A15: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamteiweißmenge je Kuh anhand des Morgengemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,2218 | 2,2046 | 0,2048 | 2,4501 |
| 2 | 0,2347 | 2,2216 | 0,3579 | 2,1045 |
| 3 | 0,2528 | 2,1470 | 0,2804 | 2,1966 |
| 4 | 0,2067 | 2,2322 | 0,2511 | 2,2288 |
| 5 | 0,1926 | 2,2597 | 0,1511 | 2,4340 |
| 6 | 0,0845 | 2,5593 | 0,2285 | 2,1042 |
| 7 | 0,1056 | 2,4486 | 0,2763 | 1,9209 |
| 8 | 0,1124 | 2,4388 | 0,1339 | 2,3140 |
| 9 | 0,2357 | 1,9605 | 0,2323 | 1,9985 |
| 10 | 0,1073 | 2,4070 | 0,1228 | 2,2902 |
| 11 | 0,1427 | 2,2964 | 0,1274 | 2,2173 |
| ≥12 | 0,1133 | 2,3846 | 0,1889 | 1,9818 |

Tabelle A16: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamteiweißmenge je Kuh anhand des Mittagsgemelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,0828 | 2,7463 | 0,2345 | 2,4754 |
| 2 | 0,2709 | 2,1753 | 0,2441 | 2,4487 |
| 3 | 0,3298 | 1,9560 | 0,2225 | 2,4648 |
| 4 | 0,1060 | 2,6761 | 0,1746 | 2,6062 |
| 5 | 0,1316 | 2,5397 | 0,1240 | 2,6151 |
| 6 | 0,1387 | 2,5545 | 0,1092 | 2,6222 |
| 7 | 0,0857 | 2,7363 | 0,1300 | 2,5255 |
| 8 | 0,1159 | 2,6252 | 0,1408 | 2,4910 |
| 9 | 0,1687 | 2,3461 | 0,1261 | 2,4316 |
| 10 | 0,1166 | 2,5394 | 0,0840 | 2,6434 |
| 11 | 0,1979 | 2,2819 | 0,0959 | 2,4740 |
| ≥12 | 0,1417 | 2,4272 | 0,1360 | 2,3658 |

Tabelle A17: Berechnete Regressionsparameter zur Schätzung der Tagesgesamteiweißmenge je Kuh anhand des Abendmelkes nach Modell 6 des VIT für ein Melkintervall von 8:8:8 Stunden und 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen

| Laktations- monat | Laktation | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | >1 | |
| | b ₀ | b ₁ | b ₀ | b ₁ |
| 1 | 0,1061 | 2,6629 | 0,3382 | 2,1635 |
| 2 | 0,3343 | 1,9550 | 0,3532 | 2,2130 |
| 3 | 0,2770 | 2,1437 | 0,3121 | 2,3247 |
| 4 | 0,2009 | 2,4448 | 0,2614 | 2,3921 |
| 5 | 0,2677 | 2,2327 | 0,2346 | 2,4743 |
| 6 | 0,2458 | 2,2643 | 0,1132 | 2,8799 |
| 7 | 0,2028 | 2,4015 | 0,2512 | 2,4459 |
| 8 | 0,1205 | 2,7138 | 0,2034 | 2,4655 |
| 9 | 0,2406 | 2,3527 | 0,2201 | 2,3629 |
| 10 | 0,1314 | 2,7193 | 0,1965 | 2,4127 |
| 11 | 0,1987 | 2,3858 | 0,1604 | 2,6242 |
| ≥12 | 0,0938 | 2,8037 | 0,2433 | 2,1839 |

Tabelle A18: Bewertung der Genauigkeit des Korrekturverfahrens zur Schätzung der Tagesgesamteiweißmenge je Kuh nach Modell 6 des VIT innerhalb der 24 Laktation-Laktationsstadium-Klassen ausgehend vom Morgengemelk, Mittags- und Abendgemelk anhand der MSE-Werte

| Laktations- monat | Laktation 1 | | | Laktation >1 | | |
|----------------------|-------------|---------|--------|--------------|---------|--------|
| | MSE | | | MSE | | |
| | morgens | mittags | abends | morgens | mittags | abends |
| 1 | 0,0090 | 0,0059 | 0,0085 | 0,0108 | 0,0147 | 0,0120 |
| 2 | 0,0072 | 0,0147 | 0,0057 | 0,0140 | 0,0204 | 0,0136 |
| 3 | 0,0074 | 0,0129 | 0,0093 | 0,0141 | 0,0187 | 0,0108 |
| 4 | 0,0075 | 0,0064 | 0,0067 | 0,0085 | 0,0116 | 0,0146 |
| 5 | 0,0082 | 0,0068 | 0,0094 | 0,0146 | 0,0119 | 0,0121 |
| 6 | 0,0057 | 0,0048 | 0,0076 | 0,0085 | 0,0111 | 0,0091 |
| 7 | 0,0044 | 0,0047 | 0,0068 | 0,0142 | 0,0133 | 0,0126 |
| 8 | 0,0051 | 0,0058 | 0,0054 | 0,0114 | 0,0076 | 0,0100 |
| 9 | 0,0080 | 0,0076 | 0,0107 | 0,0127 | 0,0086 | 0,0139 |
| 10 | 0,0044 | 0,0057 | 0,0071 | 0,0090 | 0,0074 | 0,0098 |
| 11 | 0,0043 | 0,0069 | 0,0078 | 0,0078 | 0,0066 | 0,0085 |
| ≥12 | 0,0045 | 0,0048 | 0,0045 | 0,0078 | 0,0058 | 0,0092 |

Tabelle A19: Vergleich der Genauigkeiten verschiedener Modelle zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus zwei gemessenen Einzelgemelksmengen (n=2840)

| gemessene Gemelke | | MSE | r^2 |
|-------------------|-----------------------------|--------|--------|
| morgens + mittags | Faktor | 2,2629 | 0,9751 |
| morgens + mittags | multiple lineare Regression | 2,2610 | 0,9751 |
| morgens + abends | Faktor | 2,2114 | 0,9766 |
| morgens + abends | multiple lineare Regression | 2,1218 | 0,9766 |
| mittags + abends | Faktor | 2,9373 | 0,9692 |
| mittags + abends | multiple lineare Regression | 2,7956 | 0,9692 |

Tabelle A20: Vergleich der Genauigkeiten verschiedener Modelle zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus einer gemessenen Einzelgemelksmenge (n=2840)

| gemessene Gemelke | | MSE | r^2 |
|-------------------|-----------------------------|---------|--------|
| morgens | Faktor | 9,8200 | 0,8980 |
| morgens | einfache lineare Regression | 9,2396 | 0,8980 |
| mittags | Faktor | 8,8298 | 0,9080 |
| mittags | einfache lineare Regression | 8,3364 | 0,9080 |
| abends | Faktor | 10,8384 | 0,9001 |
| abends | einfache lineare Regression | 9,0537 | 0,9001 |

Tabelle A21: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der Fettgehalte der Milch je Kuh und Tag aus der AS43-Kontrolle (n=2840)

| Tagesfettgehalte (%) | | | Differenz (%-Punkte) | | | |
|---|-----------|------|----------------------|------|-------|-------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | min | max |
| AS43-Mischprobe | 4,07 | 0,74 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,07 | 0,87 | 0,00 | 0,61 | -6,23 | +7,12 |
| einfache lineare Regression | 4,07 | 0,54 | 0,00 | 0,51 | -6,05 | +4,66 |
| Wiggans | 3,98 | 0,85 | -0,09 | 0,60 | -6,31 | +6,88 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,07 | 0,90 | 0,00 | 0,46 | -3,23 | +5,61 |
| einfache lineare Regression | 4,07 | 0,64 | 0,00 | 0,38 | -2,81 | +3,30 |
| Wiggans | 4,13 | 0,91 | 0,06 | 0,47 | -3,19 | +5,79 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,07 | 0,80 | 0,00 | 0,66 | -5,65 | +3,85 |
| einfache lineare Regression | 4,07 | 0,54 | 0,00 | 0,51 | -6,05 | +4,66 |
| Wiggans | 4,21 | 0,83 | 0,13 | 0,67 | -5,51 | +4,08 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,07 | 0,77 | 0,00 | 0,31 | -3,37 | +3,44 |
| multiple lineare Regression | 4,07 | 0,68 | 0,00 | 0,29 | -3,17 | +2,43 |
| Wiggans | 4,05 | 0,77 | -0,02 | 0,32 | -3,12 | +3,54 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,07 | 0,73 | 0,00 | 0,36 | -3,18 | +2,22 |
| multiple lineare Regression | 4,07 | 0,67 | 0,00 | 0,32 | -2,73 | +2,26 |
| Wiggans | 4,16 | 0,74 | +0,09 | 0,36 | -2,78 | +2,20 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 4,07 | 0,72 | 0,00 | 0,47 | -5,93 | +4,02 |
| multiple lineare Regression | 4,07 | 0,59 | 0,00 | 0,45 | -5,94 | +3,85 |
| Wiggans | 4,07 | 0,72 | 0,00 | 0,48 | -5,94 | +4,00 |

Tabelle A22: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Fettmenge der Milch je Kuh und Tag (n=2840)

| Tagesfettmenge (kg) | | | Differenz | | | |
|---|-----------|-------|-----------|-------|--------|--------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | min | max |
| wahr (aus \sum Fkg Gemelk) | 1,111 | 0,350 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 1,111 | 0,390 | 0,000 | 0,203 | -1,284 | +2,097 |
| einfache lineare Regression | 1,111 | 0,300 | 0,000 | 0,181 | -1,327 | +1,207 |
| Wiggans | 1,100 | 0,387 | -0,011 | 0,201 | -1,297 | +2,048 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 1,111 | 0,397 | 0,000 | 0,198 | -1,362 | +2,094 |
| Einfache lineare Regression | 1,111 | 0,304 | 0,000 | 0,175 | -1,447 | +1,256 |
| Wiggans | 1,139 | 0,407 | +0,028 | 0,203 | -1,341 | +2,213 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 1,111 | 0,429 | 0,000 | 0,212 | -1,449 | +1,698 |
| Einfache lineare Regression | 1,111 | 0,305 | 0,000 | 0,172 | -1,314 | +0,938 |
| Wiggans | 1,091 | 0,422 | -0,019 | 0,207 | -1,454 | +1,630 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 1,111 | 0,354 | 0,000 | 0,101 | -0,810 | +0,696 |
| einfache lineare Regression | 1,111 | 0,336 | 0,000 | 0,100 | -0,832 | +0,618 |
| Wiggans | 1,122 | 0,357 | +0,012 | 0,102 | -0,797 | +0,718 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 1,111 | 0,373 | 0,000 | 0,103 | -1,063 | +0,656 |
| einfache lineare Regression | 1,111 | 0,337 | 0,000 | 0,096 | -1,131 | +0,534 |
| Wiggans | 1,107 | 0,372 | -0,004 | 0,103 | -1,072 | +0,640 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 1,111 | 0,368 | 0,000 | 0,102 | -1,077 | +0,700 |
| einfache lineare Regression | 1,111 | 0,337 | 0,000 | 0,097 | -1,108 | +0,559 |
| Wiggans | 1,102 | 0,365 | -0,009 | 0,101 | -1,089 | +0,678 |

Tabelle A23: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Fettmenge je Kuh und Tag (n=2634)

| Tagesfettmenge (kg) | \bar{x} | Differenz | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr ¹ | 1,10 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| Faktor ² | 1,10 | 0,00 | 0,19 | -1,22 | +1,44 |
| VIT-Modell | 1,10 | 0,00 | 0,15 | -1,17 | +0,60 |
| Wiggans ³ | 1,10 | 0,00 | 0,19 | -1,28 | +1,41 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 1,10 | 0,00 | 0,19 | -1,20 | +2,01 |
| VIT-Modell | 1,10 | 0,00 | 0,15 | -1,06 | +0,79 |
| Wiggans ³ | 1,11 | 0,01 | 0,19 | -1,20 | +2,16 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 1,10 | 0,00 | 0,20 | -1,31 | +1,34 |
| VIT-Modell | 1,10 | 0,00 | 0,15 | -1,17 | +0,83 |
| Wiggans ³ | 1,07 | -0,03 | 0,20 | -1,31 | +1,37 |

¹ Mittelwert der Summen der drei Teilgemelke je Kuh und Tag

² Faktorberechnung je Klasse

³ Wiggans-Faktor = konstanter Faktor für Gesamtmaterial

Tabelle A24: Vergleich der direkt und indirekt* geschätzten Tagesfettgehalte mit dem wahren Fettgehalt der Tagesgesamtmilch je Kuh am Beispiel des VIT-Modells (n=2634)

| Tagesfettgehalt (%) | \bar{x} | Differenz (geschätzt - wahr) | | | |
|-----------------------------|-----------|------------------------------|------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr ¹ | 4,11 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| direkt aus Fettgehalt | 4,11 | 0,00 | 0,37 | -2,91 | +2,05 |
| indirekt über Fettmenge | 4,13 | +0,02 | 0,42 | -2,60 | +3,13 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| direkt aus Fettgehalt | 4,11 | 0,00 | 0,35 | -2,54 | +1,33 |
| indirekt über Fettmenge | 4,13 | +0,02 | 0,39 | -2,46 | +2,14 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| direkt aus Fettgehalt | 4,11 | 0,00 | 0,42 | -3,74 | +1,71 |
| indirekt über Fettmenge | 4,12 | +0,01 | 0,43 | -3,51 | +3,01 |

¹ Mittelwert der Summen der drei Teilgemelke je Kuh und Tag

* über Fettmengen berechnet

Tabelle A25: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der Eiweißgehalte der Milch je Kuh und Tag aus der AS43-Kontrolle (n=2840)

| Tageseiweißgehalte (%) | | | Differenz (%-Punkte) | | | |
|---|-----------|------|----------------------|------|-------|-------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | min | max |
| AS43-Mischprobe | 3,57 | 0,37 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,57 | 0,38 | 0,00 | 0,17 | -1,47 | +0,97 |
| einfache lineare Regression | 3,57 | 0,33 | 0,00 | 0,16 | -1,41 | +0,96 |
| Wiggans | 3,54 | 0,37 | -0,03 | 0,17 | -1,48 | +0,95 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,57 | 0,38 | 0,00 | 0,09 | -0,77 | +1,45 |
| einfache lineare Regression | 3,57 | 0,36 | 0,00 | 0,08 | -0,77 | +1,36 |
| Wiggans | 3,55 | 0,38 | -0,02 | 0,09 | -0,79 | +1,43 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,57 | 0,37 | 0,00 | 0,26 | -1,95 | +1,46 |
| einfache lineare Regression | 3,57 | 0,28 | 0,00 | 0,24 | -1,73 | +1,23 |
| Wiggans | 3,59 | 0,38 | +0,02 | 0,26 | -1,93 | +1,49 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,57 | 0,37 | 0,00 | 0,09 | -0,65 | +0,91 |
| einfache lineare Regression | 3,57 | 0,36 | 0,00 | 0,08 | -0,83 | +1,00 |
| Wiggans | 3,55 | 0,36 | -0,02 | 0,10 | -0,96 | +0,96 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,57 | 0,35 | 0,00 | 0,14 | -0,75 | +0,94 |
| einfache lineare Regression | 3,57 | 0,36 | 0,00 | 0,08 | -0,79 | +1,20 |
| Wiggans | 3,57 | 0,35 | 0,00 | 0,13 | -0,96 | +0,76 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 3,57 | 0,35 | 0,00 | 0,18 | -1,14 | +1,32 |
| einfache lineare Regression | 3,57 | 0,33 | 0,00 | 0,16 | -1,38 | +1,01 |
| Wiggans | 3,57 | 0,35 | 0,00 | 0,18 | -1,33 | +1,12 |

Tabelle A26: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Eiweißmenge der Milch je Kuh und Tag (n=2840)

| Tageseiweißmenge | | | Differenz | | | |
|---|-----------|-------|-----------|-------|---------|--------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | min | max |
| wahr (aus $\sum E_{kg}$ Gemelk) | 0,971 | 0,290 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 0,971 | 0,305 | 0,000 | 0,114 | -0,804 | +0,936 |
| einfache lineare Regression | 0,971 | 0,269 | 0,000 | 0,109 | -0,0701 | +0,831 |
| Wiggans | 1,001 | 0,315 | +0,029 | 0,118 | -0,800 | +0,992 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 0,971 | 0,294 | 0,000 | 0,113 | -0,811 | +0,689 |
| einfache lineare Regression | 0,971 | 0,268 | 0,000 | 0,110 | -0,775 | +0,630 |
| Wiggans | 0,975 | 0,295 | 0,003 | 0,114 | -0,810 | +0,694 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 0,971 | 0,341 | 0,000 | 0,130 | -0,936 | +0,811 |
| einfache lineare Regression | 0,971 | 0,269 | 0,000 | 0,108 | -0,832 | +0,557 |
| Wiggans | 0,936 | 0,329 | -0,036 | 0,123 | -0,953 | +0,731 |
| geschätzt aus Morgen- und Mittagsgemelk | | | | | | |
| Faktor | 0,971 | 0,284 | 0,000 | 0,060 | -0,377 | +0,434 |
| einfache lineare Regression | 0,971 | 0,284 | 0,000 | 0,060 | -0,391 | +0,429 |
| Wiggans | 0,990 | 0,289 | +0,019 | 0,060 | -0,357 | +0,471 |
| geschätzt aus Mittags- und Abendgemelk | | | | | | |
| Faktor | 0,971 | 0,300 | 0,000 | 0,062 | -0,505 | +0,434 |
| einfache lineare Regression | 0,971 | 0,284 | 0,000 | 0,060 | -0,464 | +0,420 |
| Wiggans | 0,955 | 0,295 | -0,017 | 0,061 | -0,512 | +0,411 |
| geschätzt aus Abend- und Morgengemelk | | | | | | |
| Faktor | 0,971 | 0,304 | 0,000 | 0,056 | -0,343 | +0,404 |
| einfache lineare Regression | 0,971 | 0,285 | 0,000 | 0,053 | -0,329 | +0,353 |
| Wiggans | 0,971 | 0,304 | 0,000 | 0,056 | -0,343 | +0,404 |

Tabelle A27: Vergleich der mit verschiedenen Methoden geschätzten und der wahren Eiweißmenge je Kuh und Tag (n=2634)

| Tageseiweißmenge (kg) | \bar{x} | Differenz | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|-------|-------|
| | | \bar{x} | s | min | max |
| wahr ¹ | 0,96 | | | | |
| geschätzt aus Morgengemelk | | | | | |
| Faktor ² | 0,96 | 0,00 | 0,11 | -0,80 | +0,87 |
| VIT-Modell | 0,96 | 0,00 | 0,10 | -0,50 | +0,61 |
| Wiggans ³ | 0,99 | +0,03 | 0,12 | -0,80 | +1,00 |
| geschätzt aus Mittagsgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 0,96 | 0,00 | 0,11 | -0,66 | +0,69 |
| VIT-Modell | 0,96 | 0,00 | 0,10 | -0,62 | +0,56 |
| Wiggans ³ | 0,96 | 0,00 | 0,11 | -0,66 | +0,69 |
| geschätzt aus Abendgemelk | | | | | |
| Faktor ² | 0,96 | 0,00 | 0,12 | -0,92 | +0,60 |
| VIT-Modell | 0,96 | 0,00 | 0,10 | -0,70 | +0,52 |
| Wiggans ³ | 0,92 | -0,04 | 0,12 | -0,93 | +0,56 |

¹ Mittelwert der Summen der drei Teilgemelke je Kuh und Tag

² Faktorberechnung je Klasse

³ Wiggans-Faktor = konstanter Faktor für Gesamtmaterial

Tabelle A28: Korrelationen zwischen Einzelgemelken und Tagesgesamtgemelk

| Gemelk | mittags | abends | morgens | gesamt |
|---------|---------|--------|---------|--------|
| mittags | 1,00 | 0,87 | 0,85 | 0,95 |
| abends | | 1,00 | 0,84 | 0,94 |
| morgens | | | 1,00 | 0,94 |
| gesamt | | | | 1,00 |

Tabelle A29: Vergleich der Fettmengen über 3 Monate (n=511)

| | Fettmengen Σ 3 Monate (kg) | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|
| | AC | AT |
| mit eigenen Faktoren | 101 | 102 |
| mit Faktoren Wiggans | 103 | 102 |
| wahre Leistung | 101 | |
| Differenz | 0 / +2 | +1 / +1 |

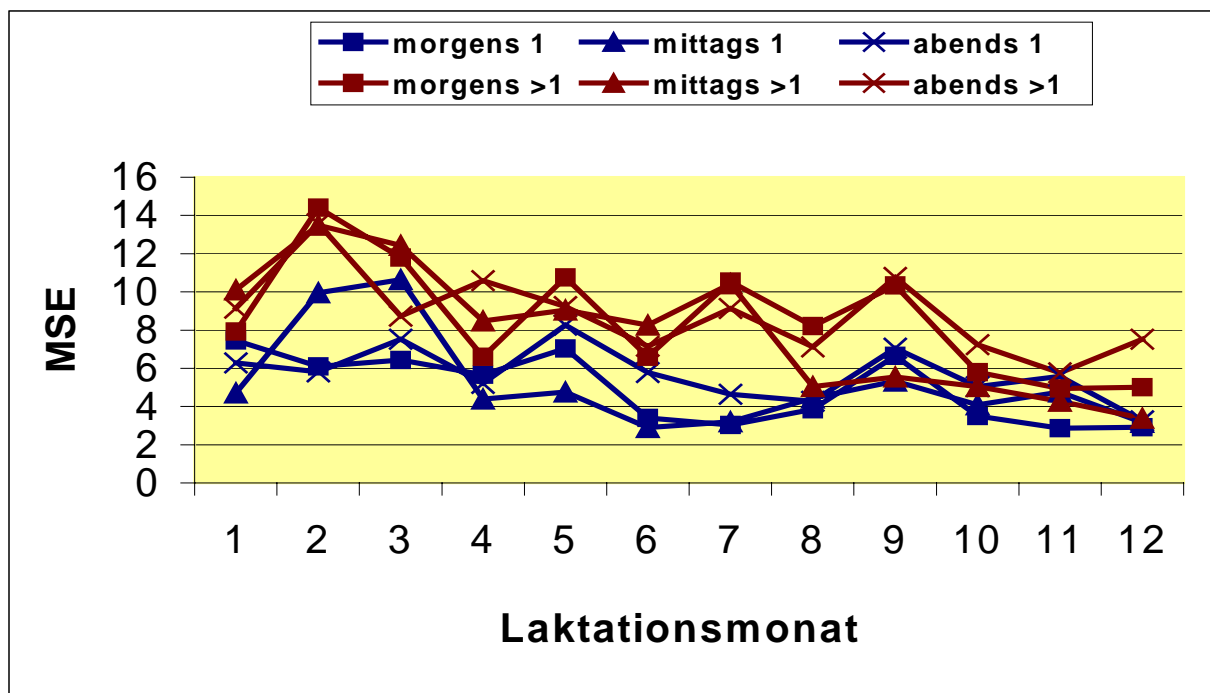


Abbildung A1: MSE-Werte der nach dem VIT-Modell berechneten Regressionsgleichungen zur Schätzung der Tagesgesamtmilchmenge aus einem Einzelmelk

Danksagung

An allererster Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr. Ottfried Weiher bedanken. Ohne Ihren motivierenden Anstoß und das uneingeschränkte Vertrauen, das Sie mir entgegengebracht haben, wäre die Arbeit sicher nicht zustande gekommen. Ebenso möchte ich mich für Ihre vielfältige Unterstützung bei der Betreuung meiner Dissertation durch immerwährende Diskussionsbereitschaft, Anregungen und die Freiheit, die Sie mir bei der Ausgestaltung der Arbeit gewährten, ganz herzlich bedanken.

Prof. Dr. Otto Kaufmann bin ich sehr dankbar für die Bereitschaft, mir als erster Gutachter zur Verfügung zu stehen sowie für Ihre freundliche Unterstützung, die sehr zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Mein besonderer Dank gilt den Betrieben Gut Hohen Luckow und Lugtenberg GbR für die Freundlichkeit und Unterstützung, die mir und den Leistungsprüfern bei der Durchführung der Untersuchungen zuteil wurde.

Einen ganz besonderen Dank möchte ich auch an den Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Mecklenburg-Vorpommern e.V. richten. Ohne die engagierte und zuverlässige Mitarbeit der Leistungsinspektorinnen Rosemarie Richter und Christel Niehs sowie der Milchleistungsprüferin Eleonore Heiden wäre die praktische Durchführung dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Ebenso möchte ich mich bei Claudia Heinrich für die regelmäßige Zusendung der Leistungsdaten bedanken.

Für die mathematisch-statistische Betreuung bedanke ich mich ganz herzlich bei Erhard Schimke. Mit Ihrem Optimismus, Ihrer Ideenvielfalt und Ihrer Begeisterung für biostatistische Erkundungen haben Sie mir sehr geholfen. Die umfangreichen statistischen Verfahren hätte ich ohne Ihre Hilfe nicht anwenden können. Ich habe während dieser Untersuchungen sehr viel von Ihnen gelernt; Sie haben aus mir einen Fast-Mathematiker gemacht und die Freude an experimenteller Statistik geweckt.

Auch den Mathematikern Dr. Friedrich Teuscher und Inge Räder möchte ich an dieser Stelle ganz herzlich für die unendliche Geduld mit meinen Fragen danken und für Eure wertvollen Hinweise, die der Arbeit den letzten Schliff gaben.

Meinen Kollegen des Sachgebietes Milchrind des Institutes für Tierproduktion der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern danke ich für das angenehme Arbeitsklima. Nicht zuletzt durch Euch haben mir die Untersuchungen und Auswertungen so viel Spaß gemacht und somit habt Ihr einen nicht unwesentlichen Anteil am Gelingen der Dissertation.

Mein größter Dank gilt Peter, der mich stets unterstützt und oft genug wieder aufgebaut hat, der mein schärfster Kritiker war und hoffentlich immer bleiben wird.