

# Milchhygiene in der Primärproduktion – aktuelle Aspekte des automatischen Melkens<sup>1</sup>

Von K. Knappstein, N. Roth, G. Suhren, J. Reichmuth und H.-G. Walte

Institut für Hygiene und Produktsicherheit, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Standort Kiel, Postfach 6069, 24121 Kiel

## 1. Einleitung

Seit der Einführung von automatischen Melkverfahren (AMV) in Praxisbetriebe in Deutschland im Jahr 1996 wurden verschiedene milchhygienische Aspekte dieses neuen Verfahrens angesprochen. Vor allem Fragen bezüglich Eutergesundheit, Eutersauberkeit, Anlagenreinigung und Rückständen von Tierarzneimitteln sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Nicht in allen Bereichen ist bisher die Einhaltung rechtlicher Anforderungen uneingeschränkt möglich (15). Aktuelle Erkenntnisse sowie neue technische Entwicklungen, die zur Problemlösung der angesprochenen Fragen beitragen können, werden hier vorgestellt.

## 2. Erkennung sinnfällig veränderter Milch

Sinnfällige Veränderungen der Milch werden beim konventionellen Melken mit Hilfe der sogenannten Vormelkprobe festgestellt, wobei die ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze einer visuellen Beurteilung durch die Melkperson unterzogen werden. Liegen Abweichungen hinsichtlich Konsistenz, Farbe oder Geruch vor, darf die Milch – auch in Zweifelsfällen – nicht abgeliefert werden (22). Ursachen für sinnfällige Veränderungen der Milch können Verletzungen sein, die zu Blutbeimengungen führen. Meist sind es aber durch Euterentzündungen bedingte Veränderungen wie Flocken in der Milch, Wässrigkeit, Abweichungen der Farbe oder Konsistenz. Derartig veränderte Milch ist in ihrer kompositionellen Beschaffenheit verändert und weist in der Regel hohe Keimgehalte auf. Unabhängig von den Keimgehalten entspricht solche sensorisch und kompositionell veränderte Milch nicht den Erwartungen des Verbrauchers. Eine separate Ableitung der veränderten Milch ist daher notwendig. Nicht zuletzt ermöglicht eine zeitnahe Erkennung von Mastitiden mit Hilfe der Vormelkprobe die unmittelbare Behandlung der erkrankten Kühe und deren Absonderung von der Herde, damit die Infektion weiterer Tiere vermieden wird.

Da im AMV eine Vormelkprobe nicht möglich ist, müssen alternative Verfahren eingesetzt werden, um zu beurteilen, ob die Milch „normal“ ist. Gemäß Verordnung 853/2004/EG (23) mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs in Anhang III, Abschnitt IX, Kapitel I (gültig ab 1. Januar 2006), können Methoden zur Prüfung der Milch eingesetzt werden, die zum gleichen Ergebnis kommen wie die Vormelkprobe.

<sup>1</sup> Vortrag anlässlich der Kieler Milchtage, 25.-26. Mai 2004

Voraussetzung für das Erkennen entsprechender Veränderungen der Milch sind geeignete, automatisch messbare Parameter sowie dazugehörige Grenzwerte. Um festzulegen, was als veränderte Milch gilt und welche Kriterien genutzt werden können, wurde im November 2002 in Dänemark ein Workshop zu diesem Thema durchgeführt, an dem Vertreter interessierter Gruppen – Wissenschaft, Milchindustrie, Regierung, Verbraucher – aus 12 Ländern teilnahmen. Bei den Workshop-Teilnehmern bestand Einigkeit darüber, dass keine AMV-spezifischen Definitionen geschaffen werden, sondern einheitliche Kriterien für konventionelles und automatisches Melken gelten sollten. Kriterien für sinnfällige Veränderungen von Milch sind demnach Flocken mit einem Durchmesser von mehr als 0,1 mm - entsprechend der Auflösungsgrenze des menschlichen Auges – sowie Blutbeimengungen (13). Grenzwerte für Farbveränderungen sollen auf der Grundlage von Versuchen zur Erkennung von Milch mit unterschiedlichen Anteilen von Blut mit standardisiertem Hämoglobingehalt durch Testpersonen ermittelt werden. Kolostrum wurde nicht als „abnormale“ Milch angesehen, da es sich hierbei um physiologische Veränderungen der Milchezusammensetzung handelt und die Abgrenzung von reifer Milch über eine zeitliche Grenze innerhalb der Laktation gesetzt werden kann. So gelten in Deutschland die ersten 5 Tage nach der Kalbung als Kolostralphase. Auch der Zellgehalt der Milch sollte nach Auffassung der Workshop-Teilnehmer nicht in eine Definition „abnormaler“ Milch einbezogen werden, da es zumindest beim konventionellen Melken in naher Zukunft keine betrieblich umsetzbare Möglichkeit geben wird, den Zellgehalt bei jeder Melkung zu bestimmen.

In den derzeit in Praxisbetrieben eingesetzten AMV basiert die Erkennung veränderter Milch vorwiegend auf der Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch auf Viertel-ebene und unterschiedlichen Rechen-Algorithmen zur Erkennung von Unterschieden zwischen den vier Eutervierteln einer Kuh. Die Leitfähigkeitsmessung wird derzeit nur zur Erstellung von Alarmlisten verwendet, auf deren Grundlage der Landwirt verdächtige Kühe kontrollieren muss. Das Testsystem der Firma Lely Industries nutzt neben der elektrischen Leitfähigkeit zusätzlich noch die Bewertung der Milchfarbe (4), um Blutbeimengungen oder Farbveränderungen, u.a. bedingt durch klinische Mastitiden, zu erkennen. Dabei wird die Entscheidung über die Verkehrsfähigkeit der Milch auf der Grundlage des aktuellen Gemelkes getroffen.

Von Rasmussen (13) wurde in 6 Milchviehherden mit AMV 5 verschiedener Hersteller die Leistungsfähigkeit der Messverfahren im Hinblick auf die Erkennungsrate von „abnormaler“ Milch in Bezug zur visuellen Beurteilung untersucht. In dieser Untersuchung wurde „abnormale“ Milch anhand einer Vorgemelksprobe auf Viertel-ebene wie folgt definiert: Flocken mit einem Durchmesser von  $> 0,1$  mm und Ergebnis des California Mastitis Testes (auch Schalm-Test)  $> 3$  als indirekte Bestimmung des Zellgehaltes (Bewertungsstufen von 1 bis 5). Der Anteil der vom AMV richtig erkannten Veränderungen wird durch die Sensitivität angegeben. Die Spezifität gibt den Anteil der richtig als „normal“ erkannten Melkungen an (Tab. 1).

Tabelle 1 macht deutlich, dass durch die Beurteilung des aktuellen Gemelkes nur ein geringer Anteil der klinischen Veränderungen erkannt wird. Die Sensitivität liegt so bei nur 17 bis maximal 50 %. Eine höhere Sensitivität kann durch die Einbeziehung vorangegangener Melkungen erzielt werden, bedingt jedoch Einbußen in der Spezifität und damit eine hohe Anzahl falsch-positiver Alarmmeldungen (bis zu 65 % der Melkungen in Herde 5).

**Tab. 1: Erkennung „abnormaler“ Milch\* in AMV (Rasmussen, 2004 (13))**

Herde Nr.	Anzahl Kühe	Anzahl ausgewerteter Melkungen	Erkennung auf der Grundlage der			
			aktuellen Melkung		Melkungen einer Woche	
			Sensitivität [%]	Spezifität [%]	Sensitivität [%]	Spezifität [%]
1	79	215	33	99	100	85
2	145	74	28	100	43	100
3	116	67	17	96	100	55
4	100	62	13	87	67	62
5	105	60	50	87	100	35
6	184	370	50	99	100	83

\* Vorgemelk mit Flocken > 0,1 mm, California Mastitis Test >3;

Sensitivität =  $RP \times 100\% / RP + FN$  (RP = Anzahl richtig positiver Meldungen, FN = Anzahl falsch negativer Meldungen);

Spezifität =  $RN \times 100\% / RN + FP$  (RN = Anzahl richtig negativer Meldungen, FP = Anzahl falsch positiver Meldungen)

Die Gründe für die wenig befriedigenden Erkennungsraten liegen darin, dass zwar bei einer Mastitis in der Regel eine Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit zu beobachten ist, die Übergänge zwischen klinischen Mastitiden mit äußerlich erkennbaren Symptomen und subklinischen Mastitiden, die sich nur durch eine Erhöhung des Zellgehaltes in der Milch und den Nachweis von Mastitiserregern anzeigen, aber fließend sind (5). Zudem kann bei sehr schweren Eutererkrankungen mit starken Veränderungen der Milch die Leitfähigkeit der Milch herabgesetzt sein. Auch können Schwankungen der Leitfähigkeit durch andere Einflüsse wie z. B. Rasse, Laktationsstadium, Melkintervall (5) verursacht werden, was die Schwierigkeiten bei der automatisierten Erkennung erklärt. Eine Festsetzung von Grenzwerten, auf deren Grundlage die automatisierte Entscheidung über die Verkehrsfähigkeit des aktuellen Gemelkes getroffen werden kann, ist derzeit noch nicht möglich, da die Absonderung von Milch in Zweifelsfällen durch die hohe Zahl falsch-positiver Meldungen (Tab. 1) aus wirtschaftlichen Gründen nicht akzeptabel ist.

Neue Verfahren zur Online-Erkennung von Mastitiden sind in der Entwicklung, werden aber derzeit noch nicht in der Praxis eingesetzt. Ein Verfahren, das die Online-Erkennung von Flocken in der Milch mit Hilfe eines optischen Systems nutzt, wurde gemeinsam von der Fa. Westfalia Surge und der Technischen Universität München entwickelt (10). Dabei wird Milch aus jedem Viertel in eine Messzelle abgeleitet und fotografiert. Partikel, die in der Milch auftreten, werden im Hinblick auf Helligkeit, Farbe, Farbdifferenzen, Form, Umrandung, Symmetrie sowie Größe ausgewertet, um Flocken, die auf Mastitiden zurückzuführen sind, eindeutig zu identifizieren. Da Flocken als Symptom von klinischen Mastitiden unmittelbar detektiert werden, entfällt bei diesem System das Problem der Abgrenzung von subklinischen Mastitiden. Allerdings sind Störungen durch andere Partikel in der Milch (z. B. Einstreumaterial) auszuschließen.

Ein weiteres Verfahren wurde von der Fa. Sortec aus Neuseeland entwickelt. Es handelt sich dabei im Prinzip um den ursprünglich von Whiteside (24) entwickelten Stalltest zur indirekten Bestimmung des Zellgehaltes in der Milch – heute besser in seiner Modifikation als Schalm-Test bekannt, bei dem durch die Zugabe einer Reagenzlösung DNA aus in der Milch enthaltenen Zellen freigesetzt wird. Die Viskosität des Gemisches korreliert mit dem Zellgehalt der Milch. Bei dem automatisierten Verfahren wird pro Euterviertel ein Aliquot Milch abgeleitet und mit der Reagenzlösung vermischt. Die

Viskosität wird mit Hilfe eines Viskosimeters automatisch ermittelt (25). Obwohl auch hier das Problem der Abgrenzung von subklinischen Mastitiden besteht, wird durch die indirekte Bestimmung des Zellgehaltes ein Parameter gemessen, der im Gegensatz zur elektrischen Leitfähigkeit der Milch ganz überwiegend durch die Eutergesundheit beeinflusst wird.

Eine Vielzahl weiterer Verfahren wie Nahinfrarotspektroskopie, Impedanzmessung, Spektralphotometrie (12, 19, 26), die zur Erkennung veränderter Milch beschrieben wurden, lassen in Zukunft Verbesserungen auf diesem Gebiet erwarten. Dabei ist vor allem auf die kombinierte Auswertung verschiedener Parameter durch Rechenmodelle wie z. B. Fuzzy Logic zu setzen (2).

### 3. Zitzenreinigung

Die Zitzenreinigung vor dem Melken ist erforderlich, um eine Verunreinigung der Milch mit Staub, Einstreumaterial und Kot während des Melkens zu vermeiden und so die Gehalte der Milch an Verderbnis- und Infektionserregern möglichst gering zu halten. Auch entspricht ein hygienischer Milchentzug den Vorstellungen des Verbrauchers, wie Lebensmittel zu gewinnen und herzustellen sind. Für das konventionelle Melken wird eine trockene Euterreinigung mit Papiertüchern oder eine Feuchtreinigung mit anschließender Trocknung der Zitzen empfohlen (3). Dabei soll für jedes Tier ein eigenes Tuch verwendet werden, um die Übertragung von Mastitiserregern zwischen verschiedenen Kühen zu vermeiden.

Beim automatischen Melken werden zur Zitzenreinigung verschiedene Bürstensysteme oder separate Reinigungsbecher eingesetzt (Tab. 2).

**Tab. 2: Übersicht der in Praxisbetrieben verwendeten Zitzenreinigungssysteme von AMV**

<b>Herstellerfirma (Land): Melkroboter</b>	<b>Zitzenreinigungssystem</b>
DeLaval (SE): Voluntary Milking System (VMS)	Separater Reinigungsbecher: Reinigung mit warmem Wasser, Vakuum und Druckluft, Vormelken gleichzeitig mit Zitzenreinigung, Trocknung der Zitzen mit warmer Luft, separate Ableitung von Reinigungswasser mit dem Vorgemelk
Insentec (NL): Galaxy	Separater Reinigungsbecher: Reinigung mit warmem Wasser, Vormelken nach Trocknung der Zitzen mit warmer Luft, separate Ableitung von Reinigungswasser und Vorgemelk
Lely Industries (NL): Astronaut; Fullwood (UK): Merlin	Reinigung durch nasse rotierende Bürsten
Prolion Sales (NL): AMS Freedom, AMS Liberty; Manus (F): Solos, Miros; Gascoigne Melotte (DE): Zenith	Reinigung im Melkbecher: Wassereinlass am Kopf des Zitzengummis, Vakuum mit hoher Pulsierungsrate, separate Ableitung von Reinigungswasser und Vorgemelk
Westfalia Surge GmbH (DE): Leonardo	Reinigung durch nasse rotierende Bürste, Ausschleudern der Bürste (Trocknung), Beseitigung von Restwasser von der Zitzenoberfläche durch geschleuderte Bürste

Bei allen Zitzenreinigungsverfahren von AMV, die derzeit in Praxisbetrieben eingesetzt werden, wird eine voreingestellte Reinigungsprozedur standardisiert durchgeführt. Eine Anpassung der Intensität an den aktuellen Verschmutzungsgrad bzw. eine Erfolgskontrolle nach der Reinigung ist nicht möglich.

In eigenen Untersuchungen wurde in Praxisbetrieben überprüft, wie effektiv diese Zitzenreinigungsverfahren sind. Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projektes „Automatic Milking“ in 18 Praxisbetrieben durchgeführt (7). Die Betriebe verfügten über AMV 6 verschiedener Hersteller (3 Betriebe pro Hersteller). In jedem Betrieb wurden 50 Kühe an je zwei Zitzen beprobt. Der Gesamtkeimgehalt (in Kolonie-bildenden Einheiten (KbE)/ml Tupferflüssigkeit) in vor und nach der Zitzenreinigung entnommenen Tupferproben wurde verglichen, um die Wirksamkeit der Reinigung zu bestimmen. Die Daten wurden mit Hilfe einer Varianzanalyse unter Einbeziehung der Faktoren AMV-Hersteller, Betrieb innerhalb Hersteller, Viertelposition und Zitzenkontamination vor der Reinigung ausgewertet, um Einflüsse auf den Reinigungserfolg festzustellen.

Abbildung 1 zeigt die Veränderung der Zitzenkontamination durch die Reinigungsprozedur pro AMV-Hersteller. Je größer die Reduktion der Keimbelastung auf der Zitzenoberfläche, desto größer ist der Reinigungserfolg. Die Wirksamkeit der Systeme der Hersteller 1, 2, 4 und 5 war signifikant besser als die der Hersteller 3 und 6.

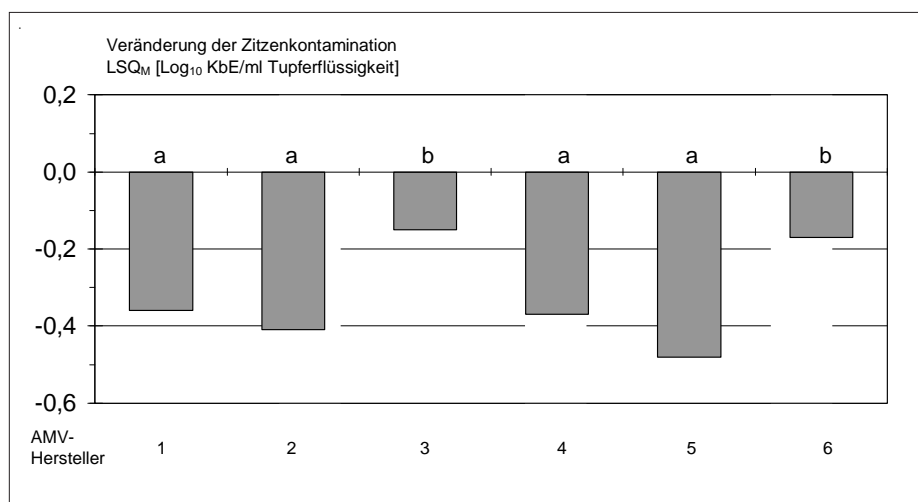


Abb. 1: Wirksamkeit der Zitzenreinigung - Vergleich zwischen AMV-Herstellern;  $LSQ_M$  = Least Square Mean, KbE = Kolonie-bildende Einheiten; unterschiedliche kleine Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Die Darstellung pro Betrieb (Abb. 2) macht allerdings deutlich, dass auch zwischen den Betrieben, die mit dem System desselben Herstellers arbeiten, signifikante Unterschiede bestehen.

In vier Betrieben wurden signifikant schlechtere Reinigungsergebnisse erzielt als jeweils in den beiden Vergleichsbetrieben, die mit dem gleichen System arbeiteten. Dies lässt sich vermutlich durch folgende Beobachtungen in den Betrieben erklären: In Betrieb B waren die Kühe und auch die Euter sehr stark verschmutzt. Zudem wurde die Zitzenreinigungsanlage bereits zwei Jahre ohne Wechsel benutzt und war entspre-

chend abgenutzt, obwohl vom Hersteller eine Erneuerung im Abstand von 6 Monaten empfohlen wird. Betrieb H benutzte im Gegensatz zu den Betrieben G und I kaltes statt warmes Wasser für die Zitzenreinigung. Möglicherweise sind die Unterschiede in der Reinigungswirksamkeit auf diese Praxis zurückzuführen. In Betrieb K wurde beobachtet, dass mehrere Kühe Wunden an der Euterbasis aufwiesen, die vermutlich während der Reinigung eine bakterielle Kontamination der Reinigungsvorrichtung und eine Übertragung auf die Zitzenhaut verursachten. Im Gegensatz zu den Betrieben P und R verwendete Betrieb Q kein Desinfektionsmittel für die Vorrichtung zur Zitzenreinigung. Wahrscheinlich wurden dort durch die Euterreinigungsbürste ebenfalls Bakterien auf die Zitzenoberfläche übertragen.

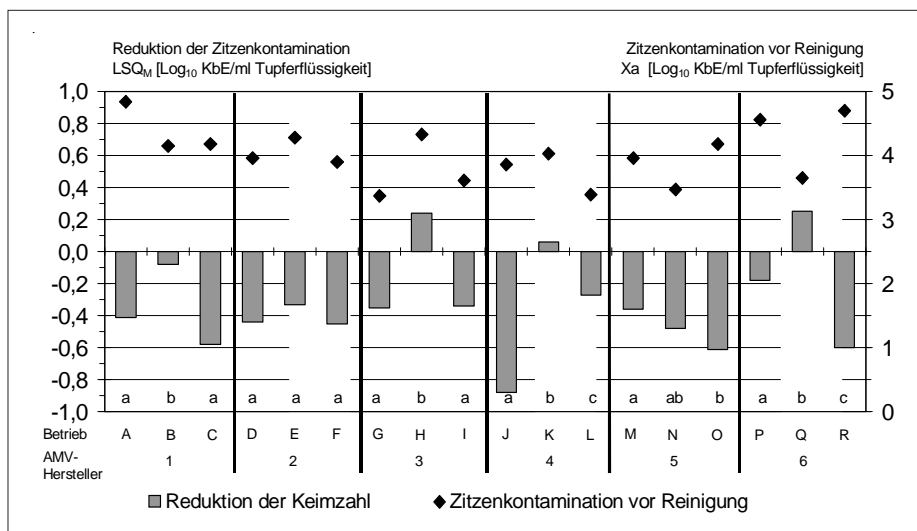


Abb. 2: Wirksamkeit der Zitzenreinigung - Vergleich zwischen Praxisbetrieben;  $LSQ_M$  = Least Square Mean, KbE = Kolonie-bildende Einheiten,  $X_a$  = arithmetischer Mittelwert; unterschiedliche kleine Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Um Hinweise auf Managementaspekte geben zu können, die Einfluss auf die Zitzenkontamination haben, wurde in einem zweiten Teil der Untersuchung ein Fragebogen mit 45 Fragen zum Management in den Betrieben sowie eine Checkliste zur Beurteilung des aktuellen Hygienestatus von 17 Stallbereichen eingesetzt (9). Die Informationen aus Fragebogen und Checkliste wurden mit Hilfe einer Varianzanalyse (Einzelfaktoranalyse) auf Zusammenhänge mit der Zitzenkontamination ausgewertet. Aspekte, die signifikant mit einer höheren Zitzenverschmutzung vor der Reinigung (ausgedrückt als KbE/ml Zitzenputzflüssigkeit) assoziiert waren, konnten verschiedenen Bereichen zugeordnet werden (Tab. 3).

Zur Verbesserung der Sauberkeit der Euter und damit auch des Zitzenreinigungserfolges vor dem Melken sollte vorzugsweise auf diese Aspekte geachtet werden. Auch die Gestaltung der Liegeboxen spielt sicherlich in diesem Zusammenhang eine große Rolle, ist aber nur schwer auswertbar, da Empfehlungen bezüglich der Boxenabmessungen stark variieren und darüber hinaus auch vom Körpergewicht der Kühe abhängig sind (1). Selbst eine Entwicklung von Systemen zur automatisierten Beurteilung der Zitzenverschmutzung (11) wird Pflegemaßnahmen zur Sauberhaltung der Kühe und insbeson-

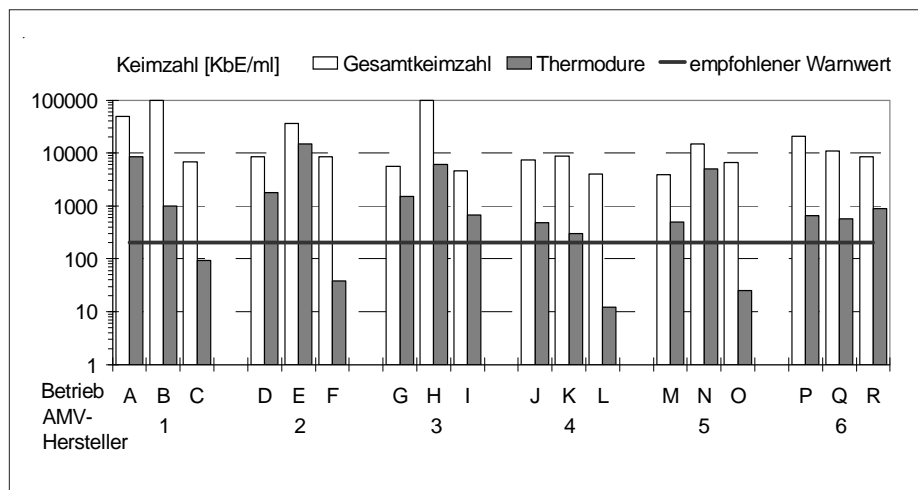
dere der Euter nicht überflüssig machen, da der Zeitaufwand für die Reinigung stark verschmutzter Euter im AMV die zeitliche Verfügbarkeit der Systeme für das Melken erheblich einschränken würde.

**Tab. 3: Managementfaktoren mit signifikanter Assoziation zu höherer Zitzenverschmutzung vor der Euterreinigung ( $p < 0,10$ )**

AMV-Aspekte	Liegeboxen-Aspekte
Erneuerung der Reinigungsbürste seltener als zweimal pro Jahr	weniger als 1 Liegebox pro Kuh
Zustand der Reinigungsvorrichtung mittel oder schlecht	Vorhandensein von Spaltenliegern in der Herde
durchschnittliche Melkfrequenz $\leq 2,5$ pro Tag	Zugabe frischer Einstreu seltener als einmal pro Tag
keine Selektion der Kühe auf Roboterakzeptanz	mäßiger oder schlechter Zustand der Einstreu
	keine Selektion der Kühe auf Eutergesundheit

### 3. Systemreinigung

Eine unzureichende Reinigung von Melkanlage, Milchtransportleitungen und/oder Milchtank ist neben Mängeln der Euterreinigung oder der Milchkühlung eine der wichtigsten Ursachen für hohe Gesamtkeimgehalte in Rohmilch. Gehalte der Milch an thermotoleranten Keimen von mehr als 200 KbE/ml und an coliformen Keimen von mehr als 1000 KbE/ml weisen auf Mängel in der Systemreinigung und die Vermehrung von Keimen an milchberührten Flächen hin (17). Thermotolerante Keime können die Pasteurisierung der Milch überleben und die Haltbarkeit von Milchprodukten beeinträchtigen und sind daher unerwünscht.



**Abb. 3:** Gesamtkeimgehalt und Gehalt an thermotoleranten Keimen in Tankmilch - Vergleich verschiedener Praxisbetriebe mit AMV

Nur in 4 der 18 untersuchten Betriebe lag der Gehalt an thermoduren Keimen unterhalb des empfohlenen Warnwertes von 200 KbE/ml, obwohl in 13 Betrieben der Gesamtkeimgehalt unterhalb von 10000 KbE/ml bzw. nur leicht darüber lag (Abb. 3). Somit erscheint die Systemreinigung in vielen Betrieben verbesserungswürdig. Eine mögliche Ursache für Unterschiede im Reinigungserfolg ist die Anzahl der Melkanlagen-Reinigungsvorgänge pro Tag. Von verschiedenen Autoren wird eine dreimal tägliche Reinigung empfohlen. Allerdings wird nach Untersuchungen von Schuiling et al. (18) der Gesamtkeimgehalt der Tankmilch nur in wenigen Betrieben wesentlich durch die Reinigungsfrequenz der Systeme beeinflusst. Bei ordnungsgemäßer Funktion der Reinigungsvorrichtung scheint eine zweimal tägliche Reinigung ausreichend zu sein, um den Gesamtkeimgehalt niedrig zu halten.

In den eigenen Untersuchungen wurden aber auch verschiedene Praktiken vorgefunden, die möglicherweise die Reinigungsfunktion entscheidend beeinflussen (Tab. 4).

**Tab. 4: Managementaspekte mit möglichem Einfluss auf die Wirksamkeit der Systemreinigung (18 Betriebe mit AMV)**

Managementaspekt	Anzahl der Betriebe
Durchführung der Hauptreinigung mit eingesetztem Milchfilter	17
Zeitpunkt des Milchfilterwechsels:	
vor der Hauptreinigung	6
nach der Hauptreinigung	4
anderer Zeitpunkt	8
Anzahl der Milchfilterwechsel pro Tag:	
1x	6
2x	8
3x	3

Die Hauptreinigung mit eingesetztem Milchfilter kann die Durchflussgeschwindigkeit der Reinigungslösung herabsetzen und so den Reinigungserfolg beeinträchtigen. Empfehlenswert wäre es, vor der Reinigung den Filter zu entfernen und nach der Reinigung einen sauberen Filter einzusetzen. Dies wird in der Praxis sehr selten durchgeführt, da die Reinigung automatisch startet bzw. das Melken bei manuell gesteuerter Reinigung automatisch beginnt. Unter diesem Aspekt wäre aber ein häufigerer Milchfilterwechsel als ein- oder zweimal täglich sicherlich von Vorteil.

Für die ordnungsgemäße Reinigung ist vor allem die Einhaltung von Reinigungsparametern wie Zeitdauer, Temperatur, Konzentration und Volumen der Reinigungslösung, Erzeugung von Turbulenzen im Rohrsystem etc. von Bedeutung (16, 17). Tendenzen zur Verkürzung der Reinigungszeit, um damit die zum Melken verfügbare Zeit zu verlängern, müssen durch entsprechende technische Einrichtungen – wie z. B. Bereitstellung eines ausreichenden Warmwasservorrats vor Beginn der Reinigung – unterstützt werden. Keinesfalls dürfen als Folge solcher Maßnahmen Beeinträchtigungen der Reinigungswirkung auftreten, deren Auswirkungen sich unter Umständen erst nach mehreren Monaten durch erhöhte Keimgehalte in der Tankmilch bemerkbar machen (6).

#### 4. Antibiotika-Rückstände in Milch

Antibiotika-Rückstände in Milch sind unerwünscht, da sie die Gesundheit des Verbrauchers, aber auch die Verarbeitbarkeit der Milch beeinträchtigen können. Positive Hemmstoff-Befunde in Milch werden gemäß Milch-GüteVO (21) durch hohe Abzüge vom Milchauszahlungspreis sanktioniert. Zur Vermeidung von Rückständen sind nach tier-



ärztlichen Behandlungen mit Medikamenten, die über die Milch ausgeschieden werden, Wartezeiten für Milch festgelegt. Diese beruhen auf maximalen Rückstandskonzentrationen (Maximum Residue Limit, MRL) in Milch gemäß der Verordnung 2377/90 EWG ff. (20).

Positive Hemmstoffbefunde in Betrieben mit AMV sind nach einer Untersuchung von Rasmussen und Justesen (14) im Wesentlichen auf Fehler im Management zurückzuführen (Tab. 5).

**Tab. 5: Ursachen für Hemmstoffe in Tankmilch in Betrieben mit AMV (n=25) (Rasmussen und Justesen, 2003 (14))**

Ursache	Häufigkeit
Keine/zu späte Eingabe in das Programm des AMV	13
Falsche Wartezeit	2
Behandlungsfehler	1
Keine Zwischenreinigung nach dem Melken behandelter Kühe	2
Technische Fehler	4
Unbekannt	3

Bei unbekannter Ursache für Hemmstoffe in Milch wird im Zusammenhang mit dem Einsatz von AMV auch eine verlängerte Ausscheidung von Antibiotika in der Milch von Einzelkühen durch veränderte Melkfrequenzen diskutiert.

In eigenen Untersuchungen wurde daher die Ausscheidung von insgesamt 6 verschiedenen Antibiotika in der Milch in Abhängigkeit von der Melkfrequenz überprüft (8). Vier kommerziell erhältliche Mastitispräparate zur lokalen Behandlung wurden dazu eingesetzt. Die Ausscheidung wurde bei drei verschiedenen Melkfrequenzen verglichen: 2x täglich (Intervall 10 und 14 Stunden) als Referenzgruppe, 3x täglich (Intervall 8 Stunden) sowie 1,5x täglich (Intervall 16 Stunden). Pro Gruppe wurden fünf eutergesunde Kühe einbezogen. Die Behandlung erfolgte im Sinne eines „Worst-Case“ gleichzeitig und wiederholt auf allen 4 Eutervierteln.

Mit Hilfe einer Varianzanalyse unter Einbeziehung der Faktoren Melkfrequenz, Laktationsnummer, Laktationsstadium, Milchleistung und Zellgehalt wurden Einflüsse auf die Ausscheidungsdauer in Milch ermittelt. Die Ausscheidungsdauer von vier Antibiotika war bei der 3x täglich gemolkenen Gruppe signifikant kürzer als bei der 1,5x täglich gemolkenen (Abb. 4). Tendenziell war für alle Antibiotika mit herabgesetzter Melkfrequenz eine Verlängerung der Ausscheidungsdauer in Milch zu beobachten. In keinem Fall wurde jedoch eine Überschreitung der für das jeweilige Präparat festgesetzten Wartezeit (Cobactan® LC, Procain-Penicillin G 3 Mio. und Nafpenzal® MC: 5 Tage, Omnygram®: 6 Tage) festgestellt.

Die längste Ausscheidungszeit in Bezug auf die angegebene Wartezeit wurde für das Antibiotikum Cefquinom beobachtet. Hier wurde bei einer Kuh in der letzten Melkzeit der Wartezeit noch eine Konzentration im MRL-Bereich in der Milch nachgewiesen (Abb. 5).

Daher wurden für diese Substanz weitere Versuche an klinisch kranken Kühen durchgeführt, wobei jeweils nur das erkrankte Viertel entsprechend den Angaben des Herstellers behandelt wurde. Für die Auswertung wurde das Modell der Varianzanalyse geringfügig modifiziert. Generell war bei diesen Tieren die Ausscheidungsdauer kürzer als in den „Worst-Case“-Versuchen. Bei reduzierter Melkfrequenz waren tendenziell eher noch kürzere Ausscheidungszeiten in der Milch festzustellen, weshalb für dieses Präparat das seltenere Melken ohne Risiko für eine Kontamination der Tankmilch durch ver-

längerte Ausscheidung zu sein scheint (Tab. 6). Um verlängerte Ausscheidungszeiten zu vermeiden, sollten behandelte Kühe auch in AMV mindestens zweimal pro Tag gemolken werden.

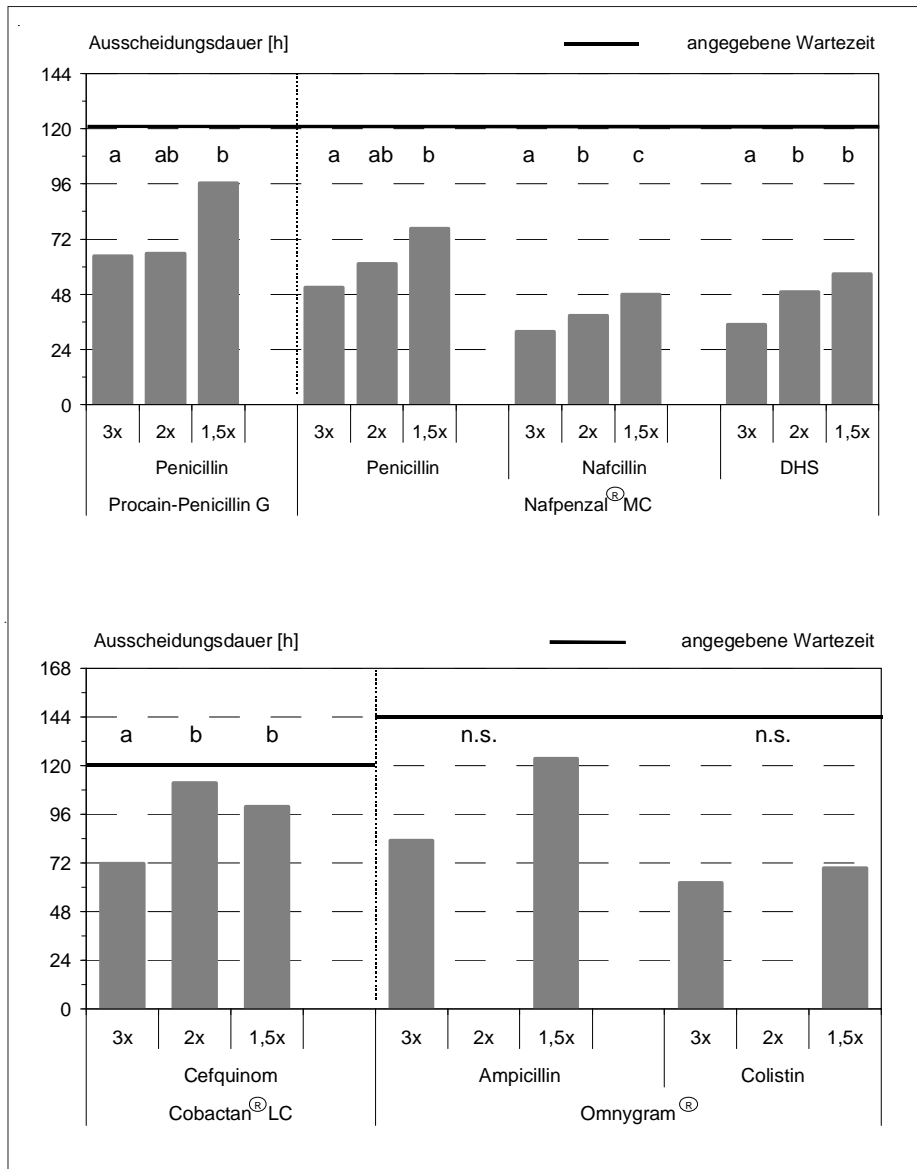


Abb. 4: Berechnete Ausscheidungsdauer (h) für verschiedene Antibiotika bei gesunden Kühen (Least Square Means); unterschiedliche kleine Buchstaben kennzeichnen pro Antibiotikum signifikante Unterschiede zwischen den Melkfrequenzen (3x, 2x, 1,5x)

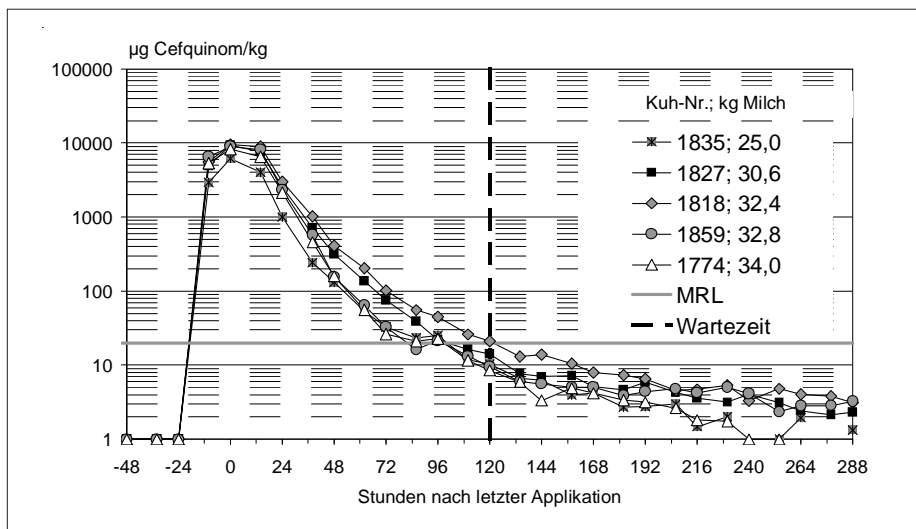


Abb. 5: Ausscheidung von Cefquinom in der Milch eutergesunder Kühe (n=5) - Melkfrequenz 2x/Tag

Tab. 6: Ausscheidungsdauer für Cefquinom (in Stunden) bei Kühen mit klinischer Mastitis in Abhängigkeit von der Melkfrequenz pro Tag

Melkfrequenz pro Tag	Ergebnisse einer Varianzanalyse	
	LSQ <sub>M</sub> ± se	sign.
2 x (n=15)	57,7 ± 3,0	a
1,5 x (n=4)	45,5 ± 6,4	a

LSQ<sub>M</sub>=Least Square Mean, se=Standardfehler; unterschiedliche kleine Buchstaben innerhalb derselben Spalte bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Melkfrequenzen (p<0,05)

Allerdings zeigen Berechnungen, dass bei einigen Antibiotika sehr geringe Milchmengen aus behandelten Vierteln ausreichen, um in Tankmilch Antibiotika-Konzentrationen oberhalb des MRL zu verursachen (Tab. 7). Besonders in den jeweils auf eine Behandlung folgenden Melkzeiten ist mit hohen Konzentrationen der eingesetzten Substanzen in der Milch zu rechnen.

Sollen Kühe nach Behandlungen mit Antibiotika automatisch gemolken werden, ist besonderer Wert auf eine ordnungsgemäße Funktion der Reinigungsvorgänge nach dem Melken zu legen. In Zweifelsfällen sollten behandelte Kühe während der Wartezeit nur unter Aufsicht unmittelbar vor der Durchführung der Hauptreinigungsprozedur gemolken werden.

**Tab. 7: Risiko einer Tankmilchkontamination in Konzentrationen oberhalb des MRL durch Milch behandelte Euterviertel**

Substanz	MRL [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	erforderliches Volumen Milch zur Kontamination von 1000 Liter Tankmilch*
Penicillin G	4	10 ml
Ampicillin	4	40 ml
Nafcillin	30	1500 ml
Cefquinom	20	1000 ml
Dihydrostreptomycin	200	6700 ml
Colistin	50	1700 ml

\* Berechnung auf der Grundlage der höchsten Konzentration in Milch nach Behandlung (eigene Untersuchungen)

## 5. Schlussfolgerungen

Nach wie vor sind einige Fragestellungen zur Milchhygiene in AMV noch nicht oder nur unzureichend gelöst. Allerdings gibt es neuere Erkenntnisse, durch die in naher Zukunft mit weiteren Verbesserungen zu rechnen ist. Dabei handelt es sich einerseits um technische Fortschritte, andererseits um Empfehlungen zum verbesserten Management in Betrieben mit AMV.

Die Erkennung sinnfällig veränderter Milch ist zur Zeit noch nicht befriedigend gelöst. Allerdings gibt es Ansätze zur automatisierten Erkennung von Flocken in der Milch bzw. zur Online-Bestimmung des Zellgehaltes der Milch. Diese Verfahren könnten eine automatisierte Entscheidung über die Verkehrsfähigkeit der Milch auf der Grundlage von Messungen des aktuellen Gemelkes ermöglichen.

Mechanisierte Verfahren zur Euterreinigung zeigen Unterschiede in der Wirksamkeit. Einige in der Praxis eingesetzte Systeme weisen noch Verbesserungsmöglichkeiten auf. Zur Vermeidung von Verunreinigungen der Milch durch verschmutzte Euter ist aber vor allem ein gutes Hygienemanagement erforderlich. So könnte die Notwendigkeit zur Zitzenreinigung vor dem Melken durch entsprechende Haltungsbedingungen eingeschränkt oder gar überflüssig werden.

Bei der Systemreinigung ist Wert auf eine ordnungsgemäße Funktion zu legen. Dann können selbst mit geringen Reinigungsfrequenzen von zweimal täglich dauerhaft niedrige Keimzahlen erreicht werden. Daneben könnte die Veränderung verschiedener Managementaspekte in einzelnen Betrieben vermutlich noch zu Verbesserungen im Hinblick auf die bakteriologische Qualität der Anlieferungsmilch führen.

Neuere Untersuchungen zur Ausscheidung von Antibiotika in Milch zeigen, dass durch verringerte Melkfrequenzen eine Verlängerung der Ausscheidung von Rückständen in der Milch auftreten kann. Da trotzdem in keinem Fall eine Überschreitung der Wartezeit beobachtet wurde, kann aber die verlängerte Ausscheidung als Ursache für eine Verunreinigung der Tankmilch mit Rückstandskonzentrationen oberhalb von MRLs weitgehend ausgeschlossen werden. Vielmehr ist auch hier größter Wert auf eine ordnungsgemäße Funktion der Reinigung nach dem Melken behandelter Kühe zu legen. Allerdings sind die meisten Hemmstoffbefunde auf Fehler im Management zurückzuführen und sollten sich daher durch entsprechende Maßnahmen vermeiden lassen.

Durch die Automatisierung des Melkens und den Wegfall von Kontrollmöglichkeiten für den Landwirt werden besonders hohe Anforderungen an die Funktion von AMV gestellt. Voraussetzung dafür ist der technisch einwandfreie Betrieb, aber auch die regelmäßige Überprüfung der automatisierten Vorgänge und die Schaffung der entsprechenden Rahmenbedingungen im Betrieb durch den Landwirt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass neben technischen Verbesserungen letztendlich der Umgang mit dem System entscheidend für die Vermeidung von Fehlern und den erfolgreichen Betrieb von AMV ist.

### Danksagung

Teile der vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projektes „Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms“ (QLK5-2000-31006) im 5. Forschungsrahmenprogramm der EU gefördert.

Den beteiligten Landwirten danken wir sehr herzlich für ihre Bereitschaft zur Teilnahme an den Untersuchungen sowie für ihre Unterstützung bei Probenahme und Datenerhebung. Den AMV-Herstellern möchten wir für die Vermittlung der AMV-Betriebe danken. Dem Melkpersonal des Versuchsgutes Schädtkbek der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel wird für die sehr sorgfältige Durchführung der Antibiotika-Ausscheidungsversuche gedankt. Besonderer Dank gilt Burkhard Nipp, Sandra Soll-Gnutzmann, Heinz Braun und Maren Schmidt für ausgezeichnete technische Assistenz.

### Anmerkung

Der Inhalt dieser Veröffentlichung unterliegt allein der Verantwortung der Autoren und repräsentiert nicht notwendigerweise die Ansichten der Europäischen Kommission. Weder die Europäische Kommission noch Personen, die im Auftrag der Kommission handeln sind verantwortlich für den Gebrauch, der von der oben stehenden Information gemacht wird.

### 6. Literatur

- (1) Anderson, N.G.: Observations on dairy comfort: diagonal lunging, resting, standing and perching in free stalls. Proceedings of the Fifth Dairy Housing Conference, 29.-31. Januar 2003, Fort Worth, Texas, 26-35
- (2) De Mol, R.M.: Automated detection of oestrus and mastitis in dairy cows. Thesis Wageningen University 2000, ISBN 90-5808-229-6
- (3) Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft: Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. Hannover, Mai 2002, 4. Auflage, ISBN 3-935747-14-4
- (4) Espada, E., Vijverberg, H.: Milk colour analysis as a tool for the detection of abnormal milk. Proceedings of The first North American Conference on Robotic Milking. 20.-22. März 2002, Toronto, Kanada, Wageningen Pers., Wageningen, NL, ISBN 9076998124, IV 28-38
- (5) Hamann, J., Zeconi, A.: Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. IDF Bulletin **334**, 4-24, 1998
- (6) Knappstein, K., Suhren, G.: Zur Früherkennung von Hygienemängeln in Milcherzeugerbetrieben durch Differentialkeimzahlbestimmungen in Tankmilch. Tagungsbericht der 44. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG, 29. September - 2. Oktober 2003, Garmisch-Partenkirchen, 261-265
- (7) Knappstein, K., Roth, N., Walte, H.-G., Reichmuth, J., Slaghuis, B.A., Ferwerda-van Zonnefeld, R.T., Mooiweer, A.: Effectiveness of automatic cleaning of udder and teats and effects of hygiene management. Report on effectiveness of cleaning procedures applied in different automatic milking systems. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms“ (QLK5-2000-31006), Deliverable 14, <http://www.automaticmilking.nl>, 2003

- (8) Knapstein, K., Suhren, G., Walte, H.-G.: Prevention of antibiotics. Influences of milking intervals and frequencies in automatic milking systems on excretion characteristics of different antibiotics in milk. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens "Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms" (QLK5-2000-31006), Deliverable 11, <http://www.automaticmilking.nl>, 2003
- (9) Knapstein, K., Roth, N., Walte, H.-G., Reichmuth, J.: Effectiveness of automatic cleaning of udder and teats and effects of hygiene management. Report on hygiene measures resulting in adequate teat cleaning. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens "Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms" (QLK5-2000-31006), Deliverable 15, <http://www.automaticmilking.nl>, 2004
- (10) Maassen-Francke, B., Wiethoff, M., Suhr, O., Clemens, C., Knoll, A.: A method to detect flakes and clots in milk in automatic milking systems. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (Hrsg.) Proceedings of the Symposium Automatic Milking - a better understanding, 24.-26. März 2004, Lelystad, Niederlande, Wageningen Academic Publishers, ISBN 9076998388, 251
- (11) Ordloff, D.W.: Farbparameter zur Bewertung der Eutersauberkeit. Landtechnik **57**, 328-329, 2002
- (12) Ramirez-Garcia, S., Favry, V., Lau, K., McMahon, G., Diamond, D.: Impedance based sensor for mastitis detection in milk. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (Hrsg.) Proceedings of the Symposium Automatic Milking - a better understanding, 24.-26. März 2004, Lelystad, Niederlande, Wageningen Academic Publishers, ISBN 9076998388, 258
- (13) Rasmussen, M.D.: Detection and separation of abnormal milk in automatic milking systems. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (Hrsg.) Proceedings of the Symposium Automatic Milking - a better understanding, 24.-26. März 2004, Lelystad, Niederlande, Wageningen Academic Publishers, ISBN 9076998388, 189-197
- (14) Rasmussen, M.D., Justesen, P.: The frequency of antibiotics in milk from herds with automatic milking systems. Italian Journal of Animal Science **2**, 318, 2003
- (15) Reichmuth, J., Knapstein, K.: Anwendung der Milchverordnung in Betrieben mit automatischen Melksystemen - Überlegungen zu besonderen Regelungen für die Konfliktpunkte. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **51**, 237-252, 1999
- (16) Reinemann, D., Grasshoff, A.: Milkline cleaning dynamics: design guidelines and troubleshooting. Dairy Food and Environmental Sanitation **13**, 462-467, 1993
- (17) Reinemann, D., Mein, G., Bray, D.R., Reid, D., Britt, J.S.: Troubleshooting high bacteria counts in farm milk. Proceedings of the 36th Annual Meeting, National Mastitis Council, Inc., 16.-19. Februar 1997, Albuquerque, New Mexico, USA, 65-79
- (18) Schuiling, H.J., Benfalk, C., Verstappen-Boerekamp, J.A.M., Ferwerda-van Zonnefeld, R., Bos, K., Gustafsson, M.: Optimal cleaning of equipment for automatic milking - Frequency of system cleaning. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens "Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms" (QLK5-2000-31006), Deliverable 17, <http://www.automaticmilking.nl>
- (19) Tsenkova, R., Murayama, K., Kawamura, S., Itoh, K., Toyoda, K.: Near infrared mastitis diagnosis in the process of milking. Proceedings of the Symposium Robotic Milking, 17.-19. August 2000, Lelystad, NL, Wageningen Pers., Wageningen, NL, ISBN 9074134874, 127
- (20) Verordnung EWG Nr. 2377/90 des Rates vom 26. Juni 1990, zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 546/2004 der Kommission vom 24. März 2004 zur Schaffung eines Gemeinschaftsverfahrens für die Festsetzung von Höchstmengen für Tierarzneimittelrückstände in Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs. Amtsblatt der EG Nr. L 87/13
- (21) Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch (Milch-GüteVO) in der Fassung vom 27.12.1993, Bundesgesetzblatt I, 2481
- (22) Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis (MilchVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Juli 2000, Bundesgesetzblatt I, S. 1178, zuletzt geändert am 12. November 2004, Bundesgesetzblatt I, Nr. 58, 2794
- (23) Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. Amtsblatt der EG Nr. L 226/22
- (24) Whiteside, W.H.: Observation on a new test for the presence of mastitis in milk. Canadian Public Health Journal **30**, 44, 1939

- (25) Whyte, D.S., Orchard, R.G., Cross, P.S., Frietsch, T., Claycomb, R.W., Mein, G.A.: An on-line somatic cell count sensor. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (Hrsg.) Proceedings of the Symposium Automatic Milking - a better understanding, 24.-26. März 2004, Lelystad, Niederlande, Wageningen Academic Publishers, ISBN 9076998388, 235-240
- (26) Wiedemann, M., Wendl, G.: The use of spectral photometry for detection of mastitis milk. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (Hrsg.) Proceedings of the Symposium Automatic Milking - a better understanding, 24.-26. März 2004, Lelystad, Niederlande, Wageningen Academic Publishers, ISBN 9076998388, 228-234

## 7. Zusammenfassung

Knappstein, K., Roth, N., Suhren, G., Reichmuth, J., Walte, H.-G.: **Milchhygiene in der Primärproduktion – aktuelle Aspekte des automatischen Melkens.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **57** (1) 5-20 (2005)

### 06 Automatisches Melken (Milchqualität, Reinigung, Antibiotika-Rückstände)

Für verschiedene milchhygienische Fragestellungen, die seit dem Einsatz von AMV in Praxisbetrieben diskutiert wurden, gibt es heute neue technische Ansätze, aber auch neue Erkenntnisse zum sachgerechten Umgang mit den Systemen.

Für die Erkennung veränderter Milch gibt es neuartige Ansätze für eine Verbesserung der derzeit existierenden Methoden, die in Zukunft eine wesentlich bessere Erkennungsrate mit hoher Spezifität erwarten lassen.

In Bezug auf die Zitzenreinigung sind Systeme einzelner Hersteller noch verbesserungswürdig. Unterschiede zwischen einzelnen Betrieben, die mit dem System desselben Herstellers arbeiten machen aber deutlich, dass auch das Management zur Gewährleistung eines guten Reinigungserfolges entscheidend ist.

Bei ordnungsgemäßer Funktion der Systemreinigung bietet die dreimal tägliche Reinigung keine Vorteile gegenüber der zweimal täglichen. Managementaspekte können auch hier zur Verbesserung des Reinigungserfolges beitragen.

Auch zur Vermeidung von Antibiotika-Kontaminationen werden hohe Anforderungen an die Reinigung gestellt. Eine verlängerte Ausscheidung von Rückständen in der Milch durch verlängerte Melkfrequenzen kann als Ursache von Kontaminationen der Tankmilch mit Hemmstoffen nahezu ausgeschlossen werden. Letztendlich ist auch hier der Umgang mit dem System entscheidend zur Vermeidung von Fehlern.

### Summary

Knappstein, K., Roth, N., Suhren, G., Reichmuth, J., Walte, H.-G.: **Milk hygiene in the primary production – current aspects of automatic milking.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **57** (1) 5-20 (2005)

### 06 Automatic milking (Milk quality, cleaning, antibiotic residues)

Since the introduction of automatic milking (AM) systems in commercial dairy farms, different aspects of milk hygiene have been discussed. Today, a number of new technical solutions concerning these aspects as well as extended knowledge on proper handling of AM systems are available.

New techniques allow to detect abnormal milk and improve the currently existing methods. Thus, a much better detection rate with a high specificity is expected.

Systems of several manufacturers should be improved as regards teat cleaning. Differences among farms using the same AM system make clear that farm management is important to ensure successful teat cleaning.

Provided that the cleaning system works properly, a cleaning frequency of three times per day has no advantage compared to a cleaning two times per day. Management aspects may also improve the cleaning result.

To avoid antibiotic contamination the cleaning has to fulfill high requirements. A prolonged excretion of antibiotic residues in milk due to extended milking frequencies can be more or less excluded as a cause for bulk tank contamination. The handling of the system is last not least decisive to avoid mistakes.

## Résumé

Knapstein, K., Roth, N., Suhren, G., Reichmuth, J., Walte, H.-G.: **Hygiène du lait dans la production primaire – aspects actuels de la traite automatique.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **57** (1) 5-20 (2005)

## 06 traite automatique (qualité du lait, nettoyage, résidus antibiotiques)

Les problèmes liés à l'hygiène du lait sont discutés depuis l'introduction des systèmes automatiques de traite dans la pratique. Actuellement de nouvelles approches techniques et connaissances sur un bon maniement des systèmes sont disponibles.

Les nouvelles approches permettent de détecter du lait anormal et améliorent les méthodes actuelles. Ainsi l'on peut s'attendre à un taux de détection plus élevé, avec une haute spécificité.

Un nombre de producteurs doivent encore améliorer leur système de traite en ce qui concerne le nettoyage des mamelles. Les différences entre les entreprises utilisant le même système démontrent qu'un bon résultat de nettoyage dépend également de la gestion.

En cas de bon fonctionnement du nettoyage du système un nettoyage trois fois par jour n'apporte pas d'avantages par rapport à un nettoyage deux fois par jour. La bonne gestion peut également contribuer à obtenir un meilleur résultat de nettoyage.

Des exigences élevées sont posées au nettoyage pour éviter une contamination antibiotique. Une élimination prolongée de résidus antibiotiques dans le lait due à des fréquences de traite prolongées peut être néanmoins exclue comme source de contamination du lait en vrac. En fin de compte, le maniement adéquat du système est le garant pour éviter des pannes.