

# Betrachtungen zum „idealen“ Zitzengummi

Dr. agr. D. Bothur, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Anlagenbau Impulsa Elsterwerda

## Traditionelle Saugmelkmaschinen melken das Euter nicht vollständig aus

Traditionelle Saugmelkmaschinen mit Zweirammelbechern sind bisher nicht in der Lage, das Euter vollständig zu leeren. Gegen Melkende gleiten die Melkbecher an den Zitzen hoch bzw. die Zitzen werden tiefer in den Melkbecher hineingesaugt. Das kann sowohl allmählich als auch plötzlich erfolgen. Ab diesem Zeitpunkt versiegt der Milchstrom. Die noch im Euter vorhandene Milchmenge beträgt in Abhängigkeit von den Zitzengummeigenschaften und anderen Parametern der Melkmaschine im Mittel 300 bis 800 g [1 bis 5] bei relativ großer tierindividueller Streuung um den Mittelwert. Durch Herunterziehen der Melkbecher, kombiniert mit Manipulationen am Euter, kann diese als „maschinelles Nachgemelk“ bezeichnete Milchmenge gewonnen werden. Bei Verzicht auf die Gewinnung treten Ertragsdepressionen bei den Kühen ein. Sie betragen ... der 1. Laktation bereits 5 bis 6% und vergrößern sich mit steigender Laktationszahl auf über 10% [6, 7].

## Ursachen für die ungenügende Euterentleerung

Die Mechanismen, die im Zusammenwirken von Melkbecherfunktion und Zitze gegen Melkende zur Milchstromunterbrechung führen, wurden erstmalig von Wehowsky [8, 9] als „Modellvorstellung zur Nachmilchbildung“ beschrieben. Durch eigene Experimente an abgesetzten Eutervierteln konnten die Ursachen für die Milchstromunterbrechung am Melkende begründet und die Modellvorstellungen von Wehowsky bestätigt und weiterentwickelt werden [1, 10].

### Danach wirken folgende Mechanismen:

Gegen Melkende vermindert sich das Eutervolumen erheblich. Oberhalb des Saugkopfes des Zitzengummis verengt sich der Übergang von Zitzenzisterne zu Drüsenzisterne. Diese Passage schnürt sich jeweils im Saug... zunehmend ein, bis es zu einem ersten kurzzeitigen irisblendenartigen Verschluss der Passage kommt. In diesem Moment kann erstmalig ein geringfügiges Vakuum in der Zitzenzisterne nachgewiesen werden. Jeweils während des Entlastungstaktes öffnet sich die Engstelle bzw. der Verschluss in dieser Phase wieder. Innerhalb der folgenden 2 bis 3 Pulsationen verstärkt sich der irisblendenartige Verschluss jedoch bis zu einem permanenten Zustand, bei dem auch während des Entlastungstaktes kein Öffnen der Passage mehr erfolgt. Ab diesem Moment ist in der Zitzenzisterne ein pulsierendes Vakuum nachzuweisen, das während des Saugtaktes die Höhe des Betriebsvakuums der Melkmaschine erreicht und im Entlastungstakt bis auf ein Restvakuum, das bis zu 8 kPa betragen kann, oder Normaldruck abgebaut wird. Das Hochgleiten des Melkbeckers an der Zitze fällt zeitlich mit dem Auftreten von Vakuum in der Zitzenzisterne zusammen, da sich in diesem Moment die Zitzenwand von der Zitzengummiumwand löst und die den Melkbecher fixierende Haftreibung zwischen beiden schlagartig vermindert wird. Zum irisblendenartigen Verschluss der Passage, der für die Entstehung von Vakuum in

der Zitzenzisterne und damit für das Hochgleiten des Melkbeckers an der Zitze verantwortlich ist, kommt es, weil beim Überströmen der Milch durch die bereits stark eingengeengte Passage die Strömungsgeschwindigkeit in der Passage bei gleicher Absaugintensität aus der Zitzenzisterne erheblich ansteigt und eine strömungsbedingte Druckabsenkung im Bereich der Passage erzeugt wird. Die dadurch entstehende Druckdifferenz gegenüber dem atmosphärischen Druck, der oberhalb des Zitzengummisaugkopfes auf das Euter wirkt, führt zum blendenartigen Verschluss der Passage. Der hochgleitende Melkbecher fixiert diesen Verschluss, ist aber nicht die eigentliche Ursache für die Milchstromunterbrechung. Das konnte in Laborversuchen nachgewiesen werden, bei denen dieser Verschluss an abgesetzten Eutervierteln auch dann eintrat, wenn der Melkbecher in der Zitzenmitte fixiert und am Hochgleiten gehindert wurde. In diesen Fällen trat der permanente Verschluss jedoch zeitlich etwas später ein, und die aus einem Euterphantom ermolzene Flüssigkeitsmenge war etwas größer [1].

Davon kann abgeleitet werden, daß Verschlussmechanismen an der Passage im Zusammenhang mit der Anwendung des Saugmelkverfahrens mit pulsierenden Zitzengummis für die unvollständige Euterentleerung verantwortlich sind. Der Ausmelkgrad kann erhöht werden, wenn am Melkende die Strömungsgeschwindigkeit der Milch in der Passage vermindert und/oder das Hochgleiten der Melkbecher verhindert wird. Durch beide Maßnahmen tritt der permanente Verschluss zeitlich später ein. Die Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit kann hauptsächlich durch eine Absenkung des Melkvakuums und durch ein langsames Auffalten des Zitzengummis erreicht werden. Die optimale Gestaltung der Arbeitsweise der Melkmaschine in der Endphase des Melkprozesses ist schwierig, da eine Regelung der Arbeitsparameter euterviertelspezifisch und tierindividuell zeitgesteuert erfolgen müßte. Eine Regelung in Abhängigkeit vom absinkenden Milchstrom ist nicht effektiv. Die Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit wird in diesem Fall zu spät erreicht, da zu diesem Zeitpunkt die Verschlussmechanismen schon wirksam sind.

## „Idealer“ Zitzengummi und vollständige Euterentleerung

Aus o. g. Betrachtungen ergibt sich die Frage, in welchem Umfang mit einem „idealen“ Zitzengummi, der auch am Melkende in fester Verbindung mit der Zitzenhaut verbleibt und nicht klettert, der Euterentleerungsgrad verbessert werden kann und ob eine vollständige Euterentleerung praktisch erreichbar ist. Davon hängt ab, ob es überhaupt sinnvoll ist, Zitzengummis mit dem Ziel der vollständigen Euterentleerung zu optimieren, oder ob es zweckmäßiger wäre, einen schnellen Milchentzug und eine schonendere Euterbehandlung anzustreben und die restliche Entleerung durch andere Verbesserungen an der Melkmaschine zu sichern. Zur Beantwortung dieser Frage wurde ein Versuch durchgeführt.

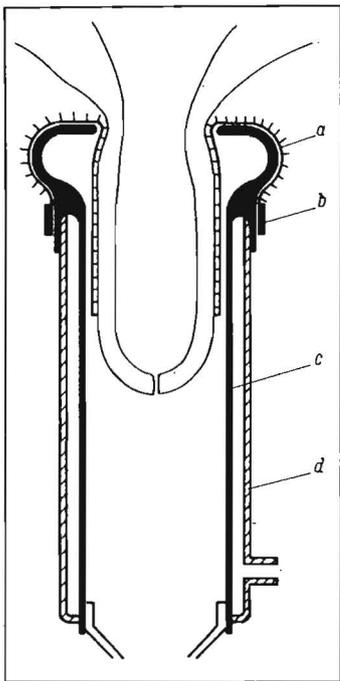
Nach dem Zufallsprinzip wurden 12 Kühe aus einer Herde von 200 Kühen mit einem Jahresertrag von 4200 kg ausgewählt und 8 Melkzeiten in einem Halbeuterversuch mit Variantenwechsel nach 4 Melkzeiten gemolken. Verwendet wurden Halbeutermilchsammlerstücke. An der Versuchshälfte wurden die Melkbecher an den Zitzen fixiert, damit sie nicht am Melkende hochgleiten konnten. Die Kontrollhälfte wurde traditionell gemolken. Die Eutervorbereitung erfolgte durch Vormelkprobe, Euterwäsche und Handmassage (insgesamt rd. 60 s). Am Melkende wurden nach Versiegen des Milchstroms die Melkbecher abgenommen, die Euterhälften von Hand nachgemolken und die Nachgemelkmengen volumetrisch für Versuchs- und Kontrollhälfte ermittelt. Die Melkbecher wurden an den Zitzen der Versuchshälften entsprechend Bild 1 fixiert. 4 Streifen (0,5 cm breit) eines handelsüblichen Heftpflasters wurden von der Zitzenmitte bis zum Euterboden auf die Zitzenhaut aufgeklebt. Nach Ansetzen der Melkbecher wurden die aus den Melkbechern herausragenden Enden von der Euterhaut abgelöst, über den Rand des Melkbecherkopfes nach unten gelegt und mit einem Pflasterring am Zitzengummikopf befestigt. Damit war gesichert, daß einerseits während des Melkens keine Beeinträchtigung für den Milchentzug eintrat und andererseits das Hochgleiten der Melkbecher vollständig unterblieb.

## Ergebnisse und Diskussion

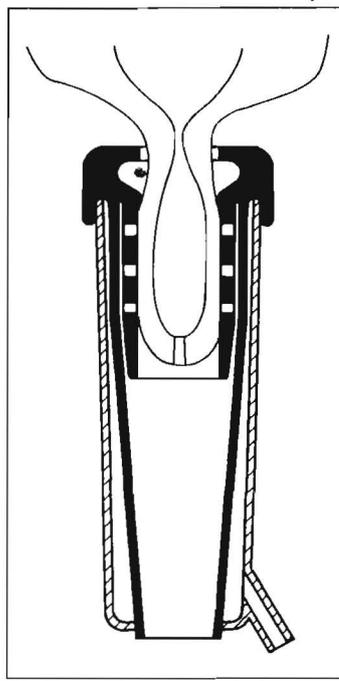
Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tafel 1 zusammengestellt. Mit durchschnittlich 167,1 ml je Euterhälfte und Gemelk, das entspricht 334,2 ml für das Gesamteuter, entsprechen die Nachgemelkmengen in den traditionell gemolkenen Euterhälften Werte, die mittel bis gut ausmelkenden Zitzengummis eigen sind. Durch Vermindern des Hochgleitens der Melkbecher auf den Versuchshälften konnte eine Reduzierung der Nachgemelkmengen um 45,7% erzielt werden. Das dürfte der Grenzwert sein (etwa 200 ml Nachmilchgemelk für das Gesamteuter), der theoretisch mit „idealen“ Zitzengummis erreichbar wäre. Ob ein unter praktischen Bedingungen befriedigend arbeitender, nicht hochrutschender Zitzengummi aber realisiert werden kann, ist noch ungeklärt. Weitere Versuche mit einem Versuchs-

Tafel 1. Nachgemelkmengen je Halbeutergemelk, bei unfixierten (Kontrollvariante) und fixierten (Versuchsvariante) Melkbechern

Euterhälfte	n	$\bar{x}$ ml	Variationsbreite ml
Kontrollvariante			
rechts	43	166,9	10...370
links	47	167,5	90...435
gesamt	90	167,1	10...435
Versuchsvariante			
links	43	84,9	10...315
rechts	47	96,1	25...285
gesamt	90	90,8	10...315



1



2

melkbecher entsprechend Bild 2, bei dem über Perforationen im Zitzengummi ein Ansaugen der Zitzenwand an den Zitzengummischicht erfolgte und damit ein Hochklettern verhindert werden konnte, brachten lediglich eine Verringerung des Nachgemelks zwischen 30 und 40%. Besonders nachteilig war, daß aufgrund der sich am Melkende einschnürenden Zitzenbasis Luft am Saugkopf eingesaugt wurde, was zum Abfallen der Melkbecher führte. Außerdem sind derartige Konstruktionen hygienisch problematisch. Die Herstellung eines „idealen“ Zitzengummis, der das Euter aller Kühe zügig und restlos entleeren kann und am Euter sicher haftet, scheint unter Beachtung der Versuchsergebnisse nicht realisierbar zu sein. Erfolgversprechender sind deshalb technische Veränderungen an der Melkmaschine, durch die die am Melkende hochgekletterten Melkbecher wieder zurückgezogen werden und das Euter gleichzeitig nach unten gezogen wird, um gute Abflußbedingungen innerhalb des Milchgangsystems zu schaffen und die Passage zwischen Drüsen- und Zitzenzisterne wieder zu öffnen bzw. offen zu halten. Dieses Nachmelkprinzip wird bei dem System „Physiomatik Super“ des VEB Anlagenbau Impulsa Elsterwerda in Melkställen technisch einfach und effektiv angewendet (Bild 3). Dabei wird das Melkzeug am Melkende mit Hilfe eines Seiles, das über eine am Fußboden arretierbare und beim Abziehen des Melkzeugs vom Euter automatisch freigegebene Umlenkung geführt wird, rhythmisch in Richtung der Vorderbeine der Kuh nach unten gezogen [12]. Diese Lösung hat sich in der Praxis bewährt. Die bei diesem System im Euter verbleibenden Nachmilchmengen je Gemelk liegen im Mittel bei etwa 70 g [13]. Mit Hilfe theoretischer idealer Zitzengummis können solche Werte nicht erreicht werden. Auch für Stallmelkanlagen steht mit der Ausmelkvorrichtung (AMV) eine technische Lösung zur Verfügung [14]. Ein in Abhängigkeit vom Milchstrom gesteuerter pneumatischer Arbeitszylinder stützt sich gegen Melkende am Euterboden ab und drückt das Melkzeug nach unten (Bild 4). Der erzielbare Ausmelkgrad ist mit dem der Nachmelkvorrichtung für Melkställe ver-

gleichbar. Die Forschungsarbeiten sind abgeschlossen und können in die Praxis übergeleitet werden.

#### Zusammenfassung

Mit traditionellen Melkmaschinen können die Euter aller Kühe nicht vollständig ausgemolken werden. Die Ursachen liegen in Verschlussmechanismen im Bereich der Passage zwischen Zitzen- und Drüsenzisterne, die an das Saugmelkverfahren mit pulsierenden Zitzengummis gebunden sind und ein Nachfließen der Milch in die Zitzenzisterne verhindern. Das Hochklettern der Melkbecher am Melkende ist nicht die Ursache des Passageverschlusses, sondern eine Sekundärercheinung, die einen bereits vorhandenen Verschluss fixiert. Experimentell wurde nachgewiesen, daß durch Verhinderung des Hochkletterns der Melkbecher das Nachgemelk nur um etwa 45% auf 200 g je Euter und Gemelk verringert werden kann und damit prinzipielle Grenzen für die Zitzengummioptimierung in dieser Hinsicht bestehen. Mit Versuchszitzengummis, die nicht klettern, konnte lediglich eine Reduzierung des Nachgemelks um 30 bis 40% realisiert werden. Durch technische Lösungen am Melkzeug, die die Melkbecher am Melkende herunterziehen, das Eutergewebe straffen und dem Verschlussmechanismus entgegenwirken, kann eine vollständigere Euterentleerung erreicht werden, als es mit theoretisch idealen Zitzengummis möglich wäre. Beim Melksystem „Physiomatik Super“ wird dieses Prinzip erfolgreich für Melkställe verwirklicht. Für Stallmelkanlagen sind die Forschungsarbeiten für eine technische Lösung abgeschlossen. Eine Überführungsvariante liegt vor.

#### Literatur

- [1] Bothur, D.: Untersuchungen zu Problemen der Vorgänge im Euter von Kühen in der Endphase des maschinellen Melkprozesses sowie zur Ermittlung von Parametern für Milchflußgeber, die zur Bestimmung des Melkendes verwendet werden. Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Dissertation 1975.
- [2] Graupner, M.; Rudovsky, H.-J.: Halbeuterun-

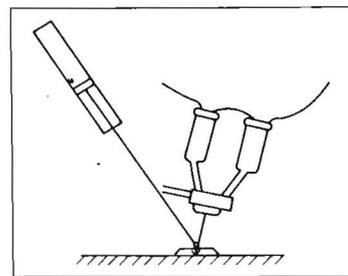


Bild 3. Nachmelkvorrichtung für Melkställe

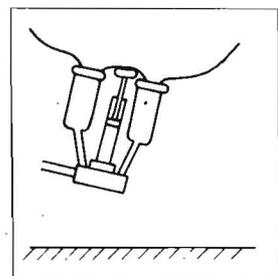


Bild 4. Ausmelkvorrichtung (AMV) für Stallmelkanlagen

#### Bild 1

- Fixierung des Melkbeckers an der Zitze;  
a Heftpflasterstreifen,  
b Heftpflastering,  
c Zitzengummi,  
d Melkbecherhülse

#### Bild 2

- Versuchsmelkbecher [11]

tersuchungen zur Wirkung eines Unterlassens des Maschinennachmelkens. Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl-Marx-Universität Leipzig, Math.-naturw. Reihe 31(1982)5, S. 449–457.

- [3] Kelly, T. G.; O'Shea, E.; O'Callaghan, J. McKenna, B.: Comparisons of milking characteristics of new and used liners (Vergleich der Melkcharakteristik von neuen und gebrauchten Zitzengummis). Milking machine research at Moorepark 1978–1982, Unforas Taluntais, 1983.
- [4] McGibb, J.; Mein, G. A.: A comparison of the milking characteristics of teat cup liners (Ein Vergleich der Melkcharakteristik von Zitzengummis). The Australian Journal of Dairy Technology, 31(1976), S. 148–153.
- [5] O'Shea, J.: The importance of liners in the performance of milking machines (Die Bedeutung von Zitzengummis für die Leistung von Melkmaschinen). Machine Milking Meeting, Paris, 20. Juni 1978.
- [6] Ebendorff, W.; Kram, K.; Ziesack, J.: Sicherung hoher und stabiler Milchleistungen der Kühe bei guter Eutergesundheit durch richtiges Ausmelken. Tierzucht, Berlin 40(1986)4, S. 176–178.
- [7] Rudovsky, H.-J.; Wehowsky, G.; Beuche, W.; Ebendorff, W.: Vergleichende Untersuchungen zum Nachmelken. Monatshefte für Veterinärmedizin, Berlin 33(1978)6, S. 223–226.
- [8] Wehowsky, G.; Kohlschmidt, D.; Hoffmann, H.-W.: Modellvorstellungen über die Entstehung und Gewinnungsmöglichkeiten von Nachmilch und Ergebnisse eines Versuches mit einer automatischen Nachmelkvorrichtung. Monatshefte für Veterinärmedizin, Berlin 28(1973)19, S. 733–738.
- [9] Wehowsky, G.: Modellvorstellungen über Entstehung und Gewinnungsmöglichkeiten von Nachmilch. Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl-Marx-Universität Leipzig, Math.-nat. Reihe 21(1972)3, S. 309.
- [10] Bothur, D.; Wehowsky, G.: Untersuchungen über Ursache und Wirkung des Hochkletterns der Melkbecher an den Zitzen in der Endphase des Melkprozesses. Monatshefte für Veterinärmedizin, Berlin 33(1978)6, S. 217–222.
- [11] Bothur, D.; Wehowsky, G.: Formgummieinsatz für Melkbecher. WP 139 081, A 01 J 5/08. Anmeldetag: 17. Okt. 1978.
- [12] Bothur, D.; Rudovsky, H.-J.; Landsmann, J.; Wehowsky, G.: Nachmelk- und Melkzeugabnahmevorrichtung. WP 146 784, A 01 J 5/00. Anmeldetag: 27. Dez. 1979.
- [13] Klein, R.; Bothur, D.; Rudovsky, H.-J.; Preuß, H.; Lüpfer, M.; Lochner, W.: Erste Erfahrungen bei der Anwendung neuer Melkverfahren. Tierzucht, Berlin 39(1985)3, S. 128–131.
- [14] Voigt, H.-J.; Hennig, B.; Schönherr, M.; Färber, K.; Thum, E.; Uhmann, F.; Wappler, A.; Billhardt, J.: Verfahren und Vorrichtung zum maschinellen Ausmelken von Tieren. WP 210 825, A 01 J 5/00. Anmeldetag: 27. Okt. 1982. A 5905