

# Faktoren mit Einfluß auf die Zitzengummi-Bewegung und deren Wirkung auf die Effektivität des Melkens

Von Gyula Bánházi, Laszlo Tóth und Janos Bak, Gödöllő, Ungarn\*)

DK 637.115

In Milchviehbetrieben werden jährlich große Verluste durch Euterkrankheiten verursacht. Intensiv sind daher die Bemühungen durch Verbesserung der Melkverfahren und Melkanlagen, diese Verluste zu verringern. Neben der direkten Infektion über die Zitzenbecher trägt der Rücktransport infektiöser Milch aus dem Sammelstück in den Raum unterhalb der Zitze zur Verbreitung von Euterkrankheiten bei.

Hier wird untersucht, wie sich Form und Größe verschiedener Zitzengummis und unterschiedliche Werte des Druckverhältnisses (Melkvakuum/Pulsvakuum) auf die radiale Geschwindigkeit des Zitzengummis und die Geschwindigkeit der Strömung aus dem kurzen Milchschlauch in den Raum unterhalb der Zitze auswirken.

## 1. Einleitung

Heutzutage verfügen die landwirtschaftlichen Betriebe über Melkanlagen, die zuverlässig und von hohem technischem Niveau sind. Die Milchviehbetriebe haben das Bestreben, mit diesen Melkanlagen das Euter vollständig zu entleeren, ohne dabei den Gesundheitszustand der Kühe zu schädigen.

In den Jahren 1981 bis 1983 haben wir in 40 großen Milchviehbetrieben weitgehende Untersuchungen durchgeführt. In jedem dieser Betriebe wurde das Melken in Melkständen durchgeführt, wobei der durchschnittliche Kuhbestand 900 je Betrieb betrug und im Durchschnitt täglich 10 Stunden lang gemolken wurde.

Bei der Auswertung wurden 8 Parameter berücksichtigt:

1. Schwankung des Vakuums,
2. Dauer des Blindmelkens,
3. Anzahl der Euterentzündungen,
4. Dauer des Melkens je Tag,
5. Anzahl der von einer Person in einer Stunde gemolkenen Kühe,
6. Menge der so gewonnenen Milch,
7. Zeitdauer des einzelnen Melkvorganges,
8. Abmessungen bzw. Größe der Zitzengummis.

Mit Hilfe der Varianzanalyse wurde – unter Beachtung der 40 Prüfstellen – festgestellt, welche von ihnen den stärksten Einfluß auf die Entstehung von Euterentzündungen (gemessen an der Zahl) ausüben, d.h. zwischen welchen Parametern die engsten Beziehungen bestehen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sei hier gesagt, daß zwei der Parameter den engsten Zusammenhang mit der Häufigkeit von Euterentzündungen aufweisen: die Schwankung des Vakuums an der Zitzenspitze und die Zeitdauer des Blindmelkens am Ende des normalen Melkvorganges.

Bei den untersuchten Anlagen handelte es sich um Melkanlagen der Typen Alfa-Laval Duovac, Impulsa Physiomatic, Miele Melk-automatic, Melotte MTO, also um Geräte, die am Ende des jeweiligen Melkvorganges eine sog. Schonphase einschalten.

Die Zusammenhänge zwischen den obengenannten Parametern wurden in den vergangenen Jahren von einer großen Zahl von Forschern [1 bis 7] erkannt, so daß wir mit großer Sicherheit das folgende feststellen bzw. vorschlagen können:

1. Schwankungen des Melkvakuums müssen vermindert werden: Das wurde bereits in Angriff genommen durch: Einbau von weiten Rohren in den Melkanlagen, Verwendung untenliegender Milchleitungen in Melkständen, Erhöhung des Luftdurchsatzes der Vakuumpumpe und Vergrößerung des Volumens des Sammelstücks usw., denn letztlich kann dieser Parameter durch konstruktive Maßnahmen wesentlich verbessert werden.
2. Ein Großteil der vorhandenen automatischen Geräte eignet sich nicht zur Verminderung des Blindmelkens. Ausnahmen sind diejenigen Einrichtungen, die nach dem Aufhören des Milchflusses die Melkzeuge von den Zitzen abnehmen. Von diesen können auch nur diejenigen als zufriedenstellend betrachtet werden, die das Melkzeug mit einer Haltevorrichtung kombinieren, mit der die Lage des Melkzeuges zum Euter – entsprechend der unterschiedlichen Höhenlage der Euterviertel – eingestellt werden kann.
3. Für die einheimischen Holstein-Friesen-Kuhbestände haben wir die Verwendung von kleinen Zitzengummis vorgeschlagen, und diese werden heute bereits in der Mehrzahl der Milchviehbetriebe auch verwendet.

Die Verwirklichung dieser Vorschläge hat natürlich einen zusätzlichen Bedarf an Investitionsmitteln mit sich gebracht, aber letztlich haben sich auch die Verhältnisse gebessert. Unsere Sorgen und Probleme sind jedoch noch nicht restlos ausgeräumt.

## 2. Aufgabenstellung

Nach Auswertung der Erfahrungen mit diesen Entwicklungen kamen wir zu dem Schluß, daß eine weitere und grundsätzliche Ursache für die Verbreitung von Euterentzündungen nur in einem Rücktransport von "schädlichem Material" bestehen kann.

Das bedeutet im einzelnen, daß aus dem Sammelstück entzündungserregende Stoffe zu den Zitzen zurückgelangen und ihren Weg in die Zitzenkanäle finden.

Die Infektion kann auf zwei Wegen zustandekommen:

1. durch Berührung mit den Zitzengummis oder
2. durch Flüssigkeitspartikeln (Bakterien in der Schwebelösung), die sich unter Wirkung des Vakuums aus der Milchmenge herauslösen und – begünstigt durch die Bewegungen des Zitzengummis – zu den Zitzenspitzen zurücktransportiert werden.

Dieser Vorgang ist besonders während des Blindmelkens gefährlich, und Blindmelken kann in Melkanlagen für große Milchviehbestände gar nicht vermieden werden, da eine Person 5–10 Melkzeuge bedienen muß.

\*) Universitätsprofessor Dr. G. Bánházi ist Direktor im Institut für Landtechnik, Dr. L. Tóth wiss. Abteilungsleiter und Dr. J. Bak wiss. Mitarbeiter der Abteilung für die Mechanisierung der Tierhaltung im Institut für Landtechnik, Gödöllő.

Versuche zur Vermeidung dieses Rücktransports von Milchpartikeln haben zur Entwicklung des Biomilch sowie der sowjetischen Melkanlage DA-3M geführt. Bei diesen Anlagen wird Luft in den Melkraum des Melkbechers geleitet, die den Milchfluß in Richtung der Sammelleitungen oder des Melkeimers fördert, so daß dadurch die Wahrscheinlichkeit eines Rücktransports von Milchpartikeln (Schadstoffen) reduziert wird.

Bei den Untersuchungen, die zur Erkennung des Wirkungsmechanismus eingeleitet wurden, sind wir von folgendem ausgegangen:

Die Bewegungsabläufe der Zitzengummis sind das Ergebnis des sich periodisch ändernden Vakuums des Pulsators und des Vakuums, welches jeweils unterhalb der Zitze herrscht.

Das Vakuum des Pulsators und seine Periodizität kann auf einem konstanten Niveau gehalten werden, das ist technisch bereits gelöst. Die Zusammenhänge zwischen der Pulsation und den charakteristischen Parametern des Melkens wurden in den sechziger Jahren von sehr vielen Forschern behandelt und erforscht. Eindeutig haben alle festgestellt, daß die Parameter der Pulsatoren konstant gehalten werden müssen und daß Pulsatoren mit sehr steilen Übergangsphasen ein schnelles Melken gewährleisten. Nach unseren eigenen Untersuchungen erhöht sich die Melkgeschwindigkeit wesentlich, wenn der Übergang des Pulsators vom Entlastungstakt zum Saugtakt schnell erfolgt.

Eine ähnliche Feststellung konnte Hupfauer [8] bereits 1956 machen, als einer unter vielen. Nach ihm erhöht sich das Vakuum an der Zitzenspitze im Vergleich mit dem Grundvakuum. Bei den Schnellmelkeinrichtungen haben jedoch mehrere Forscher festgestellt, daß der Gesundheitszustand des Euters in Mitleidenschaft gezogen wurde. Leider haben diese Forscher dem Vakuum, das an der Zitzenspitze herrscht, nur wenig Beachtung geschenkt. Das Vakuum an der Zitzenspitze weist nämlich bei den meisten Melkanlagen sehr starke Schwankungen auf. Diese Erscheinung führt dazu, daß sich der Bewegungsmechanismus (die Geschwindigkeiten) des Zitzengummis in Abhängigkeit von der Intensität des Milchflusses verändert.

Als Resümee aus dem Dargestellten ergibt sich die Aufgabe, zu klären, warum das schwankende Vakuum eine verstärkte Verbreitung von Euterentzündungen hervorruft. Erst nach dieser Klärung kann die erforderliche Veränderung der Melkanlagen vorgenommen werden.

### 3. Versuchsdurchführung und -ergebnisse

Der Bewegungsmechanismus wurde an fünf verschiedenen Zitzengummis, Bild 1, untersucht, wozu ein Versuchsaufbau nach Bild 2 eingesetzt wurde.

Ein Ergebnis der Untersuchungen ist in Bild 3 dargestellt, das die Veränderungen des Zitzengummidurchmessers an einem mittleren Punkt des Zitzengummis (Durchmesser II in Bild 1) für verschiedene Werte des Melkvakuums (32, 50 und 62 kPa) darstellt. Die Kennlinie des mit 50 kPa-Vakuum arbeitenden Pulsators ist nur symbolisch angedeutet (gestrichelte Linie). Die Serie von Kurven zeigt einen Fall, bei dem das Vakuum an der Zitzenspitze höher ist als das Spitzenvakuum des Pulsators, einen, bei dem die beiden gleich sind, und einen, bei dem das Spitzenvakuum des Pulsators höher liegt als das Vakuum an der Zitzenspitze.

Es konnte nachgewiesen werden, daß, wenn das Melkvakuum niedriger ist als das Spitzenvakuum der Pulsatoren, die Bewegung des Zitzengummis große Amplituden aufweist und das Zitzengummi in den Übergangsphasen eine höhere Geschwindigkeit besitzt, eine größere als bei höherem Vakuumniveau. Dies wird in Bild 3 durch die Steilheit der Kurven illustriert (größere Steigung bedeutet schnellere Bewegung).

Als besonders schädlich erweist sich diese große Geschwindigkeit beim Übergang vom Entlastungstakt zum Saugtakt, da in dieser Phase ein Zurückströmen in Richtung der Zitzen erfolgt.

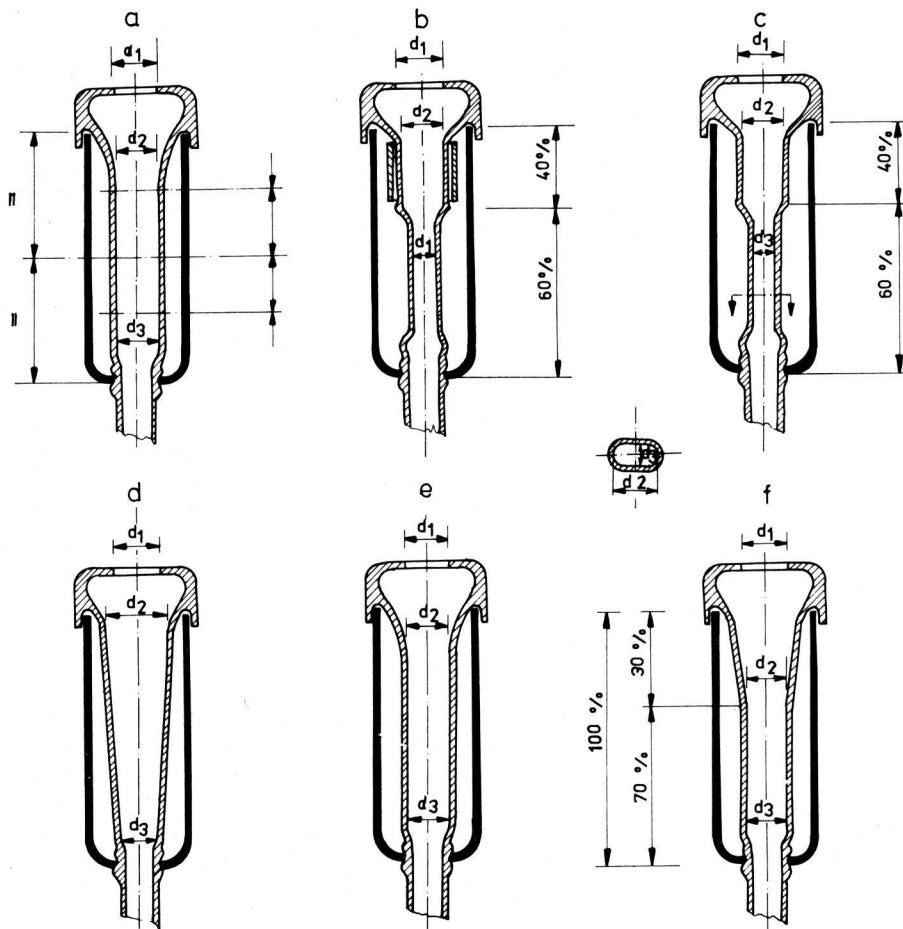
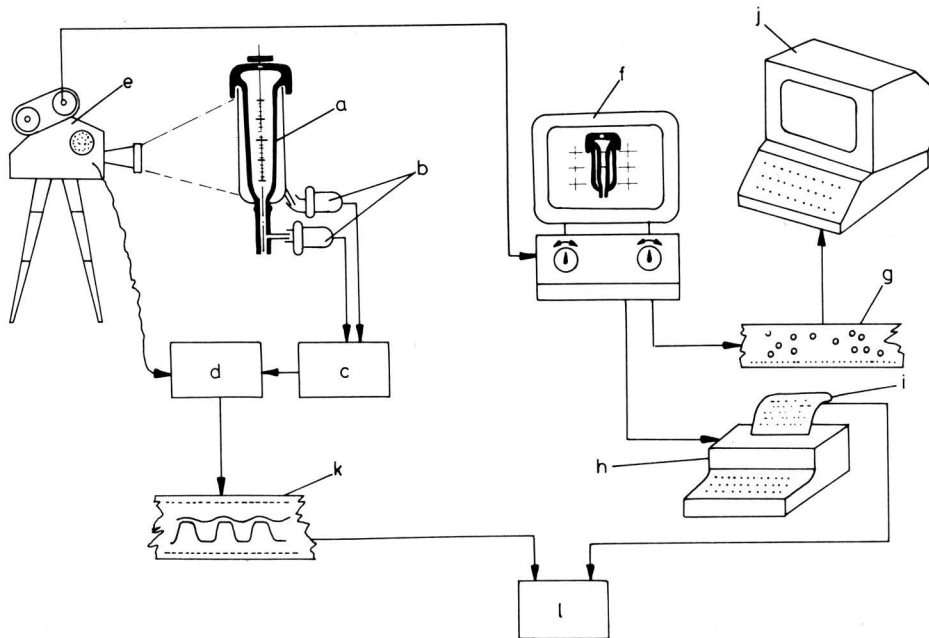


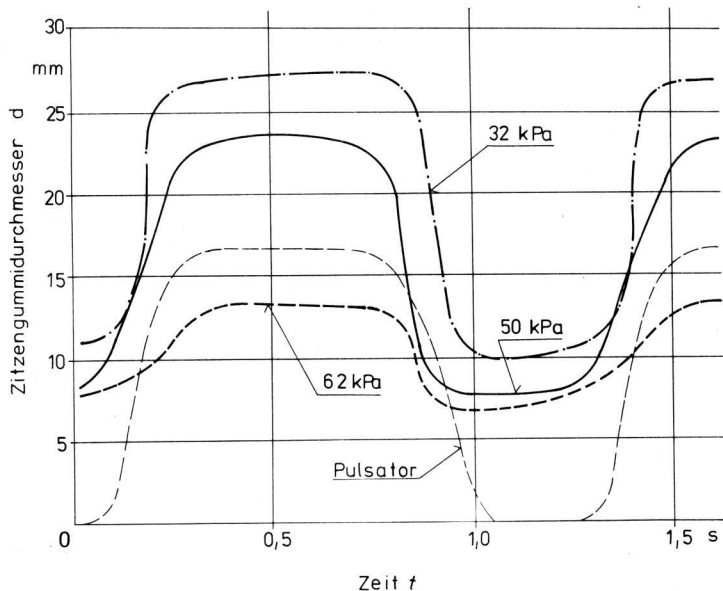
Bild 1. Zitzenbecher mit den untersuchten Zitzengummiformen.

- a Lage der Meßebenen (Durchmesser I, II bzw. III)
- b Zitzengummi von Bou-Matic mit Gummiring
- c Zitzengummi von Bou-Matic ohne Gummiring, ovaler Querschnitt
- d kegelförmiges Zitzengummi mit großem Innendurchmesser
- e zylindrisches Zitzengummi
- f komb. zylindrisch-kegelförmiges Zitzengummi



**Bild 2.** Einrichtung zur Erfassung des Bewegungsmechanismus von Zitzengummi.

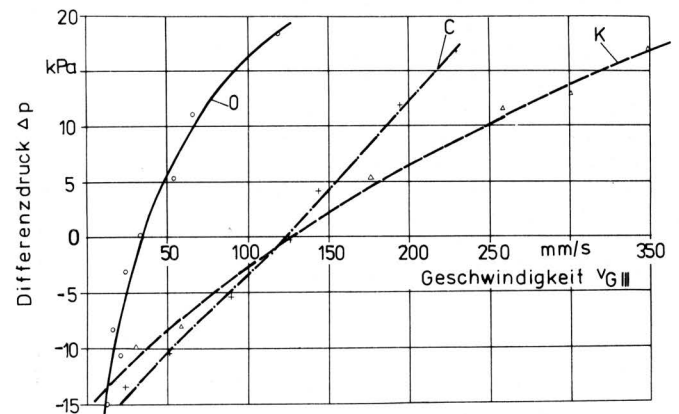
- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| a Zitzengummi             | g Lochstreifen            |
| b Meßzellen               | h Rechner                 |
| c Meßverstärker           | i Datenausgabe            |
| d Registriergerät         | j Display-Gerät           |
| e Filmaufnah-<br>megerät  | k Druckauf-<br>zeichnung  |
| f Auswertungs-<br>Display | l Vergleichs-<br>diagramm |



**Bild 3.** Zitzengummidurchmesser im Ablauf des Pulszyklus für verschiedene Werte des Vakuums an der Zitzenspitze (32; 50 und 62 kPa) bei einem Spitzenwert des Vakuums im Pulsraum von 50 kPa; die gestrichelte dünne Kurve ist die Kennlinie des Pulsators.

Als Beispiel zeigt **Bild 4** für 3 Zitzengummi die höchsten Geschwindigkeitswerte, die in den Übergangsphasen erreicht worden sind. Es ist zu ersehen, daß sich die höchste Geschwindigkeit bei den Zitzengummi mit großem Durchmesser (Zitzenbecher K) ergeben hat. Die Werte sind bei den engen zylindrischen Zitzengummi (Zitzenbecher C, e in Bild 1) niedriger, und die niedrigste Geschwindigkeit konnte beim ovalen Zitzengummi von Bou-Matic (Zitzenbecher O, b und c in Bild 1) festgestellt werden.

Der besseren Verdeutlichung dient **Bild 5**. Die schraffierte Fläche unterhalb der Zitzenspitze entspricht praktisch der Volumenverminderung, die bei dem Entlastungstakt im Innenraum des Zitzengummi entsteht. Im gleichen Maße ergibt sich natürlich eine Vergrößerung, wenn der Übergang vom Entlastungstakt zum Saugtakt erfolgt.



**Bild 4.** Höchste radiale Geschwindigkeit des Zitzengummi  $v_G$  in Abhängigkeit vom Differenzdruck (Spitzenwert des Vakuums im Pulsraum minus Melkvakuum).

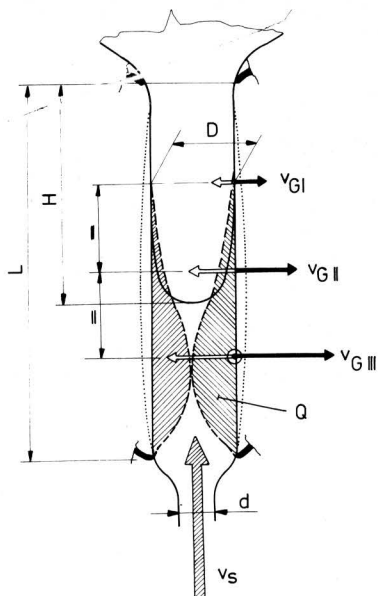
- K kegelförmiges Zitzengummi mit großem Durchmesser  
 C enges zylindrisches Zitzengummi  
 O ovales Zitzengummi von Bou-Matic

Wir haben die Bewegungsgeschwindigkeit des Zitzengummi mit  $v_G$  bezeichnet und sie wegen der Anschaulichkeit an dem Zitzengummi eingezeichnet. Während der Vergrößerung des Zitzengummidurchmessers – beim Übergang auf den Saugtakt – strömt Luft aus dem kurzen Milchslauch in den Innenraum des Zitzengummi. Die Geschwindigkeit dieses Stroms haben wir mit  $v_S$  bezeichnet. Wenn die Gesamtlänge des Zitzengummi mit  $L$ , die Länge der Zitze mit  $H$  und der Innendurchmesser des Zitzengummi mit  $D$  bezeichnet wird, hat der Rauminhalt  $Q$  den Wert:

$$Q \approx (L - H) \pi D^2/4.$$

Mit der Erhöhung des Wertes von  $D$  vergrößert sich der Rauminhalt  $Q$  unterhalb der Zitze. Gleichermäßen vergrößert er sich, wenn der Wert von  $H$  im Verhältnis zu  $L$  klein ist, das heißt wenn das Zitzengummi länger ist als erforderlich, oder wenn die Zitzen im Verhältnis zum Zitzenbecher zu kurz sind.

Letztlich erhöht sich auch der Wert von  $v_S$ , wenn sich der Wert von  $Q$  erhöht. (Natürlich darf sich die Pulszahl unterdessen nicht ändern, so daß die Zeitdauer für die Sättigung mit Luft gleich bleibt.) Die Strömungsgeschwindigkeit  $v_S$  erniedrigt sich, wenn der Durchmesser des kurzen Milchslauches  $d$  groß ist.



**Bild 5.** Lage der Zitze im Zitzenbecher und Bezeichnung der einzelnen Geschwindigkeiten an verschiedenen Punkten.

Aus den zuvor angedeuteten Untersuchungen geht hervor, daß mit der Erhöhung der Differenz zwischen dem Vakuum im Pulsraum des Zitzenbeckers und dem Vakuum im Raum unterhalb der Zitze (mit  $\Delta p$  bezeichnet) sich die Bewegung des Zitzengummis verstärkt, d.h. daß der Wert von  $v_G$  größer wird.

Daraus folgt, daß mit der Erhöhung des Wertes von  $v_G$  auch der Wert von  $v_s$  anwachsen muß. Unser grundsätzliches Ziel besteht jedoch darin, den Wert von  $v_s$  möglichst klein zu halten, damit infektiöses Material nicht aus den Sammelstücken zu den Zitzenspitzen zurückgelangen kann.

Aus dem bereits gesagten folgt, daß wir dies erreichen, wenn der Wert von  $Q$  reduziert wird, das heißt wenn die Zitzengummis keinen zu großen Durchmesser haben und nicht länger sind als erforderlich. Als Beispiel dazu verweisen wir auf die Melkanlage von Bou-Matic, bei der das Zitzengummi unten eine ovale Form besitzt (Zitzengummi c in Bild 1). Durch diese Ovalität konnte dieser Rauminhalt wesentlich verkleinert werden.

Überdies erniedrigt sich  $v_s$  wesentlich, wenn der Wert von  $\Delta p$  so klein wie möglich gehalten wird, bzw. wenn der Innendurchmesser des kurzen Milchschauchs  $d$  vergrößert wird. Die Reduzierung des Wertes von  $\Delta p$  ist eine reine Konstruktionsangelegenheit. Sie kann durch die Vergrößerung der Durchmesser der Milchleitungen und durch Anordnung von untenliegenden Milchleitungen in den Melkständen auf ein Minimum reduziert werden. Die Vergrößerung des Innendurchmessers des kurzen Milchschauchs ist ebenfalls eine rein technische Angelegenheit.

All diese Entwicklungstendenzen sind bei den derzeitigen Konstruktionen bereits anzutreffen. Mit unseren obigen Ausführungen wollten wir lediglich eine detailliertere Erklärung der Erscheinung erreichen und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Parametern aufzeigen.

Auch heute bestehen viele auf der Beibehaltung des großen Zitzengummi-Durchmessers. Bei diesem ist die "Rückinfektion" verstärkt anzutreffen, da der Raum unterhalb der Zitze größer ist. Dies könnte nur dann kompensiert werden, wenn die Länge des kurzen Milchschauchs das Mehrfache des derzeitigen betragen würde; das ist nicht realisierbar.

In den jetzigen, 140 bis 160 mm langen Zitzengummis nehmen die Zitzen nur etwa 40 bis 50 % des Innenraumes ein. In den ungarischen Holstein-Friesen-Herden hat die Zitze im Durchschnitt einen Durchmesser von 21 mm und eine Länge von 48 mm.

Im Interesse eines biologisch vorteilhaften maschinellen Melkens werden also in den ungarischen Holstein-Friesen-Kuhbeständen Zitzengummis mit einer Länge von 110–130 mm benötigt, und der Innendurchmesser der Zitzengummis darf nicht größer als 21 bis 22 mm sein.

Die Anordnung der Zitzen, d.h. die Höhe von Zitzenspitze bzw. -ansatz über dem Fußboden ist bei den vorderen und hinteren Eutervierteln unterschiedlich. Nach unseren Messungen weicht die Ebene der Zitzenansätze um  $5^\circ$  von der Horizontalen ab. Mit den herkömmlichen Melkanlagen erfolgt daher ein sog. "differenziertes Melken", bei welchem die höherliegenden Euterviertel schneller, die tieferliegenden langsamer ausgemolken werden. Ein Ausgleich ist z.B. mit Melkzeugen möglich, die an einem geeigneten Hebelmechanismus angeordnet sind.

#### 4. Zusammenfassung

In unseren Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß Schwankungen und ein Absinken des Melkvakuums an der Zitzenspitze unter allen Umständen ausgeschlossen werden müssen, da beide zufällige Bewegungen der Zitzengummis hervorrufen. Bei einem Absinken des Vakuums beschleunigt sich die Bewegung des Gummis, seine Amplitude wächst an und krankheitserregende Schadstoffe können verstärkt in den Raum unterhalb der Zitze zurückgelangen, d.h. auch zu den Spitzen der Zitzen. Zusätzlich zu den bisher gefundenen Lösungen – tiefliegende Milchsammelleitungen, übergroße Sammelstücke, Luftzuführung am Sammelstück usw. – müssen die Hersteller bestrebt sein, jeweils Zitzengummis mit möglichst kleinem Durchmesser zu verwenden, welche dem jeweiligen Kuhbestand angepaßt sind und bei welchen das Gummi nicht länger ist als tatsächlich erforderlich.

Gleichzeitig muß der Durchmesser der kurzen Milchschläuche vergrößert werden, damit sich die Geschwindigkeit des Rückstromes vermindert. Mit solchen Maßnahmen und mit den vorher erwähnten technischen Lösungen kann das Ausmaß der Rückinfektion auf ein Minimum reduziert werden.

Das Vermeiden einer Krankheitsverbreitung auf dem Kontaktwege verlangt naturgemäß andere technische Lösungen. Das Blindmelken muß auf ein Minimum gesenkt werden, und zwar mit Hilfe von Abnahmeautomaten, welche die asymmetrische Anordnung der Zitzen während der Arbeit berücksichtigen können.

#### Schrifttum

- [ 1 ] Kovács, J.: Durch Euterentzündungen verursachte Verluste (Orig.: ungarisch). Internationale Konferenz über Vermeidung und Bekämpfung von Euterentzündungen und über hygienische Milcherzeugung, Kaposvár, Ungarn, 1983.
- [ 2 ] Thiel, N.: Bedeutung der Euterentzündungen aus ökonomischer Sicht. Internationale Konferenz über Vermeidung und Bekämpfung von Euterentzündungen und über hygienische Milcherzeugung, Kaposvár, Ungarn, 1983.
- [ 3 ] Schmidt-Madsen, P.: Gesichtspunkte der Verhütung von Euterentzündungen. Internationale Konferenz über Vermeidung und Bekämpfung von Euterentzündungen und über hygienische Milcherzeugung, Kaposvár, Ungarn, 1983.
- [ 4 ] Noorlander, D.O.: Bovine mastitis is a man-made problem. Colorado, USA, 1973.
- [ 5 ] Whitlestone, W.G. u. D.E. Japter: Bewegungen von krankheitserregendem Material zwischen Milchsschläuchen, Melkbechern und Zitze. Ruakura Tierversuchsanstalt, Hamilton, Neu-Seeland, 1976.
- [ 6 ] Worstorff, H.: Melktechnik '79. Top Agrar Extra, 1979.
- [ 7 ] Kukorina, Laurs: Ustoitschiwost korow raslitschnik porod k mastitü. 5. Wsesojusnij symposium po maschinomy doeniju selschhosjastwennik schirostwük, Moskau, 1980.
- [ 8 ] Hupfauer, M.: Der Einfluß der Druckwechselzeiten von Pulsatoren auf die Melkleistung. Landtechnische Forschung Bd. 6 (1956) Nr. 1, S. 26/31.