

August 1979/90

Herausgegeben von der
Eidgenössischen Forschungsanstalt
für Milchwirtschaft
CH-3097 Liebefeld
Direktor: Prof. Dr. B. Blanc

Vergleichende Untersuchungen über Druck- und Strömungsverhältnisse in Zitzenbechern verschiedener Melksysteme

E. Flückiger, O. Hodel und F. de Martini

Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern

Zahlreiche Untersuchungen über das maschinenbedingte Mastitisrisiko haben zu der Auffassung geführt, dass Vakuumschwankungen in der Melkeinheit Euterinfektionen begünstigen und deshalb zu vermeiden oder doch mindestens zu begrenzen seien. Die Forderungen reichen von der Ausschaltung nur der unregelmässigen Schwankungen bis zur Entfernung aller Fluktuationen. In dieser Forderungsspanne kommt zum Ausdruck, dass die Bedeutung der Vakuumschwankungen für die Eutergesundheit nach wie vor unterschiedlich beurteilt wird. Dies beruht darauf, dass Zusammenhänge zwischen Vakuumschwankungen und Eutergesundheit oft nur unter praxisfernen Voraussetzungen nachgewiesen werden konnten. Das Ziel der Arbeit, über die hier kurz berichtet wird, bestand darin, zu prüfen, wie weit die heute bei uns verwendeten Melksysteme der Forderung nach grösserer Vakuumstabilität in den Melkeinheiten entsprechen. Systembedingte Unterschiede werden in der Praxis zunehmend diskutiert. Daraus folgt ein entsprechend gewachsenes Bedürfnis nach Unterlagen, die Vergleiche von Melksystemen zulassen.

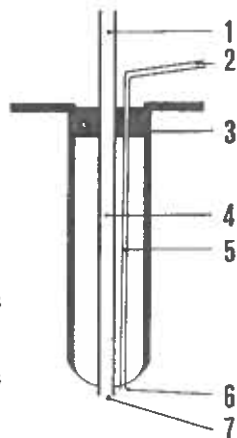
Verglichene Systeme

1. Das konventionelle Melksystem, das nach wie vor am verbreitetsten ist.

2. Das Vacustop-System, das durch

Abb. 1: Modellzitze mit eingezogenem PVC-Schlauch zur Messung des Unterdruckes im Zitzenbecherinnenraum direkt unter der Zitze

- 1 Verbindungsschlauch
- 2 Leitung zum Druckaufnehmer
- 3 Einsatzstück zur Fixierung der Schläuche
- 4 Silikon-schlauch
- 5 PVC-Schlauch
- 6 Mündung des PVC-Schlauches
- 7 Mündung des Silikon-schlauches



den bekannten Melkbechereinsatz gekennzeichnet ist, der das Vakuum im Bereich der Zitze während der Entlastungsphase senken soll.

3. Der Hängemelker, stellvertretend für Systeme, bei welchen Milch und Luft auf kurzem Wege getrennt werden.

4. Das Happel-System, dessen Besonderheit in der Ausbildung der Entlastungsphase besteht, bei der im Zitzenraum atmosphärischer Druck und im Pulsraum ein Ueberdruck von ca. 25 kPa herrscht.

5. Der Biomilker, bei dem in jeden Zitzenbecher unterhalb der Zitze periodisch, d. h. nur in der Entlastungsphase, eine dosierte Menge Luft eingelassen wird, um damit dem Rückfluss von Milch zu begegnen und die Zitzenmassage zu fördern.

Verglichene Merkmale

Der Vergleich der fünf Melksysteme stützt sich auf:

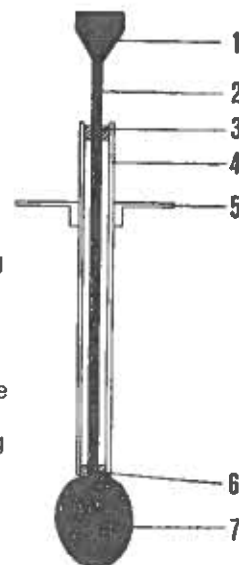
- Messung der Vakuumschwankungen im Bereich der Zitze
- Bestimmung der rückflussfreien Kapazität der Melkzeuge und

- Erstellung von Entlastungsdiagrammen.

Abb. 2: Druckmessung an der Zitzen-spitze

Zitzenspitzenmodell

- 1 Druckaufnehmer
- 2 PVC-Schlauch
- 3 Einsatzstück zur Fixierung des Schlauches
- 4 Messing-röhrchen
- 5 Metallscheibe
- 6 Einsatzstück zur Fixierung des Schlauches
- 7 wasser-gefüllter Ballon



Die Untersuchungen wurden aus Gründen der Vergleich- und Reproduzierbarkeit mit einer Modellanlage durchgeführt. Die wichtigsten Kenndaten der Anlage sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1: Wichtige Kenndaten der Modellanlage

Merkmale	Daten
Leistung der Vakuumpumpe, l/min.:	315
Vakuumschöhe in Luft- und Milchleitung, kPa:	50
Pulszahl (alternierend):	60
Anteil Saugphase, %:	60
Sammelstückvolumen, ml:	65
Luftreinlass in Sammelstück, l/min:	5
Höhe der Milchleitung, cm:	180
NW der Milchleitung, mm:	32
Länge des langen Milchschauches, cm:	235
NW des langen Milchschauches, mm:	15
NW des kurzen Milchschauches, mm:	8
Einfaltendruck Zitzengummi, kPa:	15

Der Aufbau der Modellzitzen (Abb. 1) bot Gewähr für einen reproduzierbar intermittierenden Milch-

fluss. Die Erstellung der Entlastungsdiagramme erforderte die Entwicklung eines speziellen Zitzenmodells (Abb. 2). Die rückflussfreie Kapazität wurde nach Literaturangaben bestimmt (1). Die Messgeräte bestanden im wesentlichen aus DMS-Druckaufnehmern mit passenden Vorverstärkern und einem Lichtstrahl-Oszillographen. Die Messresultate erwiesen sich in größeren Vorversuchen als gut reproduzierbar.

Ergebnisse

Konventionelles System

Abb. 3 vermittelt einen Überblick über die Vakuumschwankungen im Zitzenbecher bei einem Milchfluss von 1, 2, 3 und 4 l/min. Es kann folgendes festgestellt werden:

- die mittlere Vakuumschöhe an der Zitze sank mit steigendem Milchfluss (von 45 kPa bei 1 l/min auf 40 kPa bei 4 l/min);
- die Spanne der Vakuumschwankungen stieg mit dem Milchfluss (von 7 kPa bei 1 l/min auf 16 kPa bei 4 l/min). Der obere Extremwert fiel mit dem Öffnen des Zitzengummis und der untere mit seinem Schließen zusammen;

- die Vakuumdifferenz zwischen Zitzenbecherinnen- und Pulsraum nahm in der Saugphase mit steigendem Milchfluss zu (von 5 kPa bei 1 l/min auf 10 kPa bei 4 l/min).

Die rückflussfreie Kapazität wurde bei einem Luftreinlass von 5 l/min mit 3,2 l/min ermittelt. Aus dem Diagramm (Abb. 4) geht hervor, dass die Entlastung bei 5 cm Zitzenlänge begann, bei 9 cm ein Maximum ($rE = 60$) erreichte und bei 13 cm steil abfiel. Es ist hier daran zu erinnern, dass die Zitzen beim Melken normalerweise eine Längenausdehnung von ca. 30–50% erfahren (2).

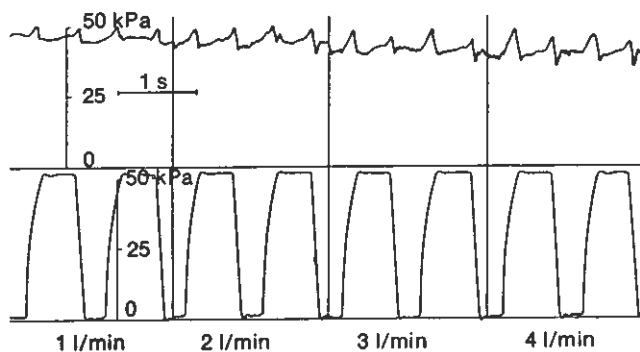
Vacustop-System

Abb. 5 zeigt die Vakuumschwankungen an der Zitze, wenn unter vergleichbaren Bedingungen gemolken wurde.

Im Vergleich zum konventionellen System fallen die gewollt größeren Vakuumschwankungen auf: Statt der 7 bis 16 kPa beim konventionellen System waren es beim Vacustop 13 bis 24 kPa. Systembedingt lassen sich unterscheiden:

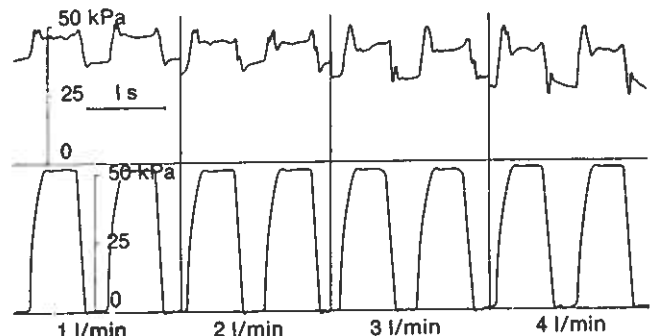
- Eine Stufe höheren Vakuums in der Saugphase und eine tieferen Niveau während der Entlastungsphase.

Abb. 3: Konventionelles System



obere Kurve: Unterdruck im Zitzenbecherinnenraum
untere Kurve: Pulsdiagramm

Abb. 5: Vacustop-System



obere Kurve: Druckverlauf im Zitzenbecherinnenraum
untere Kurve: Pulsdiagramm

Abb. 4: Konventionelles System

Entlastungswerte an der Zitzenspitze bei verschiedener Eindringtiefe in den Zitzenbecher

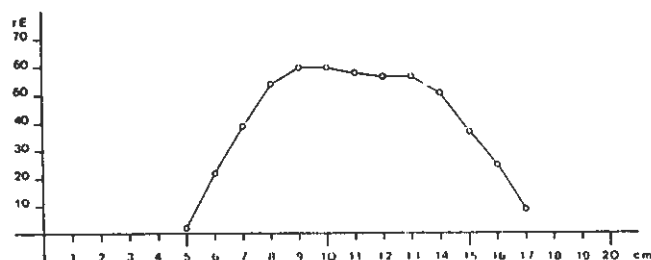


Abb. 6: Vacustop-System

Entlastungswerte an der Zitzenspitze bei verschiedener Eindringtiefe in den Zitzenbecher

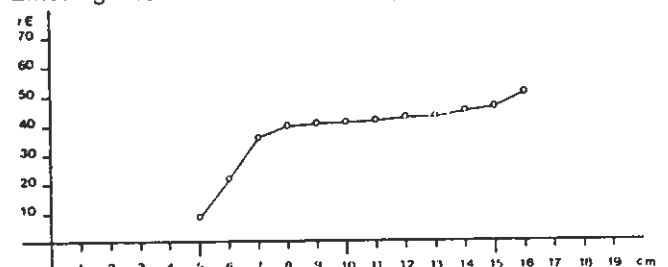
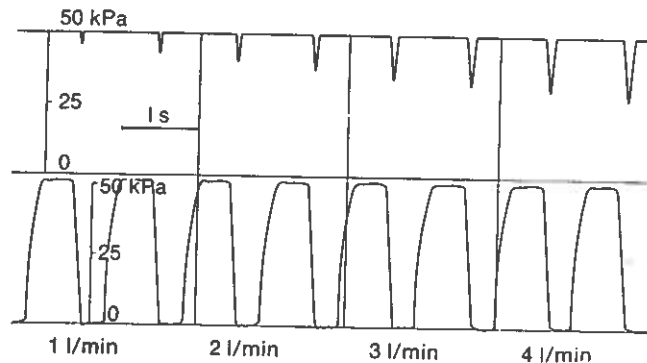


Abb. 7: System Hängeeimer



obere Kurve: Unterdruck im Zitzenbecherinnenraum
untere Kurve: Pulsdiagramm

Abb. 8: System Hängeeimer

Entlastungswerte an der Zitzenspitze bei verschiedener Eindringtiefe in den Zitzenbecher

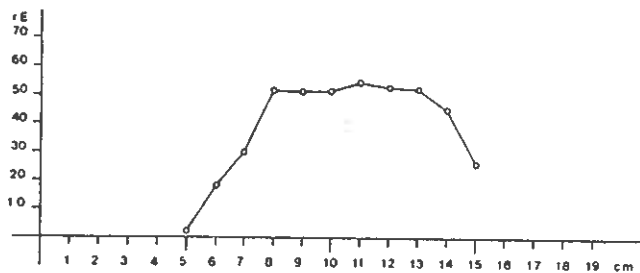
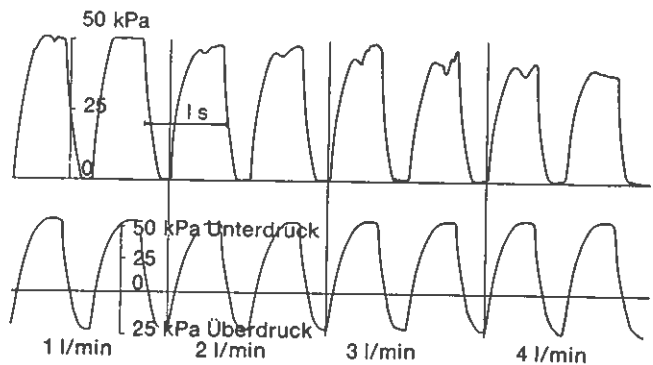


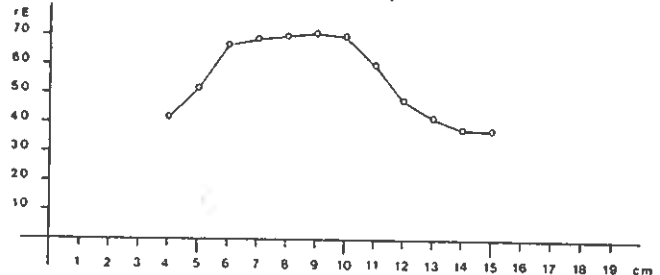
Abb. 9: Happel-System



obere Kurve: Unterdruck im Zitzenbecherinnenraum
untere Kurve: Pulsdiagramm

Abb. 10: Happel-System

Entlastungswerte an der Zitzenspitze bei verschiedener Eindringtiefe in den Zitzenbecher



● Die angestrebte Zitzenschonung führt unvermeidlicherweise zu einer Erhöhung der zyklischen Vakuum-schwankungen.

Die rückflussfreie Kapazität war beim Vacustop trotz der grösseren Vakuum-schwankungen aber nicht niedriger, sondern mit 3,9 l/min sogar etwas höher als beim konventionellen Melksystem.

Das Entlastungsdiagramm (Abb. 6) zeigt erwartungsgemäss generell niedrigere Werte als beim konventionellen System und oberhalb von 13 cm Zitzenlänge einen stark davon abweichenden Verlauf.

Hängeeimer-System

Die Druckverhältnisse in den Zitzenbechern des Hängemelkers (Abb. 7) fallen im Vergleich zum konventionellen System durch folgende Besonderheiten auf:

- keine Erhöhung des Vakuums beim Öffnen der Zitzengummi, sondern nur eine kurze Senkung beim Schliessen (Auspressen der Milch);
- keine Abnahme der Vakuumhöhe bei zunehmendem Milchfluss, somit auch keine Zunahme der Vakuum-differenz zwischen Zitzenbecherinnen- und Pulsraum in der Saugphase;

● ein Milchrückfluss war erwartungsgemäss nicht festzustellen.

Das Entlastungsdiagramm (Abb. 8) entspricht weitgehend dem des konventionellen Systems mit Höchstwerten bei einer Zitzenlänge von 8 bis 13 cm ($rE = 50$). Der Hängeeimer bietet also nahezu konstante Vakuumverhältnisse. Der kurze Vakuumabfall beim Schliessen der Zitzengummi konnte durch eine geringe Vergrößerung der Abflusswege ganz eliminiert werden.

Happel-System

Die Besonderheiten sind aus Abb. 9 mühelos zu erkennen. Typisch sind die maximalen Vakuumunterschiede zwischen der Saug- und Entlastungsphase. Das Zitzenbecherinnenraum-Diagramm einer Happelmaschine entspricht praktisch dem Pulsraum-Diagramm einer konventionellen Maschine:

In der Entlastungsphase herrscht an der Zitze atmosphärischer Druck und in der Saugphase das jeweilige Melkvakuum. Angestrebt wird damit ein zitzenschonendes, stimulierendes Melken. Um dies zu erreichen, werden bewusst zyklische Vakuum-schwankungen grössten Ausmasses in Kauf genommen. Das System steht also mit der Forderung nach

grösster Vakuumstabilität in krassem Widerspruch.

Erschwerend kommt hinzu, dass der Zitzenbecherinnenraum vom Sammelstück aus, d. h. im Gegenstrom zur Milch belüftet wird. Aber gerade deshalb können die 1500 Betriebe, die bei uns (in der Schweiz) mit diesem System arbeiten, wertvolle Hinweise zur Klärung der kontroversen Auffassungen über den prophylaktischen Stellenwert der Vakuum-schwankungen liefern.

Die Entlastungswerte waren (Abb. 10) im Bereich von 6 bis 10 cm Zitzenlänge höher als bei allen anderen Systemen. Die vollständige Aufhebung des Vakuums in der Entlastungsphase machte sich bei den modellmässigen Untersuchungen also deutlich bemerkbar. Die Happel-Besitzer beurteilen die Zitzen am Ende des Melkens als weich und schliessen aus der Erfahrung auf ein schonenderes Melken, da die Zitzenspitzen beim Melken mit dem konventionellen System wesentlich härter sind.

System Bio-Milker

Der Bio-Milker ist eine Weiterentwicklung des Maierbeckers mit Aeroventil. Die wichtigsten Elemente

und Merkmale des Systems sind zusammengefasst:

- die Melkbecher haben ein pulsatorgesteuertes Luftventil (1,2-mm-Düsen);
- die Zitzengummi bestehen aus besonders weichem und dauerelastischem Silikonkautschuk;
- in der Entlastungsphase wird unterhalb jeder Zitze eine dosierte Menge Luft in den Zitzenbecher eingelassen;
- die Milch wird von jeder Euterhälfte getrennt abgeleitet;
- das Sammelstück (Transit-Stück) ist nach strömungstechnischen Ge-

sichtspunkten bewusst englumig gebaut und hat keinen Lufteinlass;

- die übrigen Schläuche des Melkzeuges sind ebenfalls nach strömungstechnischen Gesichtspunkten dimensioniert;
- ab Sammelstück wird zur Milchableitung statt eines langen Milchschlauches ein Doppelschlauch verwendet.

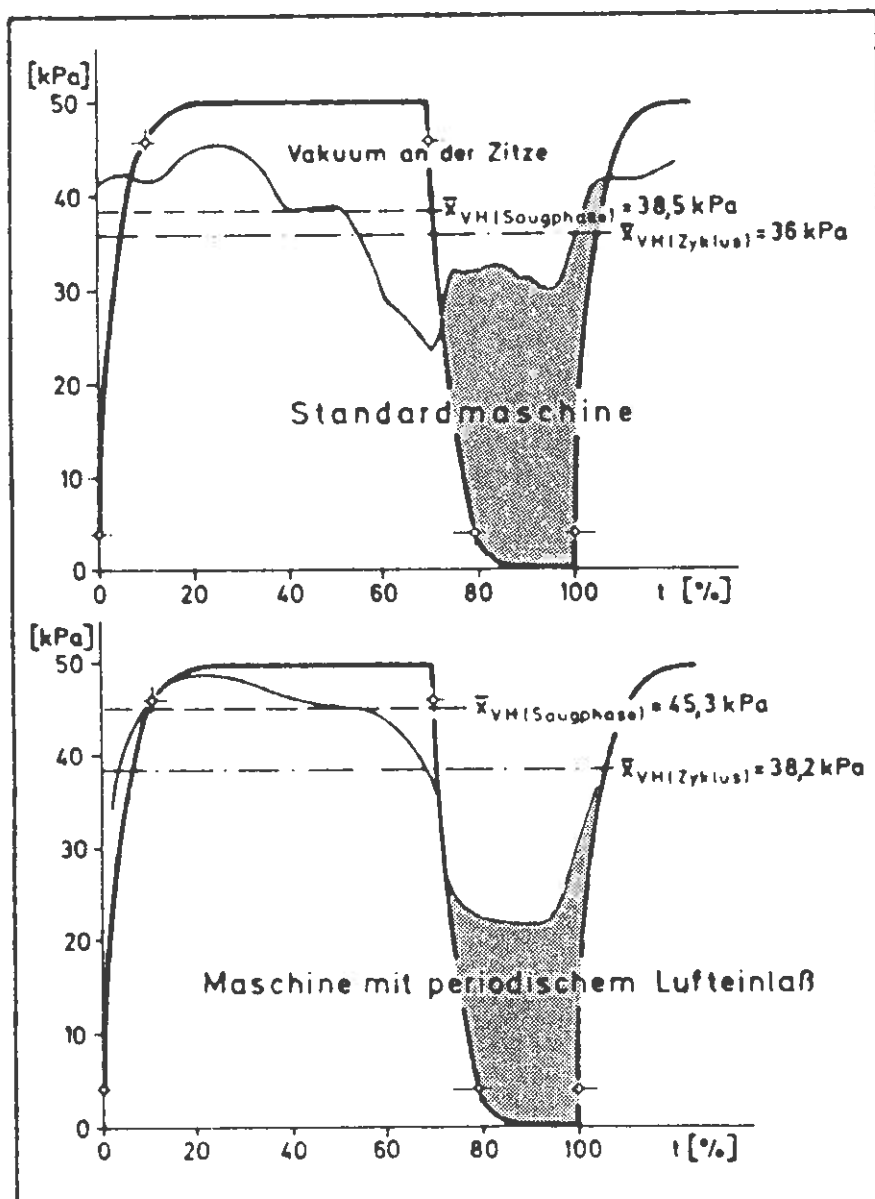
In der Abb. 11 sind die Vakuum-schwankungen beim Bio-Milker und konventionellen System einander gegenübergestellt. Die Darstellung wurde von Worstoff (3) übernommen, da die eigenen Versuche mit

einem inzwischen veralteten Modell durchgeführt worden waren.

Hervorzuheben sind folgende Besonderheiten des Bio-Milkers (Abb. 11):

- das Zitzenbecherinnenraum-Vakuum folgt dem Pulsraum-Vakuum, wenn auch weniger weitgehend als beim Happel-System;
- in der Saugphase ist das Vakuum im Vergleich zum konventionellen System stabiler und höher, die Vakuumdifferenz zwischen Zitzen- und Pulsraum somit kleiner;
- in der Entlastungsphase wird das Vakuum durch den Lufteinlass gleichmässig abgesenkt.

Abb. 11: Vergleich zwischen Standardmaschine und Maschine mit periodischem Lufteinlass (Bio-Milker) (hochverlegte Leitung, 3 l/min.)



An diese Besonderheiten des Bio-Milkers knüpfen sich folgende Erwartungen:

1. weitgehende Eliminierung des Milchrückflusses und
2. wirksamere Massage und Stimulation der Zitzen in der Entlastungsphase.

Das Entlastungsdiagramm (Abb. 12) ist mit dem Vorbehalt zu versehen, dass es mit einer Melkeinheit aufgenommen wurde, die nicht ganz dem neuesten Stand der Entwicklung entsprach.

Diskussion und Zusammenfassung

Die vergleichende Untersuchung der zyklischen Strömungsverhältnisse in den Zitzenbechern der zurzeit in der Schweiz verwendeten Melkmaschinen ergab erwartungsgemäss bedeutende systembedingte Unterschiede. Abb. 13 fasst den Vergleich der Vakuum-schwankungen zusammen. Es geht daraus hervor, dass der Hängemelker und das Happel-System völlig entgegengesetzte Positionen repräsentieren.

Der Hängemelker erfüllt, dank einer schnellen Trennung von Milch und Luft, zwei für die Senkung des Infektionsrisikos als wichtig betrachtete Anforderungen:

- weitgehend konstantes Vakuum an der Zitze über den ganzen Pulszyklus — also kein Milchrückfluss — und
- praktisch keine Druckdifferenz zwischen den beiden Räumen des Zitzenbeckers während der Saugphase.

Beim Happel-System ist das Gegenteil der Fall:

- die Vakuumdifferenzen zwischen Saug- und Entlastungsphase erreichen Höchstwerte;

● rückflussfördernd kommt hinzu, dass die Amplituden (Abb. 9) durch eine Belüftung des Zitzenbecherinnenraumes im Gegenstrom zur Milch zustande kommen.

Der Bio-Milker nimmt eine Zwischenstellung zwischen Hängeeimer und Happel-System ein:

● in der Saugphase ist das Vakuum relativ stabil, ausserdem ist die Druckdifferenz zwischen Zitzen- und Pulsraum nur gering;

● in der Entlastungsphase ist das Vakuum deutlich erniedrigt;

● diesmal kommt aber rückfluss-hemmend hinzu, dass die Milch während der Entlastungsphase durch den periodischen Lufteinlass im Gleichstrom aus dem kurzen Milchschauch ausgeblasen wird.

Das System mit den grössten Vakuumschwankungen, das nach verbreiteter Auffassung gegen viele als wesentlich erachtete Regeln verstösst, müsste das Infektionsrisiko theoretisch so krass erhöhen, dass es sich von selbst verbieten würde. Praktisch ist dies, wie aus den Ergebnissen der monatlich durchgeführten Laugeteste in den 1500 betreffenden Betrieben (System Happel) hervorgeht, nicht so.

In den Betrieben, in denen das System mit den geringsten Vakuumschwankungen angewendet wird, lag dagegen der Anteil positiver Laugeteste über mehrere Jahre signifikant unter dem Mittel aller Betriebe (Abb. 14).

In der Abb. 15 sind die Resultate über die Massageverhältnisse noch-

mals zusammengefasst. Die Happelmaschine fällt hier im Bereich von 5 bis 10 cm Zitzenlänge mit den höchsten und das Vakustop-System mit den niedrigsten Entlastungswerten auf.

Ueber die Bedeutung der Entlastungswerte in zirkulatorischer, histologischer und stimulatorischer Hinsicht gehen die Meinungen noch weit auseinander. Versuche, den Entlastungseffekt durch Temperatur- und Konsistenzmessungen an verschieden gemolkenen Zitzen zu bestimmen, können nach ersten Ergebnissen zusätzliche Informationen liefern. Ueber die Notwendigkeit, besser kontrollierte Bedingungen im Melkbecher zu schaffen und diese bei den verschiedenen Melkeigenschaften der Tiere auch aufrecht zu

Abb. 12: System Bio-Milker

Entlastungswerte an der Zitzenspitze bei verschiedener Eindringtiefe in den Zitzenbecher

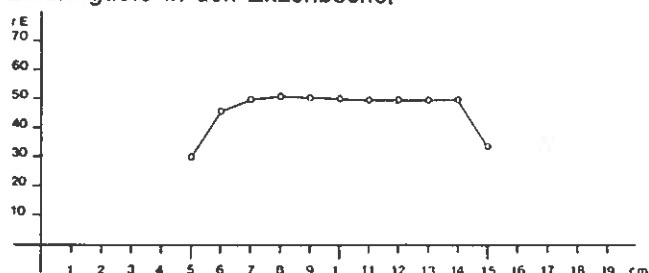
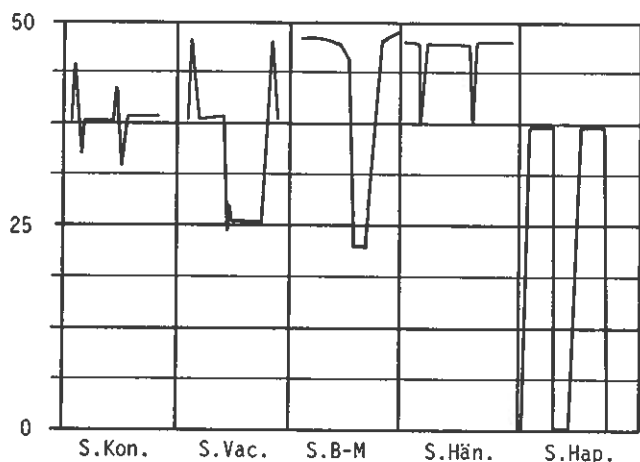


Abb. 13: Vakuumschwankungen im Zitzenbecherinnenraum der verschiedenen Systeme bei einem Milchfluss von 4 l/min

kPa Unterdruck



S. Kon. = System Konventionell
S. Vac. = System Vacustop
S. B-M = System Bio-Milker
S. Hän. = System Hängeeimer
S. Hap. = System Happel

Abb. 14: Prozentualer Anteil laugetestpositiver Mischmilchen aus Betrieben mit Hängeelkern, verglichen mit allen Betrieben derselben Region

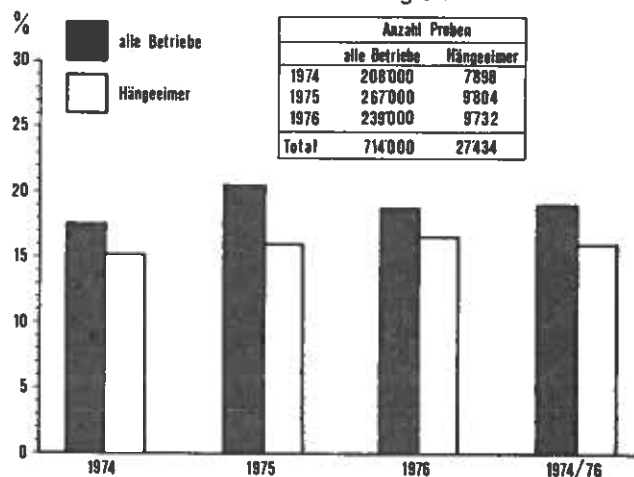
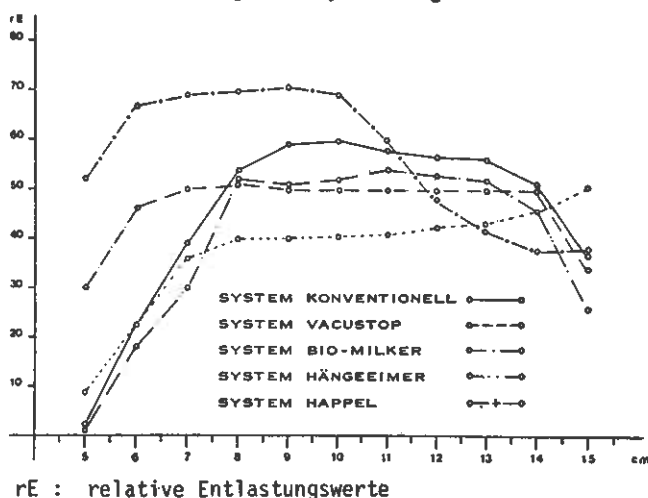


Abb. 15: Entlastungswerte an der Zitzenspitze bei verschiedener Eindringtiefe, Systemvergleich



erhalten, besteht weitgehend Einigkeit.

Kontrollierte Bedingungen können aber verschiedenes bedeuten: z. B. konstantes Vakuum an der Zitze während Saug- und Entlastungsphase, oder auch konstantes Vakuum auf dem hohen Pulsraumniveau nur während der Saugphase und ebenso konstantes Vakuum, aber auf tieferem Niveau, während der Entlastungsphase.

Beim Konzept eines über den ganzen Zyklus konstanten Vakuums steht die Vorstellung, damit das Infektionsrisiko weiter senken zu können, im Vordergrund.

Beim Konzept des abgesenkten Vakuums in der Entlastungsphase sind

es eher die Forderungen: Stimulierender Milchentzug und Erhaltung der natürlichen Abwehrmechanismen durch Schonung der Zitzen.

Die Möglichkeiten, beide Konzepte unter ein Dach zu bringen, sind noch nicht erschöpft. Die Anwendung neuerer physiologischer, strömungstechnischer und bakteriologischer Erkenntnisse wird dabei richtungsweisend sein. Für weitere Fortschritte in der Ausschaltung des maschinenbedingten Mastitisrisikos kann es nur von Vorteil sein, wenn die Verbesserung von mehreren Ausgangspunkten angestrebt wird. So sind gerade auch von den neueren Versuchen mit dem pulsfreien Melken fruchtbare Anstöße zur Verbesserung der Milchabflussbedin-

gungen bei den konventionellen, stimulatorisch als überlegen betrachteten Melksystemen ausgegangen (4).

Literatur

1. Worstoff, H.: Zum Einfluss strömungstechnischer Bedingungen in Melkanlagen auf die Anzahl somatischer Zellen in der Milch, Dissertation Kiel (1970)
2. Thiel, C. C., and Mein, G. A.: Machine Milking, P. 151, Shinfield Reading (1977)
3. Worstoff, H.: Experimentielle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit, Habilitationsschrift Weihenstephan (1977)
4. Whittlestone, W. G.: The Physiology of Lactation, Proc. Intern. Symposium on Machine Milking, Louisville, February 1978