

# Einfluss von Drosselventilquerschnittfläche und Durchflussmenge auf das Melkvakuum an der Zitzenspitze bei viertelgetrennten Melksystemen

Sandra Rose-Meierhöfer\*, Ulrich Ströbel\*, Andy Bauermeister\*, Christin Jaroszynski\*, Christian Ammon\* und Reiner Brunsch\*

## Zusammenfassung

Um den Melkprozess in Zukunft schonend und trotzdem zügig gestalten zu können, ist es sinnvoll, das Melkvakuum an jedem Euterviertel individuell zu steuern. Ziel dieser Studie war es zu ermitteln, wie im Detail die Öffnungsquerschnittfläche und die Durchflussrate im Milchschauch einen Einfluss auf das Melkvakuum an der Zitzenspitze in der Vakuum- und Druckphase der Pulsation (b- und d-Phase) haben und wie die Verhältnisse sich unter Nutzung eines eigens entwickelten Vakuumdrosselventils (VDV) im Detail verändern. Es wurden verschiedene Öffnungsquerschnittflächen und Durchflussraten im Melksystem MultiLactor® (IMPULSA AG, Deutschland) simuliert und das Vakuum mit Hilfe des Messgerätes MilkoTest MT52 erfasst. Festgestellt wurde, dass sowohl die Öffnungsquerschnittfläche als auch die Durchflussrate die Vakuumhöhe beeinflussen. Das Vakuum an der Zitzenspitze senkt sich sowohl bei einer verringerten Öffnungsquerschnittfläche als auch bei einer erhöhten Durchflussrate. Bei konstantem Durchfluss und bei Verminderung der Öffnungsquerschnittfläche sinkt das Vakuum an der Zitzenspitze signifikant. Je höher die Durchflussrate wird, desto größer ist auch die Absenkung des Vakuums bei gleichbleibender Öffnungsquerschnittfläche. Durch den Einsatz des VDV kann die Vakuumhöhe an der Zitzenspitze somit aktiv und viertelindividuell dem vorkommenden Durchfluss angepasst werden.

**Schlüsselwörter:** *Vakuumsteuerungssystem, Vakuumabfall, Vakuumschwankung, Durchflussmenge, Zitzenspitze*

## Abstract

### Effects of cross-sectional area in a vacuum control valve and flow rate on the teat-end vacuum in individual quarter milking systems

For providing a more sensitive and fast milking process in the future, it is useful to control the teat-end vacuum individually at each udder quarter. The aim of this study was to determine whether the cross-sectional area and the flow rate in the milk tube has an influence on the milking vacuum at the teat end in b- and d-phase (vacuum- and pressure-phase) in the milking process. With a developed vacuum control valve (VDV), different cross-sectional-areas and flow rates were simulated in the milking system MultiLactor® (IMPULSA AG, Germany) and vacuum were recorded with the help of MT52 vacuum recording device. It was found a significant effect of the cross-sectional area as well as of the flow rate, on the teat-end vacuum level. The teat-end vacuum was decreased by decreasing of the cross-sectional-area, when the liquid flow was increasing. During a decrease of the cross-sectional-area with a constant flow rate, the vacuum at the teat-end shows a significant decrease. The higher the flow rate, the higher is the vacuum reduction at a constant cross-sectional area. By using the VDV, the teat-end vacuum height can be adapted active and quarter individually in respect to the liquid flow rate.

**Keywords:** *vacuum control system, vacuum reduction, vacuum fluctuations, milk flow, teat end*

\* Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

## 1 Einleitung

Die Weiterentwicklung der Melktechnik ist Grundvoraussetzung, um die Anforderungen der Konsumenten zu erfüllen und um die Belastung für das Tier zu minimieren (Rose, 2006). Viele Studien dienen dazu, den Melkvorgang zu verbessern und vor allem das Wohlergehen der Tiere zu steigern. Gleichzeitig werden höchste Anforderungen an die Milchqualität gestellt. Moderne viertelindividuelle Melksysteme können die Bedingungen für Melker und Kühe verbessern (Ströbel et al., 2012). Während in konventionellen Melksystemen die ermolzene Milch aus den vier Eutervierteln beim Melken bereits hinter den Zitzenbechern über ein Sammelstück zusammengeführt wird, ermöglichen viertelindividuelle Melksysteme eine separate Ableitung der Milch aus vier einzelnen Eutervierteln über vier Einzelschläuche (Ströbel et al., 2012). Aufgrund dieser Technik kann die optimierte Anpassung des Melkvakuums pro Euterviertel technisch wesentlich leichter erfolgen, als dies in konventionellen Melksystemen möglich gewesen wäre. Daher wurden Versuche zur Auswirkung der Querschnittflächenöffnung auf das zitzenendige Vakuum im jeweiligen Milchschauch durchgeführt, um die Grundlagen für die Entwicklung einer automatischen, viertelindividuellen Vakuumregelung messen zu können.

Um die Tiergesundheit und im speziellen die Eutergesundheit zu gewährleisten und zu verbessern, ist eine genaue Betrachtung des zitzenendigen Melkvakuums nötig, wobei für letzteres kein optimaler Wert bekannt ist. Rasmussen et al. (2006) kamen zu der Beobachtung, dass große Vakuumschwankungen und instabiles Vakuum bei konventionellen Melksystemen mit langen Milchsschläuchen häufig vorkommen. Weiter zeigten Hamann et al. (2001), dass das Melken mit Überdrucksystem in der Druckphase (d-Phase) zu signifikant kleineren Zitzenspitzen durchmessern nach dem Melken, im Vergleich zur Melkung mit einem konventionellen Melksystem, führt. Dies wird durch andere Untersuchungen bekräftigt, welche angeben, dass ein durchschnittlich hohes Melkvakuum die Melkdauer zwar verkürzt, aber für eine wesentlich längere Öffnung der Strichkanäle an der Zitze sorgt, was zu einer hohen Belastung der Zitzenspitzen führt und das Eintrittsrisiko von Keimen erhöht (Reinemann et al., 2001). Ein Beispiel für unerwünschte Veränderungen der Zitzenspitzen sind Hyperkeratosen. Diese behindern die Abwehrreaktionen der Zitze bei Erregerbefall. In den beschädigten Zitzenspitzen bei vorhandenen Hyperkeratosen wurde ein erhöhter bakterieller Befall nachgewiesen (Michel et al., 1974; Kemper-Krämer, 1983; Graf und Gedek, 1983). Eine signifikante Korrelation zwischen Hyperkeratosen und Mastitis Infektionen konnte von den zuvor genannten Autoren jedoch nicht nachgewiesen werden. In einer Studie von Neijenhuis et al. (2001) wurde hingegen eine Korrelation zwischen beschädigten Zitzenspitzen und klinischer Mastitis festgestellt. Eine schonende Behandlung der Zitzenspitzen und eine exaktere Vakuumeinstellung an dieser Stelle im Melksystem erscheinen deshalb als sinnvoller Entwicklungsbedarf.

Das Melksystem MultiLactor® (Siliconform GmbH und IMPULSA AG, Deutschland) schließt die Marktlücke zwischen

konventionellem Melksystem mit Sammelstück und automatischem Melksystem, indem es die aus automatischen Melksystemen bekannte viertelgetrennte Milchableitung auch in konventionellen Melkanlagen ermöglicht (Rose-Meierhöfer et al., 2010) und indem es sammelstücklos für eine gleichmäßige Kräfteverteilung der Gewicht- und Zugkräfte der Melkbecher am Kuheuter sorgt (Rose, 2006). Die Melkbecher des MultiLactors® sind dabei mit Lufteinlassventilen für periodischen Lufteinlass, den BioMilker®-Ventilen, ausgestattet. Diese Ventile sorgen in der Entlastungsphase der Pulsation für einen gezielten periodischen Lufteinlass unter der Zitzenspitze. Die BioMilker®-Technologie sorgt für eine Verringerung der Strömungs- und Vakuumverluste in der Saugphase um bis zu 70 % im Vergleich zu konventionellen Melkzeugen (Guler, 2006). Das Betriebsvakuum von Melksystemen mit BioMilker®-Ventilen kann somit zwischen 36 und 42 kPa oder sogar noch niedriger eingestellt werden (Guler, 2006).

Durch die Ermittlung des Einflusses der Querschnittfläche des Vakuumdrosselventils (VDV) und des Durchflusses auf das Melkvakuum an der Zitzenspitze, können mögliche Aussagen darüber getroffen werden, welche Vakuumeinstellungen ausreichend sind, um die Milch so schonend wie möglich zu gewinnen, ohne mit einer relevanten Erhöhung der Melkdauer rechnen zu müssen. Weiterhin bilden die in dieser Studie gewonnenen Daten die Grundlage zur Konstruktion eines Online-Vakuumregelungssystems. Aufgrund des vorhandenen Vorwissens zur Entstehung von Eutererkrankungen kann vermutet werden, dass die Etablierung des Vakuumregelungssystems dazu beiträgt, die Belastung des Eutergewebes deutlich zu minimieren. Im Rahmen dieser Studie wurde deshalb die folgende Hypothese formuliert:

- Die exakte Kenntnis der Werte von Öffnungsquerschnitt, Vakuumhöhe an der Zitzenspitze und Durchfluss im Versuchsmelksystem ermöglicht eine exaktere Einstellung des zitzenendigen Melkvakuums in diesem System

## 2 Material und Methoden

Die vorliegenden Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses von Querschnittfläche und Durchfluss auf das Melkvakuum an der Zitzenspitze wurden am Labormelkstand des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB) durchgeführt.

Der Labormelkstand am ATB ist ein Fischgrätenmelkstand 33° mit 2 x 3 Plätzen. Dieser ist unter anderem mit dem viertelgetrennten Melksystem MultiLactor® (Siliconform GmbH und IMPULSA AG, Deutschland) ausgestattet (Abbildung 1).

In den MultiLactor® wurden vier Vakuumdrosselventile (VDV) eingebaut, welche die Querschnittflächen im Inneren des Milchschauchs zwischen 35,0 mm<sup>2</sup> und 0,00 mm<sup>2</sup> verändern können. Die vollständige Vakuumregelung bestand aus vier Sensoren, die eine Schätzung der Durchflussmenge ermöglichen, aus einer Computerschnittstelle und aus vier Aktoren (VDV). Beim VDV handelt es sich um ein Drosselventil, das es ermöglicht, die Öffnungsquerschnittfläche in

jedem viertelindividuellen Milchschauch mit Hilfe eines elektrischen Schrittmotors individuell einzustellen. Es ist ein Prototyp, der im Verlauf von vorangegangenen Versuchsreihen entwickelt, hergestellt und optimiert wurde.

Zur Erfassung der Messwerte wurde das Messsystem MilkoTest MT52 (System Happel GmbH, Friesenried, Deutschland) genutzt. Dieses misst mit Hilfe von vier Drucksensoren das Vakuum an vier Stellen im Melksystem: an der Zitzen spitze einer Kunstzitze nach DIN ISO 6690 (2007), im Puls schlauch, am Drosselventilgehäuse und am Messpunkt des Betriebsvakuum. Die Messpunkte wurden von den Autoren festgelegt.

Zur Simulation des Durchflusses wurde die Nassmessmethode nach DIN ISO 6690 (2007) angewendet, wobei die Kuh durch einen Versuchsaufbau aus vier ISO Kunstzitzen (DIN ISO 6690, 2007), einem Wasserbehälter und vier Durchflussreglern ersetzt wurde. Als Testflüssigkeit wurde Wasser verwendet. Die Durchflussregler simulierten die vier Euter viertel einer Kuh. Es ist möglich, stufenlos Durchflüsse von 0,0 l/min/Viertel bis 2,0 l/min/Viertel bei einer Messgenauigkeit von  $\pm 2\%$  einzustellen. Um die Ermittlung des Einflusses von Durchflussrate und Querschnittfläche auf das Melkvakuum an der Zitzenspitze mit den benannten Bestandteilen des Versuchsaufbaus durchzuführen, wurden 14 verschiedene Durchflussraten von 0,0 l/min/Euter bis 6,5 l/min/Euter betrachtet. Bei jeder dieser Durchflussraten wurden 33 mit dem VDV einstellbare Öffnungsquerschnitte zwischen 35,0 mm<sup>2</sup> und 0,00 mm<sup>2</sup> Öffnungsquerschnittfläche untersucht. Damit wurden 476 kombinierte Einstellungen untersucht. Zu jeder Einstellung wurden acht Wiederholungen vorgenommen.

Zur Berechnung der Öffnungsfläche am VDV in Korrelation zu den Öffnungswegen (siehe Abbildung 2 – Stellung

des Ventilstößels) wurden die in der Betriebsanweisung der Vakuumregeleinheit der IMPULSA AG (Anonymus, 2010) genannte Wertetabelle zu Öffnungsweg und -fläche verwendet. Der Zusammenhang zwischen Öffnungsweg ( $x$ ) und der Öffnungsquerschnittfläche ( $y$ ) am VDV kann mit folgender Regressionsgleichung beschrieben werden:

$$y = 18,0249x - 0,5675x^2$$

Am elektronischen Steuerungsterminal der VDV's kann technisch derzeit nur die Höhe des Ventilstößels eingestellt werden, der die Öffnungsquerschnittfläche des Milchschauches stufenlos verändert (Abbildung 2). Für jede mögliche Höheneinstellung des Ventilstößels kann mit der oben genannten Gleichung die entsprechende Öffnungsquerschnittfläche berechnet werden.

Für die statistische Auswertung der Einflussgrößen Querschnittfläche  $Q$  und Durchflussrate  $F$  auf das Vakuum an der Zitzenspitze wurde ein zweifaktorielles Varianzanalysemodell mit Wechselwirkungen gewählt:

$$y_{ijk} = \mu + Q_i + F_j + (Q \times F)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

mit

- $y_{ijk}$  beobachtetes Vakuum an der Zitzenspitze bei Querschnitt  $i$ , Durchflussrate  $j$  und Wiederholung  $k$  ( $k = 1, \dots, 8$ ),  
 $\mu$  mittleres Vakuum an der Zitzenspitze,  
 $Q_i$  Effekt des  $i$ -ten Querschnitts  $Q$  ( $i = 1, \dots, 33$ ),  
 $F_j$  Effekt der  $j$ -ten Durchflussrate  $F$  ( $j = 1, \dots, 7$ ),  
 $(Q \times F)_{ij}$  Effekt der Wechselwirkung zwischen Querschnitt  $i$  und Durchflussrate  $j$ ,  
 $\varepsilon_{ijk}$  Residuum.

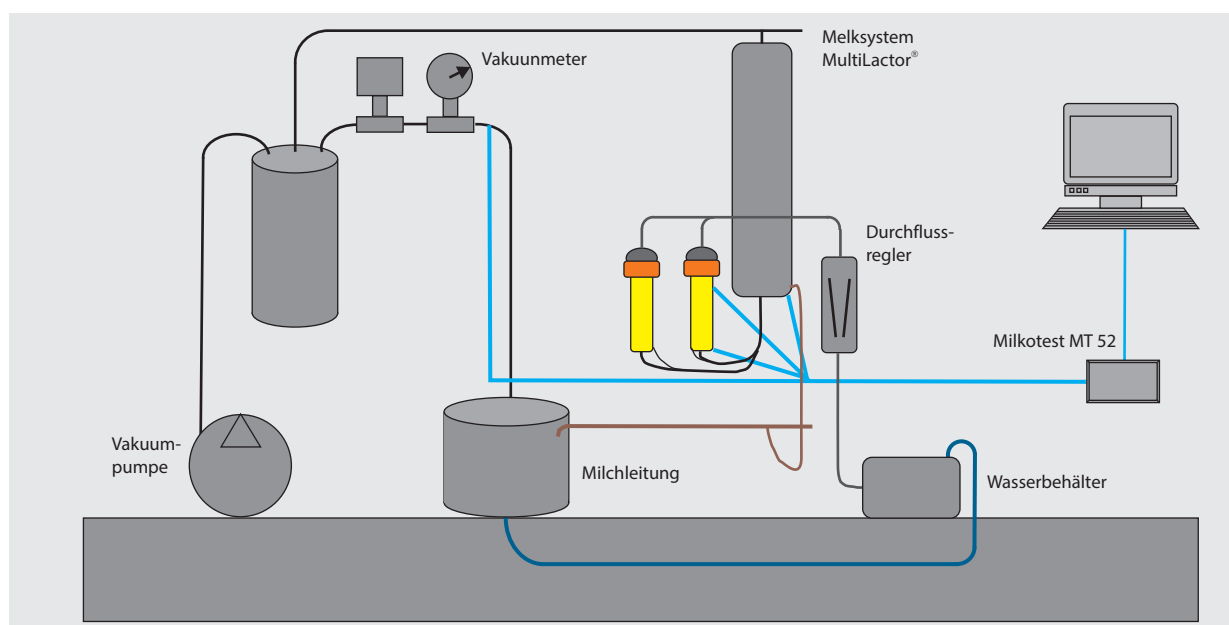
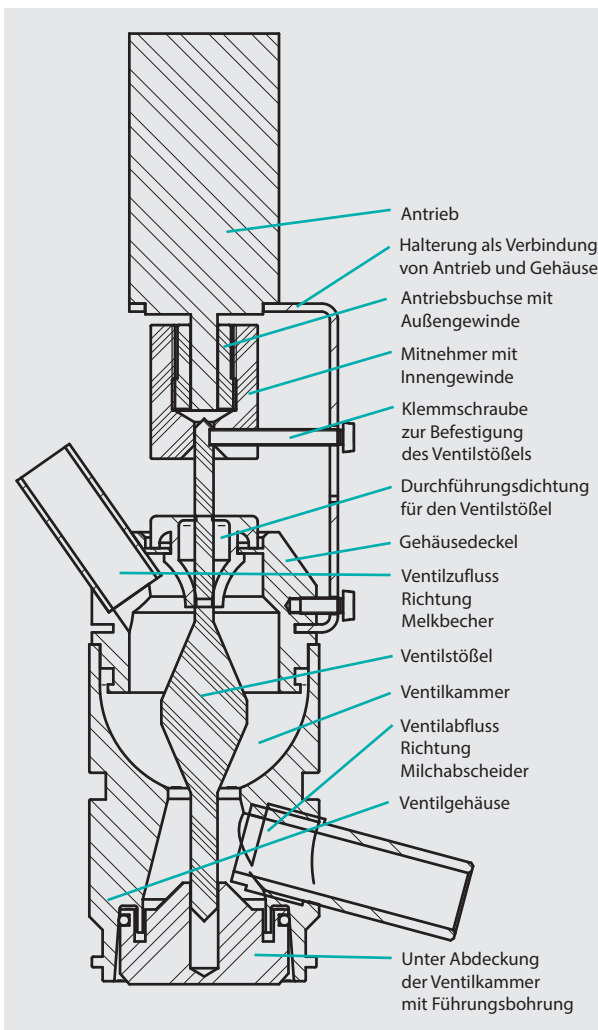


Abbildung 1

Schematischer Aufbau des Versuchsmelkstands (geändert nach Rose, 2006)



**Abbildung 2**  
Vakuumdrosselventil (VDV) mit Antrieb (geändert nach Ströbel et al., 2011)

### 3 Ergebnisse und Diskussion

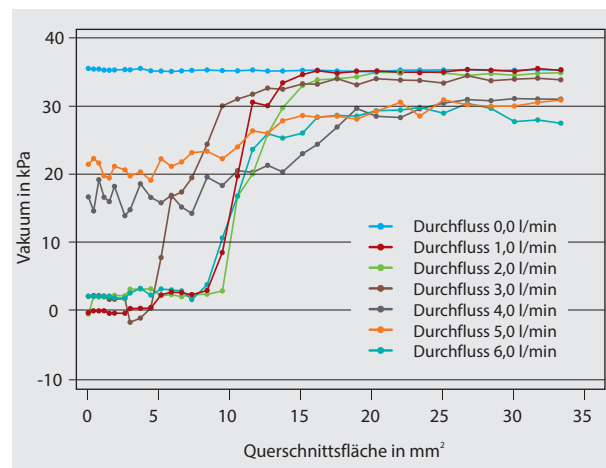
#### 3.1 Auswirkung der Querschnittverringern auf das Vakuum

Ein Einfluss von Querschnittfläche und Durchflussrate auf das Melkvakuum an der Zitzenspitze konnte mit dieser Studie nachgewiesen werden. Auch die Hypothese dieser Studie konnte mit der Messung bestätigt werden. Eine exaktere Einstellung des zitzenendigen Melkvakuums und mehr Einstellungsmöglichkeiten durch Nutzung des VDV konnten belegt werden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass mit Verringerung der Querschnittfläche das Vakuum an der Zitzenspitze gesenkt wird ( $P < 0,0001$ ). Die Abbildungen 3 und 4 zeigen dies im direkten Vergleich zwischen sich verringernden Querschnitten in der b- und d-Phase des Melkprozesses.

Schon Worstorff (1977) hat in seiner Arbeit den Einfluss der Öffnungsquerschnittfläche im Milchschauch auf das Vakuum beschrieben, indem er feststellte, dass bei einer Vergrößerung der genannten Fläche auch das Vakuum ange-

hoben wird. Auch Rose (2006) stellt fest, dass die Öffnungsquerschnittfläche im Milchschauch bei viertelindividuell geführten Melkssystemen einen Einfluss auf das Vakuum an der Zitzenspitze hat. Je größer die Öffnungsquerschnittfläche ist, desto mehr nehmen auch Vakuumschwankungen ab. Demnach ist zu schlussfolgern, dass das Vakuum an der Zitzenspitze höher sein muss, je größer die Öffnungsquerschnittfläche ist. Auch die Autoren Ströbel et al. (2011) haben in einem Patent dargestellt, dass eine Reduzierung der Querschnittfläche eine Vakuumabsenkung zur Folge hat.



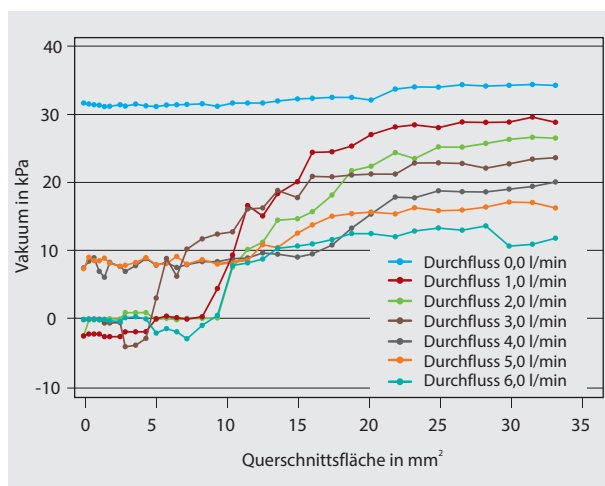
**Abbildung 3**  
An der Zitzenspitze gemessene Vakuumwerte ausgewählter Durchflussraten und Ventileinstellungen in der Vakuumphase (b-Phase)

Die Effekte einer Vakuumabsenkung traten in der vorliegenden Studie beim Durchfluss 0,0 l/min/Euter nur sehr gering auf. Die Annahme, dass das Vakuum mit geschlossenen VDV bei 0,0 kPa liegt, konnte nicht nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass das VDV nicht komplett zu schließen scheint. Ungünstig gewählte Materialien könnten der Grund dafür sein, dass trotz geschlossenem VDV eine Lücke im Öffnungsquerschnitt bleibt, durch die das Betriebsvakuum grundsätzlich mit teilweise verminderter Stärke zur Zitze durchdringen kann.

#### 3.2 Einfluss der Durchflussrate auf das Vakuum

Die Messwerte des Versuches zeigen, dass die Durchflussrate einen Einfluss auf das Vakuum hat ( $P < 0,0001$ ). Der Einfluss verändert sich abhängig von der Querschnittfläche, d. h. es gibt signifikante Wechselwirkungen ( $P < 0,0001$ ). Je größer der Durchfluss ist, desto geringer ist tendenziell die Vakuumhöhe an der Zitzenspitze.

Je höher die Durchflussrate wird, desto größer ist die Absenkung des Vakuums bei gleichbleibender Öffnungsquerschnittfläche. Die Ergebnisse zeigen auch, dass bei konstantem Durchfluss und bei Verminderung der Öffnungsquerschnittfläche das Vakuum an der Zitzenspitze sinkt.



**Abbildung 4**

An der Zitzen Spitze gemessene Vakuumwerte ausgewählter Durchflussraten und Ventileinstellungen in der Druckphase (d-Phase)

Die gemessenen Vakuumwerte unterscheiden sich bei Durchflussraten von 0,0 l/min/Euter und 6,5 l/min/Euter in der b-Phase um 5 kPa und in der d-Phase um 24,1 kPa. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Vakuum nicht mehr ungehindert in voller Höhe von 35 kPa bis zur Zitze wirken kann, je höher die Milchmenge im Milchschauch ist. Es wurde bereits von Worstorff (1977) festgestellt, dass bei einem steigenden Flüssigkeitsdurchsatz von 0,0 l/min/Euter auf 5,0 l/min/Euter eine durchschnittliche Vakuumabsenkung von 4 kPa bei niedrig verlegten Milchleitungen, und bis zu 10 kPa bei hoch verlegten Milchleitungen auftritt. Einen hohen Vakuumabfall von bis zu 10 kPa bei höheren Durchflüssen beschreibt auch Schläiß (1994). Rose (2006) untermauerte dies, indem sie erkannte, dass das mittlere Vakuum unter der Zitze mit steigendem Durchfluss abnimmt. Sie ermittelte einen Vakuumabfall von bis zu 12 kPa. Auch Öz et al. (2010) bestätigen, dass bei steigendem Durchfluss das Vakuum an der Zitzen Spitze gesenkt wird. Die Autoren ermittelten bei zunehmender Durchflussrate Vakuumabfälle von bis zu 6,5 kPa in der b- und 27 kPa in der d-Phase.

Werden nur die Werte der vorliegenden Studie bei unterschiedlichen Öffnungsquerschnitten verglichen, dann bestätigt sich, dass der Vakuumabfall bei kleinen Öffnungsquerschnittsflächen, besonders in der d-Phase, etwas größer ist als bei großen Öffnungsquerschnittsflächen. Grundsätzlich steigt bei steigendem Durchfluss auch der Vakuumabfall an.

### 3.3 Auswirkung der Ergebnisse auf die Zitze und den Melkprozess

Nach Betrachtung der Einstellmöglichkeiten die sich durch die Nutzung von VDV ergibt wird klar, dass drei bis fünf fixe mögliche Einstellungen am VDV für eine wesentlich exaktere Einstellung des Vakuums an der Zitzen Spitze sorgen könnten. Bei Milchflüssen über 3,5 l/min/Euter ist das volle Betriebsvakuum von 35 kPa wünschenswert und demnach eine

VDV-Einstellung von mindestens 35 mm<sup>2</sup> Öffnungsquerschnittsfläche einzustellen. Die große Menge an Flüssigkeit im System bei dieser VDV-Einstellung muss schnell genug abtransportiert werden, um einem zu großen Vakuumabfall entgegenzuwirken. Bei Milchflüssen zwischen 3,5 l/min/Euter und 2,0 l/min/Euter sollte ein Vakuum von rund 25 kPa ausreichend sein. Dieser Wert wird bei VDV-Öffnungsquerschnittsflächen von 9,22 mm<sup>2</sup> bis 13,07 mm<sup>2</sup> erreicht. Dieser Vakuumwert muss jedoch weiter in einem Praxisversuch verifiziert werden. Bei Milchflüssen unter 2,0 l/min/Euter wird ein Vakuum von kleiner 20 kPa erreicht. Auch die Sinnhaftigkeit dieser Einstellung muss noch in geeigneten Praxisversuchen getestet werden. Das Vakuum sollte nicht unter 10 bis 15 kPa sinken, um das Abfallen der Melkbecher zu vermeiden (Luhdo, 2013). Dies würde Öffnungsquerschnittsflächen von 5,71 mm<sup>2</sup> bis 8,17 mm<sup>2</sup> entsprechen.

Welchen Einfluss das Senken des Vakuums an der Zitzen Spitze auf die Eutergesundheit hat, wird von vielen Autoren diskutiert. Thiel und Mein (1979) haben festgestellt, dass ein geringes Vakuum bei niedrigen Milchflüssen fast immer einen positiven Einfluss auf die Eutergesundheit hat. Sie bemerkten aber auch, dass hohes Vakuum zu einer verkürzten Melkdauer führt aber dass die Euter dadurch schlechter ausgemolken werden. Reinemann et al. (2001) geben an, dass ein niedriges Melkvakuum einen positiven Effekt auf den Zitzenzustand hat, jedoch die Melkdauer moderat verlängert. Außerdem merkten sie an, dass die längere Melkdauer das Mastitisrisiko erhöht, da die Melkbecher länger Kontakt zur Zitze haben. Sie sagen aber auch weiter, dass ein hohes Vakuum die durchschnittliche Melkdauer nur mäßig verkürzt, aber die Anzahl offener Zitzen Spitzen nach dem Melken, sowie deren Zeit sich wieder zu schließen erhöht. Häussermann und Hartung (2010) berichten, dass geringes Vakuum in der d-Phase die Gefahr von Hyperkeratosen senkt.

Rasmussen und Madsen (2000) kommen zu dem Ergebnis, dass grundsätzlich ein hohes Vakuum über 37 kPa in allen Melkphasen die Zitzenbelastung steigern und die Häufigkeit des Auftretens offener Zitzen Spitzen nach dem Melken erhöhen kann, was wiederum das Eindringen von Krankheitserregern fördert. Hier wurde jedoch ein Vergleich zwischen hoch- und tief verlegter Melkleitung durchgeführt, was die Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Messung beschränkt. Rasmussen und Madsen (2000) geben zu bedenken, dass ein niedrigeres Vakuum von 26 bis 30 kPa im Vergleich zu einem höheren Vakuum von 33 bis 39 kPa die Melkdauer erhöht. Unbegrenzte Vakuumeinwirkung auf das Zitzengewebe hat eine negative Auswirkung auf die Eutergesundheit (IDF, 1994), wobei auch hier keine Angaben zur Vakuumhöhe an der Zitzen Spitze gemacht wurden, was mit der in dieser Studie entwickelten Technik, in Zukunft in der Praxis, genauer untersucht werden kann.

## 4 Schlussfolgerungen

Diese Studie ergab, dass mit Hilfe des Vakuumdrosselventils das Vakuum an der Zitzen Spitze gemessen und aktiv an die Durchflussmenge angepasst werden kann, wobei der



Öffnungsquerschnitt als Einflussfaktor genutzt wurde. Es konnte bestätigt werden, dass die Verringerung des Querschnitts und die Erhöhung des Durchflusses eine Vakuumsenkung zur Folge hat. Dadurch wird es möglich sein, die Euterbelastung durch das Vakuum zu reduzieren, um den Melkprozess schonender zu gestalten. Das Problem der induzierten Eutererkrankungen durch den Melkprozess kann voraussichtlich verringert werden. Die Studie liefert wertvolle Ergebnisse über die exakt benötigten Öffnungsquerschnitte in einem Vakuumdrosselventil (VDV) für das untersuchte Melksystem. Anhand dieser Daten kann die Entwicklung einer vollautomatischen Vakuumregelungseinheit voran gebracht werden.

- Rose-Meierhöfer S, Ströbel U, Müller AB, Brunsch R (2010) Vorteile ohne Sammelstück. *Neue Landwirtschaft* 21 (10):64-66
- Schlaif G (1994) Einfluss von modifizierter Zitzengummibewegung auf Milchabgabeparameter und zyklische Vakuumschwankungen. Stuttgart-Hohenheim, 117 p, Forschungsber Agrartechn Arbeitskr Forsch Lehre MEG 255
- Ströbel U, Rose-Meierhöfer S, Brunsch R, Zieger E, Maier J, Hatzack W (2011) Verfahren und Kit zum automatischen Melken von Tieren. Deutsches Patent Nr. 10 2011 075 138.6. Registration: 03.05.2011
- Ströbel U, Rose-Meierhöfer S, Müller AB (2012) Vier Viertel sind mehr als ein Ganzes. *Forschungsreport Ernähr Landwirtschaft Verbrauchersch* 23 (1):20-23
- Thiel CC, Mein GA (1979) Action of the cluster during milking In: Thiel CC, Dodd FH (Eds) *Machine Milking*. Reading: National Institute for Research in Dairying (NIRD), pp 116-155
- Worstorff H (1977) Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit. München, 147 p, München-Weihenstephan, Technische Universität, Habil

---

## Referenzen

- Anonymus (2010) Bedienanleitung MultiLactor® Melkautomatisierung PULSATRONIC M Melkkarussell, Elsterwerda: Impulsa AG
- DIN ISO 6690 (2007) Milking machine installations - mechanical tests, International Organization for Standardization, Genève: ISO, 40 p
- Graf R, Gedek W (1983) Melkmaschinenbedingte Läsionen der Zitzenenden des Rindes – Beziehungen zur Eutergesundheit. *Tierärztl Umschau* 38:75-80
- Guler C (2006) Die Natur als Vorbild. *Grüne Zeitg* 10:32-35
- Hamann J, Bronzo V, Moroni P, Casula A, Zecconi A (2001) Conventional and positive pressure pulsation effects on bovine teats and on immunological components of different milk fractions. *Milchwissenschaft* 56(8):423-427
- Häussermann A, Hartung E (2010) A field study on teat-end vacuum in different milking systems and its effect on teat condition. In: *The First North American Conference on Robotic Milking*, 02.-05.03.2010, Canada, pp 226-227
- IDF - International Dairy Federation (1994) Teat tissue reactions to machine milking and new infection risk. Brussels: IDF-FIL General Secretariat, 43 p, Bull IDF 297
- Kemper-Krämer G (1983) Untersuchungen über das Keratin des Strichkanals von Kühen unter Berücksichtigung morphologischer Zitzenmerkmale. Gießen, 111 p, Gießen, Universität, Diss
- Luhdo T (2013) Quantitative Modelle zum Melkprozess. Potsdam, 51 p, Potsdam, Universität, Diplomarb
- Michel G, Seffner W, Schulz J (1974) Hyperkeratosis of teat duct epithelium in cattle. *Monatsh Veterinärmed* 29:570-574
- Neijenhuis F, Barkema, HW, Hogeveen H, Noordhuizen JPTM (2001) Relationship between teat-end callosity and occurrence of clinical mastitis. *J Dairy Sci* 84(12):2664-2672
- Öz H, Rose-Meierhöfer S, Ströbel U, Ammon C (2010) Comparison of the vacuum dynamics of conventional and quarter individual milking systems. *J Agr Sci* 16:162-168
- Rasmussen MD, Madsen NP (2000) Effects of milking vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight on milk yield, teat condition, and udder health. *J Dairy Sci* 83(1):77-84
- Rasmussen MD, Wiking L, Bjerring M, Larsen HC (2006) Influence of air intake on the concentration of free fatty acids and vacuum fluctuations during automatic milking. *J Dairy Sci* 89(12): 4596-4605
- Reinemann DJ, Davis MA, Costa D, Rodriguez AC (2001) Effects of milking vacuum on milking performance and teat condition. In: *AABP-National Mastitis Council Proceedings International Symposium on Mastitis and Milk Quality*, 13-15.9.2001, Vancouver, Canada
- Rose S (2006) Untersuchung mechanischer Belastungen am Euter bei verschiedenen Melksystemen. Potsdam-Bornim: Leibniz-Institut für Agrartechnik, 246 p, Forschungsber Agrartechn Arbeitskr Forsch Lehre MEG 436