



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Gemeinsame Melktechniktagung

Agroscope und AGRIDEA



agridea

ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS

Impressum

Herausgeberin AGRIDEA
Eschikon 28 • CH-8315 Lindau
T +41 (0)52 354 97 00 • F +41 (0)52 354 97 97
kontakt@agridea.ch • www.agridea.ch

Redaktion Chiara Augsburger, Nadja Stump, AGRIDEA

Übersetzung Trait d'Union

Titelbild Matthias Schick, Strickhof

Druck AGRIDEA

ISBN 978-3-033-07822-2

© AGRIDEA, September 2020

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers ist es verboten,
diese Broschüre oder Teile daraus zu fotokopieren oder auf andere Art zu
vervielfältigen.

Sämtliche Angaben in dieser Publikation erfolgen ohne Gewähr.
Massgebend ist einzig die entsprechende Gesetzgebung.

11 Auswirkungen des Sitzengummis und der Melkzeugbelüftung auf die Melkleistung und das Sitzengummikopfvakuum

Felix Adrion¹, Gro Elisabeth Holst^{1,2}, Christina Umstätter¹, Rupert Bruckmaier²

¹Agroscope, Forschungsgruppe Automatisierung und Arbeitsgestaltung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen. Kontakt: felix.adrion@agroscope.admin.ch

²University of Bern, Veterinary Physiology, Vetsuisse Faculty Bern, Bremgartenstr. 109a, CH-3001 Bern

Abstract

Das Melkzeug repräsentiert die Schnittstelle zwischen Tier und Melkmaschine. Die Eigenschaften des Sitzengummis sowie die Belüftung des Melkzeuges sind wichtige Faktoren, um möglichst schonend zu melken und gleichzeitig eine hohe Melkleistung und eine hohe Milchqualität sicherzustellen. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss der Sitzengummiform und Belüftungsart des Melkzeuges auf die Melkleistung und das Sitzengummikopfvakuum als Indikator für die Melkzeughaftung zu bestimmen. Im Rahmen eines Versuches wurden vier Melkzeugvarianten als Kombination aus Sitzengummiform (rund vs. dreieckig) und der Art der Melkzeugbelüftung (Sitzengummikopf vs. Sammelstück) bei drei Niveaus des Systemvakuums an sechs Kühen über 24 Melkungen getestet. Während der Melkung wurden der Milchfluss sowie das Vakuum im Sitzengummikopf, am Zitzenende (im kurzen Milchschlauch) und im kurzen Pulsschlauch kontinuierlich aufgezeichnet.

Der höchste Milchfluss und demzufolge die kürzeste Melkzeit konnten in diesem Versuch mit den runden Sitzengummis bei beiden Belüftungsarten erreicht werden. Das Kopfvakuum war niedriger bei den runden als bei den dreieckigen Sitzengummis während der gesamten Melkung. Während des hohen Milchflusses wurde bei den dreieckigen Varianten zudem eine erhöhte zyklische Fluktuation des Kopfvakuums deutlich, welche bei abnehmendem Milchfluss am Melkende noch zunahm. Die Belüftung am Sitzengummikopf senkte das Kopfvakuum bei beiden Sitzengummivarianten mit Ausnahme des hohen Milchflusses bei den runden Sitzengummis. Die Kopfbelüftung führte bei beiden Sitzengummiformen zu einer erhöhten Amplitude der zyklischen Fluktuation des Kopfvakuums, da durch den Luftpfeilerstrom im Kopf die zyklische Absenkung des Vakuums bei geschlossenem Gummi verstärkt wurde. Bei der dreieckigen, kopfbelüfteten Variante kam es hierbei zu einem erhöhten Anteil an verschäumter Milch, was u.a. ein Risiko für die Stabilität der Milchinhaltsstoffe darstellt.

Le faisceau trayeur est la jonction entre l'animal et la machine à traire. Les propriétés du manchon trayeur ainsi que la ventilation du faisceau trayeur sont des facteurs importants pour traire avec le plus de ménagement possible tout en assurant une production laitière et une qualité du lait élevées. L'objectif de cette étude était de déterminer l'influence de la forme des manchons trayeurs et du système de ventilation du faisceau trayeur sur la production laitière ainsi que sur le vide dans la tête du manchon trayeur en tant qu'indicateur de la tenue du faisceau trayeur. Dans le cadre d'un essai, quatre variantes de faisceaux trayeurs combinant différentes formes de manchon trayeur (rond vs triangulaire) et différents types de ventilation du faisceau trayeur (tête du manchon trayeur vs griffe) ont été testées avec trois niveaux de vide du système sur six vaches pendant 24 traites. Durant la traite, le flux de lait ainsi que le vide dans la tête du manchon trayeur, à l'extrémité du trayon (dans le tuyau à lait court) et dans le tuyau à air court ont été relevés en continu.

Dans cet essai, le flux de lait le plus élevé et, par conséquent, le temps de traite le plus court a été atteint avec les manchons trayeurs ronds avec les deux systèmes de ventilation.

Le vide était plus faible dans la tête des manchons trayeurs ronds que triangulaires durant l'ensemble de la traite. En outre, pendant la phase durant laquelle le flux de lait était élevé, une fluctuation cyclique accrue du vide dans la tête du manchon a été observée avec les variantes triangulaires, celle-ci augmentant encore lorsque le flux de lait diminuait en fin de traite. Une ventilation au niveau de la tête du manchon trayeur diminuait le vide dans cette dernière pour les deux types de manchons, sauf lorsque le flux de lait était élevé avec les manchons ronds. La ventilation au niveau de la tête du manchon a entraîné une augmentation de l'amplitude de la fluctuation cyclique du vide dans la tête du manchon trayeur avec les deux types de manchons, l'arrivée d'air au niveau de la tête renforçant la baisse cyclique du vide lorsque le manchon est fermé. Dans la variante triangulaire et ventilée au niveau de la tête, une part plus importante de mousse dans le lait a été observée, ce qui représente notamment un risque pour la stabilité des composants du lait.

The milking cluster represents the interface between the animal and the milking machine. The characteristics of the liner and the ventilation of the teat cup cluster are key factors in milking as carefully as possible while ensuring high milking performance and milk quality. The purpose of this study was to determine the influence of the liner shape and ventilation type of the cluster on the milking performance as indicator for cluster adhesion. Within the framework of a trial, four different milking machine variations were tested on six cows during 24 milkings as a combination of liner shape (round vs. triangular) and the type of machine ventilation (liner head vs collection piece) at three levels of the system vacuum. During milking, milk flow and liner head vacuum were continuously recorded at the teat end (in short milk hose) and short pulse tubes.

In this trial, the highest milk flow and thus the shortest milking time was achieved with round liners with both ventilation types. The head vacuum was lower with the round liner than with the triangular one throughout the milking. Furthermore, during high milk flow, the triangular liners displayed significantly higher cyclic fluctuations in head vacuum, which increased further with decreasing milk flow towards the end of the milking. Liner head ventilation reduced the head vacuum with both liner variants, with the exception of the high milk flow with the round liners. With both liner shapes, head ventilation led to increased cyclical fluctuation of the head vacuum, as the cyclical drop in vacuum with closed liners was accentuated by the air intake in the head. The triangular head-ventilated variant generated a higher proportion of foamed milk, posing inter a risk in terms of milk content stability.

Einleitung

Das optimale Melkzeug sollte so schonend und gleichzeitig so schnell wie möglich melken, um eine minimale mechanische Belastung des Zitzengewebes bei hoher Melkleistung und Milchqualität zu ermöglichen (Hamann und Mein, 1996; Besier et al., 2016).

Eine ausreichende Haftung zwischen Zitze und Zitzengummischicht ist erforderlich, um ein Klettern des Melkbeckers zu verhindern, d.h. ein vermehrtes Ansaugen der Zitze in den Zitzengummi während des Melkvorgangs, was zu einer Hemmung des Milchflusses durch Kollabieren der Milchkanäle führen kann (Mein et al., 1973a; Mein et al., 1973c). Da das Vakuum im Zitzengummikopf (engl. mouthpiece chamber - MPC) über die Milchschiänche vom Zitzenende her erzeugt wird, wird ein dichter Abschluss zwischen Zitze und Zitzengummischicht durch ein niedriges Kopfvakuum angezeigt (Mein et al., 1973b). Ein höheres Kopfvakuum führt nachweislich zu einer mechanischen Belastung des Zitzengewebes und damit zu einem erhöhten Risiko von Melkzeugabritten sowie zur Entwicklung von Ringwulsten an der Zitzenbasis (Newman et al., 1991).

Die Vielfalt der auf dem Markt erhältlichen Zitzengummitypen weist eine breite Variation von Material, Form und Größe auf. Darüber hinaus sind auch Zitzengummis erhältlich, die eine Belüftungsöffnung im Zitzengummikopf oder im kurzen Milchschauch besitzen. Diese Belüftungsöffnungen sollen die Belüftungsöffnung im Sammelstück (engl. claw) ersetzen, die für den optimalen Transport der Milch sowie zur Stabilisierung des Vakuums unterhalb der Zitze entscheidend ist.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Auswirkungen der Form des Zitzengummis und deren Wechselwirkung mit der Belüftung des Melkzeuges entweder im Zitzengummikopf oder im Sammelstück bei verschiedenen Niveaus des Systemvakuums zu untersuchen. Darüber hinaus haben wir die Hypothese geprüft, dass die Form des Zitzengummis einen Einfluss auf die Abdichtung zwischen Zitze und Zitzengummischafthat und dass die Belüftung des Zitzengummikopfes das Vakuum im Zitzengummikopf reduzieren kann.

Material und Methoden

Die Experimente wurden im Anbindestall von Agroscope (Posieux, Schweiz) mit sechs Holstein Friesian Kühen durchgeführt. Zu Beginn des Versuchs waren die Kühe zwischen dem 150. und 192. Tag ihrer dritten bis siebten Laktation. Die 305-Tage-Milchproduktion in der vorangegangenen Laktation lag zwischen 8'444 und 10'689 kg. Alle Kühe hatten zylinderförmige Zitzen mit einer Breite von 2,4 cm bis 3,2 cm, die knapp unterhalb der Zitzenbasis der linken vorderen Zitze gemessen wurde, und einer Länge von 4,6 bis 6,2 cm.

Die Kühe wurden mit einer Eimermelkanlage gemolken, die an eine mobile Vakuumpumpe (PMU; Art.-Nr. 89730081, DeLaval, Tumba, Schweden) angeschlossen war. Mit einem pneumatischen Pulsator (HP102, DeLaval, Tumba, Schweden) wurde eine alternierende Pulsationsrate von 58 Zyklen/min bei einem Pulsationsverhältnis von 73:27 erzeugt. Die Melkzeuge bestanden aus Top-Flow-Sammelstücken (Harmony MC5, DeLaval, Tumba, Schweden) und Melkbechern (Art. 964420-80, DeLaval, Tumba, Schweden), die entweder mit dreieckigen (T) (TLC-A6, Milkrite, Melksham, UK) oder runden (R) (DL009U, Milkrite) Zitzengummis ausgestattet waren. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, waren die Abmessungen der Zitzengummis bei beiden Zitzengummitypen identisch, mit Ausnahme des Schaftdurchmessers, der aufgrund der unterschiedlichen Formen leicht unterschiedlich war. Für das Experiment wurde im Kopf aller Zitzengummis eine Hohlните von 1 mm Innendurchmesser zur Belüftung des Melkzeuges eingesetzt. Je nach Versuchsprotokoll blieb entweder die Belüftung im Sammelstück oder die Belüftungen im Zitzengummikopf offen, während die jeweils anderen Belüftungsöffnungen mit einem Klebeband verschlossen wurden.

Die Versuchskühe wurden während der gesamten Studie in der gleichen Reihenfolge, von der gleichen Person und gemäss dem gleichen Protokoll gemolken. Das Vormelken wurde mit der Entnahme von drei Strahlen Milch von jeder Zitze in einen Vormelkbecher begonnen und die Zitzenstimulation wurde bis zum Ansetzen des Melkzeuges bis genau 1 Minute nach der ersten Berührung fortgesetzt. Das Melken wurde gestoppt und das Melkzeug abgenommen, wenn der Milchfluss am Ende des Melkvorgangs auf 0,2 kg/min gesunken war.

Tab. 1: Übersicht der Belüftung und Abmessungen der Melkzeug- bzw. Zitzengummivarianten

Melkzeugvariante	Zitzengummiform	Belüftung	Öffnungsdurchmesser Zitzengummikopf	Länge Zitzengummi	Kopfweite	Schaftdurchmesser ¹
R-CLAW	Rund	Sammelstück	20 mm	310 mm	58 mm	22 mm
R-MPC		Zitzengummikopf				
T-CLAW	Dreieckig	Sammelstück	20 mm	310 mm	58 mm	25 mm
T-MPC		Zitzengummikopf				

¹gemessen 75 mm unterhalb der Zitzengummilippe; der Durchmesser des dreieckigen Zitzengummis ist die Distanz von einer Ecke des Dreiecks bis zur Mitte der gegenüberliegenden Seite

Die Kombination der beiden verschiedenen Zitzengummitypen (rund - R und dreieckig - T) mit verschiedenen Belüftungstypen (Zitzengummikopf - MPC und Sammelstück - CLAW) ergab vier Melkzeugtypen (R-CLAW, R-MPC, T-CLAW, T-MPC; Tabelle 1), die alle bei drei verschiedenen Systemvakuumeinstellungen (35, 42 oder 50 kPa) getestet wurden. Die Melkzeiten wurden in einem strikten Zwölf-Stunden-Intervall (05:00 Uhr morgens und 17:00 Uhr abends) gehalten. Das Experiment wurde als unvollständiges randomisiertes Blockdesign konzipiert. Insgesamt wurden 144 einzelne Melkungen von Kühen, d.h. 12 Melkungen pro Melkzeugtyp bei jedem Systemvakuumniveau, durchgeführt.

Der Milchfluss wurde mit einem mobilen Gerät (Lactocorder, WMB AG, Balgach, Schweiz) kontinuierlich aufgezeichnet. Die Vakuummessungen wurden mit einer Frequenz von 50 Hz im Zitzengummikopf, am Zitzenende (im kurzen Milchschauch) und im kurzen Pulsschlauch mit einem Datenlogger vom Typ MSR145B (MSR Electronics GmbH, Seuzach, Schweiz) durchgeführt, der an einen kalibrierten Drucksensor (Art. 100935.0138, Keller AG, Winterthur, Schweiz) angeschlossen wurde. Alle Vakuummessungen wurden am linken vorderen Melkbecher durchgeführt.

An drei verschiedenen Messzeitpunkten wurden aus den Rohdaten der Mittelwert und die Amplitude der zyklischen Fluktuation (Maximalwert - Minimalwert) des Zitzengummikopfvakuums und des Vakuums im kurzen Milchschauch während eines Zeitraums von drei Sekunden berechnet. Der erste Messzeitpunkt war zu Beginn des Melkens unmittelbar nach Erreichen des vollen Vakuums im kurzen Milchschauch (die ersten drei Sekunden des Melkens), der zweite beim höchsten Milchfluss (drei Sekunden während des höchsten Flusses) und der dritte unmittelbar vor dem Abnehmen des Melkzeuges (die letzten drei Sekunden des Melkens). Die statistische Analyse der Melkleistungsdaten, die mit Hilfe der Software LactoPro (Version 6.0.60, WMB AG, Balgach, Schweiz) berechnet wurden, sowie der Vakuummessungen wurde mit linearen Gemischte-Effekte-Modellen in der Software R (R version 3.6.2, R Core Team 2019) durchgeführt.

Ergebnisse

Der durchschnittliche Milchfluss war bei allen Melkzeugtypen bei hohem Systemvakuum höher und die Melkdauer niedriger als bei niedrigem Systemvakuum ($P < 0.05$). Darüber hinaus war der durchschnittliche Milchfluss bei den runden Varianten höher als bei den dreieckigen ($P < 0.05$), unterschied sich jedoch nicht zwischen CLAW- und MPC-Belüftung. Sowohl bei CLAW- als auch bei MPC-Belüftung war die Melkdauer folglich bei runden Zitzengummis kürzer als bei dreieckigen. Der Anteil verschäumter Milch war bei allen Melkzeugtypen mit Ausnahme von R-MPC bei hohem Systemvakuum höher als bei niedrigem.

Bei T-MPC erreichte der Anteil verschäumter Milch bei allen Vakuumeinstellungen höhere Werte ($P < 0.05$) als bei den anderen Melkzeugtypen.

Das Vakuum am Zitzenende, im kurzen Milchschauch gemessen, stieg mit zunehmendem Systemvakuum beim höchsten Milchfluss und am Melkende ($P < 0.05$), war aber durch den erwarteten milchflussabhängigen Vakuumabfall bei allen Melkzeugtypen niedriger während des höchsten Milchflusses als am Melkende ($P < 0.05$). Während des höchsten Milchflusses unterschied sich das zitzenendige Vakuum nicht oder nur geringfügig zwischen den Melkzeugtypen bei allen Systemvakuumniveaus. Am Melkende erreichte es in beiden CLAW-belüfteten Melkzeugtypen die höchsten Werte, war aber in den MPC-belüfteten Melkzeugen nur geringfügig und nur teilweise signifikant niedriger. Unmittelbar nach dem Ansetzen der Melkzeuge war das Kopfvakuum bei T-CLAW und T-MPC deutlich höher als bei R-CLAW und R-MPC ($P < 0.05$). Zu diesem Zeitpunkt waren sowohl das Niveau als auch die Fluktuationen des Kopfvakuums bei beiden Melkzeugtypen mit dreieckigen Zitzengummis synchron mit dem Vakuum am Zitzenende, d.h. mit zwei Fluktuationszyklen innerhalb jedes Pulsationszyklus. Beim höchsten Milchfluss erreichte das Kopfvakuum bei allen Melkzeugtypen die niedrigsten Werte und war bei runden Zitzengummis niedriger als bei dreieckigen ($P < 0.05$). Die höchsten Werte wurden bei T-CLAW erreicht ($P < 0.05$). Auch hier war die Fluktuation des Kopfvakuums immer noch vorhanden, mit einer höheren Amplitude bei Melkzeugen mit dreieckigen Zitzengummis, aber bei allen Melkzeugtypen mit nur einer Fluktuation je Pulszyklus. Am Ende der Melkung war das Kopfvakuum in allen Melkzeugtypen und bei allen Systemvakuumniveaus höher als beim höchsten Milchfluss ($P < 0.05$, Abbildung 1).

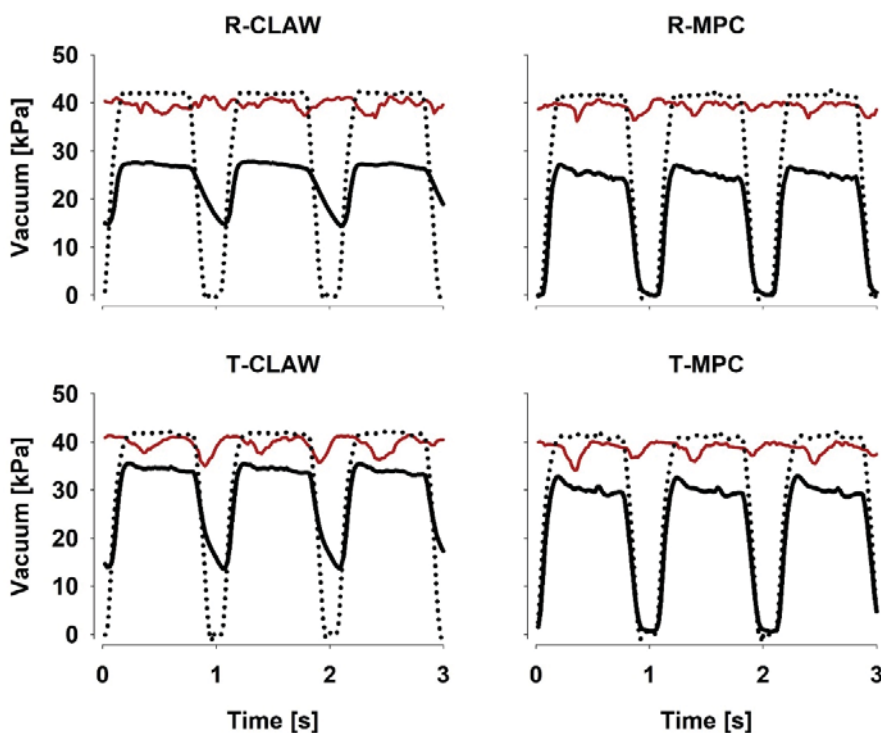


Abbildung 1: Vakuumprofile im Zitzengummikopf (—), dem kurzen Milchschauch (—) und dem kurzen Pulsschlauch (•••) der Kuh 1853 während 3 Sekunden kurz vor der Melkzeugabnahme (ca. 0.2 kg/min) bei mittlerem Systemvakuum (42 kPa) und mit den 4 verschiedenen Melkzeugtypen R-CLAW/R-MPC/T-CLAW/T-MPC: runder/dreieckiger Zitzengummi, Sammelstück/Zitzengummikopf belüftet.

Wiederum war das Kopfvakuum in Melkzeugen mit dreieckigen Zitzengummis in den meisten Fällen höher als mit runden und innerhalb der runden und dreieckigen Zitzengummis immer höher in CLAW- als in MPC- belüfteten Melkzeugen ($P < 0.05$), außer bei R-CLAW und T-MPC bei mittlerem Vakuum. Am Ende der Melkung nahm die Amplitude der zyklischen Schwankungen des Kopfvakuums parallel zum Pulsationszyklus in allen Melkzeugtypen zu ($P < 0.05$; Abbildung 1). Ähnlich wie beim höchsten Milchfluss traten die höheren Vakuumniveaus während der offenen Phasen des Zitzengummis auf und nahmen ab, wenn der Liner geschlossen wurde (Abbildung 1). Die MPC-belüfteten Melkzeuge zeigten eine höhere Fluktuation des Kopfvakuums als die CLAW-belüfteten, mit den höchsten Werten bei T-MPC und niedrigsten bei R-CLAW ($P < 0.05$).

Diskussion

Die Zunahme des Milchflusses und die Abnahme der Melkdauer mit zunehmendem Systemvakuum ist ein bekannter Effekt, der durch einen höheren Milchfluss aus der Zitze aufgrund des höheren am Zitzenende wirkenden Vakuums verursacht wird (Besier und Bruckmaier, 2016). Da sich das zitzenendige Vakuum und seine Schwankungen zwischen den beiden Zitzengummitypen nicht wesentlich unterschieden, steht der geringere Milchfluss bei den dreieckigen Zitzengummis wahrscheinlich in einem starken Zusammenhang mit einer geringeren Haftreibung und einer schlechteren Abdichtung zwischen Zitze und Zitzengummischaft. Dies zeigte sich durch ein wesentlich höheres Kopfvakuum im Vergleich zu den runden Zitzengummis während des gesamten Melkens. Es ist offensichtlich, dass die Zitze mit ihrer runden Form von Natur aus besser in ein rundes Zitzengummi als in ein dreieckiges passt. Ein hohes Kopfvakuum geht mit einem frühen Klettern des Melkbeckers einher (Mein et al., 1973a; Borkhus und Rønningen, 2003). Dieser Effekt war bei T-CLAW am stärksten ausgeprägt, bei dem das Kopfvakuum sowohl bei höchstem Milchfluss als auch am Ende des Melkens bei allen Systemvakuumniveaus die höchsten Werte aller Melkzeugtypen erreichte. Wie bereits von Mein et al. (1973b, c) sowie Borkhus und Rønningen (2003) vorgeschlagen, ist das Kopfvakuum das Ergebnis eines Gleichgewichts zwischen der Leckage von Luft zwischen Zitze und Zitzengummischaft vom Zitzengummikopf bis hinunter zum kurzen Milchschauch und der Leckage zwischen Zitze und Zitzengummilippe. Zu Beginn des Melkens dichteten die Zitzen offensichtlich überhaupt nicht den Zitzengummischaft der dreieckigen Zitzengummis ab, was zu einer vorübergehenden vollständigen Verbindung zwischen kurzem Milchschauch und Zitzengummikopf bei T-CLAW und T-MPC führte. Im Gegensatz dazu war bei den runden Zitzengummis unmittelbar eine Abdichtung zwischen Zitzengummischaft und Zitze vorhanden (Newman et al., 1991). Beim höchsten Milchfluss bot die vollständig gefüllte Zitze die beste Abdichtung. Daher wurden beim höchsten Milchfluss in allen Clustertypen die niedrigsten Werte des Kopfvakuums beobachtet. Dies entspricht der Annahme, dass ein niedriges MPC-Vakuum auf eine optimale Abdichtung zwischen Zitze und Zitzengummi und damit auf geringe mechanische Kräfte hindeutet, die zu einer Stauung von Gewebsflüssigkeit im Zitzengewebe führen (Newman et al., 1991; Rasmussen, 1997). Bei der Abnahme des Melkzeuges war die Abdichtung des Zitzengummischaftes durch die Zitze offensichtlich bei allen Melkzeugtypen nicht mehr so wirksam wie bei hohem Milchfluss. Dies erklärt das deutlich erhöhte MPC-Vakuum (Mein et al., 1973b; Borkhus und Rønningen, 2003) sowie die hohe Amplitude der zyklischen MPC-Vakuumschwankungen zusammen mit der zyklischen Zitzengummibewegung im jeweiligen Melkbecher. Die Belüftung im Zitzengummikopf verminderte das Kopfvakuum bei beiden Zitzengummitypen vor allem am Melkende und ist insofern positiv zu bewerten, auch wenn die Melkleistung nicht von der Belüftung beeinflusst war. Die höchste Amplitude der Fluktuation des Kopfvakuums bei höchstem Milchfluss und am Ende der Melkung bei T-MPC ist jedoch gleichzeitig eine mögliche Erklärung für den hohen Anteil verschäumter Milch dieses Melkzeugtyps. Die Belüftungsöffnungen bei T-MPC führten höchstwahrscheinlich zu einer höheren Luftzufuhr in das Melkzeug, was zu einem höheren Prozentsatz an aufgeschäumter Milch führte (De Koning et al., 2004).

Schlussfolgerung

Bei den Kühen der vorliegenden Studie zeigten runde Zitzengummis eine bessere Melkleistung als dreieckige Zitzengummis mit vergleichbaren Abmessungen. Der Unterschied ist wahrscheinlich auf Unterschiede in der Haftung und Dichtwirkung zwischen Zitze und Zitzengummi zurückzuführen. Dies führt zu einem höheren Zitzengummikopfvakuum und einer höheren Amplitude der Vakuumfluktuation, aber auch zu einem erhöhten Luftstrom entlang der Zitze von der Lippe des Zitzengummis zum Sammelstück bei Melkzeugen mit dreieckigen im Vergleich zu runden Zitzengummis. Folglich erhöht sich bei diesen das Risiko eines frühzeitigen Kletterns des Melkbeckers. Hohes Zitzengummikopfvakuum kann durch die Kopfbelüftung reduziert werden, was bei dreieckigen Zitzengummis ein besonders ausgeprägter Effekt ist. Bei diesen führt die Kopfbelüftung zu einer höheren Luftzufuhr in das Melkzeug und zu einem höheren Prozentsatz an aufgeschäumter Milch, beeinflusst die Melkleistung jedoch nicht.

Danksagung

Wir danken dem Schweizerischen Landmaschinen-Verband (Bern, Schweiz) für die Finanzierung dieser Studie. Des Weiteren danken wir Dr. Abu Zar MD Shafiullah für den Rat bei der statistischen Analyse und dem Personal des Forschungsstalles von Agroscope sowie den Mitgliedern des Teams Veterinärphysiologie von Vetsuisse Bern in Posieux für die Unterstützung während der Versuche.

Literatur

- Besier, J. and R. M. Bruckmaier. 2016. Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99(4):3096–3102. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10340>.
- Besier, J., O. Lind, and R. M. Bruckmaier. 2016. Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: Types, causes and impacts on teat condition and udder health - A literature review. *J. Appl. Anim. Res.* 44:263–272. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031780>.
- Borkhus, M. and O. Rønningen. 2003. Factors affecting mouthpiece chamber vacuum in machine milking. *J. Dairy Res.* 70:283–288. <https://doi.org/10.1017/S0022029903006253>.
- De Koning, K., B. A. Slaghuis, and Y. Van der Vorst. 2004. Milk quality on farms with an automatic milking system. *Automatic Milking – A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Hamann, J. and G. A. Mein. 1996. Teat thickness changes may provide biological test for effective pulsation. *J. Dairy Res.* 63(2):179-189. <https://doi.org/10.1017/S002202990003168X>.
- Mein, G. A., C. C. Thiel, and D. N. Akam. 1973a. Mechanics of the teat and teatcup liner during milking: information from radiographs. *J. Dairy Res.* 40(2):179-189. <https://doi.org/10.1017/S0022029900014503>.
- Mein, G. A., C. C. Thiel, R. J. Fulford, and J. B. Hoyle. 1973b. Air leakage past the teat and teatcup liner during milking. *Australian Journal of Dairy Technology* 28:31-36.
- Mein, G. A., C. C. Thiel, D. R. Westgarth, and R. J. Fulford. 1973c. Friction between the teat and teatcup liner during milking. *J. Dairy Res.* 40(2):191-206. <https://doi.org/10.1017/S0022029900014515>.
- Newman, J. A., R. J. Grindal, and M. C. Butler. 1991. Influence of liner design on mouthpiece chamber vacuum during milking. *J. Dairy Res.* 58(1):21-27. <https://doi.org/10.1017/S0022029900033471>.
- Rasmussen, M. D. 1997. The relationship between mouthpiece vacuum, teat condition and udder health. Pages 91–96 in *Proc. 36nd National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings*, Albuquerque, NM.