

Messen und beobachten

Wege zur Verbesserung des Melkvorgangs

Für die Optimierung des Melkvorgangs kann zusätzlich zur Melkanlagenüberprüfung nach DIN ISO eine Vakuummessung beim Melken durchgeführt werden. Die Überprüfung nach DIN ISO ist die Basis und stellt sicher, dass die Melkanlage „fahrtüchtig“ ist, also alle Grundanforderungen, zum Beispiel hinsichtlich Vakuumerzeugung, Vakuumregelung, Leitungsdimensionierung und Pulsationseinstellung, erfüllt. Die Vakuummessung beim Melken liefert einen zusätzlichen Blick darauf, was direkt während des Melkens am Euter passiert. Sie dient somit dem Feintuning des Melkvorgangs und hilft zu verstehen, durch welche Ursachen Probleme auftreten und wie sie gegebenenfalls behoben werden können.



Immer wenn Veränderungen an der Einstellung der Melkanlage geplant sind, sollten diese durch Vakuummessungen, Zitzenbonitierung und Tierbeobachtungen begleitet werden.
Foto: Isa-Maria Kuhn

Die Fragen, die sich Landwirte hierbei stellen, sind:

- Wann sollten Vakuummessungen beim Melken durchgeführt werden?
- Wie sind die Messergebnisse zu interpretieren und wofür können sie verwendet werden?
- Welche zusätzlichen Informationen sollten erhoben werden, um Vakuummessungen beim Melken sinnvoll zu ergänzen?

Vakuummessungen beim Melken bieten sich immer dann an, wenn eine Anlage neu installiert wurde, die Einstellungen verändert wurden oder geplant ist, diese anzupassen, der Zitzengummityp gewechselt werden soll oder auch wenn Probleme beim Melken auftreten, deren Ursachen nicht eindeutig sind, die Tiere also zum Beispiel sehr unruhig sind, vermehrt Eutererkrankungen auftreten oder die Zitzen visuell verändert sind.

Welche Informationen hierbei beim Melken erfasst werden, soll anhand der Grafik 1 erläutert werden. Gemessen wird die Vakuumhöhe an vier Messpunkten: im kurzen Puls- und im kurzen Milchschauch eines Hinterviertels, im Zitzengummikopf desselben Hinterviertels und im Zitzengummikopf ei-

nes Vorder Viertels. Die Messung im kurzen Pulsschlauch liefert generelle Informationen zur Einstellung und Funktion der Pulsation. Sie ist in der Grafik nicht zu sehen. Da die Vakuumhöhe im Pulsraum per Definition einmal pro Sekunde von höchstem Vakuum zum Umgebungsdruck und zurück wechselt, wäre sie in der Grafik nur als farbige Hintergründfläche erkennbar. Aufgabe der Pulsation ist es, das Zitzengummi einmal pro Sekunde zu öffnen und zu schließen. Die Druckdifferenz, mit der dies geschieht, ergibt sich aus der Vakuumhöhe im kurzen Milchschauch (unterhalb der Zitze) und der Vakuumhöhe im kurzen Pulsschlauch,

welche bei geschlossenem Zitzengummi bei null (Umgebungsdruck) liegt. Für die Massagewirkung durch das Zitzengummi und somit die Aufrechterhaltung der Blutzirkulation in der Zitze ist somit in erster Linie die Vakuumhöhe unter der Zitze entscheidend. Diese wird aus technischen Gründen im kurzen Milchschauch gemessen. Liegt sie in der Phase mit geschlossenem Zitzengummi bei 30 kPa, bedeutet dies, dass das Schließen des Zitzengummis mit einer Druckdifferenz von 30 kPa durchgeführt wird. Der Massagedruck, den das Zitzengummi dabei auf die Zitzenspitze ausübt, hängt von dieser Druckdifferenz ab, aber auch vom Zitzengum-

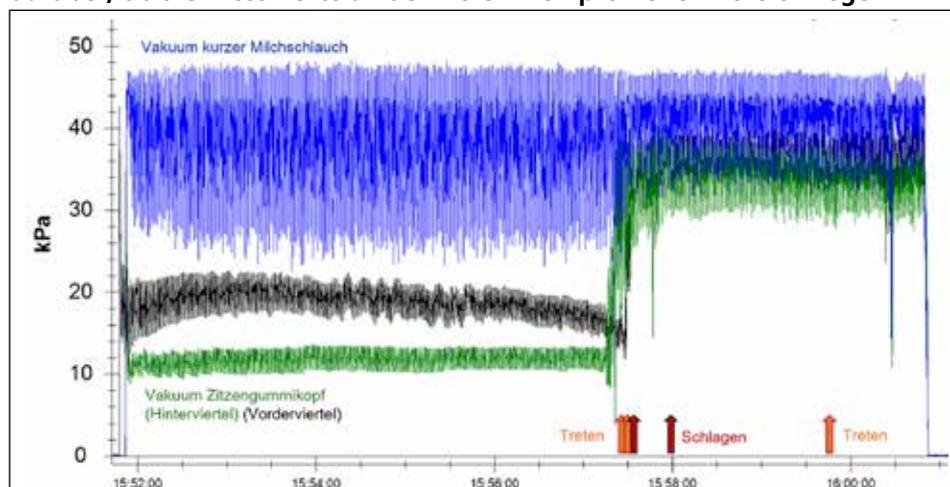
midesign, dem Material, der Form und der Vorspannung des Zitzengummis im Melkbecher. Eine gut ausgeführte Zitzenmassage beim Melken verkürzt die Zeitdauer, über die der Strichkanal nach dem Melken geöffnet bleibt, und verringert so ganz entscheidend das Risiko für Neuinfektionen.

Fällt die Massagewirkung zu niedrig aus, ist direkt nach dem Melken eine Verhärtung des Gewebes an der Zitzenspitze fühlbar, welche durch die Ansammlung von Blut (Kongestion) und Lympheflüssigkeit (Ödem) verursacht wird. Problematisch ist diese vor allem deshalb, weil der Ringmuskel am Zitzenkanal so nicht mehr richtig schließen kann. Eine zu kräftige Massagewirkung kann jedoch ebenfalls Probleme verursachen, indem sie zum Beispiel Quetschungen der Zitze verursacht oder die Hornhautbildung an der Zitzenspitze anregt (sogenannte „Hyperkeratosen“). Es ist ergo sehr wichtig, dass für die Auswahl des richtigen Zitzengummityps das Zusammenspiel von Zitzengummi und Vakuumhöhe unter der Zitze berücksichtigt wird. Vakuummessungen beim Melken können hierfür wichtige Informationen liefern.

Die richtige Vakuumhöhe

Die Vakuumhöhe im kurzen Milchschauch (unter der Zitze) ist in Grafik 1 blau dargestellt. Das Betriebsvakuum liegt mit 46 kPa in einem für Melkanlagen mit hoch verlegter Melkleitung typischen Bereich. Bedingt durch den Milchfluss sinkt die Vakuumhöhe an der Zitze während des Melkens etwas ab, im Durchschnitt hier auf etwa 38 kPa. Melkanlagen mit tief verlegter Melkleitung erreichen dieselbe Vakuumhöhe an der Zitze mit einem etwas niedrigeren Betriebsvakuum, da die durch die Milchweiterleitung bedingten Vakuumschwankungen geringer ausfallen. Empfohlen wird an der Zitze eine Vakuumhöhe von 35 kPa bis 38 kPa, um einen zügigen

Grafik 1: Vakuummessungen beim Melken liefern wertvolle Informationen darüber, ob die Messwerte an der Zitze im empfohlenen Bereich liegen



Die Reaktion des Tieres, Treten beziehungsweise Schlagen, wurde hier zeitlich dem Messverlauf zugeordnet.

Milchfluss bei schonendem Melken zu erreichen; etwas weiter gefasste Empfehlungen reichen von 32 kPa bis 42 kPa (DIN ISO 5707:2010). Die mittlere Vakuumhöhe unter der Zitze in Grafik 1 liegt somit im empfohlenen Bereich. Eine Anpassung des Betriebsvakuums ist hier nicht erforderlich. Auffällig sind jedoch die sehr ausgeprägten zyklischen Vakuumschwankungen, erkennbar an der Breite des blauen Bandes. Diese führen zu kurzzeitigen, wiederkehrenden Vakuumspitzen von etwas über 46 kPa an der Zitze und zu kurzzeitigen, wiederkehrenden Vakuumeinbrüchen bis unterhalb von 30 kPa. Je nach Melkanlagenausführung können zyklische Vakuumschwankungen auch noch erheblich ungünstiger ausfallen. Ursache hierfür ist in erster Linie die Zitzengummibewegung, ob diese zeitgleich (Gleichtakt) oder versetzt stattfindet (Wechseltakt) und wie zügig die Milch über das Sammelstück weitergeleitet wird.

Wenn die kurzen Milchschräuche mit Milch gefüllt sind, kann der Volumenausgleich bei dem sich öffnenden und schließenden Zitzengummi nur zeitverzögert durch ein- und ausströmende Luft ausgeglichen werden; die Vakuumhöhe unter der Zitze steigt somit beim Öffnen des Zitzengummis kurzzeitig an und fällt im nächsten Moment, beim Schließen des Zitzengummis, wieder ab. Problematisch kann dies aus zwei Gründen sein: Kurzzeitige Vakuumspitzen belasten das Zitzengewebe, welches hierbei stärker gedehnt wird; der kurzzeitige Einbruch der Vakuumhöhe wiederum vermindert die Druckdifferenz, die eigentlich für die Zitzenmassage benötigt wird, und sie erhöht das Risiko, dass die Haftung des Melkbeckers kurzzeitig verloren geht. Bei der hier dargestellten Melkanlage (hoch verlegte Melkleitung; Gleichtaktpulsation) sind hohe zyklische Vakuumschwankungen systembedingt und lassen sich somit nicht vermeiden. Die Anpassung erfolgt durch die Auswahl des Zitzengummityps, welcher auch bei verringerter Druckdifferenz noch eine ausreichende Massagewirkung an der Zitze erreichen sollte und darüber hinaus eine überdurchschnittliche Haftung des Melkbeckers gewährleisten muss. Das Zitzengummi wird in Melkanlagen mit hohen zyklischen Vakuumschwankungen daher in der Regel so ausgewählt, dass die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf im Mittel einen etwas höheren Wert erreicht.

Die Zitzenbasis als Indikator

Doch in welchem Bereich sollte die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf eigentlich liegen und welche Auswirkung hat ein sehr hoher oder sehr niedriger Wert auf den Melkvorgang insgesamt? Empfehlungen für die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf reichen von 5 kPa bis 20 kPa. Eine zu niedrige Vakuumhöhe beeinflusst die Melkzeughaftung negativ, ein zu hoher Wert kann den Milchfluss, den Ausmelkgrad und das Tiervershalten negativ beeinflussen. Die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf ist die Vakuumhöhe, die direkt auf den oberen Bereich der Zitze und bei zu hoher Melkbecherposition direkt auf die Zitzenbasis wirkt. Ähnlich wie an der Zitzenspitze führt ein hoher Vakuumwert an der Zitzenbasis zu einer Verminderung der Durchblutung und zu einem Anschwellen des Gewebes. Diese Schwellun-

gen sind bei ungünstigen Melkbedingungen auch direkt nach Abnahme des Melkzeugs noch an der Zitzenbasis sichtbar und ertastbar und deuten auf ein zu hohes Vakuum im Zitzengummikopf, einen zu hoch sitzenden Melkbecher und/oder eine zu lange Blindmelkphase hin. In der Blindmelkphase, wenn der Milchfluss des Viertels beendet ist, dringt die Zitze und somit die Zitzenbasis tiefer in das Zitzengummi ein. Zudem steigt die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf sehr abrupt an und liegt fast auf gleicher Höhe wie das Vakuum unter der Zitze. Für die Zitzenbasis, die ja nicht durch das Zitzengummi mas-

siert wird, eindeutig zu hoch. Der typische Verlauf der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf ist in Grafik 1 erkennbar. Unmittelbar nach Beginn des Melkvorgangs pendelt sich diese auf einen Wert von etwas mehr als 10 kPa (grüne Kurve) beziehungsweise knapp 20 kPa (schwarze Kurve) ein. Die Vakuumhöhe liegt also für beide Viertel im empfohlenen Bereich und sollte so eine ausreichende Haftung des Melkbeckers sicherstellen können. Die Messwerte bleiben zudem in der Hauptmilchflussphase wie gewünscht auf einem konstant niedrigen Niveau. In der Hauptmilchflussphase stellt sich die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf niedriger ein als an der Zitzenspitze. Sie wird durch die kontinuierlich zwischen Zitze und Zitzengummilippe einströmende Luft niedrig gehalten.

Je nachdem, wie viel der Luft am Zitzengummischaft vorbei wegströmen kann, bleibt die Vakuumhöhe niedrig oder sie steigt an. Ein Zitzengummi mit einem sehr weiten Schaft oder auch ein markant dreieckiges Zitzengummi geht also in der Regel mit einem höheren bis zu hohen Vakuum im Zitzengummikopf einher, da mehr Luft an der Zitze vorbeiströmt. Dass der Milchfluss des jeweiligen Viertels beendet ist, ist sehr gut am plötzlichen Anstieg der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf erkennbar. Die Zitze kann der Öffnungsbewegung des Zitzengummis nicht mehr folgen und verliert den Kontakt mit dem Zitzengummi.

Von außen sieht der Melker ein „Klettern“ des Melkbeckers. Tatsächlich gleitet die Zitze und somit die Zitzenbasis tiefer in den Melkbecher ein. Empfindliche Tiere quittieren diesen Übergang in die Blindmelkphase mit einem Treten oder Schlagen mit dem Hinterbein. Ein deutliches Zeichen, dass die veränderte Vakuumhöhe und Position der Zitze im Melkbecher vom Tier mindestens als unangenehm, eventuell auch als schmerzhaft empfunden wird. Studien zeigen, dass Tiere mit Eutererkrankungen, Hyperkeratosen oder auch erstlaktierende Tiere eher mit Treten oder Schlagen reagieren und somit ein sehr feiner Indikator für ungünstige Melkbe-

dingungen sind und dass die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf die Hinterbeinaktivität mit beeinflusst. In Grafik 1 beträgt die Dauer des Blindmelkens für die beiden gemessenen Viertel etwa ein Drittel der gesamten Melkdauer. In einer Milchflusskurve würden wir uns jetzt in der Phase des abnehmenden Milchflusses befinden. Automatisch abgenommen wird das Melkzeug, sobald der Milchfluss aller vier Viertel unter den eingestellten Schwellenwert (hier: 480 ml/min) absinkt. Die Vakuummessung beim Melken liefert somit eine wichtige Information, ob die Einstellung des Schwellenwertes für die einzelnen Viertel gut gewählt ist oder vielleicht nach oben und nach unten angepasst werden könnte. Wichtig ist allerdings, dass dies nicht nur anhand einzelner Vakuummessungen entschieden wird, sondern dass hierfür weitere Indikatoren erfasst und berücksichtigt werden.

Die Bonitierung der Zitzen

Hier stellt sich nun die Frage, durch welche zusätzlichen Informationen die Vakuummessungen beim Melken sinnvoll ergänzt werden können. Mit etwas Übung gut selbst durchzuführen ist die Bonitierung der Zitzen nach dem Melken. Zu den unerwünschten Veränderungen an den Zitzen zählen unter anderem:

- Festigkeit der Zitzenkuppe: Das Gewebe an der Zitzenspitze fühlt sich nach dem Melken hart an. Blut und Lymphe, die sich während des Melkens im Bereich der Zitzenkuppe anstauen, wurden nicht ausreichend rückmassiert. Die Funktion des Schließmuskels ist beeinträchtigt.
- offener Strichkanal: Der Strichkanal nach dem Melken ist sichtbar noch um mehr als 2 mm (Durchmesser Streichholzkopf) geöffnet. Die wichtigste Abwehrbarriere gegen eindringende Erreger kann dadurch für mehrere Stunden deutlich beeinträchtigt sein. Ursache ist ebenfalls die unzureichende Zitzenmassage.
- Farbe: Die durch das Vakuum bedingte Erweiterung der Blutgefäße bei fehlender Massage der Zitze führt zu einer verringerten Durchblutung des Gewebes. Die Zitze erscheint nach dem Melken bläulich verfärbt. Insbesondere kurze Zitzen, die nicht weit genug in den Zitzengummi hineinragen, erscheinen nach dem Melken oft bläu-



Die regelmäßige Überprüfung des Melkvorgangs durch externe Berater hilft, Fehler frühzeitig zu erkennen und zu beheben.

Foto: Dr. Angelika Häußermann

lich verfärbt. Die Verfärbung verschwindet nach etwa 1 min.

● **Schwellungen an der Zitzenbasis:** Durch eine zu hohe und lang andauernde Einwirkung des Vakuums im Bereich der Zitzenbasis können auch hier Durchblutungsstörungen und Schwellungen auftreten. An der Zitzenbasis bildet sich ein fühlbarer, harter Ringwulst.

● **Quetschungen an der Zitzenspitze:** Nicht die ganze Zitzenspitze fühlt sich hart an, sondern nur linienförmige Teilbereiche, die beim Schließen des Zitzengummis zwischen den Schaftwänden eingeklemmt wurden. Quetschungen deuten auf ein ungeeignetes Zitzengummi mit einem zu harten, unflexiblen Schaft hin. Auch eine zu hohe Vorspannung des Zitzengummis im Melkbecher oder ein zu hohes Vakuum kommen als Ursache infrage.

● **Hyperkeratosen:** vermehrte Keratinbildung im Bereich der Zitzenspitze. Problematisch ist diese vor allem, wenn die Oberfläche der Hyperkeratose zerfasert und rau wird; zum einen weil die Zitzenspitze so schlechter gereinigt werden kann und sich zum anderen Mastitisserreger besser anhaften können.

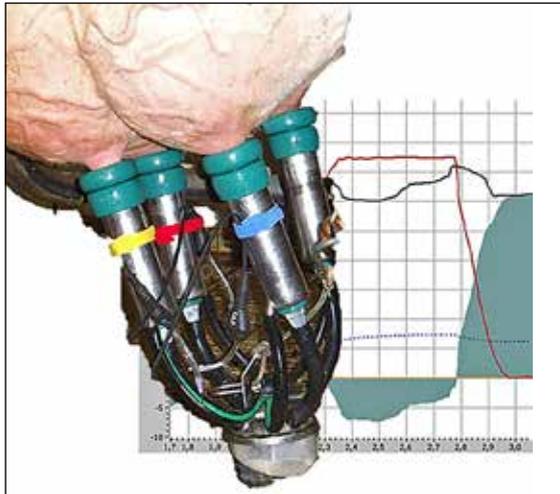
Als Ursache für Veränderungen im Bereich der Zitze kommen in den meisten Fällen gleich mehrere Faktoren infrage. Hierzu zählen allgemein die Vakuumhöhe, die Melkdauer, die Massagewirkung des Zitzengummis im Zusammenspiel mit der Druckdifferenz, die auf das geschlossene Zitzengummi wirkt, die Dauer der Blindmelkphase, schlechte Stimulation und weitere. Mit Blick auf Hyperkeratosen sind zudem die Witterung (feuchtkalt, warmtrocken), chemische Wirkstoffe (Dipp-/Reinigungsmittel), Zitzenkuppenform und das Laktationsstadium als wichtige Einflussfaktoren zu nennen. Durch die Vakuummessungen beim Melken lässt sich insgesamt besser eingrenzen, in welchem Bereich der Fehler zu suchen ist und welche Anpassungen den meisten Erfolg versprechen.

Kuhverhalten lässt Schlüsse zu

Zu den zusätzlichen zu erfassenden Informationen zählt das Tierverhalten im Melkstand. Auch die-

ses kann gut selbst beobachtet werden. Wie zügig betreten die Kühe den Melkstand? Ist auch im Melkstand ein entspanntes Wiederkauen zu beobachten? Wie ist die Reaktion bei Annäherung einer Person? Wie ruhig stehen die Tiere beim Melken? Kühe machen unter anderem durch unruhiges Trippeln, Treten oder Schlagen auf

Grafik 2: Für die Vakuummessungen werden mithilfe von Kanülen oder Metallstiften vorübergehend Messpunkte in den Schläuchen und im Zitzengummikopf gesetzt



für sie unangenehme bis schmerzhaft Melkbedingungen aufmerksam. Die Kombination aus Tierverhalten und Vakuummessung kann Aufschlüsse darüber geben, ob zum Beispiel ein zu hohes Vakuum im Zitzengummikopf in der Hauptmilchflussphase, verursacht durch ein unpassendes Zitzengummi, eine zu lange Blindmelkdauer oder eine unzureichende Stimulation des Euters als Ursache infrage kommt. Ähnlich wie beim Versiegen des Milchflusses am Ende des Melkvorgangs tritt bei einer bimodal verlaufenden Milchflusskurve bereits zu Melkbeginn ein abrupter Anstieg der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf auf – die Viertel werden somit bereits zu Melkbeginn blind gemolken, die Zitzenbasis dringt tiefer in den Melkbecher ein, gegebenenfalls sinken Milchfluss und Ausmelkgrad. Eine zu kurze Stimulationsdauer kann durch Vakuummessungen beim Melken anhand des Kurvenverlaufs sehr gut erkannt werden.

Ein weiterer Indikator zu Ergänzung der Vakuummessungen ist die Erfassung des Ausmelkgrads. Die Überprüfung kann zum Beispiel mithilfe einer Milchflussmessung (LactoCorder-Messung) oder durch Nachmelken von Hand erfol-

gen. Die Anzahl satter Milchstrahlen und die von Hand ermolkene Milchmenge in 15 s können ebenfalls einen ersten Hinweis auf den Ausmelkgrad geben. Die visuelle Überprüfung des Euterfüllgrads nach dem Melken erwies sich in eigenen Untersuchungen dagegen nicht als aussagekräftig. Erfasst wird die Milchmenge, die durch die Milchejektion in die Euterzisterne transportiert, von dort aber nicht ermolken wurde. Nicht erfasst wird die in den Alveolen verbleibende Milch, die also durch fehlende Stimulation, Stress beim Melken und Milchejektionsstörungen gar nicht erst in die Euterzisterne gelangt.

Neben einer bewusst frühen Melkzeugabnahme kann ein frühzeitiger Verschluss des Durchgangs zwischen Euter- und Zitzenzisterne den Ausmelkgrad negativ beeinflussen. Auffällig ist ein hohes Nachgemelk immer dann, wenn der Schwellenwert für die Melkzeugabnahme eigentlich niedrig einge-

stellt ist oder wenn einzelne Viertel oder Kühe sehr stark abweichen. In diesen Fällen sollten die Melkanlageneinstellung und die korrekte Ausrichtung des Melkzeugs überprüft werden. Auch eine zu kurze Stimulationsdauer kann den Melkbechersitz und somit den Ausmelkgrad ungünstig beeinflussen. Bei Melkanlagen, bei denen sich die Melkbedingungen mit abnehmendem Milchfluss sehr ungünstig verändern (Melkanlagen mit hohem Betriebsvakuum und hohen Vakuumschwankungen, zum Beispiel durch eine hoch verlegte Melkleitung) wird dagegen eine frühzeitigere Abnahme des Melkzeugs, also bei höheren Schwellenwerten empfohlen. Der Nachteil der ansteigenden Vakuumhöhe an der Zitze beim Blindmelken einzelner Viertel übersteigt hier in der Regel den Nachteil eines schlechteren Ausmelkgrads. Auch hier empfiehlt sich vor der Anpassung des Schwellenwertes eine Vakuummessung beim Melken in Kombination mit einer Beurteilung der Zitzenkondition und Beobachtung des Tierverhaltens.

Für die Vakuummessung beim Melken kommen verschiedene Messtechniken zum Einsatz. Mindestvoraussetzung für Messungen im kurzen Milchschauch ist nach

DIN ISO 6690:2010 eine Mindestabtastrastfrequenz von 170 Hz (170 Messwerte je Sekunde) und eine Mindestansprechgeschwindigkeit von 2.500 kPa/s. Sollen mithilfe der Messungen Vakuumschwankungen durch Lufteinbrüche in den Melkbecher bewertet werden, sind weit höhere Messauflösungen von mindestens 1.000 Hz erforderlich. Grafik 2 zeigt die Messung in den kurzen Puls- und Milchscläuchen mithilfe von Kanülen (Messtechnik: BoviPress, Firma Biventis). Die dahinterliegende Messkurvendarstellung entstammt der Software des Messgerätes MilkoTest (MT 52, Bepro AG). Die Messkurven in Grafik 1 wurden mithilfe der Software VaDia Suite des Messgeräteherstellers BioControl AS aufgezeichnet. Auch die Melkanlagenhersteller selbst verfügen über Messgeräte, die die genannten Bedingungen erfüllen und an mehreren Messpunkten im Melkzeug zeitgleich die Vakuumhöhe erfassen können.

Dr. Angelika Häußermann
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Tel.: 04 31-880-15 44
ahaussermann@ilv.uni-kiel.de

FAZIT

Vakuummessungen beim Melken bieten sich immer dann an, wenn Veränderungen an der Einstellung der Melkanlage oder ein Wechsel des Zitzengummis geplant sind oder wenn allgemein die Melkanlage überprüft werden soll.

Zu den wichtigen Informationen, die die Messungen liefern, zählen die Vakuumhöhe unter der Zitze und im Zitzengummikopf, ob diese im empfohlenen Bereich liegen, die Dauer der Hauptmilchflussphase, und ob zum Beispiel eine ausreichende Stimulation durchgeführt wurde. Auch das Risiko für Lufteinbrüche und die Umkehr der Druckverhältnisse über den Melkzeugabnahme lassen sich hiermit erfassen.

Die Messungen liefern aber vor allem ergänzende Informationen zu anderen wichtigen Indikatoren wie der Beurteilung der Zitzenkondition, des Tierverhaltens, des Ausmelkgrads und der Eutergesundheit. Sie helfen somit die Ursachen für Probleme zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen.