

# Bewegung des Zitzengummis

## Messtechnik und Pulsierung

*Die Bewegung des Zitzengummis (Weg und Geschwindigkeit) wurde mit einer neu entwickelten Vorrichtung erfasst. Im ersten Teil der Arbeit wird die Messtechnik (Lasersensor) und die zeitliche Lage der Zitzengummibewegung innerhalb der Phasen des Pulszyklus (DIN ISO 3918) dargestellt. Es wird deutlich, dass die Bewegung des Zitzengummis am Ende der a-Phase des Pulszyklus beginnt und erst in der b-Phase abgeschlossen wird. Das Schließen des Zitzengummis beginnt zu Beginn der c-Phase und ist in deren erster Hälfte abgeschlossen. Der Anteil der „echten“ Saugphase (anhand der Bewegung des Zitzengummis) ist meist 10 bis 20% kürzer als der Anteil der Saugphase nach DIN ISO.*

Markus Mayer (e-mail: [markus@uni-hohenheim.de](mailto:markus@uni-hohenheim.de)) studiert an der Universität Hohenheim und bearbeitet das Thema als Diplomarbeit.  
Privatdozent Dr. Hartmut Grimm (e-mail: [grimm@uni-hohenheim.de](mailto:grimm@uni-hohenheim.de)) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen (Leiter: Prof. Dr. Th. Jungbluth), Garbenstr. 9, 70593 Stuttgart

### Schlüsselwörter

Melkmaschine, Zitzengummibewegung

### Keywords

Milking machine, liner movement

### Literatur

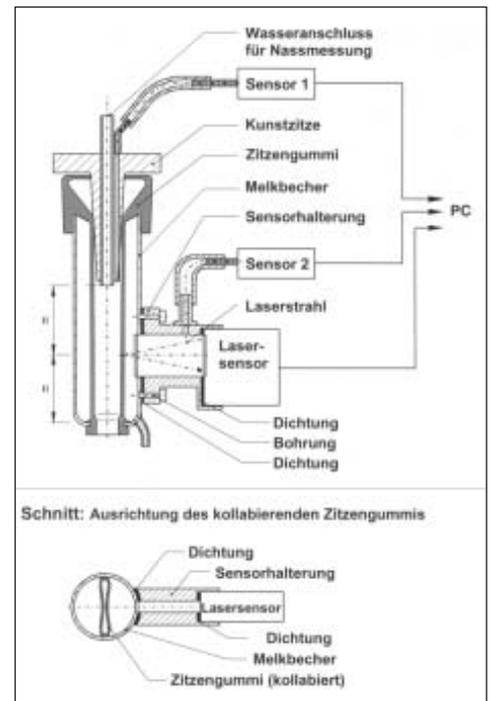
Literaturhinweise sind unter LT 03321 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Beim Milchentzug spielen der Zitzengummi und insbesondere seine Bewegung eine bedeutende Rolle. Er stellt die direkte Verbindung zwischen der biologischen (Zitze) und der mechanischen (Melkzeug) Seite des Milchentzugs her. Über die Bewegung des Zitzengummis wird einerseits die Kuh stimuliert und die Zitze massiert. Andererseits ist diese Bewegung mit Volumenveränderungen im Melkzeug verbunden, die bei Milchfluss deutliche, unerwünschte Vakuumschwankungen unter der Zitzenspitze hervorrufen. Dadurch wird der Milchentzug verlangsamt und es können pathogene Keime übertragen werden.

Da über die Bewegung des Zitzengummis nur vereinzelt verlässliche Daten zur Verfügung stehen, soll eine Messvorrichtung entwickelt werden, um die Bewegung des Zitzengummis (Weg und Geschwindigkeit) zu erfassen und daraus Hinweise zur Optimierung des Melkens zu erhalten. Der vorliegende erste Teil der Arbeit stellt die Messtechnik und die zeitliche Lage der Zitzengummibewegung (Phasenlage) innerhalb der Phasen des Pulszyklus (DIN ISO 3918) dar. Der zweite Teil befasst sich mit dem Einfluss des Milchflusses und der Lage der Melkleitung auf die Zitzengummibewegung.

### Messtechnik und Datenerfassung

Die Zitzengummibewegung wird mit einem optoelektronischen Lasersensor (Wenglor YP 06MGV80; Ausgangsspannung: 0 bis 10 V (200mA); Ansprechzeit: 0,5 ms; Auflösung: <math><20 \mu\text{m}</math>; Messfleckdurchmesser: 0,5 mm) erfasst. Zur Aufzeichnung der Vakuumverhältnisse werden vorkalibrierte Druckaufnehmer (Keller Druckmesstechnik, Typ: PAA-21S/80427.3-2,0) verwendet. Als Messort wird die Stelle des Zitzengummis gewählt, an der sich seine Wände beim Einfalten zum ersten Mal berühren. Die exakte Messstelle kann *Bild 1* entnommen werden. In die zu den verwendeten Zitzengummis passenden Melkbecher ist eine Messöffnung gefräst, über der die Halterung für den Sensor montiert wird. Für die Erfassung der Vakuumverhältnisse unter der Zitzenspitze wird der Druckaufnehmer an der Messzitze (Sensor 1) angebracht, die Erfassung der Va-



*Bild 1: Messeinheit: Zitzenbecher mit Sensoren*

*Fig. 1: Measuring unit: teat cup with sensors*

kuumverhältnisse im Pulsraum (= Pulskurve) erfolgt durch einen Druckaufnehmer an der Halterung des Lasersensors (Sensor 2).

Die Datenerfassung erfolgt an einem komplett aufgebauten Melkzeug. Alle Analogwerte der Messinstrumente werden über ein Interface gebündelt, im Messrechner digitalisiert und mit Hilfe einer Mess- und Erfassungsssoftware (Visual Designer®) weiterverarbeitet. Aus der in jeweils 2 ms zurückgelegten Wegstrecke des Zitzengummis wird die Bewegungsgeschwindigkeit errechnet. Die ermittelten Geschwindigkeiten werden für die grafische Darstellung in cm/s angegeben.

### Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden neben der Phaseinteilung der Pulskurve nach DIN ISO 3918, deren Phasen ein „d“ als Index erhalten, zusätzlich zwei verschiedene Verfahren zur Phaseinteilung der Zitzengummibewegung verwendet. Die einzel-

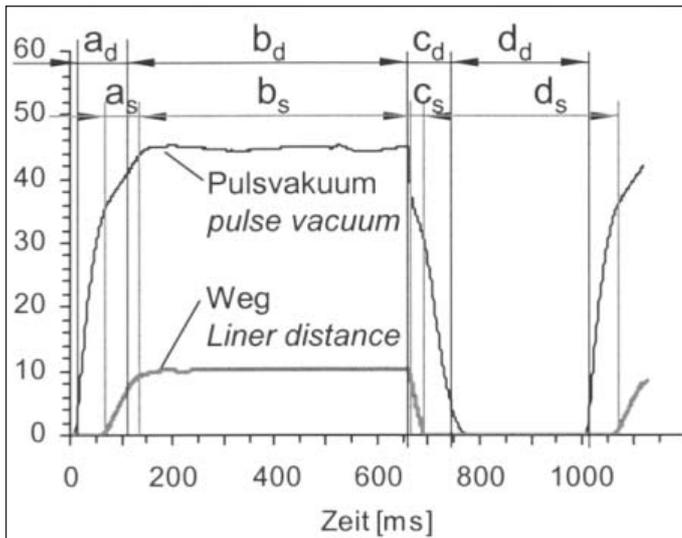


Bild 2: Pulsierung und Bewegung (Weg) des Zitzengummis

Fig. 2: Pulsation and liner movement (distance from sensor)

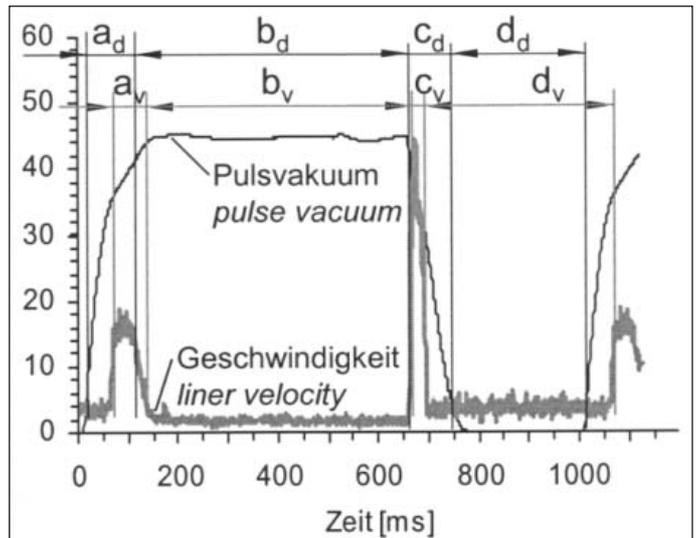


Bild 3: Pulsierung und Geschwindigkeit des Zitzengummis

Fig. 3: Pulsation and liner velocity

nen Phasen werden analog dem Berechnungsverfahren nach DIN ISO 3918 errechnet, erhalten jedoch unterschiedliche Indizes.

Die Phaseneinteilung der Zitzengummibewegung, berechnet aus dem zurückgelegten Weg, wird ähnlich wie bei [1] vorgenommen. Der Phasenübergang (Bild 2) ist bei einem Millimeter oberhalb der Lage des kollabierten und einem Millimeter unterhalb der Lage des geöffneten Zitzengummis festgelegt. Für diese Phaseneinteilung wird als Index „s“ verwendet. Das Bild zeigt neben der Pulskurve die Zitzengummibewegung in Wegdarstellung sowie die Phaseneinteilung.

Für die Phaseneinteilung berechnet aus der Geschwindigkeit wird der Index „v“ verwendet. Hier wird ein Grenzwert von 5 cm/s festgelegt. Solange sich der Zitzengummi mit größerer Geschwindigkeit bewegt, befindet er sich in der a<sub>v</sub>-Phase (Öffnungsphase) oder in der c<sub>v</sub>-Phase (Schließphase). Bewegt sich der Zitzengummi langsamer, so gilt dies als geöffnet oder kollabiert (Bild 3).

Die Öffnungsphasen des Zitzengummis, unabhängig davon, ob aus der Wegstrecke oder aus der Zitzengummigeschwindigkeit errechnet, liegen immer am Ende der a<sub>d</sub>-Phase der Pulskurve und enden erst in der Vakuumphase (b<sub>d</sub>) nach DIN ISO 3918. Die Schließphasen des Zitzengummis liegen im-

mer am Anfang der c<sub>d</sub>-Phasen. Die Schließphasen sind deutlich kürzer, so dass der Zitzengummi weit vor dem Ende der Belüftungsphase seine Bewegung beendet hat.

Die a<sub>s</sub> (a<sub>v</sub>)- und c<sub>s</sub> (c<sub>v</sub>)-Phasen der Zitzengummibewegung stimmen nicht mit den a<sub>d</sub> und c<sub>d</sub>-Phasen aus der Pulskurve überein. Die Öffnungsphase des Zitzengummis ist wesentlich kürzer als die entsprechende a<sub>d</sub>-Phase aus der Pulskurve (Evakuierungsphase). Dasselbe gilt auch für die Schließphase im Vergleich zur Belüftungsphase [2]. Zusätzlich ist der Beginn der Öffnungsphase (a<sub>s</sub>, a<sub>v</sub>) in Bezug auf die Evakuierungsphase (a<sub>d</sub>) stark verzögert. Die Öffnungsphase ist sogar zu Beginn der Vakuumphase (b<sub>d</sub>) noch nicht beendet. Die Schließphasen beginnen meist zeitgleich mit der Belüftungsphase, aber durch die unterschiedliche Länge enden die Schließphasen wesentlich früher als die Belüftungsphase. Deshalb ist es nur unter Vorbehalt möglich, direkt von der Pulskurve auf die Zitzengummibewegung zu schließen.

Auffällig ist die Abweichung der Pulskurve von einer typischen „log“-Funktion (Bild 2 und 3). Die Steigung der Pulskurve ist in den Bereichen der Zitzengummibewegung flacher als es zu erwarten wäre. Der flachere Kurvenverlauf der Pulskurve (a<sub>d</sub>-Phase) fällt genau in die Öffnungsphase der Zitzen-

gummibewegung. Der Zitzengummi verursacht hier eine schnelle Volumenverringern im Pulsraum, die zu einer Vakuumabsenkung führt. Auch in der c<sub>d</sub>-Phase ist die Beeinflussung der Pulskurve durch die Schließbewegung des Zitzengummis erkennbar. Die plötzliche Volumenvergrößerung im Pulsraum durch den schnell kollabierenden Zitzengummi lässt das Vakuum langsamer abnehmen, da mehr Luftvolumen pro Zeiteinheit durch den Pulsator zugeführt werden muss. Somit beeinflusst das Pulsvakuum nicht nur die Zitzengummibewegung, sondern auch umgekehrt werden die Vakuumverhältnisse im Pulsraum durch die schnelle Volumenveränderung während der Zitzengummibewegung (Öffnen und Schließen) beeinflusst.

#### Einflüsse auf die Pulskurve

sind meist auf den Pulsator (elektrisch / pneumatisch; Pulsverhältnis) und auf die Pulsschläuche (Länge; Durchmesser) zurückzuführen. Um Hinweise auf die Spannweite dieser Änderungen zu erhalten, wurden je sechs Pulszyklen aus den Kombinationen elektrischer oder pneumatischer Pulsator mit jeweils kurzem (200 mm) und langem Pulsschlauch (2400 mm) ausgewertet. Die Auswirkungen auf die Bewegung des Zitzengummis sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Beide Pulsatoren haben nach DIN ISO ein Pulsverhältnis von 65:35, während der Zitzengummi selbst sich mit angenähert 60:40 bei kurzem Pulsschlauch und 55:45 bei langem Pulsschlauch bewegt. Wiederum wird deutlich, dass die Bewegung des Zitzengummis eigentlich nur direkt gemessen, nicht aber indirekt aus der Pulskurve abgeleitet werden kann.

Tab. 1: Einfluss von Pulsatorart und Pulsschlauch auf die Pulsierung

Table 1: Influence of pulsator type and length of tube on pulsation

Pulsator [Typ]	Puls- schlauch [mm]	relativ [%]					
		a	b	c	d	(a+b)	(c+d)
		d/s/v	d/s/v	d/s/v	d/s/v	d/s/v	d/s/v
elektrisch	200	10/6/7	55/53/52	9/2/4	26/39/37	65/59/59	35/41/41
	2400	15/7/9	50/48/47	11/3/4	24/42/40	65/55/56	35/45/44
pneum.	200	10/5/6	55/53/52	7/2/4	28/40/38	65/58/58	35/42/42
	2400	15/7/8	49/48/47	10/3/5	26/42/40	64/55/55	36/45/45