

suchungsergebnisse der Arbeitsmedizin. Demzufolge entfallen gesonderte Analysen zur Ermittlung der Zahlenwerte.

Als wesentliche Kennzahlen zur Bewertung der Arbeitsbedingungen als Teil der Verfahrensbewertung wurden der „Grad der Gesundheitsgefährdung“ und der „Grad der Arbeitsschwere“ erkannt.

Literatur

- [1] Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Berlin: Dietz Verlag 1976.
- [2] Häublein, H.-G.: Die ergonomische Bewertung der Arbeit und die arbeitshygienische Professiografie als Beiträge der Arbeitsmedizin zur sozialistischen Rationalisierung im Bauwesen der Deutschen Demokratischen Republik. Martin-Luther-Universität Halle, Dissertation B 1973.

[3] Arbeitsmedizinische Tauglichkeits- und Überwachungsuntersuchungen. Neuregelungen der Rechtsvorschriften und Methodik, Teile 1 bis 3 (Entwurf). Berlin: Zentralinstitut für Arbeitsmedizin der DDR 1976.

[4] Katalog untersuchungspflichtiger Werkstätiger für die Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft. Rat des Bezirkes Potsdam, Arbeitshygieneinspektion, 1978.

[5] Thiele, W., u. a.: Professiografische Charakteristik der Arbeitsbeanspruchung für Tätigkeitsgruppen der Landwirtschaft — ein arbeitsmedizinischer Beitrag zur zielstrebigem Verbesserung des Gesundheits- und Arbeitsschutzes. agrartechnik 27 (1977) H. 5, S. 192—194.

[6] Jandt, W.; Kosbab, P.; Thiele, E.: Ergebnisse professiografischer Analysen in der Tierproduktion. agrartechnik 27 (1977) H. 5, S. 194—196.

[7] Jäger, H., u. a.: Ergebnisse arbeitsphysiologischer Untersuchungen zur Bewertung der Arbeitsschwere an ausgewählten Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft. agrartechnik 27 (1977) H. 5, S. 199—201.

[8] Kaule, H.; Kretzschmar, G.; Luda, C.-D.: Grundmethodik — Niveau der WAO (Arbeitswissenschaftliche Beiträge für Wissenschaft und Praxis, H. 4). Zentrales Forschungsinstitut für Arbeit Dresden 1978. A 2850

Variation der Dauer von Übergangsphasen und deren Einfluß auf das Bewegungsverhalten von Zitzengummis

Dr. agr. F. Uhmann, Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin
Dr. agr. C. Thalheim, VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Dresden, Sitz Ottendorf-Ockrilla

1. Zielstellung

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Gestaltung von Melkmaschinen ist die Gewährleistung eines möglichst schonenden Milchentzugs, um negative Wirkungen auf die Eutergesundheit zu vermeiden. Neben anderen Faktoren hat auch die Bewegung des Zitzengummis einen Einfluß auf die Belastung des Euters beim Melkvorgang.

Während des Melkvorgangs werden die Zitzengummis etwa 40- bis 60mal je Minute aus dem geöffneten in den geschlossenen Zustand und umgekehrt geführt. Diese Ein- und Ausfaltbewegungen sind notwendig, um die Zitze periodisch vom Melkvakuum zu entlasten und gleichzeitig eine Massage der Zitze herbeizuführen.

Bei den Ein- und Ausfaltbewegungen ergeben sich wesentliche Änderungen in der Form der Zitze. So wird die Zitze beim Einfalten aus einer annähernd zylindrischen Form in eine Keilform überführt, und bei der Ausfaltbewegung findet der umgekehrte Vorgang statt. Mit diesen Formänderungen gehen Druckänderungen im Gewebe der Zitze einher, die im Gewebe der Zitzenspitze am stärksten auftreten [1]. Hier wird der Druck von 40 bis 50 kPa Vakuum im geöffneten Zustand beim Einfalten auf einen Überdruck von 12 bis 16 kPa erhöht und anschließend beim Ausfalten wieder vermindert [2].

Es ist verständlich, daß die Bestrebungen dahin gehen, diese beachtlichen Druckwechsel für das Gewebe der Zitze schonend zu gestalten. Vor allem wird allgemein angenommen, daß die bei der Einfaltbewegung erfolgende Belastung der Zitze so langsam wie möglich erfolgen sollte. Eine geringe Bewegungsgeschwindigkeit beim Einfalten wird teilweise auch deshalb angestrebt, weil dadurch Steigerungen des Milchflusses bewirkt werden können [3, 4]. Nicht in allen Untersuchungen wurden jedoch solche Erhöhungen des Milchflusses nachgewiesen [5]. Die genannte Zielstellung ist realisierbar bei Melkmaschinen mit Pulsationsfrequenzen von 40 bis 60 min⁻¹ und einem Verhältnis von Saug- zu Preßtakt von 1:1. Bei

höheren Pulsationsfrequenzen und zugunsten des Saugtaktes erweiterten Pulsationsverhältnissen ist diese Möglichkeit eingeschränkt, weil in der verminderten Preßtaktzeit die Dauer der Übergangsphase c gering gehalten werden muß, damit der Zitzengummi überhaupt noch den geschlossenen Zustand erreicht.

Noch unzureichend sind die Kenntnisse über die Wirkung von Übergangsphasen unterschiedlicher Dauer auf das Bewegungsverhalten von Zitzengummis und die daraus resultierenden Beanspruchungen der Zitze. In den folgenden Grundlagenuntersuchungen werden Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Dauer der Übergangsphasen und Bewegungskennlinien bzw. Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummis beim Ein- und Ausfalten dargelegt. Die aus der Variation der Übergangsphasendauer resultierenden Möglichkeiten zur Milchflußsteigerung werden eingeschätzt.

2. Untersuchungsmethode

Die Laboruntersuchungen wurden ohne Zitzen am leeren Melkbecher durchgeführt. Zitzengummi mit einer Einfaltdruckdifferenz von 20, 26 und 32 kPa kamen zur Anwendung. Anstelle des üblichen Pulsators war ein Magnetventil mit einer vergrößerten Nennweite vorhanden, um Übergangsphasen a und c mit einer Dauer von 0,15 bis 0,40 s erzeugen zu können (diese entsprechen bei einer Pulsationsfrequenz von 50 min⁻¹ einem Anteil von 12,5 bis 33,3 % an der Pulsationsdauer). Die Messung des Druckverlaufs im Melkbecherzwischenraum erfolgte mit Hilfe eines induktiven Wegaufnehmers, dessen Werte in Kurvenform auf einem Schleifenoszillografen aufgezeichnet wurden.

Das Melk- und Pulsationsvakuum betrug 50 kPa. Durch zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen konnte eine hohe Konstanz dieser Vakua gesichert werden.

Die Zitzengummibewegung wurde mit Hilfe eines Taststiftes verfolgt, der durch die Melkbecherhülse in den Melkbecherzwischenraum ragte. Die Wahl des Ortes erfolgte so, daß der

Taststift an der Stelle auf dem Zitzengummi aufsaß, an der sich die Zitzengummiwände beim Einfalten das erste Mal in einem Punkt berührten. Dies entsprach damit dem Zustand des Gummis, in dem unter statischen Bedingungen der Zitzengummikennwert Einfaltdruckdifferenz (ED) bestimmt wird.

Zur differenzierten Einschätzung der Zitzengummibewegung wurde der beim Ein- und Ausfalten jeweils erreichte Zustand der Annäherung der Zitzengummiwände durch sog. Öffnungsgrade kenntlich gemacht. Als Bezugspunkt galt dabei der unbelastete, vollständig geöffnete Zustand des Zitzengummis, dem der Öffnungsgrad $g = 100\%$ zugeordnet wurde. Den zweiten Bezugspunkt stellte der Zustand des Zitzengummis dar, in dem sich seine Wände beim Einfalten das erste Mal in einem Punkt berührten (Beginn des geschlossenen Zustands des Zitzengummis). Dieser Punkt erhielt den Öffnungsgrad $g = 0\%$. Alle anderen Öffnungsgrade wurden von diesen Bezugspunkten abgeleitet. Die Bewegung des Zitzengummis im geschlossenen Zustand (Öffnungsgrade $g < 0\%$) konnte meßtechnisch nicht erfaßt werden.

Die jeweils zwischen Melkbecherinnen- und -zwischenraum vorhandenen Druckdifferenzen und die dabei erreichten Öffnungsgrade wurden zueinander in Beziehung gesetzt. Die grafische Darstellung ergab sog. Bewegungskennlinien der Zitzengummis.

3. Ergebnisse und Diskussion der Ergebnisse

3.1. Einfaltverhalten der Zitzengummis

Das Einfalten des Zitzengummis wird durch Einströmen atmosphärischer Luft in den Melkbecherzwischenraum hervorgerufen. Daraus ergeben sich zum Melkvakuum des Melkbecherinnenraumes bis zum Maximalwert anwachsende Druckdifferenzen, die den Zitzengummi belasten. Für die Einschätzung der Zitzengummibewegung ist die Frage von Bedeutung, ob die dabei durchlaufenen Öffnungsgrade stets mit der gleichen Druckdifferenz

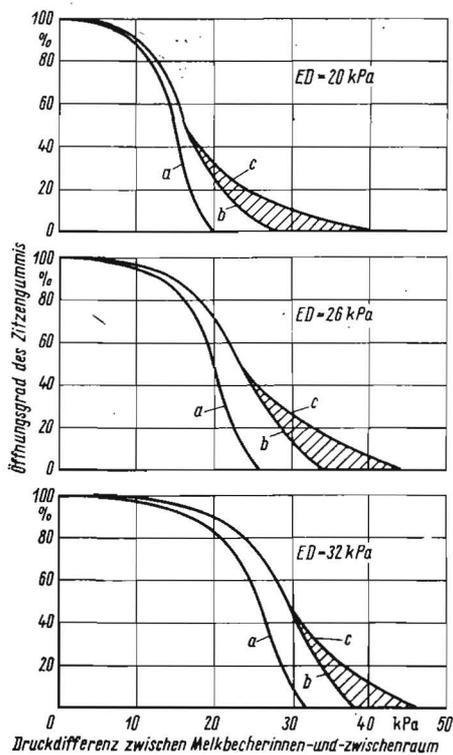


Bild 1. Bewegungskennlinien von Zitzengummi verschiedener Einfaltdruckdifferenzen beim Einfalten unter statischen Bedingungen und bei Übergangsphasen c von 0,15 bis 0,40 s
 a statische Bewegungskennlinie
 b Bewegungskennlinie bei einer Dauer der Übergangsphase c von 0,40 s
 c Bewegungskennlinie bei einer Dauer der Übergangsphase c von 0,15 s

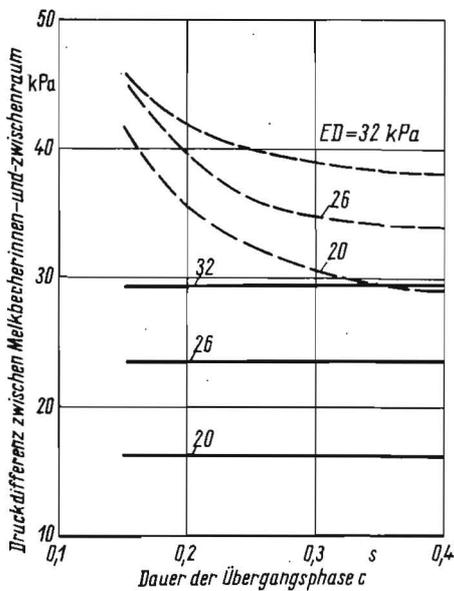


Bild 2. Abhängigkeit der beim Einfalten zu den Öffnungsgraden $g = 50\%$ und $g = 0\%$ führenden Druckdifferenzen von der Dauer der Übergangsphase c;
 — $g = 50\%$
 - - - $g = 0\%$

zwischen Melkbecherinnen- und -zwischenraum erreicht werden oder ob eine Abhängigkeit von der Schnelligkeit des Einströmens atmosphärischer Luft (Dauer der Übergangsphase c) besteht. Im Bild 1 sind für Zitzengummi mit einer ED von 20, 26 und 32 kPa die Bewegungskennlinien

Tafel 1. Beim Einfalten unter statischen Bedingungen und bei Übergangsphasen c von 0,15 und 0,40 s zum Öffnungsgrad $g = 0\%$ führende Druckdifferenzen

ED des Zitzengummis	zum Öffnungsgrad $g = 0\%$ führende Druckdifferenzen			
	statisch	Übergangsphasen c		Erhöhung im Vergleich zur ED
		0,15 s	0,40 s	
kPa	kPa	absolut	absolut	Erhöhung im Vergleich zur ED
20	20	29	45	110
26	26	34	45	73
32	32	38	19	44

dargestellt, die sich bei Übergangsphasen c mit einer Dauer von 0,15 bis 0,40 s ergeben. Als Vergleich ist die statische Bewegungskennlinie der Zitzengummi (extrem langsame Einfaltbewegung des Zitzengummis) aufgeführt. Im Bild 2 sind zur besseren Hervorhebung nur die zu den Öffnungsgraden $g = 50\%$ und $g = 0\%$ benötigten Druckdifferenzen in Abhängigkeit von der Dauer der Übergangsphase c gezeigt. In den genannten Bildern fällt zunächst auf, daß bei allen Übergangsphasen c stets größere Druckdifferenzen zum Erreichen der jeweiligen Öffnungsgrade notwendig sind als unter statischen Bedingungen. Selbst bei der statischen Bedingungen am nächsten kommenden Übergangsphase c mit einer Dauer von 0,4 s sind diese z. B. beim Erreichen des Öffnungsgrades $g = 0\%$ um 19 bis 45% gegenüber der Einfaltdruckdifferenz erhöht (Tafel 1). Offensichtlich liegt somit unter diesen dynamischen Bedingungen eine gewisse Verzögerung der Zitzengummibewegung gegenüber dem Übergangsphasenverlauf vor.

Die Verzögerung zeigt sich schon am Beginn der Zitzengummibewegung. Bei allen Zitzengummis ist bereits eine Druckdifferenz von 2 bis 5 kPa aufgebaut, ehe sich die Zitzengummi überhaupt in Bewegung setzen. Noch deutlicher zeigt sich die Verzögerung bei Öffnungsgraden $g < 50\%$. Mit Verkürzung der Übergangsphase c steigen z. B. die zum Erreichen des Öffnungsgrades $g = 0\%$ notwendigen Druckdifferenzen auf 44 bis 110% gegenüber der ED an. Daraus wird deutlich, daß es nicht möglich ist, den unter statischen Bedingungen gemessenen Kennwert ED des Zitzengummis ohne weiteres auf Pulsationsbedingungen zu übertragen. Dies gilt vor allem für die übliche Methode, durch Auftragen der ED des Zitzengummis auf die Pulsationskurve die Zeit für den geöffneten und geschlossenen Zustand des Zitzengummis zu bestimmen und daraus auf die Melkeigenschaften zu schließen.

Die Änderungen der Bewegungskennlinien bei Variation der Dauer der Übergangsphase c haben Konsequenzen für die Bewegungsgeschwindigkeit des Zitzengummis. Blieben die Bewegungskennlinien konstant, hätte jede Verkürzung der Übergangsphase c eine proportionale Erhöhung der Einfaltgeschwindigkeit zur Folge. So aber ist aus Bild 3 zu erkennen, daß die Zeitdauer für den Einfaltvorgang zunächst linear und ab einer Übergangsphasendauer von 0,3 s degressiv verringert wird. Ab einer Dauer von 0,2 s tritt keine Zunahme der Einfaltgeschwindigkeit mehr ein. Eine Verkürzung der Dauer der Übergangsphase c unter diesen Wert von 0,2 s ist daher für den Melkvorgang kaum sinnvoll. Dies muß vor allem bei der Erweiterung der Pulsations-

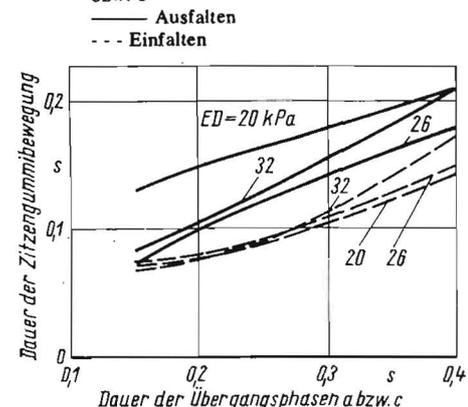
verhältnisse zugunsten des Saugtaktes oder Erhöhung von Pulsationsfrequenzen berücksichtigt werden, weil sonst der geschlossene Zustand des Zitzengummis aufgrund der verminderten Zeit für den Preßtakt nicht mehr erreicht werden kann.

Absolut beträgt die Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummi beim Einfalten 0,21 bis 0,26 km/h bei einer Dauer der Übergangsphase c von 0,2 s (Tafel 2). Die Bedeutung dieser Bewegungsgeschwindigkeiten des Zitzengummis besonders für die mechanische Belastung der Zitze und somit auch ihre mögliche Schädigung läßt sich schwer einschätzen, da über einzuhaltende Optimalwerte wenig bekannt ist. Unklar ist auch, ob bei diesen geringen Bewegungs-

Tafel 2. Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummi beim Einfalten vom Öffnungsgrad $g = 80\%$ auf $g = 0\%$ (bezogen auf einen Durchmesser des Zitzengummischafetes von 20 mm)

ED des Zitzengummis	Einfaltgeschwindigkeit der Zitzengummi	
	Dauer der Übergangsphase c	
kPa	km/h	km/h
20	0,26	0,48
26	0,24	0,45
32	0,21	0,48

Bild 3. Von den Zitzengummi für das Ausfalten vom Öffnungsgrad $g = 0\%$ auf $g = 80\%$ und für das Einfalten vom Öffnungsgrad $g = 80\%$ auf $g = 0\%$ benötigte Zeitdauer in Abhängigkeit von der Dauer der Übergangsphasen a bzw. c



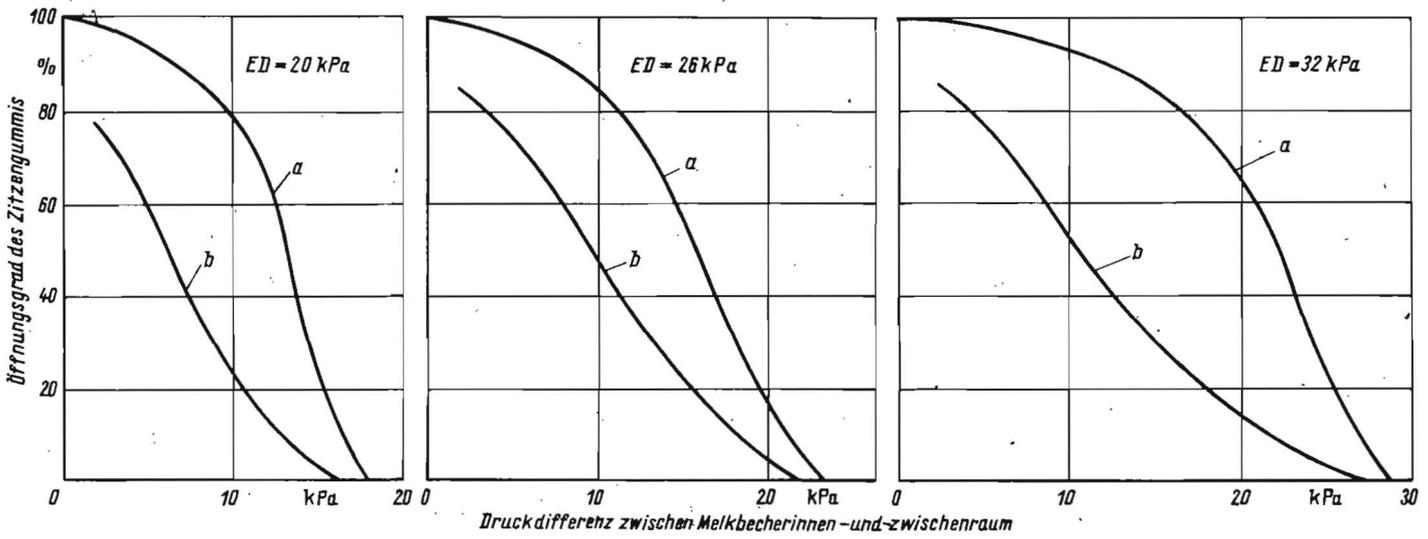


Bild 4. Bewegungskennlinien von Zitzengummis verschiedener Einfaltdruckdifferenzen beim Ausfalten unter statischen Bedingungen und bei Übergangsphasen a von 0,15 bis 0,40 s;
 a statische Bewegungskennlinie
 b Bewegungskennlinie bei einer Dauer der Übergangsphase a von 0,15 bis 0,40 s

geschwindigkeiten zur Schonung der Zitzen überhaupt eine Differenzierung der Dauer der Übergangsphase c erforderlich ist. Hier fehlen Grundlagenuntersuchungen zur Gesamtwirkung auf die Zitze, die zur besseren Gestaltung von Zitzengummi und Zitzengummibewegung beitragen könnten.

3.2. Ausfaltverhalten der Zitzengummis

Das Ausfalten der Zitzengummi wird durch den Abbau des atmosphärischen Drucks im Melkbecherzwischenraum und somit Verringeren der Druckdifferenz zwischen Melkbecherinnen- und -zwischenraum hervorgerufen. Der Zitzengummi wird dadurch entlastet und faltet durch seine Eigenspannung aus. Im Unterschied zum Einfalten unterstützt also beim Ausfalten keine äußere Kraft die Zitzengummibewegung.

Im Bild 4 sind für Zitzengummi mit einer ED von 20, 26 und 32 kPa die Bewegungskennlinien dargestellt, die sich bei Übergangsphasen a mit einer Dauer von 0,15 bis 0,40 s ergeben. Als Vergleich dazu ist die unter extrem langsamen Ausfaltbedingungen ermittelte statische Bewegungskennlinie aufgeführt. Daraus kann entnommen werden, daß die Zitzengummi stets mit geringeren Druckdifferenzen als unter statischen Bedingungen die entsprechenden Öffnungsgrade erreichen. So sind z. B. die zum Öffnungsgrad $g = 0\%$ führenden Druckdifferenzen um 1 bis 3 kPa gegenüber dem statischen Ausfaltkennwert vermindert. Im Vergleich zur ED der Zitzengummi liegen diese Druckdifferenzen sogar um 9 bis 15 % niedriger (Tafel 3).

Daraus ergibt sich ebenso wie für das Einfalten die Feststellung, daß die Zitzengummibewegung unter diesen dynamischen Bedingungen gegenüber dem Übergangsphasenverlauf verzögert erfolgt. Die beim Einfalten zur Übertragung des Zitzengummikennwertes ED auf Pulsationsbedingungen gezogenen Schlußfolgerungen sind somit auch für das Ausfalten zutreffend.

Im Gegensatz zum Einfalten bewirkt jedoch die Variation der Übergangsphasendauer keine Änderung der Bewegungskennlinien. Offensichtlich ist die Eigengeschwindigkeit der Zitzengummi selbst bei den hier untersuchten

Tafel 3. Beim Ausfalten unter statischen Bedingungen und bei Übergangsphasen a von 0,15 bis 0,40 s zum Öffnungsgrad $g = 0\%$ führende Druckdifferenzen

ED des Zitzengummis	zum Öffnungsgrad $g = 0\%$ führende Druckdifferenzen		
	statisch	Übergangsphasen a von 0,15 bis 0,40 s	
kPa	kPa	absolut	Verminderung im Vergleich zur ED %
20	18	17	15
26	24	23	10
32	29	28	9

Tafel 4. Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummi beim Ausfalten vom Öffnungsgrad $g = 0\%$ auf $g = 80\%$ (bezogen auf einen Durchmesser des Zitzengummischafes von 20 mm)

ED des Zitzengummis	Ausfaltgeschwindigkeit der Zitzengummi	
	Dauer der Übergangsphase a	
	0,4 s	0,2 s
kPa	km/h	km/h
20	0,17	0,24
26	0,20	0,36
32	0,17	0,34

kürzesten Übergangsphasen a mit einer Dauer von 0,15 s noch groß genug, um keine weiteren Verzögerungen gegenüber dem Übergangsphasenverlauf zuzulassen. Daher gibt es im Gegensatz zum Einfalten bei diesen Übergangsphasen noch keine Grenze der Ausfaltgeschwindigkeit (Bild 3).

Die absolute Ausfaltgeschwindigkeit der Zitzengummi beträgt 0,17 bis 0,20 km/h bei einer Übergangsphase a von 0,4 s und 0,24 bis 0,36 km/h bei einer Übergangsphase a von 0,2 s

(Tafel 4). Ebenso wie beim Einfalten läßt sich schwer einschätzen, ob diese geringen Geschwindigkeiten schädigend auf das Gewebe der Zitze einwirken können.

3.3. Vergleich des Ein- und Ausfaltverhaltens der Zitzengummis

Besonders interessant ist die Frage, ob bei gleicher Dauer der Übergangsphasen c und a auch in der Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummi kein Unterschied besteht. Für diesen Vergleich wurden nur die Bewegung zwischen den Öffnungsgraden $g = 0 \dots 80\%$ herangezogen, weil beim Ausfalten bei Öffnungsgraden $g > 80\%$ eine starke Verlangsamung dieser Bewegung auftritt (aus der nachlassenden Eigenspannung des Zitzengummis erklärbar). Da dies ein Bereich ist, in dem die Zitze durch den Zitzengummi nur noch gering mechanisch beansprucht wird, blieb er beim Vergleich unberücksichtigt.

Aus Bild 3 geht hervor, daß die Zitzengummi bei gleicher Dauer der Übergangsphase a stets eine größere Zeitspanne zum Ausfalten als zum Einfalten benötigen. Die Einfaltgeschwindigkeit ist demzufolge größer als die Ausfaltgeschwindigkeit.

Dieser Sachverhalt hat seine Ursache im Übergangsphasenverlauf und in den jeweils für die Bewegung des Zitzengummis genutzten Abschnitten der Übergangsphase. Während das Einfalten im steilsten Abschnitt der Übergangsphase beginnt, setzt das Ausfalten erst ein, wenn der Übergangsphasenverlauf bereits abgeflacht ist.

Die Übergangsphase c muß also von vornherein größer als die Übergangsphase a gewählt werden, ehe überhaupt eine gleiche Bewegungsgeschwindigkeit beim Ein- und Ausfalten hergestellt werden kann. Nimmt man eine Übergangsphase a von 0,20 s zum Maßstab, so ist nach Bild 3 bei einem Zitzengummi mit einer ED von 32 kPa eine Übergangsphase von rd. 0,30 s und bei einem Zitzengummi mit einer ED von 26 kPa eine Dauer von 0,29 s erforderlich. Eine solche Einstellung scheint unter Pulsationsbedingungen durchaus möglich, weil, bezogen auf eine Pulsationsfrequenz von 50 min^{-1} , diese Übergangsphase a einen Anteil

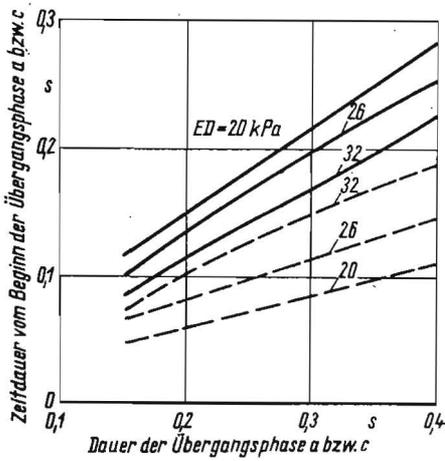


Bild 5. Abhängigkeit der Zeitdauer vom Beginn der Übergangsphasen a bzw. c bis zum Erreichen des Öffnungsgrades $g = 50\%$ von der Dauer der Übergangsphasen a bzw. c; — Ausfalten
--- Einfalten

von 16,6% der Pulsationsdauer und die genannten Übergangsphasen c Anteile von 25% bzw. 24,2% an der Pulsationsdauer haben. Weniger wahrscheinlich ist das bei einem Zitzengummi mit einer ED von 20 kPa, da hier die Übergangsphase c auf 0,36 s (30% der Pulsationsdauer) erhöht werden müßte.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß bei Zitzengummis mit einer ED < 20 kPa die Unterschiede zwischen Ein- und Ausfaltgeschwindigkeit noch ansteigen. Dieser Bereich konnte aus technischen Gründen nicht untersucht werden. Anzunehmen ist aber, daß bei solchen Zitzengummis selbst bei im Vergleich zur Übergangsphase a wesentlich längeren Übergangsphasen c das Einfalten meist schneller erfolgt als das Ausfalten.

Für den Melkvorgang ist die Dauer der Übergangsphasen a und c und die daraus resultierende Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummis nicht nur im Hinblick auf die mechanische Belastung der Zitze von Bedeutung. Es ist auch zu untersuchen, ob durch eine Variation der Übergangsphasendauer bei Konstanthalten anderer Faktoren, wie z.B. Pulsationsfrequenz und Pulsationsverhältnis, eine wesentliche Steigerung der Zeit innerhalb einer Pulsation möglich ist, in der Milch aus der Zitze ausfließt. Da der Milchausfluß aus der Zitze jeweils bei einem Öffnungsgrad um 50% beim Einfalten unterbrochen und beim Ausfalten wieder freigegeben wird [6], ist eine solche Möglichkeit nur dann gegeben, wenn das Einfalten der Zitzengummis verzögert und das Ausfalten beschleunigt erfolgt. Dies setzt also eine Verlängerung der Dauer der Übergangsphase c und eine Verkürzung der Dauer der Übergangsphase a voraus.

Im Bild 5 sind die Zeitspannen dargestellt, die die Zitzengummis beim Ein- und Ausfalten zum Erreichen des Öffnungsgrades $g = 50\%$ benötigen. Daraus läßt sich zunächst ableiten, daß aufgrund des steileren Anstiegs dieser Zeitspannen eine Verkürzung der Übergangsphase a etwas günstigere Möglichkeiten zur Steigerung der Milchausflußzeit bietet als eine Verlängerung der Übergangsphase c. Absolut betrachtet sind diese Möglichkeiten jedoch bei beiden Übergangsphasen und allen Zitzengummis relativ gering. Aus Tafel 5 geht hervor, daß durch eine Verringerung der Dauer der Über-

Tafel 5. Durch Verkürzung der Übergangsphase a und Verlängerung der Übergangsphase c um jeweils 0,1 s erzielbare Zeitdauer innerhalb einer Pulsation mit Öffnungsgraden $g > 50\%$ der Zitzengummis

ED des Zitzengummis	Zunahme der Zeitdauer bei Öffnungsgraden $g > 50\%$	
	Verkürzung der Übergangsphase a von 0,3 s auf 0,2 s	Verlängerung der Übergangsphase c von 0,2 s auf 0,3 s
kPa	s	s
20	0,068 (5,6%) ¹⁾	0,025 (2,1%) ¹⁾
26	0,065 (5,4%) ¹⁾	0,033 (2,7%) ¹⁾
32	0,055 (4,6%) ¹⁾	0,048 (4,0%) ¹⁾

1) Zum besseren Verständnis wurden die Absolutwerte der Dauer der Übergangsphasen auf die Pulsationsdauer bei einer Pulsationsfrequenz von 50 min^{-1} bezogen. Die in Klammern angegebenen Prozentwerte geben somit den zeitlichen Anteil der Übergangsphasen an dieser Pulsationsdauer wieder.

gangsphase a um 0,1 s maximal eine Zunahme der Milchausflußzeit innerhalb einer Pulsation um 0,068 s eintreten kann. Eine Verlängerung der Übergangsphase a um 0,1 s ergibt einen Wert von 0,048 s.

Es erscheint somit kaum als erfolgversprechend, durch eine Variation der Dauer der Übergangsphasen a und c eine Steigerung der Milchausflußzeit anzustreben. Hier bietet eine Änderung des Pulsationsverhältnisses durch Erhöhung des Saugtakteils an der Pulsationsdauer größere Möglichkeiten. Die Wahl der Dauer der Übergangsphasen a und c sollte vielmehr dazu genutzt werden, die für die Zitze optimale Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummis beim Abs- und Einfalten herbeizuführen.

4. Schlußfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen zum Bewegungsverhalten von leeren Zitzengummis mit einer ED von 20, 26 und 32 kPa bei Übergangsphasen mit einer Dauer von 0,15 bis 0,40 s (entspricht bei einer Pulsationsfrequenz von 50 min^{-1} einem Anteil der Übergangsphasen an der Pulsationsdauer von 12,5 bis 33,3%) können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

— Bei diesen Übergangsphasen falten die Zitzengummis weder bei ihrem Kennwert ED ein noch aus, wobei die Höhe der Druckdifferenz beim Einfalten zusätzlich von der Dauer der Übergangsphase c beeinflusst wird. Ein Ableiten des geschlossenen oder geöffneten Zustands des Zitzengummis allein aus der Kenntnis der Pulsationskurve und des Kennwerts ED ist daher nicht möglich.

— Eine Verringerung der Dauer der Übergangsphase c von 0,4 s auf 0,2 s führt zu einem Anstieg der Einfaltgeschwindigkeit je nach ED der Zitzengummis von 0,21 bis 0,26 km/h auf 0,45 bis 0,48 km/h. Eine weitere Verringerung ergibt keine Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit. Die Anwendung solcher Übergangsphasen c erscheint daher beim Melkprozeß kaum als sinnvoll. Beim Ausfalten bewirkt die Reduzierung der Übergangsphase a von 0,4 s auf 0,2 s einen Anstieg der Ausfaltgeschwindigkeit je nach ED der Zitzengummis von 0,17 bis 0,20 km/h auf 0,24 bis 0,36 km/h. Im Gegensatz zum Einfalten ist auch bei Übergangsphasen a mit einer Dauer bis 0,15 s keine Grenze der Ausfaltgeschwindigkeit erkennbar.

— Bei gleicher Dauer der Übergangsphasen a und c ist die Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummis beim Einfalten stets größer

als beim Ausfalten. Soll eine gleichgroße Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummis beim Ein- und Ausfalten erreicht werden, ist bei den Zitzengummis in Abhängigkeit von ihrer ED in unterschiedlichem Maß eine Vergrößerung der Dauer der Übergangsphase c erforderlich. Diese Ergebnisse stützen die These, daß für einen schonenden Milchentzug die Übergangsphase c größer als die Übergangsphase a gewählt werden sollte. Grundlagenuntersuchungen sind jedoch erforderlich, in welchem Maß solche geringen Bewegungsgeschwindigkeiten überhaupt mechanisch schädigend auf die Zitze einwirken können.

— Durch eine Variation der Dauer der Übergangsphasen a und c läßt sich nur eine geringe Steigerung der Milchausflußzeit aus der Zitze erzielen. Andere Möglichkeiten (z. B. Erweiterung des Pulsationsverhältnisses) lassen größere Steigerungen zu, so daß die Übergangsphasen vorrangig so gewählt werden sollten, daß eine optimale Bewegungsgeschwindigkeit der Zitzengummis beim Ein- und Ausfalten entsteht.

Literatur

- [1] Kleinke, G.: Untersuchungen über die Wirkung der Melkbecher auf das Euter beim Melken mit der Maschine. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1963.
- [2] Thalheim, C.; Uhmann, F.: Untersuchungen zur Optimierung von Zitzengummiereigenschaften. agrartechnik 27 (1977) H. 4, S. 169—171.
- [3] Philips, D. S. M.: Effect of pulsator ratio on milking rate. New Zealand Journal of Agriculture (1963) H. 107, S. 397—401.
- [4] Rabold, K.: Untersuchungen an Milchkühen über die Wirkung der Faktoren Pulsationsfrequenz, Pulsationsverhältnis und Melkvakuum auf Melkbarkeit und Merkmale der Melkarbeit. TH Hohenheim, Habilitation 1967.
- [5] Mein, G. A.: Milk flow from the bovine teat in relation to movement of the teatcup liner. Australian Journal of Dairy Technology (1977) H. 3, S. 39—41.
- [6] Zuk, Z. Ja.: Stendovye ispytaniya obrudovanija doil'nych ustanovok. Mech. i elektrifik. socialist. sel'skogo choz. (1974) H. 11, S. 26—28.