

Zur Verbesserung der Vacuumbedingungen im Melkzeug durch Einrichtungen für die Förderung von Milch bei Rohrmelkanlagen

Von Bernd J. Scholtysik, München und
Hermann Worstorff, Weihenstephan*)

DK 637.125

Bei konventionellen Melkzeugen treten während des Betriebs an der Zitze erhebliche Abweichungen des Vakuums¹⁾ vom Nennwert auf. Ein konstantes Vakuum läßt sich durch Trennen der Funktionen "Milchentzug" und "Milchtransport" im Sammelstück erreichen. Hierfür werden im folgenden prinzipielle Möglichkeiten untersucht sowie Aufbau und Funktion von Versuchsggeräten beschrieben.

1. Vakuumverhältnisse bei konventionellen Rohrmelkanlagen

Bei konventionellen Rohrmelkanlagen dient das Vakuumsystem sowohl zum Entzug der Milch aus dem Euter als auch zum Transport, insbesondere zwischen Sammelstück und Melkleitung und teilweise weiter zum Milchabscheider. Dabei tritt in der Praxis mit wachsendem Milchfluß eine Verringerung des mittleren Vakuums im Zitzengummiinnenraum auf [1]. Dieses Absinken des Vakuums entsteht durch Strömungswiderstände sowie – besonders ausgeprägt – durch das Hochfördern der Milch bei hochverlegter Leitung. Dazu wäre bei einer Förderhöhe von $H = 2$ m und einer Dichte der Milch $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ theoretisch eine Druckdifferenz von $\Delta p = 20 \text{ kPa}$ notwendig. Durch einen ständigen Lufteinlaß von 5–10 l/min in das Sammelstück (unter praktischen Betriebsbedingungen plus Leckluft) wird die geförderte Milch im langen Milchschlauch von Luft durchperlt, ihre Dichte dadurch verringert und der Vakuumabfall niedriger gehalten (ca. 10 kPa).

¹⁾ Auszug aus ISO 3918-1977 (E/F): Vakuum – jeder Druck unterhalb des atmosphärischen, gemessen als Differenz gegenüber dem umgebenden Atmosphärendruck.

*) Dr.-Ing. B.J. Scholtysik war zur Zeit der Untersuchung wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Landmaschinen der TU München (seit 1.4.82 bei Fa. Technologie Consulting, München); Dr. agr. habil. H. Worstorff ist als wissenschaftlicher Angestellter im Sonderforschungsbereich 141 zuständig für den Bereich "Milchgewinnung" an der Landtechnik Weihenstephan.

Das Absinken des Betriebsvakuums an der Zitze mit wachsendem Milchfluß bewirkt, daß der größte Wert für das Vakuum beim Blindmelken und der geringste beim größten Milchfluß auftritt, Bild 1. Durch das Absinken des Vakuums wird bei gegebenem Einfaltdruck des Zitzengummis die Milchflußphase verlängert und damit die "Entlastung" des Zitzengewebes verkürzt [2]. Die Vakuumapplikation am Euter (Vakuum und Zitzengummibewegung) ist unter diesen Bedingungen weitgehend unkontrolliert und einer biotechnischen Optimierung nicht zugänglich [1].

2. Verbesserungsmöglichkeiten und Zielstellung

Die Auswirkungen ungünstiger Vakuumverhältnisse bei konventionellen Rohrmelkanlagen lassen sich mit einem konstanten, vom momentanen Milchfluß unabhängigen Vakuum an der Zitze vermeiden. Dabei sollte ein niedrigeres Nennvakuum als bei konventionellen Anlagen verwendet werden. Es wird dann (strichpunktierte Linie in Bild 1) insgesamt – und besonders bei geringem Milchfluß – schonender gemolken und bei hohem Milchfluß die Milch trotzdem besser entzogen als bei konventionellen Anlagen. In Untersuchungen für eine konstante Vakuumapplikation wurde die folgende Kombination der Melkparameter als optimal ermittelt [3]:

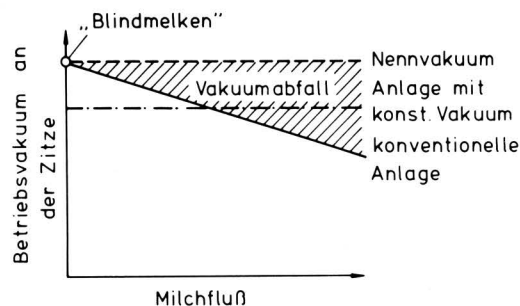


Bild 1. Betriebsvakuum an der Zitze in Abhängigkeit vom Milchfluß bei konventioneller Melkanlage und bei Anlage mit konstantem Vakuum.

Vakuum	$p_M = 40 \text{ kPa}$
Pulszahl	$f_P = 60 \text{ min}^{-1}$
Saugphasenanteil	$S = 70 \%$

Um kontrollierte Vakuumbedingungen an der Zitze zu verwirklichen, müssen für die Hochförderung der Milch spezielle Einrichtungen verwendet werden. Bei der handelsüblichen Melkmaschine mit "periodischem Lufteinlaß" werden bei jedem Zitzenbecher in der Entlastungsphase im Schauglasbereich etwa 2 l Luft je Becher und Minute eingelassen, die das Abfließen der Milch zeitlich abgestimmt fördern. Dabei wird das Vakuum in der Entlastungsphase deutlich abgesenkt und in der Saugphase weitgehend unabhängig vom momentanen Milchfluß. Ein nordamerikanisches Sammelstück mit einem Schwimmer verwendet getrennte Vakuumstufen für Entzug und Transport der Milch und strebt so ein konstantes Vakuum am Euter an.

Im folgenden werden einige prinzipielle Möglichkeiten zur Förderung der Milch untersucht.

3. Milchförderung durch Pumpe

Um den Milchtransport zu verbessern, erscheint es zunächst sinnvoll, im Sammelstück eine Pumpe zu verwenden, die den Milchfluß (Milchvolumenstrom) \dot{V}_M um die Höhe H fördert, Bild 2. Die von der Pumpe erzeugte Druckdifferenz Δp muß zur Überwindung des hydrostatischen Druckes aus der Förderhöhe H und des Widerstandes aus der Reibung im langen Milchschauch ausreichen. Bei einer Förderhöhe $H = 2 \text{ m}$ ist eine Druckdifferenz von $\Delta p = 25 \text{ kPa}$ ausreichend.

Der Leistungsbedarf der Pumpe N_P beträgt:

$$N_P = \dot{V}_M \Delta p / \eta \quad (1)$$

Für einen Milchfluß $\dot{V}_M = 6 \text{ l/min}$, eine Druckdifferenz $\Delta p = 25 \text{ kPa}$ und einen Pumpenwirkungsgrad $\eta = 80 \%$ ergibt sich: $N_P = 3,125 \text{ W}$.

Zum Hochfördern der Milch sind Kreiselpumpen ungeeignet, da wegen der hohen Drehzahl des Laufrades die Milch in Verbindung mit Luft geschädigt werden könnte. Kreiselpumpen können außerdem keinen Schaum fördern. Bei Verdrängerpumpen (z.B. Membranpumpen) ergibt sich das notwendige Hubvolumen V_H aus dem zu fördernden Milchfluß \dot{V}_M und der Hubfrequenz der Pumpe f_{Pumpe} :

$$V_H = \dot{V}_M / f_{\text{Pumpe}} \quad (2)$$

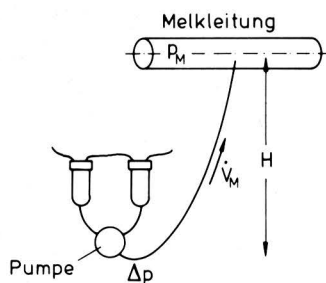


Bild 2. Anordnung einer Pumpe für die Milchförderung im Sammelstück.

Bild 3 zeigt das notwendige Hubvolumen in Abhängigkeit vom Milchfluß und der Pumpenfrequenz. Der Antrieb der Pumpe kann pneumatisch durch den vom Pulsator gesteuerten Druckwechsel erfolgen. Die Pumpenfrequenz ist dann gleich der Pulszahl. Zur Förderung von 6 l/min ist bei einer Pumpenfrequenz von 60 min⁻¹ ein Hubvolumen von $V_H = 100 \text{ cm}^3$ notwendig. Dieses verhältnismäßig große Hubvolumen und die notwendigen Ventile der Pum-

pe lassen sich nur schwer im Sammelstück unterbringen. Nach Bild 3 läßt sich das Hubvolumen verringern, wenn die Pumpenfrequenz erhöht wird. Das ließe sich z.B. durch eine elektrisch angetriebene Membranpumpe erreichen. Dabei besteht jedoch prinzipiell der Nachteil einer gesonderten elektrischen Energieversorgung. Außerdem wäre die Frage zu klären, ob die Milch durch Förderung mit einer schnellaufenden Membranpumpe geschädigt wird.

Wenn sich die Pumpe, wie in Bild 2 angedeutet, im Sammelstück befindet, besteht außerdem der Nachteil, daß der lange Milchschauch am Ende des Melkvorgangs durch die Pumpe nicht vollständig von der Milch entleert werden kann. Dazu könnte dann ein kurz hinter der Pumpe im langen Milchschauch vorhandener Einlaß für Umgebungsluft dienen. In diesem Fall kann jedoch der für die Milchförderung notwendige Differenzdruck auch ohne Pumpe nur durch den Lufteinlaß erzeugt werden, wobei durch einen Ventilmechanismus eine Rückwirkung auf das an der Zitze vorhandene Vakuum vermieden werden muß. Diese Möglichkeit wird im folgenden genauer untersucht.

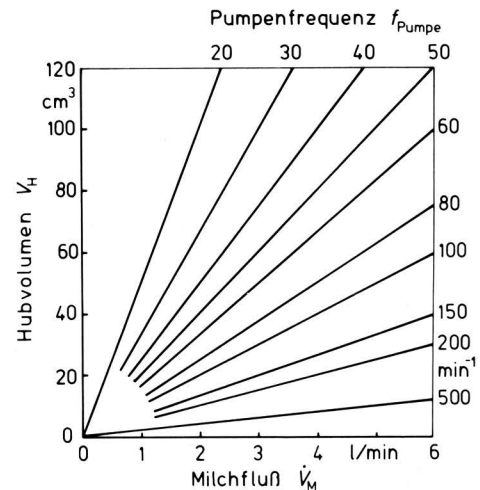


Bild 3. Notwendiges Hubvolumen einer Verdrängerpumpe in Abhängigkeit vom Milchfluß und von der Pumpenfrequenz.

4. Lufteinlaß im "Schleusensammelstück"

Zur Vermeidung des durch die Förderung der Milch entstehenden Vakuumabfalls an der Zitze könnte das in Bild 4 schematisch dargestellte Sammelstück verwendet werden. Das Sammelstück läßt sich durch ein Ventil in zwei Bereiche unterteilen. Beide Bereiche sind durch die Leitungen 1 und 2 mit der im Beispiel hochverlegten Melkleitung verbunden, also mit dem Melkvakuum p_M . Das Öffnen und Schließen des Ventils erfolgt hier durch Druckwechsel in einem Zitzenbecher, also periodisch im Pulsartakt.

Die Funktion ist in Bild 4 schematisch dargestellt. In Bild 4a ist das Ventil geöffnet: Die einströmende Milch wird im unteren Teil des Sammelstücks und im tiefsten Teil des langen Milchschauchs aufgefangen. Über die Leitung 2 liegt das ganze Sammelstück und damit auch die Zitze am Vakuum p_M . Die in den unteren Teil des Sammelstücks gedrosselt einströmende Umgebungsluft wird über die Leitung 2 in die Melkleitung abgesaugt.

In Bild 4b ist das Ventil geschlossen: Die einströmende Milch wird im oberen Teil des Sammelstücks aufgefangen, der weiterhin durch die Leitung 2 am Vakuum p_M angeschlossen ist. Im unteren Teil des Sammelstücks entsteht durch die einströmende Umgebungsluft ein Druck, der höher als der Druck in der Melkleitung ist. Das somit vorhandene Druckgefälle fördert die vorher im unteren Teil des Sammelstücks gesammelte Milch durch den langen Milchschauch zur Melkleitung. Wenn die gesamte Milch weggefördert ist, stellt sich im unteren Teil des Sammelstücks wieder Vakuum p_M ein, weil die einströmende Umgebungsluft durch den

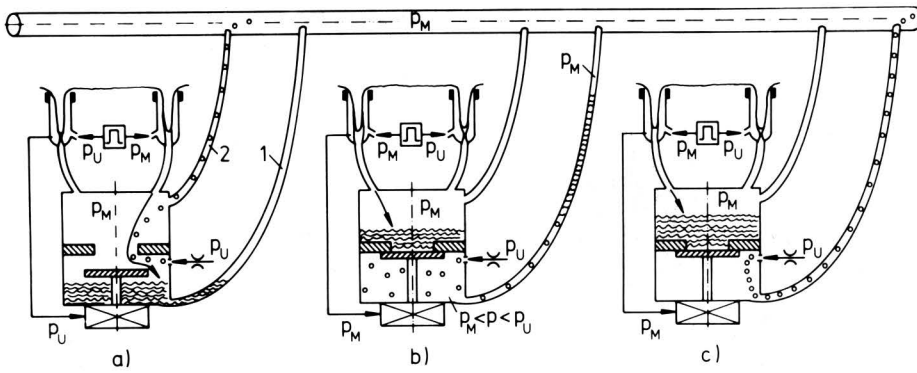


Bild 4. Funktionsprinzip eines Sammelstücks mit Milchscheule.

langen Milchscheule (Leitung 1) abgesaugt wird, Bild 4c. In diesem Zustand wird das Ventil geöffnet, wodurch die im oberen Teil gesammelte Milch in den unteren Teil fließt. Dabei tritt an der Zitze keine Vakuumschwankung auf, weil in beiden Sammelstückteilen der gleiche Druck (p_M) herrscht. Der Vorgang beginnt jetzt wieder von vorne (vgl. Bild 4a).

Bei dem in Bild 4 dargestellten Gerätetyp ist im oberen Teil des Sammelstücks – und damit auch an der Zitze – stets das vorgegebene Vakuum vorhanden. Die Förderung der Milch erfolgt aus dem periodisch mit einem Ventil abgeschlossenen unteren Teil des Sammelstücks durch einen Druckaufbau mittels einströmender Umgebungsluft. Als einströmende Luftmenge sind theoretisch 15–20 l/min notwendig. Diese Luftmenge reicht aus, um bei jedem Arbeitstakt im unteren Teil des Sammelstücks und im langen Milchscheule einen so großen Druck aufzubauen, daß die Milch zur hochverlegten Melkleitung transportiert wird.

Weil der Zeitanteil der Saugphase S des Pulsators wesentlich länger sein soll ($\sim 70\%$) als der der Entlastungsphase ($\sim 30\%$), ist es günstig, den Ventilmechanismus so zu gestalten, daß das Ventil während der Saugphase geschlossen ist. Dadurch steht für den Abtransport der Milch aus dem unteren Geräteteil eine möglichst lange Zeit zur Verfügung.

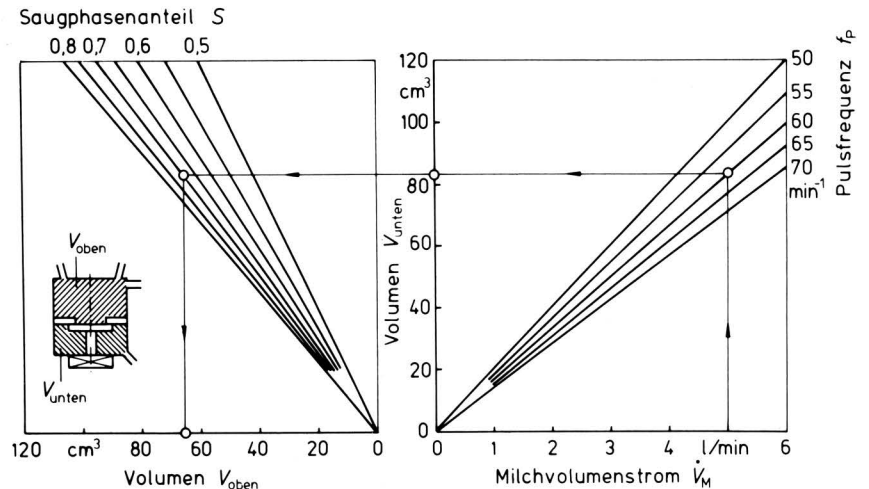
Der in das Sammelstück einströmende Volumenstrom der Milch entsteht bei alternierender Pulsierung als Überlagerung von zwei zeitlich versetzten Teilströmen \dot{V}_1 und \dot{V}_2 , wie dies in Bild 5 schematisch dargestellt ist. Wenn das Ventil geschlossen ist, wird im oberen Teil des Sammelstücks das Milchvolumen V_{oben} aufgefangen:

$$V_{\text{oben}} = \frac{\dot{V}_M}{f_p} \cdot \frac{3S - 1}{2S} \quad (3)$$

Wenn das Ventil geöffnet ist, strömt das vorher im oberen Teil gestaute Volumen V_{oben} nach unten, und zusätzlich wird das während der Öffnungsdauer einströmende Milchvolumen aufgefangen. Insgesamt wird im unteren Teil des Sammelstücks das während eines Pulszyklus geförderte Milchvolumen aufgefangen

$$V_{\text{unten}} = \dot{V}_M / f_p \quad (4)$$

Bild 6. Notwendige Speichervolumen V_{oben} und V_{unten} der Kammern des Sammelstücks in Abhängigkeit von Milchfluß, Pulsfrequenz und Saugphasenanteil (alternierende Pulsierung nach Bild 5, Beispiel: $\dot{V}_M = 5 \text{ l/min}$, $f_p = 60 \text{ min}^{-1}$, $S = 70\%$).



Mit Bild 6 können aus dem Milchvolumenstrom, der Pulsfrequenz und dem Saugphasenanteil die Volumina V_{unten} und V_{oben} ermittelt werden. Die so berechneten Milchvolumina V_{oben} und V_{unten} werden in den entsprechenden Teilen des Sammelstücks gespeichert. Um eine sichere Arbeitsweise des Geräts zu erreichen, müssen die beiden Sammelstückteile tatsächlich größer sein als die theoretisch zu speichernden Milchvolumina. Dies ist z.B. auch im Hinblick auf die im Gerät auftretende Schaumentwicklung notwendig

und weil in der Praxis nicht immer eine vertikale Aufhängung des Sammelstücks gegeben ist.

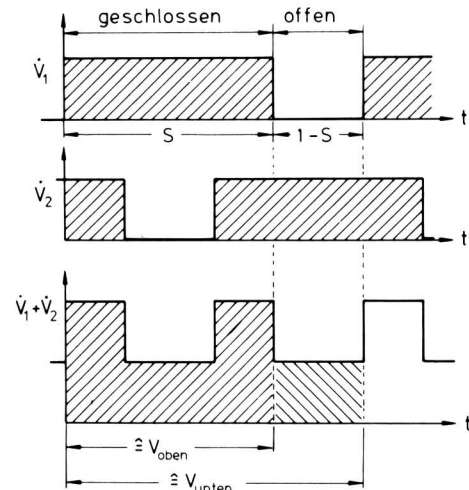
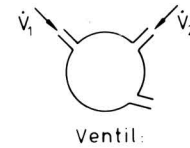


Bild 5. Schematische Darstellung der alternierenden Milchflüsse \dot{V}_1 und \dot{V}_2 und des gesamten Milchflusses ($\dot{V}_1 + \dot{V}_2$) zur Berechnung der Speichervolumen des Sammelstücks mit Milchscheule.

5. Getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport

Um das Vakuum im Zitzengummiinnenraum von den Vorgängen im milchableitenden System unabhängig zu machen, können – insbesondere bei hochverlegter Melkleitung – getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport verwendet werden. Die Druckdifferenz Δp zwischen Transportvakuum p_{Tr} und Melkvakuum p_M muß sicher für das Hochfördern der Milch und das Überwinden der vergleichsweise geringen Strömungswiderstände im langen Milchschauch ausreichen. Bei einer Hubhöhe von 2 m ist eine Druckdifferenz von 25 kPa ausreichend.

5.1 Geräteprinzip

Die Trennung der beiden Vakuumsysteme soll so erfolgen, daß einerseits die Milch vom Milchentzugssystem in das Transportsystem übertreten kann, andererseits aber eine direkte Verbindung der beiden Systeme ausgeschlossen ist, da sonst sehr große Vakuumschwankungen auftreten. Diese Forderungen können, wie in **Bild 7** schematisch dargestellt, durch ein Ventil erfüllt werden, das die beiden Systeme zunächst gegeneinander abdichtet (a). Das Ventil wird nur geöffnet, wenn ein ausreichendes Milchvolumen die beiden Vakuumsysteme trennt (b), wenn also die Milch bis zu einer bestimmten Höhe H aufgestaut ist. Bei geöffnetem Ventil wird Milch abgesaugt, wodurch sich die Stauhöhe verringert, bis das Ventil wieder geschlossen wird. Zur Steuerung der Ventilbetätigung ist ein geeigneter Sensor notwendig, der das Erreichen der gewünschten Stauhöhe H feststellt.

Als Sensor können pneumatische Elemente (z.B. Druckschalter, schwimmerbetätigter Schalter, Tauchrohr) oder elektrische Elemente (z.B. Lichtschranke, Elektroden) verwendet werden. Pneumatische Sensoren können so gestaltet sein, daß sie mit der Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck und Melkvakuum arbeiten und somit keine gesonderte Energieversorgung benötigen. Die Ventilbetätigung kann mit dem ausreichend verstärkten Ausgangssignal des Sensors erfolgen. Für elektrische Sensoren ist eine zusätzliche elektrische Energieversorgung im Stall bzw. Melkstand notwendig. Bei elektrischen Sensoren ist neben einer ausreichenden Verstärkung u.U. auch eine Energieumwandlung (z.B. elektrisch-pneumatisch) zur Betätigung des Ventils erforderlich.

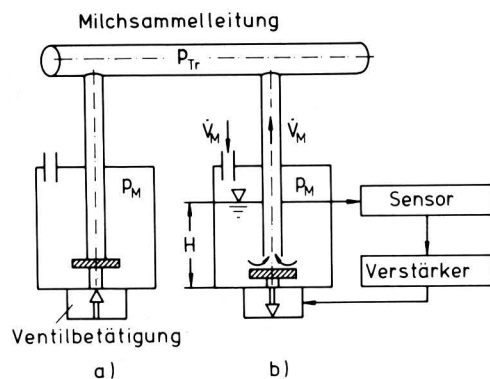


Bild 7. Funktionsprinzip eines Sammelstücks mit getrennten Vakuumsystemen für Milchentzug und Milchtransport.

Aus der im Gefäß aufgestauten Milch werden alle Luftblasen abgeschieden, die während der Verweilzeit der Milch im Gefäß bis zur Milchoberfläche aufsteigen. In [4] wurde gezeigt, daß bei vorgegebenem Milchfluß die Blasenabscheidung von der Gefäßquerschnittsfläche, jedoch nicht von der Stauhöhe beeinflusst wird. Bei einem Milchfluß von 5 l/min reicht ein Gefäßquerschnitt von 50–100 cm² aus, um Luftblasen mit Durchmessern größer als 0,2–0,3 mm abzuschneiden. Durch weitgehende Abscheidung der Luft aus der Milch werden die strömungstechnisch ungünstigen Bedingungen einer Zweiphasenströmung vermieden. Dadurch

wird die Milch schonender als bei konventionellen Melkanlagen transportiert und die Milchqualität hinsichtlich des Gehalts an freien Fettsäuren verbessert.

5.2 Versuchsmodell

Für das zuvor beschriebene Geräteprinzip wurde eine Reihe von Versuchsmodellen entwickelt. Die Versuchsgeräte sollten in ihrem Aufbau und ihrer Arbeitsweise möglichst einfach sein. Bei einer späteren Weiterentwicklung der Versuchsgeräte muß auch berücksichtigt werden, daß die Reinigung mit den üblichen Verfahren möglich ist, um den milchhygienischen Anforderungen zu genügen.

Da nur eine geringe freie Höhe unter dem Euter der Kuh vorhanden ist, sollte die Bauhöhe der Versuchsgeräte nicht größer sein als bei herkömmlichen Sammelstücken. Die Durchmesser der Geräte unterliegen dagegen keiner so strengen Begrenzung. Eine kleine Baugröße der Geräte und geeignete Formgebung ist auch im Hinblick auf eine bequeme Handhabung wünschenswert.

Bild 8 zeigt den Größenvergleich eines gebräuchlichen, konventionellen Milchsammelstücks und eines Versuchsmodells für das in Abschn. 5.1 beschriebene Geräteprinzip. Beim konventionellen Sammelstück (links) geht die Abflußleitung schräg abwärts, und der lange Milchschauch wird in einem weiten Bogen nach unten weggeführt. Beim Versuchsmodell mit getrennten Vakuumsystemen (rechts) ist der lange Milchschauch oben am Gerät waagrecht angeschlossen. Die unter dem Euter erforderliche freie Höhe ist damit nicht größer als beim konventionellen Sammelstück.

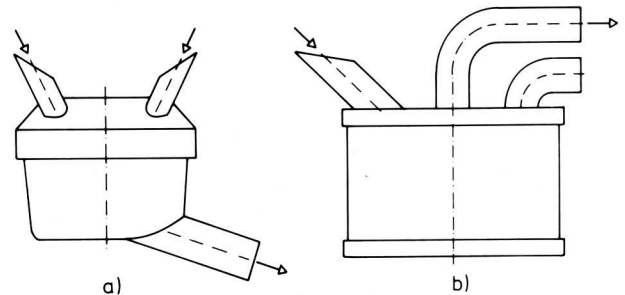


Bild 8. Größenvergleich eines konventionellen Sammelstücks a und eines Versuchsmodells für getrennte Vakuumsysteme b.

Der Aufbau des Versuchsmodells mit getrennten Vakuumsystemen ist in **Bild 9** dargestellt. Die ermlkene Milch wird dem Gefäß über die kurzen Milchschnäuche zugeführt und ohne Querschnittsverengung an die Innenseite der Gefäßwand geleitet, wo sie in einem Rieselfilm nach unten fließt. Die Rieselfilmdicke beträgt etwa 0,5 mm, so daß größere Luftblasen aus der Milch abgeschieden werden [4]. Das Abflußrohr wird von einer druckfederbelasteten Membran in Abhängigkeit von dem unterhalb der Membran herrschenden Druck geöffnet oder geschlossen. Der Druck im Raum unter der Membran wird mit Hilfe einer lose zwischen drei Stäben geführten, schwimmfähigen Kunststoffkugel und einer darunter angebrachten Düse erzeugt. Bei geringer Stauhöhe der Milch wird die Düse von der auf ihr liegenden Kugel weitgehend verschlossen, so daß die gedrosselt einströmende Umgebungsluft unter der Membran einen so großen Druck aufbaut, daß die Membran gegen die Federkraft angehoben und abdichtet wird. Bei größerer Stauhöhe der Milch schwimmt die Kugel. Dadurch herrscht hinter der Drossel – und damit auch unter der Membran – der nur entsprechend der Stauhöhe der Milch vergrößerte Druck im Gefäß, also etwa Melkvakuum.

In diesem Zustand wird die Membran von der Druckfeder geöffnet. Die durch die Düse in das Gefäß einströmende, geringe Luftmenge (~ 2 l/min) verhindert, daß Milch in die Düse eindringen kann. Mit dieser sehr einfachen, schwimmerbetätigten Höhenabstufung wird erreicht, daß stets eine Stauhöhe von etwa 25 mm eingehalten wird. Das so aufgestaute Milchvolumen reicht bei geöffneter Membran zur Trennung der Vakuumsysteme aus.

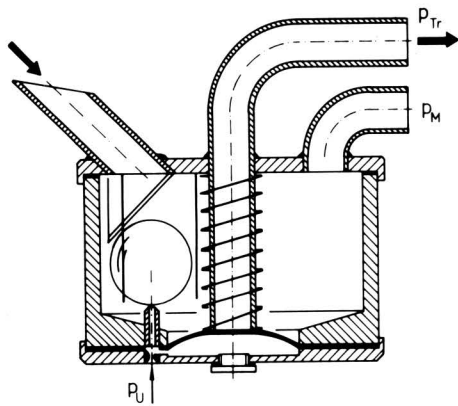


Bild 9. Versuchsmodell eines Sammelstücks für getrennte Vakuumsysteme.

Bei der in Bild 9 dargestellten Höhenabastung können u.U. bei der Melkzeugabnahme und durch Randströmungen geringe Restmilchmengen vom Gefäßinneren durch die Düse unter die Membran gelangen. Um die hygienischen Anforderungen zu erfüllen, müssen deshalb der Raum unter der Membran und die Düse bei der Reinigung des Sammelstücks erfaßt werden. Dazu dient an dem Versuchsgerät ein Anschluß, mit dem durch den Raum unter der Membran die Steurdüse und die Lufteinlaßdrossel gespült werden können. Diese hygienischen Probleme treten nicht auf, wenn die Steuerung so gestaltet wird, daß keine direkte Verbindung zwischen dem Gefäßinneren und dem Raum unter der Membran vorhanden ist.

Bei einem früher beschriebenen Versuchsmodell [4] wurde die Bewegung eines Schwimmers mit einem Hebel durch eine Trennmembran auf eine außen am Gefäß angebrachte Steuerung übertragen. Dabei sind aber der Platzbedarf der außen liegenden Steuerung sowie die Beeinflussung der Beweglichkeit der Trennmembran durch Milchablagerungen nachteilig.

Bei einem weiteren Versuchsgerät wurde deshalb die in Bild 10 schematisch dargestellte berührungslose Signalübertragung erprobt. Dabei befindet sich in der Schwimmerkugel ein kleiner Permanentmagnet M1. Ein zweiter, außerhalb der Milch befindlicher Magnet M2 wird bei niedriger Lage des Schwimmers angehoben; bei hoher Lage des Schwimmers sinkt der Magnet M2 nach unten. In den verschiedenen Lagen des Magneten wird einmal die Verbindung zum Umgebungsdruck p_U , zum anderen die zum Melkvakuum p_M geöffnet. Das pneumatische Ausgangssignal dieses Magnetschalters wird über einen kleinen Verstärker unter die Ventilmembran geleitet. Wegen der begrenzten Größe der Schwimmerkugel bestehen bei dieser Ausführung Schwierigkeiten in der geeigneten Abstimmung von Schwimmerauftrieb, Magnetgewicht und Anziehungskraft zwischen den beiden Magneten.

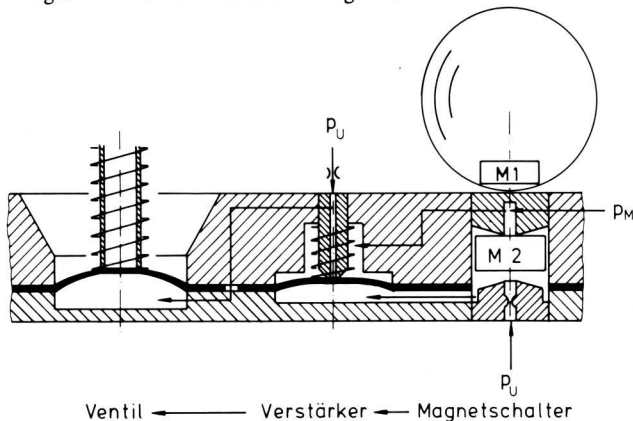


Bild 10. "Magnet-Steuerung" für ein Sammelstück mit getrennten Vakuumsystemen (nicht maßstäblich!).

5.3 Messung der Vakuumverhältnisse

An dem Versuchsmodell nach Bild 9 wurde im Melklabor der Landtechnik Weihenstephan der Vakuumverlauf an der Zitze gemessen. Zum Vergleich wurde ein konventionelles, handelsübliches Sammelstück verwendet. Der Aufbau der verwendeten Anlagen ist in Bild 11 schematisch dargestellt. Beim Sammelstück mit getrennten Vakuumsystemen kann das Transportvakuum p_{Tr} aus einer speziellen Milchtransportleitung entnommen werden (b). Diese dritte, gegenüber konventionellen Rohrmelkanlagen zusätzliche Leitung verursacht jedoch einen erhöhten Installationsaufwand. Durch die Schaumentwicklung im Gerät und bei Schräglage gelangt eine kleine Milchmenge in die Melkvakuumleitung und müßte dort abgeschieden werden. Ferner müssen bei dieser Dreileitungsanlage zwei Leitungen gespült werden.

Diese Probleme können vermieden werden, wenn die in Bild 11c dargestellte Zweileitungsanlage verwendet wird. Dabei wird das Melkvakuum mit Hilfe eines speziellen Membranvakuumreglers aus dem Transportvakuum p_{Tr} abgegriffen, wobei als Sollwert das Vakuum aus der Luftleitung p_M (Pulsatorversorgung) dienen kann. Durch diesen Membranvakuumregler wird auch evtl. übertretender Schaum in die Transportleitung geführt, so daß – wie bei konventionellen Rohrmelkanlagen – nur eine Leitung gespült werden muß und nur ein Abscheider erforderlich ist.

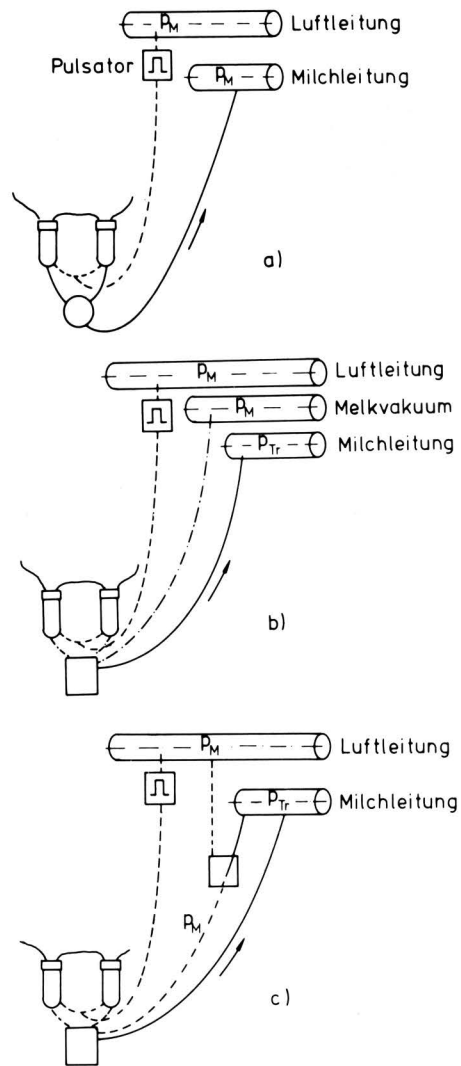


Bild 11. Schematische Darstellung einer konventionellen Rohrmelkanlage a und von Anlagen mit getrennten Vakuumsystemen mit 3 b bzw. 2 Leitungen c.

Bei den Messungen wurde ein handelsüblicher Pulsator mit alternierender Pulsierung (60 Zyklen pro Minute, Saugphasenanteil 70 %) verwendet. Während bei der konventionellen Anordnung das übliche Nennvakuum von 50 kPa eingestellt wurde, arbeitete die Anlage mit getrennten Vakuumsystemen bei einem reduzierten Melkvakuum von 40 kPa und einem Transportvakuum von 65 kPa. Die Förderhöhe zur hochverlegten Sammelleitung betrug jeweils etwa 2 m.

In Bild 12 ist der Verlauf des gemessenen Vakuums an der Zitze bei verschiedenen Milchflüssen dargestellt. Bei der konventionellen Anlage zeigt sich mit wachsendem Milchfluß die für Rohrmelkanlagen typische Verringerung des Vakuums am Euter (vgl. Bild 1). Außerdem zeigen sich bei steigendem Milchfluß zyklische Vakuumschwankungen, die dadurch entstehen, daß durch die Pumpbewegung des Zitzengummis die abströmende Milch periodisch beschleunigt und verzögert wird.

Bei der Anlage mit getrennten Vakuumsystemen bleibt das Vakuum am Euter unabhängig von der Größe des Milchflusses erhalten, so daß die angestrebten konstanten Vakuumbedingungen erreicht werden. Die auftretenden Vakuumschwankungen sind wesentlich geringer als bei der konventionellen Anlage. Die noch vorhandenen Schwankungen entstehen durch die Pfropfenströmung in den kurzen Milchschläuchen. Bei dem Versuchsgerät nach Bild 9 ist ein ausreichend großer Querschnitt des Melkvakuuman-

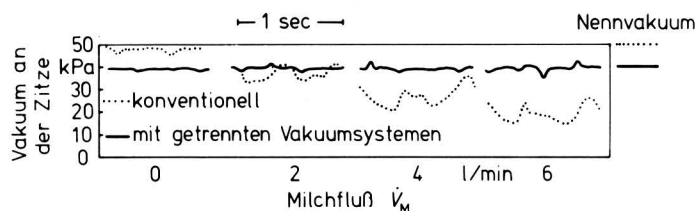


Bild 12. Vakuum an der Zitze bei verschiedenen Milchflüssen für konventionelle Rohrmelkanlage und Anlage mit getrennten Vakuumsystemen.

schlusses am Sammelstück notwendig, weil sonst in diesem Anschluß bereits bei kleinen eintretenden Milch- bzw. Schaummenen Milchpfropfen entstehen, wodurch größere Vakuumschwankungen verursacht werden.

6. Zusammenfassung

Zur Verbesserung der vakuumtechnischen Bedingungen bei Rohrmelkanlagen wurden verschiedene Möglichkeiten zur Förderung der Milch untersucht. Als besonders günstig erwies sich eine Lösung mit getrennten Vakuumsystemen für Milchentzug und Milchtransport. Die Trennung der Vakuumsysteme erfolgt in einem Gerät, das anstelle des herkömmlichen Sammelstücks eingesetzt wird. Mit einem Versuchsmodell konnten die Vakuumbedingungen an der Zitze gegenüber herkömmlichen Anlagen erheblich verbessert werden. Neben konstruktionstechnischen Verfeinerungen sind weitere Arbeiten, insbesondere hinsichtlich der Klärung der biotechnisch optimalen Vakuumapplikation (konstantes bzw. periodisch abgesenktes Vakuum am Euter) und der Bakterienübertragung durch das Melkzeug, erforderlich.

Schrifttum

- [1] *Worstorff, H.*: Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit. Habilitationsschrift Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan, 1977.
- [2] *Worstorff, H. u. H. Stanzel*: Untersuchungen zur Bewegung des Zitzengummis in Abhängigkeit von Einfalldruck, Pulszyklus und Vakuumhöhe in Melkanlagen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 27 (1977) Nr. 1, S. 8/12.
- [3] *Heinl, B.*: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation. Diss. TU München-Weihenstephan 1981.
- [4] *Scholtysik, B.J. u. H. Worstorff*: Verbesserung der Vakuumbedingungen bei Melkanlagen durch Luftabscheidung und getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport. *Grundl. Landtechnik* Bd. 29 (1979) Nr. 5, S. 153/58.

Ein Beitrag zur Berechnung der Bodenfräse

Von Josef Kuczewski, Warschau*)

DK 631.312.3

Der Leistungsbedarf von Bodenfräsen läßt sich über die spezifische Arbeit, das heißt die pro Volumeneinheit bearbeiteten Bodens aufgewandte Energie, berechnen. Während bisher die spezifische Arbeit bei konstanter Umfangsgeschwindigkeit des Fräsenrotors als konstante Größe angesetzt wurde, zeigen die hier besprochenen Messungen und Regressionsrechnungen, daß die spezifische Arbeit für die untersuchte Bodenfräse statistisch gesichert von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist und daneben noch andere Faktoren Bedeutung haben.

*) Prof. Dr. habil. Josef Kuczewski ist Professor am Institut für Land- und Forsttechnik der Landwirtschaftlichen Universität Warschau.

1. Grundlagen der Berechnung

Bisher geht man bei der Berechnung des Energiebedarfes von Bodenfräsen aus von der spezifischen Arbeit. Als spezifische Arbeit wird dabei die mechanische Arbeit bezeichnet, die zur Bearbeitung einer Volumeneinheit Boden erforderlich ist [1]. Bei den Bodenfräsen wird diese Arbeit ganz überwiegend für den Antrieb des Rotors benötigt, daneben aber auch zur Überwindung des Zugwiderstandes, z.B. bei Scharfräsen [2].

Die spezifische Arbeit A kann man als Summe eines statischen und eines dynamischen Anteils ansehen:

$$A = A_s + A_d \quad (1)$$