

Verbesserung der Vakuumbedingungen bei Melkanlagen durch Luftabscheidung und getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport.

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

Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereichs 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" an der TU München-Weihenstephan

DK 637.125

Bei konventionellen Melkanlagen treten während des Betriebs an der Zitze erhebliche Abweichungen des Vakuums¹⁾ vom Nennwert auf. Ein konstantes Vakuum läßt sich dagegen durch Abscheiden der Luft und Trennen der Vakuumsysteme für Milchentzug und Transport erreichen. Hierfür werden im folgenden prinzipielle Möglichkeiten untersucht sowie Aufbau und Funktion eines Versuchsgeräts beschrieben.

1. Probleme der Vakuumkonstanz bei konventionellen Melkanlagen

Bei konventionellen Melkanlagen erfüllt das Vakuumsystem zwei Aufgaben:

1. Entzug der Milch aus dem Euter und
2. Transport der ermolkenen Milch in der Melkleitung bis zu einem Milchsammelbehälter.

Als technisches Optimierungsziel wird in diesem Beitrag ein vom momentanen Milchfluß unabhängiges konstantes Vakuum im Zitzengummiinnenraum des Zitzenbeckers und damit eine konstante Pulsierung, d.h. Bewegung des Zitzengummis, angestrebt.

In der Praxis tritt dagegen bei herkömmlichen Melkanlagen mit wachsendem Milchfluß eine Verringerung des mittleren Vakuums im Zitzengummiinnenraum auf [1]. Dieses Absinken ist bei hochverlegter Milchsammelleitung als Folge des Anhebens der Milch wesentlich größer als bei tiefverlegter Sammelleitung oder bei Eimermelkanlagen. Bei gegebenem Einfaltdruck des Zitzengummis verursacht ein Absinken des Vakuums eine Veränderung der Milchflußphase [2] und damit eine verkürzte Entlastung des Zitzengewebes.

Neben der Verringerung des mittleren Vakuums treten im Zitzengummiinnenraum unregelmäßige und zyklische Vakuumsschwankungen auf. Die unregelmäßigen Schwankungen entstehen entwe-

der durch Schwankungen in der Gesamtanlage (z.B. durch Luft-einbrüche beim Melkzeugwechsel) oder durch die Bildung von Flüssigkeitspfropfen in den Leitungen beim gleichzeitigen Transport von Milch und Luft. Zyklische Vakuumsschwankungen entstehen infolge der Pumpbewegung des Zitzengummis durch periodische Beschleunigung und Verzögerung der abströmenden Milch. Vakuumsschwankungen können einen Rückfluß bereits ermolkenen Milch verursachen, wodurch das Infektionsrisiko ansteigt. Ein inkonstantes Vakuum ruft ein verstärktes Auftreten von Mastitiserkrankungen hervor und steht einer Optimierung der Melkparameter entgegen [1].

2. Verbesserungsmöglichkeiten und Zielsetzung

Indem die milchableitenden Teile strömungstechnisch günstiger gestaltet und aufeinander abgestimmt werden, ist eine begrenzte Verbesserung der vakuumtechnischen Bedingungen im Melkzeugbereich zu erreichen. Mit einer Maschine mit "periodischem Luft-einlaß" wird das Vakuum an der Zitzenspitze in der Saugphase auf einem hohen Niveau stabilisiert und in der Entlastungsphase deutlich abgesenkt.

Ein vom Milchfluß unabhängiges, konstantes Vakuum läßt sich durch getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport erreichen. Damit bleiben die Vakuumbedingungen im Zitzengummiinnenraum von den Vorgängen im milchableitenden System unbeeinflusst. Etwaige unregelmäßige Vakuumsschwankungen im Zitzengummiinnenraum werden so vermieden, das mittlere Vakuum bleibt unabhängig von der Größe des Milchflusses und dem wechselnden Widerstand beim Fördern der Milch. Um die strömungstechnisch ungünstigen Bedingungen einer Zweiphasenströmung zu vermeiden, soll außerdem vor dem Milchtransport eine Trennung von Milch und Luft vorgenommen werden. Sofern diese Phasentrennung direkt im Melkzeug erfolgt, lassen sich auch die zyklischen Vakuumsschwankungen praktisch ausschalten.

Nach Abscheiden der Luft wird die Milch in einem getrennten Transportsystem schonender als bei konventionellen Anlagen transportiert und die Milchqualität hinsichtlich des Gehalts an freien Fettsäuren verbessert.

Im folgenden soll untersucht werden, wie diese Maßnahmen mit in der Konstruktion und Funktion möglichst einfachen und wenig Wartungsaufwand erfordernden Geräten technisch verwirklicht werden können. Im Hinblick auf eine bequeme Handhabung wäre es günstig, die Trennung der Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport sowie die Luftabscheidung in einem Gerät vorzunehmen, das anstelle des herkömmlichen Milchsammelstücks eingesetzt wird. Bei der Konzeption ist die geringe Höhe unter dem Euter der Kuh in der Baugröße zu berücksichtigen. Die Geräte müssen mit den üblichen Verfahren gereinigt werden können, um den milchhygienischen Anforderungen zu genügen.

¹⁾ Bezeichnungen nach Normentwurf ISO/DIS 3918 "Melkanlagen, Begriffe - Mindestanforderungen". Auszug: "Vakuum - jeder Druck unterhalb des atmosphärischen, gemessen als Differenz gegenüber dem Luftdruck der Umgebung. Das Vakuum soll in bar gemessen werden. Der Meßpunkt muß angegeben werden."

*) Dipl.-Ing. B.J. Scholtysik ist wiss. Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der TU München, Dr. agr. habil. H. Worstorff ist wiss. Mitarbeiter im SFB 141 und zuständig für den Bereich "Maschinelles Milchentzug" an der Landtechnik Weihenstephan.

Als Versorgungsenergie für die Geräte kann bei allen Melkanlagen die Druckdifferenz zwischen dem Umgebungsdruck und dem Melkvakuum verwendet werden, bei Melkanlagen mit elektrisch gesteuerten Pulsatoren auch die dann ohnehin vorhandene elektrische Energie.

Die Realisierung dieser Aufgabe erfordert prinzipielle Untersuchungen zur Trennung des Milch-Luft-Gemisches wie auch der Möglichkeiten zur Trennung der Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport.

3. Möglichkeiten der Luftabscheidung

Durch die Lufteinlaßöffnung im Milchsammelstück konventioneller Melkanlagen und gewisse Undichtigkeiten der Sitzgummis an den Zitzen gelangen in das milchableitende System Luftblasen, die, wenn die Dichteunterschiede wirksam werden können, wieder aus der Milch austreten.

3.1 Aufsteigen von Luftblasen in Milch

Über das Verhalten einzelner Gasblasen beim Aufsteigen in newtonschen Flüssigkeiten sind Untersuchungsergebnisse bekannt [3]. Die Blasen erreichen eine konstante Endsteiggeschwindigkeit w_∞ , bei der Gleichgewicht zwischen der Auftriebskraft und der geschwindigkeitsabhängigen Widerstandskraft herrscht. Die Endsteiggeschwindigkeit ist abhängig von den Stoffeigenschaften des Blasengases (Dichte ρ_{Bl}) und der Flüssigkeit (Dichte ρ_{Fl} , Viskosität ν_{Fl} , Oberflächenspannung σ_{Fl}) sowie von der Größe der Gasblase.

In Bild 1 ist die nach [3] mit den Stoffwerten von Milch und Luft berechnete Endsteiggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Blasendurchmesser d_{Bl} einer volumengleichen Kugel dargestellt. Sehr kleine Blasen (Bereich A) verhalten sich wie starre Kugeln, deren Endsteiggeschwindigkeit sich nach dem *Stokes*schen Gesetz berechnen läßt:

$$w_\infty = \frac{g d_{Bl}^2}{18 \nu_{Fl}} \left(1 - \frac{\rho_{Bl}}{\rho_{Fl}}\right) \quad (1)$$

Im Bereich B macht sich die Beweglichkeit der Phasengrenzfläche und eine innere Zirkulation in der kugelförmigen Blase bemerkbar. Im Bereich C treten abgeflachte ellipsoidische Blasen auf, deren Steiggeschwindigkeit mit wachsender Blasengröße kleiner wird. Im Bereich D sind die Blasen regellos geformt.

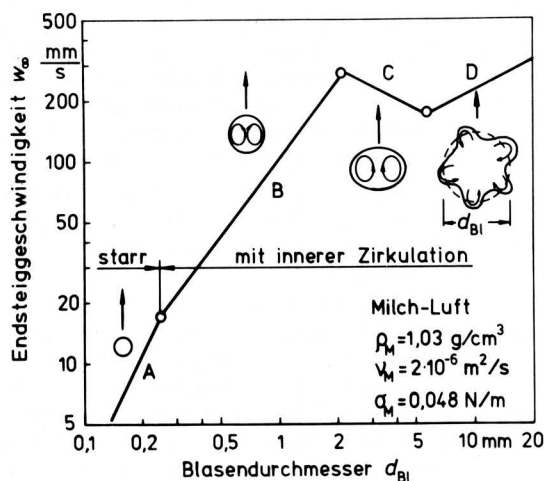


Bild 1. Endsteiggeschwindigkeit von Luftblasen in Milch berechnet nach [3].

3.2 Blasenabscheidung im Beruhigungsgefäß

Gasblasen können aus einer Flüssigkeit abgeschieden werden, wenn die Flüssigkeit in einem Beruhigungsgefäß aufgefangen wird und die Gasblasen Gelegenheit haben, zur Oberfläche aufzusteigen. Der Vorgang läßt sich unter Vakuum beschleunigen, weil sich kleine Blasen bei niedrigem Druck vergrößern und somit schneller aufsteigen.

Für einen kontinuierlichen Betrieb kann ein Beruhigungsgefäß verwendet werden, Bild 2, das die gasbeladene Flüssigkeit sammelt und dessen Auslauf von einem geeigneten Organ so gesteuert wird, daß stets eine bestimmte Stauhöhe h der Flüssigkeit eingehalten wird. Um eine gute Entgasung zu erreichen, muß die Verweilzeit der Flüssigkeit im Gefäß so groß sein, daß die Gasblasen vom Gefäßboden bis zur freien Oberfläche aufsteigen können. Die mittlere Verweilzeit t_V kann als die Zeit abgeschätzt werden, in der das im Gefäß enthaltene Flüssigkeitsvolumen beim Volumenstrom \dot{V} durch das Gefäß strömt [4]:

$$t_V = A h / \dot{V} \quad (2)$$

In Flüssigkeiten mit niedriger Viskosität erreichen die Blasen ihre Endsteiggeschwindigkeit sehr schnell. Daher ist die Zeit t_{St} , die Blasen benötigen, um vom Gefäßboden bis zur Oberfläche aufzusteigen, näherungsweise proportional zur Stauhöhe:

$$t_{St} = h / w_\infty \quad (3)$$

Aus der Bedingung $t_{St} \leq t_V$ ergibt sich der maximale Volumenstrom \dot{V}_{max} , bei dem Blasen einer bestimmten Größe d_{Bl} gerade noch abgeschieden werden können. Der maximale Volumenstrom ergibt sich aus dem Gefäßquerschnitt A und der Endsteiggeschwindigkeit $w_\infty(d_{Bl})$ der Blasen:

$$\dot{V}_{max} = A w_\infty(d_{Bl}) \quad (4)$$

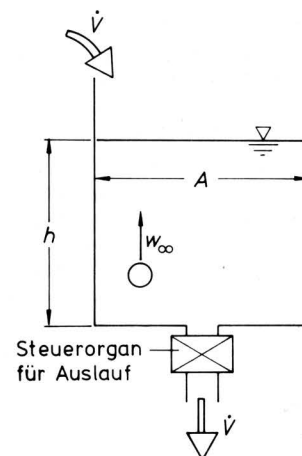


Bild 2. Kontinuierlich arbeitendes Beruhigungsgefäß zur Abscheidung von Gasblasen aus Flüssigkeiten.

Aus Gl. (4) geht hervor, daß die Blasenabscheidung vom Querschnitt des Beruhigungsgefäßes, jedoch nicht von der Stauhöhe beeinflusst wird. In Bild 3 ist der zur Blasenabscheidung notwendige Gefäßquerschnitt in Abhängigkeit vom Blasendurchmesser für verschiedene maximale Milchvolumenströme dargestellt. Bei einem Milchfluß von 5 l/min ist ein Gefäßquerschnitt von 50 bis 100 cm² ausreichend, um Luftblasen mit Durchmessern größer als 0,2–0,3 mm abzuschneiden.

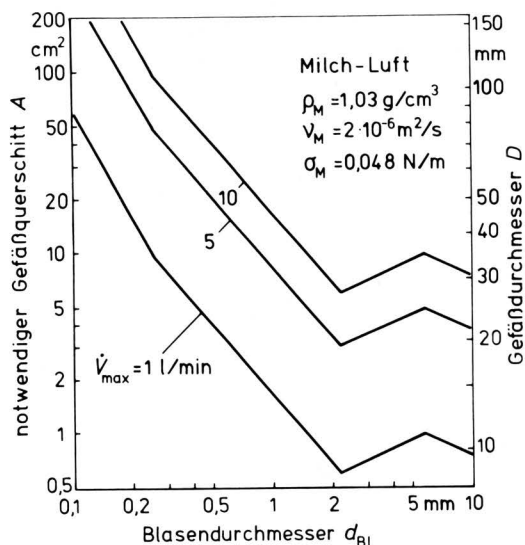


Bild 3. Notwendiger Gefäßquerschnitt eines kontinuierlich durchströmten Beruhigungsgefäßes zur Abscheidung von Luftblasen aus Milch.

3.3 Blasenabscheidung im Rieselfilm

Eine andere Möglichkeit der Gasabscheidung besteht darin, die gasbeladene Flüssigkeit in einem Rieselfilm über eine geeignete feste Oberfläche zu leiten. Die Rieselfilmdicke δ kann aus der Viskosität der Flüssigkeit ν_{Fl} , der Breite B und dem Neigungswinkel α des Rieselfilms und dem Volumenstrom \dot{V} berechnet werden. Nach [4] gilt:

$$\delta = \left(\frac{3 \nu_{Fl}^2}{g \sin \alpha} \right)^{1/3} Re^{1/3} \quad (5)$$

mit: $Re = \dot{V} / (B \nu_{Fl})$.

Für Reynoldszahlen $Re < \approx 5$ hat der Rieselfilm eine glatte Oberfläche, für größere Reynoldszahlen treten Wellen auf, die in Strömungsrichtung wandern. Bis $Re \approx 400$ kann die mittlere Filmdicke näherungsweise nach Gl. (5) berechnet werden. Für $400 < Re < 2000$ berechnet sich die mittlere Filmdicke zu:

$$\delta = \left(\frac{\nu_{Fl}^2}{12,1 g \sin \alpha} \right)^{1/3} Re^{8/15} \quad (6)$$

In **Bild 4** ist die nach Gln. (5) und (6) für Milch berechnete Filmdicke in Abhängigkeit von dem auf die Breite bezogenen Volumenstrom \dot{V}/B bei verschiedenen Neigungswinkeln α des Rieselfilms dargestellt.

Im Rieselfilm können wegen der geringen Filmdicke nur kleine Blasen auftreten, die wegen der kurzen Wege bis zur freien Oberfläche schnell abgeschieden werden.

3.4 Blasenabscheidung in rotierenden Systemen

Die Abscheidung von Gasblasen aus Flüssigkeiten kann durch Vergrößerung der wirksamen Trennkräfte, z.B. im Fliehkraftfeld eines rotierenden Systems, verbessert werden. In [5] wird dieses Verfahren zur Entgasung hochviskoser Flüssigkeiten beschrieben.

4. Trennung der Vakuumsysteme für Milchentzug und Transport

Um das Melkvakuum im Sitzgummiinnenraum von den Vorgängen im milchableitenden System unabhängig zu machen, sollen getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport verwendet werden. Der Milchentzug soll wie bei konventionellen

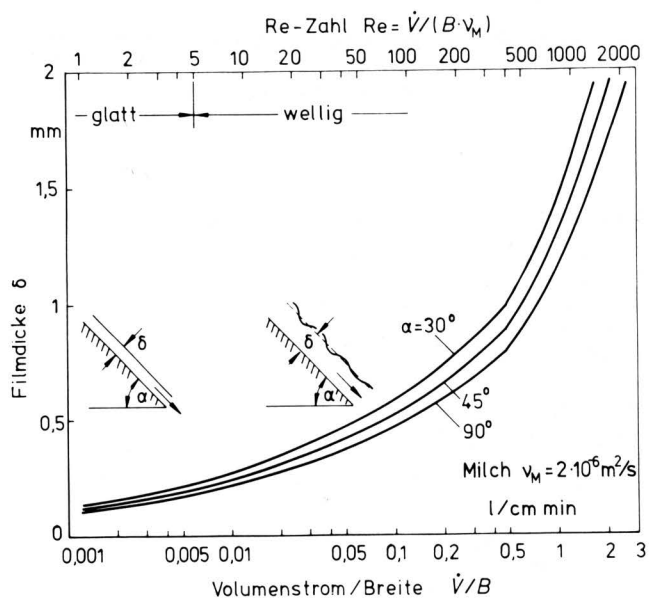


Bild 4. Für Milch berechnete Rieselfilmdicke δ in Abhängigkeit vom auf die Breite bezogenen Volumenstrom.

Melkanlagen mit einem Melkvakuum $p_M \approx 50$ kPa erfolgen. Das für den Transport der Milch von der Höhe des Euters zur hochverlegten Milchsammelleitung und zum Milchsammelbehälter verwendete Transportvakuum p_{Tr} muß so bemessen sein, daß die Druckdifferenz $\Delta p = p_{Tr} - p_M$ sicher für das Hochfördern der Milch und das Überwinden der Strömungswiderstände im langen Milchschauch ausreicht. Der Einfluß der Hubhöhe ist dabei wesentlich größer als der Einfluß der Strömungswiderstände. Bei einer Hubhöhe von 2 m ist eine Druckdifferenz von 25 kPa ausreichend, d.h. das Transportvakuum muß 75 kPa betragen.

Die Trennung der beiden Vakuumsysteme soll so erfolgen, daß einerseits zwar 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 5** schematisch dargestellt, durch ein selbsttätiges Ventil erfüllt werden, das die beiden Systeme zunächst gegeneinander abdichtet (a). Das Ventil öffnet nur, wenn ein ausreichendes Milchvolumen die beiden Vakuumsysteme trennt (b), wenn also die Milch bis zu einer bestimmten Höhe aufgestaut ist. Aus der aufgestauten Milch können, wie oben beschrieben, Luftblasen abgeschieden werden.

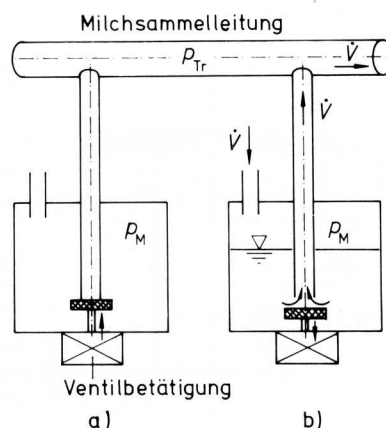


Bild 5. Ventil zur Trennung von Milchentzugs- und Transportsystem.

Zunächst wurde versucht, das Ventil direkt durch die Gewichtskraft der aufgestauten Milch bzw. durch die Auftriebskraft auf einen in die Milch eintauchenden Schwimmer zu betätigen.

4.1 Direkte Betätigung des Ventils

Nach Bild 6 kann das Ventil in einer sehr einfachen Ausführung aus einem Rohr bestehen, das durch eine federbelastete Kreismembran verschlossen wird. Zum Öffnen des Ventils muß die Summe der von oben auf die Membran wirkenden Kräfte größer sein als die Summe der von unten wirkenden Kräfte. Dazu ist ein bestimmtes Gewicht, und damit eine bestimmte Stauhöhe, der Milch im Gefäß notwendig. Aufgrund des Kräftegleichgewichts an der Membran ist die Stauhöhe h_0 zu Beginn, bei noch leerer Steigleitung, größer als die Stauhöhe h während des Betriebs, wenn die Steigleitung mit Milch gefüllt ist. Die zum Öffnen des Ventils notwendige Stauhöhe kann verkleinert werden, wenn die einfache Kreismembran durch eine Ringmembran ersetzt wird, bei der der ringförmige Membranteil versteift ist, um seine wirksame Fläche zu vergrößern, Bild 7.

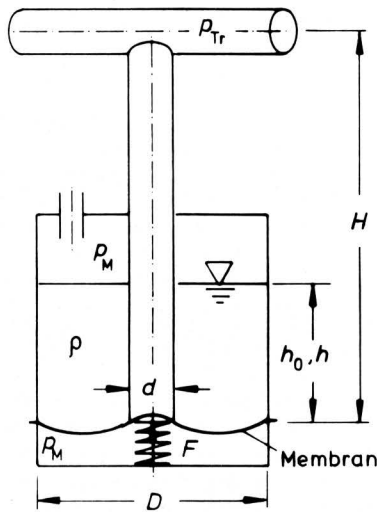


Bild 6. Ventil mit einer vom Milchgewicht gesteuerten Kreismembran.

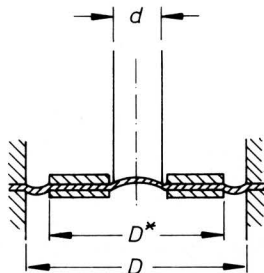


Bild 7. Ventil mit einer Ringmembran.

Wenn die wirksamen Membranflächen nach [6] abgeschätzt werden, erhält man aus dem Kräftegleichgewicht an der Membran die in Bild 8 dargestellten Stauhöhen h und h_0 in Abhängigkeit vom Durchmesser Verhältnis d/D .

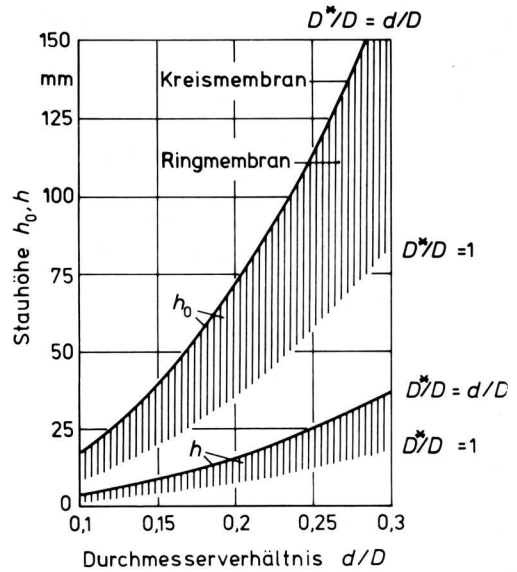


Bild 8. Berechnete Stauhöhen h und h_0 für Ventile mit Kreis- bzw. Ringmembran ($\Delta p = 25 \text{ kPa}$, $H = 2 \text{ m}$, $F = 0$, $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$).

Nach Bild 9 kann das Ventil auch durch die Auftriebskraft eines in die Milch eintauchenden Schwimmers geöffnet werden²⁾. Die zum Öffnen des Ventils notwendigen Stauhöhen zu Beginn h_0 und während des Betriebs h werden durch das Momentengleichgewicht am Schwimmer festgelegt. In Bild 10 sind die berechneten Stauhöhen in Abhängigkeit vom Durchmesser Verhältnis d/D für verschiedene Hebelarmverhältnisse l/L dargestellt.

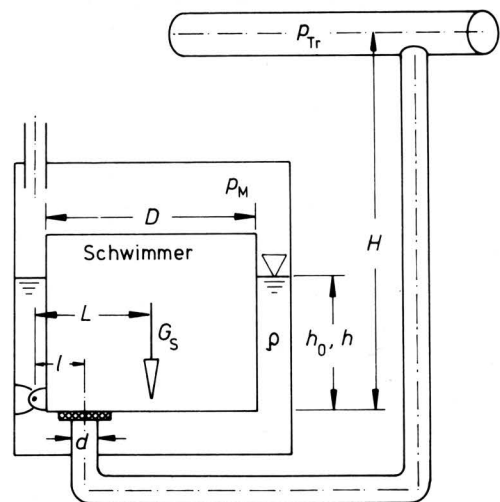


Bild 9. Ventil mit Betätigung durch Auftriebskraft eines Schwimmers.

²⁾ Nach diesem Prinzip arbeitet ein Gerät der amerikanischen Firma Zero MFG Comp.

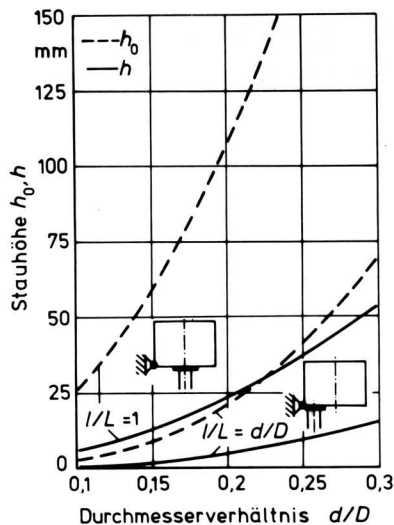


Bild 10. Berechnete Stauhöhen h und h_0 für Ventile mit Schwimmerbetätigung ($\Delta p = 25 \text{ kPa}$, $H = 2 \text{ m}$, $G_S = 0$, $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$).

Diese theoretische Analyse der notwendigen Stauhöhen sowie experimentelle Untersuchungen an Versuchsmodellen zeigten, daß bei dieser direkten Betätigung verhältnismäßig große Stauhöhen notwendig sind. Die Stauhöhe wird außerdem von der Druckdifferenz der zu trennenden Vakuumsysteme beeinflusst. Beim Öffnen des Ventils ändern sich die Druckverhältnisse durch die plötzliche Beschleunigung der Milch. Dies hat besonders bei größeren Druckverhältnissen Δp unerwünschte dynamische Effekte zur Folge. Das schwimmerbetätigte Ventil hat außerdem den prinzipiellen Nachteil, daß der Schwimmer verhältnismäßig viel Raum einnimmt. Dadurch wird das als Trennelement zwischen den beiden Vakuumsystemen notwendige Milchvolumen verringert, die mittlere Verweilzeit der Milch im Gefäß verkürzt und die Abscheidung von Blasen aus der Milch verschlechtert. Deshalb konnte bei den vorgesehenen Abmessungen des Geräts ein befriedigender Betrieb nicht erreicht werden.

4.2 Abtastung der Stauhöhe der Milch

Eine günstigere Lösung ergibt sich, wenn für die Steuerung des Ventils die Stauhöhe der Milch abgetastet wird. Hierfür können pneumatische Elemente (z.B. Druckschalter, schwimmerbetätigte Schalter, Tauchrohr) oder elektrische Elemente (z.B. Lichtschranke, Elektroden) verwendet werden, die ein Signal abgeben, wenn eine gewünschte Stauhöhe der Milch erreicht ist. Pneumatische Höhenabtastungen können so gestaltet sein, daß sie mit der Druckdifferenz zwischen dem Umgebungsdruck und dem Melkvakuum arbeiten, und somit keine gesonderte Energieversorgung benötigen. Das Ventil kann über das ausreichend verstärkte Ausgangssignal der Höhenabtastung betätigt werden.

Mit der Abtastung der Stauhöhe wird erreicht, daß das Ventil bei einer definierten Stauhöhe geöffnet wird. Dadurch tritt Milch vom Milchzugs- in das Transportsystem über, bis sich die Stauhöhe unter den vorgegebenen Grenzwert verringert und das Ventil wieder geschlossen wird. Bei diesem absätzigen Betrieb ist stets ein für die Trennung der Vakuumsysteme und für die Abscheidung der Luftblasen ausreichendes Milchvolumen im Gefäß enthalten.

Ein kontinuierlicher Übertritt der Milch vom Milchzugs- in das Transportsystem könnte erreicht werden, wenn von einer minimalen Stauhöhe ab ein zur Stauhöhe proportionales Signal erzeugt wird, mit dem der Öffnungsquerschnitt des Ventils entsprechend verändert wird. Wegen des höheren gerätetechnischen Aufwands wurde diese Möglichkeit jedoch nicht weiter untersucht.

5. Versuchsmodell eines Sammelstück-Abscheiders

Aufbauend auf den oben dargestellten Ergebnissen wurde ein Versuchsmodell eines Sammelstück-Abscheiders entwickelt. Das Gerät dient sowohl zum Abscheiden der Luft als auch zum Trennen von Milchzugs- und Transportsystem. Wegen der begrenzten zur Verfügung stehenden Höhe sollte das Gerät keine größere Bauhöhe besitzen als herkömmliche Sammelstücke. Der Durchmesser des Geräts unterlag dagegen keiner so strengen Begrenzung.

Bild 11 zeigt einen Größenvergleich von zwei gebräuchlichen, konventionellen Milchsammelstücken und dem Versuchsmodell des Sammelstück-Abscheiders. Bei konventionellen Sammelstücken geht die Abflußleitung schräg nach unten ab, und der lange Milchschauch wird in einem weiten Bogen nach unten weggeführt. Bei dem Versuchsmodell des Sammelstück-Abscheiders wird der lange Milchschauch im oberen Teil des Geräts horizontal angeschlossen. Die wirksame Bauhöhe ist damit nicht größer als bei konventionellen Sammelstücken.

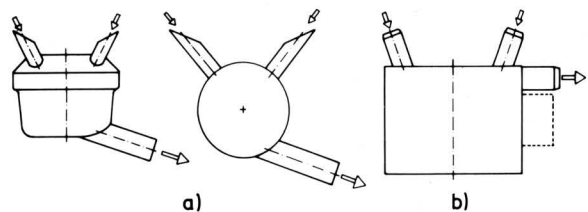


Bild 11. Größenvergleich von Beispielen für konventionelle Milchsammelstücke (a) und Sammelstück-Abscheider-Versuchsmodell (b).

Der Aufbau des Sammelstück-Abscheiders ist in Bild 12 dargestellt. Die ermolzene Milch wird dem Gerät über die kurzen Milchschnäuche zugeführt und ohne Querschnittsverengung von innen gegen die Wand des Geräts geleitet, wo sie in einem Rieselfilm nach unten fließt. Das zentral angeordnete Abflußrohr wird von einer druckfederbelasteten Membran verschlossen bzw. geöffnet, je nach dem, ob der von unten auf die Membran wirkende Druck gleich dem Umgebungsdruck bzw. dem Melkvakuum ist. Der Druck auf die Membran wird bei einer Versuchsausführung mit einer schwimmerbetätigten Höhenabtastung gesteuert. Damit wird erreicht, daß stets eine Stauhöhe von etwa 25 mm eingehalten wird. Das aufgestaute Milchvolumen reicht zum Abscheiden der Luft aus der Milch und zum Trennen der Vakuumsysteme bei geöffneter Membran aus.

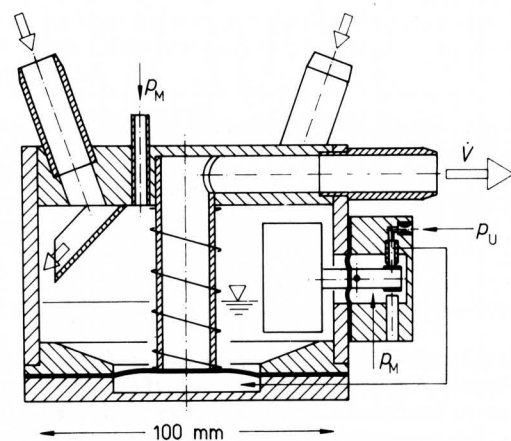


Bild 12. Versuchsmodell eines Sammelstück-Abscheiders.

Mit dem Versuchsmodell des Sammelstück-Abscheiders und mit einem konventionellen Sammelstück wurden im Melklabor der Landtechnik Weihenstephan vergleichende Messungen durchgeführt, um den Vakuumverlauf an der Zitze zu ermitteln. Der Aufbau der verwendeten Anlagen ist in Bild 13 schematisch dargestellt.

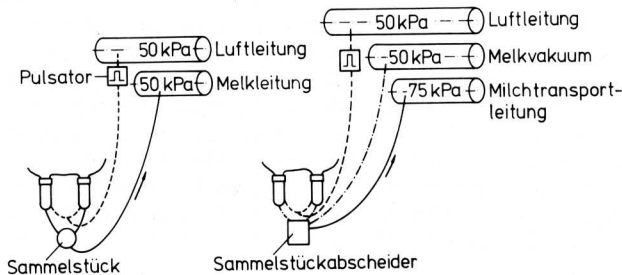


Bild 13. Schema des Melkzeugs einer konventionellen Rohrmelkanlage und einer Anlage mit Sammelstück-Abscheider.

Bild 14 zeigt das an der Zitze gemessene Vakuum für die konventionelle Anlage (jedoch für den Vergleich mit kurzen Milchsclhäuchen mit ϕ 12 mm) und für die Anlage mit dem Sammelstück-Abscheider bei verschiedenen Flüssigkeitsdurchsätzen. Bei der konventionellen Anlage treten mit steigendem Durchfluß der für Rohrmelkanlagen mit hochverlegter Milchleitung typische Vakuumabfall und wachsende zyklische Vakuumchwankungen auf. Bei der Anlage mit dem Versuchs-Sammelstück-Abscheider wird das Vakuum praktisch nicht vermindert. Die noch vorhandenen sehr geringen Vakuumchwankungen sind auf die Strömungsvorgänge in den kurzen Milchsclhäuchen zurückzuführen. Mit der Anlage mit Sammelstück-Abscheider lassen sich also vom Milchfluß unabhängige, recht konstante Vakuumbedingungen erreichen.

Da ein Vakuumabfall nicht auftritt, könnte mit dieser Anlage mit einem niedrigeren Nennvakuum als bei herkömmlichen Melkmaschinen gearbeitet werden. Damit könnte bei niedrigem Milchfluß schonender gemolken werden, bei hohem Milchfluß stünde jedoch ein höheres Betriebsvakuum zur Verfügung, und es wäre ein guter Milchentzug gewährleistet. Dieses Verhalten ist günstiger als das der konventionellen Melkanlagen, bei denen das höchste Betriebsvakuum an der Zitze beim Blindmelken und das niedrigste Betriebsvakuum beim höchsten Milchfluß auftritt, **Bild 15**.

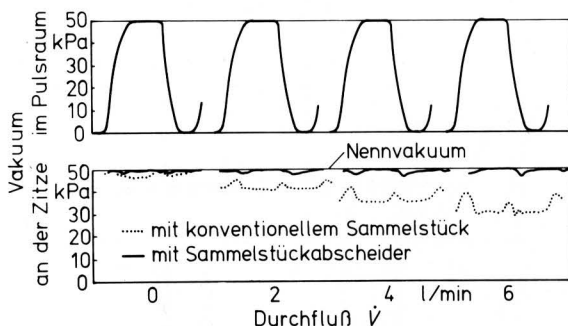


Bild 14. Vakuum an der Zitze bei verschiedenem Durchfluß für eine Rohrmelkanlage (Sammelleitung hoch, $H = 2$ m) mit konventionellem Sammelstück und für Anlage mit Sammelstück-Abscheider (Pulsierung: 60 min^{-1} , 70 % Saugphase, kurzer Milchscllauch ϕ 12 mm, langer Milchscllauch ϕ 14 mm).

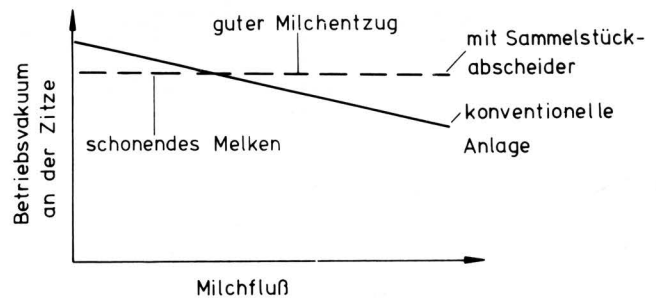


Bild 15. Vorschlag für günstigere Vakuumbedingungen durch Verwendung eines Sammelstück-Abscheiders.

Die Anlage mit Sammelstück-Abscheider nach Bild 13 läßt sich dadurch vereinfachen, daß das Melkvakuum und die Pulsatorversorgung aus einer gemeinsamen Leitung entnommen werden, ähnlich wie bei Einrohrmelkanlagen.

Auf die mit der Schaumentwicklung im Gerät zusammenhängenden Probleme wurde bei den bisherigen Untersuchungen noch nicht eingegangen. Hierfür werden Messungen im praktischen Betrieb notwendig sein.

6. Zusammenfassung

Zur Verbesserung der vakuumtechnischen Bedingungen bei Melkanlagen kann eine Trennung von Milch und Luft und eine Trennung der Vakuumsysteme für Milchentzug und Transport dienen. Für beide Maßnahmen wurden prinzipielle Möglichkeiten untersucht. Mit einem Versuchsmodell eines Sammelstück-Abscheiders konnten die Vakuumbedingungen an der Zitze stabilisiert und damit gegenüber konventionellen Anlagen deutlich verbessert werden.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Worstorff, H.*: Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit. Habilitationsschrift 1977, Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan.
- [2] *Worstorff, H. u. H. Stanzel*: Untersuchungen zur Bewegung des Zitzengummis in Abhängigkeit von Einfaltdruck, Pulszyklus und Vakuumhöhe in Melkanlagen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 27 (1977) Nr. 1, S. 8/12.
- [3] ● *Brauer, H.*: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Aarau und Frankfurt am Main: Verlag Sauerländer 1971, S. 292 ff.
- [4] ● *Grassmann, P.*: Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik. Aarau und Frankfurt am Main: Verlag Sauerländer 1970.
- [5] *Schubert, H., H. Rumpf, K. Leschonski u. F. Hofmann*: Entgasung hochviskoser Flüssigkeiten im Fliehkraftfeld. *Chem.-Ing.-Techn.* Bd. 44 (1972) Nr. 8, S. 497/503.
- [6] ● *Hütte II A*. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1954, S. 1260.