

Juni 1984/133

Herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft
CH-3097 Liebefeld

Lufteinlass bei Melkanlagen im Hinblick auf einen schonenden Abtransport der Milch

Von Dr. E. Flückiger

Die Butter-Kontrollkommission des Zentralverbandes schweizerischer Milchproduzenten und die Beratungsdienste stellen mit Besorgnis eine zunehmende Anfälligkeit der Fettphase von Milch, Rahm und Butter für die Fehler Ranzigkeit und Oxydationsgeschmack fest. Die Verfolgung einzelner Fälle hat ergeben, dass die Fehler fast immer auf eine zu starke mechanische Belastung des Milchfettes zurückzuführen sind. Im weiteren hat sich gezeigt, dass die Fettschädigung nicht selten schon beim Melken stattfindet. Rohrmelkbetriebe sind öfter beteiligt als Betriebe mit Eimermelkanlagen. «Angeschlagenes» Milchfett verursacht meistens nicht sofort Geschmacksfehler. Die Fehler treten erst später auf, weil das vorgeschädigte Fett die nachfolgenden Belastungen vom Transport bis zur Verarbeitung nicht mehr verträgt. Der einwandfreie Geschmack der Milch bei der Qualitätsbezahlung ist deshalb noch kein Beweis dafür, dass die Milch schonend behandelt wurde. Für die Schonung der Milch ist vor allem die bewusste Vermeidung belastender Strömungsbedingungen entscheidend.

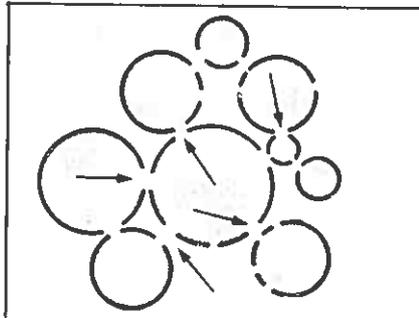
Empfindlichkeit der Fettphase

Die Empfindlichkeit der Fettphase ergibt sich aus ihrem Bau. Vereinfacht kann man die frisch ermolzene Milch als eine Emulsion von Fettkügelchen in Magermilch (Milchplasma) betrachten. Die Zahl der Kügelchen liegt bei 1 bis 3 Milliarden pro Milliliter, der häufigste Durchmesser zwischen 3 und 6 Tausendstel Millimeter und die Gesamtoberfläche bei 60 Quadratmeter pro Liter.

Die Fettkügelchen sind von einer Membran umgeben, die das Zusammenfließen der Teilchen verhindert, solange sie intakt ist. Die Dicke beträgt etwa 1 Hundertstel des Teilchendurchmessers. Der Ausdruck Membran kann zu der Annahme verleiten, es handle sich dabei um eine geschlossene, elastische Hülle. In Wirklichkeit besteht die Membran aber aus Substanzen, die an der Grenzoberfläche zwischen Fett und Wasser nur absorbiert sind. Dabei ist eine bestimmte Anordnung festzustellen. Vereinfacht kann man zwischen einer inneren, dem Fett zugewandten Emulgatorschicht und einer äusseren, dem Wasser zugekehrten Eiweisschicht mit verschiedenen Einschlüssen unterscheiden.

Die Bindungskräfte zwischen den Schichten sind aber relativ schwach. Durch übermässige Druck- und Schwerkkräfte werden die Fettkügelchen deformiert. Die Membranen können dabei beschädigt und für flüssiges Fett durchlässig werden. Als Folge davon entstehen «klebrige» Fettkügelchen, die sich zusammenlagern.

Abb. 1
Zusammenlagerung von Fettkügelchen mit geschädigter Membran (Schematische Darstellung)



gern. Das ausgetretene oder partiell enthüllte Fett wird, im Gegensatz zu dem ganz membrangeschützten, als freies Fett bezeichnet (Abb. 1, 2, 3 und 4).

Abb. 2
Zusammenlagerung von Fettkügelchen in natura (links mit intakter und rechts mit geschädigter Membran)

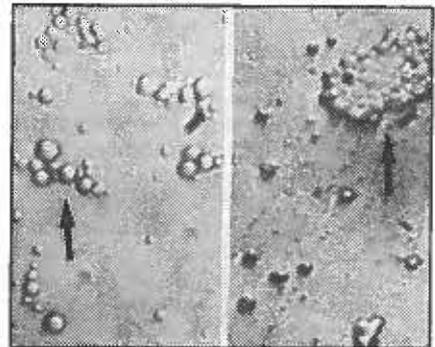


Abb. 3
Beschädigte Fettkügelchen-Membran: H = Hülle, F = freiliegender Fettkern (elektronenmikroskop. Aufnahme Buchheim)

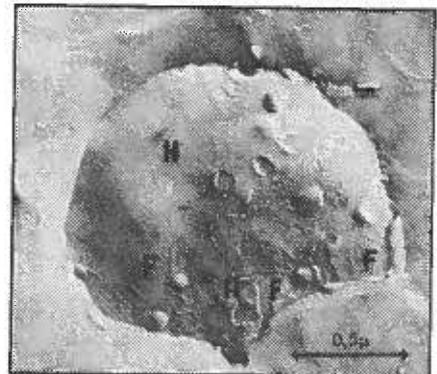
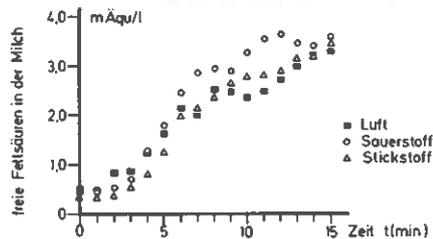


Abb. 4

Zunahme des Gehaltes der Milch an freien Fettsäuren bei Durchmischung mit Luft, Sauerstoff, Stickstoff



Die unterschiedliche Beanspruchung der Milch in Eimer- und Rohrmelkanlagen kommt in folgenden Zahlen zum Ausdruck (31 Betriebe):

- Eimermelkanlagen
0.41 mÄqu./l freie Fettsäuren
- Rohrmelkanlagen (gut)
0.71 mÄqu./l freie Fettsäuren
- Rohrmelkanlagen (schlecht)
2.60 mÄqu./l freie Fettsäuren

Das freie Fett kann durch Enzyme (Lipasen), die in jeder Milch in ausreichender Menge vorhanden sind, in seine Bausteine gespalten werden. Die wichtigsten Spaltprodukte sind die freien Fettsäuren. Darunter befinden sich solche, die schon in kleinen Konzentrationen einen ranzigen Geschmack der Milch verursachen. Man kann heute nicht generell sagen, wie stark die maschinelle Milchgewinnung beteiligt ist, wenn in Rahm und Butter zu hohe Gehalte an Fettsäuren festgestellt werden. Stufenkontrollen bis zurück zu den Produzenten ergeben aber in einzelnen Betrieben immer wieder ein recht unerfreuliches Bild. Dazu ein neueres Beispiel (Tabelle 1).

Tabelle 1: Säuregrad in Butter, die aus der Milch einzelner Lieferanten hergestellt wurde

Lieferant	Melkanlage	Säuregrad
1	Rohr	1.7
2	Rohr	1.6
3	Rohr*	2.4
4	Rohr	0.9
5	Eimer	0.7
6	Eimer	0.7

* mit grosser Steigung

In 3 von 6 Proben war der zulässige Säuregrad in der Butter von 1.2 deutlich überschritten. Die Ursache bestand hauptsächlich in zu grossem Lufteinlass in die Milch, in Turbulenzen und Schaumbildung.

Turbulenzen und Schäume

Schäume bestehen bekanntlich aus feinverteilten, von Flüssigkeitslamellen eingeschlossenen Gasbläschen. Milch enthält schaumfähige Substanzen. Sie neigt deshalb zum Schäumen, Morgenmilch stärker als Abendmilch. Hinzukommen muss also nur noch das Einsaugen von Luft. Milchschaum ist in der Regel bedeutend fettreicher als die Milch, aus der er stammt. Die Fettkügelchenmembran ist nun aber nur in der luftfreien Milch stabil. In Kontakt mit Luft ist sie instabil. Jede mechanische Belastung dieses labilen Systems bewirkt kurzfristig eine starke Schädigung der Membran. Die konventionelle Butterung beruht auf diesem Prinzip. Die Schüttelbewegung in den nur teilweise gefüllten Fertigern bringt Luftbläschen in den Rahm. Die Membranen breiten sich dann auf der Oberfläche der Luftbläschen aus. Die Emulsion bricht zusammen, Butterkörner entstehen.

Beim Abtransport der gemolkene Milch im Leitungssystem kommt es nun gerade darauf an, solches unbedingt zu vermeiden. Es ist deshalb gut, an einige Strömungsregeln zu erinnern.

Strömungen in Melkanlagen

1. Melkanlagen sind Transportsysteme für Luft und Milch. Die Strömungsbedingungen darin wechseln ständig, weil sich das Luft-Milch-Verhältnis dauernd ändert.
2. Ohne Druckunterschiede oder Gefälle gibt es in Melkanlagen keine Strömung. Es wird zwischen laminarer und turbulenter Strömung unterschieden. Eine laminare Strömung liegt vor, wenn sich die Schichten der Flüssigkeit nicht stören, das heisst, wenn sie in Stromlinien fließen. Eine turbulente Strömung liegt vor, wenn regellose

Mischbewegungen oder Wirbel auftreten. In den Wirbeln sind die Fettkügelchen erheblichen Spannungen ausgesetzt.

3. Beim Melken ist deshalb in der Milch eine laminare und beim Reinigen, wo die Energie der Wirbel gebraucht wird, eine turbulente Strömung erwünscht. In Rohrmelkanlagen strömt die Milch in Abwesenheit von Luft meistens laminar. Bei genügendem Gefälle und Leitungsquerschnitt trennen sich Luft und Milch relativ schnell. Die Luft strömt aber über der Milch bedeutend schneller zur Eindeinigkeit als es die Milch tut. An der Milchoberfläche entstehen deshalb Wellen. Bei starkem Lufteinlass und engen Leitungen kommt es unweigerlich zur unerwünschten Zapfenbildung.

4. In Rohren oder Schläuchen kann Milch nur durch Zapfenbildung gegen die Schwerkraft fließen. In Milchleitungen mit Steigungen ist Zapfenbildung unvermeidbar. Aus diesem Grunde sind Steigungen verboten.

Bei der Betrachtung des Lufteinlasses in das milchführende System einer Melkanlage ist zwischen notwendigen, unvermeidbaren und unbedingt zu vermeidenden Lufteinlässen zu unterscheiden.

Notwendiger Lufteinlass

Notwendig ist bei den konventionellen Melkmaschinen nur ein einziger Lufteinlass, nämlich derjenige in das Melkzeug. Durch Alexander Gillies, einem australischen Milchmann, wurde 1903 der Zweiraumbecher erfunden. Schon 2 Jahre später liess sich Gillies einen Lufteinlass in die Melkbecher oder das Sammelstück patentieren. Dieser Lufteinlass hat im wesentlichen 4 Funktionen:

- Beschleunigung des Milchabflusses
- Verminderung des Milchrückflusses, Zitzenwaschens und von Neueninfektionen (Tabelle 2)
- Stabilisierung des Melkvakuums
- Verbesserung der Zitzenmassage

Tabelle 2: Einfluss der Vakuumstabilität auf die Anzahl von Neuinfektionen

Untersuchungen	Melkvakuum	
	stabil	unstabil
Anzahl Kühe (1) Neuinfektionen	13	13
Minutengemelk, kg	11	24
	2,0	1,7

(1) Eineiige Zwillinge

Nach ISO-Standard 5707 werden an den Lufteinlass folgende Anforderungen gestellt:

- konstante Luftmenge von 4 bis 10 l/min bei Melkvakuum
- fixe Öffnung in solidem Werkstoff
- so angeordnet, dass in der Milch möglichst geringe Turbulenzen entstehen.

Das Sammelstück soll strömungstechnisch so ausgebildet sein, dass Milchrückfluss und Zitzenwaschen möglichst gering sind. Die nutzbare Kapazität, d.h. das Volumen unterhalb der Einmündung der Milchstutzen, soll mindestens 80 ml betragen.

Sammelstücke, die diesen Anforderungen nicht genügen, insbesondere solche mit einem zu grossen oder mit einem gegen den Milchstrom gerichteten Lufteinlass, sollten unbedingt ausgewechselt werden.

Ein konstanteres Vakuum und ein schonenderer Milchtransport beim Melken mit hochverlegten Milchleitungen ist am ehesten zu erreichen, wenn Milch und Luft schon im Sammelstück getrennt werden. Entwicklungsansätze sind vorhanden und entsprechende Systeme im Ausland vereinzelt auch schon im Einsatz.

Unvermeidlicher Lufteinlass

Nach dem notwendigen Lufteinlass in das milchführende System sind noch die Quellen des unvermeidbaren Lufteinlasses kurz zu erwähnen. Es sind im wesentlichen die Zitzenbecher und das Milchsystem. Beide sind nicht absolut vakuumdicht. An den Zitzen ist nur bei schlecht sitzenden Zitzengummis mit einem nennenswerten Lufteintritt zu rechnen.

Für das milchführende System ist nach ISO-Standard eine Leckluftrate von 20 l/min zulässig. Bei einem guten Unterhalt der Anlage ist es kein Problem, immer deutlich unter dieser Toleranz zu bleiben. Das Stichwort «Unterhalt» leitet schon zu den vermeidbaren Lufteinlässen über.

Vermeidbare Lufteinlässe

Sie lassen sich in Quellen, die entweder den Zustand oder die Bedienung der Melkanlage betreffen, unterteilen. Zustands- und damit wartungsbedingt sind praktisch alle Undichtigkeiten, angefangen bei Eimerdeckeln bis hin zu den Milchsschläuchen, den Milchhähnen und Rohrverbindungen. Eine mögliche Ursache für Fett-schädigungen besteht auch im Einsatz von Milchpumpen, wenn diese nicht mit vollem Milchfluss arbeiten. Aus dem Gemisch von Luft und Milch wird der stark destabilisierende Schaum produziert. Wo so etwas vorkommt, darf man mit Korrekturen keinen Tag warten.

Die wartungsbedingten Belastungen können durch Bedienungsfehler, die fast gewohnheitsmässig vorkommen, noch verstärkt werden. Zu diesen Fehlern gehört das Einsaugen grosser Luftmengen beim Ansetzen der Melkzeuge. Weitere Lufteinbrüche stehen meist in Zusammenhang mit schlechter Haftung der Melkzeuge, unruhigen Tieren und Fehlern beim maschinellen Ausmelken sowie beim Abnehmen der Melkzeuge. Bei Melkständen mit Messbehältern müssen bei der Entleerung der Behälter Lufteinbrüche unbedingt vermieden werden.

Alle diese vermeidbaren Lufteintritte belasten die Milch um so stärker, je ungünstiger die Installation ist.

Installation

Die milchführenden Leitungen haben in der Regel die Doppelfunktion, das Melkvakuum zu liefern und die ermolkene Milch abzuführen. Es ist ein grundsätzliches Postulat der Milch-schonung und Melktechnik, die Milchwege so kurz wie möglich zu halten. Je kürzer der Weg, desto kürzer die Zeit der Belastung.

Wo immer möglich, ist eine Ringleitung mit Doppeleinlauf zu erstellen. Der Ring erfüllt seinen Zweck aber nur, wenn die Milch jeder Kuh auch wirklich auf dem kürzesten Wege in die Endeinheit gelangt. In der Einheit, die ein Nutzvolumen von mindestens 18 Liter haben muss, darf es nicht zur Schaumbildung kommen. Dies kann durch einen tangential angeordneten Milcheintritt erreicht werden. Auch die Milchschleusen müssen schaumfrei arbeiten. Zwischen Endeinheit und Schleuse darf kein Leck bestehen.

Für einen schonenden Milchtransport im Leitungssystem sind noch folgende Hinweise wichtig:

- der Leitungsdurchmesser soll so bemessen sein, dass der Vakuumabfall im Rohr bei einer gegebenen Länge und einem zu erwartenden Milchdurchsatz 3 kPa nicht überschreitet,
- die Leitungshöhe soll so niedrig wie möglich, nie aber mehr als 2 m über dem Standplatz der Tiere sein.
- das Leitungssystem sollte 1 Prozent Gefälle haben und darf keine Steigungen oder andere Hindernisse aufweisen
- in Melkständen ohne Messbehälter sind die Leitungen tief zu verlegen, d.h. unter dem Standplatz der Tiere
- die Milchhähne müssen an der Oberseite der Leitung luftdicht angeschlossen sein, so dass die Milch oben frei in das Rohr eintreten kann
- der Auslass von Messbehältern in Melkständen soll einen Innendurchmesser von mindestens 18 mm haben
- zwischen Melkzeug und Milchleitung darf nichts installiert werden, was bei einem Minutengemelk von 3 kg eine Vakuumdifferenz von über 3 kPa verursachen könnte;

Milchmengen-Messgeräte müssen dieser Anforderung entsprechen

- der kurze Milchschauch soll einen Innendurchmesser von mindestens 8 mm aufweisen, durch die Anschluss-Stutzen darf er in Melkstellung auf keinen Fall reduziert werden
- der lange Milchschauch soll einen Innendurchmesser von mindestens 12,5, höchstens aber von 16 mm haben (bei grösserem Durchmesser kommt es zu Ausbutterungserscheinungen).

Kühlung der Milch und Einhaltung der Melkzeiten

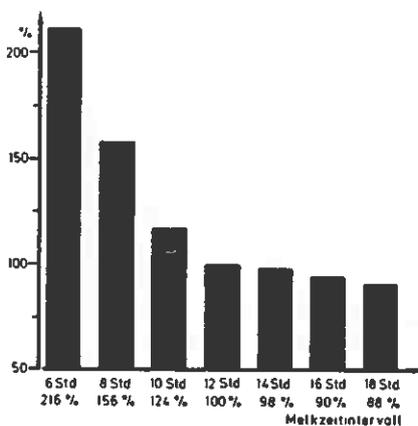
In zunehmendem Ausmass wird die Milch nun auch auf den Höfen tiefgekühlt und kühl gelagert. Nach den bisherigen Ausführungen dürfte klar geworden sein, dass sowohl beim Bau als auch beim Betrieb der Kühlanlagen eine grösstmögliche Schonung der Milch anzustreben ist. Hier sind besonders bei den Tauchkühlern Probleme festzustellen.

Schaumbildung muss sowohl beim Beschicken als auch beim Entleeren der Behälter vermieden werden. Ein kleines Milchvolumen in einem grossen Behälter, d.h. das erste Gemelk, ist in der Regel am meisten gefährdet.

Im Zusammenhang mit der Kühllagerung der Milch auf dem Hofe, bei der man weniger an bestimmte Melkzeiten gebunden ist, als bei der zweimaligen Ablieferung, kommt dem Einfluss des Melkzeitintervalles auf den Gehalt an freien Fettsäuren praktische Bedeutung zu. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Verkürzung des Melkzeitintervalles von 12 auf 8 Stunden eine Erhöhung des Gehaltes an freien Fettsäuren um 56 Prozent zur Folge hatte. Bei 6 Stunden Melkzeitintervall betrug die Erhöhung sogar 116 Prozent. Daraus ergibt sich die Folgerung, dass es für die Vermeidung von Fettveränderungen wichtig ist, sich strikte an gleichmässige Melkintervalle zu halten (Abb. 5).

Abb. 5

Relativer Gehalt der Milch an freien Fettsäuren, die zu ranzigem Geschmack führen können, in Abhängigkeit von der Zwischenmelkzeit (nach Suhren, 1981)



(12-Stunden-Intervall = 100%)

Folgerungen

Milch ist gegen mechanische Belastungen, insbesondere in Anwesenheit von Luft und auch bei der Melktemperatur ausserordentlich empfindlich. Die Belastungen wirken kumulativ. Das MilCHFett kann schon bei der Gewinnung so stark vorgeschädigt werden, dass die Verarbeitbarkeit der Milch beeinträchtigt ist, ohne dass dies bei der Qualitätsbeurteilung auffallen muss. Schonendste Behandlung der Milch ist deshalb oberstes Gebot. Die wichtigsten Bedingungen seien deshalb nochmals zusammengefasst:

- 1) Milchwege so kurz und niedrig wie möglich halten
- 2) Milchsystem regelmässig auf Undichtigkeiten kontrollieren, Milchhähne oben montieren
- 3) Lufteinlass in das Melkzeug beschränken: so viel wie nötig, aber so wenig wie möglich; Sammelstücke und andere Teile, die dieser Anforderung nicht entsprechen, auswechseln
- 4) Lufteinbrüche beim Melken unbedingt vermeiden
- 5) Milchsschläuche regelmässig auf Undichtigkeiten kontrollieren
- 6) Leitungsdurchmesser für Trennung von Luft und Milch gross genug wählen, so dass die Milch am Boden der Leitung ruhig und ohne Richtungswechsel abfließen kann
- 7) Milchleitung mit genügendem und gleichmässigem Gefälle bis hin zur Endeinheit verlegen, Abfluss durch Schwerkraft reduziert die Belastung
- 8) Vertikale Steigungen oder andere Hemmnisse, die grosse Strömungsgeschwindigkeiten verursachen, unbedingt vermeiden
- 9) Automatische Steuerung der Milchpumpen regelmässig kontrollieren, damit die Pumpen nur bei Anwesenheit von genügend Milch arbeiten
- 10) Milchfilter nur auf der Druckseite der Pumpe einsetzen
- 11) Schäumen, Eisbildung und Temperaturschwankungen bei Kühlung und Kühlagerung vermeiden
- 12) Besondere Gefährdung des 1. Gemelkes beachten
- 13) Gründlich reinigen und entkeimen, um Anreicherung kältetoleranter, fettsplattender Keime zu verhindern
- 14) Gleichmässige Melkintervalle einhalten und individuell fehlerhafte Milch im Sinne von Art. 56 des Schweiz. Milchregulativs zurückbehalten
- 15) Standprobe in Zweifelsfällen durchführen