



November 1985/143

Herausgegeben von der
Eidgenössischen Forschungsanstalt
für Milchwirtschaft
CH-3097 Liebefeld

Fettschädigung in der Milch und ihre Auswirkungen

Zusammengestellt aufgrund der Vorträge anlässlich
der mKBD-Fachtagung vom 20. September 1985 am
Schweiz. landw. Technikum in Zollikofen

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	Seite 2
Dr. C. Steffen, Direktor der FAM	
Fettschädigung - Qualitätsprobleme	Seite 3
M. Schweizer, Markenbutterinspektor Zentralverband schweiz. Milchproduzenten	
Methoden zur Erfassung der Fettschädigung	Seite 9
Dr. Beatrice Miller, Lbm.ing.ETH, Zürich	
Fettschädigung bei der Milchgewinnung	Seite 17
Dr. E. Flückiger, FAM	
Fettschädigung in Sammelstellen und Käsereien	Seite 27
F. Schaller, Ing.agr.ETH, FAM	
Möglichkeiten zur Bekämpfung der Ursachen von Fettschädigung	Seite 41
Dr. M. Schmutz, MIBA Milchverband Basel	
Schlussfolgerungen	Seite 49
Prof. Dr. Z. Puhon, ETH Zürich / Dr. C. Steffen	

Einleitung

=====

Dr. Chr. Steffen
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, 3097 Liebefeld

Während vieler Jahre stellten sich für den milchwirtschaftlichen Kontroll- und Beratungsdienst (mKBD) relativ selten Rahm- und Butterqualitätsprobleme. Diese beiden Produkte galten deshalb in unserer Milchwirtschaft als ziemlich problemlos. Für den mKBD, aber sicher auch für viele Milchverwerter, standen deshalb Fragen über Rahm und Butter nicht im Vordergrund. Wir sind uns aber sicher alle einig, dass es unser Bestreben sein muss, dem Konsumenten in der Schweiz qualitativ einwandfreie Milch, Rahm, Butter und auch andere Milchprodukte anzubieten. Vor rund 2 Jahren wurde deshalb von seiten der Butyra und des Markenbutterinspektorates des Zentralverbandes schweizerischer Milchproduzenten die Alarmglocke gezogen. Bei importierter Butter aus verschiedenen Herstellungsländern stellte man qualitative Mängel fest. Die Lagerstabilität der Butter liess zu wünschen übrig. Der Säuregrad in der untersuchten Butter war zu hoch. Um die Ursachen dieser Qualitätsmängel auszuschalten, ergriffen die Hersteller verschiedene Massnahmen. So soll beispielsweise heute in Deutschland die Butter einer thermischen Behandlung von 105 - 115 °C unterzogen werden. In andern Ländern erfolgt eine thermische Behandlung der Milch sobald sie beim Verarbeiter eintrifft, um eine genügende Lagerstabilität zu erreichen. Auch in der Schweiz zeigten sich erste Anzeichen für eine Qualitätsverschlechterung. Deshalb wurde eine Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern des Bundesamtes für Landwirtschaft, des Zentralverbandes schweizerischer Milchproduzenten, der Butyra, der Butterkontrollkommission, des Markenbutterinspektorates, der ETH und der Forschungsanstalt für Milchwirtschaft gebildet, um sich diesem Qualitätsproblem anzunehmen.

In verschiedenen Sitzungen zeigte sich, dass die Problematik sehr vielfältig ist. Verschiedene Feststellungen können noch nicht eindeutig erklärt werden. Hier wird es Aufgabe der Butterzentralen, der Butterkontrollkommission, des Markenbutterinspektorates und der milchwirtschaftlichen Forschung sein, in enger Zusammenarbeit die Probleme zu lösen. Die Diskussionen zeigten aber bald einmal, dass verschiedene Ursachen, die zur Beeinträchtigung der Butter- und Rahmqualität führen können, bekannt sind. Es ist aber wichtig, dass man sich dessen bewusst wird und dem in der Praxis auch Rechnung trägt. Der heutigen Tagung kommt in der Disposition zur Bekämpfung von Rahm- und Butterfehlern eine zentrale Bedeutung zu. Es soll versucht werden, über die Probleme der Fettschädigung in verschiedenen Vorträgen objektiv zu informieren und das Vorgehen zur Bekämpfung möglicher Fehlerursachen aufzuzeigen.

Das weitere Vorgehen ist wie folgt geplant: Wir möchten zuerst die heutige Diskussion verfolgen, anschliessend eine Tagung mit den Installationsfirmen organisieren, die Käser in den Diskussionsgruppen informieren; weitere Forschungsarbeiten sind vorgesehen und die Diskussionen in der Arbeitsgruppe für Rahm- und Butterqualitätsfragen sollen weitergeführt werden.

Zusammenfassend möchte ich nochmals festhalten, dass in der Schweiz erste deutliche Probleme sichtbar sind. Wir möchten diese nicht dramatisieren, sind aber der Meinung, dass vorbeugen besser ist als heilen.

Fettschädigung - Qualitätsprobleme

M. Schweizer
Zentralverband schweiz. Milchproduzenten
Bern

1. Bedeutung des Milchfettes

Milchfett stellt neben Protein den wertvollsten Bestandteil der Milch dar. Seine Bedeutung ist gekennzeichnet durch:

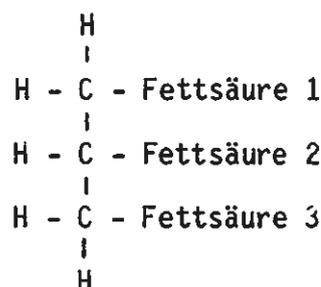
- den Nährwert
- den Geschmack und die physikalischen Eigenschaften
- die wirtschaftliche Bedeutung

2. Das Milchfett

Milchfett stellt ein komplexes Gemisch aus verschiedenen Komponenten dar, die sich teils nur gering in ihren Eigenschaften unterscheiden. Man unterscheidet:

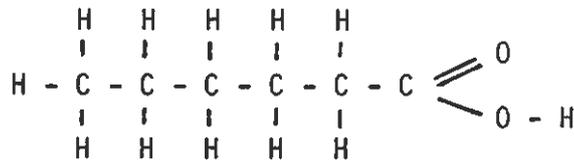
Bezeichnung	Bestandteile	Anteil am Milchfett
Einfache Fette	Triglyceride	98 - 99 %
Zusammengesetzte Fette	Phospholipide Lezithin	0.2 - 1.0 %
Fettbegleitstoffe	Sterine Cholesterin Vitamine	0.5 - 0.8 %

Triglycerid = Verbindung des 3-wertigen Alkohols Glycerin mit Monocarbonsäuren (Fettsäuren)



Die **Grundsteine** des Milchfettes sind die **Fettsäuren**. Es sind einfache chemische Verbindungen, bestehend aus einer Kette von C-Atomen mit einer endständigen Säuregruppe.

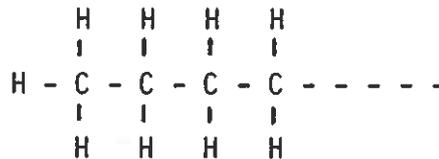
Bsp. **Capronsäure**



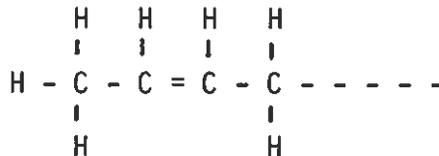
Man unterscheidet in:

- **Hauptfettsäuren:** >1 % am Gesamtanteil der FS beteiligt / Zahl 14 / Anteil am Gesamtfettsäuregehalt ~ 99 %
- **Minorfettsäuren:** >1 % am Gesamtanteil der FS beteiligt / Zahl ca. 80

- **Gesättigte Fettsäuren**



- **Ungesättigte Fettsäuren:**



- **Kettenlänge der FS:**

kurzkettige FS
mittelkettige FS
langkettige FS

Die Fettsäuren sind verantwortlich für:

- Schmelz- und Kristallisationsverhalten (Konsistenz)
- Geschmack und Geruch
- Reaktionsbereitschaft (Oxydation)
- ernährungsphysiologische Wertigkeit (essentielle FS)

Die Eigenschaften des Milchfettes setzen sich aus den Eigenschaften seiner Fettsäuren zusammen.

Die Struktur des Milchfettes

Milch und Rahm sind Emulsionen, bestehend aus Fettkügelchen in einer wässrigen Phase (Serum, Magermilch, Plasma).

Milch und Rahm sind stabile Emulsionen, d.h. die Fettkügelchen bleiben in der wässrigen Phase verteilt und fließen nicht zusammen. Die Stabilität ist auf die besondere Beschaffenheit der Fettkügelchen-Membrane zurückzuführen.

Unter Destabilisierung der Fettphase versteht man eine Schädigung der Hüllenmembran → Freisetzung von Fett = **freies Fett** (Ausölung, Ausbutterung). Freies, ungeschütztes Fett ist für Fettspaltung oder Oxydation leicht zugänglich. Eine Destabilisierung kann erfolgen durch:

- starke mechanische Beanspruchung
- hohe Fettkonzentration
- Schaumbildung
- bruske Temperaturwechsel (Gefrieren)
- Dehydratisierung
- Zusatz oberflächenaktiver Stoffe

Die Destabilisierung des Fettes ist irreversibel!

3. Fettfehler

3.1. **Hydrolytische Spaltung** = Abtrennung der FS vom Glycerin

Für die Milchwirtschaft von Bedeutung ist die **enzymatische Spaltung** (Lipolyse). Verantwortliche Enzyme für die Fettspaltung sind:

- milcheigene oder originär Lipasen
- mikrobiell gebildete oder sekundär Lipasen

Sekundär Lipasen sind wesentlich aggressiver und besitzen eine hohe **Hitzestabilität**. Man unterscheidet:

- Spontan Lipolyse: Kuhindividuelle Faktoren, Fütterung
- Induzierte Lipolyse: mechanische Beanspruchung, Turbulenzen, Homogenisieren
- Mikrobielle Lipolyse: Kontamination von Milch und Milchprodukten mit lipolytischen Mikroorganismen

Die hydrolytische Spaltung ist verantwortlich für den **ranzigen Geschmack** in Milch und Milchprodukten, wofür vor allem die freien Fettsäuren von C 4 - C 10 verantwortlich sind.

Massnahmen zur Bekämpfung von lipolytischen Fehlern

- Reduktion der Standzeiten von Rohmilch und Rohrahm
- Reduktion der mechanischen Belastung
- Anpassung der thermischen Behandlung
- ausreichende Reinigung und Desinfektion von Geräten und Anlagen

Analytisch wird das Mass der Fettspaltung über die Titration der "freien" (abgespaltenen) Fettsäuren erfasst.

Auch in unserem Lande wurde in den letzten Jahren in zunehmendem Masse eine verminderte, teilweise ungenügende Stabilität der zur Verarbeitung angelieferten Milch resp. Rahmes festgestellt:

- 11.3 % des an die Butterzentralen angelieferten MZ-Rahmes weisen einen Säuregrad im Fett von über 1.2 auf.
- Die Taxationswerte für Vorzugsbutter ergaben für 1983/84:

	lipolytische Fehler	oxydative Fehler
Frischbutter	7.1 %	3.6 %
gelagerte Butter	17.6 %	12.1 %
- Im Bereich Konsumrahm werden vermehrt Schwierigkeiten hinsichtlich physikalischer Qualitätskriterien festgestellt.

Von den zunehmend auftretenden Qualitätsfehlern in der Fettphase von Milch und Rahm ist vor allem die Qualität pasteurisierter Milch und Milchprodukte betroffen. Wollen wir den Absatz dieser Produkte für die Zukunft sicherstellen, müssen wir in allen Bereichen der Milchgewinnung, -behandlung und -verarbeitung die Qualitätserhaltung vermehrt in den Vordergrund stellen, d.h. Anlagen und Verfahren müssen auf die spezifischen Eigenschaften und Belastbarkeiten von Milch und Milchbestandteilen ausgerichtet werden.

**QUALITÄT IST DAS FUNDAMENT UNSERER MILCHWIRTSCHAFT,
NACH IHR HAT SICH DIE TECHNIK ZU ORIENTIEREN!**

Methoden zur Erfassung der Fettschädigung

Dr. Beatrice Miller, Labor für Milchwissenschaft,
ETH-Zürich

1. Formen der Fettschädigung bei mechanischer Belastung

Als Fettschädigung werden physikalische Veränderungen in der Fettfraktion, verursacht durch mechanische Belastung der Milch, bezeichnet. Mulder und Walstra (1) unterscheiden zwei Typen der Fettschädigung, die Disruption und die Koaleszenz:

Die **Disruption** (Zerkleinerung der Fettkügelchen) führt zu einer vergrößerten Anzahl Kügelchen mit kleinerem Durchmesser. Dadurch nimmt die gesamte Kügelchenoberfläche zu. Diese zusätzliche Oberfläche wird durch Adsorption von Proteinen aus dem Plasma, vor allem von Caseinmicellen, bedeckt. Fett aus durch Disruption veränderten Kügelchen bildet ein gutes Substrat für die Hydrolyse durch die milcheigene Lipase. Die Aufräumung der Fettkügelchen ist nach erfolgter Disruption sehr langsam. Durch die Proteinadsorption können die neugebildeten Kügelchen spezifisch schwerer werden als die Magermilchphase.

Die **Koaleszenz** (Vereinigung der Fettkügelchen) führt zur Abnahme der Kügelchenzahl bei gleichzeitiger Vergrößerung des Durchmessers. Die gesamte Kügelchenoberfläche verringert sich dabei. Teile der Membran wie Proteine und polare Lipide gehen in die Magermilch über. Im nativen Zustand verhindert die Membran die Vereinigung der Fettkügelchen. Der Vorgang der Koaleszenz ist noch nicht in allen Einzelheiten bekannt. Es ist jedoch anzunehmen, dass örtliche Defekte der Membran zur Einleitung dieses Prozesses notwendig sind. Im weiteren muss der Inhalt der Fettkügelchen flüssig sein. Liegt ein Teil des Fettes in kristallisierter Form vor, ist nur partielle Koaleszenz möglich. Die Kügelchen bilden in diesem Fall sogenannte Klumpen, welche an den defekten Membranstellen über das flüssige Fett zusammenkleben. Erst beim Erwärmen der Milch, d.h. bei Verflüssigung des Fettes, tritt vollständige Koaleszenz ein. Die durch Klumpung verklebten, sowie die durch Koaleszenz gebildeten grossen Kügelchen rahmen schneller auf als die nativen. Grosse, sichtbare Klumpen werden auch als Butterkörner bezeichnet. Koaleszenz begünstigt die Demulgierung, welche in sichtbaren Tropfen ausgeölten Fettes resultiert.

Abbildung 1 zeigt schematisch die möglichen physikalischen Veränderungen der Fettkügelchen. Disruption und Koaleszenz sind auch gleichzeitig möglich. Welcher Vorgang bevorzugt auftritt und wie gross das Ausmass der physikalischen Veränderung des Milchfettes ist, hängt von der Art der mechanischen Belastung, aber auch von den chemisch-physikalischen Eigenschaften der Emulsion ab. Ein hoher Fettgehalt begünstigt die Koaleszenz bzw. Klumpung der Fettkügelchen. Mechanische Belastungen, bei denen das Fett flüssig vorliegt, z.B. beim Melken, fördern Disruption und Koaleszenz. Liegt das Fett teilweise fest vor, z.B. beim Kühlen, tritt Klumpung bevorzugt ein.

2. Erfassung der Fettschädigung

2.1. "Lipolysierbares" Fett, freie Fettsäuren, Säuregrad im Fett

Fett aus durch **Disruption** veränderten Fettkügelchen ist als Substrat für die milcheigene Lipase zur Hydrolyse verfügbar. Solches geschädigtes Fett wird in der Praxis bei Rohmilch und Rohrahm deshalb vielfach durch Bestimmung der freien Fettsäuren oder des Säuregrades festgestellt. Um das Ausmass der mechanischen Belastung bzw. der Fettschädigung zu charakterisieren, sind diese Methoden jedoch nur beschränkt geeignet. Das Ausmass der Fettsäuren-Freisetzung (Lipolyse) ist nämlich nicht nur vom Gehalt an geschädigtem Fett, sondern auch von der Lagertemperatur (Abbildung 2) und der Lagerdauer (Abbildung 3) der Proben abhängig. Bei der Bestimmung des lipolysierbaren Fettes (3) erfolgt die Bestimmung der freien Fettsäuren nicht unmittelbar nach der Probefassung, sondern erst nach einer 2tägigen Inkubation der Proben bei 37 °C (= optimale Temperatur für die Lipaseaktivität), d.h. erst wenn die milcheigene Lipase alles durch die Fettschädigung verfügbar gewordene Fett gespalten hat.

Die gebräuchlichsten Methoden zur Bestimmung der freien Fettsäuren in Milch und Rahm sind die BDI-, die Auto-Analyzer-, die Deeth- und die BLM-Pedia-Methode (6, 7, 8, 9). Bei Rahm und Butter wird vielfach die Bestimmung des Säuregrades im Milchfett (2) durchgeführt. Mit der Sinnesprobe nach schweizerischem Lebensmittelbuch (2) lassen sich über den ranzigen Geschmack der freigesetzten Fettsäuren Proben mit sehr starker Fettschädigung feststellen.

Aufgrund der verschiedenen Extraktions- und Titrationsverfahren liefern die erwähnten Methoden zur Bestimmung der freien Fettsäuren bzw. des Säuregrades unterschiedlich hohe Werte. Ein direkter Vergleich der Analysenwerte, bestimmt nach verschiedenen Methoden, ist nicht möglich. Es bestehen jedoch Korrelationen zwischen den Methoden. Die Angabe der freien Fettsäuren erfolgt in mAeq oder mmol pro Liter oder Kilogramm Milch (Auto-Analyzer, Deeth und BLM) bzw. pro 100 g Fett (BDI). Der Säuregrad wird in Anzahl ml 1-n Lauge pro 100 g Fett angegeben.

Der Gehalt an freien Fettsäuren steht in Zusammenhang mit dem ranzigen Geschmack der Milch und Milchprodukte. Als geschmackliche Schwellenwerte werden für die Konzentration der freien Fettsäuren in Milch, Rahm und Butter 1.5 - 2.0 mAeq/100g Fett (BDI-Methode) angegeben. Bei der BLM-Methode gelten für Milch 1.8 - 2.4 mAeq/l. Nach schweizerischem Rahmlieferungsreglement darf Vorzugsbutter einen Säuregrad im Fett von höchstens 1.2 aufweisen.

2.2. "freies" Fett

Fett aus durch **Koaleszenz** bzw. **Klumpung** veränderten Kügelchen, lässt sich analytisch durch Bestimmung des freien Fettes erfassen. Die gebräuchlichsten Methoden zur Bestimmung des freien Fettes sind die Zentrifugationsmethode (4) und die Extraktionsmethode (5). Bei der Zentrifugationsmethode wird das freie Fett durch Zentrifugieren vom Fett in intakten Kügelchen abgetrennt und kann in speziellen Butyrometern volumetrisch abgelesen werden. Bei der Extraktionsmethode hingegen wird das freie Fett mit einem organischen Lösungsmittel extrahiert und nach Abdampfen des Lösungsmittels gravimetrisch bestimmt. Die Angabe des freien Fettes erfolgt in Prozent der Probe oder in Prozent des Gesamtfettes. Die beiden Methoden erfassen unterschiedliche Anteile an geschädigtem Fett. Somit lassen sich die Analysenwerte nur bedingt miteinander vergleichen, wobei die Werte bei Anwendung der Extraktionsmethode stets höher liegen.

2.3. Probefassung

Vor der Probefassung muss die Milch oder Rahmprobe gut, aber schonend, durchmischt werden. Grosse Schaummengen mit stark ausgebuttertem Fett, wie z.B. bei der Hofkühlung beobachtet wurde, lassen sich nicht mehr mit der übrigen Milch mischen. In solchen Fällen muss der Schaum mit einem Sieb entfernt und separat analysiert werden. Die freien Fettsäuren müssen sofort nach der Probefassung bestimmt oder wenigstens extrahiert werden, da die Lipolyse durch tiefe Lagertemperaturen (4 °C) nicht verhindert werden kann. Für die Bestimmung des lipolysierbaren Fettes müssen die Proben möglichst rasch ins Labor zur Inkubation gelangen. Da Kühlen der Proben Fettschädigung verursachen kann, müssen ungekühlte Proben (z.B. nach dem Melken) für die Bestimmung des lipolysierbaren Fettes auch ungekühlt transportiert werden.

3. Literatur

- 1) MULDER H. / WALSTRA P.
"The milk fat globule"
Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen,
the Netherlands, 1974
- 2) SCHWEIZERISCHES LEBENSMITTELBUCH
Bd. 2, spez. Teil, Methoden 1/01 und 3A/09, EDMZ (1976)
- 3) MILLER B:
"Lipolysierbares Fett als Folge der Fettschädigung bei der
Rohmilchgewinnung und -behandlung"
Diss. ETH Nr. 7844 (1985)
- 4) HALTER N. / PUHAN Z. / SCHMUTZ M.
"Einfache und rasche Methode zur Erfassung der Fettschädigung
in Milch und Rahm"
Dtsch. Molk. Ztg. 25, 884-885 (1978)
- 5) FINK A. / KESSLER H.G.
"Determination of free fat in cream for the assessment of damage
caused to fat globules by processing"
Milchwiss. 38 (6), 330-334 (1983)
- 6) DRIESSEN F.M. / JELLEMA A. / VAN LUIN F.J.P. / STADHOUDERS J. /
WOLBERS G.J.M.
"The estimation of the fat acidity in raw milk. An adaption of
the BDI-method, suitable for routine essays"
Neth. Milk Dairy J. 31, 40-55 (1977)
- 7) LINDQUIST B. / ROOS T. / FUJITA H.
"Auto-Analyzer determination of free fatty acids in farm milk.
Modification of present methods to simplify transportation of
the sample"
Milchwissenschaft 30 (1), 12-17 (1975)
- 8) DEETH H.C. / FITZ-GERALD C.H. / WOOD A.F.
"A convenient method for determining the extent of lipolysis in milk"
Austr. J. Dairy Technologie, Sept., 109-111 (1975)
- 9) MOUILLET C. / LUQUET F.M. / NICOD H. / BOUDIER J.F. / MAHIEU H.
"La lipolyse des laits. Etude d'une méthode rapide de mesure:
BLM-PEDIA"
Le Lait 61 , 171 (1981)

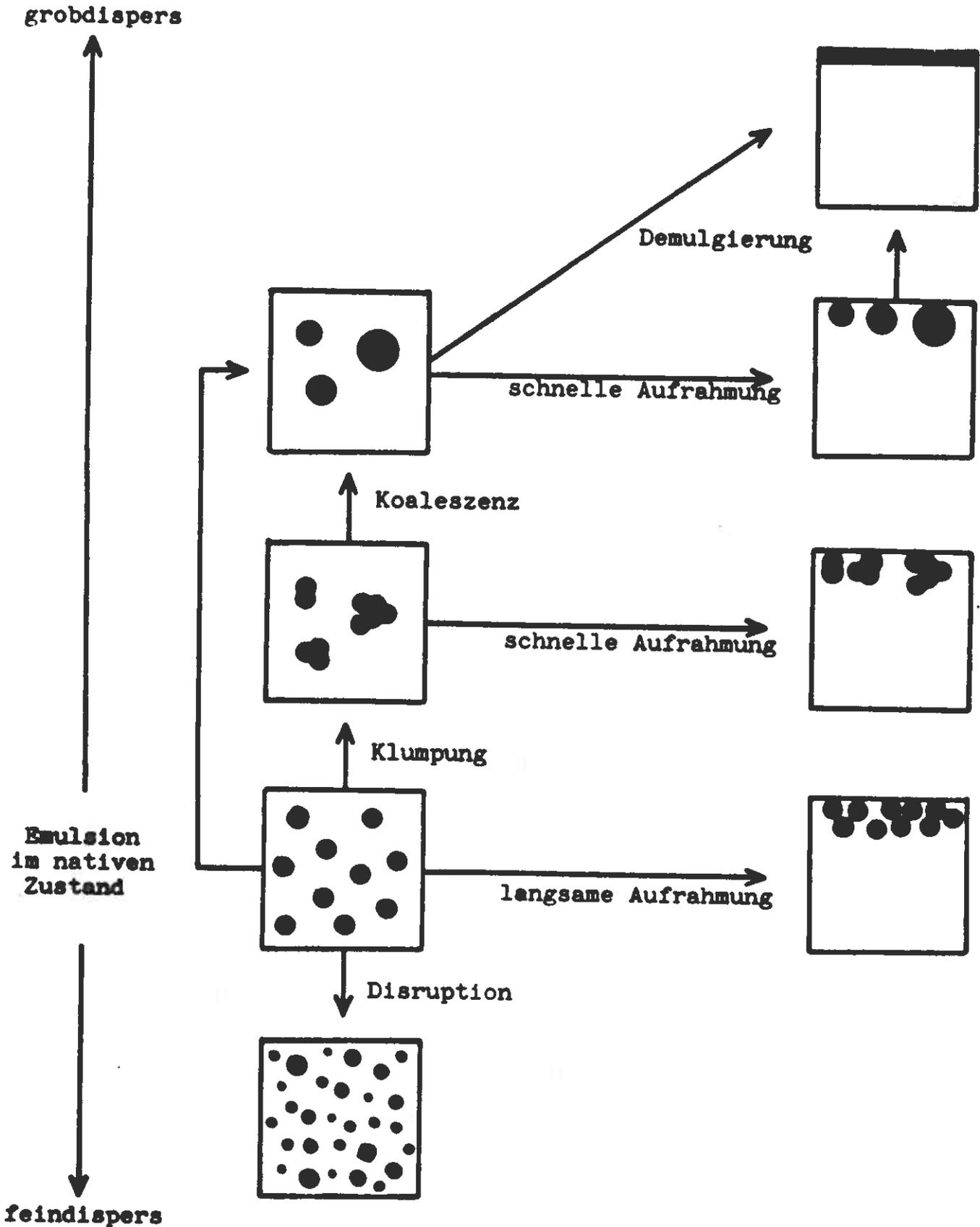


Abbildung 1: Physikalische Veränderungen der Fettkügelchen bei mechanischer Belastung, sowie die Aufrahmbereitschaft der Kügelchen in den einzelnen Emulsionszuständen (1)

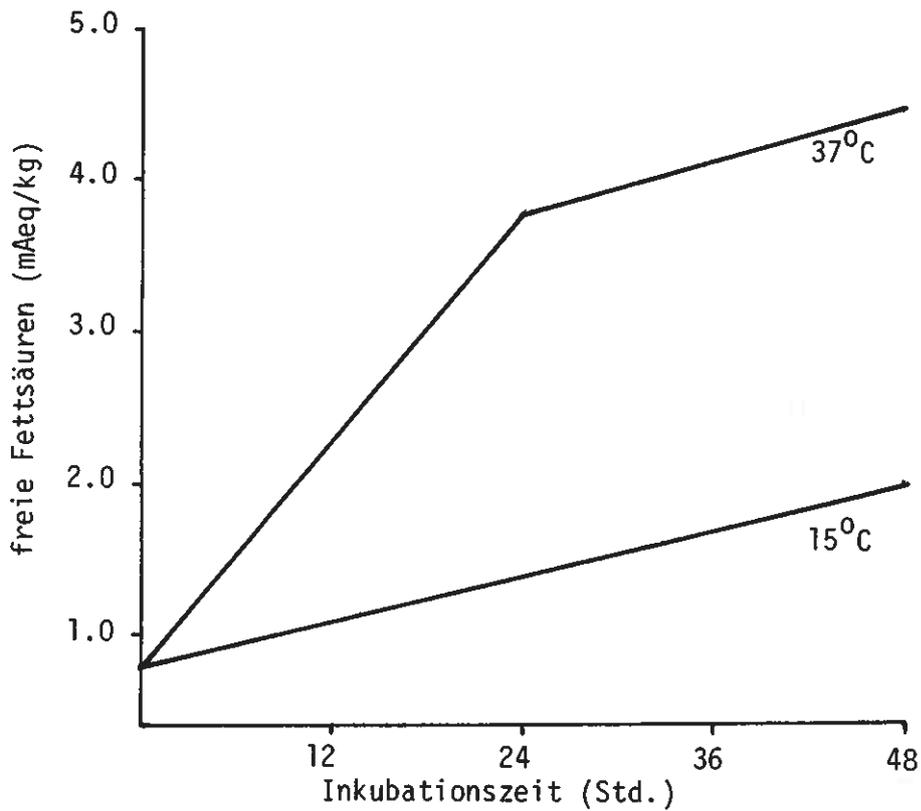


Abbildung 2: Einfluss der Lagertemperatur auf den Gehalt an freien Fettsäuren in mechanisch belasteter Rohmilch

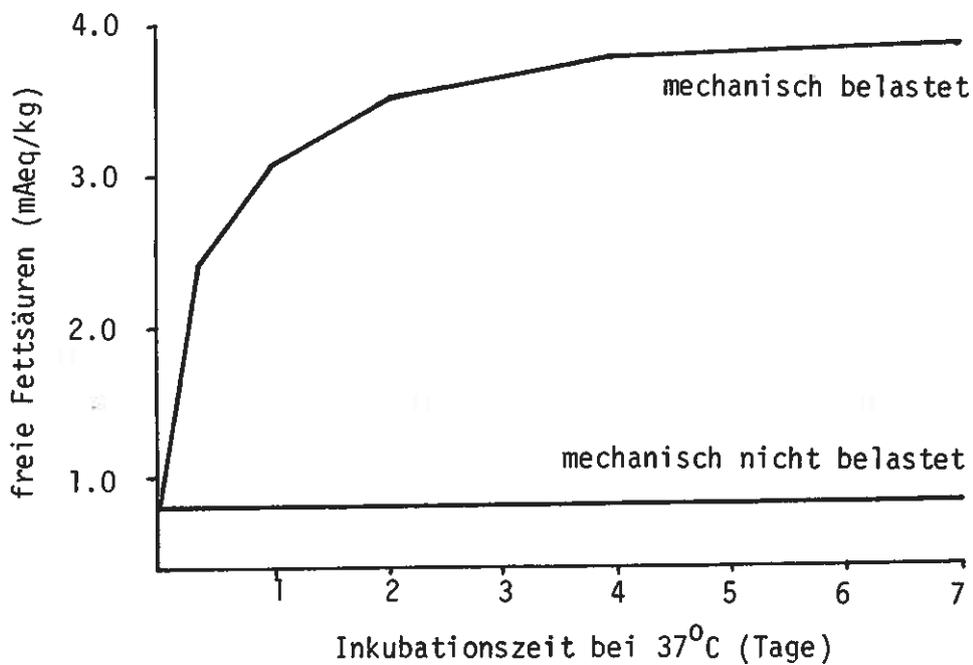


Abbildung 3: Einfluss der Lagerdauer auf den Gehalt an freien Fettsäuren in mechanisch belasteter und nicht belasteter Rohmilch

ANHANG

Bestimmung des lipolysierbaren Fettes

Definition

Als lipolysierbares Fett wird derjenige Anteil des Milchfettes bezeichnet, welcher als Folge der Emulsionsveränderungen durch mechanische Belastung von der milcheigenen Lipase hydrolysiert werden kann.

Anwendungsbereich

für Rohmilch und Rohrahm

Prinzip

Rohmilchproben werden inkubiert bis die milcheigene Lipase das verfügbare Fett hydrolysiert hat. Darauf erfolgt die Bestimmung der freien Fettsäuren. Von der Menge an freigesetzten Fettsäuren kann auf das Ausmass der Fettschädigung geschlossen werden.

Apparate, Hilfsmittel und Reagenzien

- Reagenzgläser mit Stopfen, sterilisiert
- Mikropipette
- Brutschrank 37⁰C
- Perhydrol, 30%

Probefassung

Bei der Probefassung ist eine weitgehend aseptische Arbeitsweise einzuhalten. Die Proben sollten sofort nach der Fassung untersucht werden, ohne vorherige Kühlung, da die Kühlung fettschädigenden Einfluss haben kann.

Bestimmung

12 ml Rohmilch oder 5 ml Rohrahm werden in das sterilisierte Reagenzglas überführt. Danach werden 40 (Rahm 20) µl Perhydrol (= ca. 0,1% Wasserstoffperoxid) zugesetzt und das Reagenzglas mit dem Stopfen verschlossen.

Durch vorsichtiges Kippen wird der Inhalt gemischt, das Reagenzglas anschliessend in den Brutschrank gestellt. Nach 48stündiger Inkubation bei 37°C werden in 5 g Milch oder 1 g Rahm die freien Fettsäuren bestimmt. Eine homogene Verteilung des während der Inkubation aufgerahmten Fettes kann durch Kippen der Milchproben unmittelbar nach der Entnahme aus dem Brutschrank, bevor diese abgekühlt sind, erreicht werden.

Die Konzentration von Wasserstoffperoxid wird wegen der möglichen inaktivierenden Wirkung auf die Milchlipase niedrig gehalten. Bei starker mikrobieller Kontamination der Proben erreicht man mit der oben angegebenen Perhydrolmenge unter Umständen keine ausreichende bakterizide Wirkung. Im Falle eines mikrobiellen Wachstums muss die Untersuchung wiederholt werden. Dieses ist nach 48stündiger Inkubation der Proben an Gasbildung, Gerinnung oder abnormem Geruch erkennbar.

Auswertung

Das lipolysierbare Fett wird als Gehalt an freien Fettsäuren nach der Inkubation angegeben und bei der Fettsäuren-Bestimmung nach Deeth (8) wie folgt berechnet:

$$\text{LF in mAeq Fettsäuren/kg} = (T-B) \times N \times F \times \frac{1000}{E} \times \frac{\frac{E + \%F}{(U + DF \times 100)}}{P}$$

T = Titrationswert der Probe (ml Lauge)

B = Titrationswert des Blindwertes (ml Lauge)

N = Normalität der Lauge (Aeq/l)

F = Faktor der Lauge

E = Einwaage der Probe (g)

U = Volumen des Ueberstandes (ml)

%F = Fettgehalt der Probe (%)

DF = Dichte des Milchfettes bei Zimmertemperatur (0,915 g/ml)

P = Pipettierte Menge aus dem Ueberstand (ml)

Fettschädigung bei der Milchgewinnung

=====

Dr. E. Flückiger
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, 3097 Liebefeld

1. Einleitung

Die Entwicklung auf dem Gebiete der Milchgewinnung ist gekennzeichnet durch:

- Einen zunehmenden Grad der Mechanisierung beim Melken
- Einen wachsenden Anteil hofgekühlter Konsummilch
- Eine Tendenz zu längerer Kühllagerung auf dem Hofe
- und nicht zuletzt durch steigende Milchleistungen und mittlere Bestandesgrössen.

Dieser Wandel hat besonders durch die Zunahme der Rohmelkanlagen eine grössere mechanische Belastung der Milch mit sich gebracht. Gleichzeitig mehren sich die Anzeichen dafür, dass die Belastbarkeit der Milch kleiner geworden ist. Am belastungsempfindlichsten ist das Milchfett. Je grösser seine Schädigung bei der Milchgewinnung ist, desto kleiner wird der Spielraum der Milchverarbeiter, da sich die Schäden addieren. Die technische Entwicklung lässt sich nicht aufhalten. Was aber aufgehalten und verschiedenenorts sogar rückgängig gemacht werden muss, das ist die Fettschädigung. Bei den bestehenden Melk- und Kühlanlagen stellt sich die Frage, wo die kritischen Punkte liegen und was dagegen zu tun ist.

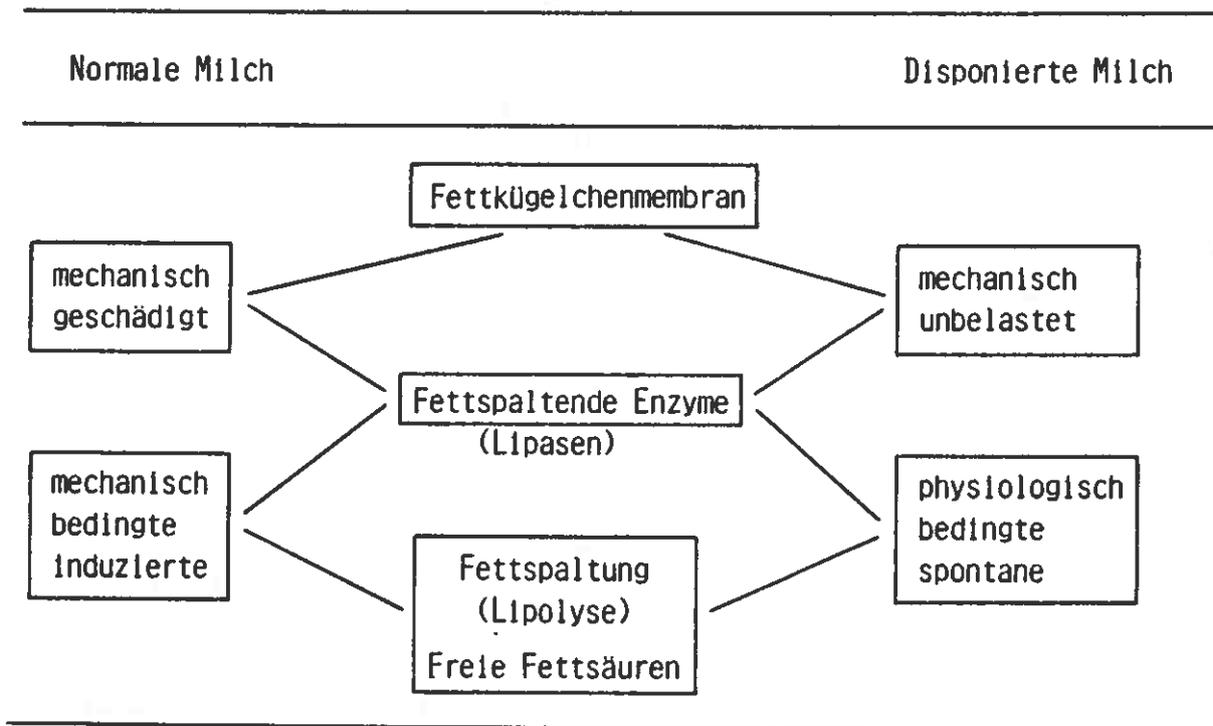
2. Fettschädigungen

Von praktischer Bedeutung sind vor allem:

- Die Entstehung von freiem Fett bis hin zu sichtbaren Ausbutterungen
- und die Bildung freier Fettsäuren bis hin zur sensorisch wahrnehmbaren Ranzigkeit.

Wichtigster Gradmesser für die Fettschädigung in Rohmilch ist ihr Gehalt an freien Fettsäuren (FFS). FFS entstehen durch die enzymatische Spaltung des Fettes. Dabei sind, wie die folgende Uebersicht zeigt, 2 Ursachenkomplexe zu unterscheiden.

Tabelle 1: Entstehung freier Fettsäuren bei der Milchgewinnung



Zwischen normaler und disponierter Milch bestehen Uebergänge.

3. Disponierte Milch - spontane Lipolyse

Für Fettspaltung disponierte Milch reagiert meistens deutlich empfindlicher auf mechanischen Stress als normale Milch. In Extremfällen findet Fettspaltung auch ohne jede mechanische Belastung statt. Nach neueren Arbeiten verstärken folgende Faktoren die Disposition:

- Blutbestandteile in der Milch
- Spätlaktation
- Milchleistungen unter 3 kg/Gemelk
- Kurze Melkintervalle (Zwischenmelkzeiten von 10 Std. und darunter)
- Hormonale Störungen im Sexualzyklus
- Zellzahlen über 500'000/ml
- Fütterungsfehler.

Zu den Massnahmen gegen die Fettschädigung bei der Milchgewinnung zählen somit:

- Bekämpfung von Sekretionsstörungen
- Nichtablieferung der Milch von altemelken und stiersüchtigen Kühen (Art. 56, MLR)
- Vermeidung kurzer Melkintervalle
- Förderung der Fruchtbarkeit
- und leistungsgerechte Fütterung.

Für Ranzigkeit disponierte Einzelmilchen können mit der bewährten Standprobe erkannt werden.

4. Mechanisch bedingte Fettschädigung beim Melken

4.1 Lipolysierbares Fett in unbelasteter Milch

Als Mass für die mechanische Belastung der Milch beim Melken gilt die Zunahme der FFS bzw. des lipolysierbaren Fettes (LF) im Vergleich zu einer Milch, die ohne mechanische Belastung gewonnen wurde. Die folgende Tabelle zeigt das Resultat eines solchen Vergleiches. Die unbelastete Probe wurde mit einem Röhrchen und die belastete mit einer Eimermelkanlage gewonnen.

Tabelle 2: Lipolysierbares Fett in unbelasteten (mit dem Röhrchen gewonnenen) und belasteten (mit einer Eimermelkanlage gemolkenen) Milchproben (B. Miller, 1985)

Kuh Nr.	Probe (1)	Röhrchen Lipolysierbares Fett mAeq/kg	Eimer Lipolysierbares Fett mAeq/kg	Zuwachs
1	MM	0.80	0.92	0.12
	AM	0.80	1.07	0.27
2	MM	0.80	0.97	0.17
	AM	0.88	1.09	0.21
3	MM	0.78	1.02	0.24
	AM	0.84	1.04	0.20
4	MM	0.84	0.92	0.08
	AM	0.76	1.00	0.24

(1) MM = Morgenmilch, AM = Abendmilch

Aus den Zahlen geht hervor, dass schon die unbelastete Milch ca. 0.8 mAeq/kg LF enthält. Beim Eimermelken kamen 0.1 bis 0.3 mAeq/kg dazu. Die Werte der Abendmilch liegen in der Regel über denen der Morgenmilch. Der Zuwachs entspricht einer praktisch nicht vermeidbaren Fettschädigung, da er auch beim Handmelken nicht kleiner ist. Die Faktoren, die zu einer weitgehenden Fettschädigung beim Melken führen, können 3 Gruppen zugeordnet werden:

- Melkverfahren
- Installation
- Wartung und Bedienung

4.2 Einfluss des Melksystems bzw. -verfahrens

Die Melkanlagen haben eine Doppelfunktion: Milchentzug und -abtransport. Für die mechanische Belastung der Milch sind die Strömungsbedingungen beim Abtransport entscheidend. Mit Fettschädigungen ist vor allem bei Turbulenzen in Milch-Luft-Gemischen und bei Schaumbildung zu rechnen. Diese Feststellung erklärt weitgehend die Rangfolge der Melkverfahren nach zunehmendem Gehalt an FFS wie sie unter Feldbedingungen gefunden wurde (Driessen et al., 1977).

Tabelle 3: Rangfolge der Melkverfahren; aufgestellt nach zunehmendem Gehalt an FFS in Lieferantenmilchen (FFS nach modifizierter BDI-Methode)

Melkverfahren	N	ml 1 N NaOH pro 100 g Fett	% >0.8(2)
Eimermelkanlage	265	0.39	2.6
Handmelken, mit Schaum	10	(1)	
Rohrmelkanlage, tiefverlegt	328	0.62	15.5
Melkstand mit Messbehälter	899	0.65	14.5
Rohrmelkanlage, hochverlegt	429	0.77	32.1
Melkstand, hochverlegt	1142	0.83	40.3

(1) Eingeordnet nach B. Miller, keine Wertangabe wegen verschiedener Analytik.

(2) Anteil Betriebe mit Säuregraden über 0.8.

Folgende 3 Punkte sind zu betonen:

- Installations- und Bedienungsunterschiede beeinflussen die Fettschädigung stärker als Fabrikatunterschiede
- Melken mit Rohrmelkanlage und Fettschonung sind nicht unvereinbar
- Der Anteil Rohrmelkanlagen mit zu hoher Fettschädigung muss so tief wie möglich gehalten werden; 15 - 40 % (siehe Tabelle) sind entschieden zu hoch
- Die Rangfolge kann im Einzelfall, d.h. infolge guter oder schlechter Installation eine völlig andere sein.

4.3 Einfluss der Installation

Für die Installation von Rohrmelkanlagen gibt es kein Einheitsschema, wohl aber allgemeingültige Grundsätze zur Vermeidung von Fettschädigungen. Die wichtigsten davon sind die folgenden:

- Strömungstechnisch günstigste Lösung sorgfältig abklären
- Milchwege so kurz und niedrig wie möglich halten
- Leckagen im milchführenden System, d.h. Lufteintritt in das System so weit wie möglich ausschliessen
- Steigungen unbedingt vermeiden, ebenso Einbauten, die grosse Strömungsgeschwindigkeiten verursachen können
- Melkleitung mit genügendem und gleichmässigem Gefälle bis zur Endeinheit hin verlegen
- Für glatte Oberflächen, Schweissnähte und Verbindungen sorgen
- Leitungsdurchmesser gross genug wählen, damit sich Milch und Luft schnell trennen und beide gesondert abfliessen können
- Lufteinlass über das Melkzeug genau kontrollieren
- Milch vom Euter her oben in die Leitung einströmen lassen
- Zuverlässige Steuerung der Milchpumpe, so dass ein luftfreies Abpumpen der Milch aus der Endeinheit gewährleistet ist
- Auf Druckseite der Pumpe Milch schaumfrei in Kühl- oder Transportbehälter fördern.

Die folgende Tabelle vermittelt einen Ueberblick über die Fettschädigung der Milch in verschiedenen Abschnitten einer offensichtlich nicht gut installierten Rohrmelkanlage. Vor der Untersuchung wurde die Milch 24 Std. bei 4°C gelagert.

Tabelle 4: Stufenkontrolle der Fettschädigung in einer Rohrmelkanlage bei Stallfütterung und Weidegang (Krankare & Antila, 1978)

Probenahme nach	Stallfütterung FFS in mAeq/l		Weidegang
Sammelstück	0.93	(0.88) (1)	0.76
Milchschlauch (2)	1.03	(1.20)	0.83
Eintritt in Leitung	1.21		0.95
30 m Leitung	1.38	(1.43)	0.92
Milchabscheider	1.44		1.01
Milchpumpe	1.48	(1.44)	1.07
Kühltank	1.85	(1.70)	1.04

(1) in Klammern Zahlen nach 48 Std. Lagerung bei 4°C (Jellema, 1973)
 (2) Höhe 1.80 m

Aus den Zahlen ergeben sich:

- Eine wesentlich grössere Fettschädigung bei Stallfütterung als bei Weidegang
- Eine additive Zunahme der FFS-Werte
- Auffallend grosse Zunahmen zwischen Sammelstück und Eintritt in die Milchleitung und zwischen Milchpumpe und Kühltank in der Stallperiode.

Im Winter ist mit höheren FFS-Werten zu rechnen als im Sommer, bei Eimeranlagen z.B. 0.76 gegen 0.61 und bei Rohrmelkanlagen 1.31 gegen 0.87 Säuregrade (Jensen et al., 1958).

4.4 Einfluss von Wartungs- und Bedienungsfehlern

Installationsbedingte Fettschädigungen werden durch Wartungs- und Bedienungsfehler wesentlich verstärkt. Oft sind letztere aber auch die alleinige Ursache. Es handelt sich im wesentlichen um Fehler, die zu einer zu starken Belüftung der Milch führen. Zu den wichtigsten Ursachen von Belüftungsfehlern zählen:

- Lufteinbrüche beim Ansetzen und Abnehmen der Melkzeuge sowie beim maschinellen Ausmelken
- Schlechtes Haften der Sitzengummi, z.B. wegen Ueberalterung oder falscher Dimensionen
- Undichte Gummiteile des Milchweges
- Undichte Verbindungen, z.B. lose Verschraubungen in den milchführenden Leitungen
- Zu grosser Lufteinlass in das Sammelstück, d.h. über 4 bis 10 l/min
- Falsche Plazierung des Lufteinlasses in das Sammelstück, d.h. Lufteintritt gegen statt in Strömungsrichtung der Milch
- Trockenmelken, d.h. ungünstiges Luft-Milch-Verhältnis
- Lufteinsaugende Milchpumpen
- Zu grosse Fallhöhe der Milch an Leitungsenden z.B. beim Einlauf in Behälter.

4.5 Massnahmen zur Vermeidung von Fettschädigungen beim Melken

Umfangreiche Untersuchungen im Ausland ergaben, dass Milch aus Betrieben mit Rohrmelkanlagen im Mittel ca. 50 % mehr FFS enthält als solche aus Betrieben mit Eimermelkanlagen (Fleming, 1980). Eine Zunahme des Anteiles der Milch aus Betrieben mit Rohrmelkanlagen ist somit gleichbedeutend mit einer Erhöhung des FFS-Gehaltes der Sammelmilch.

In der Schweiz werden zur Zeit im Jahr ca. 500 Rohrmelkanlagen installiert und gleich viel Eimeranlagen demontiert. Naheliegend war daher die Frage, wie die Fettschädigung durch diese Neuanlagen von Anfang an möglichst tief gehalten werden kann.

Eine Aussprache mit den Firmen führte zu einer Einigung auf verbindliche Weisungen für die Installation von Rohrmelkanlagen. Die Firmen haben sich zur Einhaltung der Weisungen und zur Meldung neuinstallierter Rohrmelkanlagen an den mKBD ab 1. Mai 1985 verpflichtet. Vom mKBD wäre nun zu kontrollieren, ob die Anlagen weisungsgemäss installiert wurden oder nicht. Auf diese Weise sollte es gelingen, Installationsmängel als wesentliche Mitursache von Fettschädigungen zu vermeiden. Es bleibt dann noch übrig, die Milchproduzenten über die aufgezeigten Zusammenhänge zwischen Bedienungsfehlern und Fettschädigung zu informieren. Eine Gelegenheit dazu besteht bei der Umstellung von Eimer- auf Rohrmelkanlagen und eine andere bei der jährlichen Kontrolle der Melkanlagen.

5. Fettschädigung bei der Milchkühlung

Die vorliegenden Arbeiten sprechen dafür, dass hohe FFS-Werte in kühlgelagerter Milch sehr oft der vorausgegangenen Belastung beim Melken und der Dauer der Kühllagerung zuzuschreiben sind (Fleming, 1980). Bei der eigentlichen Kühlung sind zusätzliche Fettschädigungen möglich. Diese können bedingt sein durch:

- Den Bau und die Funktion des Gerätes
- Zustandsmängel der Anlage
- Falsche Bedienung der Kühler.

5.1 Tauchkühler - Vergleichsprüfung

Die Problematik soll am Beispiel der Prüfung von Tauchkühlern (TK) aufgezeigt werden, da diese im Verdacht stehen, besonders schädlich zu sein. TK werden meistens zusammen mit Hofbehältern eingesetzt, wo Beweglichkeit gefragt ist. Die Teile des TK, die direkt mit der Milch in Kontakt kommen, bestehen im Prinzip aus einem Verdampfer und einem hochtourigen Rührer mit ca. 1'400 U/min. Der 1. Teil der Prüfungen sollte 2 Fragen beantworten:

- Stärke der Schädigung bei 4 Gemelken
- Unterschiede zwischen den 5 in der Schweiz verwendeten Fabrikaten.

Die Resultate sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Zunahme des Gehaltes der Milch an lipolysierbarem Fett nach Kühlung von 4 Gemelken mit 5 verschiedenen Tauchkühlern

Fabrikat Nr.	Gemelk			
	1	1,2	1,2,3 mAeq/l	1,2,3,4
1	0.43	0.10	0.09	0.10
2	0.47	0.09	0.07	0.06
3	0.48	0.08	0.09	0.07
4	0.77	0.07	0.07	0.09
5	0.41	0.08	0.08	0.07

Die Zahlen erlauben folgende Aussagen:

- Das Fett des 1. Gemelkes wurde bei allen Fabrikaten am stärksten geschädigt
- Fabrikat Nr. 4 fiel durch stärkste Schädigung des 1. Gemelkes auf.

Nach der Kühlung des 4. Gemelkes wurden noch Menge und Zusammensetzung des Schaumes untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Schaum aus Hofbehälter nach Kühlung von 4 Gemelken

Fabrikat Nr.	Menge g	Fett %	Lipol. Fett mAeq/kg
1	75	21.8	6.8
2	150	25.8	11.6
3	215	29.2	16.5
4	120	27.9	8.3
5	70	24.8	6.4

Schäume haben einen erhöhten Gehalt an Fett und lipolysierbarem Fett. Das Fabrikat 3 fiel hier durch die grösste Schaummenge auf. Die Fabrikate 3 und 4 wurden beanstandet. Es stellte sich heraus, dass bei beiden der Rührer nicht in Ordnung war.

5.2 Tauchkühler bei verschiedenen Einsatzbedingungen

In einer 2. Versuchsreihe wurden folgende Einflüsse auf die Fettschädigung untersucht:

- Eintauchtiefe des Verdampfers
- Kühlen kleiner Milchmengen
- Kälteleistung
- Form des Verdampfers (Flachverdampfer im Vergleich zu Zylinder)
- Rührgeschwindigkeit (Tauchkühler mit 2 Rührgeschwindigkeiten, 740 und 1330 U/min)

- Deformation der Rührerwelle
- Eisbildung
- Kühler aus der Praxis
- Melkintervall
- Vorbelastung der Milch durch Eimer- und Rohrmelkanlage
- Alter der Milch

Die wichtigsten Resultate in Kürze:

Eintauchtiefe

- Verglichen wurden vollständiges, halbes und nach Firmenangabe minimales Eintauchen des Verdampfers.
- Die Fettschädigung war am geringsten bei vollständigem und am grössten bei halbem Eintauchen (Zunahme des LF: 0.19 gegenüber 0.25 mAeq/l).

Kleine Milchmengen

- Verglichen wurden Kühlung in Hofbehältern mit Kühlung in 40 l Kanne.
- Die Fettschädigung war in der Kanne etwas kleiner als im Hofbehälter (Zunahme des LF: 0.25 gegenüber 0.29 mAeq/l).

Kälteleistung

- Verglichen wurden je 2 Kühler mit 0.5 und mit 1 PS Leistung.
- Die Fettschädigung des 1. Gemelkes war grösser beim 1 PS- als beim 0.5 PS-Kühler (Zunahme des LF: 0.28 gegenüber 0.21 mAeq/l). Nach 4 Gemelken bestand aber kein Unterschied mehr.

Verdampferform

- Verglichen wurden ein Kühler mit flachem Verdampfer und Rührer mit 48 U/min mit einem Kühler mit hohem, zylindrischen Verdampfer und Rührer mit 1360 U/min.
- Die erwartete geringere Schädigung beim Kühler mit Flachverdampfer bestätigte sich nicht.

Rührgeschwindigkeit bei TK mit 2 Rührstufen

- Verglichen wurden niedrige Drehzahl bei kleiner Milchmenge nach Vorschrift (740 U/min) mit hoher Drehzahl entgegen Vorschrift (1330 U/min).
- Die Fettschädigung war bei der fälschlich eingestellten hohen Drehzahl (möglicher Bedienungsfehler) deutlich höher als bei der niedrigen Drehzahl (Zunahme des LF: 0.52 gegenüber 0.31 mAeq/l; Schaummenge: 205 g gegen 33 g).

Defekter Rührer (Fabrikationsfehler)

- Verglichen wurde ein defekter Rührer (Rührteiler asymmetrisch angeschweisst) mit einem einwandfreien.
- Der defekte Rührer schädigte das Fett mehr als der einwandfreie (Zunahme des LF: 0.20 gegen 0.15 mAeq/l; Schaummenge 150 g gegen 42 g).

Eisbildung

- Verglichen wurden Kühlung mit Bildung einer ca. 1 cm dicken Eisschicht mit Kühlung ohne Eisbildung.
- Entgegen den Erwartungen war die Fettschädigung durch das Kühlen von 30 auf 4°C bedeutend grösser als durch die partielle Eisbildung und das Wiederauftauen (Zunahme des LF: 0.27 gegenüber 0.06 mAeq/l).

Melkintervalle

- Verglichen wurden Melkintervalle von 12/12 mit solchen von 11/13 und 10/14.
- Die Fettschädigung nahm mit der Verkürzung des Melkintervalles von 12 auf 10 Stunden deutlich zu (0.62 gegenüber 0.44 mAeq/l LF).

Vorbelastung der Milch

- Verglichen wurden die Kühlung von Milchen, die mit einer Eimer- und mit einer Rohrmelkanlage gewonnen worden war.
- Die verschiedene Vorbelastung der Milch hatte keinen Einfluss auf die Fettschädigung beim Kühlen.

Alter der Milch

- Verglichen wurden die mechanische Belastbarkeit von Frischmilch mit derjenigen von 24 und 48 Std. kühlgelagerter Milch.
- Die Fettschädigung war nach der mechanischen Belastung bei der kühlgelagerten Milch nicht grösser als bei der Frischmilch.

Belastungstemperatur

- Verglichen wurde die mechanische Belastung von frischer und 24 bzw. 48 Std. kühlgelagerter Milch bei 4 und 14 °C.
- Die Fettschädigung war nach der mechanischen Belastung bei 14°C bedeutend höher als bei 4°C (Zunahme des LF: 0.45 gegenüber 0.14 mAeq/l).

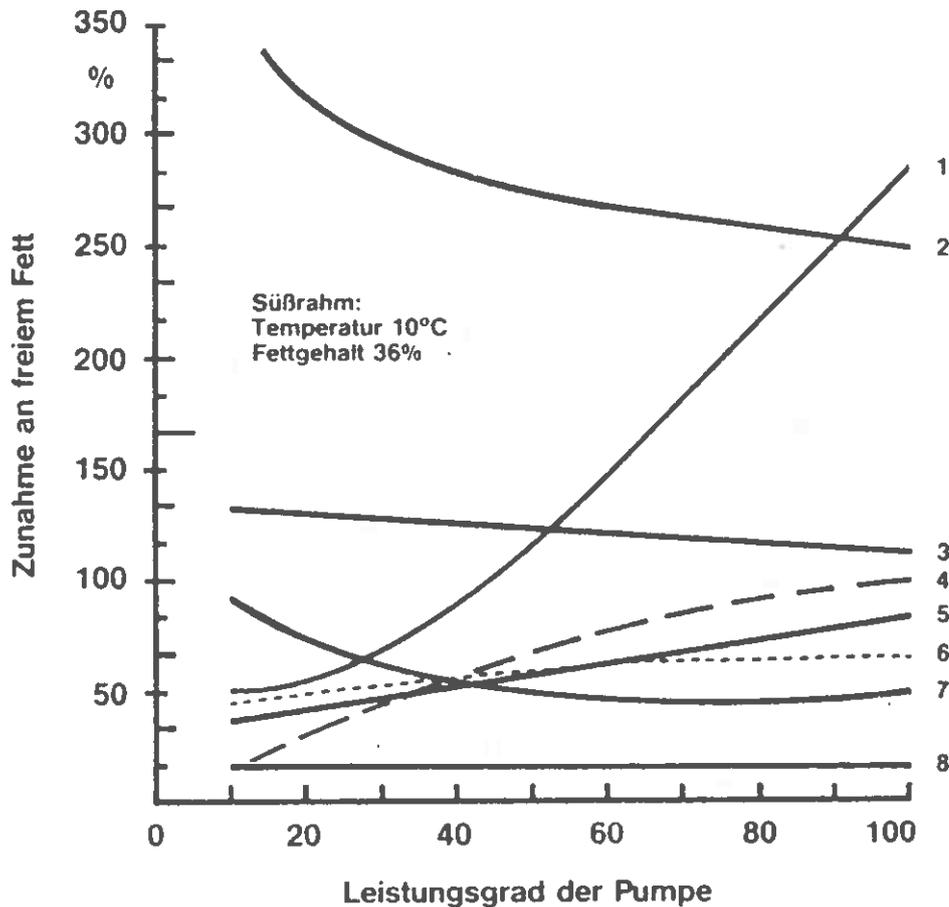


Abb. Zunahme an freiem Fett durch die Pumpwirkung bezogen auf den Ausgangswert von 0,06% freies Fett pro Gesamtrahmfettgehalt in Abhängigkeit vom Leistungsgrad für verschiedene Pumpentypen

- 1 Exzenterschneckenpumpen**
- 2 Kreiskolbenpumpe**
- 3 Kreiskolbenpumpe**
- 4 Kolbenpumpen**
- 5 Schlauchpumpen**
- 6 Zahnradpumpe**
- 7 Kreiselpumpen**
- 8 Schlauchmembranpumpe**

Fettschädigung bei der Milchbehandlung in Sammelstellen und Käsereien

=====

F. Schaller
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, 3097 Liebefeld

1. Einleitung

Es ist das Ziel des Vortrages, Ihnen die Ursachen der Fettschädigung in Milch und Rahm aufzuzeigen. Dadurch soll die Basis zur gemeinsamen Bekämpfung der Ursachen geschaffen werden.

Die Hauptursachen der Fettschädigung in Sammelstellen und Käsereien wurden von den Herren Steffen, Flückiger, Thürlemann (FAM), Schmutz (MIBA), Schweizer (ZVSM) und mir zusammengestellt und gewichtet. Neben persönlichen Erfahrungen und Beobachtungen wurden auch die Mitteilungen aus der Praxis mitberücksichtigt.

Für den Praktiker gilt es die Ursachen zu suchen und zu bekämpfen, sobald

- bei Milch oder Rahm **Schaum, ausgeöltes oder ausgebuttertes Fett** beobachtet wird;
- Rahm wegen zu hohem Säuregrad im Fett beanstandet wird;
- andere Beanstandungen vorliegen, die in Zusammenhang mit Fettschädigung stehen könnten, wie Geschmacksfehler in Milch, Butter oder Käse.

2. Hauptursachen für die Fettschädigung

Die konkreten Arbeitsabläufe in der Sammelstelle und in der Käserei werden als bekannt vorausgesetzt. Im nachfolgenden sollen nur die Hauptursachen für Fettschädigung hervorgehoben und behandelt werden.

Tabelle 1: Hauptursachen für Fettschädigung

Milchannahme:	<ul style="list-style-type: none"> - Pumpen - Leitungen, Armaturen - Milchabsauganlagen
Zentrifugation:	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrifuge - Zentrifugation
Kühlung und Lagerung von Milch und Rahm	
Wartung und Reinigung	

Fettschädigungen können auf den verschiedensten Stufen auftreten und sich summieren. Qualitätsfehler treten dann auf, wenn ein bestimmter Schädigungsgrad überschritten wird. Deshalb gilt der

Grundsatz: Fettschädigungen auf der ganzen Verarbeitungslinie vermeiden

2.1. Milchannahme

Tabelle 2: Hauptursachen für Fettschädigung beim **Pumpen**

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Leerlaufen lassen - Einsaugen von Luft (Milch-Luft-Gemisch) - Undichte Verschraubungen auf der Saug- oder Druckseite der Pumpe - Blenden und Hahnen auf der Saug- oder Druckseite der Pumpe angebracht mit der Absicht, die Pumpenleistung zu reduzieren ("drosseln") - Pumpenleistung viel zu gross und nicht auf den nachfolgenden Apparat abgestimmt (erzeugt hohen Druck) |
|---|

Die Milchpumpen sind neben den Zentrifugen die wichtigsten Ursachen für Fettschädigung. Die Anzahl Pumpvorgänge ist ganz generell möglichst tief zu halten.

Beim **Leerlaufenlassen** wird die in der Pumpe vorhandene Milch stark strapaziert. Das entstehende Milch-Luft-Gemisch ist den Scherkräften des Laufrades ausgesetzt. Die Fettkügelchenmembran wird dabei verletzt und Fett tritt aus. Der Effekt ist ähnlich wie bei einer Homogenisation. Ein einfacher Versuch demonstriert dies eindrücklich:

Milchpumpe ca. 3 Minuten leer laufen lassen und die Milch anschliessend bei Raumtemperatur aufstellen.
 Resultat: Starke Ranzigkeit nach wenigen Stunden.

Beim **Einsaugen von Luft** - sei es weil das Milchannahmebassin leer ist oder bei **undichten Verschraubungen auf der Saugseite** - kommt es zu Schaumbildung und dadurch zu Fettschädigung.

Oft wird eine Blende oder ein halb geschlossener Hahn dazu verwendet, um den Milchfluss zu reduzieren. Von der Pumpe bis zur Blende baut sich ein Ueberdruck auf, der nach der Blende wieder zusammenfällt. In der Praxis wird dieser Vorgang "**Drosseln**" genannt. Die Geschwindigkeit der Milch ist bei der Blende sehr hoch. Im Prinzip werden hier die Fettkügelchen rasch über eine Kante gerissen. Dabei treten Scherkräfte auf, welche die Fettkügelchenhülle zerreißen können. Die entstehenden Strömungsverhältnisse sind denjenigen in den Abbildungen 3 bis 5 vergleichbar. Einen "**Drosselungseffekt**" gibt es auch dann, wenn einem Plattenapparat eine **Milchpumpe mit wesentlich grösserer Leistung** vorgeschaltet wird.

32 Käsereiinspektoren aus dem Emmentaler-Fabrikationsgebiet haben bei einer Umfrage zum Thema "Drosselung" mitgearbeitet. Die Auswertung ergab, dass in 10 Inspektionskreisen nirgends, in 11 nur vereinzelt und in den restlichen 11 in recht vielen Käsereien "gedrosselt" wird.

Tabelle 3: Hauptursachen für Fettschädigung bei Leitungen und Armaturen

- Turbulente Strömung
- Blenden und Hahnen um den Druck zu reduzieren ("drosseln")
- Stellenweise zu enge oder zu weite Leitungsdurchmesser bedingt durch unpassende Armaturen oder Rohre
- Unsaubere, hervorstehende Schweissnähte
- Grosse Saughöhe, lange Leitungen
- Grosse Fallhöhe ab Leitung bis ins Bassin

Laminare Strömung im ganzen Bereich der Milchförderung wäre der wünschbare Idealfall. Bei ganz langsamem Produktfluss bleibt dem einzelnen Flüssigkeitsteilchen die nötige Zeit, ein Hindernis zu umfliessen (Abbildung 1 bis 3). Die Scherkräfte sind sehr gering.

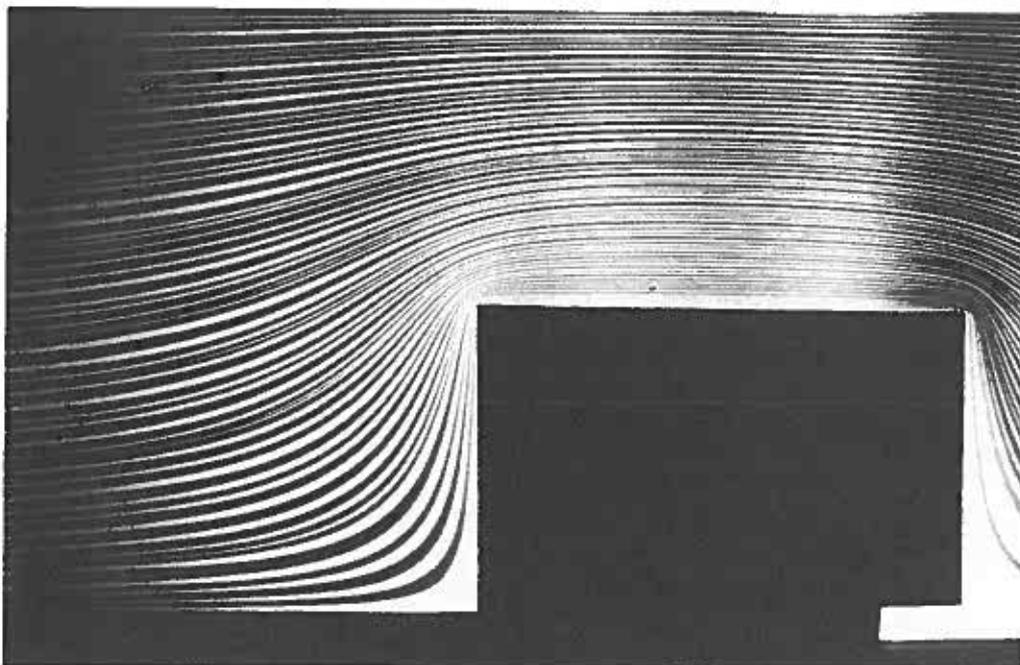


Abbildung 1: Langsame Strömung um einen rechteckigen Block auf einer Platte

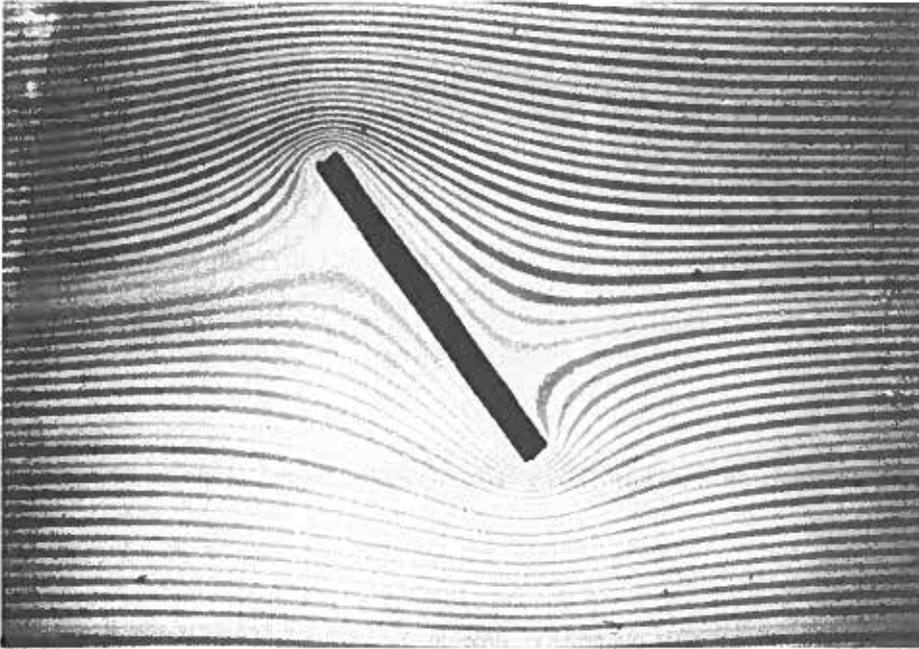


Abbildung 2: Langsame Strömung um eine querliegende Platte

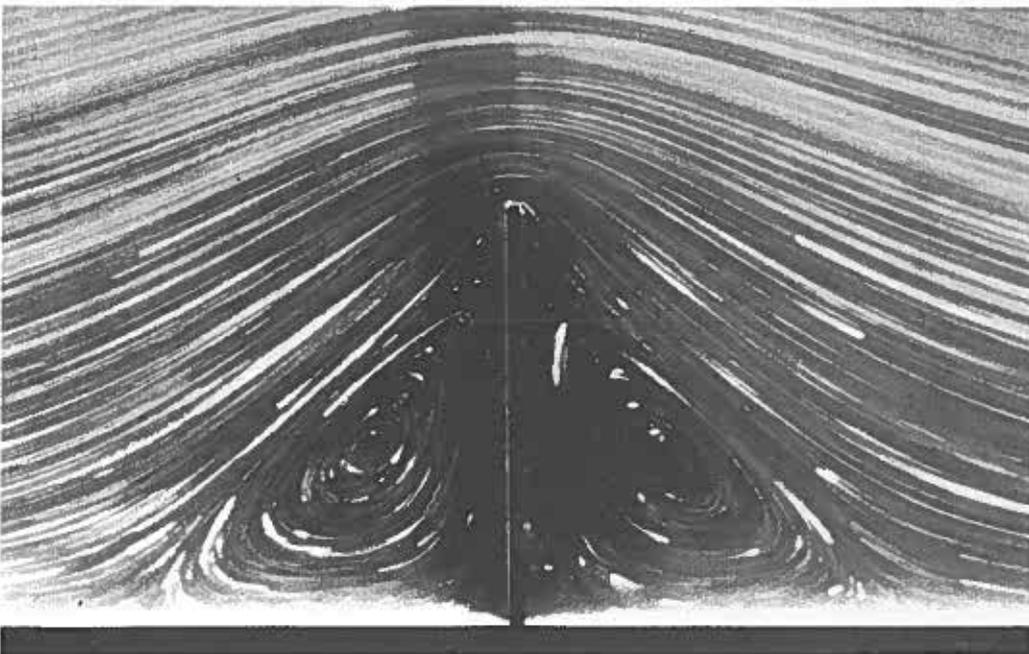


Abbildung 3: Langsame Strömung um eine Hürde

In der Praxis haben wir meistens ein rasches Fließen der Milch und bei Hindernissen das Auftreten einer **turbulenten Strömung** (Abbildungen 4 bis 6). In Turbulenzen wirken starke Scherkräfte.

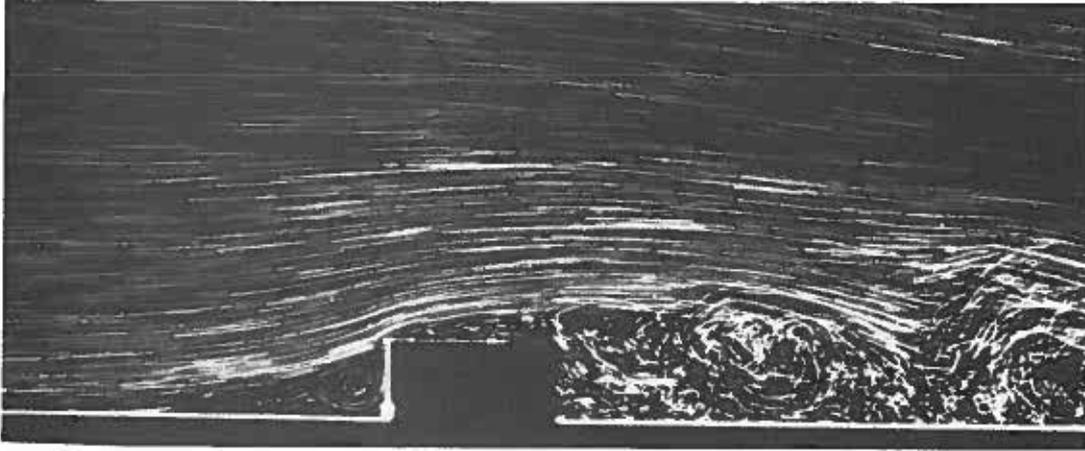


Abbildung 4: Rasche Strömung, Turbulenz nach dem Hindernis, einem rechteckigen Block

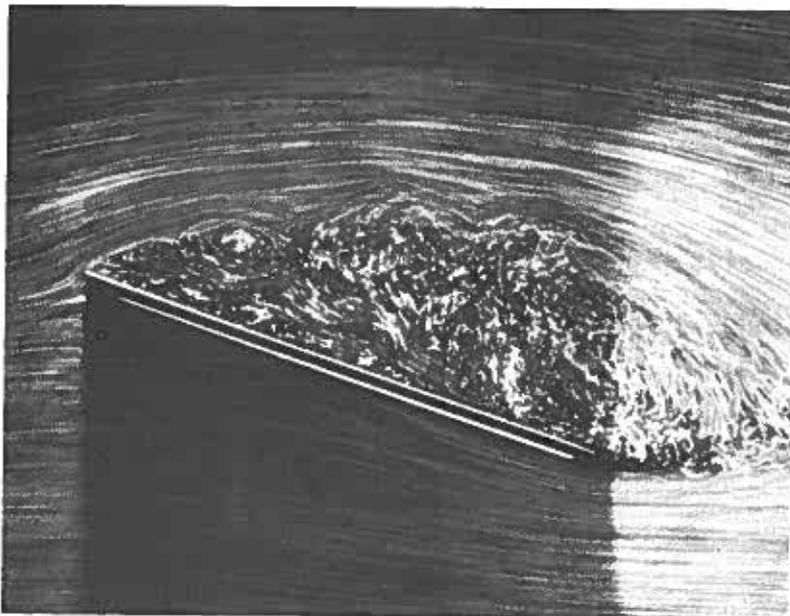


Abbildung 5: Rasche Strömung, Turbulenz nach dem Hindernis, einer querliegenden Platte

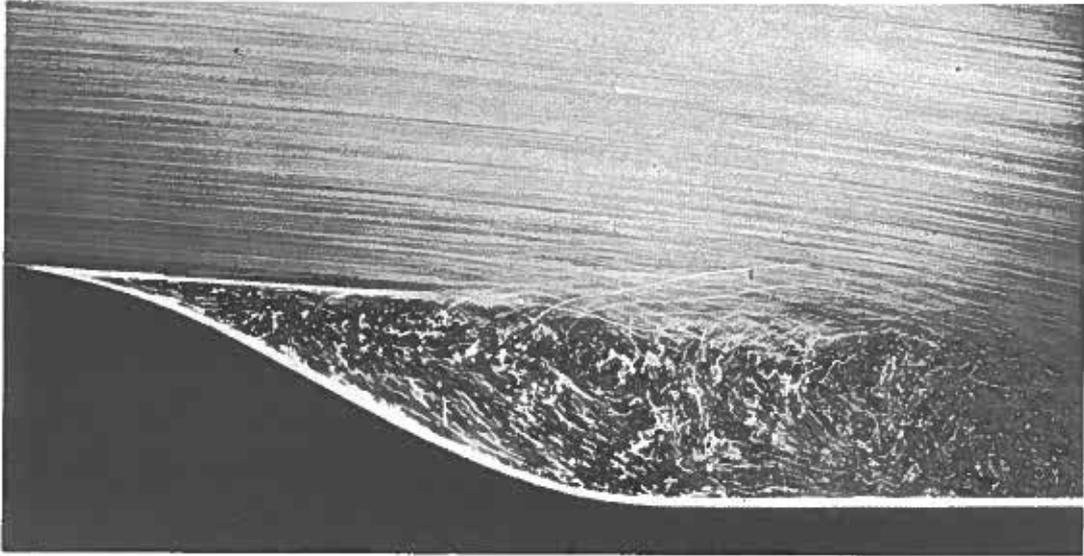


Abbildung 6: Rasche Strömung, Turbulenz nach einer Erweiterung des Leitungsquerschnittes

Anhand dieser Strömungsbilder lässt sich erahnen, welche Turbulenzen entstehen und welche Scherkräfte beim **"Drosseln"**, bei **ungleichen Leitungsdurchmessern**, bei unpassenden Armaturen oder bei **vorstehenden Schweissnähten** auftreten.

Eine **grosse Saughöhe** vor der Pumpe bewirkt einen Rückgang der Fördermenge. Die Milch verweilt lange in der Pumpe und wird dort mechanisch stark belastet. Bei sieben Metern Saughöhe hört in der Regel die Förderleistung auf. Zulaufende Pumpen arbeiten schonender.

Lange Leitungen nach Pumpen erhöhen den Druck in der Pumpe. Wenn die Leitung lang genug ist, fällt bei laufender Pumpe die Fördermenge auf null. Die Fettschädigung ist dann ähnlich stark wie beim Leerlaufenlassen einer Pumpe.

Milch oder Rahm, die in **freiem Fall** in einen Behälter fließen, reissen Luft mit. Es entsteht Schaum (vgl. Abbildung 7).

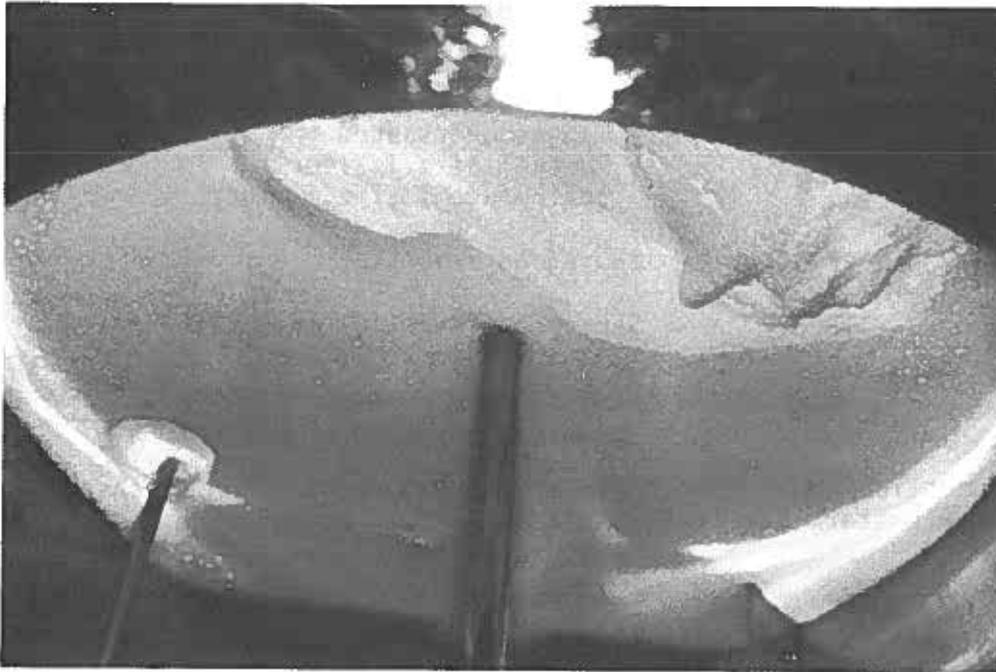


Abbildung 7: Schaumdecke auf dem Rahm, verursacht durch freien Fall des Rahmes in den Pasteur

Fettschädigung dieser Art kann vermieden werden, indem der Rahm oder der Milcheinlauf an die Behälterwand gerichtet wird oder indem man einen Tank von unten her füllt.

Bei den **Milchabsauganlagen** summieren sich zwei negative Einflüsse:

Lufteinsaugen beim Leeren jeder einzelnen Kanne und ein zusätzliches Pumpen. Durch Lufteinsaugen ergibt sich eine vermehrte Schaumbildung und durch zusätzliches Pumpen eine erhöhte mechanische Belastung.

Bei der bereits erwähnten Umfrage im Käseereigebiet hat sich folgendes ergeben:

15 Inspektoren meldeten, dass es in ihrem Gebiet Milchabsauganlagen in Käsereien und Sammelstellen gibt, wobei die Milch aus der Kanne oder aus dem Tank in die Käserei oder in die Sammelstelle hineinbefördert wird.

17 Inspektoren haben keine Milchabsauganlagen.

Auf die Frage, ob beim Milchabsaugen aus Kannen vermehrt Schaumbildung zu beobachten sei, antworteten 6 Inspektoren mit Ja und 9 Inspektoren mit Nein. Im Gegensatz zu den Käsereien sind Milchabsauganlagen in Sammelstellen regional stark verbreitet.

Die folgenden Zahlen (Tabelle 4) zeigen die Situation betreffend Säuregrad im Fett in einer Genossenschaft mit Milchabsauganlage.

Tabelle 4: Milchabsauganlage / Säuregrad im Fett

April/Mai 1984:	Säuregrad im Fett	=	1.66
mKBD eingeschaltet, Feststellungen:	- Lecks bei Verschraubungen - Langes Leersaugen - Pumpe lief z.T. leer - Zentrifuge lief z.T. leer		
Nach Behebung dieser Mängel:	Säuregrad im Fett	=	0.92
Kontrolle Februar 1985:	Säuregrad im Fett	=	1.00 - 1.40

Die Zahlen verdeutlichen wie anspruchsvoll die Bedienung der Milchabsauganlagen ist und wie stark das Fett geschädigt werden kann.

Aus dem bisher Gesagten ergeben sich für die **"Milchannahme"** folgende **Konsequenzen**:

Bedienung

- Pumpen nicht leer laufen lassen
- Lufteinsaugen vermeiden
- Blenden sind möglichst zu entfernen und Drosselhähnen zu öffnen, vor allem für die Rahmherstellung

Bei Neuanlagen

- Leistungen von Pumpe, Plattenapparat und Zentrifuge aufeinander abstimmen
- Pumpen mit stufenloser Drehzahlregulierung oder zweistufige Pumpe bzw. separate Pumpe für die Reinigung einsetzen
- Hohe Druckverluste sind zu vermeiden:
 - Plattenapparat mit wenig Druckverlust wählen
 - Möglichst kurze Leitungen
 - Saubere Schweissnähte
 - Keine unnötigen Kurven, Verschraubungen und Armaturen
- Möglichst kurze Ansaughöhen oder zulaufende Pumpen wählen
- Milch und Rahm beim Einlauf an die Gefässwand führen oder direkt von unten in den Behälter pumpen
- Milchabsauganlagen belasten die Milch zusätzlich und fördern die Schaumbildung, sie können **nicht** empfohlen werden.

2.2. Zentrifugation

Tabelle 5: Hauptursachen für Fettschädigung bei den **Zentrifugen**

<ul style="list-style-type: none"> - Zentrifugen des gleichen Typs sowie verschiedener Hersteller schädigen das Fett ohne erkennbare Ursache unterschiedlich stark - Ungenügende Wartung - Kein regelmässiger Service
--

Die **Zentrifuge** stellt einen der Hauptrisikofaktoren für die mechanische Belastung der Milch dar. Es ist noch nicht bekannt, weshalb eine Zentrifuge gut und eine andere schlecht ist. Die Zentrifugenhersteller wissen um das Problem und versuchen durch technische Verbesserungen, wie hermetische Zentrifugen oder Soft-Stream-Einlauf, die mechanische Belastung der Milch zu verringern.

Das folgende Beispiel (Tabelle 6) zeigt den Einfluss der Zentrifuge auf den Säuregrad im Fett. Die zwei Resultateserien entstanden in den Labors der MIBA Basel unter der Leitung von M. Schmutz. Sie basieren auf Standardbedingungen (gleiche Milch, gleiche Temperatur 30 °C, ohne Pumpen, Rahmlagerung bei 5 °C oder tiefer).

Tabelle 6: Einfluss der **Zentrifuge** auf den Säuregrad im Fett

Typ	Säuregrad im Fett nach			
	1 Stunde	24 Stunden	48 Stunden	
A	0.80	2.05	2.66	
B	0.77	2.78	3.50	
C	0.98	2.41	3.03	
Kleinzen- trifuge,	neu	0.76	2.55	3.42
	alt	0.73	0.79	0.80

Die Resultate zeigen, dass bei dieser Untersuchung nur die alte Klein-zentrifuge zu befriedigen vermochte.

Zentrifugen arbeiten oft nicht richtig, weil sie **ungenügend gewartet** werden. Bei brüchigen oder falsch eingesetzten Dichtungen sowie bei Zentrifugenteilen, die Scharten aufweisen, die verschlagen oder verbogen sind, ist schaumfreies Arbeiten kaum möglich. Der Service-Monteur wird meistens erst gerufen, wenn die Zentrifuge nicht mehr läuft.

Tabelle 7: Hauptursachen für Fettschädigung bei der Zentrifugation

- Ungünstige Zentrifugationstemperaturen
- Unterbruch im Milchzufluss (Leerlaufen lassen)
- Bedienungsfehler bei Beginn der Zentrifugation
- Rahmkonzentration zu wenig beachtet
- Zentrifugation von aufgerahmter Milch ohne vorher gut zu rühren

Untersuchungen von Dr. M. Schmutz, MIBA-Basel, zur **Zentrifugationstemperatur** zeigen, dass die grösste Fettschädigung bei 20 -35 °C entsteht (Tabelle 8). Die beste Entrahmung und gleichzeitig die kleinste Fettschädigung werden bei einer Temperatur von 40 °C oder höher erreicht. Bei 10 °C resultiert ebenfalls eine geringe Fettschädigung, jedoch ein erhöhter Fettgehalt in der Magermilch. Die Käsereien haben die Möglichkeit im tieferen Temperaturbereich zu zentrifugieren, denn bei der Fettgehaltseinstellung der Kessmilch, fällt der Fettgehalt der Magermilch nicht ins Gewicht.

Tabelle 8: Einfluss der Zentrifugationstemperatur auf die Fettschädigung

Zentrifugationstemperatur (°C)	Säuregrad im Fett nach			Fettgehalt Magermilch (%)
	1 Stunde	24 Stunden	48 Stunden	
10	0.84	1.15	1.12	0.34
20	0.88	1.49	1.68	0.21
25	0.88	1.54	1.81	0.15
30	0.92	1.96	2.21	0.13
35	0.80	1.85	2.10	0.10
40	0.94	1.06	0.96	0.10
50	0.88	0.92	0.84	0.08

Oft geschehen **Bedienungsfehler bei Beginn der Zentrifugation**. Der Rahm fließt am Anfang zu dick und verstopft die Düsen in der Zentrifuge. Diese kann nun nicht mehr richtig arbeiten. Zu Beginn der Zentrifugation muss der Rahm ganz dünn fließen.

Bei neuen Zentrifugen können die Druckverhältnisse auf der Rahm- und der Magermilchseite eingestellt werden. Geschieht dies nicht korrekt, entsteht schaumiger Rahm wie im nachfolgenden Bild.



Abbildung 8: Schaumiger Rahm

Das **Leerlaufenlassen der Zentrifuge** ist unbedingt zu vermeiden, denn dies bewirkt einen Homogenisationseffekt mit beträchtlicher Fettschädigung.

Die **Rahmkonzentration** kann zu hoch und zu tief sein. Läuft der Milchzentrifugenrahm zu dick, verstopft er Düsen und führt zu ausgeöltem oder ausgebuttertem Fett. Läuft der Sirtenrahm zu dünn, gelangt mehr Sirte und damit mehr Kupfer in den Rahm und beschleunigt so die Fettoxydation.

Aufgerahmte Milch ist vor der Zentrifugation sorgfältig aufzurühren, damit Milch mit möglichst ausgeglichenem Fettgehalt die Zentrifuge durchfließt. Andernfalls kann der Rahmaustritt verstopfen.

Wichtigste Konsequenzen zum Bereich Zentrifuge und Zentrifugation:

Gegenüber den Zentrifugenherstellern werden wir

- die Anforderungen an eine Zentrifuge inbezug auf mechanische Belastung umschreiben,
- eine Standardprüfmethode erstellen, nach der jede einzelne Zentrifuge vor Inbetriebnahme zu prüfen und abzunehmen ist,
- periodische Nachprüfungen verlangen.

Bei Neuanlagen gelten die in Kapitel 2.1. "Milchannahme" erwähnten Konsequenzen sinngemäss. Zudem ist wichtig, dass

- Schaumbildung ausgeschlossen wird, besonders auf der Rahmseite,
- die Milchvorlagerung gross genug ausgelegt wird, damit ohne Unterbruch zentrifugiert werden kann.

2.3. Kühlung und Lagerung

Wenn rohe Milch oder roher Rahm mechanisch geschädigt sind, entstehen bei jeder Art Lagerung Probleme. Das Fortschreiten der Qualitätsverminderung kann durch zweckmässige Kühlung und kurze Lagerdauer nur abgebremst werden.

Tabelle 9: Hauptursachen für Fettschädigung bei der Kühlung und Lagerung von **Milch**

- Falsche Bedienung oder Wartung der Kühlanlage
- Kessikühlung und Lagerung: <ul style="list-style-type: none"> • Eher hohe Lagertemperatur • Kupferaufnahme • Hohe Keimzahlen beim Abrahmen
- Tauchkühler: <ul style="list-style-type: none"> • Unrund laufendes, schlagendes Rührwerk • Zu kleine Eintauchtiefe
- Undichte, luftfördernde Plattenapparate
- Direktkühlung in Tanks: <ul style="list-style-type: none"> • Warme Milch in kalte schütten • Erwärmung der Milch in unisolierten Tanks ohne Nachkühlautomatik • Eisbildung, wenn die Kühlung zu früh eingeschaltet wird • Hohe Tourenzahl des Rührwerks • Ungünstige Form des Rührers

Diese Hauptursachen und die Konsequenzen sind im Beitrag von Dr. Flückiger "Fettschädigung bei der Milchgewinnung" (siehe vorne) bereits besprochen worden.

Tabelle 10: Hauptursachen für Fettschädigung bei der Kühlung und Lagerung von **Rahm**

- Ungekühlt stehen lassen
- Zu wenig tief kühlen
- Zu wenig schonend kühlen
- Zu wenig rasch kühlen (nur im Kühlschrank)
- Zu warm vor dem Transport

Entscheidend ist, dass der Rahm **rasch** und schonend auf **Temperaturen zwischen 5 und 12 °C gekühlt** wird. In diesem Temperaturbereich verläuft die Lipolyse im geschädigten Fett etwas langsamer, bei höheren Temperaturen rascher. Für die Rahmkühlung eignen sich Rippenkühler und Oberflächenkühler gut. Kühlgeräte, die eine starke mechanische Belastung des Rahmes bewirken, wie z.B. hochoberflächige Tauchkühler, sollten nicht eingesetzt werden. Falls der Rahm im **Kühlraum** gelagert wird ist er **vorher** auf die gewünschte Temperatur abzukühlen.

2.4. Reinigung und Entkeimung

Zentrifugen, Pumpen, Leitungen und Gerätschaften können bei ungenügender Reinigung und Entkeimung grosse Infektionsherde darstellen. Bei Kühlung und Lagerung von Milch und Rahm, gilt es vor allem die psychrotrophen Keime zu beachten, die z.T. Lipase-Bildner sind. Im Gegensatz zur milcheigenen Lipase haben verschiedene **bakterielle Lipasen** die unangenehme Eigenschaft, nach Erhitzung (Pasteurisations- und z.T. sogar Uperisations-temperaturen) weiter aktiv zu bleiben. Die fettspaltende Wirkung bleibt so trotz Abtötung der Bakterien erhalten und kann zu Geschmacksfehlern in Milch, Rahm, Butter und Käse führen.

3. **Schluss**

Wie die Resultate von Dr. Schmutz, MIBA Basel, zeigen (Tabelle 11), wird Rahm mit unterschiedlichem Fettverderb eingeliefert.

(Probefassung bei Eintreffen in der Molkerei, Rahmlagerung anschliessend bei 5 °C).

Tabelle 11: Säuregrad im Fett bei Rahm von Genossenschaften und Einzellieferanten

Lieferant	Einlieferungstag	24 Stunden danach	48 Stunden danach
A	1.63	2.51	2.86
B	2.28	2.78	3.24
C	1.18	1.89	2.60
D	0.63	0.67	0.84
E	0.61	0.66	0.79

Rahm muss teilweise wegen starker Fettschädigung und fortgeschrittener Lipolyse bereits bei der Annahme deklassiert werden (Lieferant B). Im geschädigten rohen Rahm schreitet die Lipolyse bei normaler Lagertemperatur so stark fort, dass nach 24 oder 48 Stunden bereits Ranzigkeit vorliegt (Lieferanten A und C).

Die gleichen Vorgänge laufen bei roher Milch ab. Es ist deshalb eine Frage des Fettschädigungsgrades, ob bereits bei normaler Lagerung Geschmacksfehler in Erscheinung treten oder ob sich später Auswirkungen in den daraus hergestellten Milchprodukten einstellen werden oder nicht.

Daneben darf festgehalten werden, dass im praktischen Alltag auch Rahm guter Qualität (tiefer Säuregrad im Fett und einwandfreie Lagerfähigkeit) hergestellt werden kann. Obwohl die Ursachen der Fettschädigung teilweise noch im Dunklen liegen, lassen sich eindeutige Fortschritte erzielen, wenn die Fehlerquellen aufgespürt und ausgemerzt werden, und wenn der Forderung nach schonender Milchbehandlung konsequent nachgelebt wird.

Strömungsabbildungen aus:

"An Album of Fluid Motion", assembled by Milton Van Dyke,
The Parabolic Press, Stanford, California

Fettschädigung
Modellverfahren zur Ursachenfindung und -bekämpfung

=====

Dr. M. Schmutz
MIBA Milchverband Basel

1. Einleitung

Die Qualität unserer Milchprodukte, im speziellen der Butter, wird durch lipolytische Veränderungen stark beeinträchtigt. Das Milchfett kann nur dann lipolysiert werden, wenn durch eine zu starke mechanische Belastung die schützende Fettkügelchenhülle beschädigt und das Fett freigesetzt wird.

Als Mass werden die durch die Fettspaltung freigewordenen Fettsäuren gemessen. Auf den 1. Januar 1984 wurde im Rahmlieferungsreglement als neues Qualitätskriterium der maximale Säuregrad im ausgeschmolzenen Fett (SiF) aufgenommen. Als Höchstmass gilt das Aequivalent von 1.2 ml 1 N NaOH.

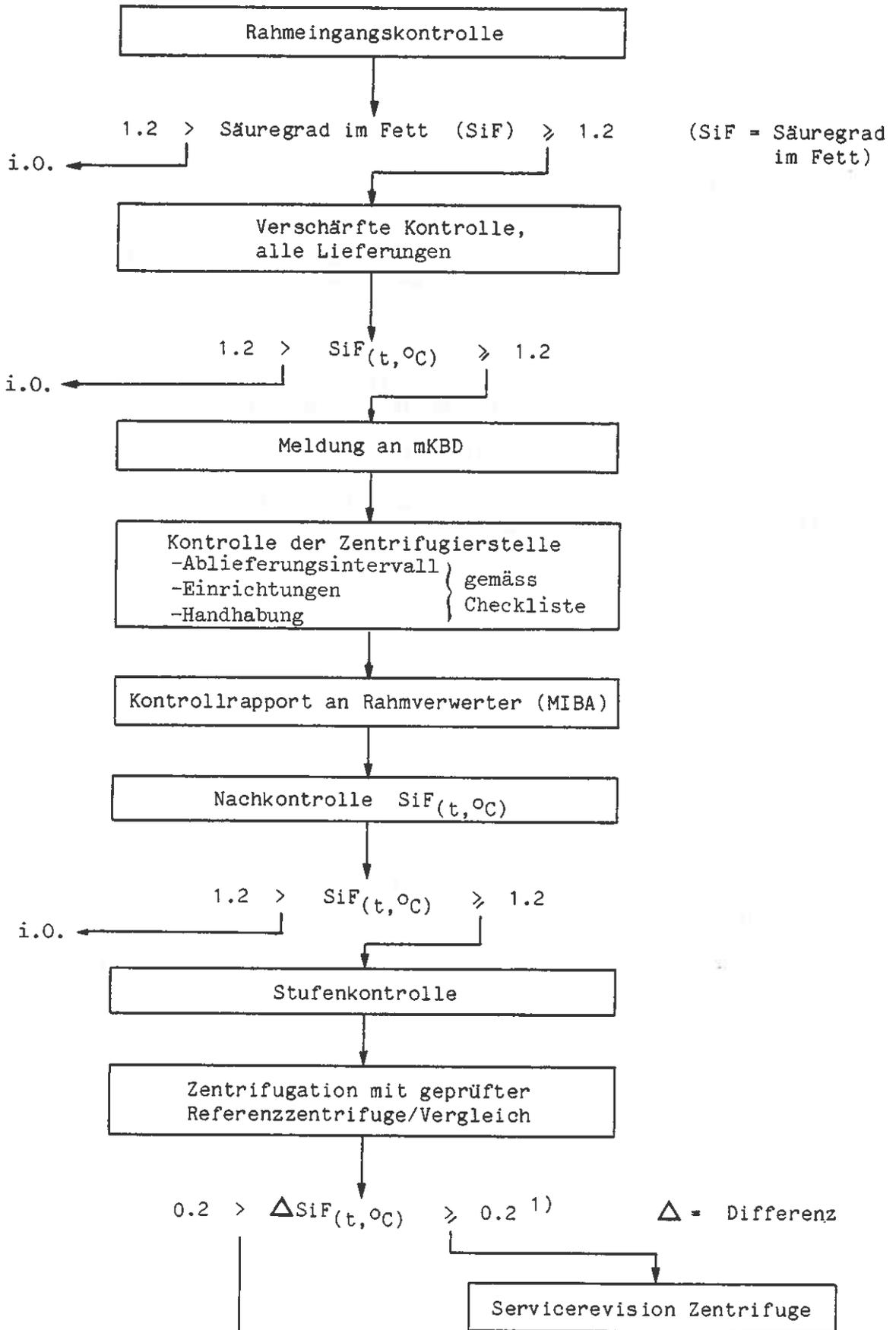
Die Situation in unserem Verbandsgebiet gibt Tabelle 1 wieder. Rund 13 % aller Lieferanten hatten im Winterhalbjahr zu hohe Säurewerte. Weitere 10 % lagen über 1.0. Im Sommer liegen diese Werte etwas tiefer, da durch fütterungsbedingte Einflüsse die Fettfraktion etwas stabiler ist. Ein Rahm mit einem Säuregrad im Fett von 1.6 bis 1.8 oder darüber wird von einem geschulten Rahmprüfer bei der organoleptischen Eingangskontrolle als fehlerhaft erkannt.

Tabelle 1: Säuregrad im Fett des Lieferantenrahmes der MIBA

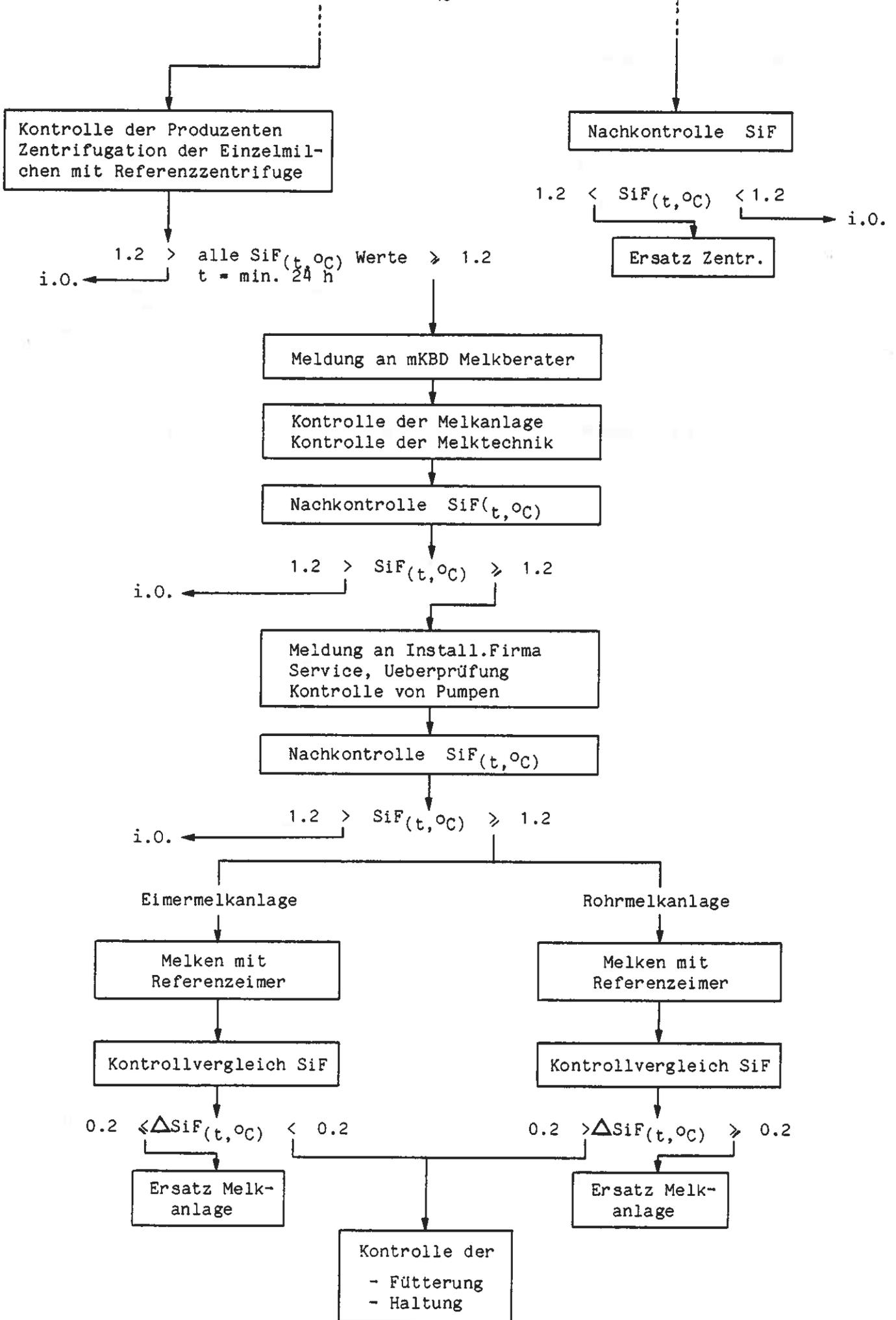
	Februar	August
Anzahl Lieferanten	146	142
Säuregrad im Fett:		
1.0	112	111
1.0 - 1.2	15	18
1.2	19	13
Maximalwert	2.99	2.86
Minimalwert	0.50	0.48

Um bei den betroffenen Produzenten oder Milchgenossenschaften die Ursachen des erhöhten Säuregrades zu eruieren, wurde das folgende Modellverfahren, eine Art Stufenkontrolle, ausgearbeitet.

2. Modellverfahren



1) Abhängig von Referenzzentrifuge



Bemerkungen zum Vorgehen:

Zur Bestimmung der Fettschädigung wurde die gemäss Lebensmittel-Verordnung vorgegebene Methode der Bestimmung des "Säuregrades im ausgeschmolzenen Fett" (LM-Buch) verwendet. Diese Methode hat den Nachteil, dass bei der Untersuchung von Milch zuerst zentrifugiert werden muss, und dies bedingt eine Referenzzentrifuge mit einer definiert kleinen Schädigung. Die Methode bietet aber den Vorteil, dass die Resultate einer Stufenkontrolle von der Milch bis zur Butter direkt ohne Umrechnung miteinander verglichen werden können.

Sehr wichtig ist auch zu wissen, dass es sich bei der Fettspaltung, mindestens bis zur Pasteurisation, um einen dynamischen Prozess handelt und daher Säuregradwerte immer in Verbindung mit der Lagerzeit und -temperatur des zu untersuchenden Produktes angegeben werden müssen $[SiF(t;0C)]$.

3. Erfahrungen mit dem Modellverfahren in der Praxis - Resultate

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass in bezug auf eine mögliche Fettschädigung vor allem die Melkanlagen und die Zentrifugen entscheidend sind. Ich möchte aber sofort davor warnen, die übrigen Anlagen, z.B. Pumpen, bei denen aber vor allem die Bedienung eine wichtige Rolle spielt, als Risikofaktoren zu vergessen.

Bei den Resultaten in den nachfolgenden Tabellen handelt es sich um Werte einer einzelnen Genossenschaft, deren Rahm bei der Rahmeingangskontrolle immer zu hohe Säuregradwerte aufwies. Der Rahm wird täglich angeliefert.

Tabelle 2: SiF des Rahmes bei Zentrifugation mit der Genossenschaftszentrifuge im Vergleich zur Referenzzentrifuge.

	Säuregrad im Fett des Rahmes	
	nach ca. 5 Std./5°C	nach ca. 29 Std./5°C
"Mischmilch" auf Referenzzentrifuge	0.45	0.62
"Mischmilch" auf Gen.-Zentrifuge	0.77	1.43

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass die Genossenschaftszentrifuge unseren Anforderungen nicht genügt. Der Säuregrad im Fett nach 29 Stunden Lagerung bei 5 °C ist mit 1.43 wesentlich zu hoch. Die Referenzzentrifuge erreichte mit 0.62 einen sehr guten Wert. Diese Tatsache bewog uns, die Zentrifuge zu revidieren und versuchsweise parallel mit einer neuen Zentrifuge zu fahren.

Zudem sollte der Einfluss der Pumpen geklärt werden. Für diese Versuche wurde Milch von einem einzelnen Lieferanten (18) verwendet. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Säuregrad im Fett des Rahmes bei unterschiedlichen Zentrifugen / Einfluss der Pumpe

Milch, Lieferant Nr. 18	Säuregrad im Fett des Rahmes			
	nach ca. 7 Std./5°C	nach ca. 26 Std./5°C	nach ca. 7 Std./5°C	nach ca. 26 Std./5°C
Mit Versuchs- zentrifuge vor Pumpe	0.87	1.62	0.93	1.74
Mit Versuchs- zentrifuge nach Pumpe	0.90	1.48	1.00	1.63
Gen.-Zentri- fuge nach Pumpe	1.39	2.21	-	-
Neue Zentri- fuge nach Pumpe	-	-	1.02	1.26

Wie die Resultate zeigen, hat das Pumpen der Milch im vorliegenden Fall keinen Einfluss auf den Säuregrad im Fett.

Die neue Zentrifuge liefert deutlich besseren Rahm als die Genossenschafts-zentrifuge (auch nach der Revision). Der Säuregrad im Fett nach 26 Stunden liegt aber immer noch über 1.2. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich um Milch eines Einzellieferanten handelt, die, wie später zu sehen ist, bereits durch die Melkanlage auf dem Hof stark geschädigt wird.

Tabelle 4: Säuregradwerte der Milch der einzelnen Lieferanten einer Genossenschaft

Lief.	Melkanl.	S ä u r e g r a d							i m F e t t		
		Abend nach 14 Std.	nach 38 Std.	Morgen nach 7 Std.	nach 48 Std.	Abend nach 16 Std.	nach 40 Std.	Morgen nach 32 Std.	nach 54 Std.		
1	E	-	-	0,43	-	-	-	0,99	1,01		
2	E	0,76	1,44	0,48	0,90	-	-	0,79	0,90		
3	E	0,74	0,74	-	-	0,67	1,15	0,72	0,86		
4	E	0,79	1,22	0,58	1,15	0,98	2,24	1,21	1,48		
5	A	1,00	1,88	0,62	1,20	1,45	2,09	1,18	1,52		
7	E	1,15	2,25	-	-	-	2,43	Produktion eingestellt			
8	A	1,53	2,45	0,91	2,19	1,71	-	1,95	2,30		
9	E	-	-	-	-	0,93	2,57	0,85	1,24		
10	E	1,03	1,37	0,65	-	1,09	-	1,00	1,24		
11	E	0,79	0,90	0,58	1,50	1,14	-	1,37	1,52		
12	E	0,84	1,19	0,54	1,12	-	-	0,88	0,96		
13	A	1,25	2,02	-	-	-	-	1,64	1,88		
14	E	0,73	1,25	-	-	0,81	2,13	-	-		
15	E	0,85	1,29	-	-	0,83	1,90	0,73	0,79		
16	E	0,59	0,79	0,54	-	-	1,83	1,23	1,46		
17	E	-	-	0,48	1,04	-	-	0,99	1,05		
18	A	1,44	2,22	0,97	2,07	2,20	4,19	1,99	2,31		
19	A	0,86	1,25	0,55	1,01	1,08	2,02	-	-		
20	E	-	-	0,51	0,83	1,31	-	-	-		
22	E	0,80	1,22	-	-	-	1,58	0,87	0,98		
23	A	0,98	1,72	0,62	-	-	-	1,11	1,24		
24	A	1,46	2,19	0,94	-	-	2,71	1,90	-		

E = Eimer A = Absauganlage

In einem weiteren Schritt wurden von jedem Lieferanten an zwei verschiedenen Tagen am Abend und Morgen je 5 Liter Milch auf der Referenzzentrifuge zentrifugiert, der Rahm wurde kühl gelagert und nach einer gewissen Zeit auf den Säuregrad im Fett untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Es fällt auf, dass in der vorliegenden Genossenschaft speziell die Produzenten mit Absauganlagen (verschiedenster Fabrikate) Probleme mit dem Säuregrad im Fett haben. Weiter ist zu bemerken, dass der Rahm vom Abend generell höhere Säurewerte aufweist.

Gemäss unserem Modell wurden die betreffenden Produzenten aufgefordert, ihre Melkanlagen speziell in bezug auf Fettschädigung durch die Herstellerfirma zu prüfen und nach Möglichkeit zu verbessern. Leider, wie dies die Resultate in Tabelle 5 zeigen, mit recht geringem Erfolg. Einzig die Nr. 24 zeigt nach der Revision deutlich bessere Werte. Die Lieferanten Nr. 10 und 13 haben am zweiten Tag genügende Werte erreicht (Kontrolleffekt?).

Tabelle 5: Säuregradwerte nach Ueberprüfung der Melkanlagen

Lief. Nr.	Säuregrad im Fett			
	Morgen 14.3. nach ca.7 Std.	nach ca.26 Std.	Morgen 15.3. nach ca.7 Std.	nach ca.26 Std.
5	0.72	1.51	0.77	1.50
8	0.62	1.80	0.61	1.84
10	0.63	1.26	0.48	0.94
13	0.71	1.25	0.52	0.98
18	0.87	1.62	0.93	1.74
21	-	-	0.57	1.52
23	0.70	1.38	0.58	1.33
24	0.62	1.22	0.74	1.06

Drei Lieferanten mit Absauganlagen, die Nummern 5, 8 und 18, waren in der Folge bereit, versuchsweise mit Eimermelkanlagen zu melken. Am zweiten und dritten Morgen wurden Proben gefasst und auf den Säuregrad im Fett untersucht (Tabelle 6). Es zeigt sich in jedem Fall eine deutliche Verbesserung der Säurewerte (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 6: Säuregrad im Fett der Milch von drei Lieferanten, die anstelle ihrer Rohmelkanlagen Eimermelkanlagen verwendeten.

Lief. Nr.	Säuregrad im Fett			
	Morgen nach ca. 5 Std.	nach ca. 29 Std.	Morgen nach ca. 5 Std.	nach ca. 29 Std.
5	0.42	0.84	0.49	0.89
8	0.53	1.29	0.41	1.01
18	0.48	0.97	0.56	0.99

4. Zusammenfassung

Als Hauptursachen des zu hohen Säuregrades im Rahm einer Zentrifugierstelle, die gemäss unserem Modellverfahren kontrolliert wurde, fanden wir eine zu starke mechanische Belastung der Milch durch die Zentrifuge sowie durch einige Melkanlagen.

Die Ueberprüfung sowie die Service-Arbeiten an den besagten Anlagen brachten nicht den gewünschten Erfolg, d.h. ein Ersatz der Anlagen zur Lösung des Problems wird unumgänglich. Wer aber ist bereit, die Kosten zu tragen?

Die Anlagen wurden zum Teil erst vor kurzer Zeit, sicher nach bestem Wissen und Gewissen gebaut und auch gekauft. Im Hinblick auf die Qualität unserer Produkte, speziell der Butter, müssen wir aber den Mut haben, die Probleme offen darzulegen und sachlich zu behandeln. Jetzt können wir noch rechtzeitig etwas unternehmen.

Folgerungen aus der Tagung

=====

Prof. Dr. Z. Puhan
 Laboratorium für Milchwissenschaft ETH-Zürich
 und
 Dr. Chr. Steffen
 Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern

Die Tagung mit den milchwirtschaftlichen Kontroll- und Beratungsdiensten unseres Landes über die Fettschädigung hat folgendes gezeigt:

In den letzten Jahren traten sowohl bei gelagerter Import- wie bei einheimischer Butter vermehrt Geschmacks- und Geruchsfehler auf. Die ungenügende Lagerstabilität wird auf hydrolytische oder oxydative Vorgänge zurückgeführt.

In der Schweiz scheint das den Lipasen zugängliche freie Fett die Hauptursache für die ungenügenden Qualitätseigenschaften zu sein.

Als wichtigste Ursachen für die Fettschädigung sind heute bekannt:

- die Disposition der Milch (Spätlaktation, erhöhte Zellzahl, kurze Melkintervalle, hormonale Störungen im Sexualzyklus)
- das Melken (starke Schaumbildung beim Melken; nicht einwandfrei installierte, gewartete und bediente Melkanlagen, insbesondere Rohrmelkanlagen)
- das Pumpen
- Kühlung und Lagerdauer
- gestörte Strömungsvorgänge
- Zentrifugation

Die in der Schweiz auftretenden Rahm- und Butterfehler müssen durch die Eliminierung der Ursachen des lyopolisierbaren Fettes bekämpft werden. Dies bedingt aber, dass die kritischen Punkte bei Milchgewinnung, -transport und -verarbeitung erkannt werden. In einigen Fällen kann die Ursache der Fettschädigung bei einer einzigen extrem belastenden Massnahme liegen (z.B. Rohrmelkanlage, Zentrifugation). Häufig entsteht die Fettschädigung aber als Summe mehr oder weniger stark belastender Faktoren.

Das den Lipasen zugängliche Fett muss nicht nur zwangsläufig bei Rahm- und Butter negative Auswirkungen haben, sondern kann auch bei andern fettreichen Produkten wie z.B. Käse Ursache von Geruchs- und Geschmacksfehlern sein.

Zur Behebung der Probleme ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Milchverarbeiter, milchwirtschaftlichem Kontroll- und Beratungsdienst und Milchproduzenten notwendig. Für den Nachweis der Belastung der Milch mit freiem Fett stehen mehrere Methoden zur Verfügung. Für den mKBD gilt es vorerst anhand von Beobachtungen wie Schaumbildung (Schaum enthält ein Vielfaches an freiem Fett gegenüber der normalen Milch) und ausgeöltem oder ausgebuttertem Fett in der Milch sowie mit Hilfe der Standprobe die möglichen Ursachen zu erkennen.

