



Verfahren zur Behandlung der Käseireimilch und deren Bedeutung für die Lebensmittelsicherheit von Käse

Autoren

Ernst Jakob, Elisabeth Eugster



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

Herausgeber:	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Bern www.agroscope.ch
Auskünfte:	Ernst Jakob, ernst.jakob@agroscope.admin.ch Elisabeth Eugster, elisabeth.eugster@agroscope.admin.ch
Redaktion:	Müge Yildirim, Agroscope
Gestaltung:	Vincent Grivet, Agroscope
Copyright:	© Agroscope 2016 Nachdruck bei Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplars an die Herausgeberin gestattet.
ISSN:	2296-729X
ISBN:	978-3-906804-29-3

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	4
2 Gesetzliche Grundlagen und Branchenleitlinien	4
3 Das Mikrobiom der Rohmilch	5
4 Lebensmittelsicherheit und –qualität von Rohmilchkäse	6
5 Milchbehandlung zur Erhöhung der Lebensmittelsicherheit von Käse	8
5.1 Milchlagerung.....	8
5.2 Milcherhitzung.....	9
5.2.1 Pasteurisation.....	9
5.2.2 Thermisation.....	11
6 Baktofugation	13
7 Mikrofiltration	19
8 Diskussion	20
9 Referenzen	21

Zusammenfassung

In der Herstellung von traditionellen Käsesorten ist die Verarbeitung von frischer, möglichst schonend behandelter Milch von grosser Bedeutung. Durch die möglichst weitgehende Erhaltung des Mikrobioms und der Aktivität der originären Enzyme der Rohmilch bewahren diese Käse ihren ursprünglichen Charakter. Diese Zielsetzung steht in Konflikt zu wachsenden Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit der Produkte. Diese Literaturübersicht befasst sich mit dem Einfluss der Vorbehandlung der Käseemilch auf die Lebensmittelsicherheit und die Qualität gereifter Käse. Dabei wird besonders auf die Hitzebehandlung, die Baktofugation und die Mikrofiltration eingegangen

1 Einleitung

Verschiedene traditionelle Schweizer Käsesorten werden ganz oder teilweise aus Rohmilch hergestellt. Bei einigen Käsesorten mit geschützter Ursprungsbezeichnung (GUB) wird dies durch die GUB-Pflichtenhefte vorgeschrieben. Rohmilch ist per Definition eine Milch, die nicht auf eine Temperatur von über 40 °C erwärmt wurde und auch keinem anderen Verfahren mit ähnlicher Wirkung unterzogen wurde [Anon. 2014b]. Bei der Herstellung von reinem Rohmilchkäse beschränkt sich die Milchbehandlung somit auf die gesetzlich vorgeschriebene Filtration, die Milchlagerung und die Teilentrainmentung bei max. 40 °C zur Einstellung des erforderlichen Fettgehaltes. Von Gesetzes wegen muss ein Käse aber auch dann als Rohmilchkäse gekennzeichnet werden, wenn nur ein Teil der verarbeiteten Milch der Definition von Rohmilch entspricht. Sehr viele Käsesorten, insbesondere Weich- und Halbhartkäse, werden aus Milch hergestellt, die einer Hitzebehandlung und ev. weiteren Verfahren unterzogen wurden. Wie auch immer das Verfahren gewählt wird – das nationale und internationale Gesetz verlangt, dass der Hersteller sicherstellt, dass die in den Verkehr gebrachten Lebensmittel gesundheitlich unbedenklich sind und den Konsumenten keine Eigenschaften vortäuschen, die sie nicht besitzen. Der vorliegende Beitrag stellt die verschiedenen Verfahren zur Behandlung der Käseemilch vor und diskutiert ihren Beitrag zur Lebensmittelsicherheit und Qualität von Käse.

2 Gesetzliche Grundlagen und Branchenleitlinien

Eine Leitlinie für die gute Verfahrenspraxis gemäss Art. 52 der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenstände-Verordnung entbindet den einzelnen Lebensmittelbetrieb davon, selber ein HACCP-System zu erarbeiten. In der Milchwirtschaft bestehen zwei Leitlinien: das QM Fromarte [Fromarte 2008] sowie die Leitlinie für die gute Verfahrenspraxis bei der Milchgewinnung und –verarbeitung in Sömmerungsbetrieben des Schweizerischen Alpwirtschaftlichen Verbandes (SAV Leitlinie) [Jakob & Menéndez Gonzalez 2015]. Sie berücksichtigen sowohl die schweizerische, als auch die europäische Gesetzgebung [Verordnung (EG) Nr. 852/2004, Verordnung (EG) Nr. 2073/2005] und wurden vom BAG bewilligt¹. Das Qualitätsmanagementsystem der oben erwähnten Leitlinien umfasst die Basishygiene, die Prozesskontrolle sowie die Endproduktkontrolle. Bei der Endproduktkontrolle geht es darum, zu überprüfen, ob die auf den Stufen der Basishygiene und Prozesskontrolle getroffenen Massnahmen ein sicheres Produkt gewährleisten können. Die Endproduktkontrolle wird stichprobenweise, aber planmässig durchgeführt. Eine Übersicht zu den gesetzlichen Rahmenbedingungen und den darin enthaltenen Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit von Käse sind im Anhang enthalten.

¹ <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/rechts-und-vollzugsgrundlagen/hilfsmittel-und-vollzugsgrundlagen/leitlinien-gute-verfahrenspraxis.html>

3 Das Mikrobiom der Rohmilch

Die Rohmilch stellt aufgrund ihrer Zusammensetzung – neutraler pH-Wert, hohe Wasseraktivität, Verfügbarkeit wichtiger Nährstoffe und Spurenelemente - die ideale Umgebung für das Wachstum einer ganzen Reihe verschiedener Mikroorganismen dar. Die Gesamtheit aller in der Rohmilch vorhandenen Mikroorganismen wird als „Rohmilch-Mikrobiom“ bezeichnet. Es stellt eine sehr komplexe Gemeinschaft dar, deren spezifische Zusammensetzung einen direkten Einfluss auf die Verarbeitbarkeit der Rohmilch zu Milchprodukten sowie auf deren Qualität und Sicherheit besitzt [Mayo et al. 2014, Quigley et al. 2013b]. In kürzlich durchgeführten Studien konnten bis zu 256 verschiedene Spezies in Rohmilch identifiziert werden [Masoud et al. 2012, Quigley et al. 2013a]. Darunter gibt es eine Reihe unerwarteter Gattungen und Spezies, die vorher nicht in Rohmilch beschrieben wurden.

Milchsäurebakterien (MSB: Gattungen *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Enterococcus*) sowie kommensale Staphylokokken dominieren im Mikrobiom frisch gemolkener Rohmilch. Hinzu kommen weitere Mikroorganismen (*Propionibacterium* spp., *Corynebacterium* spp., *Arthrobacter* spp., *Brevibacterium* spp., *Carnobacterium* spp., *Bifidobacterium* spp. und Hefen), die wie die MSB in bestimmten Phasen der Käseherstellung und –reifung wachstumsfähig sind und durch die Vergärung von Milchzucker, Citrat und Milchsäure sowie durch Proteolyse und Lipolyse massgeblich zu typischen Qualitätsmerkmalen von Käse wie beispielsweise dem Aroma, dem Geschmack und der Textur beitragen. Aufgrund ihrer technologischen und ernährungsphysiologischen Funktion sind diese Mikroorganismen in Rohmilch erwünscht.

Es gibt aber auch eine Reihe unerwünschter Mikroorganismen in Rohmilch, welche die Qualität und die Sicherheit von Käse beeinträchtigen können. Dazu zählen insbesondere Sporen von *Clostridium tyrobutyricum*, welche die gefürchteten Buttersäuregärungen im Käse verursachen [Bergère et al. 1969]. Gramnegative Bakterien (Pseudomonaden, Enterobakterien etc.) spielen bei guter Melkhygiene eine untergeordnete Rolle, können aber nach Kühlagerung der Milch dominieren [Scott 1998]. Viele dieser Keime bilden Lipasen und Proteasen, die zu Aromafehlern im konsumreifen Käse führen [Jakob et al. 2010]. Die mikrobielle Biodiversität unter den gramnegativen Bakterien ist hoch, und es wurden zahlreiche Spezies identifiziert: *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Alcaligenes* spp., *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Psychrobacter* spp., *Halomonas* spp., *Serratia* spp., *Hafnia* spp. [Quigley et al. 2013a].

Enterokokken, im Besonderen *E. faecalis* und *E. faecium*, gehören zur Gruppe der MSB und kommen in einer Vielzahl von genussfertigen Lebensmitteln vor [Dalla Torre et al. 1993, Baumgartner et al. 2001, McAuley et al. 2015]. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden sie in der Literatur sehr kontrovers betrachtet. Einzelne Stämme werden als Starterkulturen oder Probiotika eingesetzt, andere sind als Verursacher von opportunistischen Spitalinfektionen beschrieben [Top et al. 2008]. Im Käse sind sie für die Bildung von Tyramin verantwortlich [Leuschner et al. 1999]. Enterokokken sind dafür bekannt, dass sie Antibiotika-Resistenzgene erwerben und weitergeben können [Teuber et al. 1999]. Lebensmittelrechtlich waren Enterokokken nie als gesundheitsgefährdend eingestuft (die erste Hygieneverordnung stammt aus dem Jahr 1981). Lediglich im Bereich Trinkwasser gibt es Toleranzwerte für Enterokokken. In diesem speziellen Bereich dienen sie als Indikatorkeime für Verschmutzungen (z.B. Eintrag von Gülle in ein Wasservorkommen). Das Vorkommen eines Indikatorkeimes selber ist kein medizinisches Problem. Ist der Toleranzwert für einen Indikatorkeim überschritten, könnten aber obligat pathogene Keime vorliegen.

Der Verzehr von fermentierten Lebensmitteln, die hohe Gehalte an biogenen Aminen enthalten, stellt ebenfalls ein gesundheitliches Risiko dar. Der Begriff „biogene Amine“ umfasst eine Gruppe von ca. 20-30 Nicht-Protein-Verbindungen biologischen Ursprungs, die in fermentierten Lebensmitteln enthalten sein können. In Lebensmitteln unerwünscht sind vor allem die Amine Histamin und Tyramin, die beide ein breites Spektrum an gesundheitlichen Beschwerden auslösen können. Gehalte von mehr als 300-500 mg/kg Käse führen zu geschmacklichen Abweichungen und Lochungsfehlern und limitieren die Ausreifbarkeit [Wechsler et al. 2009]. Die Abwesenheit aminbildender Mikroorganismen (*Lactobacillus parabuchneri*, Enterokokken und Enterobakterien) in der Rohmilch ist eine wichtige Voraussetzung für die Herstellung von qualitativ einwandfreiem Käse [Wechsler et al. in Vorbereitung].

4 Lebensmittelsicherheit und –qualität von Rohmilchkäse

Die Herstellung von Käse aus Rohmilch hat in vielen europäischen Ländern, darunter auch die Schweiz, eine lange Tradition. In der Schweiz wird etwas mehr als ein Drittel der produzierten Milchmenge zu Käsesorten aus Rohmilch verarbeitet. Gereifte Halbhart- und Hartkäse gelten als relativ sichere Lebensmittel, da die meisten pathogenen Mikroorganismen während der Käsereifung kontinuierlich absterben [Mühlemann M. 2014]. In Halbhartkäse ist die Absterberate allerdings niedriger als in Hartkäse, wobei besonders *Listeria monocytogenes* und *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* durch langsame Absterberaten von 0.5 log oder weniger pro Monat auffallen [Bachmann & Spahr 1995; Spahr & Schafroth 2001]. Da Halbhartkäse aufgrund des höheren Wassergehaltes schneller reifen und darum in der Regel auch früher konsumiert werden, bergen sie grössere Hygienrisiken als Hartkäse.

In den Vereinigten Staaten gilt seit 1949 eine gesetzliche Mindestreifzeit von 60 Tagen bei mindestens 32 °F (0 °C) für Käse, die aus nicht pasteurisierter Milch hergestellt wurden und über die Grenzen der Bundesstaaten hinaus gehandelt werden [D'Amico 2008, FDA 2015]. Die Regelung wurde damals von der FDA nicht wissenschaftlich begründet, sondern damit, dass keine Gruppenerkrankungen durch mindestens 60 Tage gereifte Käse dokumentiert seien. Die 60-Tage-Regel wurde immer wieder in Frage gestellt und deren absolute Gültigkeit auch widerlegt [Schlesser et al. 2006, D'Amico 2008]. Sie gilt aber nicht nur in den USA als Element im Konzept der Hürdentechnologie, das wesentlich zur Lebensmittelsicherheit von gereiften Käsen beiträgt. Die 60-Tage-Regel spielt auch bei der Herstellung einiger Schweizer Käsesorten mit geschützter Ursprungsbezeichnung eine wichtige Rolle (Tab. 1).

Tabelle 1: Herstellungsbedingungen für Schweizer Käsesorten mit geschützter Ursprungsbezeichnung gemäss AOP-Pflichtenheft (Stand 17.8.2016)

Käsesorte	Thermisation	Brenntemperatur	Milchlagerung		minimale Reifezeit
Berner Alpkäse	nicht erlaubt	≥ 50°C	k.A. (18°C)	≤ 15h	4.5 Monate
Emmentaler	nicht erlaubt	52 - 54°C	k.A. (18°C)	≤ 24h	4 Monate
Etivaz	nicht erlaubt	≤ 57°C	max. 18°C ²	≤ 18 h	135 Tage
Formaggio d'alpe ticinese	nicht erlaubt	41 – 50 °C	k.A. (18°C)	≤ 18 h	60 Tage
Glarner Alpkäse	nicht erlaubt	44 - 47 °C	< 13°C	≤ 24 h	60 Tage
Gruyère	nicht erlaubt	54 - 59°C	12 bis 18°C	≤ 18 h	5 Monate
Sbrinz	nicht erlaubt	54 - 57°C	k.A. (18°C)	≤ 24 h	18 Monate
Tête de Moine	nicht erlaubt	44 - 53°C	≤ 18 °C ³	≤ 18 h ³	75 Tage
Vacherin fribourgeois	fakultativ (ALP pos.) ¹	30 - 36°C	k.A. (18°C)	≤ 24 h	70 Tage
Vacherin Mont d'Or	57 bis 68 °C ≤ 15s (ALP pos.)	32 - 38 °C	10 bis 18 °C	≤ 20 h	17 Tage
Walliser Raclette	nicht erlaubt	36 - 45°C	< 8°C ⁴	≤ 24 h	3 Monate
Werdenberger/Liechtensteiner Bloderkäse	kann: 55 - 69°C/≥15s (ALP pos.)	≤ 45°C / pH <4.65	k.A. (18°C)	≤ 24 h	keine
Werdenberger/Liechtensteiner Sauerkäse	kann: 55 - 69°C/≥15s (ALP pos.)	≤ 45°C / pH <4.65	k.A. (18°C)	≤ 24 h	2 Monate

k.A. = keine Angaben, d.h. es gelten die gesetzlichen Anforderungen (max. 18°C)

ALP pos. = Reaktion der Alkalischen Phosphatase muss nach der Behandlung positiv sein

¹ Temperatur und Zeit sind nicht definiert

² Höchsttemperatur der gelagerten Abendmilch am Morgen

³ wird die Milch unter 8°C gekühlt, darf sie max. 24 h gelagert werden.

⁴ Sommerbetriebe dürfen die Milch bei <13 °C lagern

Die mikrobiologischen Gefahren, die im Rahmen einer HACCP-Studie für Halbhart- und Hartkäse adressiert werden müssen, umfassen vor allem jene Mikroorganismen, die im Mikrobiom der Rohmilch häufig auftreten und im Käse eine gute Überlebensfähigkeit aufweisen, oder Keime, die in bestimmten Phasen des Käseherstellungs- und Reifungsprozesses vermehrungsfähig sind und daher auch bei niederschweligen Kontaminationen problematische Keimzahlen erreichen, bzw. Toxine produzieren können (Tab. 2). Von Bedeutung ist dabei auch, dass die in der Milch vorhandenen Keime weitgehend in den Käse übergehen und somit rein physikalisch um etwa das Zehnfache angereichert werden.

Tabelle 2: Pathogene bzw. toxinbildende Mikroorganismen: Häufigkeit in Rohmilch und Verhalten im Halbhartkäse [Verreaes et al. 2015, Menéndez Gonzalez et al. 2011, Beuvier et al. 1997, Fröhlich-Wyder 2016]

Gefahr	Häufigkeit in Rohmilch	Wachstum	Inaktivierung	Relevanz
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.1-1.1% ¹	auf der Oberfläche von Rotschmierekäsen	Abnahme im Käseteig: < 0.5 log / Monat	hoch
<i>Salmonella</i> spp.	<0.5% ¹	nein (keine Laktosevergärung)	ca. 1 log / Monat	gering
Shiga-Toxin produzierende <i>Escherichia coli</i>	0.7-2.8% ¹	starke Vermehrung in den ersten 24 Stunden (Laktosevergärung)	ca. 1 log / Monat	hoch
<i>Staphylococcus aureus</i>	27 - 36% ²	starke Vermehrung in den ersten 24 Stunden, bei >10 ⁵ kbE/g Toxinbildung möglich	2 - 3 log / Monat, Toxine werden nicht inaktiviert	hoch
Histaminbildende Laktobazillen	1-10% ³	im Herstellungsprozess und während der Reifung	langsame Inaktivierung nach 30-60 Tagen bei fortschreitender Histaminbildung	hoch
Tyraminbildende Enterokokken	>10 % ³	im Herstellungsprozess und während der Reifung	langsame Inaktivierung nach 30-60 Tagen bei fortschreitender Tyraminbildung	mittel

1 Käseemilch ab Hof. Positiver Nachweis in 25g, Vertrauensgrenzen für P=95%; N=601 Proben (Agroscope, unveröffentlicht)

2 Käseemilch ab Hof. Anteil Proben mit > 10 kbE/g, Vertrauensgrenzen für P=95%; N=601 Proben (Agroscope, unveröffentlicht)

3 Anteil Proben von Käseemilch mit ≥10 kbE/mL (Agroscope, unveröffentlicht)

Im Rahmen des HACCP-Konzeptes haben mikrobiologische Endproduktkontrollen hauptsächlich die Aufgabe, dessen Funktionieren zu überprüfen, und werden bei Halbhart- und Hartkäsen nicht engmaschig vorgenommen. Umso wichtiger ist, die in Tabelle 2 beschriebenen, mikrobiellen Gefahren durch einen gut kontrollierten Herstellungsprozess zu beherrschen.

5 Milchbehandlung zur Erhöhung der Lebensmittelsicherheit von Käse

5.1 Milchlagerung

Wird die Milch vor der Verarbeitung zu Käse keinem keimtötenden Verfahren unterzogen, kommt der mikrobiologischen Qualität der Milch eine zentrale Bedeutung zu. Dies gilt nicht nur in Bezug auf die Lebensmittelsicherheit von Käse, sondern auch in Bezug auf die Vermeidung von Fehlgärungen. Hier kann über die Melkhygiene und die Milchlagerung Einfluss genommen werden. Gemäss Artikel 14 der Verordnung über die Hygiene in der Milchproduktion [Anon. 2015] darf Käsereimilch bei einer Temperatur von mehr als 8 °C gelagert werden, sofern die Verarbeitung spätestens 24 h nach der Gewinnung erfolgt. Die Temperatur darf aber 18 °C nicht überschreiten, und die Lebensmittelsicherheit muss jederzeit gewährleistet sein [Anon. 2014 a, Anon. 2015].

Milchlagertemperaturen von 12 °C sind gerade in Käsereien, die Rohmilch verarbeiten, verbreitet und beim Gruyère AOP sogar durch das AOP-Pflichtenheft vorgegeben. Ein Grund dafür liegt darin, dass es bei Temperaturen unter 8 °C zu einem deutlichen pH-Anstieg in der Milch kommt, der sich ungünstig auf die Labgerinnung der Milch auswirkt. Wird die Milch später thermisch behandelt, wird ein lagerungsbedingter pH-Anstieg wieder korrigiert.

Wie Abbildung 1 zeigt, beschleunigt sich das Wachstum von *Escherichia coli* bei Temperaturen oberhalb von 12 °C derart, dass bei einer Lagerdauer von nur 12 h, z.B. bei der Lagerung von Abendmilch über Nacht, eine unakzeptable Kontamination der Verarbeitungsmilch entstehen kann. Es ist dabei immer auch zu bedenken, dass es im Zuge der Käseherstellung noch zu einer rein physikalischen Anreicherung der Keime um etwa das Zehnfache kommt und je nach Temperaturverlauf während des Käseherstellungsprozesses zu einer weiteren Keimvermehrung. Unterhalb von 10 °C erfolgt innerhalb 24 h keine nennenswerte Vermehrung von pathogenen Keimen in der Milch. Eine Ausnahme bildet *Listeria monocytogenes*, die selbst bei 0 °C noch vermehrungsfähig ist.

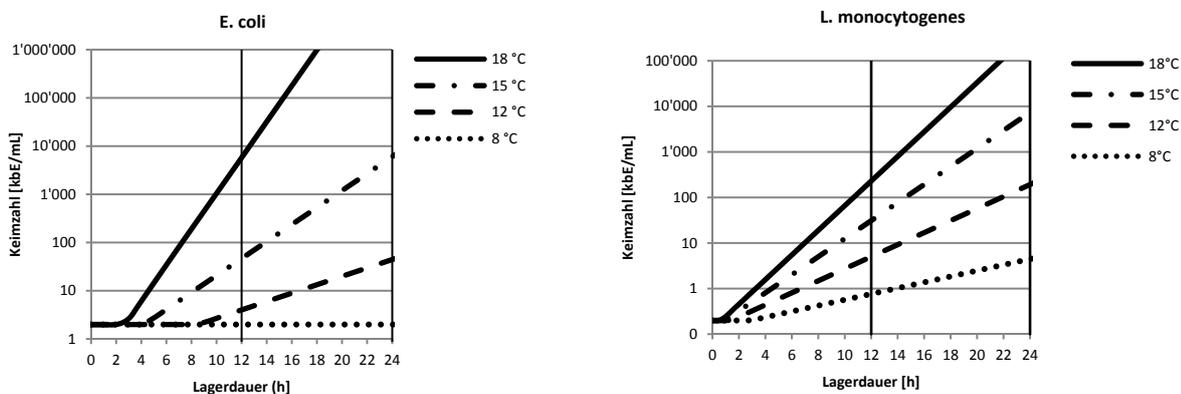


Abbildung 1: Vermehrung von *Escherichia coli* (links) und *Listeria monocytogenes* in Milch bei verschiedenen Temperaturen [Simulation mit Sym'previus, Leporq et al. 2005]

Die SAV Leitlinie verbietet eine Milchlagerung bei Temperaturen von mehr als 15 °C, falls Rohmilch zu Halbhartkäse verarbeitet wird. Empfohlen wird eine Milchlagerung bei max. 12 °C während max. 12 h, bzw. von max. 10 °C, falls die Milch 24 h gelagert werden soll.

5.2 Milcherhitzung

5.2.1 Pasteurisation

Die Hitzebehandlung der Milch ist das gebräuchlichste Verfahren zur Eliminierung unerwünschter Mikroorganismen aus der Käseerholmilch. Dabei unterscheidet man zwischen Pasteurisation und Thermisation. Die Pasteurisation der Milch ist gemäss Hygieneverordnung definiert als eine Hitzebehandlung bei 72 °C während mind. 15 s oder eine Temperatur-Zeit-Kombination mit gleicher Wirkung, die zu einem negativen Phosphatase-Test führt [Anon.2014a]. Gestützt auf die Arbeit von Enright, Sadler & Thomas [Enright et al. 1957] mit *Coxiella burnetii* gilt in den USA eine Hitzebehandlung der Milch bei 63 °C während 30 min als einer Behandlung bei 72 °C/15 s gleichwertig [Holsinger et al.1997, Cerf & Condron 2006]. Beide Zeit-Temperatur-Kombinationen führen zu einer Reduktion von *C. burnetii* in Milch um 7 log [Cerf & Condron 2006]. Die Gleichwertigkeit von 63 °C/30 min und 72 °C/15 s entspricht einem z-Wert von 4.34 °C, wie er von Enright, Sadler & Thomas [Enright et al. 1957] für *C. burnetii* ermittelt wurde. Der z-Wert bezeichnet die Temperaturveränderung, welche zu einer Veränderung der dezimalen Reduktionszeit D um 1 log (entspricht einer Veränderung um 1 Zehnerpotenz) führt. Wie Tabelle 3 zeigt, weisen andere pathogene Keime teilweise deutlich höhere z-Werte auf, was bedeutet, dass deren Absterberate (D-Wert) weniger stark auf Temperaturveränderungen reagiert.

Tabelle 3: D- und z-Werte für die Hitzeinaktivierung verschiedener Bakterienarten

Bakterienart	Medium	D-Wert 65°C [s]	z-Wert [°C]	Quelle
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	diverse Medien	1.3	6.4	Sörqvist 2003
<i>Coxiella burnetii</i>	Milch	156.1	4.4	Cerf & Condron 2006
<i>Enterococcus faecalis</i>	diverse Medien	123.2	9.5	Sörqvist 2003
<i>Escherichia coli</i>	diverse Medien	5.6	6.0	Sörqvist 2003
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	Milch	21.6	6.7	Sörqvist 2003
<i>Mycobacterium avium</i> ssp. <i>paratuberculosis</i>	Milch	68.5	7.1	Sung & Collins 1998
<i>Mycobacterium bovis/caprae</i> ²	Milch	6.6	5.3	Hammer et al. 2015
<i>Salmonella</i> spp. ³	diverse Medien	2.6	5.2	Sörqvist 2003
<i>Staphylococcus aureus</i>	Milch	15.4	9.5	Firstenberg-Eden et al. 1977
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Milch und andere Medien	5.4	6.7	Sörqvist 2003

¹ Mittelwerte errechnet anhand der Regressionsgleichungen des Autors für Experimente mit Kapillarröhrchen bzw. Schlangenerhitzer

² Mittelwerte errechnet anhand der D-Werte bei 60, 62 und 65°C von 2 Stämmen von *M. caprae* und 1 Stamm von *M. bovis*

³ Werte für *Salmonella* spp. ohne die hitzeresistentere *S. senftenberg* (Sörqvist, 2003)

Die Beziehung zwischen der dezimalen Reduktionszeit D und der Temperatur T lässt sich mit folgender Formel umschreiben:

$$\log D = \log D_0 + \frac{T_0 - T}{z} \quad (1)$$

wobei D_0 die dezimale Reduktionszeit bei einer Referenztemperatur T_0 ist. Formel (1) beruht darauf, dass sich die Hitzeinaktivierung von Mikroorganismen als eine chemische Reaktion 1. Ordnung gemäss Formel (2) betrachten lässt [Casolari 1988]:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k \cdot t \quad (2)$$

N steht für die Keimzahl zum Zeitpunkt t , k ist die Geschwindigkeitskonstante der Inaktivierung bei einer bestimmten Temperatur. Für den Spezialfall, dass die Keimzahl zum Zeitpunkt t 10 % der Anfangskeimzahl $N_0 = 100$ % ist, wird $t = D$:

$$\ln \frac{N=0.1}{N_0=1} = -2.303 = -k \cdot D \text{ bzw. } D = 2.303 / k \quad (3)$$

Mit Hilfe der Arrhenius-Gleichung (4) lässt sich die Temperaturabhängigkeit der Reaktion wie folgt beschreiben:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{R \cdot T}} \quad (4)$$

wobei k die Geschwindigkeitskonstante [1/s], A der temperaturabhängige Frequenzfaktor [1/s], E_a die Aktivierungsenergie [J/mol], R die universelle Gaskonstante 8.314 [J/(K·mol)] und T die absolute Temperatur [K] sind. Berechnet man die Geschwindigkeitskonstanten k_1 und k_2 für zwei verschiedene Temperaturen T_1 und T_2 mit Hilfe von Formel (3) unter Vernachlässigung der relativ bescheidenen Temperaturabhängigkeit von A , so folgt :

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \quad (5)$$

Aus Gleichung (5) folgt, dass $\frac{k_1}{k_2} = \frac{D_2}{D_1}$. Damit ergibt sich für den Fall, dass $\frac{D_2}{D_1} = 0.1$ (Reduktion um 1 log), bzw. $T_2 - T_1 = z$, die Beziehung

$$z = 2.303 \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{R}{E_a} \quad (6)$$

Aus Gleichung (6) wird ersichtlich, dass z -Werte mit höherer Temperatur zunehmen, also keine konstante Grösse sind, wie dies mit der gebräuchlicheren Formel (1) suggeriert wird. Das bedeutet, dass z -Werte nicht weit über den Temperaturbereich hinaus anwendbar sind, in welchem sie ermittelt wurden.

Die Pasteurized Milk Ordinance der USA [FDA 2011] gibt auch für Temperaturen weit über 72 °C Mindestheisshaltezeiten vor (Tab. 4). Stellt man diese Werte grafisch dar (Abb. 2), wird offensichtlich, dass die Zeitvorgaben im Temperaturbereich 89 – 100 °C auf einem höheren z -Wert (5.64 °C) basieren als jene im Bereich 63 – 72 °C (z -Wert = 4.34 °C). Dies wird vor allem dadurch begründet, dass die Inaktivierung der alkalischen Phosphatase (z -Wert = 8.3) nicht denselben Temperaturverlauf hat, wie die Inaktivierung der pathogenen Zielkeime, so dass die sichere Inaktivierung der alkalischen Phosphatase oberhalb von 72 °C längere Heisshaltezeiten erfordert [Schlimme et al. 1998]. Dies ist wichtig, weil die alkalische Phosphatase als Indikator für eine nicht ordnungsgemässe Pasteurisation der Milch dient.

Tabelle 4: Temperatur-Zeit-Kombinationen für die Pasteurisation von Milch mit einem Fettgehalt von max. 10 % gemäss der US Pasteurized Milk Ordinance [FDA 2011]

Temperatur [°C]	Heisshaltezeit
63	30 min
72	15s
89	1 s
90	0.5 s
94	0.1 s
100	0.01 s

Für Milchkonzentrate ab 18 % Trockensubstanz oder Rahm mit einem Fettgehalt ab 10 % schreibt die Pasteurized Milk Ordinance der USA [FDA 2011] eine intensivere Hitzebehandlung vor als für Milch, z.B. eine Pasteurisation bei 69 °C während 30 Minuten oder bei 83 °C während 15 Sekunden. Dies begründet sich durch die Anreicherung der alkalischen Phosphatase in der Rahmphase [Shakeel-ur-Rehman et al. 2003]. Ausserdem erfolgt bei natürlicher Aufrahmung der Milch eine physikalische Anreicherung der Mikroorganismen im Rahm [Dellagio et al.1963, Caplan et al. 2013]. Zu beachten ist auch, dass ein hoher Fettgehalt die Hitzeinaktivierung von Bakterien beeinträchtigen kann. MacDonald & Sutherland (1993) fanden, dass *Listeria monocytogenes* in fettreicher Schafmilch langsamer inaktiviert wird als in der Magermilch. In Kuhmilch konnten die Autoren allerdings keinen schützenden Effekt des Fettes beobachten.

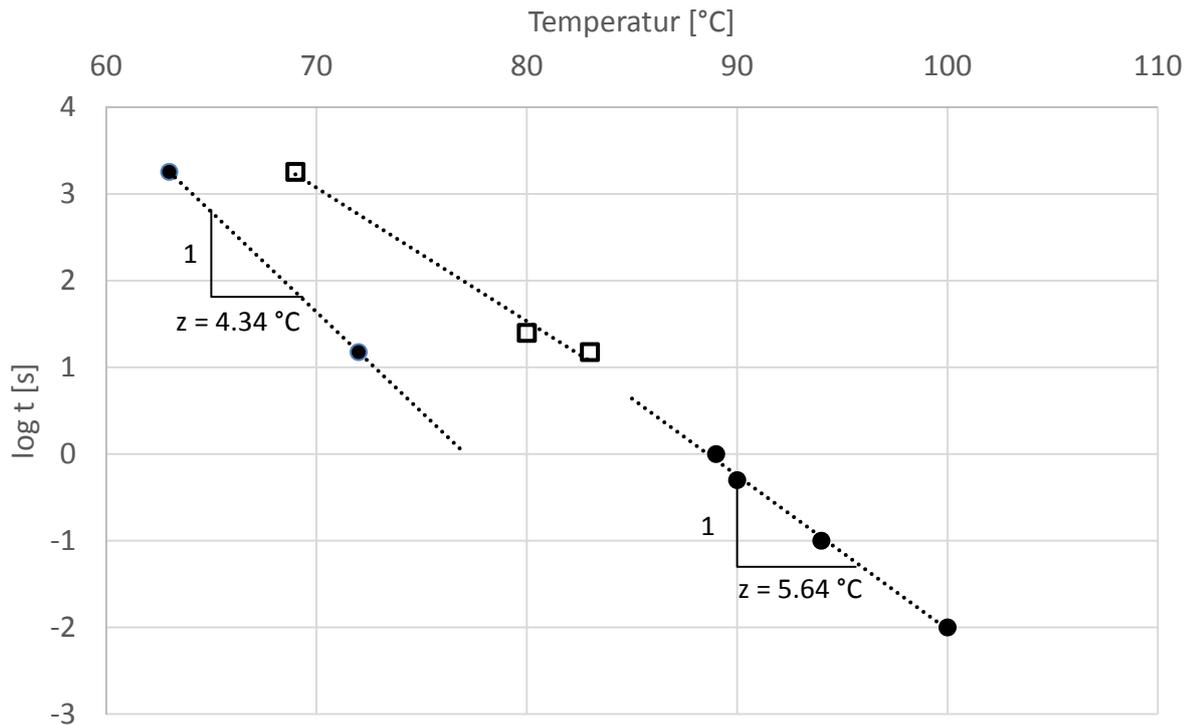


Abbildung 2: Temperatur-Zeit-Kombinationen gemäss der US Pasteurized Milk Ordinance [FDA 2011] mit den Regressionsgeraden und den daraus abgeleiteten z-Werten für die Temperaturbereiche 63 – 72 °C und 89 – 100 °C. ● Vorgaben für Milch, □ Vorgaben für Milchprodukte mit ≥ 10 % Fett oder ≥ 18 % Trockenmasse.

5.2.2 Thermisation

Im Unterschied zur Pasteurisation ist die Thermisation gesetzlich weit weniger präzise definiert. Gemäss Artikel 40 der Verordnung über Lebensmittel tierischer Herkunft [Anon. 2014b] gilt die Käseemilch als thermisiert, falls sie auf eine Temperatur von über 40 °C und weniger als 72 °C während mindestens 15 Sekunden erwärmt wurde und der Phosphatetest noch positiv ist. In der Praxis orientiert man sich allerdings noch immer an der Definition, die bis 2005 in Artikel 13 der Lebensmittelverordnung [Anon. 2005] formuliert war. Gemäss dieser Definition galten allgemein Lebensmittel als thermisiert, wenn sie auf 57 bis 68 °C erwärmt und während mindestens 15 Sekunden bei dieser Temperatur gehalten wurden. In Milch musste nach der Thermisation die alkalische Phosphatase noch nachweisbar sein.

In der Milchwirtschaft wird die Thermisation eingesetzt, um die Milchqualität durch Abtötung der psychrotrophen Bakterien bei längerer Lagerung zu stabilisieren und das Risiko von Fehlgärungen zu reduzieren [Spreer 2011]. Die Thermisation vermag auch den pH-Anstieg in kalt gelagerter Milch rückgängig zu machen und so deren Labgerinnungsfähigkeit wieder zu verbessern, ohne dass Calciumchlorid zugesetzt werden müsste, wie dies nach einer Pasteurisation der Fall ist. Wie Abbildung 3 und 4 zeigen, werden aufgrund der geringeren Hitzebelastung Enzyme wie die Lipoproteinlipase und thermodure Bakterien wie z.B. Pediokokken und Enterokokken weniger stark inaktiviert, was sich auf die Reifung der Käse und die Aromaentwicklung positiv auswirkt [Franklin & Sharpe 1963, Grappin & Beuvier 1997, Foulquié Moreno et al. 2006, Hickey et al. 2007].

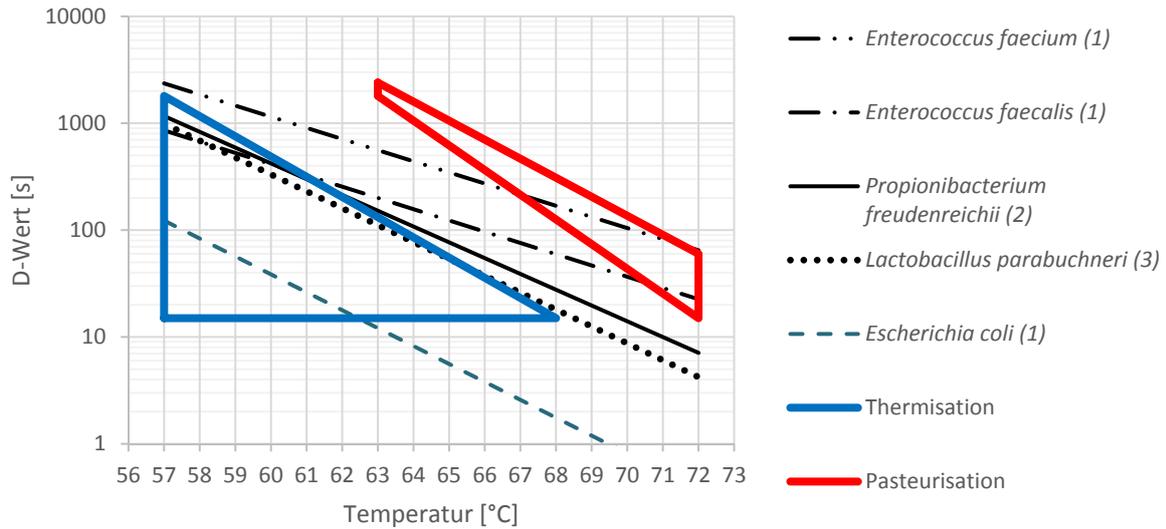


Abbildung 3: D-Werte in Abhängigkeit von der Temperatur für die Inaktivierung der wichtigen Verursacher von Fehlgärungen im Käse. (1) nach Sörqvist [2003], (2) D- und z-Wert berechnet anhand der Daten von Sollberger [1993], (3) D- und z-Wert berechnet anhand der Daten von Sumner et al. [1990] für *Lactobacillus buchneri* St2A, der später als *Lactobacillus parabuchneri* reklassifiziert wurde.

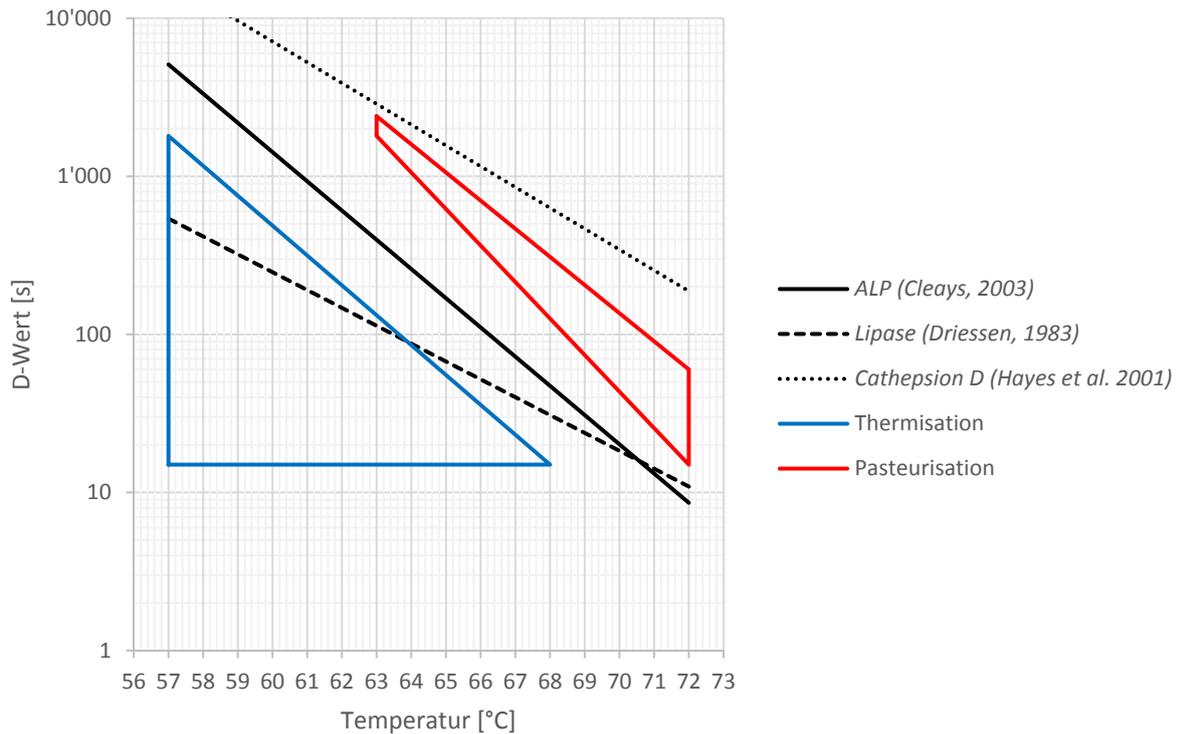


Abbildung 4: D-Werte in Abhängigkeit von der Temperatur für die Inaktivierung der alkalischen Phosphatase ALP, der Lipoproteinlipase und von Cathepsin D in Milch gemäss Literaturangaben.

Der Vacherin Mont d'Or AOP darf gemäss Pflichtenheft nur aus Milch hergestellt werden, die einer Hitzebehandlung bei 57 bis 68 °C während höchstens 15 s unterzogen wurde [Anon. 2014c]. Modellrechnungen basierend auf Literaturangaben (Tab. 5) zeigen, dass bei 57 °C und einer Heisshaltezeit von 15 s Listerien und Salmonellen kaum inaktiviert werden, so dass sehr viel längere Heisshaltezeiten erforderlich wären. Dies gilt in Bezug auf die Listerien auch für Temperaturen von 62 und 65 °C (Reduktion in 15 s um 0.4 log = 60 % bzw. um 0.7 log = 80 %).

Tabelle 5: Reduktion der Keimzahl von *Listeria monocytogenes* und Salmonellen bei verschiedenen Thermisationsbedingungen berechnet anhand durchschnittlicher D- und z-Werte [Sörqvist 2003]

Thermisationsbedingungen		Keimreduktion	
Temperatur [°C]	Heisshaltezeit [s]	<i>Listeria monocytogenes</i> ¹ [log KbE]	<i>Salmonella</i> spp. ² [log KbE]
57	15	< 0.1	0.2
62	15	0.2	1.5
65	15	0.7	5.7
68	15	2.0	> 7

¹Berechnungsbasis: D-Wert bei 65 °C in Milch: 21.6 s, z-Wert: 6.7 °C [Sörqvist, 2003]

² Berechnungsbasis: D-Wert bei 65 °C in div. Medien: 2.6 s, z-Wert 5.2 °C für *Salmonella* spp. exklusive *S. senftenberg* [Sörqvist, 2003]

Wird die Thermisation der Käsereimilch im Rahmen einer HACCP-Studie als Massnahme zur Beherrschung mikrobieller Gefahren in einem bestimmten Käse betrachtet, so kommt man nicht umhin, ähnlich wie für die Pasteurisation gleichwertige Temperatur-Zeit-Kombinationen zu definieren. Eine solche Definition findet sich darum in der SAV-Leitlinie (Tab. 6).

Tabelle 6: Gleichwertige Thermisationsbedingungen für Milch gemäss SAV-Leitlinie [Jakob & Menéndez Gonzalez 2015]

Temperatur	Heisshaltezeit ¹
57 °C	30 Minuten
60 °C	5 Minuten
65 °C	15 s

¹ Die zur Temperatur-Zeit-Kombination 65 °C/15 s äquivalenten Thermisationsbedingungen wurden auf der Basis eines z-Wertes von 4.3 °C berechnet.

6 Baktofugation

Bakteriensporen sind sehr hitzeresistent und können erst bei Temperaturen über 100 °C inaktiviert werden. Eine solche Behandlung führt aber zu Kochgeschmack und zum Verlust der Labgerinnungsfähigkeit der Milch. In den Fünfzigerjahren wurde in den Niederlanden ein damals als Ultrazentrifugation oder Superzentrifugation bezeichnetes Verfahren zur Abtrennung von Bakteriensporen aus der Milch entwickelt [Simonart 1959]. Erste solche Zentrifugen wurden in den Sechzigerjahren von der Firma Tetra Pak unter der Bezeichnung „Bactofuge“ kommerziell angeboten. Die Technologie sollte ursprünglich die Haltbarkeit von Pastmilch verbessern, die vor allem durch psychrotrophe Bakteriensporen limitiert wird [Meer et al. 1991]. Rasch fand die Baktofugation (BF) jedoch in der Käseindustrie Verbreitung, weil sich damit die Sporen von *Clostridium tyrobutyrium* aus der Milch entfernen lassen [Bergère et al. 1969, Jacobsson & Thurell, 1970, Lembke & Teuber 1981, Invernizzi, 1984, Kessler 1988]. Die Sporen gelangen vor allem bei Verfütterung von Silage in die Milch und verursachen die gefürchteten Spätblähungen im Käse [Bergère et al. 1969, Jacobsson & Thurell 1970, Invernizzi 1984]. Mit Hilfe der BF wurde es möglich, Käse aus Industriemilch ohne die damals sehr umstrittene Zugabe von Nitrat zur Milch herzustellen [Walstra et al. 1999].

Die Wirkung der BF beruht auf dem Dichteunterschied zwischen der Milch und den Bakteriensporen [Lembke & Teuber 1981, Deeth & Datt 2011]. Um eine gute Wirkung zu erzielen muss die BF bei Temperaturen über 50 °C durchgeführt werden, wo die Viskosität der Milch niedriger ist [Dilanyan et al. 1975, McCarthy 2011]. In der Praxis wird Käsereimilch meist bei einer Temperatur im Bereich von 55 bis 60 °C baktofugiert [Spreer 2011, GEA 2015]. Bei höherer Temperatur

steigt der Proteingehalt des Sediments, was bei der Käseausbeute ins Gewicht fallen kann, falls dieses nicht sterilisiert und in die Milch zurückgeführt wird.

Tabelle 7: Dichte und dynamische Viskosität von Magermilch [Kessler, 1988]

Temperatur [°C]	Dichte [g/L]	Dynamische Viskosität [mPa·s]
5	1039.3	1.680
10	1037.8	1.538
20	1034.5	1.295
30	1030.6	1.096
40	1026.4	0.934
50	1021.6	0.801
60	1016.4	0.690
70	1010.8	0.599
80	1004.7	0.523
90	998.1	0.431

Mathematisch lässt sich die BF anhand der Stokesschen Gleichung (1) beschreiben. Letztere besagt, dass die Sedimentationsgeschwindigkeit eines sinkenden Partikels ab jenem Moment konstant ist, wo sich erzeugte Reibung und die Schwerkraft die Waage halten:

$$F_{\text{Reibung}} = F_{\text{Auftrieb}} - F_{\text{Gravitation}} \quad (1)$$

Gemäss dem Gesetz von Stokes ist die Reibung eines sphärischen Partikels, das sich in der Flüssigkeit bewegt, durch den Partikelradius r , die dynamische Viskosität der Flüssigkeit η und die Geschwindigkeit v wie folgt gegeben:

$$F_{\text{Reibung}} = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v \quad (2)$$

Die Auftriebskraft berechnet sich aus dem Partikelvolumen $V_p = \frac{4}{3}\pi r^3$, der Dichte ρ_f der Flüssigkeit und der Gravitationsbeschleunigung g :

$$F_{\text{Auftrieb}} = \rho_f V_p g \quad (3)$$

Die auf das Partikel wirkende Gravitationskraft berechnet sich aus dem Volumen V_p und der Dichte ρ_p des Partikels:

$$F_{\text{Gravitation}} = \rho_p V_p g \quad (4)$$

Daraus lässt sich für die Sedimentationsgeschwindigkeit v im Gleichgewichtszustand ableiten:

$$v = \frac{2r^2 g (\rho_p - \rho_f)}{9\eta} \quad (5)$$

Gleichung (5) ist nur bei einer Reynoldszahl $Re < 0.5$ anwendbar [Luckert 2004], also bei laminaren Strömungsverhältnissen. Letztere berechnet sich anhand der Sedimentationsgeschwindigkeit v , der Teilchengrösse d , der Dichte ρ_f und der dynamischen Viskosität η der Flüssigkeit:

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho_f}{\eta} \quad (6)$$

Für einzelne Bakterienzellen ist die Voraussetzung $Re < 0.5$ aufgrund der kleinen Grösse bis hin zu Sedimentationsgeschwindigkeiten von etwa 0.1 m/s gegeben (Annahmen: $d=3 \mu\text{m}$, Dichte und Viskosität für Milch bei 60 °C gemäss Tabelle 7; ergibt $Re = 0.44$). Bei $Re > 0.5$, z.B. weil die Teilchen grösser sind, entwickelt sich statt eines quadratischen ein zunehmend linearer Zusammenhang zwischen v und d . Ebenso sedimentieren nichtsphärische Teilchen, wie z.B. stäbchenförmige Bakterien, nicht wie Kugeln [Luckert 2004]. Anstelle von d kann für nichtsphärische Teilchen der so genannte Äquivalenzdurchmesser, das heisst, der Durchmesser einer volumengleichen Kugel verwendet werden, wobei das Teilchen näherungsweise als Ellipsoid beschrieben werden kann [Wadell 1932]. Für stäbchenförmige Bakterien lässt sich der Äquivalenzdurchmesser d_e aus Länge und Breite hinreichend mit folgender Formel schätzen:

$$d_e = 2 \cdot \sqrt[3]{b^2 \cdot l} \quad (7)$$

In Tabelle 8 sind die Zellgrößen von einigen milchwirtschaftlich relevanten Bakterien angegeben. Je nach Medium, Temperatur oder physiologischem Zustand der Bakterienzelle kann deren Grösse erheblich variieren [Schächter 1958]. Freie Endosporen von Bakterien sind ausserdem wesentlich kleiner als vegetative Zellen, typischerweise nicht über 1.5 μm gross. Es ist ausserdem zu betonen, dass viele Bakterienarten wie z.B. die Staphylokokken gerne Zellverbände bilden, die um ein vielfaches grösser sind als Einzelzellen. Durch die interzellulär gebundene Flüssigkeit kann auch die Dichte des Zellverbandes von jener der Einzelzellen abweichen.

Tabelle 8: Zellgrösse einiger Mikroorganismen

Spezies	Zellgrösse [μm]	Quelle
Kokken		
<i>Enterococcus</i> spp.	\varnothing 0.8 – 1.1	Kokkokinosa et al. 1998
<i>Lactococcus lactis</i>	\varnothing 0.7 – 1.2	Kokkokinosa et al. 1998
<i>Staphylococcus aureus</i>	\varnothing 0.5 – 1.0	Schleiffer K.H. 1986
<i>Streptococcus thermophilus</i>	\varnothing 1.0 – 1.4	Kokkokinosa et al. 1998
Stäbchen		
<i>Bacillus cereus</i>	l = 2.0 – 7.0 b = 1.0 – 1.5	Stecchini et al. 2009
<i>Bacillus cereus</i> (Sporen)	l 1.2 - 2.0 b. 0.8-1.1	Zandomeni et al. 2003
<i>Brucella</i> spp.	l = 0.6 – 1.5 b = 0.5 – 0.7	Shapiro & Wong 1999
<i>Clostridium sporogenes</i>	l = 1.3 – 16.0 b = 0.3 – 1.4	Cato et al. 1986
<i>Clostridium tyrobutyricum</i>	l = 1.9 – 13.3 b = 1.1 – 1.6	Cato et al. 1986
<i>Clostridium perfringens</i> (Sporen)	l = 1.0 - 1.2 b = 0.9 - 1.1	Orsburn et al. 2008
<i>Escherichia coli</i>	l = 1.0 – 3.5 b = 0.4 – 0.7	Trueba & Woldring 1980
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	l = 2 – 9 b = 0.5 – 0.8	Kokkokinosa et al. 1998
<i>Listeria monocytogenes</i>	l = 0.5 – 2.0 b = 0.4 – 0.5	Seeliger & Jones, 1986
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	l = 1.0 – 4.0 b = 0.3 – 0.6	Lawrence & Kubica 1986
<i>Propionibacterium</i> spp.	l = 1 – 5 b = 0.5 – 0.8	Cummins & Johnson 1986

Die Dichte von Bakterienzellen ist abhängig von der Spezies und vom Zustand der Zellen. So haben gestresste und tote Zellen von *E. coli* eine höhere Dichte als nicht gestresste Zellen [Lewis et al. 2014]. Auch das Wachstumsstadium kann einen Einfluss haben [Hart & Edwards 1987, Glaser & Higgins 1989]. Die Dichte vegetativer Bakterienzellen wird in der Literatur meist mit Werten zwischen 1.07 und 1.13 g/mL angegeben (Tab. 9). Bakterielle Endosporen sind spezifisch schwerer. Die Dichteangaben schwanken aber beträchtlich, unter anderem wegen methodischer Unterschiede [Tisa et al. 1982]. Wesentlichen Einfluss hat auch die Beschaffenheit der Sporen. Solange die sporulierte Bakterienzelle nicht lysiert ist oder wenn die Spore wie bei *Bacillus cereus* in ein Exosporium eingehüllt ist, dann ist der Dichteunterschied zur vegetativen Zelle relativ gering [Beaman et al. 1982, Carrera et al. 2008]. Die Dichte feuchter Sporen liegt aber meist im Bereich um 1.3 g/mL, jene von trockenen Sporen generell um 1.4 g/mL (Tab. 9).

Tabelle 9: Buoyant-Dichte vegetativer Zellen und Sporen verschiedener Bakterienarten

Spezies	Zustand der Zellen	Dichte [g/mL]	Quelle
<i>E. coli</i>	vegetativ	1.08 – 1.10	Woldrigh et al. 1981
<i>E. coli</i> O157:H7	vegetativ	1.117	Lewis et al. 2014
<i>L. innocua</i>	vegetativ	1.157	Lewis et al. 2014
<i>Enterococcus faecium</i>	vegetativ	1.10 – 1.12	Glaser & Higgins 1989
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	vegetativ	1.02 – 1.13	Hertog et al. 2009
<i>Staphylococcus aureus</i>	vegetativ	1.09 – 1.13	Schelin et al. 2009
<i>Bacillus subtilis</i>	vegetativ	1.117	Hart & Edwards 1987
<i>Bacillus subtilis</i>	Sporen feucht	1.26 – 1.36	Dean & Douthit, 1974
<i>Clostridium perfringens</i>	Sporen feucht	1.30 – 1.33	Orsburn et al. 2008
<i>Clostridium perfringens</i>	Sporen feucht	1.27	Tisa et al. 1982
<i>Clostridium perfringens</i>	Sporen trocken	1.42	Tisa et al. 1982
<i>Bacillus anthracis</i>	Sporen feucht	1.16 – 1.19	Carrera et al. 2008
<i>Bacillus anthracis</i>	Sporen trocken	1.41 – 1.42	Carrera et al. 2008
<i>Bacillus cereus</i>	Sporen feucht	1.134	Beaman et al. 1982
<i>Bacillus cereus</i>	Sporen trocken	1.451	Beaman et al. 1982

Anhand der Angaben in den Tabellen 8 und 9 und den Formeln (5) und (7) lassen sich die Sedimentationsgeschwindigkeiten für verschiedene Bakterienzellen und Endosporen berechnen. Wie die Zahlen in Tabelle 10 zeigen, sedimentieren Clostridien sporen und relativ grosse Stäbchen wie z.B. *Bacillus cereus* 4 bis 5 mal schneller als vegetative Kokken oder Kurzstäbchen.

Tabelle 10: Durchschnittliche Zellgrösse, volumengleicher Äquivalenzdurchmesser d_E und geschätzte Sedimentationsgeschwindigkeit von Einzelzellen verschiedener Bakterienarten in Milch bei 60 °C und einer Beschleunigung von 10'000g

Bakterienart	Typische Zellgrösse			Buoyant-Dichte	Sedimentationsgeschwindigkeit
	Länge [µm]	Breite [µm]	d_E [µm]	[g/cm ³]	[mm/s]
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	2.5	0.5	0.8	1.08	0.2
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	0.8	0.8	1.12	0.4
<i>Listeria monocytogenes</i>	1.3	0.5	0.6	1.16	0.4
<i>Escherichia coli</i>	2.3	0.6	0.9	1.12	0.5
<i>Enterococcus</i> spp.	-	1.0	1.0	1.12	0.6
<i>Lactobacillus</i> spp.	4.5	0.7	1.1	1.12	0.8
<i>Bacillus cereus</i> (Sporen)	1.6	1.0	1.1	1.14	1.1
<i>Clostridium perfringens</i> (Sporen)	1.1	1.0	1.0	1.31	2.1
<i>Bacillus cereus</i>	4.5	1.3	2.2	1.11	2.9

Es sei aber daran erinnert, dass viele Bakterien kleine Zellverbände bilden, indem Zellen nach erfolgter Zellteilung aneinander haften bleiben. Grössere Verbände sedimentieren aber nicht zwingend schneller. Grant et al. [2005] stellten fest, dass Zellhaufen von *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* durch Zentrifugation bei 60 °C wider Erwarten schlechter abzutrennen waren als Einzelzellen. Die Autoren vermuteten, dass Gaseinschlüsse in Zellhaufen dafür verantwortlich sein könnten. Hinzu kommt, dass Zellen zur Aggregation und zur Bindung an die Oberflächen von Fettkügelchen, somatischen Zellen und anderen Partikeln neigen. Eine wichtige Rolle spielen dabei die in der Rohmilch vorhandenen Agglutinine [Bergère et al. 1969]. Wie verschiedene Autoren zeigten, finden sich mehr als 80 % der Bakterien nach einer natürlichen Aufräumung im Rahm wieder [Dellagio et al. 1963, Caplan et al. 2013]. Bergère et al. [1969] konnten dies auch für Sporen von *Clostridium tyrobutyricum* zeigen, die nach BF der Rohmilch bei 40 °C zu 91.6 % im Rahm enthalten waren. Nur gerade 3.4 % der Sporen fanden sie im Sediment. Wurde die Milch vor der Entrahmung auf eine Temperatur von 75 °C oder 80 °C erhitzt, wurden 62.5 % bzw. 98 % der Sporen im Sediment wiedergefunden. Die Autoren führten dies auf die Denaturierung der Agglutinine, einem Bestandteil der Immunglobulin-Fraktion, zurück.

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass durch BF der Milch je nach Bedingungen 90 bis 99.5 % der Bakterien sporen eliminiert werden können (Tab. 11). Anaerobe Sporen (v.a. *Clostridium* spp.) werden im Allgemeinen etwas besser abgeschieden als aerobe Sporen [Giffel & van der Horst 2004, McCarthy 2011, GEA 2015]. Wie Bergère et al. [1969] und Torres-Anjel & Hedrick [1971] zeigten, führt nicht nur eine Temperaturerhöhung zu einer besseren Sporenreduktion. Auch eine Reduktion des Volumenstroms z.B auf ein Drittel bzw. zwei Drittel der Nennleistung der Baktofuge verbessert tendenziell den Wirkungsgrad. In der Praxis werden teilweise zwei Baktofugen in Serie betrieben, um die Gefahr von Buttersäuregärungen im Käse noch besser zu beherrschen [Walstra et al. 2006].

Tabelle 11: Wirksamkeit der Baktofugation von Milch zur Reduktion des Sporengehaltes

Mikroorganismus	Beschleunigung [g]	Temp. [°C]	Volumenstrom [L/h]	Reduktion [%]	Quelle
<i>Bacillus subtilis</i>	9000	71	5400	98.8	Torres-Anjel & Hedrik 1971
<i>Bacillus subtilis</i>	9000	71	1800	99.2-99.8	Torres-Anjel & Hedrik 1971
<i>Bacillus cereus</i>	9000	71	5400	90.3	Torres-Anjel & Hedrik 1971
<i>Bacillus cereus</i>	9000	82	5400	97.1	Torres-Anjel & Hedrik 1971
<i>C. tyrobutyricum</i>	kA.	60	6000	95.8	Bergère et al. 1969
<i>C. tyrobutyricum</i>	kA.	65	6000	96.4	Bergère et al. 1969
<i>C. tyrobutyricum</i>	kA.	65	4000	97.6	Bergère et al. 1969
<i>C. tyrobutyricum</i>	kA.	70	6000	97.5	Bergère et al. 1969
Anaerobe Sporen	kA.	48	kA.	97.4-98.7	Te Giffel & Van der Horst 2004
Aerobe Sporen	kA.	48	kA.	94.1-97.7	Te Giffel & Van der Horst 2004
Anaerobe Sporen	kA.	50	48'000	99.40	GEA 2015

Wie aufgrund der in Tabelle 10 gezeigten Berechnungen zu erwarten ist, werden durch die BF auch vegetative Zellen von Mikroorganismen eliminiert. Im Unterschied zu den Sporen sind die Literaturwerte bezüglich der vegetativen Bakterien aber sehr inkonsistent (Tab. 12). Nach Te Giffel & van der Horst [2004] kann die Gesamtkeimzahl von Rohmilch durch BF bei 55-65 °C um 86-92 % reduziert werden. Dilayan et al. [1975] berichten von max. 85 % Reduktion bei einer Temperatur von 45 °C. Faccia et al. [2013] nennen dagegen eine viel geringere Reduktionsrate. Die Autoren behandelten Rohmilch mit einer Baktofuge vom Typ Westfalia CNE 300 bei einer Temperatur von 55 °C und einem Volumenstrom von 30'000 L/h (Nennleistung) und stellten eine Reduktion der aeroben, mesophilen Keime um nur gerade 10 % fest, wobei grosse Unterschiede zwischen den untersuchten Bakterienspezies bestanden: Enterobakterien -72 %; Enterokok

ken –7 % (vgl. Tab. 12). Die starke Reduktion der Enterobakterien deckt sich mit den Ergebnissen von Kosikowski & Fox [1968], die mit einer Doppelbaktofugation bei 54.4°C eine Reduktion der coliformen Keime um 95 % erreichten. Dies entspricht einer Reduktion um ca. 78 % pro Behandlung. Der Umstand, dass die hitzelablen Enterobakterien durch BF deutlich reduziert werden können, die thermoduren Enterokokken aber nur in bescheidenem Masse, lässt sich kaum mit der Grösse und Dichte der Zellen erklären (vgl. Tab. 10), sondern eher mit einem Thermisationseffekt. Torres-Anjel & Hedrick [1971] schreiben die bessere Elimination von *Bacillus cereus* Sporen bei 81 °C im Vergleich zu 71 °C ebenfalls der begrenzten Hitzeresistenz dieser Sporen zu. Die Verweilzeit der Milch in der Baktofuge bewegt sich im Bereich von nur 5 – 7 Sekunden [Grant 2005]. Zu berücksichtigen ist aber auch die Transportzeit vom Milcherhitzer zur Baktofuge und zurück. Agroscope untersuchte industriell baktofugierte Milch (Heisshaltezeit 30 s bei 62 °C). Im Vergleich zur nur thermisierten Milch wurde keine signifikante Reduktion der Enterokokken beobachtet [Fraginière und Bütikofer 2006].

Tabelle 12: Elimination vegetativer Bakterien in Milch durch Baktofugation

Mikroorganismus	Volumenstrom [L/h]	Temp. [°C]	Reduktion [%]	Quelle
aerobe mesophile Keime	25'000	55 - 65	86-92	Te Giffel & van der Horst 2004
aerobe mesophile Keime	30'000	55	10	Faccia et al. 2013
Enterobakterien	30'000	55	72	Faccia et al. 2013
<i>Escherichia coli</i> ¹	2950 (50%)	54.4	95.3 (doppelte BF)	Kosikowski & Fox 1968
Enterokokken	30'000	55	7	Faccia et al. 2013
Hefen	30'000	55	55	Faccia et al. 2013
Laktobazillen	k.A.	50	90	McCarthy 2011
Laktobazillen	30'000	55	33	Faccia et al. 2013
<i>Mycobacterium avium</i> spp. <i>paratuberculosis</i>	k.A.	60	74 - 93	Grant 2005

¹ Zwei Baktofugen in Serie wurden mit 50 % der nominellen Leistung (L/h) betrieben. Die Reduktion der Keimzahl um 95.3 % nach zweimaliger BF entspricht einer Reduktion um ca. 78 % pro Behandlung.

Hersteller von Baktofugen weisen darauf hin, dass die Zusammensetzung des Mikrobioms der Rohmilch einen erheblichen Einfluss auf die Elimination der Keime haben kann [GEA 2015]. Wie oben aufgezeigt, ist die Trennleistung einer Baktofuge nicht nur von der Bauart abhängig. Wichtige Einflussfaktoren sind auch die Betriebsbedingungen (Temperatur, Flussrate, Drehzahl), die Eigenschaften der Mikroorganismen (Dichte, Grösse, Form, Hitzeresistenz) und deren Aggregationszustand. Daher variiert der Wirkungsgrad besonders in Bezug auf vegetative Keime relativ stark. Pathogene Bakterien lassen sich durch BF der Milch bei Subpasteurisationsbedingungen nicht zuverlässig eliminieren [Kessler 1988].

7 Mikrofiltration

In den Achtzigerjahren kamen keramische Filter auf den Markt, die dank hoher tangentialer Flussraten und dadurch stark vermindertem Fouling, aber auch wegen der ausgezeichneten Beständigkeit gegenüber Reinigungsmitteln, schnell Anwendung in der Milchindustrie fanden [Gillot et al. 1984]. Der Einsatz von Membrantrennverfahren zur Elimination von Mikroorganismen wurde vor allem durch das von Tetra Pak patentierte Bacto Catch™ Verfahren bekannt [Holm et al. 1986]. In der Regel kommen Keramikmembranen mit einer Porengrösse von 1.4 µm zum Einsatz. Diese Porengrösse erlaubt es, Mikroorganismen im sogenannten Retentat zurückzuhalten ohne zu viel micellares Casein zu verlieren [Te Giffel & van der Horst 2004]. Im Unterschied zur Baktofugation wird bei der Mikrofiltration (MF) immer die entrahmte Milch behandelt. Der Rahm muss zusammen mit dem Retentat einer UHT-Behandlung unterzogen werden, um die Bakteriensporen zu inaktivieren. Die MF erfolgt meist bei 50 °C, um die Viskosität der Milch zu reduzieren und dem Wachstum von Mikroorganismen entgegen zu wirken. Gemäss Saboya & Maubois [2000] wird für die Käseherstellung vereinzelt auch bei 35 – 37 °C mikrofiltriert, um die Anforderungen an Rohmilch zu respektieren. Da der Retentatstrom üblicherweise rezirkuliert wird, ist die Verweilzeit der Milch bei der Betriebstemperatur per Saldo länger als bei der BF. Die Hitzebelastung der Milch ist gleichwohl relativ bescheiden. Wie Kieser et al. [2005] feststellten, nimmt die Aktivität der alkalischen Phosphatase in der Magermilch durch die MF um rund 20 % ab.

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass die MF eine Keimreduktion in der Magermilch um 2 bis 4 log bewirkt [Trouvé et al. 1991, Klantschitsch 1999, Saboya & Maubois 2000, Elwell & Barbano 2006]. Die Reduktionsraten von Sporen und vegetativen Keimen sind anders als bei der BF nicht wesentlich verschieden. Trouvé et al. [1991] beimpften Magermilch mit verschiedenen gramnegativen und grampositiven Bakterienspezies (*Citrobacter intermedius*, *Pseudomonas fluorescens*, *Micrococcus varians*, *Lactobacillus helveticus*, *Streptococcus thermophilus*, *Propionibacterium acidipropionici*) sowie Sporen von *Clostridium tyrobutyricum* und mikrofiltrierten die Milch bei 50 °C unter Verwendung eines Keramikfilters mit einer Porengrösse von 1.4 µm. Von allen Spezies wurden 99.90 – 99.98 % der Keime eliminiert, was einer Reduktion um fast 4 log entspricht.

Im Unterschied zur BF ist die MF der Käsereimilch in der Schweiz wenig verbreitet. Das liegt nicht nur daran, dass die MF eine vergleichsweise junge Technologie ist. Sie verursacht auch höhere Investitions- und Betriebskosten [GEA 2015]. Bio Suisse verbietet ausserdem die UHT-Behandlung von Rahm, der zur Herstellung von Käse mit Knospe-Label verwendet wird, was die Anwendung der MF sehr erschwert.

8 Diskussion

Die meisten Käsesorten mit geschützter Ursprungsbezeichnung AOP werden ausschliesslich aus Rohmilch hergestellt. Kein Schweizer AOP-Pflichtenheft erlaubt gegenwärtig die Pasteurisation, Baktofugation oder Membranfiltration zur Keimreduktion in der Rohmilch. Hingegen lassen sie bei anderen für die Lebensmittelsicherheit relevanten Parametern, insbesondere bei der Lagerung und der allenfalls erlaubten Thermisation der Milch, sowie bei der Brenntemperatur einen grossen Spielraum.

Das Mikrobiom und die originären Enzyme der Rohmilch haben einen wesentlichen Einfluss auf die Reifung und Aroma-Entwicklung im Käse. Die minimale Vorbehandlung der Milch gemäss den AOP-Pflichtenheften hat zum Ziel, den ursprünglichen Charakter der traditionellen Käsesorten zu bewahren. Diese Zielsetzung steht in Konflikt zu den wachsenden Anforderungen bezüglich der Lebensmittelsicherheit von Käse. Obwohl keine Grenzwerte für biogene Amine in Käse bestehen, werden Käse bei erhöhten Gehalten im In- und Ausland vermehrt beanstandet. Als weitere Herausforderung sind die Shiga-Toxin produzierenden *Escherichia coli* (STEC) anzusehen. Die Europäische Kommission ist daran, eine Richtlinie betreffend Lebensmittel, die mit STEC kontaminiert sind, auszuarbeiten. Gemäss dem vorliegenden 4. Entwurf müssten Käse, in denen Shiga-Toxin-Gene nachgewiesen wurden, in aufwändigen Zusatzanalysen auf die Anwesenheit lebender STEC abgeklärt werden und gegebenenfalls als nicht verkehrsfähig beurteilt werden. Im Falle einer Inkraftsetzung wird auch die Schweizer Käsewirtschaft stark von dieser Richtlinie betroffen sein.

Die Bedingungen für die Milchlagerung und die Thermisation wurden in der SAV-Leitlinie eng definiert. Eine Thermisation bei 65 °C während mindestens 15 s ist geeignet, die pathogenen Enterobakterien (STEC, Salmonellen) als Gefahr in gereiften Käsen weitgehend zu beherrschen. Auch *Staphylococcus aureus* wird unter diesen Bedingungen soweit reduziert, dass eine Toxinbildung im Käse, die eine Keimzahl von $>10^5$ KbE/g erfordert, sehr unwahrscheinlich ist. Die vergleichsweise hitzeresistenten Listerien müssen und können mit zusätzlichen spezifischen Massnahmen beherrscht werden, wie z.B. der Untersuchung des Wassers nach feuchter Käsepflege. Schwieriger zu beherrschen sind jene thermotoleranten Keime, namentlich tyraminbildende Enterokokken und der histaminbildende *Lactobacillus parabuchneri*, die erst durch Pasteurisation hinreichend inaktiviert werden und im reifenden Käse vermehrungsfähig sind. Bei diesen Keimen kommt der Rohmilchqualität eine zentrale Rolle zu.

Die Baktofugation der Milch vermag thermotolerante Keime, mit Ausnahme von Bakteriensporen, nicht substantiell zu reduzieren. Enterobakterien und andere thermolabile Keime werden bei der Baktofugation v.a. thermisch inaktiviert. Sie bringt somit im Vergleich zu einer Thermisation unter vergleichbaren Bedingungen keine wesentliche Verbesserung der Lebensmittelsicherheit von Käse. Unbestritten ist aber, dass sich durch Baktofugation der Rohmilch das Risiko von durch Clostridiensporen verursachte Fehlgärungen im Käse erheblich reduzieren lässt.

Die Mikrofiltration der Milch erlaubt eine weitgehend vollständige Entfernung aller Mikroorganismen. Sie leistet damit auch einen wesentlichen Beitrag zur Lebensmittelsicherheit von Käse. Allerdings muss die Milch vorgängig entrahmt werden. Der Rahm wird dann üblicherweise UHT behandelt und teilweise der mikrofiltrierten Milch wieder zugefügt. Wie Beuvier et al. [1997] zeigten, liegen Käse aus derart aufbereiteter Milch sensorisch nahe beim Käse aus pasteurisierter Milch. Bei Verarbeitung von silofreier Milch ist anstelle einer UHT-Behandlung auch eine Pasteurisation des Rahms denkbar.

In Frankreich ist eine Debatte darüber entstanden, ob die Mikrofiltration nicht eine Technologie zur Herstellung traditioneller Rohmilchkäsesorten unter gleichzeitiger Einhaltung der Europäischen Hygienerichtlinien sein könnte [Bérard & Marchenay 2004, Majdi 2009].

9 Referenzen

1. Anon. 2005 Lebensmittelverordnung (LMV) vom 1. März 1995 (Stand am 22. Februar 2005) Schweizerische Eidgenossenschaft, Systematische Sammlung des Bundesrechts.
2. Anon. 2014a. Hygieneverordnung des EDI (HyV) vom 23. November 2005 (Stand am Stand am 1. Januar 2014). Schweizerische Eidgenossenschaft, Systematische Sammlung des Bundesrechts. SR 817.024.1 www.admin.ch/gov/de/start/bundesrecht/systematische-sammlung.html
3. Anon. 2014b. Verordnung des EDI über Lebensmittel tierischer Herkunft vom 23. November 2005 (Stand am 1. Januar 2014). Schweizerische Eidgenossenschaft, Systematische Sammlung des Bundesrechts. SR 817.022.108 www.admin.ch/gov/de/start/bundesrecht/systematische-sammlung.html
4. Anon. 2014c. Cahier des charges Vacherin Mont d'Or. Etat le 14 septembre 2014. <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00085/00094/00151/index.html>
5. Anon. 2015. Verordnung des EDI über die Hygiene bei der Milchproduktion (VHyMP) vom 23. November 2005 (Stand am 1. Dezember 2015). Schweizerische Eidgenossenschaft, Systematische Sammlung des Bundesrechts. SR 916.351.021.1. www.admin.ch/gov/de/start/bundesrecht/systematische-sammlung.html
6. Bachmann HP, Spahr U. 1995. The fate of potentially pathogenic bacteria in Swiss hard and semihard cheeses made from raw milk. *J Dairy Sci.* 78 (3), 476-483.
7. Baumgartner A., Kueffer M., Rohner P. 2001. Occurrence and Antibiotic Resistance of Enterococci in Various Ready-to-eat Foods. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 52, 1-24.
8. Beaman T.C., Grennamy J.T., Coner T.R., Pankratz H.S. Gerhardt P. 1982. Bacterial Spore heat resistance correlated with water content, wet density, and protoplast/sporoplast volume ratio. *Journal of Bacteriology* 150 (2) 870-877
9. Bérard L, Marchenay P. 2004. Les produits de terroir – Entre cultures et règlements. CNRS Editions. Paris. ISBN 9782271062116 p. 178-183
10. Bergère J. L., Le Bars D., Commissaire J. 1969. La bactofugation du lait et l'élimination des spores de *Clostridium tyrobutyricum*. *Le Lait*, 1969, 49 (488), 507-519
11. Beuvier E., Berthaud K., Cegarra S., Dasen A., Pochet S., Buchin S., Duboz G. 1997. Ripening and quality of Swiss-type cheese made from raw, pasteurized or microfiltered milk. *International Dairy Journal*, 7, 311-323
12. Caplan Z, Melilli C, Barbano DM. 2013. Gravity separation of fat, somatic cells, and bacteria in raw and pasteurized milks. *J Dairy Sci.* 96(4):2011-9. doi: 10.3168/jds.2012-6006.
13. Carrera M., Zandomeni R.O., Sagripanti J.-L. 2008. Wet and dry density of *Bacillus anthracis* and other *Bacillus* species *Applied Microbiology* 105 (1) 68–77. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.03758.x
14. Casolari A. 1988. Microbial death. In: Bazin M.J, Prosser J.I (Hrsg.). *Physiological Models in Microbiology 2*, CRC Press, Boca Raton, pp. 1–44
15. Cato E.P., George W.L., Finegold S.M. 1986. Genus *Clostridium*. In: Sneath P.H.A. [Editor]. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2. Williams & Wilkins, Baltimore U.S.A., pp.1141-1200.
16. Cerf O. & Condron R. 2006. *Coxiella burnetii* and milk pasteurization: an early application of the precautionary principle? *Epidemiology and Infection*, 134(5), 946–951.
17. Claeys WL, Van Loey AM, Hendrickx ME. 2002. Kinetics of alkaline phosphatase and lactoperoxidase inactivation, and of beta-lactoglobulin denaturation in milk with different fat content. *Journal of Dairy Research*, 69(4):541-53.
18. Cummins C.S., Johnson J.L., 1986. Genus *Propionibacterium*. In: Sneath P.H.A. [Editor]. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2. Williams & Wilkins, Baltimore U.S.A. pp. 1346-1353
19. Dalla Torre, M., Weber, A., Perret, J., Scheuner, E., Imhof, A., Willi S., 1993. Die mikrobiologische Qualität der Rohmilch. *Interner Bericht FAM* 15, 1-11.
20. Damerow, G. 1970. Bactofuge and its uses in the dairy industry. *Deutsche Milchwirtschaft* 1970, Vol. 21 No. 20 pp. 832-37 ISSN0012-0480
21. D'Amico D., 2008. Incidence, ecology, and fate of target foodborne pathogens in the cheesemaking continuum. Dissertation, The University of Vermont, Burlington US
22. Dean D. H., Douthit H. A., 1974. Buoyant Density Heterogeneity in Spores of *Bacillus subtilis*: Biochemical and Physiological Basis. *J Bacteriol.* 1974 Feb; 117(2): 601–610.
23. Deeth H.C. & Datt N. 2011. Non-thermal Technologies: Introduction. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd Edition. Vol. 2, 725-731. Elsevier, Oxford UK.
24. Dellagio F, Stadhouers J, Hup G. 1969. Distribution of bacteria between the bottom, middle, and cream layers of creamed raw milk. *Neth. Milk Dairy J.* 23, 140-145

25. Dilanyan Z.Kh, Ostroumov L.A., Kuz'min V.V., 1975: Effect of different regimes of milk bactofugation on the degree of bacteria removal. *Molochnaya Promyshlennost'* (9): 14-15
26. Elwell MW, Barbano DM. 2006. Use of microfiltration to improve fluid milk quality. *J Dairy Sci.* 89 Supplement 1:E20-30
27. Enright JB, Sadler WW, Thomas RC. 1957. Pasteurization of milk containing the organism of Q fever. *American Journal of Public Health.* 47, 695–700.
28. European Commission. 2015. Draft guidance document on the application of article 14 of regulation (EC) N°178/2002 as regards food contaminated with shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC). Rev. 3.3. http://www.origin-gi.com/images/stories/PDFs/English/Lobby/Regulatory_issues/Draft_VTEC_guidance_document_on_application_Art_14_GFL_REV_3-3.pdf (12.8.2016)
29. Faccia M, Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile MA (2013) Influence of the milk bactofugation and natural whey culture on the microbiological and physico-chemical characteristics of Mozzarella cheese. *Journal of Food Processing & Technology*, 4 (4), 1-7.
30. FDA, 2011. Grade “A” Pasteurized Milk Ordinance, Including Provisions from the Grade “A” Condensed and Dry Milk Products and Condensed and Dry Whey--Supplement I to the Grade “A” Pasteurized Milk Ordinance. 2011 Revision. Food and Drug Administration. Silver Spring US. www.fda.gov
31. FDA, 2015. Cheeses and related cheese products. Code of Federal Regulations 21, Volume 2, Subchapter B – Food for Human Consumption. Part 133. Revised as of April 1, 2015. Food and Drug Administration, Silver Spring US. www.fda.gov
32. Firstenberg-Eden R, Rosen B, Mannheim CH. 1977. Death and injury of *Staphylococcus aureus* during thermal treatment of milk. *Canadian Journal of Microbiology*, 23(8):1034-1037.
33. Foulquié Moreno M.R., Sarantinopoulos P., Tsakalidou E., De Vuyst L., 2006. The role and application of enterococci in food and health. *International Journal of Food Microbiology*, 106 (1) 1-24
34. Fragnière C. & Bütikofer U., 2006, Comparaison de différents traitements du lait (bactofugation, thermisation) pour la fabrication de Vacherin Fribourgeois, ALPinterne 204, 26.01.2006
35. Franklin, J. G., Sharpe M.E.. 1963. The incidence of bacteria in cheese milk and Cheddar cheese and their association with flavour. *Journal of Dairy Research*, 30(1), 87-99 DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029900011298>
36. Fröhlich-Wyder M.-T., Guggisberg D., Badertscher R., Wechsler D., Wittwer A., Irmeler S. 2013. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus parabuchneri* on the eye formation of semi-hard cheese. *International Dairy Journal* 33 (2013) 120 -128
37. Fröhlich-Wyder M.T. 2016. Bedeutung des Arginin Deiminase Stoffwechsels von Starterkulturen und Milchsäurebakterien aus der Rohmilch für die Qualität und Reifung von Käse. Vortrag: Ansbacher Fachgespräche 2016, Landesverband Bayerischer und Sächsischer Molkereifachleute und Milchwirtschaftler LBM, Herrieden D.
38. FROMARTE. 2008. QM FROMARTE - Qualitätsmanagement-Konzept. FROMARTE, Gurtengasse 6, CH-3011 Bern
39. GEA. 2015. Separators from GEA Westfalia - Separator for Milk Clarification and Bacteria Removal. GEA Westfalia Separator GmbH. www.gea.com (accessed 17.12.2015)
40. Gésan-Guiziou G., 2010. Removal of bacteria, spores and somatic cells from milk by centrifugations and microfiltration techniques. In: Griffiths M. [Editor]. *Improving the Safety and Quality of Milk*. Volume 1. pp. 349-372. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
41. Gillot J., Brinkman G. & Garcera D., 1984. Nouveaux médias filtrants céramiques pour la microfiltration tangentielle et ultrafiltration. Congrès Filtra, Société Française de Filtration, Paris
42. Glaser D. & Higgins M. 1989. Buoyant Density, Growth Rate, and Cell Cycle in *Streptococcus faecium*. *Journal of Bacteriology* 171 (2), 669-673.
43. Grant I.R., 2005. Occurrence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in foods and the impact of milk processing on its survival. In: Manning E.C.P. *Proceedings of the 8th International Colloquium on Paratuberculosis*, August 14-18, 2005, Copenhagen. International Association for Paratuberculosis, Madison, pp. 271-277.
44. Grant I.R., Williams A.G., Rowe M.T. & Muir D.D., 2005. Investigation of the impact of simulated commercial centrifugation and microfiltration conditions on levels of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk. *International Journal of Dairy Technology* 58 (3), 138-142.
45. Grappin R. & Beuviel E., 1997. Possible implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese. *International Dairy Journal* 7, 751-761
46. Guinee T.P. & O'Callaghan D.J., 2010. Control and Prediction of Quality Characteristics in the Manufacture and Ripening of Cheese. In: Barry A. Law B.A. & Tamime A.Y. (Editors): *Technology of Cheesemaking*, 2nd Edition. John Wiley & Sons Ltd., Chichester UK. ISBN 978-1-4051-8298-0, pp. 260-329.

47. Hammer P., Richter E., Rüscher-Gerdes S., Walte H.-G. C., Matzen S. & Kiesner C., 2015. Inactivation of *Mycobacterium bovis* ssp. *caprae* in high-temperature, short-term pasteurized pilot-plant milk. *Journal of Dairy Science* 98, 1634–1639.
48. Hart A. & Edwards C., 1987. Buoyant density fluctuations during the cell cycle of *Bacillus subtilis*. *Archives of Microbiology* 147 (1), 68-72.
49. Hertog A. L.; Klatser P. R. & Anthony R. M., 2009. Buoyant density of *Mycobacterium tuberculosis*: implications for sputum processing. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 13 (4), 466-471
50. Hickey D.K., Kilcawley K.N., Beresford T.P. & Wilkinson M.G., 2007. Lipolysis in cheddar cheese made from raw, thermized, and pasteurized milks. *Journal of Dairy Science* 90(1), 47-56.
51. Holm S, Malmerg R, Svensson K (1986) Method and plant for producing milk with a low bacterial count. Int Patent, PCT n° WO 86/01687.
52. Holsinger V.H., Rajkowski K.T. & Stabel J.R., 1997. Milk pasteurisation and safety: a brief history and update. *Revue scientifique et technique* 16 (2), 441-451.
53. IDF. 1994. Recommendations for the hygienic manufacture of milk and milk based products. Bulletin of the IDF No. 292/1994. International Dairy Federation, Brüssel
54. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. (1996) *Staphylococcus aureus*. In: Microorganisms in foods: Microbiological specifications of food pathogens. T. A. Roberts, A. C. Baird-Parker and R. B. Tompkin. London: Blackie Academic, pp. 299-333.
55. Invernizzi G.B. 1984. Esperienze Alfa Laval nell'applicazione della bacto-fugazione per la produzione di formaggio Grana. *Latte* 9, 465–473
56. Jacobsson L. & Thurell K. E., 1970. Bactofugation of cheese milk. *Svenska Mejeritidn* 62 (22), 405-407.
57. Jakob E., Winkler H. & Haldemann J. 2010. Mikrobiologische Kriterien in der Käsefabrikation, ALP forum Nr. 77, 1-32.
58. Jakob E., Menéndez Gonzalez S. 2015. Leitlinie für die gute Verfahrenspraxis bei der Milchgewinnung und –verarbeitung in Sömmerungsbetrieben, Schweizerischer Alpwirtschaftlicher Verband SAV
59. Jamet, E., Akary, E., Poisson, M.-A., Chamba, J.-F., Bertrand, X., Serror, P., 2012. Prevalence and characterization of antibiotic resistant *Enterococcus faecalis* in French cheeses. *Food Microbiology* 31, 191-198.
60. Kessler H.G. 1988. Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik – Molkereitechnologie. Verlag A. Kessler, Freising D. pp. 62-63, (Tabellen S. 545, 547)
61. Klantschitsch T. 1999. Influence of microfiltration on the quality of semi-hard cheese from raw milk with particular emphasis on *Clostridium tyrobutyricum* spores. Dissertation ETH Zürich Nr. 13233
62. Kokkinosa A., Fasseas C., Eliopoulos E., Kalantzopoulos G. 1998. Cell size of various lactic acid bacteria as determined by scanning electron microscope and image analysis. *Le Lait*, 78 (5), pp.491-500.
63. Kosikowski F.V.; O'Sullivan A.C., 1966: Bacterial centrifugation of low-grade milk for Cheddar cheese. XVII International Dairy Congress, Volume D: 25-32
64. Kosikowski F.V., Pox P. 1968. Low heat, hydrogen peroxide and bacto-fugation treatments of milk to control coliforms in cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* 51 (7) 1018-1022
65. Krause I, A Bockhardt, H Klostermeyer. 1997 Characterization of cheese ripening by free amino acids and biogenic amines and influence of bacto-fugation and heat-treatment of milk. *Le Lait* 77, 101-108
66. Kubitschek H E, Baldwin WW, Graetzer R. 1983. Buoyant density constancy during the cell cycle of *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*. 1983 Sep; 155(3): 1027–1032.
67. Kubitschek H.E. 1987. Buoyant Density Variation During the Cell Cycle in Microorganisms. *CRC Critical Reviews in Microbiology* 14 (1), 73-97
68. Lawrence & Kubica, 1986. *Mycobacteriaceae*. In: Sneath P.H.A. [Editor]. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2. Williams & Wilkins, Baltimore U.S.A. pp. 1436-1457
69. Lembke, F. & Teuber, M. 1981. Anaerobe Sporenbildner in der Milch und deren Eliminierbarkeit durch Zentrifugalverfahren. *Molkerei-Zeitung Welt der Milch*, 35 (1981) 871-873.
70. Leporq B., Membré J.-M., Dervin C., Buche P., Guyonnet J.P. 2005. The “Sym’Previs” software, a tool to support decisions to the foodstuff safety. *International Journal of Food Microbiology* 100 (1-3) 231– 237
71. Leuschner R.G.K., Kurihara R., Hammes W.P. 1999. Formation of biogenic amines by proteolytic enterococci during cheese ripening *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79:1141-1144
72. Lewis C.L., Craig C.C., Senecal A.G. 2014. Mass and Density Measurements of Live and Dead Gram-Negative and Gram-Positive Bacterial Populations. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(12): 3622–3631. doi: 10.1128/AEM.00117-14
73. Luckert K. 2004. *Handbuch der mechanischen Fest-Flüssig-Trennung*. Vulkan-Verlag GmbH, 2004, ISBN 978-3-8027-2196-0, S. 106-107

74. MacDonald F., Sutherland A.D. 1993. Effect of heat treatment on *Listeria monocytogenes* and gram-negative bacteria in sheep, cow and goat milks. *Journal of Applied Bacteriology* 75(4):336-43.
75. Majdi A., 2009. Séminaire sur les fromages AOP ET IGP. Mémoire online. www.memoireonline.com/07/10/3635/m_Seminaire-sur-les-fromages-AOP-ET-IGP2.html (Zugriff 31.8.2016)
76. Masoud W., Vogensen F.K., Lillevang S., Abu Al-Soud W., Sorensen S.J., Jakobsen M. 2012. The fate of indigenous microbiota, starter cultures, *Escherichia coli*, *Listeria innocua* and *Staphylococcus aureus* in Danish raw milk cheeses determined by pyrosequencing and quantitative real time (qRT)-PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 153: 192-202.
77. Mayo B., Rachid C.T.C.C., Alegría Á., Leite A.M.O., Peoxoto R.S., Delgado S., 2014. Impact of Next Generation Sequencing Techniques in Food Microbiology. *Current Genomics* 15, 293 -309.
78. McAuley, C.M., Britz, M.L., Gobius, K.S., Craven, H.M., 2015. Prevalence, seasonality, and growth of enterococci in raw and pasteurized milk in Victoria, Australia. *Journal of Dairy Science* 98, 8348-8358.
79. McCarthy O. J. 2011. Centrifuges and Separators: Applications in the Dairy Industry. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd Edition. Vol. 4, 175-181. Elsevier, Oxford UK.
80. Meer, R. R., J. Baker, F. W. Bodyfelt and M. W. Griffiths. 1991. Psychrotrophic *Bacillus* spp. in fluid milk products – a review. *Journal of Food Protection*. 54:969-979.
81. Menéndez González S., Hartnack S., Berger T., Doherr M., Breidenbach E. 2011. A Qualitative Risk Assessment Approach for Swiss Dairy: Products: Opportunities and Limitations, *Zoonoses Public Health*. 58, 209–219.
82. Moreno V., Kosikowski F.V., 1967: Removal of coagulase-positive staphylococci and enteric bacteria from milk by centrifugation. *Journal of Dairy Science* 50: 6, 939-40.
83. Mühlemann M. (2014) Safety of Food and Beverages: Dairy Products: Cheese. In: Motarjemi Y. (ed.) *Encyclopedia of Food Safety*, Volume 3, pp. 297-308. Waltham, MA: Academic Press.
84. Nivedita Datta, Peggy M. Tomasula [Editors]. 2015. *Emerging Dairy Processing Technologies: Opportunities for the Dairy Industry*, John Wiley & Sons, 01.07.2015 - 360 Seiten
85. Orsburn B., Melville S.B., Popham D.L., 2008. Factors contributing to heat resistance of *Clostridium perfringens* endospores. *Applied and Environmental Microbiology*. 74 (11) 3328-3335
86. Peng, S., Schaefroth, K., Jakob, E., Stephan, R. Hummerjohann, J. (2013). Behaviour of *Escherichia coli* strains along the semi-hard and hard raw milk cheese production process. *International Dairy Journal* 31, 117-120.
87. Quigley L., O'Sullivan O., Beresford T.P., Ross R.P., Fitzgerald G.F., Cotter P.D. 2013b. High-throughput sequencing for detection of subpopulations of bacteria not previously associated with artisanal cheeses. *Applied and environmental microbiology*, 78 (16) 5717-5723.
88. Quigley L., O'Sullivan O., Stanton C., Beresford T.P., Ross R.P., Fitzgerald G. F., Cotter P.D. 2013a. The complex microbiota of raw milk, *FEMS Microbiol Rev*, 37, 664 – 698.
89. Saboya L.V., Maubois J.-L. 2000. Current developments of microfiltration technology in the dairy industrie. *Lait* 80, 541-553
90. Schaechter E, Maaløe O, Kjeldgaard NO. 1958. Dependence on medium and temperature of cell size and chemical composition during balanced growth of *Salmonella typhimurium*. *Journal of General Microbiology*, 19, 592–606.
91. Schelin J., Eriksson J., Norling B. Rådström P. 2009. Sample treatment techniques developed and adapted to *Salmonella enterica* and *Staphylococcus aureus* in feed and dairy chains. Poster. Department of Applied Microbiology, Lund University, Lund, Sweden
92. Schleiffer K.H., 1986. Micrococcaceae. In: Sneath P.H.A. [Editor]. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2. Williams & Wilkins, Baltimore U.S.A. pp.1003-1035
93. Schlessler, JE, Gerdes R, Ravishankar S, Madsen K, Mowbray J, Teo AY. 2006. Survival of a five-strain cocktail of *Escherichia coli* O157:H7 during the 60-day aging period of cheddar cheese made from unpasteurized milk. *Journal of Food Protection*, 69:990-998.
94. Schlimme E, Kiesner C., Lorenzen P.Chr. & D. Martin D. 1998. Influence of heat treatment of milk on the activities of the indigenous milk enzymes alkaline phosphatase and adenosine deaminase. *Bulletin of the International Dairy Federation*, Nr. 332/1998. FIL/IDF - General Secretariat, B-1030 Brussels – Belgium
95. Scott R. 1998. *Cheesemaking Practice*. 3rd Edition. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg. S. 67-80
96. Seeliger H.P.R., Jones D. 1986. Genus *Listeria*. In: Sneath P.H.A. [Editor]. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2. Williams & Wilkins, Baltimore U.S.A. pp.1235-1245.
97. Shapiro D.S. & Wong J.D. 1999. *Burcella*. In: Murray P.R. et al. [Editor in Chief] *Manual of Clinical Microbiology*. 7th Edition. ASM Press, Washington, D.C. pp. 625-631
98. Shakeel Rehman C.M., McSweeney P.L.H., Fox P.F. 1999. A study on the role of the indigenous microflora of raw milk on the ripening of Cheddar cheese. *Milchwissenschaft* 54(7):388-392

99. Shakeel-ur-Rehman C.M., Fleming C.M., Farkye N.Y., Fox P.F., 2003. Indigenous phosphatases in milk. In: Fox, P. F. McSweeney P. L. H. [Hrsg] *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1: Proteins, Parts A: Proteins*; 3rd Edition Kluwer Academic / Plenum Publisher, New York, 523-544
100. Simonart, P. 1959. The removal of bacteria from milk by supercentrifugation. *The Netherlands Milk and Dairy Journal* 13:100-112.
101. Sollberger H. 1993. *Gärungsvorgänge im Käse. Kurs für Käseinspektoren und –berater*. 1. Auflage. Agroscope CH-3003 Bern, 42 Seiten.
102. Sörqvist S. 2003. Heat Resistance in Liquids of *Enterococcus* spp., *Listeria* spp., *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp. *Acta vet. scand.* 44 (1-2), 1-19
103. Spahr U, Schafroth K. 2001. Fate of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in Swiss Hard and Semihard Cheese Manufactured from Raw Milk. *Applied and Environmental Microbiology*. 67(9), 4199–4205. doi: 10.1128/AEM.67.9.4199-4205.2001
104. Spreer E. 2011. *Technologie der Milchverarbeitung*. 10. Auflage. Behr's Verlag GmbH & Co Kg, Hamburg. p. 101-105
105. Stack A., Sillen G. 1998. Bactofugation of liquid milks", *Nutrition & Food Science*, 98 (5) pp.280 – 282 DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/00346659810224217>
106. Stecchini M.L., Spaziani M., Del Torre M., Pacor S. 2009. *Bacillus cereus* cell and spore properties as influenced by the micro-structure of the medium. *Journal of Applied Microbiology*, 106,1838–1848
107. Sumner S.S., Roche F. Taylor S.L. 1990. Factors Controlling Histamine Production in Swiss Cheese Inoculated with *Lactobacillus buchneri*. *Journal of Dairy Science* 73, 3050-3058
108. Sung N, Collins M.T., 1998. Thermal Tolerance of *Mycobacterium paratuberculosis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 1998, 64 (3) 999–1005
109. Te Giffel M. C., van der Horst H. C. 2004. Comparison between bactofugation and microfiltration regarding efficiency of somatic cell and bacteria removal. *Bulletin of the IDF No. 389/2004*, p. 49-53. International Dairy Federation, Brussels, BELGIQUE. ISSN 0250-5118
110. Templer S.P., Rohner P., Baumgartner A. 2008. Relation of *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium*: Isolates from Foods and Clinical Specimens, *Journal of Food Protection*, Vol. 71, No. 10, 2100–2104.
111. Teuber M, Meile L, Schwarz F. 1999. Acquired antibiotic resistance in lactic acid bacteria from food. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 76 (1-4): 115-137
112. Tisa L.S., Koshikawa T. and P Gerhardt P., 1982. Wet and Dry Bacterial Spore Densities Determined by Buoyant Sedimentation. *Applied and Environmental Microbiology*., 43(6) 1307-1310
113. Top J., Willems R., Bonten M. 2008. Emergence of CC17 *Enterococcus faecium*: from commensal to hospital-adapted pathogen. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*. 52(3):297-308.
114. Torres-Anjel M.J., Hedrick T.I. 1971. Spore removal by centrifugation and its effect on ultra-high temperature commercial sterilization of milk. *Journal of Dairy Science* 54 (3) 326-330
115. Trouvé E., Maubois J.L., Piot M., Madec M.N., Fauquant J., Rouault A., Tabard J., Brinkman G., 1991. Réention de différentes espèces microbiennes lors de l'épuration du lait par microfiltration en flux tangentiel. *Le Lait*, 71 (1), 1-13.
116. Trueba F.J., Woldring C.L., 1980. Changes in cell diameter during the division cycle of *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*, 142 (3), 869-878
117. Verraes C., Vlaemynck G., Van Weyenberg S., De Zutter L., Daube G., Sindic M., Uyttendaele M., Herman L. 2015. A review of the microbiological hazards of dairy products made from raw milk, *International Dairy Journal*, 50, 32-44
118. Wadell H. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *Journal of Geology* 40 (5), 443-451
119. Walstra P., Geurts T.J., Noomen A., Jellema A., van Boekel M.A.J.S. 1999. *Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker Inc. New York, p. 698-701.
120. Walstra P., Wouters J. Geurts T. 2006. *Dairy Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton, U.S., pp. 276-277
121. Wechsler D., Walther B., Jakob E., Winkler H. 2009. Bedeutung biogener Amine in der Ernährung und deren Vorkommen in Schweizer Käsesorten. *ALP forum Nr. 73*, Agroscope, Bern, 23 Seiten
122. Wechsler D., Berthoud H., Irmiler S., Ascone P., Maurer J., Risse-Yerly M.-C., Jakob E., Haldemann J., Amrein R., Winkler H. 2016. Senkung des Gehaltes an biogenen Aminen in Käse, *Agroscope Science*, in Vorbereitung.
123. Woldring C.L., Binnerts J. S., Mans S.A. 1981. Variation in *Escherichia coli* buoyant density measured in Percoll gradients. *Journal of Bacteriology*, 148 (1) 58-63
124. Zandomeni R.O., Fitzgibbon J.E., Carrera M., Stuebing E., Rogers J.E., Sagripanti J.-L. 2003. Spore size comparison between several *Bacillus* species. *Proceedings of the 2003 Joint Service Scientific Conference on Chemical & Biological Defense Research*, 17-20 Nov. 2003.

125. Zweifel C, Giezendanner N, Corti S, Krause G, Beutin L, Danuser J, Stephan R. 2010. Characteristics of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* isolated from Swiss raw milk cheese within a 3-Year monitoring program. *Journal of Food Protection*, 73 (1) 88-91

Anhang: Lebensmittelsicherheitsanforderungen an Käse

Rohmilchkäse

	EU 2073/2005	Hygieneverordnung	QM Fromarte und SAV Leitlinie
<i>Listeria monocytogenes</i>	n.n. in 25 g n=5 bevor das Lm die Kontrolle des LMU verlässt	n.n. in 25 g n=5 vor dem Verlassen der Kontrolle durch die verantwortliche Person	QM Fromarte: <i>Käse extrahart/hart:</i> n.n. / 25 g oder ml <i>Halbhartkäse:</i> n.n. in 25g oder ml (Rindenoberfläche oder Schmierewasser) <i>Weichkäse:</i> n.n. in 25g (5 Tage vor Inverkehrbringung) SAV-Leitlinie: <i>Hartkäse und Extrahartkäse</i> n.n. in 25 g (Pfliegewasser oder abgeschabte Rinde) (1x/Saison) <i>Halbhartkäse:</i> n.n. in 25 g (Pfliegewasser oder abgeschabte Rinde) (1x/Saison)
	100 KbE/g n=5 während der Haltbarkeitsdauer	100 KbE/g n=5 verantwortliche Person muss nachweisen, dass dieser Grenzwert während der Haltbarkeit nicht überschritten wird	
<i>Salmonella</i>	n.n. in 25 g n=5 während der Haltbarkeitsdauer (Ausnahme aw-Wert tief und Nachweis, dass kein Risiko)	n.n. in 25 g n=5 (Ausnahme: Käse (mit Reifung >60d) und Nachweis, dass kein Salmonellenrisiko)	QM Fromarte: <i>Halbhartkäse</i> n.n. in 25 g <i>Weichkäse:</i> n.n. in 25 g (5 Tage vor Inverkehrbringung)
Koagulasepositive Staphylokokken (kpS)	n=5, c=2 m=10'000 KbE/g M=100'000 KbE/g PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis: n.n. in 25g (n=5) Ausnahme, wenn Nachweis, dass keine Belastung mit SET	n=5, c=2 m=10'000 KbE/g M=100'000 KbE/g PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis: n.n. in 25g (n=5)	QM Fromarte: <i>Käse extrahart/hart:</i> <10'000 KbE/g (PHK, nach Pressen) <i>Halbhartkäse:</i> <10'000 KbE/g (PHK, nach Pressen) <i>Weichkäse:</i> <10'000 KbE/g (PHK, aus Formen) SET (falls kpS >100'000 KbE/g) n.n. in 25g SAV-Leitlinie: <i>Halbhartkäse:</i> 10'000 KbE/g (PHK) (2x/Saison), falls > 100'000 KbE/g -> SET
<i>E. coli</i>	keine Bestimmung	100 KbE/g (kein PHK) Toleranzwert am Ende der Haltbarkeit	QM Fromarte: <i>Käse extrahart/hart:</i> <10 KbE/g <i>Halbhartkäse:</i> <100 KbE/g <i>Weichkäse:</i> <10'000 KbE/g SAV-Leitlinie: <i>Halbhartkäse:</i> <50'000 KbE/g (2x/Saison) Reifung <60 Tage: 100 KbE/g
biogene Amine	keine Bestimmung	keine Bestimmung	QM Fromarte: <i>Käse extrahart/hart:</i> <100 mg Histamin /kg (Zeitpunkt Messung: 4 Monate) <i>Halbhartkäse:</i> <100 mg Histamin / kg (Zeitpunkt Messung: 3 Monate)

Käse aus thermisierter Milch

	EU 2073/2005	Hygieneverordnung	QM Fromarte und SAV-Leitlinie
<i>Listeria monocytogenes</i>	n.n. in 25 g n=5 bevor das Lm die Kontrolle des LMU verlässt	n.n. in 25 g n=5 vor dem Verlassen der Kontrolle durch die verantwortliche Person	QM Fromarte: Halbhartkäse: n.n. in 25g oder ml (Rindenoberfläche oder Schmierewasser) Weichkäse: n.n. in 25g (anteilmässige Oberfläche) SAV-Leitlinie: Halbhartkäse: n.n. in 25g (30g Pflegewasser oder abgeschabte Rinde) (1x/Saison)
	100 KbE/g n=5 während der Haltbarkeitsdauer	100 KbE/g n=5 verantwortliche Person muss nachweisen, dass dieser Grenzwert während der Haltbarkeit nicht überschritten wird	
<i>Salmonella</i>	n.n. in 25 g n=5 während der Haltbarkeitsdauer (Ausnahme aw-Wert tief und Nachweis, dass kein Risiko)	n.n. in 25 g n=5 (Ausnahme: Käse (mit Reifung >60d) und Nachweis, dass kein Salmonellenrisiko)	QM Fromarte: Halbhartkäse: n.n. in 25 g Weichkäse: n.n. in 25 g
Koagulasepositive Staphylokokken (kpS)	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis: n.n. in 25g (n=5) Ausnahme, wenn Nachweis, dass keine Belastung mit SET	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis: n.n. in 25g (n=5) Ausnahme, wenn Nachweis, dass keine Belastung mit SET	QM Fromarte: Halbhartkäse: <100 KbE/g (PHK, nach Pressen) Weichkäse: <100 KbE/g (aus Formen) PHK SET (falls kpS >100'000 KbE/g) n.n. in 25g
<i>E. coli</i>	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g als Hygieneindikator (PHK)	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g PHK	QM Fromarte: Halbhartkäse: <10 KbE/g Weichkäse: <10'000 KbE/g (aus Formen)

Käse aus pasteurisierter Milch

	EU 2073/2005	Hygieneverordnung	QM Fromarte und SAV-Leitlinie
<i>Listeria monocytogenes</i>	n.n. in 25 g n=5 bevor das Lm die Kontrolle des LMU verlassen hat	100 KbE/g n=5	QM Fromarte: Halbhartkäse: n.n. in 25g oder ml (Rindenoberfläche, Schmierewasser) Weichkäse: n.n. in 25g (anteilmässige Oberfläche) SAV-Leitlinie: Halbhartkäse: n.n. in 25 g (30g Pfliegewasser oder abgeschabte Rinde) (1x/Saison)
	100 KbE/g n=5 während der Haltbarkeitsdauer		
Koagulasepositive Staphylokokken (kpS)	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis: n.n. in 25g (n=5) Ausnahme, wenn Nachweis, dass keine Belastung mit SET	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g PHK: falls > 100'000 -> SET Nachweis: n.n. in 25g (n=5) Ausnahme, wenn Nachweis, dass keine Belastung mit SET	QM Fromarte: Halbhartkäse: <100 KbE/g (PHK, nach Pressen) Weichkäse: <100 KbE/g (PHK, nach Entnahme aus Formen) Frischkäse: <10 KbE/g (nach Herstellung) PHK SET (falls kpS >100'000 KbE/g) n.n. in 25g SAV-Leitlinie: Frischkäse: 100 KbE/g (1x/Saison)
<i>E. coli</i>	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g als Hygieneindikator (PHK)	n=5, c=2 m=100 KbE/g M=1000 KbE/g als PHK	QM Fromarte: Halbhartkäse: <100 KbE (als PHK, nach Pressen) Weichkäse: <100 KbE/g (als PHK) Frischkäse: <100 KbE/g (als PHK) SAV-Leitlinie: Frischkäse: 100 KbE/g (1x/Saison)

Abkürzungen:

- kpS koagulasepositive Staphylokokken
- SET Staphylokokken Entertoxin
- PHK Prozesshygienekriterium
- kursiv fakultative Untersuchung in der QM Fromarte und der SAV Leitlinie