



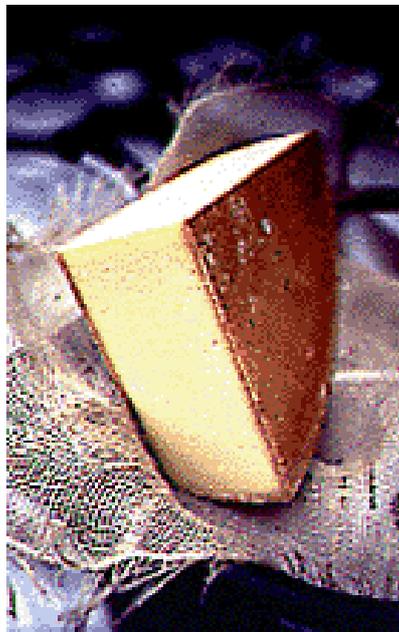
Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft
Station fédérale de recherches laitières
Stazione federale di ricerche lattiere
Swiss Federal Dairy Research Station
CH-3003

Käserdiskussionsgruppen Halbhartkäse
Schmiere

2000

Die Schmiere, ein komplexes System!!

Marie-Therese Wyder, R. Amrein, H. Winkler



1. Was ist eigentlich eine Schmiere?

Die Schmiere ist ein komplexes Zusammenleben von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen auf der Käseoberfläche, das durch die regelmässige Pflege gefördert wird!

Diese Keime gelangen entweder natürlicherweise aus dem Umfeld der Käserei auf die Oberfläche. So findet man zum Beispiel dieselben Hefen im Salzbad wie auf dem Käse. Oder aber man verwendet Oberflächenkulturen.

2. Worum geht es bei diesem Gruppenstoff?

Wir wollen herausfinden,

... wozu eine Schmiere da ist.

... welche Faktoren die Bildung einer Schmiere beeinflussen.

... welche Mikroorganismen in der Schmiere wachsen.

... wie die Mikroorganismen während der Reifung wachsen.

... was für eine Rolle diese Mikroorganismen spielen.

... wie die Schmiereflora von Schweizer Käsesorten zusammengesetzt ist.

3. Was ist die Funktion der Schmiere?

- **Das typische Aussehen:**

Durch das Verfärben der Oberfläche erhält der Käse sein typisches Aussehen. Man denke an einen Tilsiter und einen Gruyère, die beide ganz unterschiedliche Oberflächen besitzen.

- **Die Schutzfunktion:**

Man kann die Funktion der Schmiere vergleichen mit derjenigen einer Rinde (Emmentaler) oder einer Wachsschicht (Gouda) oder einem Schimmelrasen (Brie): Die Schmiere schützt den Käse vor dem Austrocknen und dem Aromaverlust. Eine gut entwickelte Schmiere vermag auch unerwünschte Mikroorganismen zu hemmen (Konkurrenz).

- **Die Reifung:**

Die Schmiere ist für den typischen Geschmack des Käses mitverantwortlich. Die Vorgänge, die zu diesem Geschmack führen, sind die Entsäuerung durch die Hefen, die Proteolyse und die Lipolyse auf der Oberfläche. Der Eiweissabbau im Innern geschieht jedoch durch die Proteasen der Milchsäurebakterien. Die Proteasen der Oberflächenflora wandern nicht ins Innere, doch durch die Entsäuerung wandert Milchsäure gegen aussen. Dies führt zu einem höheren pH-Wert und somit zu besseren Bedingungen für die Reife-Enzyme im Käse. Schliesslich kann die Schmiereflora auch Aromastoffe bilden, die den Geschmack ebenfalls stark beeinflussen.

4. Welche Faktoren beeinflussen die Schmierebildung?

- Art und Häufigkeit des Schmierens
- pH- und a_w -Wert, sowie Salzgehalt der Käseoberfläche
- Temperatur
- rel. Feuchtigkeit
- Sauerstoffbedarf, Luftumwälzung
- Zusammenspiel der verschiedenen Mikroorganismen
- Impfmenge zu Beginn der Reifezeit
- Restzucker

5. Wie entwickelt sich die Schmiereflora?

Die Schmierebildung verläuft in zwei Phasen: In der ersten Phase dominieren die Hefen und säuretolerante Bakterien. Die Hefen erfüllen eine wichtige Funktion als Nährbodenvorbereiter für die säureempfindlichen Rotschmiere-Bakterien, indem sie Milchsäure veratmen und alkalische Stoffwechselprodukte freisetzen. Somit dominieren in der 2. Phase die Rotschmiere-Bakterien (Brevibakterien und *Arthrobacter*). – Mit dem Anstieg des pH-Wertes auf der Käseoberfläche findet also ein Florawechsel statt. Die Abbildung 1 zeigt schematisch diesen Wechsel auf der Oberfläche eines Weichkäses.

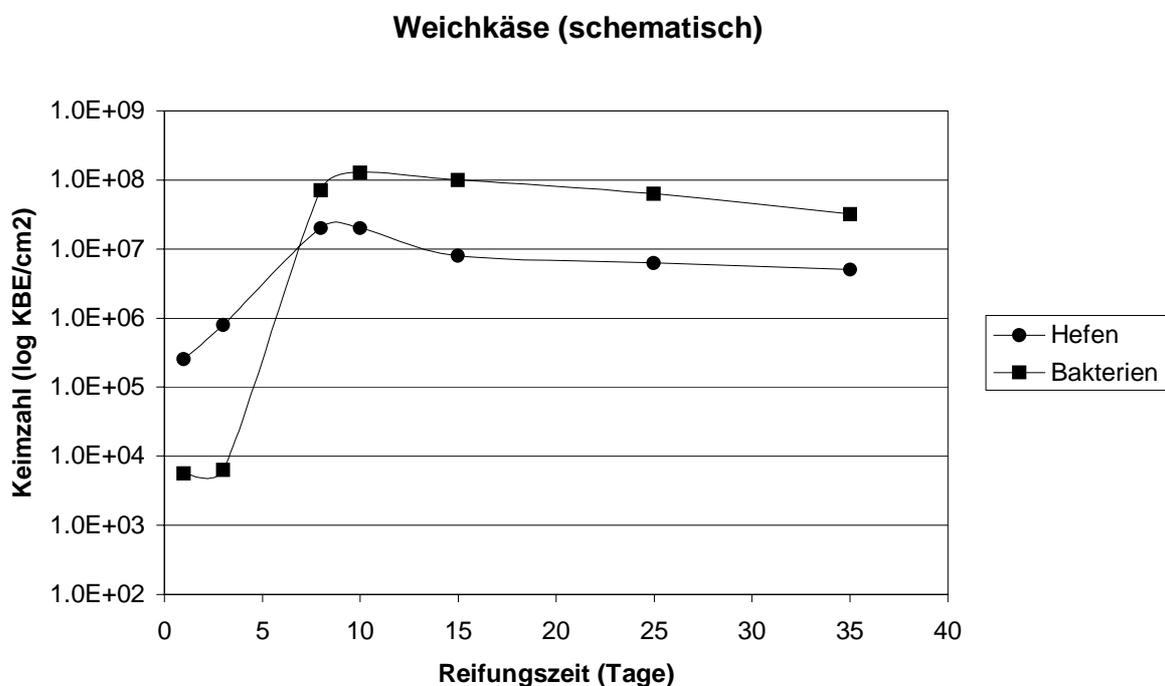


Abbildung 1: Die Entwicklung der Schmiereflora auf einem Weichkäse

6. Woraus besteht die Schmiereflora?

Wie wir schon zu Beginn gesehen haben, ist die Schmiere zusammengesetzt aus Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen. Bei den Bakterien kann man grob zwischen den gram-positiven und -negativen unterscheiden.

- **Hefen:**

Neben der Entsäuerung der Käseoberfläche sind die Hefen verantwortlich für die Bildung von Wuchsstoffen (z. Bsp. Vitamine), die die nachfolgenden Keime benötigen. Sie sind aber auch am Eiweiss- und Fettabbau beteiligt, und somit auch an der Aromabildung. Der Anteil der Hefen an der Schmiereflora sinkt im Verlaufe der Reifung bis auf 1 %. Die Hefen sind jedoch 100 x grösser als Bakterien. Der Beitrag einer einzelnen Hefezelle zur Schmierereifung ist daher grösser als derjenige einer einzelnen Bakterienzelle.

Die wichtigsten Vertreter sind *Debaryomyces hansenii*, je nach Käsesorte auch *Kluyveromyces marxianus* und *K. lactis*. Abbildung 2 zeigt eine mikroskopische Aufnahme von Hefen.

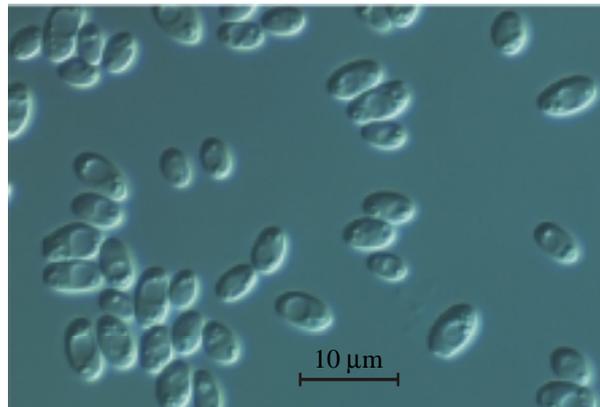


Abbildung 2: Hefen

- **gram-positiv Bakterien:**

Coryneforme Bakterien: Diese Gruppe macht etwa 75 – 95 % der bakteriellen Flora aus (Weich- und Halbhart-Käse) und ist wesentlich am Aroma von schmierereiften Käse beteiligt. Es sind kurze, leicht gekrümmte und strikt aerobe Stäbchen. ‚Coryneform‘ bedeutet keulenförmig. Sie haben eine interessante Fähigkeit: wenn ihnen das Nährstoffangebot nicht mehr zusagt, bilden sie kugelförmige Zellen und sehen aus wie Kokken (Abbildung 3, rechtes Bild). Sie wachsen am besten auf salzigen, pH-neutralen Oberflächen, und sind empfindlich auf tiefe pH-Werte. Ihr Wachstumsoptimum liegt bei pH 6.5 – 7.0 und 4 % Kochsalz. Bei pH 5.6 wachsen die meisten bereits nicht mehr.

Auf dem Käse sind v.a. 2 Typen vertreten:

Typ 1 ist ein *Arthrobacter*, zu welchem cremefarbige aber auch gelb pigmentierte Arten zählen. Dieser Typ stellt die Hauptmasse der Schmiereflora dar und ist wesentlich an der Farbgebung der Oberfläche beteiligt. Neue Untersuchungen mit Tilsiter haben gezeigt, dass er wahrscheinlich für die Farbe sogar wichtiger ist als *Brevibacterium linens*, der 2. Typ. *B. linens* kommt nur in einem Anteil von 0 – 30 % vor und ist stärker proteolytisch als *Arthrobacter* sp.

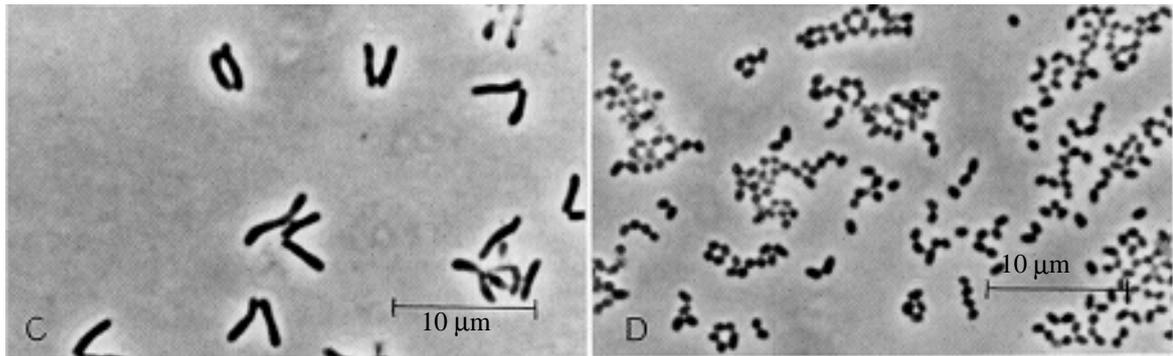


Abbildung 3: *Brevibacterium linens*

Mikrokokken: Die Mikrokokken machen etwa 5 – 15 % der Schmiereflora aus. Wie der Name es sagt, sind es Kokken. Sie sind sehr salztolerant und daher schon im Salzbad anzutreffen. Bei den Mikrokokken in der Schmiere kann man v.a. 2 Gattungen unterscheiden, *Micrococcus* sp. und nicht pathogene *Staphylococcus* sp.

- **gram-negative Bakterien:**

Diese Keime treten häufig auf nasser Schmiere auf. Nur ein kleiner Teil von ihnen sind coliforme (lactose-positive) Bakterien, die im Verlaufe der Reifung wieder verschwinden können. Diese Bakteriengruppe hat Mühe, in Käse mit tiefem pH, hohem Salzgehalt und tiefem Wassergehalt zu wachsen. Daher sind sie v.a. auf Weichkäse (ca. $10^8 - 10^9$ KBE/g) und Halb-Hart-Käse (ca. $10^4 - 10^6$ KBE/g) anzutreffen; auf Hartkäse jedoch seltener (ca. 10 – 100 KBE/g).

- **Milchsimmel:**

Beim Milchsimmel handelt es sich meistens um *Geotrichum candidum*, welcher eigentlich eine Hefe ist. Untersuchungen an der FAM haben gezeigt, dass der erwünschte leichte Flaum auf der Käseoberfläche auch von Schimmelpilzen stammen kann. Der Flaum ist wichtig für das Abtrocknen der Oberfläche.

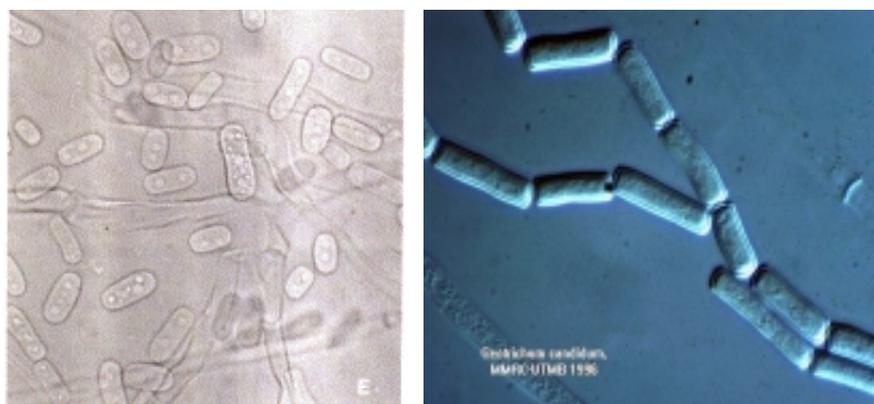


Abbildung 4: *Geotrichum candidum*

7. Wie sieht die Schmiereflora auf einem Halbhart-Käse aus?

Die Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der Schmiereflora auf Tête de Moine. Es handelt sich um den Mittelwert von Käse aus 2 verschiedenen Käsereien.

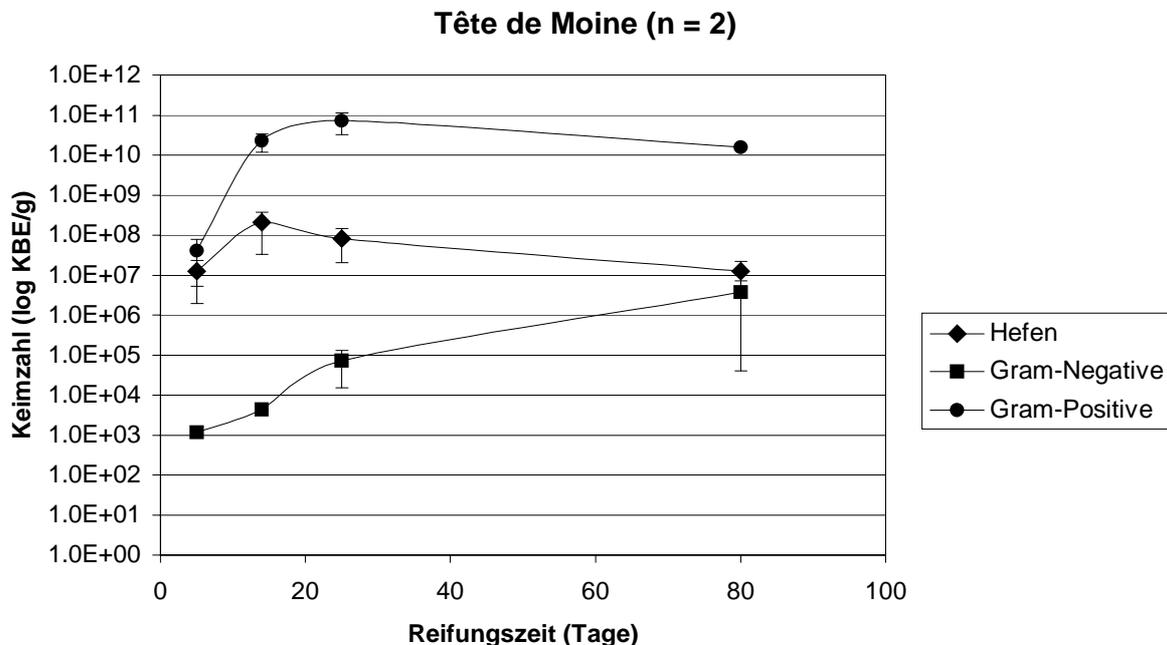


Abbildung 5: Die Schmiereflora von Tête de Moine

- **Gram-Positive:** Die Keimzahl ist auf dem Halbhart-Käse vergleichbar mit derjenigen, die auf dem Hartkäse gefunden wurde (Abbildungen 5 und 6). Sie erreichte ihr Maximum aber früher.
- **Gram-Negative (*Enterobacteriaceae*):** Die Anzahl der gram-negativen Bakterien ist auf dem Halbhart-Käse 100 – 1000 x höher als auf dem Hartkäse. Diese Keimgruppe scheint stark vom Käsetyp abhängig zu sein: auf einer nassen Schmiere wachsen sie besser als auf einer tendenziell trockenen. Zwischen den einzelnen Käsen kann jedoch das Bild auch sehr stark ändern.
- **Hefen:** Auch die Hefezahl scheint stark vom Käsetyp abhängig zu sein: Auf dem Halbhart-Käse sind 10 x mehr Hefen als auf dem Hart-Käse zu finden. *Debaryomyces hansenii* dominiert immer.

8. Wie sieht die Schmiereflora auf einem Hart-Käse aus?

Die Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Schmiereflora auf Gruyère. Es handelt sich auch in diesem Fall um den Mittelwert von Käse aus 2 verschiedenen Käsereien.

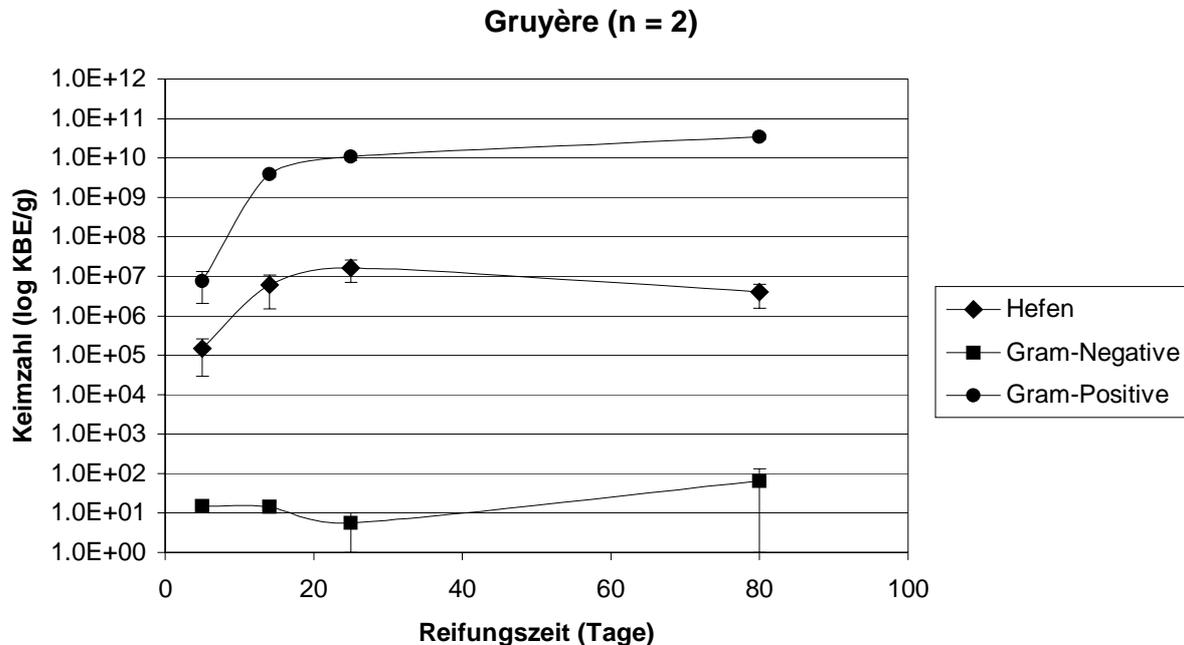


Abbildung 6: Die Schmiereflora von Gruyère

9. Schlussfolgerungen:

Zusammenfassend können aus der Untersuchung von Halbhart-Käse (Tête de Moine) und Hart-Käse (Gruyère) aus je 2 Käsereien folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Die gram-positiven Bakterien sind unabhängig von der Käsesorte in einer Anzahl von $10^9 - 10^{11}$ KBE/g auf der Käseoberfläche zu finden, wobei sie auf einer nasseren Schmiere (Halbhart-Käse) das Maximum während der Reifung früher erreichen. Danach überwiegen sie in der Schmiere und machen fast 100 % der gesamten Flora aus.

Der Anteil der Brevibakterien kann im reifen Käse bei 5 – 25 % liegen und stark von Käserei zu Käserei variieren. Im jungen Käse sind keine zu finden. Beim Halbhart-Käse erreichen sie ihren maximalen Anteil früher als beim Hart-Käse.

Die gram-negativen Bakterien kommen sehr häufig vor; auf einer nassen Schmiere in einer deutlich höheren Anzahl als auf einer trockenen. *E. coli* erscheinen hauptsächlich zu Beginn der Reifung. Im Verlaufe der Reifezeit verschwinden sie meistens sehr früh und sind nicht mehr zu finden.

Die Anwendung einer Oberflächenkultur begünstigt hauptsächlich das Wachstum der Hefen und wahrscheinlich auch die Zusammensetzung der gram-positiven Flora,

nicht aber deren Gesamtgehalt. Der Anteil an Brevibakterien scheint mit dem Einsatz einer Oberflächenkultur zu sinken.

10. Arbeiten der FAM im Bereich Oberflächenflora

Die Schmierereifung ist für viele Käsesorten nicht weg zu denken. Aus verschiedenen Gründen ist diese Art von Reifung immer wieder ein Thema. Die Schmier flora wird in bezug auf die gesundheitliche Unbedenklichkeit, auf die Umweltbelastung und auf hygienische Aspekte hinterfragt. Nicht zuletzt hat auch der Fehler „klebrig“ Diskussionen rund um die Schmiere ausgelöst. Die FAM ist bestrebt, mit ihren Arbeiten aktiv dazu beizutragen, dass unsere schmier gereiften Käse, eine für ihren Charakter optimale und gesundheitlich unbedenkliche Schmiere aufweisen.

Die FAM arbeitet an der Entwicklung von Oberflächenkulturen. Dabei stehen 2 Ziele im Vordergrund:

1. Mit einer definierten Mehrstamm-Kultur soll dem Käser eine Kultur zur Verfügung gestellt werden, die zu einer ausgeglichenen, guten Schmiereentwicklung führt.
2. Eine Kultur, die das Abtrocknen der Schmiere fördert.

Im Bereich der klebrigen Schmiere laufen verschiedene Arbeiten. Diese können in die Gruppen **Symptombekämpfung** und **Ursachenbekämpfung** eingeteilt werden.

Symptombekämpfung:

- Suche nach Schimmelpilzen, welche zum besseren Abtrocknen der Schmiere führen.

Stand der Arbeiten:

Ein Schimmelpilz, der die FAM gerne in der Praxis testen würde, bietet bei der Identifikation Schwierigkeiten. Verschiedene Labors (D / NL) gelang bis anhin keine eindeutige Identifikation. Diese ist aber Voraussetzung, um sicher zu sein, dass der Schimmelpilz bezüglich Pathogenität unbedenklich ist. Die FAM prüft Methoden, um zumindest identische Isolate erkennen zu können, damit nicht zwangsläufig alle Isolate zur externen Identifikation gegeben werden müssen.

Aus ca. 40 Käseproben hat die FAM verschiedene Schimmelpilze isoliert. Diese liessen sich in 4 unterschiedliche Gruppen einteilen. Mit Vertretern aus diesen 4 Gruppen werden gegenwärtig an der FAM Halbhartkäse gepflegt, um ihre Wirkung auf die Verhinderung von Klebrigkeit zu testen. Als nächster Schritt ist der Einsatz in Praxisbetrieben geplant.

- Pufferung von Schmierewasser

Es wurden an der FAM „gesunde“ und „klebrige“ Käse von verschiedenem Alter mit unterschiedlich zusammengesetztem Schmierewasser gepflegt. Die Unterschiede waren gering. Obwohl „klebrige“ und „gesunde“ Käse mit gleichem Schmierewasser gepflegt wurden, fand keine Übertragung des Fehlers statt.

Ursachenbekämpfung:

- Die Ergebnisse eines Versuches über den Einfluss des Salzbadetes (Salzbaddauer, °Baumé, und °SH) zeigten keinen gesicherten Einfluss der geprüften Faktoren auf den Fehler „klebrig“. Interessant war aber, dass sich Käse aus 2 Käsereien in dem selben Reifungskeller bezüglich der Klebrigkeit unterschiedlich verhielten. Dies führte zum folgenden Versuch:
- In dem zur Zeit laufenden Versuch in der Westschweiz in 2 Käsereien (gut resp. klebrig) wird (auf 2 Stufen) der Einfluss von **Milch, Kulturen, Lab, Salzbaddauer und Reifungskeller** geprüft. Das Äussere der Käse bis im Alter von 9 Wochen beurteilt, ergab nur bezüglich der Reifungskeller einen gesicherten Einfluss auf die Klebrigkeit. **Es scheint sich erneut zu bestätigen, dass das Reifungsklima bezüglich dem Fehler „klebrig“ der zentrale Faktor ist.**
- Die „klebrige Masse“ wurde eingehend untersucht. Diese Masse setzt sich ca. aus 50% Wasser, 30% Protein, 10% Mineralstoffe zusammen. Die Klebrigkeit ist nicht, wie vermutet, eine Folge von Polysacchariden.

Nach den heutigen Erkenntnissen ist die Hypothese, dass es sich bei der „klebrigen Masse“ um eine Art „Schutzschicht“ von Oberflächen-Keime handelt, die Wahrscheinlichste.

11. Wichtige Fabrikationsparameter und Reifungsgrößen zur Beeinflussung der Oberflächenflora und Schmiere

Die Milchsäuregärung

Eine vollständige Milchsäuregärung in der Randzone des Käses schafft die Grundlage für die Entwicklung einer guten Schmiere. Ist Restzucker vorhanden, säuert und nässt bei dessen Abbau die Käsoberfläche nach. Unerwünschte Mikroorganismen entwickeln sich und stören das Gleichgewicht der Schmiereflora.

Die Käsereiberater von Halbhartkäse empfehlen deshalb, den käsereiinternen Kontrollen besondere Beachtung zu schenken.

Kontrollmessung im Rand / auf Flachseite 1,5 cm uN	Temperatur in °C	pH - Wert
nach 2 Stunden	≥ 38	5.80 – 6.00
nach 8 Stunden	30 - 32	5.10 – 5.30
nach 20 Stunden	≥ 22	5.15 – 5.20

Bei starker Klebrigkeit oder Weisschmierigkeit empfiehlt es sich, eine Mindesttemperatur von 24° C in der Rand- bzw. Flachzone einzuhalten. Ebenso ist das Formenmaterial zu berücksichtigen.

Ein Beispiel von Kontrollmessungen im Appenzeller Käse bestätigt den grossen Einfluss der Temperatur auf die Milchsäuregärung:

Kontrollmessung bzw. Laboranalyse	Einheit	Anzahl	Appenzeller Käse Randzone
Temperatur			
nach 2 Stunden	°C	6	36
nach 8 Stunden	°C	6	27
nach 20 Stunden	°C	6	22
pH-Wert			
nach 2 Stunden		6	6.20
nach 8 Stunden		6	5.45
nach 20 Stunden		6	5.38
Gesamtmilchsäure	mmol/kg	6	113
L-Milchsäure	mmol/kg	6	95
D-Milchsäure	mmol/kg	6	18
Galactose	mmol/kg	6	7.1
Wassergehalt	g/kg	6	433

Bei Schmierfehlern gibt eine enzymatische Untersuchung der Randzone des 1 Tag alten Käses wertvolle Hinweise über den Verlauf der Milchsäuregärung. Galactosegehalte unter 1 mmol/kg weisen auf eine vollständige und gute Milchsäuregärung hin.

Eine gute Methode, den Restzucker im Käse nachzuweisen, stellt der **Backofentest** dar. Er wurde ausführlich im Diskussionsgruppenstoff (1996) „Käse mit einwandfreiem Äusseren auch im Winter“ beschrieben.

Die Reinigung der Käseformen und –auflageflächen

Eine gute Reinigung und Entkeimung der Käseformen und –auflageflächen hilft mit, unerwünschte Mikroorganismen von der Käseoberfläche fern zu halten. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass eine saure Einphasenreinigung auf die Dauer nicht genügt, das Formenmaterial und die Auflageflächen sauber zu halten. Es können sich Ablagerungen, u.a. von Eiweiss und Fett bilden. Eine zusätzliche, alkalische Reinigung mindestens 1 Mal pro Woche bringt Abhilfe.

Ein tägliches Abspülen der Salzbadhürden mit heissem Wasser verhindert Fettablagerungen und eine wöchentliche, gründliche Reinigung den Salzstein.

Die Narbenbildung und – pflege

Die Schmierebildung und das Reifungsklima geben dem Halbhartkäse seinen typischen Charakter. Eine wichtige Voraussetzung ist ein gesunder und strukturierter Narben.

Zu beachten sind folgende Punkte:

- gute Entsirtung der Narbenzone
(Thermoaktivität der Kulturen, Bruchbereitung – Synärese, Temperaturführung Fabrikation und Pressen)
- gute Perforation der Press- / Abtropf-Formen und Mätteli
(Defekte ersetzen)
- gute Salzbehandlung
(Inhaltsstoffe der Salzbadlösung; ganzflächige Salzaufnahme; Luftkissen, -blasen; Auftrieb der mit Käse belegten Hurde)
- häufiges Wenden und Umschichten der Käse während des Pressens / Abtropfens
(Sirtenabfluss, Temperatenausgleich, Laibform und Narbenstruktur)
- Bürstenqualität und gute Käsepflege
(Borstenstärke, Schmierewassermenge, Häufigkeit der Pflege, Kellerklima)

Kellerklima

Das Kellerklima optimal zu steuern, erfordert vom Käser eine genaue und gute Beobachtung und tägliche Kontrolle der Käseschmiere. Trocknet die Schmiere zu schnell, wächst vermehrt der Milch- und Fremdschimmel. Bleibt die Schmiere mehrere Tage nass, kann sich eine salbige, klebrige Schmiere entwickeln. Dazwischen liegt das optimale Kellerklima mit einer entsprechenden Käsepflege.

Ein guter Reifungskeller muss folgende Anforderungen erfüllen:

- gleichmässiges Klima im ganzen Raum
- eine leichte Luftumwälzung ohne Luftstau
- Kühlen und Heizen mit kleiner Temperaturdifferenz zur Raumtemperatur
- gute Belegung
- abgedecktes Salzbad im Reifungskeller
- Zufuhr von Frischluft (1x pro Tag oder jeden 2. Tag; Entwicklung und Abtrocknen der Schmiere, Leichtung)

12. Was ist zu tun bei Schmierfehlern?

Treten Schmierfehler auf, ist ein Beratungsgespräch mit dem MIBD-Berater vorteilhaft und nützlich. Wie bei einer Krankheit, hilft eine genaue Diagnose den Käsefehler zu benennen und gezielte Massnahmen zu ergreifen.

Die häufigsten Schmierefehler sind:

- klebrig
- weiss-schmierig, salbig
- brauner Schimmel
- schwarze Flecken
- schrumpfig

Massnahmen und Korrekturen

Klebrige Schmiere

- Einsatz von Oberflächenkulturen
(Geotrichum candidum, B. linens, Hefen, Mikrokokken)

Bewährt hat sich die Anwendung einer in der Käserei hergestellten Oberflächenkultur als Zugabe ins Schmierewasser. Ein Beispiel einer Rezeptur aus der Praxis:

Schmierekultur Praxis

- ❖ 2,5 Liter Wasser
 - ❖ 2,5 Liter Fettsirte (unerhitzt)
 - ❖ 100 – 150 g Kochsalz
 - ❖ 5 - 10 E Geotrichum candidum Kultur
 - ❖ 5 – 10 E oder mL B. linens
 - ❖ und weitere Kulturen

 - ❖ 2 Tage bei Kellertemperatur bebrüten; in Gefäss mit Deckel
 - ❖ Zugabe von 1-3 Liter Schmierekultur auf 10 Liter Schmierelösung
- Einsatz einer Schmierelösung aus einer Käserei mit einwandfreier, guter Schmiere
 - Reduktion der Salzzugabe ins Schmierewasser
(Schimmelwachstum, Salzgehalt Käse – Nachgärung)

Stark klebrige Schmiere

- Entfernen der klebrigen Schmiere mit „Teigschaber“, frisch anschmieren
- Schmierewasser häufig wechseln

Weisschmierig

- Kulturenaktivität
- Beachten der Temperatur auf der Presse
- Untersuchung der Galactose (Labor FAM, Backofentest)
- Reduktion der Salzmenge im Schmierewasser
- Wechsel der Brettli
- weniger nass schmieren
- Senkung der relativen Feuchte im Keller (90 – 92 %)

Brauner Schimmel

- Vermeiden von Kontaminationen durch Mikroorganismen auf der Käseoberfläche (Presswanne, Formenmaterial, Auflageflächen, Salzbadhürden, Salzbadlösung, Brettli, Bürsten)
- gleichmässige Salzaufnahme
- gut strukturierter Narben
- kein zu starkes Abtrocknen der Käse vor der Salzbadbehandlung

Schwarze Flecken

- tägliches Schmieren der jungen Käse
- gutes Aufreiben und Schmieren
- Begrenzen des Milchsimmel-Wachstums bei den jungen Käsen (Salzmenge in Schmierewasser)
- Trockenes Abreiben der Schimmel bewachsener Käseoberfläche vor dem Wenden

Schrumpfige Laibe

- keine „Sportkäse“
- Vermeiden hoher Wassergehalte, v.a. in der Randzone
- Salzbehandlung (Dauer, Stärke, Salzaufnahme im Salzbad und durch das Schmierewasser, kein Wachstum des braunen Schimmels)
- zu grosser Wasserverlust der Randzone während der Reifung
- Klimaschwankungen

Zur Lenkung der Schmierebildung ist eine definierte Schmierelöung je nach Schmierebeschaffenheit und Alter der Käse ein wichtiger Schlüssel zum Erfolg!