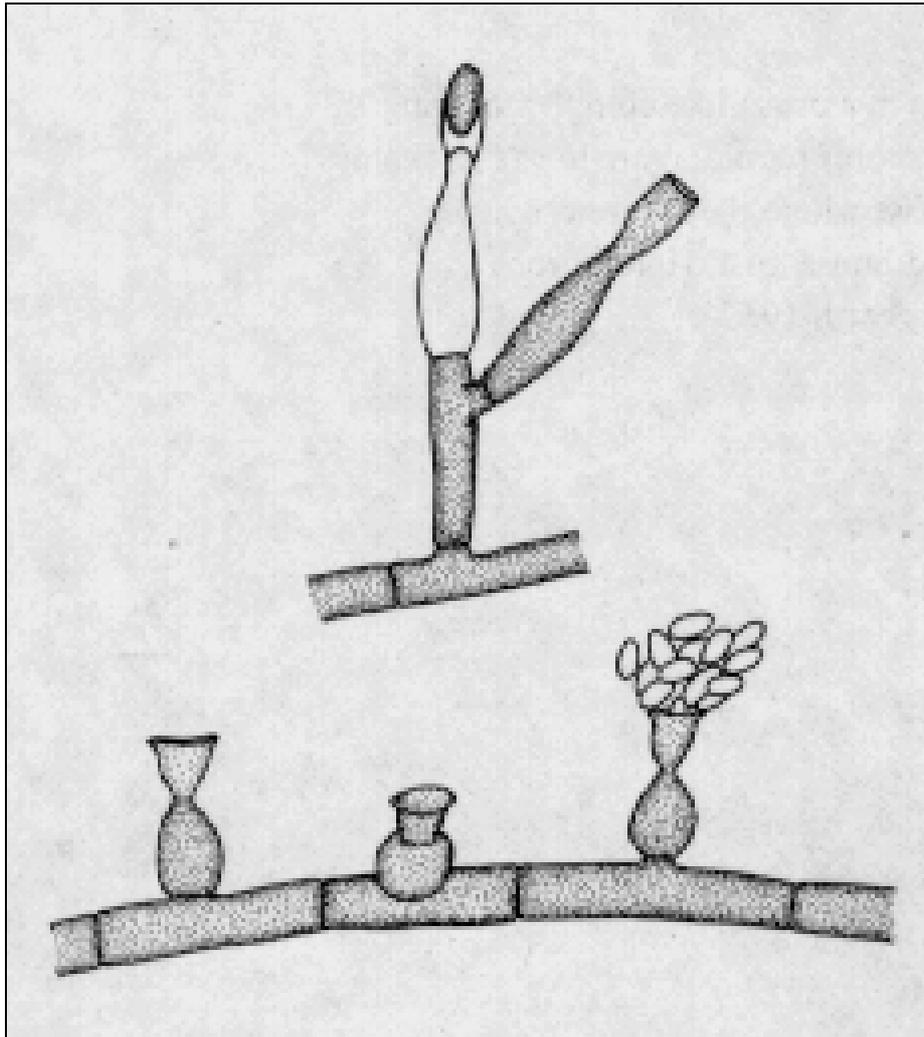


Tatsachen und Hypothesen zur klebrigen Schmiere



Hans-Peter Bachmann, Ueli Bütikofer, Marc Dalla Torre, Martin Fürst, Marie-Therese Wyder

1. Einleitung

Die letzten Umfragen in der Praxis ergaben beim Ausmass des Fehlers „klebrige Schmiere“ erfreuliche Ergebnisse:

Beim Tilsiter reduzierte sich die Beanstandungen anlässlich der Taxation (Juli 2000) auf ca. 10 % der Partien (Rohmilch-Tilsiter 7.7, Past.-Tilsiter 12.5 %). Beim Appenzeller Käse ist gemäss der Taxationszusammenzüge die Zahl der betroffenen Betriebe konstant bei ca. 20 %. Bündner, St. Galler und Glarner Alpkäse sind in der laufenden Alpsaison nur vereinzelt von klebriger Schmiere betroffen. Bei der Qualitätsbeurteilung von 38 verschiedenen Raclettekäse im September wiesen nur wenige Anzeichen von „klebriger Schmiere“ auf. Beim Tête de Moine sind uns zur Zeit keine Fälle bekannt. Gegenüber dem Vorjahr ist eindeutig eine Verbesserung der Situation zu beobachten. Dennoch gibt es Betriebe, die nach wie vor gegen diesen Fehler ankämpfen. Zudem führen die Massnahmen, die heute zur Eindämmung der Klebrigkeit angewandt werden, wie

- nicht zu feuchtes und nicht zu kühles Reifungsklima
- ansäuern des Schmierewassers
- nicht zu hoher Salzgehalt im Schmierewasser
- Zusatz von Oberflächenkulturen in das Schmierewasser

tendenziell zu einer Erhöhung der Herstellungskosten (höhere Reifungsverluste, arbeitsintensivere Pflege, teure Oberflächenkulturen). Dies führt dazu, dass die Praxis auch heute noch ein grosses Bedürfnis hat, mehr über die klebrige Schmiere und deren Eindämmung zu wissen.

Auch aus der wissenschaftlichen Betrachtungsweise erweist sich die klebrige Schmiere als faszinierendes Phänomen, da die Ursache, die zu diesem Fehler führt, nach wie vor unbekannt ist. Alle Massnahmen, die heute angewandt werden, sind letztlich nur eine Symptombekämpfung.

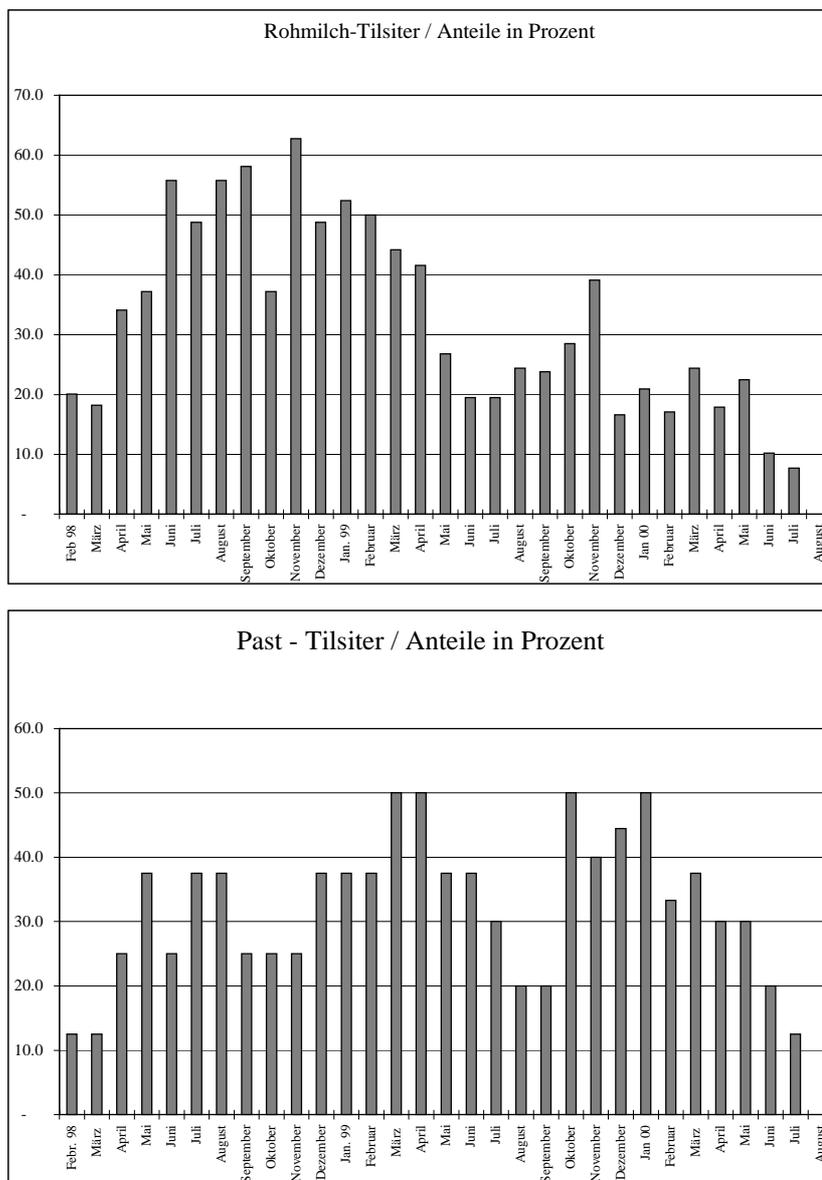


Abb.1: Betriebe mit klebrigen Käse beim Rohmilch- und Past.-Tilsiter von Februar 98 bis Juli 00 (Anteile in Prozent)

2. Tatsachen

Tatsache 1 Eine höhere Reifungstemperatur und eine tiefere relative Luftfeuchtigkeit vermindern die Klebrigkeit

Bereits in der Umfrage in 34 Gruyère- und 22 Appenzeller Käseereien im Frühjahr 1998 zeigte es sich, dass

- tiefere Reifungstemperaturen mit dem Auftreten von klebriger Schmiere in einem klaren Zusammenhang stehen. So wiesen beim Appenzeller-Käse sämtliche 9 Betriebe mit einer Reifungstemperatur von 14.0 - 14.5 °C eine klebrige Schmiere auf. Die beiden Betriebe mit 16 °C wiesen eine normale Schmiere auf (signifikant: $p < 0.001$ beim t-Test).
- eine hohe relative Luftfeuchtigkeit die Intensität der Klebrigkeit erhöht: In 7 von 9 Reifungskellern mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 – 96 % waren die Käse klebrig. Die 4 Betriebe mit der tiefsten Luftfeuchtigkeit gehörten allesamt zur Gruppe mit normaler Schmiere (signifikant: $p = 0.03$ beim t-Test).

Diese Beobachtung konnte seither in mehreren Versuchen bestätigt werden. Dabei wurde häufig zuerst mit Exsikkatoren im Klimaschrank gearbeitet, wobei die relative Feuchtigkeit mit übersättigten Salzlösungen eingestellt wurde. Anschliessend wurden die Ergebnisse in der Modellkäserei Liebefeld oder in der Versuchskäserei Moudon erhärtet. Auch die Erfahrungen in der Praxis bestätigen zweifelsfrei, dass eine höhere Reifungstemperatur und eine tiefere relative Luftfeuchtigkeit die Klebrigkeit vermindern.

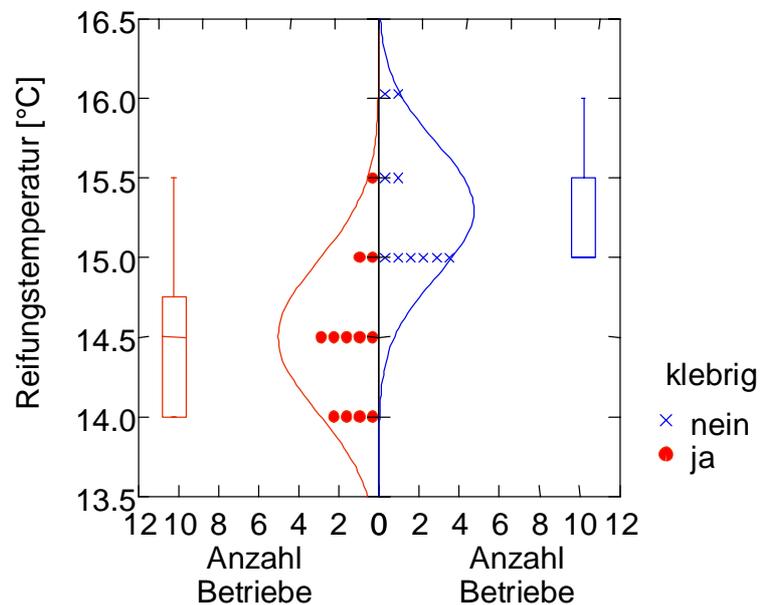


Abb.2: Temperatur in den Reifungskellern mit normaler und klebriger Schmiere

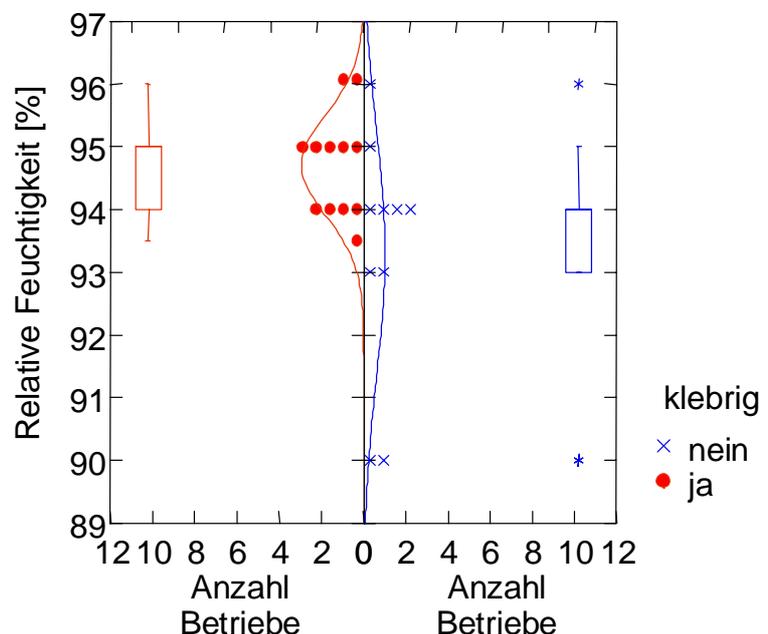


Abb.3: Relative Luftfeuchtigkeit in den Reifungskellern mit normaler und klebriger Schmiere

Tatsache 2 Eine ungenügende Zufuhr von frischer Luft intensiviert die Klebrigkeit

In einem modellhaften Versuch in Exsikkatoren wurde die Frage geklärt, ob mit der Zusammensetzung der Reifungsatmosphäre der Fehler „klebrige Schmiere“ bei guten Raclette Käsen ausgelöst werden kann. Dazu wurde nicht-klebriger-Raclette Käse in 4 verschiedenen Atmosphären bei 8°C und 96.3 % rel. Feuchtigkeit gereift:

1. 10 % Sauerstoff
2. 20 % Sauerstoff
3. 100 % Sauerstoff
4. Zusatz von 50 µL Ammoniaklösung 25%.

Die anfänglich nicht-klebrigen Käse entwickelten bis nach 7 Wochen Lagerung in den Exsikkatoren eine starke Klebrigkeit. Nur der gute Käse in der (anfänglich) reinen Sauerstoffatmosphäre blieb bis auf kleine Stellen an den Kanten von der Klebrigkeit verschont. Der geringe Zusatz von Ammoniak zeigte keinen zusätzlichen Effekt.

Dieser Versuch gibt einen klaren Hinweis auf die Wichtigkeit der Frischluftzufuhr in Käsekellern. Eine ungenügende Belüftung bei tiefer Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit kann die Bildung von klebriger Schmiere verstärken, eventuell sogar auslösen.

Die Eindämmung der klebrigen Schmiere stellt eindeutig ein mehrdimensionales Problem dar, bei dem das Kellerklima (Reifungstemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Frischluftzufuhr, Sauerstoff- und Ammoniakgehalt) eine Schlüsselrolle spielt.

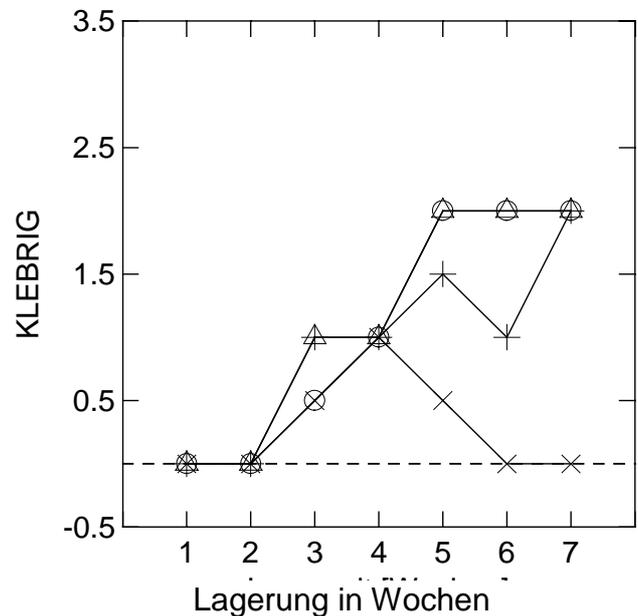


Abb. 4: Entwicklung der Klebrigkeit von Raclette Käse

Legende:

o 10 % Sauerstoff, + 20 % Sauerstoff,

x 100 % Sauerstoff, Δ 50 µL Ammoniaklösung

Diese Erkenntnisse konnten in einem Versuch in der Fromex erhärtet werden: je 16 Gruyère Käse wurden in einem guten Keller (91 – 93 % rel. F., mit guter Luftumwälzung) und in einem schlechten Keller (98 % rel. F., mit schlechter Luftumwälzung).

Tab. 1: Entwicklung der Klebrigkeit

Keller	Beurteilung der Klebrigkeit nach 4-12 Wochen (1=nicht klebrig, 5=stark klebrig)				
	4	6	8	10	12
91 – 93 % rel. F., gute Luftumwälzung	1.3	2.0	1.6	1.3	1.6
98 % rel. F., schlechte Luftumwälzung	1.5	3.3	3.7	4.2	3.8

Eine nicht zu tiefe Temperatur, nicht zu hohe Luftfeuchtigkeit und eine gute Luftumwälzung sind wesentlich für die Entwicklung einer gesunden Schmiere. Diese hängt offensichtlich stark zusammen mit dem Wachstum eines „Milchsimmel“-Rasens, der bei genügender Frischluftzufuhr besser wächst und dadurch das Abtrocknen der Oberfläche fördert.

3. Hypothesen

Hypothese 1 Die Klebrigkeit kann mit einer „Milchsimmel“-Kultur eingedämmt werden

Die FAM hat nach „Milchsimmel“-Kulturen gesucht, welche die Schmiere abtrocknen und so die Klebrigkeit eindämmen. Dazu wurde von Käsen, auf denen natürlicherweise ein „Milchsimmel“-Rasen wächst und die auch nie klebrig werden, eine Reihe von Stämmen isoliert, reingezüchtet und in der Modellkäserei geprüft. Dabei zeigte die Schimmelkultur *P.anticollanti* (Phantasiename !) in mehreren Versuchen die erwünschte Wirkung:

- die Käse trockneten schneller ab
- sofort nach dem Abtrocknen begann ein weisser bis leicht bräunlicher „Milchsimmel“-Rasen zu wachsen
- auch bei einem fortgeschrittenen Reifegrad konnte auf den Käsen keine Verfärbung als Folge des starken Schimmelwachstums festgestellt werden
- die Schmiere war insgesamt kräftig und deutlich röter
- und die Klebrigkeit nahm markant ab oder verschwand gar vollständig.

Die genaue Identifizierung von *P.anticollanti* gestaltet sich ausserordentlich schwierig. Neben klassischen Methoden wurden auch molekularbiologische Methoden angewandt. Diese beruhen auf der Sequenzierung von ribosomalen Genen (18S, 5.8S und 28S) und den Internal Transcribed Spacers 1 und 2. Letztere dienen zum Vergleich der Stämme untereinander: identische Sequenzen deuten auf identische Spezies hin. Die Gen-Sequenzen dienen zur Identifikation, indem sie mit Sequenzen bekannter Spezies verglichen werden.

Zum heutigen Zeitpunkt ist die exakte Identifikation von „*P.anticollanti*“ nicht möglich, wahrscheinlich weil die Gen-Bank noch nicht alle Sequenzen der bekannten Schimmelpilze enthält. Dazu ist zu sagen, dass die Schimmelpilze eine sehr inhomogene Gruppe bilden und sich die Identifikation somit schwierig gestaltet. Der Vergleich der Sequenzen von „*P.anticollanti*“ mit Sequenzen von Schimmelpilzen, die natürlicherweise auf gesunder Schmiere wachsen, zeigte aber, dass „*P.anticollanti*“ auf gesunder Schmiere weit verbreitet ist, sodass er nun in einem Praxisversuch geprüft werden kann.

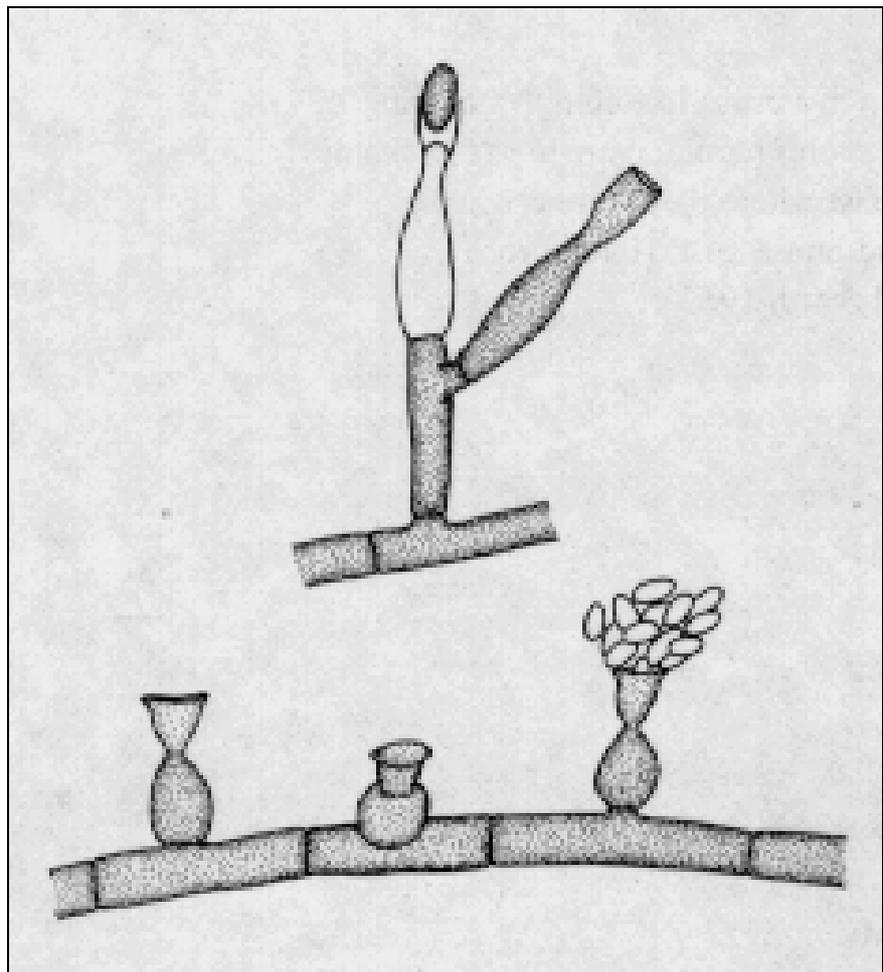


Abb.5: Zeichnung des mikroskopischen Bildes von „*P.anticollanti*“

Hypothese 2 Zwischen der Mikroflora von klebriger und gesunder Schmiere gibt es keine wesentlichen Unterschiede

Bei den typischen Keimgruppen der Schmiereflora gibt es keine wesentlichen Unterschiede. Nur die Anzahl Schimmel in klebriger Schmiere nach 10 Tagen ist signifikant höher als in der normalen Schmiere. Die restlichen Keimzahlen unterscheiden sich nicht signifikant.

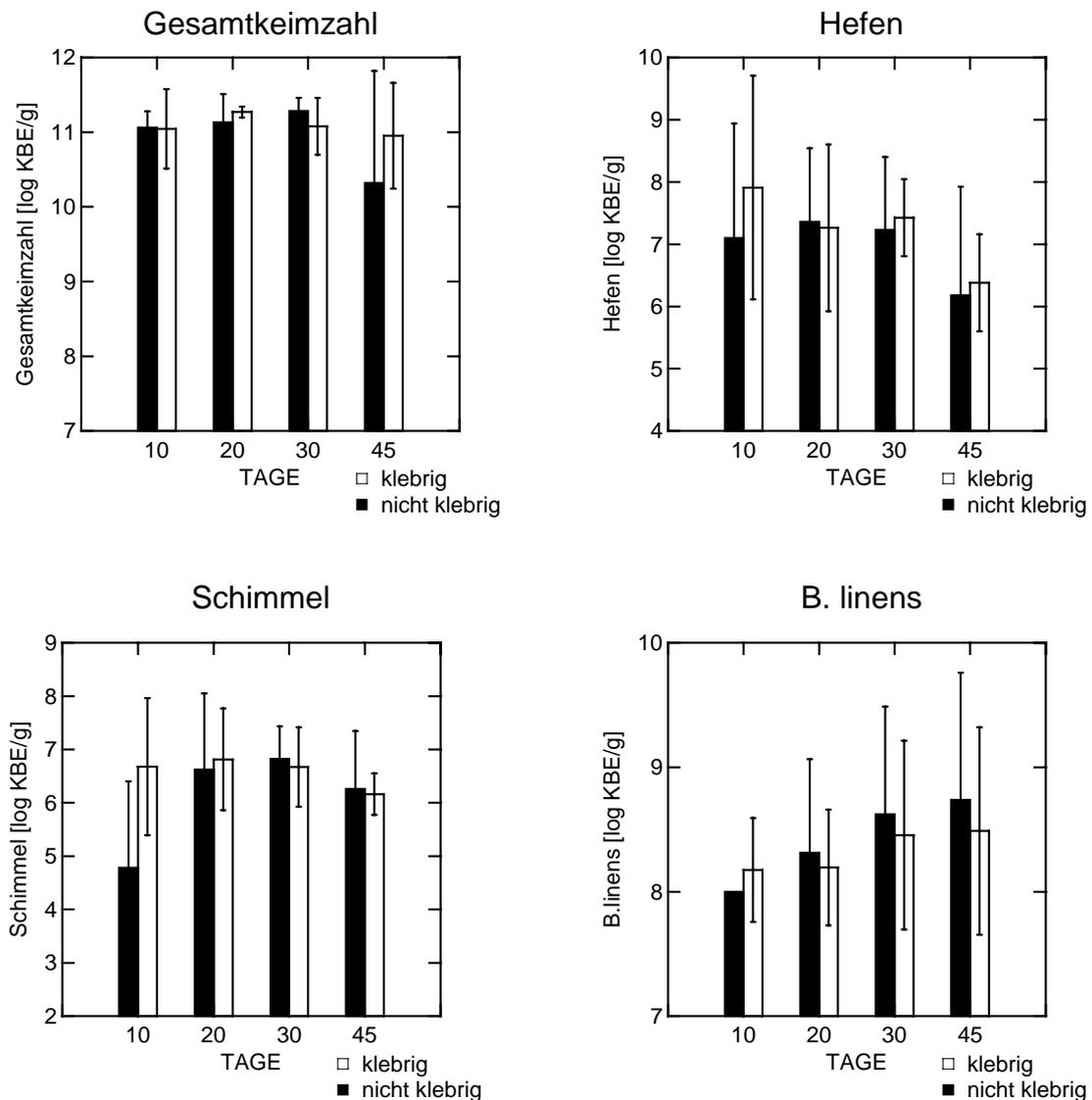


Abb. 6: Mikrobiologische Zusammensetzung von klebriger und gesunder Schmiere

Zusätzlich zu den typischen Keimgruppen, wurden auch spezifischere Abklärungen durchgeführt:

- Aufgrund von Vorkenntnissen und eines Literaturstudiums wurden verschiedene potenzielle Erreger (*Scopulariopsis brevicaulis*, Laktokokken, Pseudomonaden, *Proteus* spp., *Brochothrix thermospacta*, *Chryseobacterium indologenes*, Phagen) gezielt untersucht.
- Von klebriger Schmiere wurden mehr als 500 Stämme isoliert, charakterisiert und auf Schleimbildung geprüft. Verdächtige Stämme wurden zu „Cocktails“ gepoolt und auf gesunde Käse gebracht.

In keinem Fall gelang es die Klebrigkeit auszulösen.

Hypothese 3 Die chemische Zusammensetzung der klebrigen Substanz lässt keine eindeutigen Rückschlüsse über die Ursachen zu

Von stark klebrigem Gruyère wurde von der Oberfläche von mehreren Käsen klebrige Masse abgeschabt und mit verschiedenen Methoden an der FAM und an der Universität Bern die Zusammensetzung bestimmt. Es zeigte sich, dass die klebrige Masse zum grössten Teil aus Wasser (53.1 %), Proteinen (28.7 %) und Mineralstoffen (8.0 %) besteht. Der Fettgehalt beträgt nur 2 %. Der Calcium- und Natrium-Gehalt ist gegenüber dem Durchschnittswert von Gruyère Käse (Teig) verdoppelt, der Magnesium-Gehalt vervierfacht und der Kalium-Gehalt fast verzehnfacht.

Die klebrige Substanz hat einen hohen Gehalt an Glutaminsäure. Es ist deshalb anzunehmen, dass diese zu einem grossen Teil aus Polyglutaminsäure aufgebaut ist. Die Proteolyse verläuft insgesamt schneller: Durchschnittlich werden 48 % mehr Aminosäuren freigesetzt. Sehr auffällig ist die hohe Konzentration an Arginin in der klebrigen Masse, die im Käseteig zu Ornithin und Citrullin umgesetzt wird. Auf der anderen Seite ist die extrem tiefe Konzentration an Lysin bedeutungsvoll. Durch die Decarboxylierung von Lysin entsteht das biogene Amin Cadaverin. Tatsächlich fanden sich in der klebrigen Substanz 774 mg/kg Cadaverin.

Tab. 2: Freie Aminosäuren in der klebrigen Substanz im Vergleich mit gesunder Schmiere

Aminosäure	klebrige Substanz [g/kg]	gesunde Schmiere [g/kg]	Verhältnis % klebrig / normal
Glutaminsäure	34.8	11.5	302
Alanin	6.2	1.0	633
Asparaginsäure	1.8	1.2	149
Glycin	2.2	1.0	208
Arginin	2.0	0.1	1658
Threonin	2.0	1.5	135
Histidin	0.8	1.9	43
Methionin	1.3	1.1	120
Phenylalanin	2.2	2.9	76
Valin	3.4	3.2	108
Isoleucin	2.5	2.7	92
Leucin	4.7	5.9	81
Tyrosin	1.8	1.5	120
Lysin	0.2	6.0	3
Serin	1.8	1.3	139
Prolin	5.7	5.6	101
Ornithin	0.2	1.1	20
Citrullin	5.5	1.1	491
α-Aminobuttersäure	0.5	0.0	0
γ-Aminobuttersäure	0.5	0.2	245
Glutamin	0.5	1.4	36
Asparagin	0.0	2.4	0
Summe	80.8	54.8	148

Auch konnten die Zellbestandteile Galactosamin (1.1 g/kg) und Glucosamin (4.8 g/kg) nachgewiesen werden.

Von der klebrigen Masse wurde ein SDS-PAGE Elektropherogramm mit verschiedenen Konzentrationen aufgezeichnet. Daraus war ersichtlich, dass die klebrige Masse aus vielen verschiedenen grossen Molekülen besteht und eine weitere Charakterisierung einen enorm grossen (finanziellen) Aufwand bedeuten würde.

Kein einziges Prüfmerkmal ergibt einen eindeutigen Hinweis über die Ursache der klebrigen Schmiere. Auch die flüchtigen Komponenten sprechen eher für eine Verschiebung des Gleichgewichtes innerhalb der normalen Schmiereflora als für die Präsenz von „neuen“ spezifischen Mikroorganismen.

Hypothese 4 **Die Käse haben eine unterschiedlich starke Veranlagung zur Bildung von klebriger Schmiere**

Erfahrungen aus Käsehandlungen zeigen, dass die Käse aus unterschiedlichen Käsereien auch eine unterschiedlich starke Veranlagung zur Bildung von klebriger Schmiere haben. Über den Grund für diesen Unterschied kann nur spekuliert werden.

In vielen Versuchen wurden zahllose technologische Faktoren studiert, die direkt oder indirekt die Beschaffenheit der Käseoberfläche beeinflussen. In keinem Falle konnte jedoch ein klarer Zusammenhang mit der Veranlagung der Käse zur Bildung von klebriger Schmiere hergestellt werden.

Bei einem multifaktoriellen Versuch, bei dem der Einfluss der Produktionsstätte auf das Auftreten der klebrigen Schmiere untersucht wurden, konnte hingegen eine interessante Interaktion beobachtet werden:

- Bei der Milch aus der Käserei B waren die Käse immer klebriger, wenn Fettsirtenkulturen eingesetzt wurden
- Beim Einsatz von Rohmischkulturen, waren die Käse, die mit der Milch aus der Käserei A hergestellt wurden, im Durchschnitt klebriger.

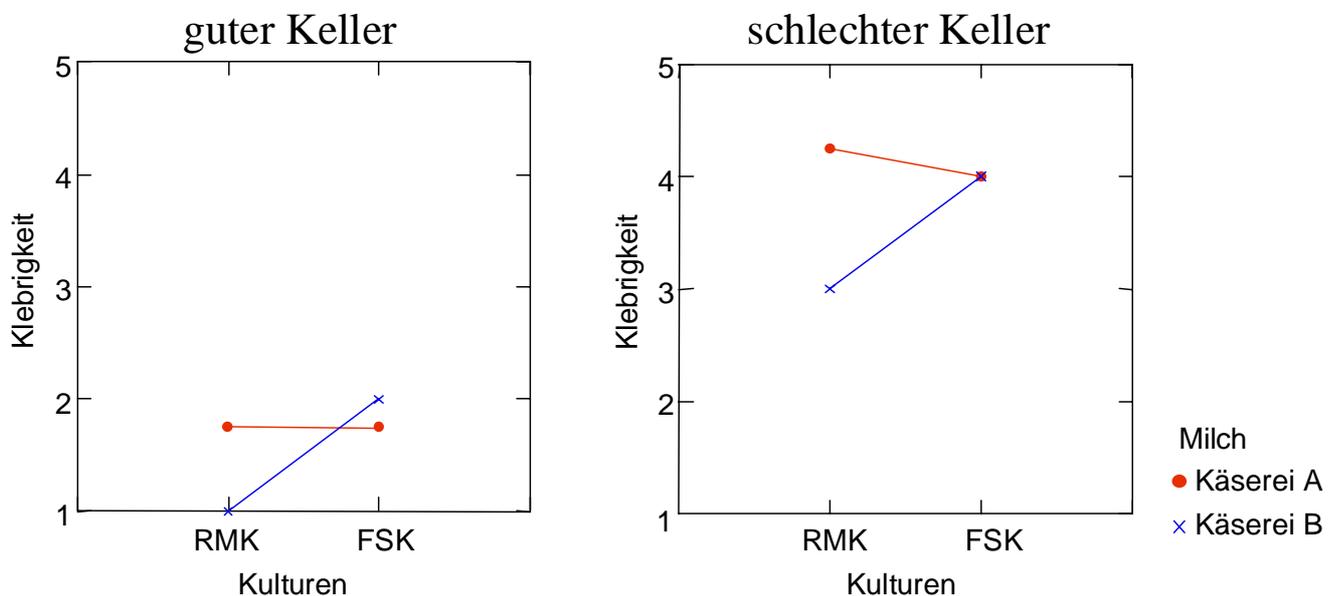


Abb. 7: Interaktionsplot der Faktoren Herkunft Milch und Kultur auf die Klebrigkeit (1=nicht klebrig, 5=stark klebrig)

Diese Interaktion zeigt, dass verschiedene „innere“ Faktoren wie die Milch, die Kultur etc. offensichtlich auch einen wichtigen Einfluss auf die Entwicklung der Schmiere bzw. Klebrigkeit haben. Sie scheinen aber als alleinige Faktoren nicht zu genügen, um den Fehler auszulösen.

4. Empfehlungen an die Praxis

Die Käsebereitung empfiehlt den Käsern und den Affineuren verschiedene Massnahmen zur Eindämmung der klebrigen Schmiere:

- tiefere relative Feuchtigkeit im Reifungsraum
- höhere Reifungstemperatur
- tägliche Frischluftzufuhr
- nicht zu hoher Salzgehalt in Schmierewasser
- Schmierewasser mit Milchsäure ansäuern
- Kommerzielle Kulturen im Direkteinsatz oder angezüchtet
(Die FAM prüft zur Zeit die Aufnahme einer *Geotrichum*-Kultur in das Versandsortiment. Zudem wird ein Praxisversuch mit der „*P.anticollanti*“-Kultur durchgeführt.)
- Schmierewasser aus Käseereien mit einwandfreier Schmiere (Achtung: Listerien-Gefahr !)
- Schmierewasser überimpfen oder weniger oft verwerfen (Achtung: Listerien-Gefahr !)
- Desinfektionsmittel nicht übermässig, sondern gezielt einsetzen
- Wöchentliche Reinigung der Schmieremaschine
- Reinigung der Käsebretter mit heissem Wasser ohne Reinigungsmittel
- Desinfektion der Käsebretter mit > 80°C heissem Wasser
- Kontrolle der Milchsäuregärung der äussersten Randzone im 1-tägigen Käse

5. Weiteres Vorgehen

Die weiteren Arbeiten der FAM konzentrieren sich auf die Entwicklung von Oberflächenkulturen:

- Bei der Milchsimmel“-Kultur „*P.anticollanti*“ wird in zwei Bereichen weitergearbeitet:
 - Praxisversuch in 6 Halbhartkäseereien in der Ostschweiz
 - Zusammenarbeit mit Schimmel-Spezialisten, um die Identität zu klärenJe nach Ergebnis, wird entschieden, welche Abklärungen noch durchgeführt werden müssen, bevor diese Kultur in das Versandsortiment der FAM aufgenommen werden kann und ob der dazu notwendige Aufwand, mit dem zu erwartenden Nutzen in einem vernünftigen Verhältnis steht.
- Abklärungen zur Züchtung und zur Konservierung des *Geotrichum*-Stammes Nr. 19. Anschliessend ist in einer ersten Phase ein limitierter Bezug dieser Kultur über die Käsebereitung vorgesehen. Nach dieser Probephase soll über eine definitive Aufnahme in das Versandsortiment entschieden werden.
- Zusätzlich wird eine Schmierekultur entwickelt, die den spezifischen Bedürfnisse der Käser und Affineure in der Schweiz entspricht.