

# TUPFEN UND VERFÄRBUNGEN IM TEIG VON HALBHARTKÄSEN

Diskussionsgruppen



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-  
departement EVD  
**Forschungsanstalt**  
**Agroscope Liebefeld-Posieux ALP**

## Inhalt

1	Einleitung	3
2	Braune Tupfen im Teig	3
2.1	Mögliche Ursachen	3
	Erkenntnisse aus Versuchen und Praxis	3
	Beispiele aus der Praxis	4
2.2	Korrekturempfehlungen	5
	Rohstoff Milch	5
	Fabrikationsparameter	5
	Temperaturführung	5
	Milchsäuregärung	5
	Reinigung im Betrieb	5
	Salzbad	6
	Reifung	6
	Kontrollen	6
3	Graue Flecken im Teig	7
3.1	Mögliche Ursachen	7
3.2	Erfahrungen aus der Praxis	7
3.3	Korrekturempfehlungen	8
	Rohstoff Milch	8
	Kontrollen	8
4	Rote Verfärbungen unter dem Narben	9
4.1	«Bankrote» Käse	9
4.2	Rosa verfärbte Teigzonen	9
5	Blaue Verfärbungen unter dem Narben	10
6	Zusammenfassung	12
7	Literatur	12

## 1 Einleitung

Fehler wie braune Tupfen, graue und selten auch rosa oder blaue Verfärbungen können im Teig von Halbhartkäse auftreten. Typischerweise entwickeln sich diese Fehler im Laufe der Reifung und werden oft erst bei Konsumreife sichtbar. Diese Fehler sind gesundheitlich unbedenklich. Die optische Wahrnehmung verunsichert jedoch den Konsumenten und wirkt abstossend. Daher sind die betroffenen Käse als Schnittware unverkäuflich.

In den vergangenen Monaten wurden in einigen Partien solche Fehler festgestellt. In dieser Unterlage werden Beobachtungen, mögliche Ursachen und Massnahmen zur Verhinderung der Fehler diskutiert.

## 2 Braune Tupfen im Teig

Kleine, braune Tupfen im Teig sind sichtbare Kolonien von Propionsäurebakterien. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse einer Untersuchung zusammen gefasst.

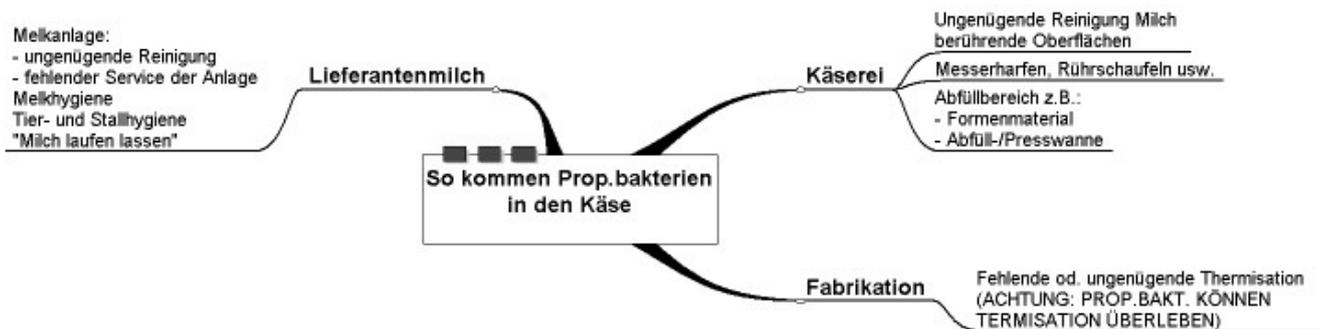
Tab. 1: **Mikrobiologische Ergebnisse aus Tupfen im Teig von Appenzeller Käse**

Probenbeschrieb	Merkmal		Ergebnisse
Alter: 4 Monate	Enterokokken	KbE/g	< 100
Fehler: graubraune Tupfen	Propionsäurebakterien	KbE/g	<b>9.5 Mio</b>

Betroffene Käse können eine Propionsäuregärung (Nachgärung) aufweisen. Aber nicht in jedem Fall zeigen die Käse Zeichen einer Nachgärung.

### 2.1 Mögliche Ursachen

Propionsäurebakterien können auf vielerlei Weise in den Käse geraten z.B.:



Propionsäurebakterien, die in den Käse gelangen, wachsen nicht zwangsläufig zu sichtbaren Kolonien während der Reifung. Die Zusammensetzung des Käses und die Reifungsbedingungen tragen massgebend zu deren Entwicklung bei.

### Erkenntnisse aus Versuchen und Praxis

Verschiedene Versuche an ALP und Erkenntnisse der Praxis haben gezeigt, dass in der Regel mehrere Faktoren an der Entstehung von Tupfen beteiligt sind.

Tab. 2: **Wichtige Einflussfaktoren auf die Tupfenbildung**

	Einflussfaktoren	Hemmwirkung wenn:
<b>Kessmilch</b>	Anzahl Prop.bakterien	↓
	Wasserzusatz	↓
<b>Fabrikation</b>	Ausziehtemperatur	↑
	LAP - Wert	↓
<b>Käse 1 Tag</b>	Milchsäure	↑
	Citratgehalt	↓
<b>Käse 30 Tage reifer Käse</b>	Salzgehalt	↑
	Wassergehalt	↓
	Proteolyse	↓

### Beispiele aus der Praxis

Die Erfahrungen aus der Beratung zeigen, dass in der Regel eine Untersuchung eines fehlerhaften Käses Hinweise auf die Fehlerursache gibt. Folgende Analysen haben sich in der Praxis bewährt: Wasser-, Fett- und Kochsalzgehalt, flüchtige Carbonsäuren, pH und freie Aminosäuren (OPA). Teilweise sind mikrobiologische Untersuchungen sinnvoll, z.B. Enterokokken.

Die mikrobiologische Analyse ergab eine stark erhöhte Keimzahl für die ebenfalls unterwünschten Enterokokken. Diese stark proteolytischen und recht hitzeresistenten Keime werden mit der Rohmilch, mit kontaminierten Fettsirtenkulturen oder über kontaminierte Anlagen und Gerätschaften eingeschleppt. Hohe pH-Werte im Käse fördern auch diese Keime (mehr dazu in Abschnitt 3, graue Flecken).

Tab. 3: **Beispiel 1**  
**Appenzeller Käse, Alter 3 Monate,**  
**Fehler: braune Tupfen, graue Flecken unter dem Narben**

Merkmal	Einheiten	Wert
Wasser	g/kg	377
NaCl	g/kg	13.9 ↓
NaCl im Wasser	%	36.9 ↓
pH unter dem Narben		6.27 ↑
Mitte		5.50
Flüchtige Carbonsäuren total	mmol/kg	14.3
Ameisensäure	mmol/kg	2.1
Essigsäure	mmol/kg	11.2
Propionsäure	mmol/kg	0.7 (↑)
n-Buttersäure	mmol/kg	0.3
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.1
Enterokokken (Fehlerzone unter dem Narben)	KbE/g	970'000 ↑

Der leicht erhöhte Propionsäuregehalt zeigt, dass ein Wachstum von Propionsäurebakterien im Käse stattfand. Das unerwünschte Wachstum von Propionsäurebakterien wurde durch den tiefen Salzgehalt (absolut und bezogen auf das Wasser im Käse) sowie dem hohen pH-Wert in der Randzone verursacht.

Tab. 4: **Beispiel 2**  
**Tilsiter, Alter 4 Monate,**  
**Fehler: nestig, braune Tupfen im Teig**

Merkmal	Einheiten	Wert
Wasser	g/kg	401 ↑
Salz	g/kg	16.9
Kupfer	mg/kg	10.3 (↓)
pH		5.97 (↑)
Flüchtige Carbonsäuren total	mmol/kg	32.8
Ameisensäure	mmol/kg	2.4
Essigsäure	mmol/kg	14.7
Propionsäure	mmol/kg	14.3 ↑
i-Buttersäure	mmol/kg	0.3
n-Buttersäure	mmol/kg	0.4
i-Valeriansäure	mmol/kg	0.5
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.1
Freie Aminosäuren (OPA)	mmol/kg	245 (↑)

Der Propionsäurewert lässt auf ein sehr intensives Wachstum von Propionsäurebakterien schliessen. Dieses wurde durch den hohen Wassergehalt, den hohen pH und die starke Proteolyse (OPA) begünstigt.

Tab. 5: **Beispiel 3**  
**Appenzeller Käse, Alter 3 Monate,**  
**Fehler: braune Tupfen im Teig**

Merkmal	Einheiten	Wert	
Wasser	g/kg	370	
Fett	g/kg	326	
Fett in Trockenmasse	g/kg	517	
Wasser in fettfreier Käsemasse	g/kg	549	
Salz	g/kg	14.1 ↓	
Salz pro kg Wasser	g/kg	381 ↓	
Kupfer	mg/kg	13.9	
pH		5.66	
Enterokokken	KbE/g	660	
Propionsäurebakterien	KbE/g	14'000	Mittelwert aus 30 Untersuchungen
GMS	mmol/kg	94	80.3 ±12.8
L+Laktat	mmol/kg	42	
D-Laktat	mmol/kg	52	
Citrat	mmol/kg	1.0	
Flüchtige Carbonsäuren total	mmol/kg	22.7	
Ameisensäure	mmol/kg	3.2	
Essigsäure	mmol/kg	18.0	
Propionsäure	mmol/kg	0.2	
WLN	g/kg	12.3 (↑)	WLN in % TN = 30.7
NPN	g/kg	6.7 (↑)	NPN in % WLN = 54.5

Trotz der Tupfenbildung weist der untersuchte Käse keinen erhöhten Propionsäuregehalt auf. Eine relativ bescheidene Anzahl Propionsäurebakterien genügt offensichtlich zur Tupfenbildung. Abgesehen von dem eher tiefen Salzgehalt und der leicht fortgeschrittenen Proteolyse, sind die Verhältnisse im Käse für Propionsäurebakterien als eher ungünstig zu beurteilen. Der Käseteig ist eher sauer (pH, Milchsäure) und der Citratgehalt lässt ein normales Wachstum von fakultativ heterofermentativen Laktobazillen vermuten.

## 2.2 Korrektorempfehlungen

Die Bildung brauner Tupfen ist immer auf das Wachstum von Propionsäurebakterien im Käse zurück zu führen. Die Gründe für ein Wachstum können von Fall zu Fall unterschiedlich sein. Daher sind die Korrektorempfehlungen mit Ausnahme, dass in jedem Fall Kontaminationen mit Propionsäurebakterien auf allen Stufen verhindert werden müssen, nicht immer dieselben. Die nachfolgenden Empfehlungen sind auf jeden einzelnen Fall angepasst anzuwenden.

### Rohstoff Milch

Das Ziel muss sein, dass möglichst wenig Propionsäurebakterien in der Lieferanten- und Mischmilch vorhanden sind. Gute Lieferanten- und Mischmilch weist  $< 30$  und thermisierte Kessmilch  $< 10$  KbE/ml auf. Die Erfahrung zeigt, dass bei der Verarbeitung von kontaminierter Rohmilch die Propionsäurebakterien nach der Thermisation und im daraus hergestellten Halbhartkäse nach 1 Tag unterhalb der Nachweisgrenze von  $< 10$  KbE/g liegen und später trotzdem Propionsäuregärung und/oder braune Tupfen im Teig auftreten können. Dies lässt sich damit erklären, dass die Propionsäurebakterien durch die Hitzebehandlung subletal geschädigt (stark geschwächt) werden und im Nachweisverfahren nicht zu sichtbaren Kolonien heranwachsen und somit nicht erfasst werden.

→ **Zur Verhinderung von braunen Tupfen ist die Kontrolle der Lieferanten- und Mischmilch wichtig.**

### Fabrikationsparameter

In der Fabrikation sind vor allem die Temperaturführung und andere Parameter massgebend, die die Säuerung beeinflussen.

#### Temperaturführung

- Thermisation: Alle Milch im Durchlauferhitzer  $> 64$  °C, im Fertiger  $> 58$  °C erwärmen.
- Brenn- und Ausziehtemperatur im oberen Normalbereich wählen.

#### Milchsäuregärung

- Eine gute Säuerung (Anfangs- und Endsäuerung) im Käse vermindert das Fehlerrisiko.
- Bei Fettsirtenkulturen (FSK und FSML) ist ein «Neustart» angezeigt. (*Lb. helveticus* fördert den pH-Anstieg und die Proteolyse und damit das Wachstum von Propionsäurebakterien. Hohe Anteile an L-Laktat im 1-tägigen Käse sind in der Regel ein Hinweis auf ein intensives *Lb. helveticus* Wachstum.)
- Einsatz der MK 3008 (kann hemmend auf die Tupfenbildung wirken)
- Wasserzusatz reduzieren (Richtwert Total 15 %) mit dem Ziel, einen Milchsäuregehalt im jungen Käse von mindestens 130 mmol/kg zu erreichen
- Bei einem tiefen Kupfergehalt sind Massnahmen zur Erhöhung angezeigt (Milchlagerung / Thermisation im Fertiger, verstärkte mechanische Fertigerreinigung, Kochsalzzugabe).

### Reinigung im Betrieb

In der Halbhartkäserei zeigen die Erfahrungen, dass Kontaminationen mit Propionsäurebakterien im Betrieb häufig im Abfüll- und Pressbereich stattfinden.

- Es ist zu überprüfen, ob die technischen Einrichtungen so konstruiert sind, dass täglich eine gute Reinigung möglich ist (Luftleitungen in Presswanne, Blindleitungen usw.)
- Tägliche Lauge- und Säurereinigung bietet grössere Sicherheit als eine Einphasenreinigung. Laugereinigung bei mindestens 70 °C.

### **Salzbad**

Versuche haben gezeigt, dass ein genügend hoher NaCl-Gehalt über die Aufnahme im Salzbad und nicht über die spätere Käsepflege erfolgen sollte. Der durchschnittliche Salzgehalt im handelsreifen Käse soll mindestens 15 g/kg betragen. Es ist auf eine gleichmässige Salzaufnahme beider Flachseiten der Käse zu achten.

Die Salzaufnahme der Käse ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Einflussgrössen sind:

- Dauer des Salzbadaufenthaltes
- Temperatur des Salzbad
- Ein Abtrocknen der Käse vor dem Salzbad muss verhindert werden.
- Mit einer Salzwasserumwälzung oder mit einem ein- oder zweimaligen leichten Anheben der Salzbadgestelle während der Salzbadbehandlung kann die Salzaufnahme verbessert werden.

Die Salzlake muss die Anforderungen einer guten Herstellungspraxis erfüllen und kontrolliert werden.

### **Reifung**

Die Empfehlungen sind innerhalb der Grenzen der guten Herstellungspraxis zu verstehen und dem entsprechend ist der Spielraum relativ gering.

- Eine tiefere Reifungstemperatur führt zu langsameren Reifungsvorgängen und somit zu geringerem Propionsäurebakterienwachstum.
- Ein Absenken der relativen Luftfeuchtigkeit im Reifungskeller verzögert die Reifung ebenfalls.
- Mit der Käsepflege auf eher wenig und trockene Schmiere hinwirken (Pflegeintervall / Zusammensetzung Schmierewasser).
- Vermehrte Frischluftzufuhr, um den Ammoniakgehalt im Keller zu senken.

### **Kontrollen**

Zur guten Herstellungspraxis gehören gewisse routinemässige Kontrolluntersuchungen auf Propionsäurebakterien:

- Lieferantenmilch: mindestens alle 3 Monate
- Mischmilch, Kessmilch, Bruch und 10-tägiger Käse monatlich
- Handelsreife Käse: 2 Mal jährlich den Salzgehalt bestimmen.

Beim Auftreten von braunen Tupfen im Teig müssen die Kontrollen gezielt verstärkt werden!

### 3 Graue Flecken im Teig

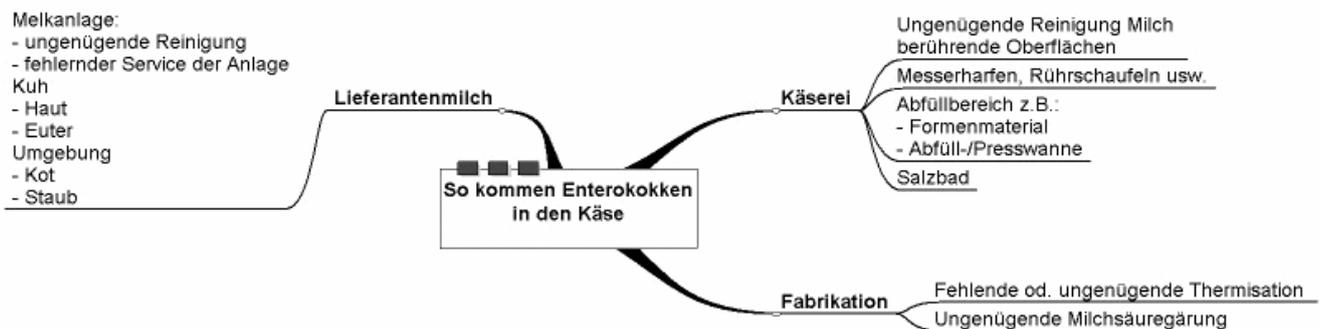
Graue Flecken im Teig werden in der Regel durch Enterokokken-Kolonien verursacht (Tabelle 6). Von diesen Kolonien geht eine hohe proteolytische Aktivität aus, welche zu sichtbaren Veränderungen des Käseteigs in der Umgebung der Kolonien führen (pH-Anstieg, Caseinabbau → Reduktion der Lichtstreuung). Beispiel einer Untersuchung siehe Tabelle 3.

Tab. 6: **Mikrobiologische Ergebnisse aus Appenzeller Käse mit grauen Flecken im Teig**

Probenbeschreibung	Merkmal		Ergebnis
Alter: 3 Monate, graue Flecken im Teig	Enterokokken	KbE/g	<b>2.9 Mio.</b>

#### 3.1 Mögliche Ursachen

Auch Enterokokken können auf vielerlei Weise in den Käse geraten, z.B.:



Enterokokken die in den Käse gelangen, führen aber nicht zwangsläufig zur Bildung von Flecken während der Reifung. Die Zusammensetzung des Käses und die Reifungsbedingungen tragen massgebend zu deren Wachstum bei. Enterokokken sind auch aus anderen Gründen unerwünscht: Sie können zur Bildung von biogenen Aminen beitragen und Antibiotika-Resistenzen auf andere Keime (z.B. auf Krankheitserreger) übertragen.

#### 3.2 Erfahrungen aus der Praxis

Untersuchungen von betroffenen Käsen zeigen immer wieder, dass bei grauen Flecken oft die i-Butter- und i-Valeriansäure (selten auch die i-Caprionsäure) und der pH erhöht sind. Diese Carbonsäuren weisen auf eine atypische, meist auch übermässige Proteolyse hin, welche durch eine unerwünschte Mikroflora verursacht wird. In vielen Fällen ist zudem die Propionsäure erhöht (Beispiel 4). Eine fehlerhafte Proteolyse, begleitet von einer verstärkten Entsäuerung des Käseteiges (pH-Anstieg), fördert das Wachstum von Enterokokken und von Propionsäurebakterien.

Tab. 7: **Beispiel 4**  
**Appenzeller Käse, Alter 4.5 Monate,**  
**graue Flecken unter dem Narben**

Merkmal	Einheiten	Wert
pH	mmol/kg	6.12 ↑
Flüchtige Carbonsäuren total	mmol/kg	17.1
Ameisensäure	mmol/kg	1.3
Essigsäure	mmol/kg	8.2
Propionsäure	mmol/kg	3.6 ↑
i-Buttersäure	mmol/kg	1.1 ↑
n-Buttersäure	mmol/kg	0.9
i-Valeriansäure	mmol/kg	1.6 ↑
i-Caprinsäure	mmol/kg	0.4 ↑
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.1

Parameter wie z.B. Wasser- und Kochsalzgehalt beeinflussen das Gärgeschehen während der Reifung und können zur Fehlerentstehung beitragen.

Tab. 8: **Beispiel 5**  
**Appenzeller Käse, Alter 3 Monate,**  
**graue Flecken unter dem Narben**

Merkmal	Einheiten	Wert
Wasser	g/kg	408 ↑
Wff	g/kg	581 ↑
NaCl	g/kg	15.3
NaCl im Wasser	g/kg	37.5 ↓
Enterokokken	KbE/g	2.9 Mio. ↑

### 3.3 Korrektorempfehlungen

Enterokokken gehören zu der Gruppe der Salztoleranten. Der Nachweis von Salztoleranten gibt somit einen guten Hinweis auf Enterokokken. Die Massnahmen für die Bekämpfung von Salztoleranten gelten auch für Enterokokken. Es gilt zu beachten, dass Enterokokken im Gegensatz zu Propionsäurebakterien Milchzucker vergären und somit auch in Milch und Bruch wachsen können.

Die Korrekturmassnahmen bei den Fabrikationsparametern, Reinigung, Salzbad und Reifung bleiben die-selben wie bei der Tupfenbildung durch Propionsäurebakterien.

#### Rohstoff Milch

Möglichst eine geringe Zahl von Salztoleranten in der Lieferanten- und Mischmilch gilt als Ziel. Gute Lieferanten- und Mischmilch weist < 5'000 und thermisierte Kessmilch < 3'000 KbE/ml auf. Da es sich beim Nachweis von Salztoleranten immer um sporadische Stichproben handelt, sind vor allem die Käsereiprüfungen mit indirekter Aussage anzuwenden:

- vorbebrütete Reduktaseprobe
- Gärprobe

Da Enterokokken in der Milch wachsen können, sind die Lagerbedingungen der Milch wichtig:

- rasche und gute Kühlung
- Lagerdauer möglichst kurz
- «überstellte» Milch: Lagertemperatur < 8°C

➔ Mit der Thermisation der Fabrikationsmilch werden weder alle Enterokokken eliminiert noch die Enzyme inaktiviert.

#### Kontrollen

Zur guten Herstellungspraxis gehören gewisse routinemässige Kontrolluntersuchungen, die direkt oder indirekt Aufschluss über die Belastung von Salztoleranten geben:

- Lieferantenmilch (Abend- und Morgenmilch): wöchentlich vorbebrütete Reduktase- oder Gärprobe, Salztolerante mindestens 2 Mal jährlich
- Mischmilch: täglich vorbebrütete Reduktase- oder Gärprobe
- Mischmilch, Kessmilch, Bruch und 10-tägiger Käse: monatlich auf Salztolerante untersuchen.

Beim Auftreten von grauen Flecken im Teig müssen die Kontrollen gezielt verstärkt werden!

## 4 Rote Verfärbungen unter dem Narben

### 4.1 «Bankrote» Käse

Bankrote Käse zeigen oft eine intensive Rotfärbung unmittelbar unter der Rinde, wobei die Verfärbung mit abnehmender Intensität auch tiefer in den Käse hinein verlaufen kann. Der Fehler «bankrot» ist eine Folge des «Durchliegens» der Käse, wobei die Käse nass liegen und die Rinde stellenweise Zersetzungerscheinungen zeigt. Im Zusammenhang mit dem Fehler «bankrot» wird typischerweise Nitrit und Nitrat nachgewiesen, welches nitrifizierende Bakterien aus Ammoniak bilden. Nitrit kann im Zusammenwirken mit aromatischen Aminosäuren und deren Abbauprodukte zu Diazofarbstoffen reagieren [Kammerlehner 2003].

### 4.2 Rosa verfärbte Teigzonen

Bei diesem Fehler verfärbt sich der Teig leicht bis deutlich rosa. Es handelt sich dabei nicht um den oben beschriebenen Fehler «bankrot». Die Verfärbung kann gleichmässig sein, ist aber oft auf eine ringförmige Zone unter der Rinde beschränkt oder zonal besonders ausgeprägt. Nicht untypisch ist ausserdem, dass sich die Intensität der Verfärbung nach dem Aufschneiden des Käselais verändert oder die Färbung ins Bräunliche kippt. Zuweilen entwickelt sich die Verfärbung erst im Kontakt mit Luftsauerstoff.

Rosa Teigverfärbungen wurden von verschiedenen Autoren bei unterschiedlichsten Käsesorten (Weich- bis Extrahartkäse) beobachtet. Versuche, den rosa Farbstoff aus dem Käse zu extrahieren, die chemische Struktur aufzuklären und so die Entstehung des Fehlers herzuleiten, sind bislang gescheitert. Aufgrund der Variabilität des Schadenbildes ist aber zu vermuten, dass rosa Verfärbungen unterschiedliche Ursachen haben können.

Beim Appenzeller weisen rosa verfärbte Teigzonen typischerweise einen hohen pH-Wert und eine weit fortgeschrittene Proteolyse auf, wie nachfolgendes Beispiel zeigt (Tab. 9).

Tab. 9: **Beispiel 6**  
**Appenzeller Käse, 8 Monate,**  
**rote Verfärbung unter dem Narben**

<b>Merkmal</b>	<b>Einheiten</b>	<b>Wert</b>	<i>Vergleich „Extra“ gute Qualität (N = 9)</i>
WLN	% TN	46.2	42.3
NPN	% WLN	74.9	60.0
Natriumchlorid	g/kg	17.0	17.5
pH Laibdurchschnitt		6.18	6.00
pH unter d. Narben		6.80	

## 5 Blaue Verfärbungen unter dem Narben

Hoher pH-Wert und starke Proteolyse mögen die Entstehung von rosa Teig begünstigen. Der Fehler tritt aber längst nicht immer in solchen Fällen auf. Es ist daher klar, dass es weitere Einflussfaktoren gibt, die vermutlich im mikrobiologischen Bereich zu suchen sind:

Ungenügende Milchsäuregärung/Kultur

Martley und Michel (2001) untersuchten rosa Verfärbungen bei Cheddarkäse. Bei den fehlerhaften Käsen stellten sie erhöhte Gehalte an Restzucker (Galaktose) fest, die sie mit dem Einsatz von *Str. thermophilus* in Zusammenhang brachten. Der Restzucker - so vermuteten die Autoren - führte dann zur Entwicklung unerwünschter Begleitflora und schliesslich zu Pigmentbildung.

Fettsirtenkultur mit ungünstigen Laktobazillen

Virtanen & Kiuru (1949) brachten rötliche Verfärbungen bei Emmentalerkäse mit bestimmten, nicht näher definierten Stämmen von Laktobazillen in Verbindung. Bottazzi & Corradini (1966) erkannten einen Zusammenhang zwischen rötlichen Verfärbungen bei Grana und der verwendeten Fettsirtenkultur. Durch den Austausch der Kultur verschwand der Fehler in den betroffenen Betrieben.

Sonstige Fremdkeime/starke Proteolyse

Tritt die rosa Verfärbungen in der rindennahen Zone auf, verändert sich die Intensität nach dem Aufschneiden des Käselaibs oder entwickelt sich die Verfärbung erst im Kontakt mit dem Luftsauerstoff so sind dies Hinweise darauf, dass die Pigmente infolge einer Phenoloxidasereaktion entstehen. Als phenolische Verbindung ist die Aminosäure Tyrosin im neutralen bis alkalischen Bereich recht reaktiv und oxidationsanfällig und kann zu Polyphenolverbindungen von meist roter bis bräunlicher, selten auch blauer Farbe (siehe weiter unten «Blaue Verfärbung unter dem Narben») reagieren. Von Mikroorganismen gebildete Oxidasen können die Tyrosinoxidation fördern.

Beim Auftreten rötlicher Verfärbungen sind folgende Punkte zu überprüfen:

- Rohmilchqualität bzw. Fremdkeimkontaminationen (Phenoloxidase positive Keime wie z.B. gew. Hefen) -> Indikatoren: Fremdkeime, Salz tolerante Keime
- Säuerungskurve
- Kultur: Wechsel / Neustart prüfen
- Proteolyse: erhöhte Werte bei Nichtprotein-Stickstoff oder Aminosäure-Stickstoff (OPA)
- pH-Wert (zu hoch)

Bei starker Proteolyse können bei Halbhartkäse auch blaue Verfärbungen im Teig auftreten. Die Verfärbungen beschränken sich in der Regel auf die Randzone 3-20 mm unter der Rinde. Typischerweise stellt man in der verfärbten Zone eine extreme Proteolyse (hoher OPA- oder NPN-Wert) und einen hohen pH-Wert fest.

Die blaue Farbe, ist ebenfalls wie oben beschrieben, auf die enzymatische Oxidation der aromatischen Aminosäure Tyrosin zurück zu führen, in deren Folge blaue Pigmente entstehen. Die Anwesenheit von Schwermetallen wie Kupfer kann die Verfärbung begünstigen, weil sie mit den Pigmenten Komplexe bilden und so deren Farbintensität erhöhen. Einen ähnlichen Effekt haben hohe pH-Werte.

Überhöhte Kupferwerte sind, obwohl das aufgrund der blauen Farbe von Kupferverbindungen nahe läge, kaum je die Ursache zonaler Blaufärbungen. Primäre Ursache ist in aller Regel eine übermäßige Proteolyse wie auch das folgende Beispiel zeigt (Abb. 1, Tab. 10).

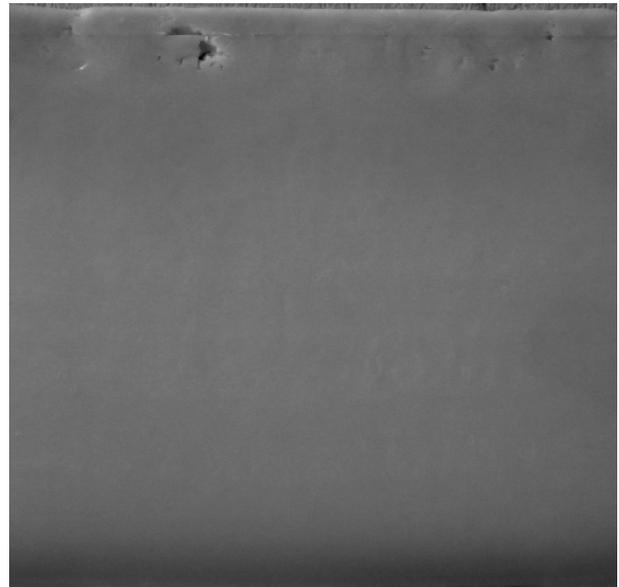


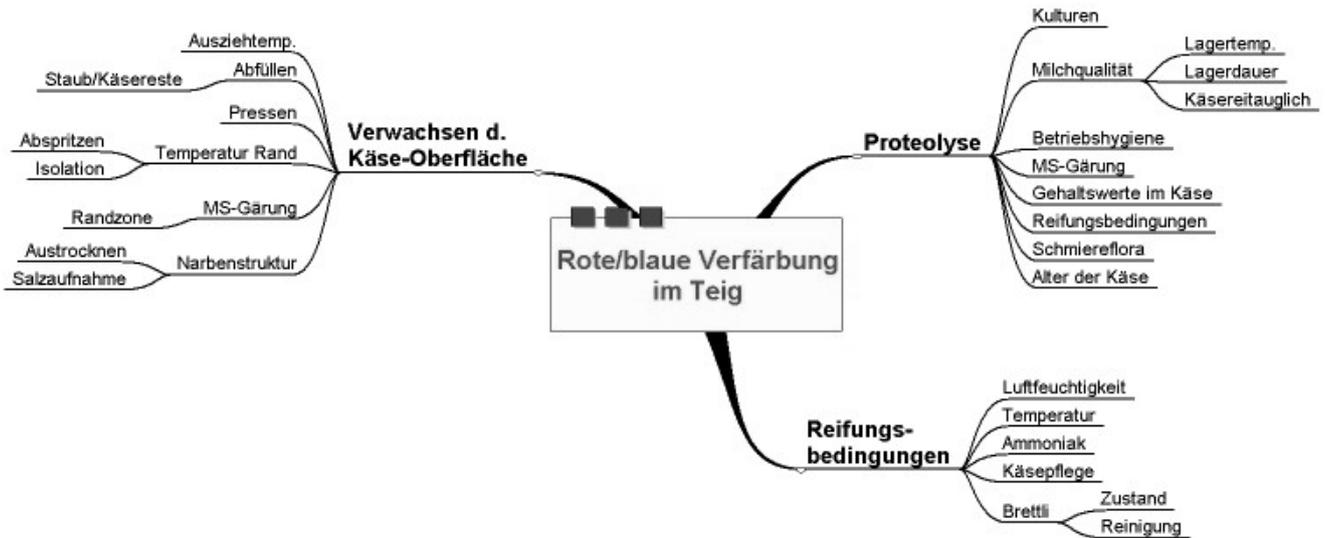
Abb.1: Käse mit blauer Verfärbung des Teiges unter dem kessiseitigen Narben

Tab. 10: **Käse mit blauer Verfärbung des Teiges unter dem kessseitigen Narben**

Prüfmerkmal	[Einheit]	Blaue Zone (Kessseite)	Unverfärbter Teig (Gegenseite)
pH-Wert	[g/kg]	<b>6.61</b>	5.93
Trocknungsverlust (Wasser)	[g/kg]	<b>441</b>	396
Wasserlöslicher Stickstoff (WLN)	[g/kg]	<b>13.2</b>	10.1
Nichtprotein-Stickstoff (NPN)	[%]	<b>9.0</b>	5.1
NPN / WLN	[g/kg]	<b>68</b>	51
Kupfer		<b>8.0</b>	9.1

Der untersuchte Käse zeigt ungleiche Wasserverteilung von Flachseite zu Flachseite. Die verfärbte Zone ist aufgrund schlechter Entsirtung feuchter und zeigt eine entsprechend starke Proteolyse. Der Kupfergehalt liegt im Normalbereich und ist in der blauen Zone sogar tiefer als auf der besseren Gegenseite. Gleichwohl kann das Kupfer zusammen mit dem höheren pH-Wert zur Intensivierung der Verfärbung beigetragen haben.

Zusammenfassend sind folgende wichtige Parameter dargestellt, welche für den Verlauf der Proteolyse während der Reifung wichtig sind. Daraus lassen sich die Massnahmen beim Auftreten von Flecken und Verfärbungen im Käseteig ableiten.



## 6 Zusammenfassung

Fehler wie braune Tupfen, graue Verfärbungen und selten auch rosa Verfärbungen können im Teig von gereiften Halbhartkäsen auftreten. Diese Fehler sind gesundheitlich absolut unbedenklich. Die optische Wahrnehmung verunsichert jedoch den Konsumenten und wirkt abstossend. Daher sind die betroffenen Käse als Schnittware unverkäuflich. Braune Tupfen sind erfahrungsgemäss sichtbare Kolonien von Propionsäurebakterien, graue Flecken in der Regel eine Folge von unerwünschtem Enterokokkenwachstum und rosa oder blaue Verfärbungen eine Folge einer zu starken Proteolyse. Eine erfolgreiche Bekämpfung liegt einerseits in der Verhinderung von Kontaminationen mit unerwünschten Mikroorganismen, wie Propionsäurebakterien und Salztoleranten. Andererseits ist wichtig, das Wachstum dieser Keime im Käse zu hemmen und eine sortentypische Proteolyse anzustreben. Besondere Bedeutung kommt der thermischen Milchbehandlung, den Fabrikationstemperaturen, der Milchsäuregärung, der Salzaufnahme und den Reifungsbedingungen zu.

## 7 Literatur

- Kammerlehner J., 2003:  
Käsetechnologie, Verlag Freisinger Künstlerpresse W. Bode, Freising.  
ISBN 3-927067-52-3, Seite 495
- Virtanen AI & Kiuru VJT. 1949:  
Formation of the brownish-pink colour in Emmental cheese. Proceedings of the 12th International Dairy Congress 2, 626-628
- Bottazzi V & Corradini C. 1966:  
Sulla comparsa di colorazione rosa nel formaggio Grana. Scienza e Technica Lattiero-Casearia 17 (6) 384-386
- Martley FG, Michel V. 2001:  
Pinkish colouration in Cheddar cheese – description and factors to its formation. J. of Dairy Research 68 327-332