

# Halbhartkäse – unübertrefflich mit langem, weichem Teig

Diskussionsgruppen

Nr. 81 | 2010

## Autoren

Hans Winkler, Ruedi Amrein,  
Ernst Jakob  
Forschungsanstalt  
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP  
Schwarzenburgstrasse 161  
CH-3003 Bern  
hans.winkler@alp.admin.ch

## Impressum

Herausgeber:  
Forschungsanstalt  
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP  
www.agroscope.ch

Fotos/Redaktion:  
Forschungsanstalt Agroscope  
Liebefeld-Posieux ALP

Gestaltung:  
RMG Design

Druck:  
Tanner Druck AG,  
Langnau im Emmental

Copyright:  
Nachdruck, auch auszugsweise,  
bei Quellenangabe und Zustellung  
eines Belegexemplars an die  
Herausgeberin gestattet.

ISSN 1661-0814 / 08.10.2010



ALP



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Unterschiedliche Fehlerbilder und mögliche Ursachen.....	4
	2.1 Teigfehler mit einheitlichen Merkmalen.....	4
	2.2 Teigfehler mit unterschiedlichen Merkmalen.....	5
	2.2.1 Kurzer, fester Teig.....	5
	2.2.2 Kurzer Teig, Gläs, Nachgärung.....	5
	2.2.3 Nachgärung.....	6
3	Wasser- und Fettgehalt.....	7
	3.1 Einfluss des Wassergehaltes.....	7
	3.2 Einfluss des Fettgehaltes.....	7
	3.3 Schwankungen von Wasser- und Fettgehalt vermeiden..	8
4	Milchsäuregärung.....	9
	4.1 Vollständiger Milchzuckerabbau.....	9
	4.2 Menge der Milchsäure.....	9
	4.3 Säuerungskurve beeinflusst die Teigeigenschaften.....	9
	4.3.1 Welche ist die optimale Säuerungskurve?.....	10
	4.3.2 Korrekturmöglichkeiten der Säuerungskurve.....	11
5	Proteolyse.....	12
	5.1 Einfluss der Proteolyse auf die Teigeigenschaften und das sekundäre Gärgeschehen im Käse.....	12
	5.1.1 Proteolyse in die Breite.....	12
	5.1.2 Proteolyse in die Tiefe.....	12
	5.2 Die Proteolyse beeinflussende Faktoren.....	14
	5.2.1 Bedeutung der Milchqualität.....	15
	5.2.2 Bedeutung von Labstoff und Kultur.....	16
6	Unerwünschte Gasbildung im Käse.....	16
	6.1 Quellen möglicher Gasbildung im Käse.....	16
	6.2 Fehlgärungen im Zusammenhang mit unsauberer Lochung.....	18
7	Kontrollmöglichkeiten zur Verhinderung von Qualitätsproblemen.....	18
	7.1 Lieferantenmilch / Verarbeitungsmilch.....	18
	7.2 Fabrikationsanlagen.....	18
	7.3 Säuerungsverlauf – GTK – Halbhartkäse 24h.....	18
	7.4 Halbhartkäse 10 Tage.....	18
	7.5 Reifer Käse.....	18

# 1. Einleitung

Für die Tilsiter und Appenzeller Käse Produzenten ist der Winteranfang eine grosse Herausforderung. Dies ist aus den Klassierungs- und Taxationsdaten der Geschäftsstelle Tilsiter im Winter 09/10 ersichtlich. Etwa 80% aller Tilsiterpartien waren in den ersten zwei Wintermonaten von guter bis sehr guter Qualität. Von Januar bis April 2010 stieg der Anteil auf gute 86-91%. Im November und Dezember gab es am meisten Beanstandungen wegen unsauberer Lochung, festem und unausgeglichenem Teig. Ab Januar 2010 gab es eine Verschiebung von unsauberer zu nestiger Lochung bzw. Pick, wie Abbildung 1 zeigt.

Die Qualitätsstatistik von Appenzellerkäse zeigt ein ähnliches Bild. Hauptfehler sind „unsaubere Lochung“ / Pick und trockener bzw. fester Teig.

Mit dieser Unterlage soll der Käser in seinen Bestrebungen, mit Teigverbesserungen eine saubere Lochung zu erreichen, unterstützt werden.

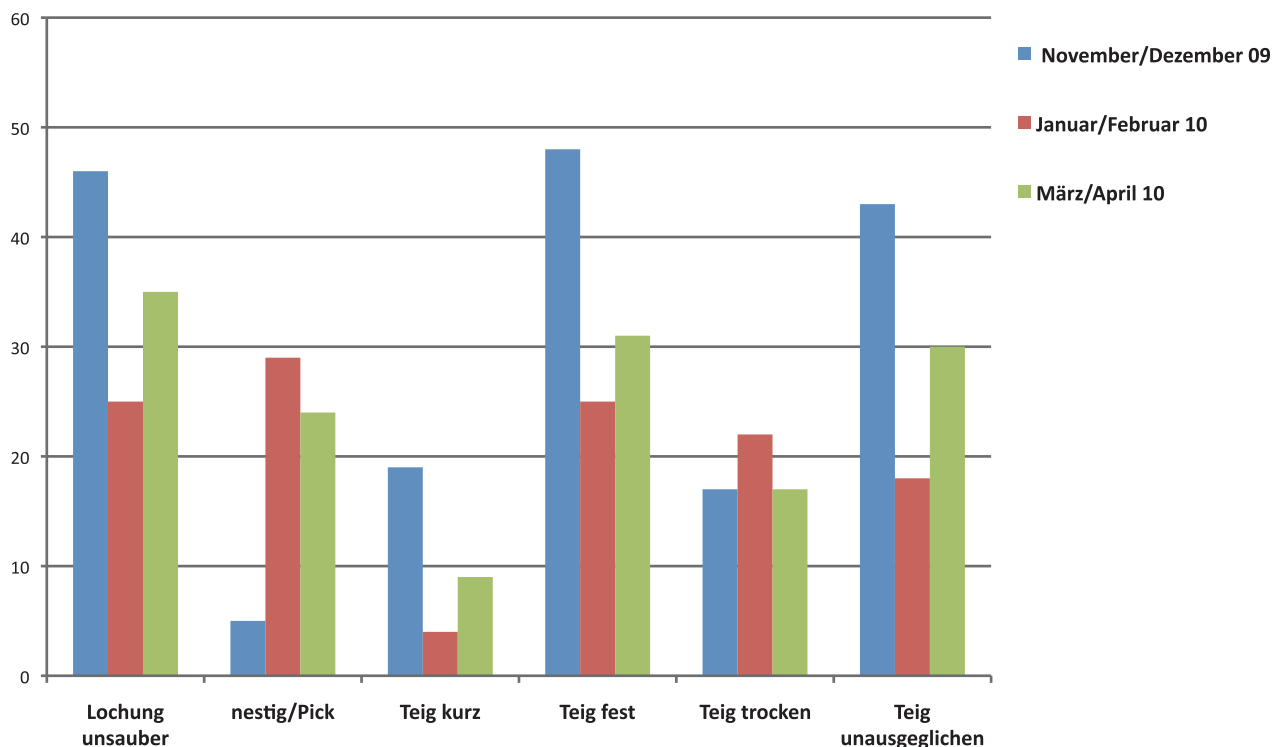


Abb. 1: Häufige Taxationsbemerkungen beim Tilsiter rot im Winter 09/10

## 2 Unterschiedliche Fehlerbilder und mögliche Ursachen

Die Qualitätseinbrüche in einzelnen Betrieben zeigen, dass bei ähnlichen Fehlerbildern die Ursachen ähnlich, aber auch unterschiedlich sein können. Nachfolgende Beispiele sollen dies aufzeigen.

### 2.1 Teigfehler mit einheitlichen Merkmalen

#### Fester, trockener Teig

Bei festem, trockenem aber normal langem Teig gibt es oft Ähnlichkeiten wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist. In dieser Tabelle sind die analytischen und sensorischen Ergebnisse von Tilsiter der Vergleichsbeurteilung vom März 10 zusammengestellt. Diese Ergebnisse bestätigen erneut bekannte Tendenzen wie z.B.:

==> Fester, trockener Teig weist typischerweise einen tiefen Wassergehalt auf und müsste gegebenenfalls als Hartkäse deklariert werden

#### Tupfen im Teig

Meistens entstehen Tupfen bei Käse, die einen hohen pH-Wert (intensive Proteolyse) aufweisen. Diese Feststellung bestätigen auch die Ergebnisse der Tabelle 1.

==> Käseteig mit Tupfen weist oft einen erhöhten pH auf

Tabelle 1: Ergebnisse von der Vergleichsbeurteilung Tilsiter (Einzellaibe) vom März 10

Alter Tage	Wasser g/kg	FiT g/kg	pH	Wff g/kg	Fehler Äusseres	Fehler Lochung	Fehler Teig	Fehler Geschmack
121	382	476	5.90	541	viel Schmiere		fest, getupft	
119	407	487	5.65	572				
113	377	477	5.93	536		gross Gläs	fest, trocken, getupft	
117	397	458	5.65	548	Schrumpfig nass			
114	359	493	5.54	525			fest, trocken	atypisch
118	383	486	5.66	547		sparsam		
121	389	470	5.78	546			getupft	unrein beissend
111	396	467	5.80	552	viel Schmiere	nestig uN		
110	405	462	5.65	559			fest, zäh	
120	373	488	5.64	537			blaue Flecken	unrein
102	396	477	5.65	556	schmierig, klebrig			

## 2.2 Teigfehler mit unterschiedlichen Merkmalen

### 2.2.1 Kurzer, fester Teig

Kurzer Teig entsteht oft im Zusammenhang mit einer fortgeschrittenen Proteolyse. Bei solchen Käsen ist ein tiefer Wassergehalt nicht typisch. Im Gegenteil, Wasser fördert mikrobiologisches Wachstum und enzymatische Vorgänge. Kurzer Teig kann aber auch Folge einer schwachen Proteolyse sein. Die Beispiele von 2 Tilsitern mit kurzem, festem Teig in Tabelle 2 zeigen zwei Extreme.

### 2.2.2 Kurzer Teig, Gläs, Nachgärung

Bei kurzem Teig und gleichzeitiger Nachgärung (grosse Loch, Gläs; siehe Abbildung 2) geben die Analysen oft Hinweise auf eine fortgeschrittene und atypische Proteolyse sowie auf Gärungsvorgänge, bei denen CO<sub>2</sub> oder H<sub>2</sub> entstehen, wie das Beispiel von Appenzeller Käse der Tabelle 3 zeigt. Hinweise auf die fehlerhafte Proteolyse geben die i-Caprone Säuren und der hohe pH. Die Propionsäure lässt auf eine Gasbildung durch Propionsäurebakterien schließen. Die n-Buttersäure liegt über dem Normwert, dies dürfte eine Folge der Proteolyse und nicht einer klassischen Buttersäuregärung sein.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse von 2 Tilsitern mit kurzem und festem Teig

Merkmal		Tilsiter Probe A	Tilsiter Probe B
Alter der Laibe	Tage	69	64
Trocknungsverlust (Wasser)	g/kg	399	399
Fett	g/kg	290	283
Fett in Trockenmasse	g/kg	483	471
Wasser in fettfreier Käsemasse	g/kg	562	556
pH-Wert		5.59	5.51
Aminosäuren (frei)	mmol/kg	197	133
Total flüchtige Carbonsäuren	mmol/kg	17.4	9.1

Tabelle 3: Analysenergebnisse eines Appenzeller Käses im Alter von 4 Monaten

Prüfmerkmal		Analysenwert	Normwerte
Flüchtige Carbonsäuren total	mmol/kg	26.6	
Ameisensäure	mmol/kg	1.3	
Essigsäure	mmol/kg	16.8	
Propionsäure	mmol/kg	5.6	≤ 1.0
i-Buttersäure	mmol/kg	0.8	≤ 0.3
n-Buttersäure	mmol/kg	1.5	≤ 1.0
i-Valeriansäure	mmol/kg	0.5	≤ 0.5
i-Caprone Säure	mmol/kg	0.0	
n-Caprone Säure	mmol/kg	0.2	
pH		6.13	< 5.90



Abb. 2: Appenzeller Käse mit Nachgärung und kurzem Teig

### 2.2.3 Nachgärung




Beim Auftreten von Nachgärung zeigt es sich immer wieder, dass diese durch verschiedene Gärungen verursacht werden kann, wie die in Tabelle 4 aufgeführten Beispiele von Appenzeller Käse zeigen.

Auf Grund der erwähnten Fehlerbilder können zusammenfassend folgende vier Bereiche abgeleitet werden, die einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität von Halbhartkäse ausüben:

- Wasser- und Fettgehalt
- Milchsäuregärung
- Proteolyse
- Gasbildung

Im Folgenden soll auf diese eingegangen werden.

Tabelle 4: Analysenergebnisse von 3 Produktionen von Appenzeller Käse mit Nachgärung

Merkmal		Produktion A	Produktion B	Produktion C
Alter der Laibe	Tage	81	93	105
Fl. Carbons. total	mmol/kg	46.5	17.5	39.7
Ameisensäure	mmol/kg	2.7	2.7	2.4
Essigsäure	mmol/kg	28.7	12.3	28.4
Propionsäure	mmol/kg	14.8	0.2	8.5
i-Buttersäure	mmol/kg	0.0	0.0	0.1
n-Buttersäure	mmol/kg	0.3	2.3	0.3
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.0	0.0	0.0
Histamin	mg/kg	nicht analysiert	nicht analysiert	565
Tyramin	mg/kg	nicht analysiert	nicht analysiert	162
				
Befund		Propionsäuregärung	Buttersäuregärung	Propionsäuregärung + CO <sub>2</sub> aus Bildung von biogenen Aminen

### 3 Wasser und Fettgehalt

Die Grobchemische Zusammensetzung der Käsemasse prägt die Teigeigenschaften entscheidend. Auf die Teigeigenschaften bezogen, ist der Einfluss des Wassergehaltes bedeutender als derjenige des Fettgehaltes.

#### 3.1 Einfluss des Wassergehaltes

Der Wassergehalt spielt eine zentrale Rolle für die Teigfestigkeit, wie eine Auswertung über den Einfluss des Wassergehaltes auf die Teigfestigkeit von Tilsiter zum Zeitpunkt der Taxation (Abb. 3) und die Tabelle 1 (Ergebnisse von der Vergleichsbeurteilung Tilsiter) zeigen.

#### Möglichkeiten zur Beeinflussung des Wassergehaltes

Bei Korrekturen des Wassergehaltes nach oben darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass sich eine Erhöhung über den Normalbereich negativ auf die Gärungsvorgänge im Käse auswirken kann. Allgemein gültige Aussagen, wie der Wassergehalt im Käse erhöht werden kann, sind schwierig zu machen. Einflussgrössen, wie z. B. die Fabrikationsanlagen, die Rohmilch und die Wahl der Kulturen sind von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich. Daher können nur generelle Hinweise gegeben werden (Tabelle 5). Konkrete Massnahmen müssen betriebsspezifisch festgelegt werden.

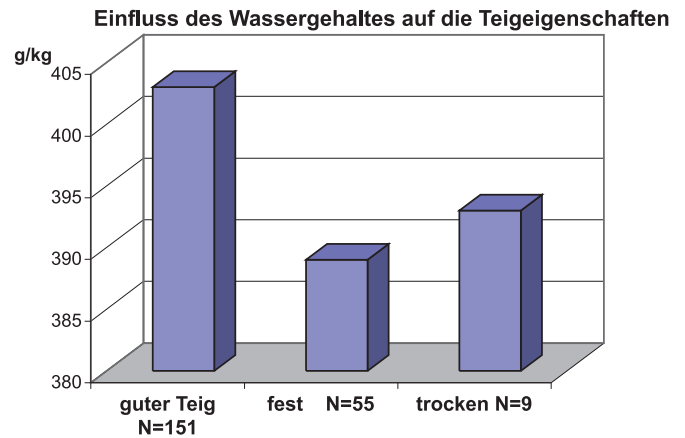


Abb. 3: Einfluss des Wassergehaltes auf die Teigeigenschaften von Tilsiter. Quelle: ALP forum 2006, 32d

Tabelle 5: Fabrikationstechnische Massnahmen zur Erhöhung des Wassergehaltes im Käse

Parameter	Massnahme	Bemerkungen	Risiko
Fabrikationsmilch	Stärkere thermische Behandlung	Gibt mehr Spielraum in der Wahl der Säuerungskurve im Käse und über diese zu höherem Wassergehalt beitragen	Alkalische Phosphatase nimmt ab
Gerinnung	Stark ausdicken, grober Bruch	Bruchkorn verliert weniger Wasser	Überschiessen des Bruches
	Schwach ausdicken, feinkörniger Bruch	Bruchoberfläche grösser zur Wasseranlage	Staubanteil erhöht, Entsirtung ungenügend
Synärese	Schwache Griffbildung	Wasser bleibt im Bruchkorn	Hoher Milchsäuregehalt
Brenntemperatur	tief	Wasser bleibt im Bruchkorn	Nasser Bruch
Fabrikationszeit	kurz	Mehr Wasser im Bruch	Nasser Bruch
Reifungskeller	Kellerklima / Pflege optimieren	Gewichtsverlust minimieren	Viel und feuchte Schmiere

Der Fettgehalt und die Zusammensetzung des Milchfettes beeinflusst die Teigeigenschaften. Je weniger Fett ein Käse (bei gleichem Wassergehalt) hat, je fester wird der Teig. Bei Käse mit tiefem Wassergehalt wirkt sich ein tiefer Fettgehalt deutlich negativ aus.

Eine exakte Einstellung des Fettgehaltes bedingt genaue Kenntnisse des Fett- und Eiweissgehaltes der Milch, der zu verarbeitenden Milchmenge sowie der Fettgehalt der Molke. Als Richtwert für die Differenz von Eiweiss- und Fettgehaltes in der Kessmilch gilt für:

Appenzeller Käse: gleichviel Eiweiss wie Fett

Tilsiter: Eiweiss-% der Kessmilch = Fett-% + 0.2%

### 3.3 Schwankungen von Wasser- und Fettgehalt vermeiden

Eine ganz besondere Herausforderung ist für den Käser, die Schwankungen von Charge zu Charge im Wasser- und Fettgehalt möglichst gering zu halten. Tabelle 6 zeigt eine Auswertung von Wasser- und Fettbestimmungen von 17 Tagesproduktionen einer Appenzeller Käserei. Praktisch von allen untersuchten Produktionen wurde eine Mischprobe aus je 5 Laiben (Mitte Järbseite horizontal 1 Böhrling) erhoben.

Damit möglichst geringe Tagesschwankungen im Wassergehalt auftreten, sind auch in der Fabrikation möglichst konstante Bedingungen zu gewährleisten, insbesondere bezüglich der folgenden Punkte:

- Gerinnung
- Fabrikationsparameter
- Säuerungskurve

Zur Standardisierung der Gerinnung bewährt sich der Einsatz eines Gelographen gut.

Sofern nicht Anpassungen in der Fabrikation vorgenommen werden, wirken sich Änderungen im Fettgehalt auch auf den Wassergehalt aus. Mit steigendem Fettgehalt sinkt der Wassergehalt im Käse. Schwankungen im Gehalt der Lieferantemilch verlangen eine häufige Bestimmung des Fettgehaltes der Kessmilch und der Fettsirte. In den kritischen Übergangszeiten sind als Minimum wöchentliche Untersuchungen angezeigt. Gehaltsbestimmungen der Lieferantemilch sind für die Steuerung der Inhaltsstoffe im Käse ebenfalls hilfreich. Als Ergänzung kann die Kessmilch im Labor auf den Eiweiss- und Fettgehalt untersucht werden.

Steigt der Kaseingehalt der Milch um 0.1%, sollte der Fettgehalt der Kessmilch um ungefähr 0.1% erhöht werden. Wird beim eintägigen Käse eine grössere Ausbeute vermutet oder konkret durch Wägen festgestellt, ist eine Gehaltsanalyse auf Stufe Käserei oder Labor durchzuführen.

Eine Möglichkeit ist die Fett- und Wassergehaltsbestimmung im eintägigen Käse. Beim berechneten FIT ist der spätere Kochsalzgehalt von ca. 15 g/kg zu berücksichtigen. Der FIT wird, da die Trockenmasse um die Menge Salz zunimmt, im reifen Käse ungefähr 1 % tiefer liegen als nach 24 h.

Tabelle 6: Wasser- und Fettgehalt von 15 aufeinanderfolgenden Tagesproduktionen von Appenzeller Käse

	Wasser g/kg	Fett g/kg	FiT g/kg	Wff g/kg
Mittelwert	378	302	485	541
Stabw.	5	4	4	5
Min.	365	293	477	529
Max.	386	310	494	549



## 4 Milchsäuregärung

Die hygienische Sicherheit und die sensorische Qualität von Halbhartkäse wird stark von der Milchsäuregärung beeinflusst. Es ist altbekannt, dass Teigstruktur und -konsistenz von dem Verlauf der Säuerung abhängig sind.

### 4.1 Vollständiger Milchzuckerabbau

Ziel der Milchsäuregärung ist es, innerhalb der ersten 20 Stunden sämtlichen Milchzucker in Milchsäure umzuwandeln. Wird dieses Ziel nicht erreicht, ist die Konservierung der Käsemasse nicht gewährleistet und schädliche Mikroorganismen, die den Restmilchzucker vergären, verursachen eine fehlerhafte Proteolyse, Fehlgärungen sowie übelriechende, nasse Schmiere.

### 4.2 Menge der Milchsäure

Der Käser kann die Menge der Milchsäure im Käse vor allem mit dem Wasserzusatz in die Milch und Bruch beeinflussen. Mit dem Wasserzusatz wird der Milchzucker verdünnt, d.h. bei gleichem Wassergehalt in der Bruchmasse ist weniger Milchzucker vorhanden, der zu Milchsäure umgewandelt werden kann. Der Normbereich bei Tilsiter und Appenzeller Käse liegt bei 125-140 mmol/kg. Weicht der Milchsäuregehalt ab, nimmt das Risiko für fehlerhafte Käsequalität zu.

### 4.3 Säuerungskurve beeinflusst die Teigeigenschaften

Nebst einer vollständigen Milchsäuregärung ist deren Verlauf qualitätsbestimmend, wie Abbildung 4 und Tabelle 7 zeigen. In diesem Versuch wurden zwei unterschiedliche Ausziehtemperaturen bei Tilsiter gewählt.

Eine schnelle Säuerung führt im Allgemeinen zu einem festen, kurzen Teig, da die Säuerung die Entsirtung (Synärese) und das Herauslösen von Calcium verstärkt.

Tatsächlich fördert eine schnelle Säuerung in den ersten vier Stunden nach dem Abfüllen die Entsirtung der Käsemasse. Das Resultat davon ist ein Käse mit tieferem Wassergehalt. Ausserdem bewirkt die schnelle Säuerung einen höheren Calciumverlust des Käseteigs, so dass dieser kürzer und brüchiger wird.

Eine langsame Säuerung führt in der Regel zu langem, weichem Teig, weil die schwache Synärese zu geringerem Verlust von Wasser und Calcium im Käse führt. Als Risiko muss ein stärkeres Wachstum der Keimflora (auch unerwünschten) erwähnt werden. Mögliche Folgen sind eine starke Proteolyse und als Folge kurzer Teig und/oder Nachgärung.

Tiefer Milchsäuregehalt führt zu:	Hoher Milchsäuregehalt führt zu:
<ul style="list-style-type: none"> <li>pH im jungen Käse eher hoch</li> <li>-&gt; schnellerer pH-Anstieg während der Reifung</li> <li>-&gt; langer, fester Teig</li> <li>Bessere Voraussetzungen für Keimwachstum und Enzymtätigkeit</li> <li>-&gt; Stärkere Proteolyse (kurzer Teig, Pick, Gläs, Tupfen, Verfärbungen)</li> <li>-&gt; Fehlgärungen (Prop. gärung, biog. Amine, usw.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH im jungen Käse eher tief</li> <li>-&gt; schleppender pH-Anstieg während der Reifung</li> <li>-&gt; Kurzer, feiner Teig (sauer)</li> <li>-&gt; blind, feine Gläs</li> </ul>

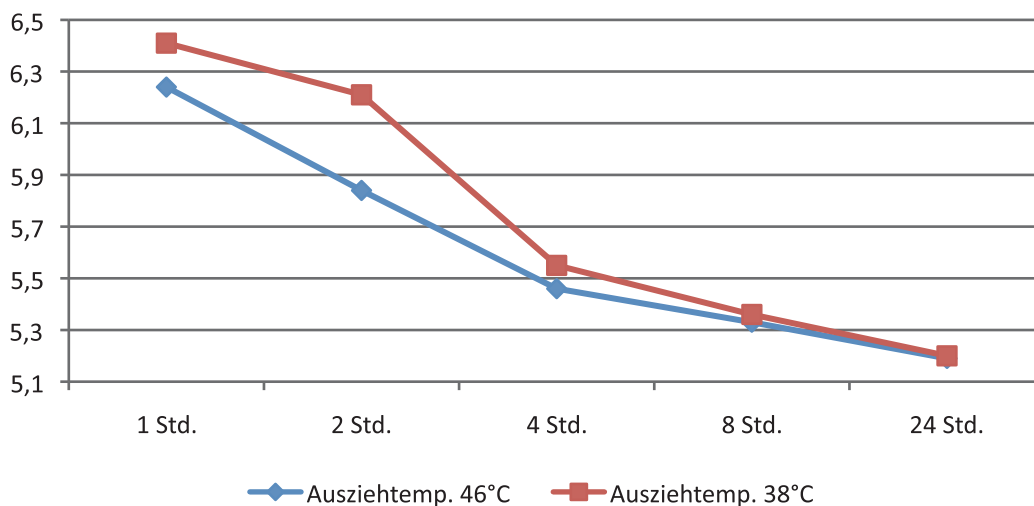


Abb. 4: Einfluss der Ausziehtemperatur auf die Säuerungskurve (pH) bei Tilsiter

Tabelle 7: Ergebnisse im Tilsiter 1 Tag und gereift

		Ausziehtemperatur 46°C	Ausziehtemperatur 38°C
Wassergehalt	g/kg	430	448
GMS	mmol/kg	134	131
Anteil D-Laktat	%	50	43
Teiglänge		kürzer	länger
Teigfestigkeit		fester	weicher

### 4.3.1 Welche ist die optimale Säuerungskurve?

Obwohl der Säuerungsverlauf ein für jede Käsesorte charakteristisches Merkmal darstellt, ist es nicht so, dass keine Unterschiede von Käserei zu Käserei bestünden. Es liegt an jedem Käser, durch tägliche Messungen und durch den Vergleich der Messwerte mit der Teigqualität seine ideale Säuerungskurve zu finden. Die sortenspezifischen Richtwerte haben sich bewährt und sollen dem Käser Orientierungshilfe sein. In der Abbildung 5 sind diejenigen für Tilsiter und Appenzeller Käse aufgeführt.

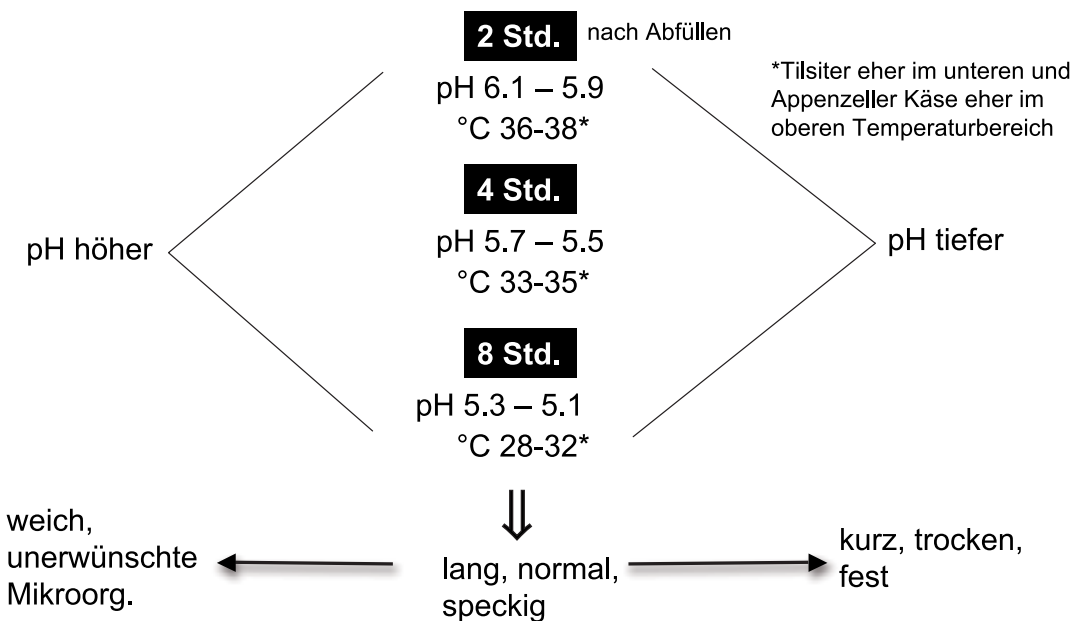


Abb. 5: Richtwerte für Temperatur und pH im Käse (2 – 3 cm vom Rand)

### 4.3.2 Korrekturmöglichkeiten der Säuerungskurve

Wenn die Sollwerte nicht erreicht werden, muss der Käser Korrekturmassnahmen einleiten mit dem Ziel, wieder die ideale Säuerungskurve zu erhalten. Von der Vielzahl von Eingriffsmöglichkeiten, die sich hier bieten, sind in Tabelle 8 aufgelistet.

Tabelle 8: Möglichkeiten zur Korrektur der Säuerungskurve

Eingriffsebene	Kriterium	Korrekturmassnahmen
Milchqualität	Vorbebrütete Reduktase Luzernerprobe	Milchqualität überwachen und ggf. verbessern
Aktivität der Säuerungskultur	Säuregrad nach der Bebrütung	bei deutlichen Abweichungen die Kultur wechseln Betriebskulturen-Herstellung überprüfen
Kulturenmenge	Schüttmenge %	
Verhältnis junge/alte Kultur	Mengenverhältnis	Aufgrund der Säuerungskurve des Vortags anpassen
Vorreifen der Milch	Dauer und Temperatur	
Wasserzusatz zur Kessmilch	Menge relativ zur Milchmenge	Menge ggf. anpassen
Bruchwaschen	Menge Waschwasser relativ zur Sirtmenge	
Fabrikationszeiten	Vorkäsen, Ausrühren	Aufgrund der Säuerungskurve des Vortags anpassen
Fabrikationstemperaturen	Brenntemperatur Abfülltemperatur	
Pressen / Entsirtung	Abkühlung während der Milchsäuregärung	Presswanne schliessen/öffnen, ev. Raumklima anpassen.

## 5 Proteolyse

### 5.1 Einfluss der Proteolyse auf die Teigeigenschaften und das sekundäre Gärgeschehen im Käse

Die Proteolyse wirkt sich, wie Tabelle 9 zeigt, auf verschiedenen Ebenen auf die Käsequalität aus. Erwünschte Effekte, wie z.B. die Intensivierung von Geschmack und Aroma, stehen teilweise unerwünschten Auswirkungen gegenüber.

#### 5.1.1 Proteolyse in die Breite

Bei der Proteolyse in die Breite wird das Casein relativ in relativ grosse Peptide zerlegt. Sie lässt sich anhand der Entwicklung des wasserlöslichen Stickstoffs (WLN) verfolgen. Im jungen Käse geht der Anstieg des WLN mit einem Verlust der weissen Farbe des frischen Käseteigs einher. Die Proteolyse in die Breite schwächt ausserdem das Caseingerüst, weshalb die Teigelastizität abnimmt. Der Käseteig wird feiner, eventuell speckig und klebrig, bei Weichkäse gar flüssig.

#### 5.1.2 Proteolyse in die Tiefe

Bei der Proteolyse in die Tiefe werden aus dem Casein und den bei der Proteolyse in die Breite entstanden Polypeptide von den Kettenenden schrittweise Aminosäuren und kurze Peptide abgespalten. Eine verstärkte Proteolyse in die Tiefe geht erfahrungsgemäss ebenfalls mit einem zunehmend kürzeren Teig einher. Sie trägt aber vor allem zur Entwicklung von Geschmack und Aroma bei, da die freien Aminosäuren eine geschmacksverstärkende Wirkung haben und teilweise auch süsslich schmecken. Weil die freigesetzten Aminosäuren teilweise schlecht wasserlöslich sind, reichern sie sich in Form kleiner Kristalle im Teig an. Dies lässt den Teig weisser erscheinen. Die Aminosäuren sind zudem Ausgangsstoffe für die Bildung von Aromastoffen, manchmal aber auch Quelle unerwünschter Gasbildung.

Die Proteolyse in die Tiefe lässt sich gut und labortechnisch einfach anhand des OPA-Wertes (ortho-Phthaldialdehyd-Wert) beurteilen, der eng mit dem Gehalt des Käses an freien Aminosäuren korreliert.

Die Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Gehalte an wasserlöslichem Stickstoff und an freien Aminosäuren im Appenzeller Käse im Vergleich zum Emmentaler. Nicht unerwartet sind die Streuungen beim schmieregereiften Halbhartkäse, der deutlich schneller reift, grösser als beim trockengereiften Hartkäse (Emmentaler).

Tabelle 9: Einfluss der Proteolyse auf die Käsequalität

	Proteolyse in die Breite	Proteolyse in die Tiefe
Geschmack	↑ (ev. bitter)	↑↑
Aroma	-	↑↑
Teigfestigkeit	↓	-
Teigelastizität	↓↓	↓
Gasbildung	-	↑
Farbe (Teighelligkeit)	↓	↑

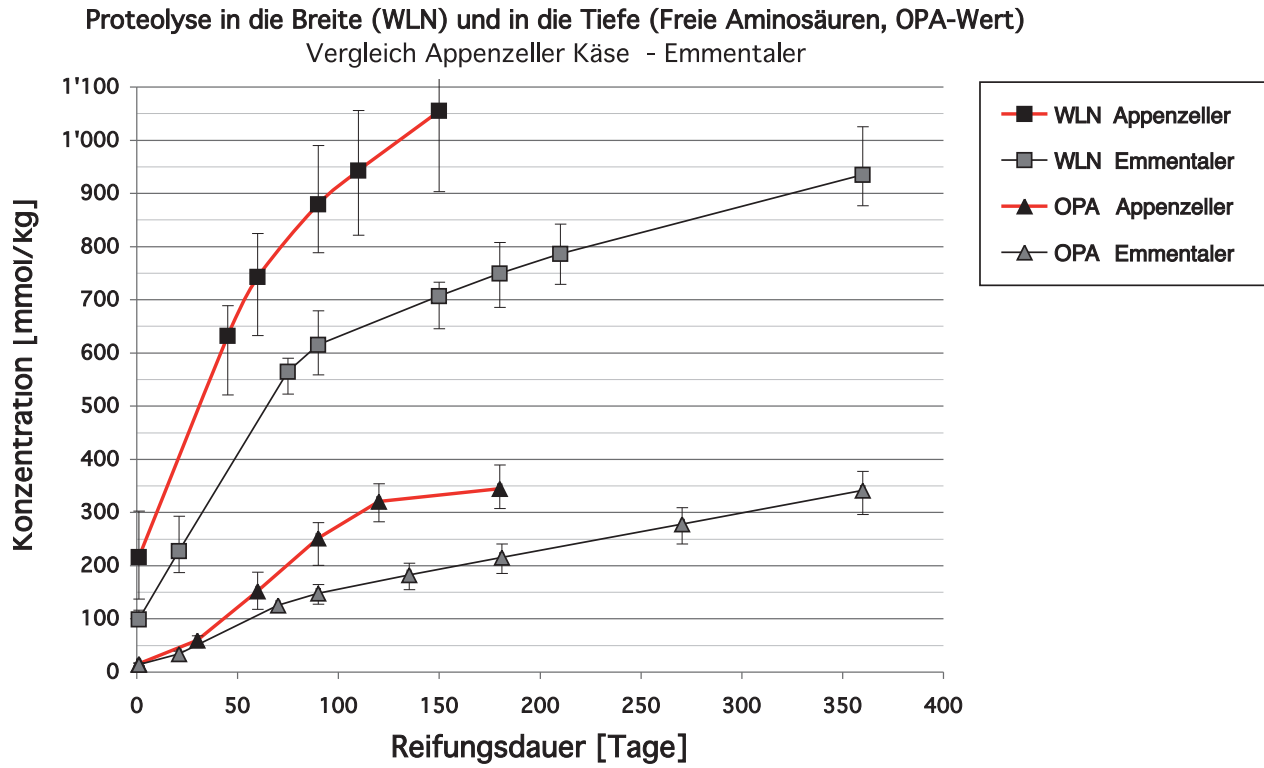


Abb. 6: Verlauf der Proteolyse in Appenzeller Käse und Emmentaler während der Reifung und Lagerung - Gehalt an wasserlöslichem Stickstoff (WLN) und an freien Aminosäuren (OPA-Wert), Die senkrechten Linien markieren den Bereich in welchem 80% der Proben liegen.

## 5.2 Die Proteolyse beeinflussende Faktoren

In Tabelle 10 sind Faktoren, welche den Verlauf der Proteolyse im Käse beeinflussen, zusammengestellt. In Anbetracht der grossen Zahl stellt sich natürlich die Frage, welche Faktoren im Zusammenhang mit zur Diskussion stehenden Teig- und Lochungsfehler wichtiger sind.

Tabelle 10: Faktoren welche die Intensität der Proteolyse im Halbhartkäse beeinflussen

Faktor	Auswirkungen auf die Proteolyse	Begründung
Milchqualität: proteolyt. Keime ↑	↑	Höhere proteolytische Aktivität (Gärprobe käsigt!)
Milchqualität: Zellzahl ↑	↑	Höhere Plasminaktivität bei höherer Zellzahl
Hitzebehandlung der Milch: Temperatur ↑	~	Aktivierung des Plasminogens Tendenziell höhere Wassergehalt des Teigs Aber Inaktivierung der Rohmilchflora
Labmenge	↑	Höhere Restaktivität im Käse fördert WLN
Brenntemperatur ↑	~	Stärkere Denaturierung der Labenzyme hemmt Proteolyse
pH-Wert Teig ↑	↑	pH-Optimum der meisten Proteasen im Käse liegt im Neutralbereich
Kultur : Laktobazillen-Anteil ↑	↑	Laktobazillen sind weit stärker proteolytisch als die Streptokokken
Kultur : Fettsirte oder <i>Lb. helveticus</i>	↑ ↑	<i>Lb. helveticus</i> ist weit stärker proteolytisch als <i>Lb. delbrueckii s. lactis</i>
Wassergehalt (auch zonal!) ↑	↑	Beschleunigung der mikrobiellen und biochemische Prozesse
Reifungstemperatur ↑	↑	Beschleunigung der mikrobiellen und biochemische Prozesse
Reifungsdauer ↑	↑	
Schmierewachstum ↑	↑	Erhöhung des pH-Wertes in Richtung des pH-Optimums der proteolytischen Enzyme
Ammoniakgehalt der Luft im Reifungskeller ↑	↑	pH-Erhöhung in der Käserinde und sekundär auch im Käseteig

### 5.2.1 Bedeutung der Milchqualität)

In der Zeit von November bis April, wo die hier diskutierten Käsefehler besonders häufig sind, ist die Keimbelastung der Milch deutlich tiefer als in wärmeren Monaten davor und danach. Die Gehaltsstatistiken der Zuchtverbände (Abb. 7). zeigen ausserdem, dass auch die Zellzahlen deutlich unter dem Jahresmittel liegen, weshalb in dieser Zeit auch eine unterdurchschnittliche Plasminaktivität in der Milch zu erwarten ist. Deshalb ist die Ursache der Probleme nicht primär in der hygienischen Qualität der Milch zu suchen.

Eher noch könnten die Gehaltsschwankungen von Bedeutung sind. Wie Abb. 7 ebenfalls zeigt, erreichen die Gehalte der Talbetriebe zwischen und Oktober und Ende Dezember die Maximalwerte. Bis im Sommer gehen die Gehalte dann sukzessive um rund 10 % zurück. Bei den anderen Kuhrassen präsentiert sich ein ähnliches Bild.

#### Plasmin

Das Plasmin ist eine aus dem Blut stammende Protease in der Milch, die für die Proteolyse im Käse recht bedeutend ist. Ausgeschieden wird Plasmin zunächst als unwirksames Plasminogen, welches dann in der Milch von Aktivatoren in das aktive Enzym umgewandelt wird. Temperaturen bis 72°C führen zu einer anschliessenden Erhöhung der Plasminaktivität, weil die Aktivatoren nach der Erhitzung aktiver sind. Bei Euterentzündungen ist der Plasmingehalt der Milch erhöht.

Mit der Abnahme des Proteingehaltes gehen verschiedene, für die Verarbeitung zu Käse bedeutsame Veränderungen der Milch einher:

- Die Synäresedauer, also die Zeit bis das Bruchkorn den optimalen Trockenmassegehalt aufweist, wird verlängert.
- Fett/Casein-Verhältnisses verschiebt sich zugunsten des Fettes, mit dem Risiko überhöhter F.i.T.-Werte.

Wie aus der Grafik (Abb. 7) ebenfalls ersichtlich ist, verändern sich die Gehalte teilweise sprunghaft, und dies obwohl sich bei den Daten um die Mittelwerte von ungefähr 20'000 Gemelken handelt. Innerhalb einer Käseereignossenschaft, können diese Schwankungen unter Umständen noch heftiger ausfallen. Gerade diese schnellen Veränderungen der Milch sind es, die den Verarbeiter vor Probleme stellen können. Der Käser ist gut beraten, die Gehaltswerte seiner Milch regelmässig bestimmen zu lassen.

Die Zusammensetzung des Milchfettes weist während der Dürrfütterung im Vergleich zur Grünfütterung höhere Anteile an langkettigen, gesättigten Fettsäuren auf. Diese Fettsäuren erhöhen die Teigfestigkeit.

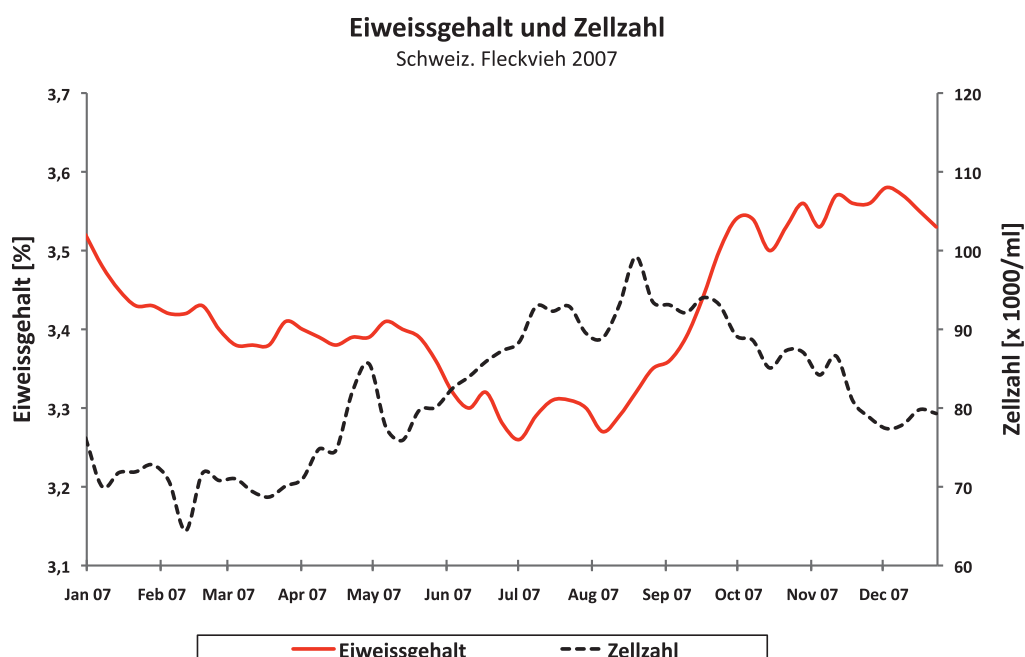


Abb. 7: Entwicklung der Eiweissgehaltes und der Zellzahl im Jahresverlauf. Ergebnisse der Milchleistungsprüfung 2007 (Talbetriebe) des Schweizerischen Fleckviehzuchtverbandes

### 5.2.2 Bedeutung von Labstoff und Kultur

Die Labenzyme spielen beim Halbhartkäse eine ganz wichtige Rolle für die Proteolyse, dies wegen der in der Regel relativ niedrigen Brenntemperaturen, die anders als bei den Hartkäsen keine Inaktivierung bewirken. Die Labenzyme bewirken im Käse eine reine Proteolyse die Breite. Dabei greifen sie in erster Linie das alpha-s1-Casein an.

Indirekt fördert das Lab aber auch die Proteolyse in die Tiefe. Die verstärkte Freisetzung von Aminosäuren aus dem Milchweiss ist dadurch zu erklären, dass Milchsäurebakterien von den durch die Labenzyme freigesetzten Eiweissfragmenten profitieren und diese verstärkt in Aminosäuren spalten. Für die Praxis bedeutet dies, dass die Proteolyse über die Labmenge direkt beeinflussbar ist.

Auch die Starterkulturen haben einen Einfluss auf die Proteolyse. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass Streptokokken deutlich weniger proteolytisch aktiv sind als Laktobazillen. Die Starter-Kulturen von ALP enthalten ausschliesslich *Lb. delbrueckii s. lactis*. Diese sind proteolytisch deutlich weniger aktiv als z.B. *Lb. helveticus* (oft in FSK und FSML).

## 6 Unerwünschte Gasbildung im Käse

Die Entstehung von unsauberen Löchern lässt grundsätzlich darauf schliessen, dass der Teig während der Lochbildung zwar keine Risse (Gläs) gebildet hat, dem Gasdruck aber nicht in alle Richtungen gleich gut nachgegeben hat. Mögliche Gründe dafür sind:

- schlechtes Verwachsen der Bruchkörner
- zu geringe Teigelastizität (zu saurer, kurzer Teig, zu geringe oder zu starke Proteolyse in die Breite)
- sehr frühe Gasbildung
- zu stürmische Gasbildung

Generell dürften unsaubere Löcher in einer relativ frühen Phase der Käsereifung entstehen. Die Tatsache, dass man nicht selten noch Profile von Bruchkörnern in den unsauberen Löchern erkennen kann, lässt darauf schliessen.

Die Teigeigenschaften spielen für eine perfekte Lochung ohne Zweifel eine entscheidende Rolle. Gleichwohl können Lochungsfehler auch dem zeitlichen Verlauf bzw. der Dynamik der Gasbildung im Zusammenhang stehen. Aber: Ein perfekter Teig ist diesbezüglich robuster!

### 6.1 Quellen möglicher Gasbildung im Käse

Im Zuge der Milchsäuregärung wird in jedem Käse etwas Kohlensäuregas gebildet. Mit max. 80 ml pro kg Käse (Volumen unter Normalbedingungen) ist diese Gasmenge aber noch löslich im Käse und somit zu gering, um Lochbildung zu provozieren. Daneben gibt es aber eine Vielzahl weiterer Quellen von gewollter oder ungewollter Gasbildung im Käse, die allein oder im Zusammenwirken mit anderen zu Lochbildung im Käse führen können (Tab. 11).



Tabelle 11: Gasbildende Gärungsvorgänge im Halbhartkäse

	Verursachende Mikroorganismen	In der Praxis beobachtete Gasmengen	Zeitpunkt
<b>Heterofermentative Vergärung von Laktose</b> 1 Laktose --> 2 Laktat + 2 Acetat (ev. Ethanol) + 2 CO <sub>2</sub> (1) (2)	OHLb, z.B. <i>Lb. buchneri</i>	0.08 – 0.5 L/kg	Erste 24 h
<b>Gemischtsäuregärung</b> Laktose/Glukose --> Acetate + Formiat + Laktat + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> (2) (3)	Enterobakterien, sowie gewisse Bacillusarten (z.B. <i>B. licheniformis</i> )		Früh, d.h. solange Zucker vorhanden
<b>Zuckervergärung durch Hefen</b> 1 Glucose --> 2 Ethanol + 2 CO <sub>2</sub> (1) (2)	div. Hefen		Selten, in Halbhartkäse vorkommend
<b>Citratvergärung</b> 1 Citrat --> 2 Acetat + 1 Formiat + 1 CO <sub>2</sub> (1) (2)	FHLb und div. mesophile Streptokokken (Säurewecker)	ca. 0.2 L/kg	Erste 3-4 Wochen
<b>Buttersäuregärung</b> 2 Laktat --> Butyrat + 2 CO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> (1) (2) 1 Glukose --> 1 Butyrat + 2 CO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> (1) (2)	<i>Clostridium tyrobutyricum</i> , selten auch <i>Clostridium butyricum</i>	bis 2.8 L/kg	1d bis 4 Monate
<b>Decarboxylierung von Aminosäuren</b> Aminosäure --> biogenes Amin + 1 CO <sub>2</sub>	Enterokokken, OHLb	bis 0.12 L/kg bei HH-Käse beobachtet (> 0.3 L sind aber möglich)	Nachgärung
<b>Decarboxylierung von Glutaminsäure</b> Glutaminsäure --> GABA + 1 CO <sub>2</sub>	Gewisse Stämme von <i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. plantarum</i> etc.	bis 0.34 L/kg	Nachgärung
<b>Propionsäuregärung (Normaler Weg)</b> 2 Laktat --> 2 Propionat + 1 Acetat + 1 CO <sub>2</sub> + 1 H <sub>2</sub> O	Propionsäurebakterien	bis 0.3 L/kg	Nachgärung
<b>Propionsäuregärung (Aspartatvergärung)</b> 1 Laktat + 2 Aspartat --> 1 Acetat + CO <sub>2</sub> + 1 Succinat + 2 NH <sub>3</sub> (1)	Gewisse Stämme von Propionsäurebakterien	bis 0.3 L/kg	Begünstigt durch starke Proteolyse
<b>Laktatvergärung zu Acetat</b> 2 Laktat --> Acetat + CO <sub>2</sub> --> + 1,2-Propandiol (2)	Gewisse Stämme von OHLb, z.B. <i>Lb. buchneri</i>	bis 0.35 L/kg	Langsamer, schon bei tiefer Keimzahl ablaufender Prozess
<b>Laktatveratmung durch Hefen</b> 1 Laktat + 3 O <sub>2</sub> --> 3 CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	<i>Kluyveromyces lactis</i>		Selten, in Halbhartkäse vorkommend (Lochung unter der Rinde)

## Legende

- OHLb = Obligat heterofermentative Laktobazillen  
 FHLb = fakultativ heterofermentative Laktobazillen  
 (1) theoretisches Reaktionsschema (Molverhältnisse können etwas variieren)  
 (2) Bildung weiterer Gärprodukte möglich  
 (3) variable Anzahl von Produkten und unterschiedliche Mengenverhältnisse

## 6.2 Fehlgärungen im Zusammenhang mit unsauberer Lochung

Von den in Tabelle 8 aufgelisteten Gasquellen im Käse fördern beim Halbhartkäse am ehesten jene die Aus-bildung von unsauberer Löchern, welche früh wirksam sein können. Dazu zählen

- die Heterofermentative Vergärung von Laktose bzw. Galaktose und Laktat durch obligat heterofermentative Milchsäurebakterien
- frühe Gasbildung durch Enterbakterien oder Hefen
- frühe Gasbildung durch Citratvergärer (z.B. fak. het. Lb)

# 7 Kontrollmöglichkeiten zur Verhinderung von Qualitätsproblemen

Eine besondere Herausforderung für den Käser besteht in der Tatsache, dass er erst in einigen Wochen bis Monate wirklich weiss, wie die heutige Produktion gelungen ist. Um bösen Überraschungen möglichst vorzubeugen, kontrolliert er den Rohstoff, die Fabrikationsanlagen und die Fabrikationsschritte bis nach Abschluss der Milchsäuregärung im Käse. Mit einer angemessene Überwachung sind die Chancen, allfällige Fehlproduktionen früh zu erkennen und richtig zu reagieren überhaupt erst möglich. Kontrollen im reifen Käse sind sinnvoll, um sich zu vergewissern, dass die Normwerte erreicht wurden oder um bei fehlerhaften Käsen die Ursache zu erkennen.

## 7.1 Lieferantenmilch / Verarbeitungsmilch

Zur Qualitätsüberwachung haben sich nachfolgende Proben bewährt.

Käsereiprüfen	Labor
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbebrütete Reduktase</li> <li>• Luzernerprobe</li> <li>• Gärprobe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OK-Kontrolle</li> <li>• Salztolerante</li> <li>• Enterobacteriaceen</li> <li>• Fremdkeime</li> <li>• Propionsäurebakterien</li> <li>• Anaerobe Sporenbildner</li> </ul>

Nebst den wöchentlichen Käserproben (empfohlen wird eine alternierende Anwendung der vorbebrüteten Reduktase- und Luzernerprobe) eignet sich die Gärprobe sehr gut, um einen indirekten Hinweis über proteolytisch aktive Keime zu erhalten.

Welche Sollwerte zu erreichen sind, welche Massnahmen bei ungenügenden Ergebnissen zu ergreifen sind, wann Nachkontrollen gemacht werden, sowie die Häufigkeit der einzelnen Proben, muss der Käser für seinen Betrieb definieren.

## 7.2 Fabrikationsanlagen

Fabrikationsanlagen können Verursacher von Kontaminationen mit unerwünschten Mikroorganismen sein. Ausgelöst durch Fehler in der Reinigung oder in der Konstruktion. Auch durch Alterung von Anlageteile nimmt das Kontaminationsrisiko zu. Geschlossene Systeme können nur mit Stufenkontrollen überwacht werden.

Käsereiinterne Proben: Vorbebrütete Reduktase oder Luzernerprobe

Externes Labor: Enterobacteriaceen, Salztolerante, Fremdkeime, Propionsäurebakterien

Als einfache Routine-Stufenkontrolle haben sich folgende Stufen bewährt: Milch vor dem Einlaben, Käsebruch vor dem Abfüllen und Käse nach einem Tag. Das Abfüllsystem kann mit einer Sirtenprobe vor dem Abfüllen aus dem Fertiger und einer Sirtenprobe aus der Presswanne überwacht werden.

## 7.3 Säuerungsverlauf – GTK – Halbhartkäse 24h

Der Käser hat gute Möglichkeiten, mit eigenen Untersuchungen die Milchsäuregärung im jungen Halbhartkäse zu verfolgen. Eine tägliche Überwachung wird vorausgesetzt. Dazu gehören die Temperatur- und pH-Messungen nach 2, 8 und 20 Stunden sowie die Säuregradbestimmung der LGM und der GP.

Die regelmässige Bestimmung des Wassergehaltes, der Milchsäure und die Kontrolle auf Restmilchzucker mittels Backofentest dient ebenfalls zur Fabrikationssicherheit.

Der regelmässige Austausch mit dem Käsereiberater unterstützt den Käser in seiner anspruchsvollen Arbeit. Wertvoll ist, wenn die einzelnen Prozessschritte visuell begutachtet und diskutiert werden können.

=> Wichtig: Ungenügende Kontrollergebnisse erfordern Massnahmen und Nachkontrolle

## 7.4 Halbhartkäse 10 Tage

Bei ungenügender Ausreifbarkeit empfiehlt die Beratung, die Keimdichte der PROP im 10-tägigen Halbhartkäse zu untersuchen.

## 7.5 Reifer Käse

Verschiedene Analysen im reifen Käse (Tab. 12) geben Anhaltspunkte zur Käsequalität. Bei Käsefehler lassen sich oft Rückschlüsse auf die Ursachen ziehen.

Tabelle 12: Empfehlenswerte Kontrollanalysen im reifen Halbhartkäse

Analyse	Probenfassung	Aussage
Wassergehalt	Probenlokalisierung muss bekannt sein. Kein austrocknen	tief = fest hoch fördert Proteolyse
Fettgehalt	Ausfetten vermeiden	tief = fest, zäh hoch = weich, Gefahr unsauber, Gläs
pH-Wert	problemorientiert erheben, Käsealter vermerken	Werte im Käse 3 Monate > 5.80 lassen auf eine starke Proteolyse schliessen
Freie Aminosäuren (OPA-Wert)	problemorientiert erheben, Käsealter vermerken	Ausmass der Proteolyse in die Tiefe. Werte im Käse 3 Monate > 220 mmol/ kg = Gefahr für weissen, kurzen Teig
Flüchtige Carbonsäuren (GC)	Einzellaib- oder Durchschnittsprobe von mehreren Laiben	Rückschlüsse auf Gärungen (Propi- onsäuregärung, Buttersäuregärung, „andere Fehlgärungen“), fehlerhafte Proteolyse

