

Emmentalerkäse – Vom guten Teig hängt vieles ab

Diskussionsgruppen

Nr. 80 | 2010

Autoren

Ernst Jakob, Rudolf Amrein,
Hans Winkler
Forschungsanstalt
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
Schwarzenburgstrasse 161
CH-3003 Bern
ernst.jakob@alp.admin.ch

Impressum

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

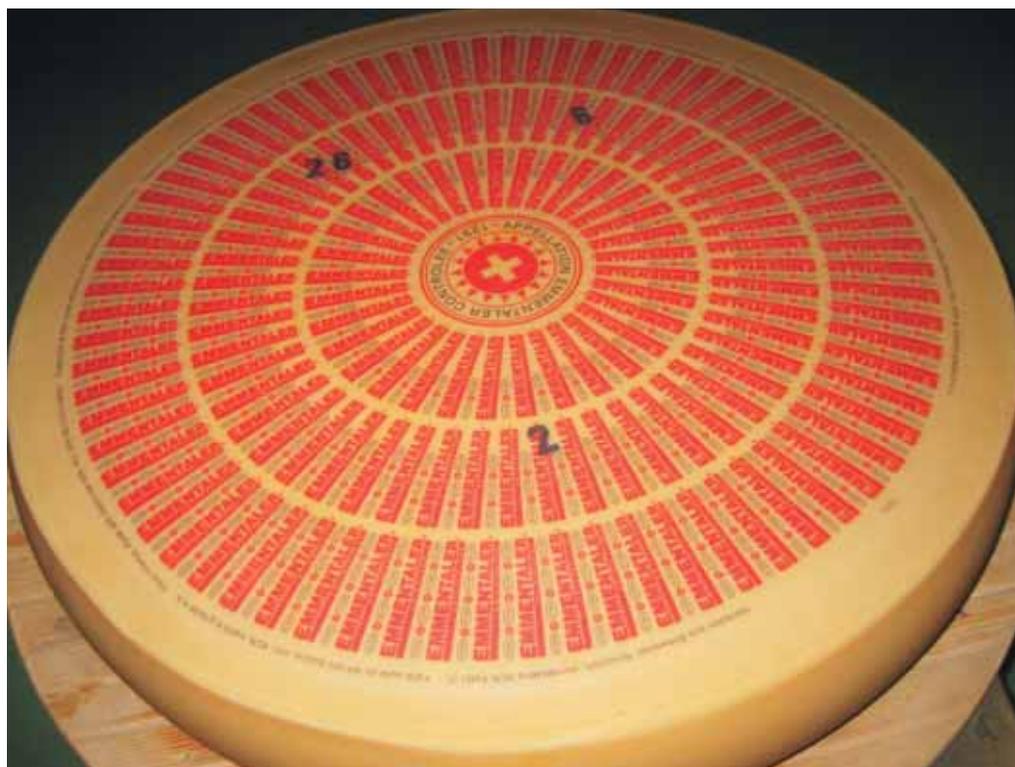
Fotos/Redaktion:
Forschungsanstalt Agroscope
Liebefeld-Posieux ALP

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



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Unterschiedliche Fehlerbilder und mögliche Ursachen	4
3	Einflussfaktoren	7
3.1	Milchsäuregärung	7
3.2	Rohmilchqualität	7
	Säurebildner	7
3.3	Kulturen	7
3.4	Fabrikationsparameter	10
3.5	Reifungseinflüsse	11
3.6	Proteolyse	12
3.6.1	Einfluss der Proteolyse auf die Teigeigenschaften und das sekundäre Gärgeschehen im Käse	12
3.6.2	Proteolyse in die Breite	12
3.6.3	Proteolyse in die Tiefe	12
3.7	Die Proteolyse beeinflussende Faktoren	14
3.7.1	Bedeutung der Milchqualität	15
3.7.2	Bedeutung von Labstoff und Kultur	16
4	Fehlerquelle - Gasbildung	18
4.1	Quellen möglicher Gasbildung im Käse	18
4.2	Propionsäuregärung	18
4.3	Fehlgärungen im Zusammenhang mit unsauberer Lochung	18
5	Kontrollmöglichkeiten zur Verhinderung von Teigfehlern und unsauberer Lochung	20
5.1	Lieferantenmilch / Verarbeitungsmilch	20
5.2	Fabrikationsanlagen	20
5.3	Messungen der Milchsäuregärung	20
5.4	Emmentaler 24 Stunden	21
5.5	Emmentaler 3 Wochen	21
5.6	Reifer Käse	22

1. Einleitung

In den letzten drei Winterperioden (2007/08, 2008/09 und 2009/2010) mehrten sich Emmentalerpartien mit dem Käsefehler kurzer Teig markant. Waren es bei den Dezemberpartien jeweils gut 20% mit Abzug so steigerte sich jeweils im März der Prozentanteil auf 30%, im März 2010 traf es mehr als 35% aller Emmentalerkäseereien.

In früheren Jahren reduzierte sich die Häufigkeit des Teigfehlers „kurz“ mit Beginn der Grünfütterung ab Mai sehr stark. Seit 2006/07 ist dem nicht mehr so. Die Fehlerhäufigkeit bleibt bei 15-20%.

Das Problem des kurzen Käseteiges zeigt sich hauptsächlich unter dem Narben. Im Innern des Käselabes (ab ca. 3cm) ist die Teigqualität mehrheitlich einwandfrei.

Seit 2005 sind mehrere DG-Stoffe zum oben erwähnten Thema erstellt und in den Käsergruppen diskutiert worden. All diese Unterlagen sind für die Problemlösung wertvoll. Die vorliegende Unterlage soll die Käser und die Beratung unterstützen, Massnahmen zur Verbesserung des Käseteiges zu ergreifen.

Bezüglich der Fehlerstatistiken ist zu beachten, dass die wegen starker Fehler deklassierten Käse nicht erfasst sind. Gerade die Lochungsfehler sind häufiger, als Abbildung 2 zeigt.

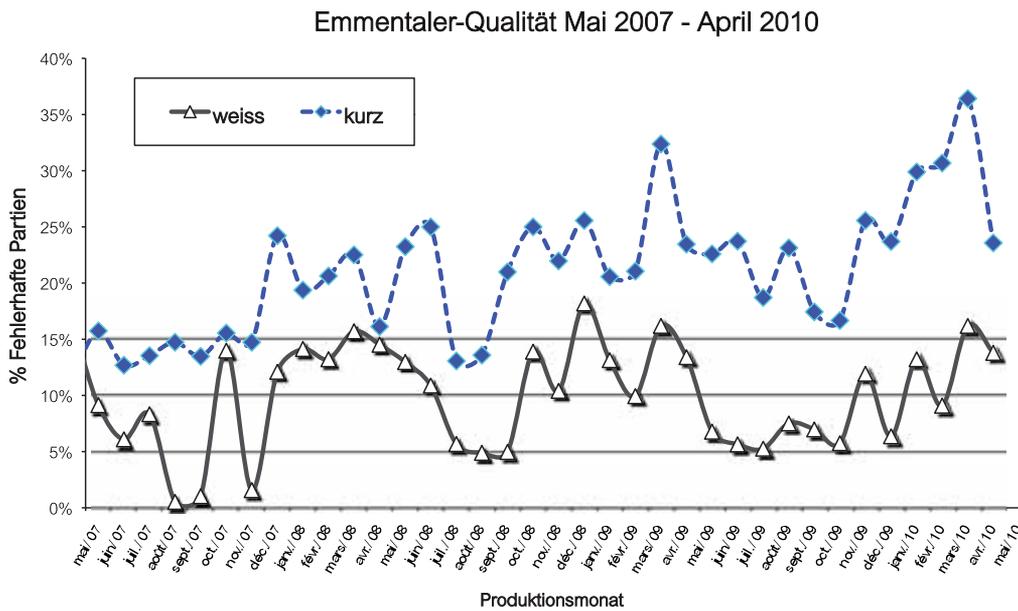


Abb. 1: Entwicklung der häufigsten Teigfehler beim Emmentaler

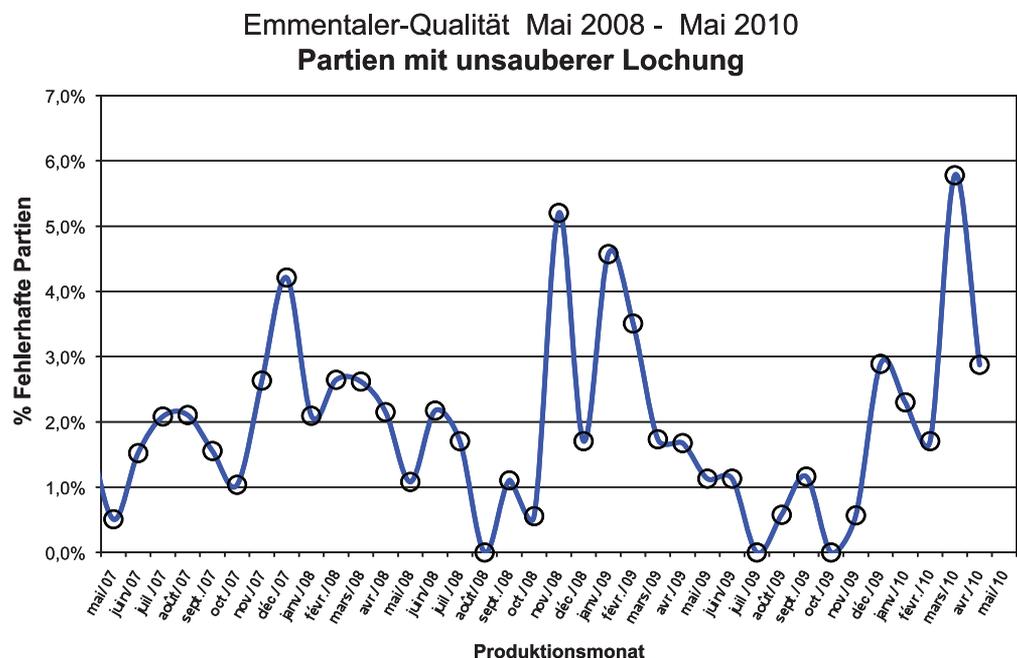


Abb. 2: Häufigkeit der Fehlers „unsaubere Lochung“ beim Emmentaler

2 Unterschiedliche Fehlerbilder und mögliche Ursachen

Die Qualitätseinbrüche in einzelnen Betrieben zeigten einmal mehr, dass sich fehlerhafter Teig unterschiedlich auf das Fehlerbild (Lochausschaffung, Pick und Gläs) auswirken und die Ursache bei vergleichbaren Fehlerbildern unterschiedlich sein kann, wie folgende Beispiele zeigen.

Beispiel 1: Nestig, feiner Teig, Gläs

Die betroffenen Käse wiesen unsaubere bis nestige Lochung und Gläs auf (Abbildung 1). Der Teig war eher kurz und auffällig weich bis schmierig. Die Gläsbildung verstärkte sich vom Einwägen bis zur Taxation deutlich. Jedoch nahmen die Käse nicht an Höhe zu. Die fehlerhafte Käsequalität überraschte den Käser, da die Kontrollwerte der Lieferanten- und Mischmilch unauffällig waren. Die Beobachtungen in der Fabrikation und die Säuerungswerte der Kontrollproben vermittelten dem Käser ein „gutes Gefühl“. Die weitgehend monatlich durchgeführten Kontrollen im 1-tägigen Käse ergaben mehrheitlich erhöhte Milchsäure- und Wassergehalte. Die Milchsäureverteilung war teilweise deutlich zu Gunsten der D-Milchsäure.



Abb. 3: Schnittfläche eines fehlerhaften Laibes

Die Laboruntersuchung eines Käses der Produktion vom 3.2.10 nach 3.5 Monate zeigte einen auffallend tiefen pH-Wert, einen hohen Restmilchsäuregehalt und eine schwache Propionsäuregärung (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Ergebnisse eines Einzellaibes vom 3.2.10 im Alter von 3.5 Monaten

Prüfmerkmal	Einheit	Gehalt	Normwerte
Trocknungsverlust (Wasser)	g/kg	370	
Fett	g/kg	320	
pH-Wert		5.48	5.58 – 5.63
Gesamt-Milchsäure	mmol/kg	90.0	40 – 50
L-Milchsäure	mmol/kg	36.0	
D-Milchsäure	mmol/kg	54.0	
Total flüchtige Carbonsäuren	mmol/kg	88.1	90 - 100
Ameisensäure	mmol/kg	3.9	3 - 5
Essigsäure	mmol/kg	38.4	42 - 47
Propionsäure	mmol/kg	44.9	48 - 53
n-Buttersäure	mmol/kg	0.7	
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.1	
Freie Aminosäuren Total (OPA)	mmol/kg	159	
Summe biogene Amine	mg/kg	21.5	
1,2-Propandiol	mg/kg	0.6	

Beispiel 2: Nestige Lochung, Nachgärung

Auch in diesem Beispiel lag ein fehlerhafter Teig vor. Der Teig war eher kurz und eher weich. Die Lochung zum Teil nestig. Die Käse nahmen während der Ausreifung an Höhe zu und Gläsbildung trat zunehmend auf. Trotz langjähriger erfolgreicher Fabrikationserfahrung überraschte der Qualitätseinbruch im letzten Winter den Käser unvorbereitet. Nachträglich musste er feststellen, dass er sich weitgehend auf die Kontrollwerte in der Fabrikation und der Säuerung verließ. Diese gaben keinen Hinweis, dass sich ein Qualitätseinbruch anbahnte. Käsig Gärproben von Lieferantenmilchen gaben allerdings Hinweise, dass fehlerhafte Milchqualität eingeliefert wurde. Die in den letzten Monaten durchgeführten Bestimmungen von Salztoleranten bestätigten, dass Lieferantenmilchen z.T. deutlich erhöhte Werte an Salztoleranten aufwiesen.

Die Laboruntersuchung einer Durchschnittsprobe der Produktion vom Februar 2010 im Alter von 4 Monaten ergab folgendes Bild (siehe Tabelle 2):

Das Total der flüchtigen Carbonsäuren lag über der Norm, ebenso der Propionsäuregehalt und der OPA-Wert. Der Propionsäuregehalt weist auf eine starke Propionsäuregärung hin. Der deutlich erhöhte OPA-Wert ist ein Hinweis auf eine starke Proteolyse in die Tiefe. Aus der Proteolyse kann ebenfalls eine beträchtliche Menge CO₂ entstehen. Zudem kann diese eine starke Propionsäuregärung begünstigen.

Folgerungen betreffend Fehlerursachen:

- Die starke Proteolyse (hoher OPA-Wert) führte zu der fehlerhaften Lochung und dem leicht kurzen und leicht weichen Teig.
- Die starke Proteolyse förderte die Propionsäuregärung
- „Wilde“ Propionsäurebakterienstämme aus der Milch oder Käsekreislauflauf, deren Aktivität durch die Proteolyse besonders stark gefördert wird, könnten das Problem noch verschärft haben.
- Im Zuge der starken Proteolyse wurde vermutlich zusätzliches CO₂ aus der Zersetzung der Aminosäuren gebildet

Tabelle 2: Ergebnisse einer Mischprobe der Februar-Produktion 2010

Trocknungsverlust (Wasser)	g/kg	369	
Fett	g/kg	315	
Fett in Trockenmasse	g/kg	499	
Wasser in fettfreier Trockenmasse	g/kg	539	
pH-Wert		5.59	Normwerte
Total flüchtige Carbonsäuren	mmol/kg	115	95-105
Ameisensäure	mmol/kg	5.1	
Essigsäure	mmol/kg	48.5	
Propionsäure	mmol/kg	61.0	~ 50
iso-Buttersäure	mmol/kg	0.0	
n-Buttersäure	mmol/kg	0.8	
iso-Valeriansäure	mmol/kg	0.1	
iso-Caprinsäure	mmol/kg	0.0	
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.0	
Freie Aminosäuren Total (OPA)	mmol/kg	263	≤ 180

Beispiel 3: Nestige Lochung, weisser Teig unter dem Narben, Nachgärung, Gläs

Der Qualitätseinbruch kam nicht unerwartet. Säurestörungen in der Fabrikation waren frühe Anzeichen. Die Ursache wurde trotz intensiven Abklärungen bei der Lieferantmilch und in der Käserei über Monate nicht gefunden. Später stellte sich das Milchsammelfahrzeug als verursachende mikrobiologische Infektionsquelle heraus.

Eine Durchschnittsprobe der 3 Monate alten Käse aus der Produktion vom März 2009 wurde im Labor untersucht. Wie in der Tabelle 3 ersichtlich ist, lagen das Total der flüchtigen Carbonsäuren, der Propionsäuregehalt sowie der OPA-Wert ausserhalb der Norm. Zudem war der Gehalt an Histamin (biogenes Amin), sehr hoch. Bei der Bildung von biogenen Aminen entsteht auch CO₂.



Abb. 4: Schnittfläche eines Laibes aus der Produktion vom 22.3.09 im Alter von 6 Monaten

Die Tatsache, dass der Käse - anders als üblich - rund 20% mehr Essigsäure enthielt als Propionsäure lässt darauf schliessen, dass hier zusätzlich Essigsäure durch direkte Milchsäurevergärung gebildet wurde. Dabei werden beträchtliche Mengen CO₂ gebildet. Tatsächlich können obligat heterofermentative Milchsäurebakterien sowohl Histamin bilden als auch Laktat vergären.

Folgerungen betreffend Fehlerursachen:

- Die starke Proteolyse (OPA) führte zu der unsaubereren, nestigen Lochung und zu den Teigfehlern.
- Die Nachgärung wurde nicht durch eine exzessive Propionsäuregärung, sondern durch CO₂ aus der Bildung von Histamin und aus Laktatvergärung verursacht.

Tabelle 3: Ergebnisse einer Mischprobe der März-Produktion 2009 im Alter von 3 Monaten

			Normbereich
Flüchtige Carbonsäuren total	mmol/kg	81.6 ↓	90 - 100
Ameisensäure	mmol/kg	3.7	3 - 5
Essigsäure	mmol/kg	42.9	42 - 47
Propionsäure	mmol/kg	34.3 ↓	48 - 53
iso-Buttersäure	mmol/kg	0	
n-Buttersäure	mmol/kg	0.5	< 1.0
iso-Valeriansäure	mmol/kg	0	
iso-Caprinsäure	mmol/kg	0	
n-Caprinsäure	mmol/kg	0.2	< 0.3
Freie Aminosäuren (OPA)	mmol/kg	246 ↑ ↑	< 160
Histamin	mg/kg	594 ↑ ↑	< 50
Tyramin	mg/kg	44	< 50
CO ₂ aus biogenen Aminen (berechnet)	ml/kg	126	< 10

3 Einflussfaktoren

3.1 Milchsäuregärung

Die Milchsäuregärung im jungen Käse beeinflusst die Entwicklung der Teigbeschaffenheit stark. Im Mindmap sind wichtige Faktoren, welche besonders einen Einfluss auf die Teigbeschaffenheit unter dem Narben haben erwähnt.



Abb. 5: Faktoren, welche die Milchsäuregärung und die Teigbeschaffenheit beeinflussen.

3.2 Rohmilchqualität

Säurebildner

Hohe Säurewerte in der Luzernerprobe einzelner Milchproduzenten beeinflussen die Verkäsbarkeit der Kessimilch massgeblich. Dabei ist ein verändertes Verhalten während der Käseherstellung eher selten zu beobachten. In wieweit solche Keime die Milchsäuregärung beeinflussen, ist schwer eruierbar.

In Praxisfällen mit Säurestörungen (instabile Sondenwerte) und Teigfehler werden öfters hohe Säurewerte von Lieferantenmilch festgestellt.

Stallkontrolle

Sind die Qualitätsprobleme schwerwiegend und weisen die Käserproben einzelner Lieferantenmilchen regelmässig ungenügende Ergebnisse auf, drängt sich eine strukturierte Stallkontrolle mit Unterstützung des Milchproduzentenberaters auf. Bei typisch mikrobiologischen Problemen ist die Erfolgsquote erheblich höher, wenn während des Melkens und Reinigens beraten wird.

3.3 Kulturen

Säuerungsstabilität

Aus hygienischen Gründen und Minderung des Aktivitätsverlusts der Stammkultur hat es sich in vielen Betrieben bewährt, Sterilmagermilch für eine Woche oder mindestens für mehrere Tage vorzubereiten. Das heisst, diese kalt zu beimpfen und bis zur Bebrütung im Kühlraum zu lagern. Die Bebrütungsbedingungen sind nur bei Erwärmung im Wasserbad kontrollierbar.

Vorteile:

- Das Fläschli mit der Stammkultur muss idealerweise nur ein Mal geöffnet werden
- Die Aktivität der Milchsäurebakterien bleibt beim pH der Sterilmilch besser erhalten als beim tiefen pH der Stammkultur.

Kritische Punkte:

- Die Beimpfung muss mit grösster Sorgfalt erfolgen (Gefahr einer Infektion mit Psychrotrophen).
- Höhere Anforderungen an die Sterilität des Nährmediums (psychrotrophe Sporenbildner).

Phagen sind in einer Käserei immer und überall präsent. Wie hoch die allgemeine Phagenbelastung ist, hängt von der betrieblichen Hygiene ab. Die für die Kulturenherstellung bedeutende Phagenbelastung der Luft schwankt im Tagesablauf.

Massnahmen zur Verhinderung von Phagenstörungen:

- Strikte Hygiene bei der Kulturenbeimpfung
- Beimpfen der Betriebskulturen nicht im Fabrikationsraum
- Aerosolverfrachtung innerhalb des Gebäudes (Zugluft) vermeiden
- Fabrikationsparameter einhalten
- Keine Molken- und Schottenreste im Betrieb
- Retourschotte hochpasteurisieren (bei 72°C werden Phagen kaum inaktiviert)
- Kein Hochdruckreiniger im Fabrikationsraum einsetzen (Aerosolbildung)

Vorreifung der Kessimilch

Der Einfluss der Kulturen auf die Verkäsungsbereitschaft der Kessimilch und die anschließende Milchsäuregärung im jungen Emmentaler ist bedeutsam für die spätere Teigqualität. Nebst der Kulturenschüttmenge und der Vorreifdauer beeinflusst die Kulturenart etwas geringer die Kontrollwerte des Verkäsungsprozesses.

Die Prüfung der ALP-Kulturen (QS) erfolgt jährlich zweimal in der Versuchskäserei Uettligen. Jede Kultur wird einzeln angewendet, jung mit 35°SH und alt mit 50°SH. Das Schüttverhältnis ist 1:1 mit Ausnahme der RMK 115 und der RMK 190 (2:1).

Die Versuchskäse aller 8 in den letzten 5 Jahren durchgeführten Serien waren qualitativ sehr gut (Klassierung der Monatspartien: 99% Klasse 1, Taxation 19-19 ½ Punkte). Die untenstehenden Graphiken (Abb. 6 – 10) zeigen den Einfluss der ALP-Kulturen auf wichtige Kontrollwerte in der Käserei.

Entfärbungszeit KM-Red h

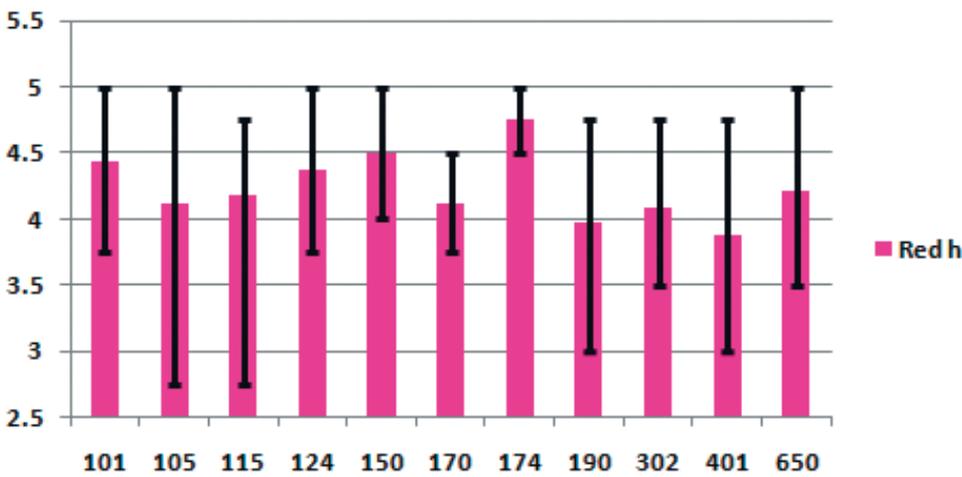


Abb. 6: Kessimilch-Reduktasezeiten (Stunden) beim Einsatz verschiedener Säuerungskulturen (Qualitätskontrolle ALP-Kulturen in Uettligen)

Milchsäuregärung

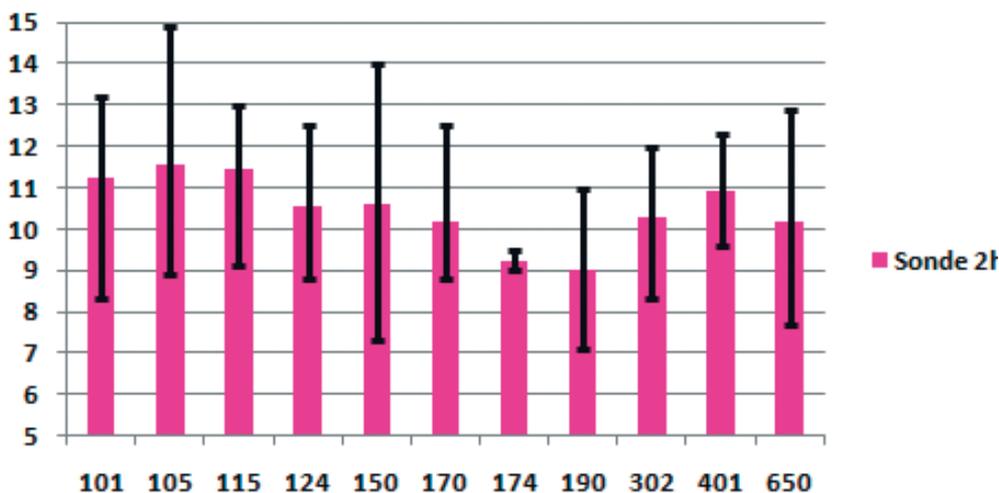


Abb. 7: Säuerung im Emmentalerkäse (Sondenwerte 2h in °SH) beim Einsatz verschiedener Säuerungskulturen (Qualitätskontrolle ALP-Kulturen in Uettligen)

Überwachung der Milchsäuregärung

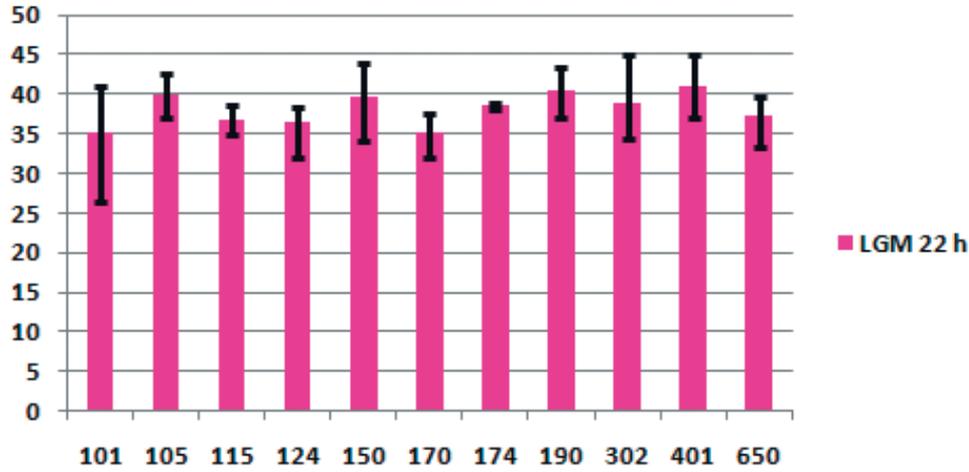


Abb. 8: Säuerung im Emmentalerkäse (Säuerung der Labgärmolke nach 22h in °SH) beim Einsatz verschiedener Säuerungskulturen (Qualitätskontrolle ALP-Kulturen in Uettligen)

Käse 24 h

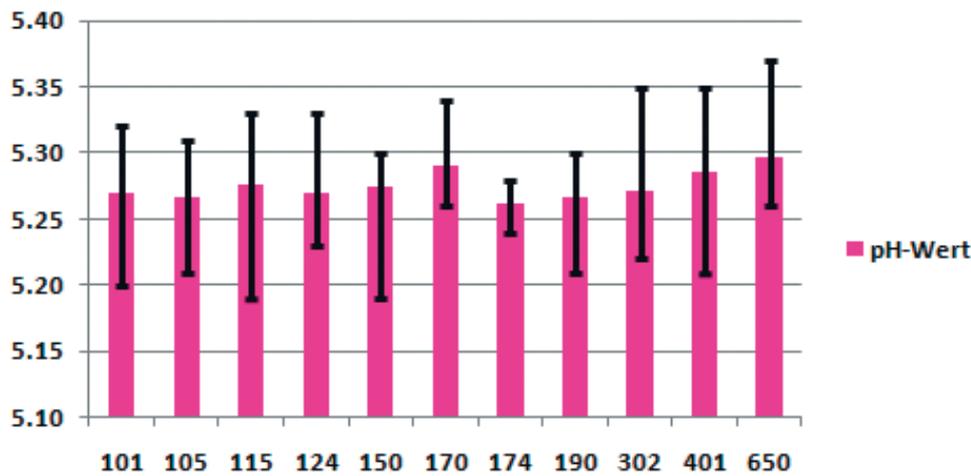


Abb. 9: Säuerung im Emmentalerkäse (pH-Wert nach 24h) beim Einsatz verschiedener Säuerungskulturen (Qualitätskontrolle ALP-Kulturen in Uettligen)

Käse 24 h

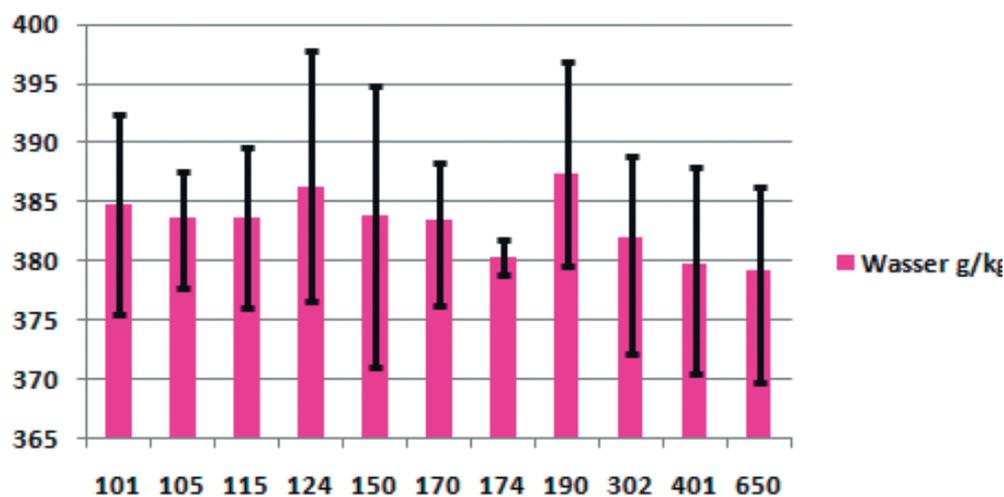


Abb. 10: Wassergehalt im Emmentalerkäse nach 24h beim Einsatz verschiedener Säuerungskulturen (Qualitätskontrolle ALP-Kulturen in Uettligen)

3.4 Fabrikationsparameter

Wasserzusatz und pH-Wert

Der Wasserzusatz in die Kessmilch und in den Käsebruch hat einen direkten Einfluss auf den Milchsäuregehalt im eintägigen Emmentaler. Bei gleicher Käseherstellung ergibt ein Prozent mehr Wasserzusatz circa ein mmol weniger Milchsäure. Ein höherer Wasserzusatz entsäuert den Käse; es wird weniger Calcium während der Milchsäuregärung aus der Käsemasse gelöst. Der Teig bleibt elastischer. Diese Massnahme eignet sich gut zur Steuerung des pH-Wertes im eintägigen Käse. Frühere Versuche bestätigen dies (Tab. 4).

Tabelle 4: Varianten Wasserzusatz: 0, 10 und 20% in Kessmilch (Versuche ALP)

Kriterium	Einheit	0%	10%	20%
Käse 1Tag				
pH-Wert Rand		5.20	5.25	5.30
GMS	mmol/kg	140	130	119
Käsereifung				
Beginn Lochbildung	Tage	48	45	38
Ende Heizung	Tage	70	62	59
pH-Wert	60 Tage	5.55	5.62	5.69

Entsirtung der Randzone

Das Fundament für eine gute Entsirtung der Käse auf der Presse wird schon früh durch die Rohmilchqualität (Gerinnungsverhalten), das Vorreifen der Kessmilch und die Bruchbereitung bzw. -bearbeitung bestimmt.

Eine gute Bruchbereitung mit gelb-grünlicher Sirte und mit wenig Staub hilft mit, die Bruchmasse schonend und ohne Unterbruch in die Käseformen zu pumpen. Massnahmen zur Staubentfernung der Aufsatzform und hohe Pumpleistungen, welche das Bruchkorn verletzen, sind zu vermeiden.

Auch das Abfliessen der Sirte soll schonend erfolgen. Bei zu schnellem Abfliessen können sich Spalten in den Käsemasse bilden. Zu langsam kann einen Hinweis für zu viel Staubbildung wegen unsachgemässer Bruchbereitung oder Nachausscheidungen (labträge Milch) sein.

Die Abfülltemperatur und die Umgebungswärme in den ersten Stunden auf der Presse sind für die Temperaturerhaltung wichtig und beeinflussen die Entsirtung und Säuerung besonders unter dem Narben. Die Käsetemperatur lässt sich mit einfachen Mitteln steuern, z.B.: Abdecken der Aufsatzformen, Anwärmen der Entsirter und Pressdeckel, Wenig Luftbewegung während des Entpackens und während des Pressens.

Die Sauberkeit und Durchlässigkeit der Presssiebe und Nylontücher wird vorausgesetzt.

Über die Temperaturführung der jungen Käse während der ersten 20 Stunden hat ALP etliche Studien in der Modellkäserei und in der Versuchskäserei durchgeführt.

Als Normwerte im eintägigen Emmentaler ab Presse gelten folgende Temperaturwerte:

Tabelle 5: Normwerte für eintägigen Emmentaler ab Presse

Messstelle	Temperatur
10 cm ab Järbseite, flachseitig, vertikal 2cm unter dem Narben	> 32°C
Flachseite, in der Laibmitte	> 38° bis < 44°C

3.5 Reifungseinflüsse

Salzaufnahme der Randzone

Durch die Salzaufnahme und -diffusion wird das Calcium aus dem Casein-Calciumphosphat-Komplex mit Natrium verdrängt. Der Käseteig unter dem Narben wird kürzer. In früheren Versuchen mit kürzerer Salzbaddauer wurde dies bestätigt. Beispiel ALP:

Tabelle 6: Varianten Salzbaddauer: 24 oder 48 Stunden

Kriterium Alter 5 Mt	Einheit	Salzbadbehandlung 1 Tag	Salzbadbehandlung 2 Tage
Salzgehalt	g/kg	3.0	4.3
Teigbeschaffenheit			
Eindringtiefe	mm	11.5	10
Beurteilung Narben		normal-leicht lang	normal-leicht fest

3.6 Proteolyse

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

Die Proteolyse wirkt sich, wie Tabelle 7 zeigt, auf verschiedenen Ebenen auf die Käsequalität aus. Erwünschte Effekte, wie z.B. die Intensivierung von Geschmack und Aroma, stehen teilweise unerwünschten Auswirkungen gegenüber.

3.6.2 Proteolyse in die Breite

Bei der Proteolyse in die Breite wird das Casein 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.

3.6.3 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, denn die freien Aminosäuren haben eine geschmacksverstärkende Wirkung. Teilweise schmecken sie auch süsslich. Weil einige Aminosäuren 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 (siehe Kapitel 4).

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

Doch auch beim Emmentaler sind die Unterschiede zwischen den Extremwerten in der Praxis sehr gross. So liegen die Gehalte an freien Aminosäuren (OPA-Wert) im dreimonatigen Käse in gewissen Käsereien kaum höher als 130 – 140 mmol/kg. Andere Betriebe dagegen verzeichnen zeitweise fast doppelt so hohe Werte, was bezüglich Ausreifbarkeit der Käse keine gute Prognose zulässt.

Tabelle 7: Einfluss der Proteolyse auf die Käsequalität

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

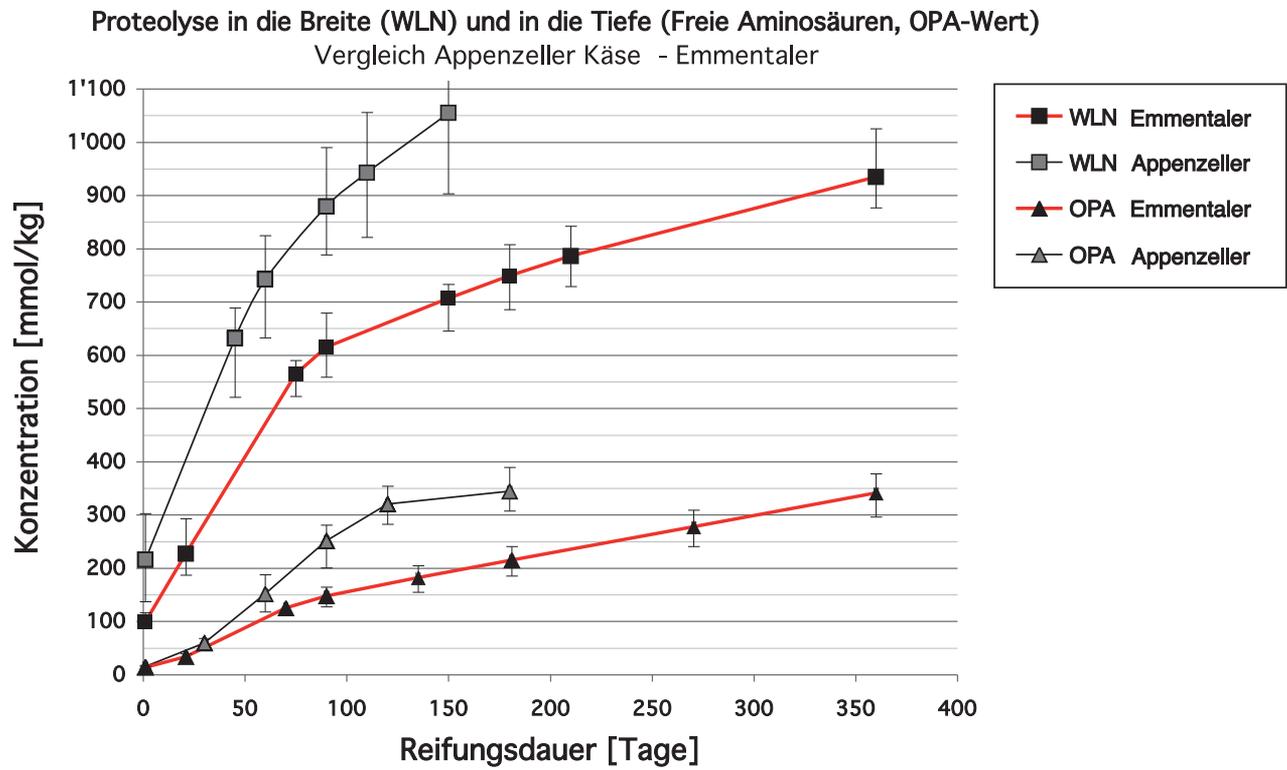


Abb. 11: Verlauf der Proteolyse in Emmentaler und Appenzeller Käse während der Reifung und Lagerung - Gehalt an wasserlöslichem Stickstoff (WLN) und an freien Aminosäuren (OPA-Wert). Die senkrechten Linien markieren den Bereich, in welchem 80% der Proben liegen.

3.7 Die Proteolyse beeinflussende Faktoren

In Tabelle 8 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 8: Faktoren, welche die Intensität der Proteolyse im Käse 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 ↑	~	Temperaturbedingte Verschiebung zugunsten der Lb fördert Proteolyse Stärkere Denaturierung der Labenzyme hemmt Proteolyse Stärke Aktivierung von Plasminogen fördert die Proteolyse
pH-Wert Teig ↑	~	pH-Optimum der meisten Proteasen im Hartkäse liegt im Neutralbereich
Kultur : Laktobazillen-Anteil ↑	↑	Laktobazillen sind weit stärker proteolytisch als die Streptokokken
Kultur : Fettsirte oder <i>Lb. helveticus</i>	↑ ↑	Laktobazillen sind weit stärker proteolytisch als die Streptokokken
Wassergehalt (auch zonal!) ↑	↑	Beschleunigung der mikrobiellen und biochem. Prozesse
Gärraumtemperatur ↑	↑	Beschleunigung der mikrobiellen und biochem. Prozesse
Gärraumaufenthalt: Dauer ↑	↑	
Lagertemperatur ↑	↑	Beschleunigung der mikrobiellen und biochem. Prozesse
Lagerdauer ↑	↑	
Feuchtlagerung	↑	Stärkere Entsäuerung durch die sich bildende Oberflächenflora fördert die Proteolyse

3.7.1 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. 12), 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 sein. Wie Abb. 12 ebenfalls zeigt, erreichen die Gehalte der Talbetriebe zwischen 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 aktiv sind. Bei Euterentzündungen ist der Plasmingehalt der Milch erhöht.

Auffallend hohe Eiweissgehalte werden in den letzten Jahren in den ersten Wintermonaten (November/Dezember) beobachtet. Höhere Eiweissgehalte ergeben auch höhere Kaseingehalte, welche wiederum die Milchgerinnung wesentlich beeinflussen. D.h. die Festigkeit der Gallerte nimmt zu und der „Griff“ entwickelt sich schneller. Mit Anpassungen beim Wasserzusatz zur Milch, der Labungstemperatur und dem Ausdickungsgrad wird die Griffentwicklung beeinflusst.

Mit der Abnahme des Eiweissgehaltes gegen den Sommer hin gehen verschiedene, für die Verarbeitung zu Käse bedeutsame Veränderungen der Milch einher:

- Die Synäresdauer, 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. 12) ebenfalls ersichtlich ist, verändern sich die Eiweissgehalte teilweise sprunghaft, und dies obwohl es sich bei den Daten um die Mittelwerte von ungefähr 20'000 Gemelken handelt. Innerhalb einer Käsereigenossenschaft, 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.

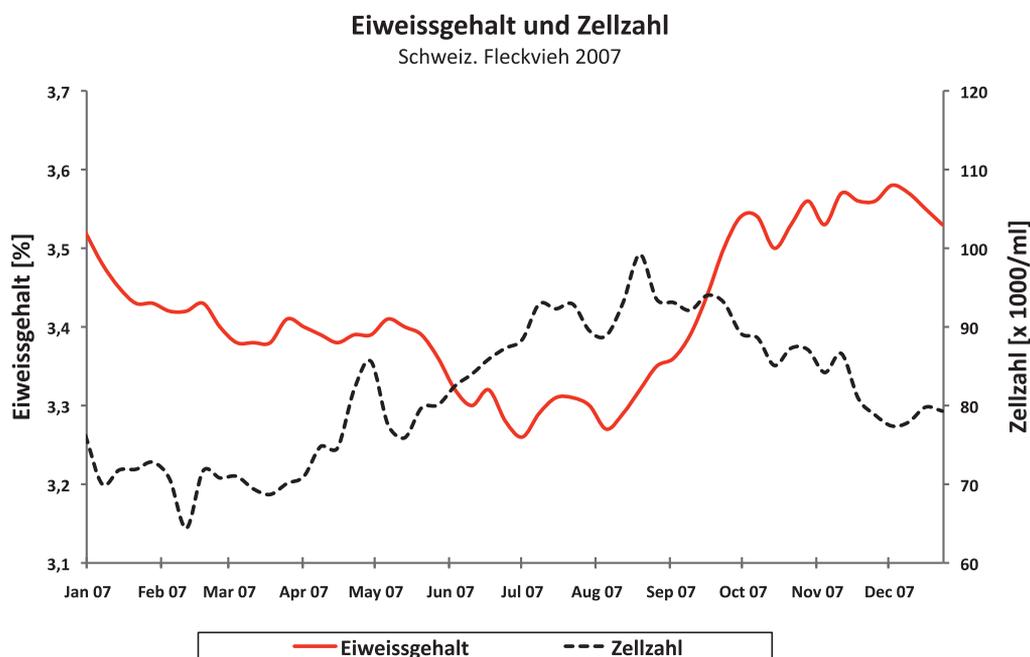


Abb. 12: Entwicklung der Eiweissgehaltes und der Zellzahl im Jahresverlauf. Ergebnisse der Milchleistungsprüfung 2007 (Talbetriebe) des Schweizerischen Fleckviehzuchtverbandes

3.7.2 Bedeutung von Labstoff und Kultur

Obwohl die in den Labstoffen enthaltenen Proteasen bei den in der Herstellung von Emmentaler angewandten Brenntemperaturen weitgehend vollständig denaturiert werden, ist ihr Einfluss auf die Proteolyse im Käse erheblich. Und obwohl die Labenzyme eine reine Proteolyse in die Breite bewirken, fördern sie auch die Proteolyse in die Tiefe. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 13 illustriert. Die verstärkte Freisetzung von Aminosäuren aus dem Milcheiweiss ist dadurch zu erklären, dass Milchsäurebakterien

von den durch die Labenzyme freigesetzten Eiweissfragmenten profitieren und diese verstärkt in Aminosäuren spalten.

Frühere Versuche von ALP haben auch Unterschiede zwischen den Labstoffen gezeigt. Suparen führte im Labormodell gegenüber tierischem Lab zu leicht stärkerer Proteolyse obwohl es bei Temperaturen über 50°C noch vollständiger inaktiviert als die Proteasen in tierischem Lab.

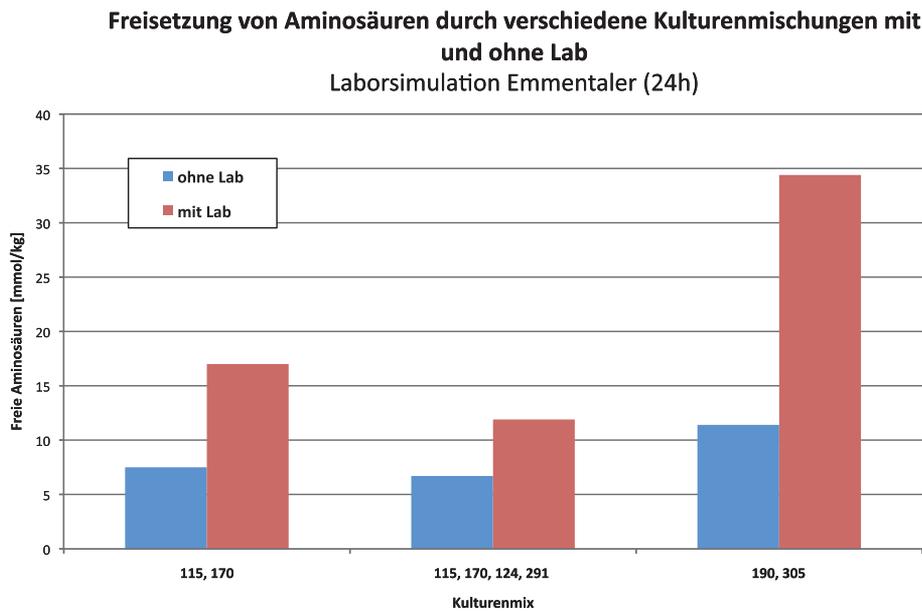


Abb. 13: Einfluss von Kälberlab und Mischungen von Rohmischkulturen auf Proteolyse in die Tiefe (Laborsimulation 24 h mit einem für Emmentaler typischem Temperaturprofil).

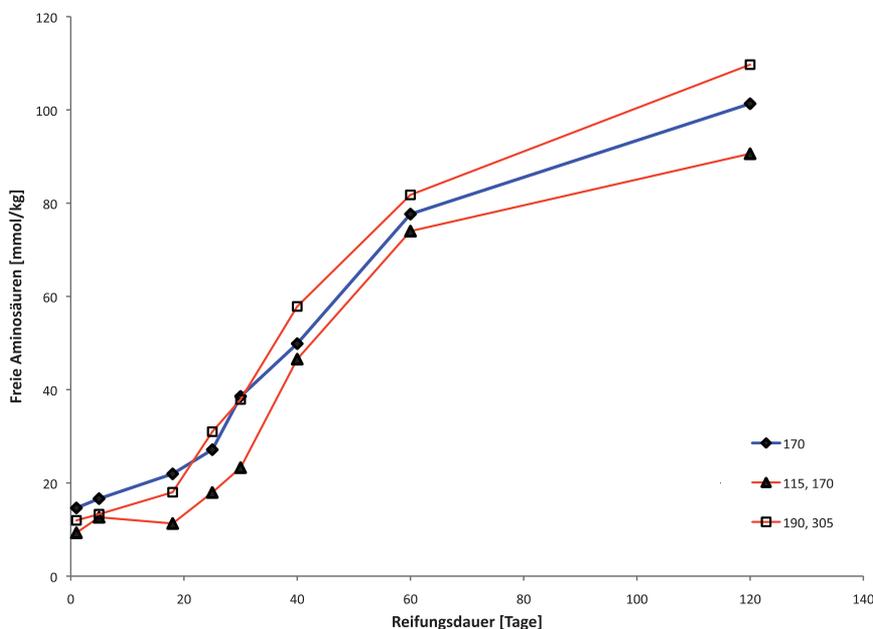


Abb. 14: Einfluss der Rohmischkulturen auf Proteolyse in die Tiefe im Emmentalerkäse (freie Aminosäuren gemessen mit Cd-Ninhydrin-Methode)

Es liegt auf der Hand, dass auch die Rohmischkulturen einen Einfluss haben. Wie Abb. 14 zeigt, wirkt ein Kulturmix mit den beiden „Stäbchenkulturen“ RMK 190 und RMK 305 erwartungsgemäss deutlich stärker proteolytisch als die Kombination RMK 115 / 170. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen in der Emmentaler-Praxis eingesetzten Kulturmischungen dürften aber geringer sein als in diesem Beispiel. Nicht zu vernachlässigen ist im Übrigen der Einfluss der Kulturenherstellung (Bsp.: Welche Kultur wird als „alte“ Kultur eingesetzt?)

Der Vergleich der Kurven in Abb. 11 liefert Hinweise auf wichtige Einflussfaktoren der Proteolyse. Der WLN steigt beim Appenzeller deutlich schneller an als beim Emmentaler, weil bei der tieferen Brenntemperatur die Labenzyme nur unvollständig denaturiert werden. Im Gärraum kann die Proteolyse beim Emmentaler gleichwohl fast mit dem Appenzeller mithalten, was den grossen Einfluss der Temperatur auf die Proteolyse aufzeigt.

4 Fehlerquelle - Gasbildung

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 Käsureifung 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!

4.1 Quellen möglicher Gasbildung im Käse

Im Zuge der Milchsäuregärung wird in jedem Käse etwas Kohlendioxidgas 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. 9). Mit Blick auf das Problem „unsaubere Lochung“ sind einige der in Tab. 9 aufgeführten Gasquellen aber kaum relevant. Ausschliessen können wir, die klassischen Frühblähungen (Gemischtsäuregärung, Hefegärung) sowie – aus oben erwähnten Gründen - die Spätblähungen und Nachgärungstypen.

4.2 Propionsäuregärung

Der Verlauf der Propionsäuregärung kann die Beschaffenheit der Löcher ebenfalls beeinflussen. Während eine langsame Propionsäuregärung der Diffusion von CO₂ mehr Zeit lässt und damit tendenziell zu weniger, aber schön ausgebildeten Löchern führt, lässt eine stürmische Propionsäuregärung das Gas schneller die Sättigungsgrenze in der wässrigen Phase unterschreiten und die Löcher öffnen sich rascher, was die Gefahr von hochovalen und/oder unsauberen Löchern erhöht.

Faktoren, welche die Propionsäuregärung beschleunigen, sind:

- Hohe Impfmenge der Propkulturen
- Kultur Prop 01 statt Prop 96
- Abwesenheit oder tiefe Keimzahl der fakultativ heterofermentativen Laktobazillen
- Höherer pH-Wert (beschleunigt das Wachstum der Propionsäurebakterien, verbessert aber auch die CO₂-Löslichkeit im Teig)
- Hohe Gärraumtemperatur (verbessert zwar Teigelastizität, beschleunigt aber die Propionsäuregärung und reduziert die CO₂-Löslichkeit im Teig)

Weitere Faktoren, welche hier beachtet werden sollten, sind:

- die Fetthärte (Oelsäureanteil), welche die Teigelastizität im Winter negativ beeinflusst,
- das Vorlagern der Käse nach dem Salzbad.

4.3 Fehlgärungen im Zusammenhang mit unsauberer Lochung

Von den in Tabelle 9 aufgelisteten Gasquellen im Käse fördern beim Emmentaler am ehesten jene die Ausbildung von unsauberen Löchern, welche früh oder zeitgleich mit der Propionsäuregärung wirksam sein können. Dazu zählen beim Emmentaler:

- die Heterofermentative Vergärung von Laktose bzw. Galaktose und Laktat durch obligat heterofermentative Milchsäurebakterien
- Gasbildung durch anaerobe Sporenbildner wie *Cl. butyricum*

Tabelle 9: Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

	Verursachende Mikroorganismen	In der Praxis beobachtete Gasmengen	Zeitpunkt
Heterofermentative Vergärung von Laktose 1 Laktose --> 2 Laktat + 2 Acetat (ev. Ethanol) + 2 CO ₂ (1) (2)	OHLb, z.B. <i>Lb. buchneri</i>	0.08 – 0.5 L/kg	Erste 24 h
Buttersäuregärung 2 Laktat --> Butyrat + 2 CO ₂ + 2 H ₂ (1) (2) 1 Glukose --> 1 Butyrat + 2 CO ₂ + 2 H ₂ (1) (2)	<i>Clostridium tyrobutyricum</i> , seltener auch <i>Cl. butyricum</i>	bis 2.8 L/kg	1d bis 4 Monate
Decarboxylierung von Aminosäuren Aminosäure --> biogenes Amin + 1 CO ₂	Enterokokken, OHLb	bis 0.35 L/kg	Typische Nachgärung
Decarboxylierung von Glutaminsäure Glutaminsäure --> GABA + 1 CO ₂	Gewisse Stämme von <i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. plantarum</i> etc.	bis 0.25 L/kg	Typische Nachgärung
Propionsäuregärung (Normaler Weg) 2 Laktat --> 2 Propionat + 1 Acetat + 1 CO ₂ + 1 H ₂ O	Propionsäurebakterien	0.5 – 1.0 L/kg	Begünstigt durch hohe pH-Wert und höhere Lagertemperatur
Propionsäuregärung (Aspartatvergärung) 1 Laktat + 2 Aspartat --> 1 Acetat + CO ₂ + 1 Succinat + 2 NH ₃ (1)	Gewisse Stämme von Propionsäurebakterien	bis 0.56 L/kg	Begünstigt durch starke Proteolyse
Laktatvergärung zu Acetat 2 Laktat --> Acetat + CO ₂ + 1,2-Propandiol (2)	Gewisse Stämme von OHLb, z.B. <i>Lb. buchneri</i>	0.35 L/kg	Bei tiefer Keimzahl langsam laufender Prozess
Citratvergärung 1 Citrat --> 2 Acetat + 1 Formiat + 1 CO ₂ (1) (2)	FHLb und div. mesophile Streptokokken (Säurewecker)	ca. 0.2 L/kg	
Gemischtsäuregärung Laktose/Glukose --> Acetate + Formiat + Laktat + CO ₂ + H ₂ (1) (2)	<i>E. coli</i> sowie gewisse Bacillusarten (z.B. <i>B. licheniformis</i>)		Selten, in Halbhart- und Weichkäse vorkommend
Laktatveratmung durch Hefen 1 Laktat + 3 O ₂ --> 3 CO ₂ + H ₂ O	<i>Kluyveromyces lactis</i>		Selten, in Halbhartkäse vorkommend Lochung unter der Rinde
Zuckervergärung durch Hefen 1 Glucose --> 2 Ethanol + 2 CO ₂ (1) (2)	Diverse Hefen		Selten, in Halbhartkäse vorkommend

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 vorkommend

5 Kontrollmöglichkeiten zur Verhinderung von Teigfehlern und unsauberer Lochung

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.

5.1 Lieferantenmilch / Verarbeitungsmilch

Um weissem, kurzem Käseteig vorzubeugen, haben sich nachfolgende Proben bewährt.

Käsereiprüfungen	Labor
<ul style="list-style-type: none"> Vorbebrütete Reduktase Luzernerprobe Gärprobe 	<ul style="list-style-type: none"> OK-Kontrolle Salztolerante Enterobacteriaceen Fremdkeime

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.

5.2 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 (Randzone) nach einem Tag. Das Abfüllsystem kann mit einer Sirtenprobe vor dem Abfüllen aus dem Fertiger und einer Sirtenprobe aus der Presswanne überwacht werden.

5.3 Messungen der Milchsäuregärung

Im Abschnitt Milchsäuregärung sind die Sondenwerte aus der Versuchskäserei Uettligen in der Abbildung 8 ersichtlich.

Wir empfehlen, den Kultureneinsatz und die Vorreifung der Kessmilch so einzustellen, dass der Säuregrad der Sonde 2h zwischen 10-12°SH liegt. Extreme unter 9° und über 13°SH sind zu vermeiden. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Werte zwischen den Käsereien empfehlen wir, als 0h der Beginn Anpressen zu definieren.

Der Normbereich für die Labgärmolke ist 40° bis 45°SH. Tiefe Werte (< 35°SH) sind für eine schwache Laktobazillensäuerung typisch. Die Käse neigen zu Teig- und Geschmacksfehler.

Hohe Werte (> 45°SH) sind typisch für eine intensive Laktobazillensäuerung. Verursacher einer zu starken Endsäuerung können unerwünschte Laktobazillen sein.

5.4 Emmentaler 24 Stunden

Ein langer, trockener Teig der eintägigen Käseprobe ist ein gutes Indiz, dass sich die Teigbeschaffenheit während der Käsereifung normal entwickelt. Sie ist aber kein Garant dafür.

Sind die eintägigen Käse (Randprobe) im pH-Wert tief (Untersuchung im Labor, < 5.20), ist die Milchsäure zu bestimmen. Hohe Milchsäuregehalte über 130 mmol/kg und tiefe L-Milchsäuregehalte (< 50 mmol/kg) geben Anlass, die Vorreifung, die Bruchbereitung und den Wasserzusatz zu hinterfragen.

Weitere gute Untersuchungsparameter für die Prognose im eintägigen Käse sind der Wassergehalt (Randprobe: 370-385g/kg) und bei Ausreifbarkeitsproblemen die Keimdichte der fakultativ heterofermentativen Laktobazillen (FHLb) (> 200'000 KbE/g).

5.5 Emmentaler 3 Wochen

Weitere Indikatoren für die spätere Käsequalität sind:

- Citratgehalt, eventuell Keimdichte FHLb
- freie Aminosäuren (OPA)

Die einzuhaltenden Sollwerte sind in der Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Sollwerte im Emmentaler nach 3 Wochen

Kriterium	Normbereich
Citratgehalt	< 1 mmol/kg
Keimdichte FHLb	> 100 Mio./g
Freie Aminosäuren	≤ 40 mmol/kg

5.6 Reifer Käse

Verschiedene Analysen im reifen Käse (Tabelle 11) geben Anhaltspunkte zur Käsequalität. Bei Käsefehler lassen sich oft Rückschlüsse auf die Ursachen ziehen.

Tabelle 11: Empfehlenswerte Kontrollanalysen im reifen Emmentaler

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 > 5.70 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 > 160 mmol/ kg = Gefahr für weissen, kurzen Teig
Fettsäuremuster	Einzellaib- oder Durchschnittsprobe von mehreren Laiben	Ein Verhältnis Oelsäure/Palmitinsäure <0.80 bedeutet, dass ein zu hartes Milchfett vorliegt.

