



PROTEOLYSE- UND REIFUNGS- PROGNOSE BEI EMMENTALER

Diskussionsgruppen

Autoren

Ruedi Amrein, Hans Winkler, Ernst Jakob
Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras,
CH-3003 Bern





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches
Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP -Haras

Impressum

ISSN	1661-0814 (online) /11.10.2012
Herausgeberin	Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras Schwarzenburgstrasse 161, CH-3003 Bern Tel. +41 (0)31 323 84 18, Fax +41 (0)31 323 82 27 info@alp.admin.ch, www.agroscope.ch
Fotos	Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras
Gestaltung	RMG Design, CH-1700 Fribourg
Copyright	© 2012 ALP-Haras Nachdruck bei Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplars an die Herausgeberin gestattet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Teigfehler im Winter 2011/12	5
3	Untersuchungsergebnisse ALP der Winter Emmentaler 2011 / 12	6
4	Optimierung der Probenahme für die Proteolyseprognose	7
4.1	Versuchsplan	7
4.2	Ergebnisse	8
4.3	Fazit für die Praxis	11
5	Verstehen der Prozesse beim Entstehen von kurzem, weissem Teig	13
5.1	Versuchsplan	13
5.2	Ergebnisse	13
5.3	Schlussfolgerungen	14
5.4	Empfehlung für die Praxis	15
6	Anleitung zur Probefassung für die Proteolyseprognose (OPA-Wert)	15
7	Richtwerte bezüglich OPA-Wert im 20-tägigen Emmentaler	16

1. Einleitung

Emmentaler Käse soll im Alter von 3 Monaten einen farblich und rheologisch ausgeglichenen Teig aufweisen. Zu kurzer, weisser Käseteig ist während der weiteren Käserreifung anfälliger für Gläsbildung und wird sensorisch öfters als frühreif beurteilt.

Die Beratung verfügt mit der Bestimmung des OPA-Wertes über eine Methode, welche sich bei der Ursachenabklärung von Teigfehlern beim Emmentaler bewährt hat. Allerdings taugt der OPA-Wert, so wie die Probenahme bisher erfolgte, nicht als Instrument für die Früherkennung einer zu intensiven Proteolyse. Ein solches Instrument ist aber unbedingt notwendig, um frühzeitig korrigierend eingreifen zu können.

Der vorliegende Diskussionsgruppenstoff fasst die Erkenntnisse aus zwei Praxiserhebungen zusammen. In der ersten Arbeit wurde geprüft, ob sich die Aussagekraft der OPA-Werte durch eine genau definierte Probenahme verbessern lässt. Die zweite Arbeit hatte zum Ziel, die Entstehung des Teigfehlers „weiss und kurz“ besser zu verstehen.

Wie jedes Jahr wird auch der nächste Winter eine grosse Herausforderung für alle Käser und Käsereiberater sein. Dieses ALP-Forum soll helfen, sich anbahnende Teigprobleme frühzeitig zu erkennen und zu korrigieren.

2. Teigfehler im Winter 2011/12

Etwa zwei Drittel aller Monatspartien von Emmentaler Käse wiesen im Winter 2011/12 Teigfehler auf. Der Hauptfehler war größtenteils ein kurzer Teig, vorwiegend unter dem Narben. Manche November- und Dezemberkäse zeigten auch einen festen Teig. Etliche Käser vermuten, dass den Inhaltsstoffen der Rohmilch, speziell dem angestiegenen Eiweißgehalt, eine zentrale Bedeutung zukommt.

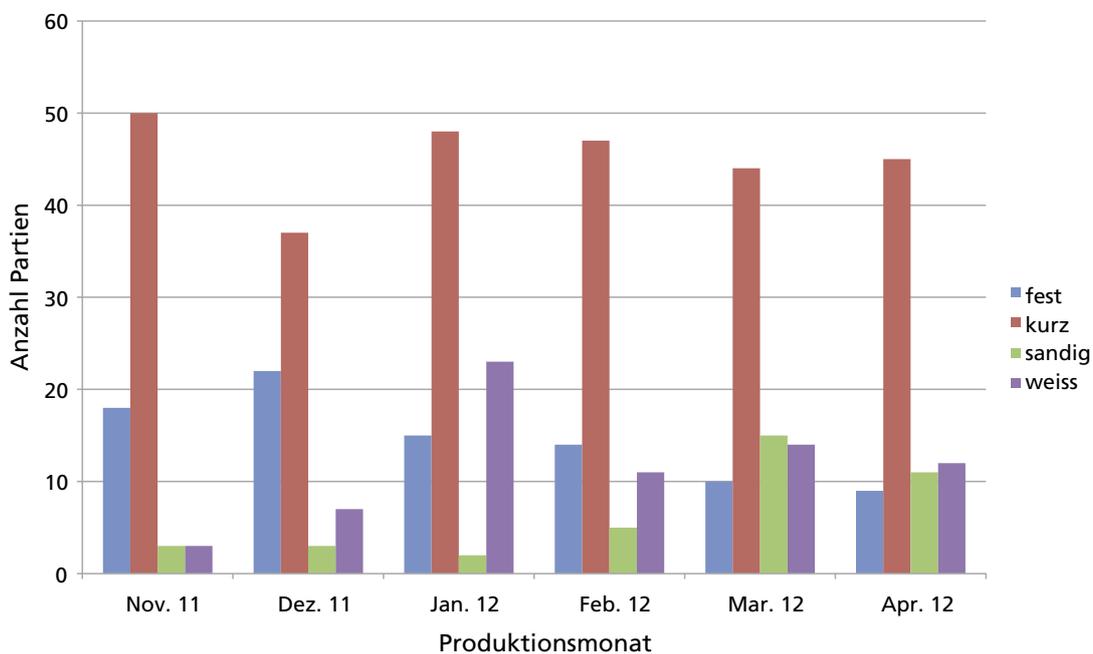


Abb. 1: Anzahl Partien mit den Teigfehlern „fest“, „kurz“, „sandig“ und „weiss“ im Winter 2011/12

3. Untersuchungsergebnisse vom Winter 2011/12

Im letzten Winter wurden in 9 Emmentaler-Käsereien zwei bis sechsmal die freien Aminosäuren (OPA) unter dem Narben untersucht. Größtenteils handelte es sich um Luzerner Mulchen, welche im Winter 2010/11 mit schwerwiegenden Teigfehlern und mit entsprechend hohen Anteilen Zweitklasskäse zu kämpfen hatten. Einen Zusammenhang zwischen den OPA-Werten und der Teignote anlässlich der AOC-Taxation konnte aber nicht ermittelt werden, da nicht Gleiches mit Gleichem verglichen wurde. Für die Bestimmung des OPA-Wertes wurde eine Probe aus einem Einzellaib, speziell unter dem Narben gefasst. Die Taxation des Teiges bezog sich dagegen auf die gesamte Monatspartie und auf den Teig insgesamt und nicht nur auf den Teig unter dem Narben.

Da sich der Teigfehler „weiss und kurz“ am stärksten unter dem Narben manifestiert, wurden versuchsweise Proben vom Teig unter dem Narben von 20-tägigen Käsen untersucht.

In 12 Emmentaler Käsereien wurden 48 Mischproben aus den Partien von November 2011 bis April 2012 erhoben. Dreifünftel dieser Proben wiesen einen erhöhten OPA-Wert auf. Dies erstaunt wenig, da es sich um Käse mit Lochungs- und Teigfehlern handelt. Weisser, kurzer Teig zeigt immer einen erhöhten OPA-Wert, was bei nestiger Lochung oder Nachgärung nicht sein muss.

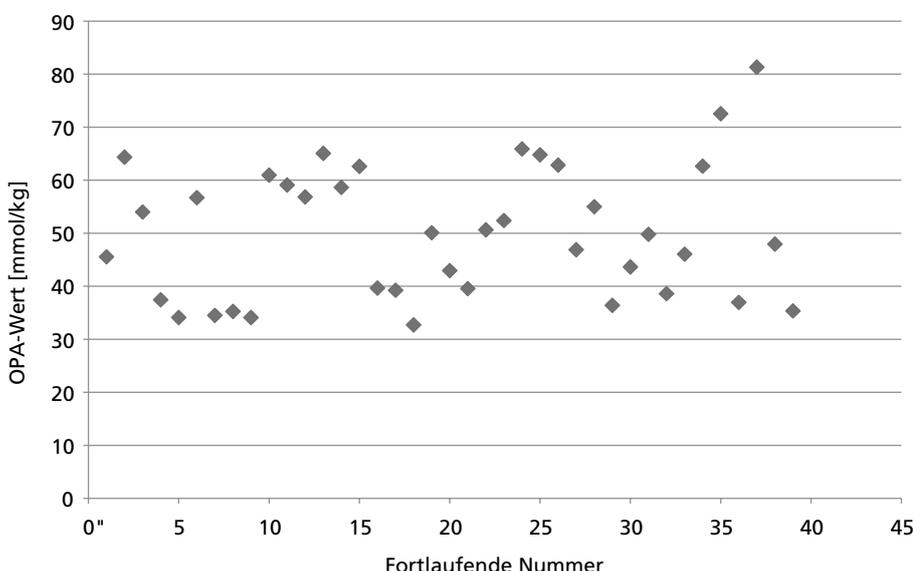


Abb. 2: OPA-Werte im Teig unter dem Narben von zwanzigtägigen Emmentaler-Käsen produziert im Zeitraum von November 2011 bis April 2012

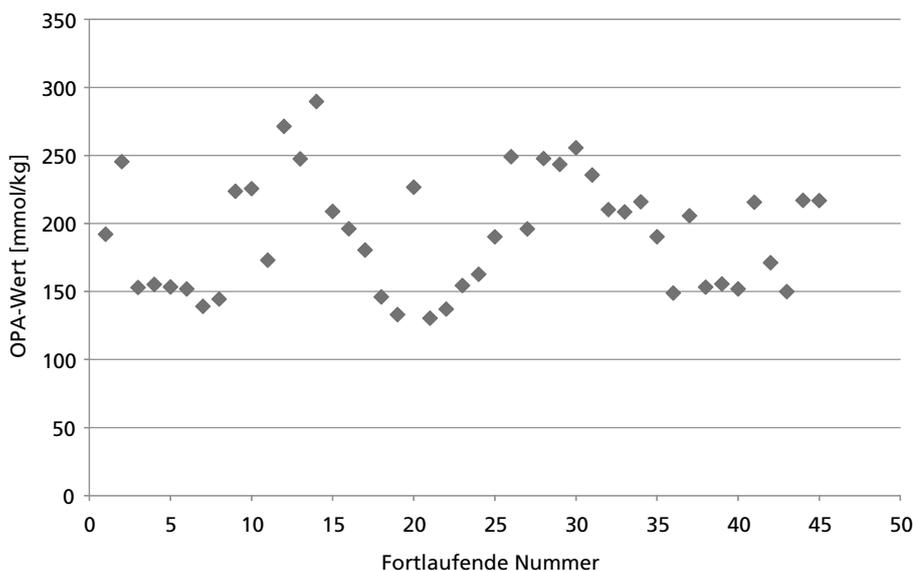


Abb. 3: OPA-Werte in Bohrproben von viermonatigen Emmentaler-Käsen produziert im Zeitraum von November 2011 bis April 2012

4. Optimierung der Probenahme für die Proteolyseprognose

4.1 Versuchsplan

4.1.1 Käseauswahl

In sechs gut produzierenden Emmentaler-Käsereien sowie in sechs Betrieben, deren Käse regelmässig durch kurze Teigbeschaffenheit auffielen, wurde aus der Tagesproduktion vom 27. August 2011 je ein Käselaib im Alter von 20, 50 und 90 Tagen beprobt. Dabei wurden aus zwei definierten Zonen (siehe Probenahmeskizze, Abb. 4) Käseproben gefasst.

4.1.2 Praxisumfrage bei den 12 beteiligten Käsereien

Die ausgewählten Käsereien wurden durch die Käsereikon-sulten betreut. Dabei wurden folgende Informationen erfragt:

- Milchlogistik, Milchmenge, Milchlagerung
- verwendete Starterkulturen
- Fabrikationsparameter
- Säuerungskontrollen
- Vorlagerung und Heizungsdauer

4.1.3 Durchgeführte Analysen

Die Käse wurden bei ALP auf folgende Prüfmerkmale untersucht:

Rheologische Analyse (uniaxialer Kompressionstest)

- **Deformation beim Bruch:** Messung der Stauchung in % der Ursprungslänge des Käsezylinders in jenem Moment, wo der Zylinder durch die Deformation bricht. Die Bruchdeformation ist das Mass für die Teigkonsistenz - lang bis kurz, beziehungsweise mehr oder weniger elastisch.
- **Kraft bei Bruch:** Angabe der Kraft (Newton), die zum dem Zeitpunkt einwirkt, wo der Käsezylinder bricht. Die Kraft bei Bruch ist das Mass für Konsistenz und Festigkeit - lang bis kurz und weich bis fest.
- **Kraft bei 33.3% Deformation:** Messung der Kraft (Newton), die aufgewendet werden muss, um den Zylinder auf 33,33 % seiner Ursprungslänge zu stauchen. Die Druckspannung ist ein Mass für die Festigkeit – weich bis fest.

Enzymatische und biochemische Analysen

- freie Aminosäuren (OPA-Wert)
- Leucin-Aminopeptidase-Aktivität (LAP)
- Gesamtmilchsäure (GMS),
- D-Milchsäure (D-MS)
- L-Milchsäure (L-MS)

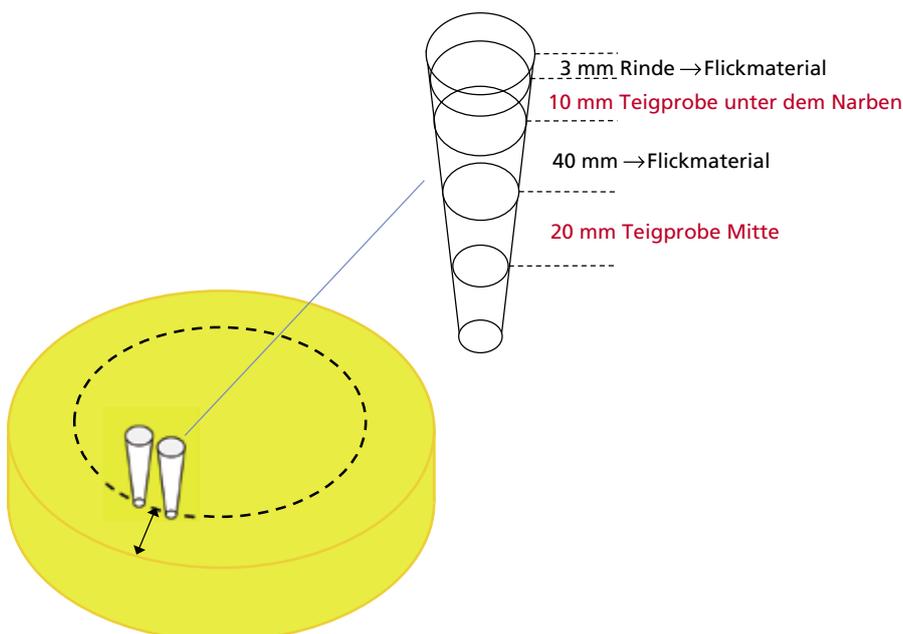


Abb. 4: Probenahmeskizze. „Flickmaterial“, Foodplast und Baumwollgaze dienen zum sicheren Verschliessen der Bohrlöcher.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Rheologische Teiganalyse und Proteolyseverlauf

Dank der Miniaturisierung der Aufarbeitung der Probe (geringere Probenmenge) kann die schadhafte Teigstelle gezielter untersucht werden. Die Analysenwerte sind dadurch bedeutend aussagekräftiger, und zwar über die gesamte Reifungsdauer. Das zeigt sich vor allem in Bezug auf den OPA-Wert, bzw. die freien Aminosäuren, wo es im Unterschied zu früheren Versuchen gelang, normal reifende Käse in jedem Stadium der Reifung von Käsen mit zu starker Proteolyse zu unterscheiden (siehe Tab. 1 und Abb. 5).

Wie Tabelle 1 zeigt, sind die Unterschiede zwischen den Käseereien in Bezug auf den OPA-Wert im Teig unter dem Narben sehr gross, besonders nach 90 Tagen Reifung. Allerdings zeigten nicht ganz alle Käse, die aufgrund der Taxation als „kurz“ beurteilt wurden, tatsächlich einen hohen OPA-Wert. Im Grossen und Ganzen zeigen jedoch die beiden Gruppen „kurz“ und „lang“ auch in Bezug auf den OPA-Wert einen klaren, signifikanten Unterschied. Bemerkenswerterweise trifft dies auch für den LAP-Wert zu, wo der t-Test in jedem Alter einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen zeigt.

Emmentaler mit langer Teigbeschaffenheit weist im Alter von 20, 50 und 90 Tagen unter dem Narben tiefere Mengen freier Aminosäuren, d.h. einen tieferen OPA-Wert auf.

Tab. 1: Entwicklung der freien Aminosäuren (OPA-Wert) und des Enzyms LAP in Emmentaler Käse unter dem Narben

Käserei Nr.	Teig-Rheologie (nach 90 Tagen)			Alter der Käse 20 Tage		Alter der Käse 50 Tage		Alter der Käse 90 Tage	
	Deformation bei Bruch	Kraft bei Bruch	Kraft bei 33.3 % Def.	OPA-Wert	LAP	OPA-Wert	LAP	OPA-Wert	LAP
	%	Newton	Newton	mmol/kg	IE	mmol/kg	IE	mmol/kg	IE
1 (kurz)	45.4	38.6	28.4	66	3.2	201	3.7	290	4.6
2 (kurz)	47.9	34.7	24.8	59	1.2	154	2.3	216	1.9
3 (kurz)	50.3	50.7	31.0	49	0.6	171	2.0	228	1.9
4 (kurz)	51.2	48.4	30.7	57	1.2	154	2.5	213	2.7
5 (kurz)	51.4	51.5	27.3	50	0.9	138	1.6	171	2.0
6 (kurz)	54.9	35.6	17.3	92	1.4	234	2.3	275	3.1
7 (lang)	56.9	49.2	21.7	44	0.6	137	0.8	178	0.8
8 (lang)	58.3	48.5	20.5	45	0	130	0	181	0.9
9 (lang)	59.7	47.3	20.1	30	0.6	118	0.8	142	0.6
10 (lang)	61.4	47.2	15.9	36	0.7	106	1.5	160	2.1
11 (lang)	63.7	56.0	17.0	41	0.4	110	0.8	154	1.4
12 (lang)	64.0	54.3	16.8	40	0	127	0.6	152	1.4
MW kurz	50.2	43.2	26.6	62	1.4	175	2.4	232	2.7
s kurz	3.3	7.8	5.1	16	0.9	36	0.7	44	1.1
MW lang	60.7	50.4	18.6	39	0.4	121	0.8	161	1.2
s lang	2.9	3.8	2.4	5.4	0.3	12.1	0.5	15.3	0.5
t-Test (kurz vs. lang)	***	n.s.	*	*	*	**	**	*	*

Legende: MW = Mittelwert; s = Standardabweichung; t-Test * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

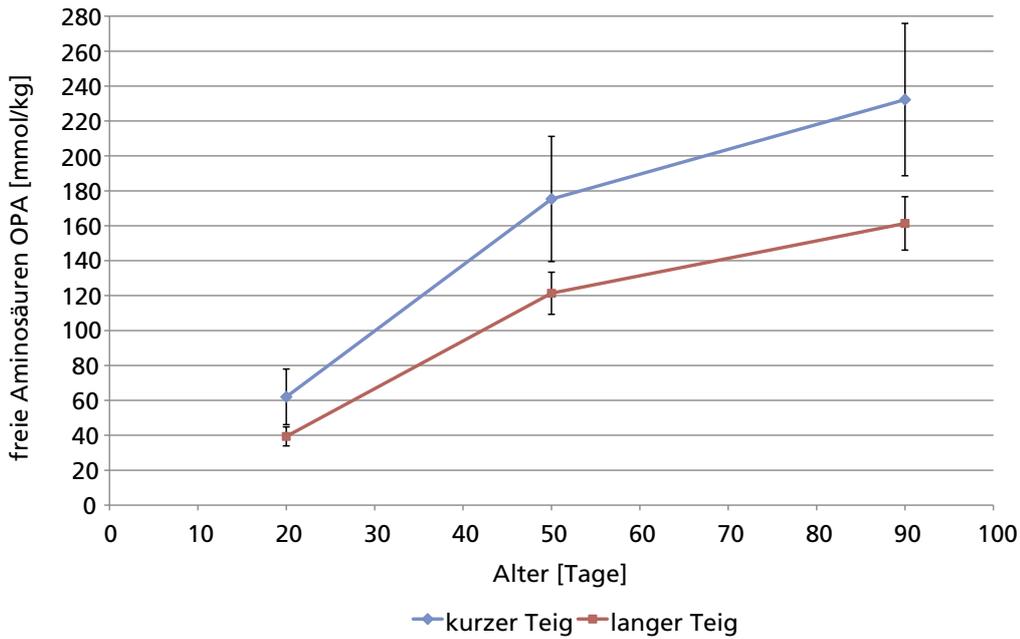


Abb. 5: Entwicklung des OPA-Wertes unter dem Narben bei Emmentaler mit kurzem bzw. langem Teig (Mittelwerte und Standardabweichung)

4.2.2 Proteolyseprognose im Teig unter dem Narben

Der OPA-Wert gemessen nach 20 Tagen korreliert eng mit den OPA-Werten nach 50 Tagen ($r=0.937$) und 90 Tagen ($r=0.878$). Der OPA-Wert gemessen nach 20 Tagen erlaubt somit eine gute Prognose bezüglich des weiteren Verlaufs der Proteolyse (siehe Abb. 6 und Tab. 2).

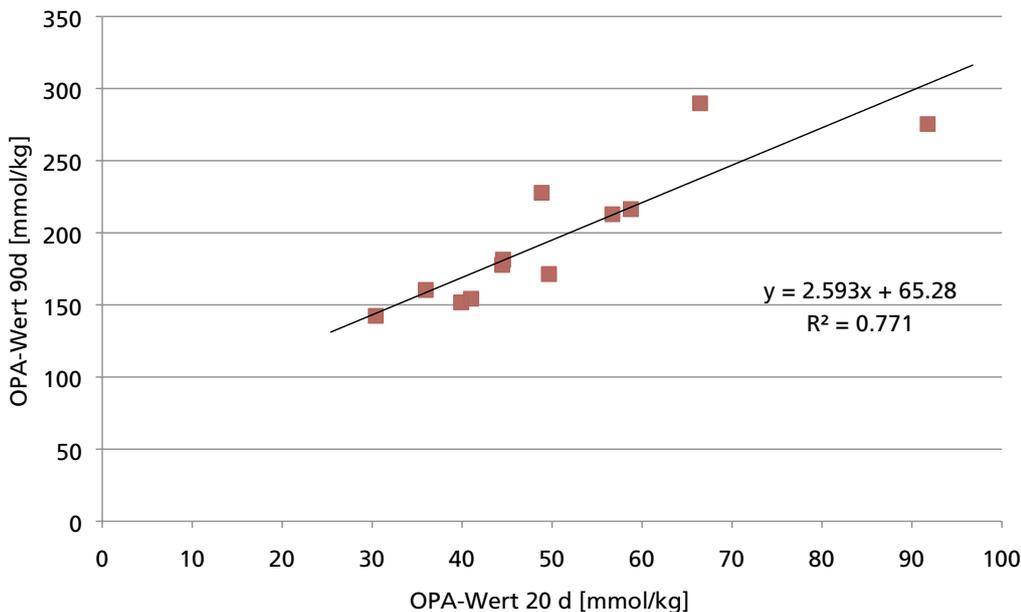


Abb. 6: Korrelation OPA 20d / OPA 90d

Tab. 2: Korrelationen der wichtigsten untersuchten Prüfkriterien (unter dem Narben)

Alle Werte unter dem Narben gemessen	Def. % 90d	Kraft Bruch 90d	Kraft 33.3 % 90d	OPA 20d	LAP 20d	OPA 50 d	LAP 50d	OPA 90d	LAP 90d
Deformation % 90d	1.000	0.604	-0.841	-0.559	-0.737	-0.642	-0.811	-0.758	-0.638
Kraft Bruch 90d		1.000	-0.119	-0.719	-0.658	-0.693	-0.631	-0.728	-0.550
Kraft 33.3 % 90d			1.000	0.202	0.450	0.340	0.592	0.457	0.391
OPA 20d				1.000	0.606	0.937	0.660	0.878	0.709
LAP 20d					1.000	0.667	0.906	0.797	0.894
OPA 50d						1.000	0.711	0.942	0.726
LAP 50d							1.000	0.826	0.912
OPA 90d								1.000	0.837
LAP 90d									1.000

Bemerkenswert ist auch die enge Korrelation zwischen LAP-Wert im 20-tägigen Käse und der Teigelastizität des gereiften Käses (siehe Tab. 2: Deformation % 90d). Je höher der LAP-Wert desto kürzer wird der Teig ($r=-0.737$). Auch mit dem OPA-Wert nach 90 Tagen korreliert der LAP-Wert gut ($r=0.797$), wie Abbildung 7 zeigt. Nach Elimination des einen Extremwertes lassen sich immer noch rund 50 % der Variation des OPA-Wertes nach 90 Tagen durch die Unterschiede im LAP-Wert nach 20 Tagen erklären.

Dies deutet darauf hin, dass die regelmässige Messung des LAP-Wertes im jungen Emmentalerkäse auch heute noch seine Berechtigung hat, gerade in Betrieben, die mit dem Problem zu starker Proteolyse kämpfen.

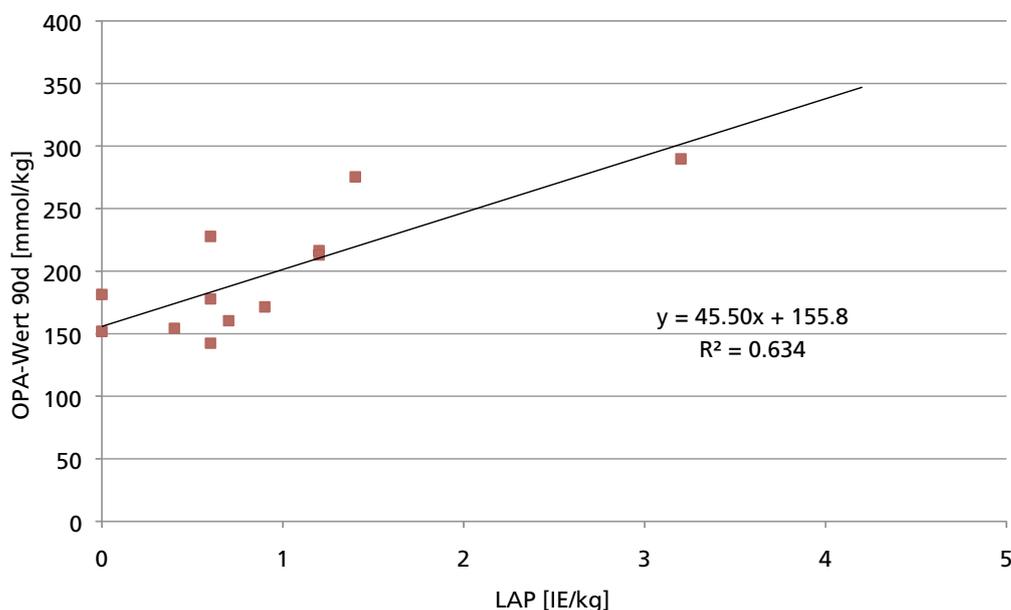


Abb. 7: Korrelation zwischen LAP-Wert nach 20 Tagen und dem OPA-Wert nach 90 Tagen.

4.2.4 Proteolyse, beurteilt mittels der Differenzen uN und Mitte

Da der kurze Teig vorzugsweise unter dem Narben auftritt und eventuell – so eine Hypothese – durch äussere Faktoren, wie z.B. durch raschere Auskühlung bedingt ist, entstand die Idee, die Ergebnisse der Kernzone als „Referenzwerte“ zu verwenden und die Ergebnisse der Randzone im Vergleich zu diesen „Referenzwerten“ zu beurteilen.

Trotz vieler signifikanter Korrelationen zwischen den Differenzwerten der verschiedenen Parameter ergaben sich hier keine besseren Aussagemöglichkeiten als anhand der in der Randzone gemessenen Werte. Lediglich die Feststellung, dass der LAP-Wert in der Randzone des 20-tägigen Käses sehr eng mit der OPA-Differenz Rand-Zentrum 90 Tage korreliert, ist bemerkenswert ($r = 0.886$).

Je höher also der LAP im jungen Käse, desto stärker steigt der OPA-Wert unter dem Narben im Vergleich zur Laibmitte.

4.2.5 Auswertung der Fabrikationsdaten

Beim Vergleich der Fabrikationsdaten zwischen den zwei Gruppen „kurzer Teig“ und „langer Teig“ zeigten sich keine eindeutigen Unterschiede. In der Tendenz reifen Betriebe mit normal-langem Käseteig die Kessmilch häufiger mit mesophilen Kulturen vor. Sie produzieren meist leichtere Laibe und wenden deshalb höhere Brenn- und Ausziehtemperaturen an.

4.3 Fazit für die Praxis

Dank genauer Probenahme im 20-, 50- und 90-tägigen Emmentaler (siehe unter Punkt 4.4) konnte gezeigt werden, dass anhand einer Böhrlingsprobe der Randzone des 20 Tage alten Emmentalers (Teigprobe 3-13mm uN) und anschliessender OPA-Analyse (ev. in Kombination mit einer LAP-Bestimmung) eine gute Prognose hinsichtlich der späteren Teigbeschaffenheit und des OPA-Wertes im 90-tägigen Käse möglich ist.

OPA-Werte von über 45 mmol/kg im 20-tägigen Emmentaler (uN) sind Indiz einer zu intensiven Proteolyse in die Tiefe und zeigen ein stark erhöhtes Risiko an bezüglich der Entstehung des Käsefehlers „kurz unter dem Narben“.

LAP-Werte von über 1 mmol/kg in der Randzone des 20-tägigen Emmentalers, insbesondere Werte von über 2 mmol/kg weisen auf eine zu starke Peptidase-Aktivität im Käse hin und lassen zu hohe OPA-Werte im reifen Käse erwarten. Rund 50 % der Variation des OPA-Wertes nach 90 Tagen lässt sich anhand der Unterschiede beim LAP-Wert erklären.

Neben der Rohmilchqualität könnten betriebsspezifische Fabrikationsparameter einen Einfluss auf die Proteolyse haben, auch wenn dies in der Erhebung nicht klar zu eruieren war.

5. Verstehen der Prozesse beim Entstehen von kurzem, weissem Teig

5.1 Versuchsplan

5.1.1 Käseauswahl

Aus 6 Laiben Emmentaler von drei verschiedenen Käseereien wurden bei der Emmi Fondue AG und der Milka Käse AG in Burgdorf Käsestücke à 1.5-2 kg mit kurzem, weissem Teig unter dem Narben sowie separat eine zweite Probe aus Mitte mit normal langem Teig bei gefasst (Abb. 8). Verglichen wurden diese mit Proben von 6 gleichaltrigen Käsen mit einwandfreiem langem Teig unter dem Narben. Die Firma Emmi Käse AG in Kirchberg stellte diese Proben ab Vorverpackung zur Verfügung. Die Teigproben „unter dem Narben“ und „Mitte“ wurden im Labor analog zu Abb. 4 aus den Käsestücken herausgeschnitten.

Es erwies sich als schwierig, genügend Käse zu finden, die den Fehler „kurz unter dem Narben“ in typischer Ausprägung aufwiesen, im Zentrum aber eine gute Teigqualität zeigten. Deshalb mussten teilweise fehlerhafte Käse verschiedener Tagesproduktion aus demselben Käseereibetrieb beprobt werden, wogegen die 6 Proben von qualitativ guten Käsen wunschgemäß aus 6 verschiedenen Käseereien stammten.



Abb. 8: Käseprobe (7 x 7 cm Grundriss) gefasst in 10 cm Distanz zur Järbseite (kürzester Abstand einer Schnittfläche zur Järbseite).

5.1.2 Durchgeführte Analysen

Von den insgesamt 13 Käsen wurden bei ALP folgende Merkmale bestimmt:

Inhaltsstoffe	Gärungsprodukte
<ul style="list-style-type: none"> • Trocknungsverlust • Fett • Fett in Trockenmasse • wff • pH-Wert • Natriumchlorid 	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamt-Milchsäure • L-Milchsäure • D-Milchsäure • LAP
Teigfestigkeit	Reifungsprodukte
<ul style="list-style-type: none"> • Fettsäurezusammensetzung 	<ul style="list-style-type: none"> • freie Aminosäuren (OPA-Wert) • freien Aminosäure einzeln • biogene Amine

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Inhaltsstoffe und Gärungsprodukte des Käseteiges

Bezüglich der Mengenbestandteile und der pH-Werte zeigte sich nur beim pH-Wert unter dem Narben ein signifikanter Unterschied (siehe Tab.4). Der leicht höhere pH-Wert in der Randzone der fehlerhaften Käse hängt teilweise mit den höheren Gehalten an biogenen Aminen zusammen (siehe weiter unten). Rund 40% der Variation des pH-Wertes lassen sich anhand der Unterschiede im Gehalt an biogenen Aminen erklären ($r^2 = 0.403$).

Es resultierten keine Unterschiede bezüglich Milchsäuregärung und Leucin-Aminopeptidase-Aktivität (LAP). Allgemein waren die LAP-Werte in der Zone unter dem Narben höher als im Zentrum.

Tab. 4: Vergleich der Käse mit und ohne Teigfehler – pH-Wert, Mengenbestandteile und Gärungsprodukte der Käse

Analyse	Probestelle	Einheit	weiss & kurz uN		gute Qualität		t-Test
			MW	s	MW	s	
pH-Wert	uN		5.72	0.02	5.69	0.02	*
Trocknungsverlust	uN	g/kg	296	11	294	10	
Natriumchlorid	uN	g/kg	4.5	0.9	4.4	0.8	
Gesamt-Milchsäure	uN	mmol/kg	83	17	85	7	
L-Milchsäure	uN	mmol/kg	42	10	42	5	
D-Milchsäure	uN	mmol/kg	41	8	43	3	
LAP	uN	IE/kg	4.6	1.8	3.7	1.7	
pH-Wert	Mitte		5.68	0.02	5.69	0.02	
Trocknungsverlust	Mitte	g/kg	363	3	365	12	
Fett	Mitte	g/kg	310	9	314	10	
Fett in Trockenmasse	Mitte	g/kg	487	13	495	8	
wff	Mitte	g/kg	527	6	533	11	
Natriumchlorid	Mitte	g/kg	4	1.6	4.1	1.3	
Gesamt-Milchsäure	Mitte	mmol/kg	57	21	66	8	
L-Milchsäure	Mitte	mmol/kg	29	12	31	5	
D-Milchsäure	Mitte	mmol/kg	27	9	34	5	
LAP	Mitte	IE/kg	1.7	0.3	1.8	0.3	

Legende: uN = unter dem Narben; MW = Mittelwert, s = Standardabweichung
t-Test: * = $P < 0.05$

5.2.2 Zusammensetzung des Milchfettes

Die Fettsäurezusammensetzung wurde nur in den Proben aus der Laibmitte untersucht. Es wurden keine wesentlichen Unterschiede festgestellt, was nicht überrascht, da die Teigfestigkeit im Zentrum bei beiden Gruppen ähnlich war. Das Verhältnis Ölsäure / Palmitinsäure, welches ein Mass für die Fetthärte ist, war bei beiden Gruppen ähnlich. Beide Käsegruppen wiesen ein hartes Winterfett auf, denn das Verhältnis Ölsäure / Palmitinsäure lag unter dem empfohlenen Wert von ≥ 0.8 .

5.2.3 Eiweissabbau

Emmentaler mit kurzem, weissem Teig ist in der Zone unter dem Narben proteolytisch stärker abgebaut als solcher mit einwandfreiem Teig. Signifikante Unterschiede zeigten sich in der Summe der freien Aminosäuren, beim OPA-Wert und - nicht überraschend - auch bei einzelnen freien Aminosäuren (siehe Tab. 5). In der Laibmitte sind die Unterschiede zwischen den Gruppen „kurz, weiss uN“ und „normaler Teig“ weniger ausgeprägt und nur noch bezüglich der Aminosäure Citrullin signifikant, die durch den Abbau der Aminosäure Arginin entsteht. Dies ist ein Hinweis darauf, dass sich Käse von guter und schlechter Qualität bezüglich der proteolytischen Flora der Rohmilch unterscheiden (mehr dazu weiter unten unter „molekularbiologische Untersuchungen“).

Tab. 5: Vergleich der Käse mit und ohne Teigfehler – freie Aminosäuren unter dem Narben und in der Mitte

	Probestelle	Einheit	kurz, weiss uN		normaler Teig		t-Test
			MW	s	MW	s	
freie Aminosäuren (OPA)	uN	mmol/kg	297	46	246	24	*
Summe freie Aminosäuren (HPLC)	uN	mmol/kg	231	33	186	28	*
Citrullin	uN	mmol/kg	3.3	1.2	1.8	0.4	*
freie Aminosäuren (OPA)	Mitte	mmol/kg	239	40	217	14	
Summe freie Aminosäuren (HPLC)	Mitte	mmol/kg	170	33	151	15	
Citrullin	Mitte	mmol/kg	3.1	1.0	1.4	0.4	***

Legende: uN = unter dem Narben; MW = Mittelwert, s = Standardabweichung
 t-Test: * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$

5.2.4 Biogene Amine

In der Gruppe „kurzer, weisser Teig“ waren drei Käseproben im Histamingehalt auffallend hoch. Sie stammen aus derselben Käserei, eine weitere Bestätigung, dass biogene Amine oft ein betriebsspezifisches Problem sind. In der Gruppe „normal langer Teig“ lagen alle Histamin- und Tyraminwerte unter 25 mg/kg und zwar sowohl unter dem Narben als auch in der Laibmitte (Tab. 6).

Die Art und Menge der biogenen Amine ist von der mikrobiellen Flora im Käse abhängig. Für die Tyraminbildung im Käse sind hauptsächlich Enterokokken verantwortlich, Histamin wird in erster Linie durch obligat heterofermentative Laktobazillen, insbesondere *Lb. parabuchneri* gebildet.

5.2.5 Molekularbiologische Untersuchung des Teigs unter dem Narben

Aufgrund der Indizien, dass der Teigfehler „kurz, weiss unter dem Narben“ auch mikrobielle Ursachen hat (wenn nicht sogar vorwiegend), wurden Randproben molekularbiologisch auf die Anwesenheit von *Lb. helveticus* sowie *Lb. parabuchneri* untersucht. Tatsächlich wurden die beiden Keime in Emmentaler mit kurzem, weissem Teig häufiger nachgewiesen (siehe Tab. 7).

Tab. 6: Vergleich der Käse mit und ohne Teigfehler – biogene Amine unter dem Narben und in der Mitte

	Probestelle	Einheit	kurz, weiss uN		normaler Teig		t-Test
			MW	s	MW	s	
Histamin	uN	mg/kg	174	176	9	9	*
Tyramin	uN	mg/kg	64	17	17	8	***
Biogene Amine total	uN	mg/kg	239	193	27	8	*
Histamin	Mitte	mg/kg	110	155	1	3	
Tyramin	Mitte	mg/kg	47	17	15	8	**
Biogene Amine total	Mitte	mg/kg	160	165	19	12	†

Legende: uN = unter dem Narben; MW = Mittelwert, s = Standardabweichung
 t-Test: † = $P < 0.1$; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$

5.2.6 Unterschiede zwischen Randzone und Zentrum

Wie oben gezeigt wurde, ergaben die Zentrumsproben bezüglich Citrullin und Tyramin signifikante Unterschiede zwischen den Käsen mit normalem Teig und den Käsen mit dem Teigfehler „kurz, weiss uN“. In der Zone unter dem Narben konnten dagegen auch bezüglich pH-Wert und freier Aminosäuren (OPA-Wert) sowie im Histamingehalt signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Von Interesse war auch die Frage, ob sich Randzone von fehlerhaften Käsen stärker vom Teig in der Laibmitte unterscheidet als bei Käsen von einwandfreier Qualität. Tatsächlich zeigen die fehlerhaften Laibe in der Randzone gegenüber der Mitte insgesamt höhere pH-Werte, höhere Konzentrationen an D-Laktat, freien Aminosäuren und biogenen Aminen als die qualitativ guten Käse.

Die Unterschiede zwischen Randzone und Mitte scheinen auch durch das Laibgewicht beeinflusst zu werden. Bei der

Käsegruppe „normaler Teig“ handelte es sich hauptsächlich um leichte Laibe für den Inlandverkauf. Die qualitativ ungenügende Käsegruppe bestand aus schweren und hohen Käseläuben. Als gesichert kann dieser Zusammenhang jedoch nicht gelten.

5.3 Schlussfolgerungen

Bezüglich der wichtigsten Inhaltsstoffe wie Wasser, Fett, Milchsäure sowie der Fettzusammensetzung ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen Käse von guter Qualität und solchen mit dem Teigfehler „kurz, weiss unter dem Narben“. Folgende Aussagen zu den Ursachen von kurzem, weissem Teig unter dem Narben können aber gemacht werden:

- Beim Emmentaler entsteht kurzer, weisser Teig unter dem Narben in der Regel durch eine zu intensive Proteolyse in die Tiefe.
- Keime der Rohmilchflora, namentlich Milchsäurebakterien wie Enterokokken, obligat heterofermentative Laktobazillen und *Lb. helveticus*, spielen bei der Entstehung des Fehlers eine Rolle.
- Unter dem Narben wird das Eiweiss schneller und stärker zu freien Aminosäuren und biogenen Aminen abgebaut. Dies führt zu einem stärkeren pH-Anstieg, was wiederum die Proteolyse fördert. Ein Teufelskreis!

5.4 Empfehlung für die Praxis

- Kontaminationen mit unerwünschten Milchsäurebakterien bei der Gewinnung, Lagerung- und Verarbeitung der Milch so tief wie möglich halten. Kontrollinstrumente: Luzernerprobe, Keimzählung der Laktobazillen und evtl. der Enterokokken.
- Korrektur der Brenn- und Ausziehtemperatur nach oben reduzieren den LAP-Wert.
- Frühzeitige Kontrolle des Eiweissabbaus in die Tiefe anhand einer Analyse der freien Aminosäuren (OPA-Methode) im 20-tägigen Emmentaler lohnt sich für „Problembetriebe“.

Tab. 7: Vorkommen von *Lb. helveticus* und *Lb. parabuchneri* in Emmentaler mit und ohne Teigfehler (Probenahme unter dem Narben)

	<i>Lb. helveticus</i>				<i>Lb. parabuchneri</i>			
	negativ	Spur	Schwach positiv	Stark positiv	Sehr schwach positiv	Schwach positiv	positiv	Stark positiv
Kurz, weiss uN	1	3	1	2	0	0	4	3
Normaler Teig	3	2	1	0	1	4	1	0

6. Anleitung zur Probefassung für die Proteolyseprognose (OPA-Wert)

Eine definierte Probenahme genau nach Anleitung (siehe Abb. 9) ist wichtig!

Das Probeloch muss mit der Flickprobe verschlossen und mit Baumwollgaze und Foodplast sorgfältig abgedichtet werden.

Die Probe bis zum Versand gefroren lagern und gekühlt an ALP senden.

Probebezeichnung für das Prüfauftragsformular:

- Bewilligungs-Nummer und Name der Käserei
- Fabrikationsdatum
- Käsealter bei Probefassung in Tagen*
- Gärraumaufenthalt des beprobten Laibes in Tagen und Heizungsraumtemperatur in °C*

* Diese Angaben sind für die richtige Interpretation des OPA-Wertes unentbehrlich!

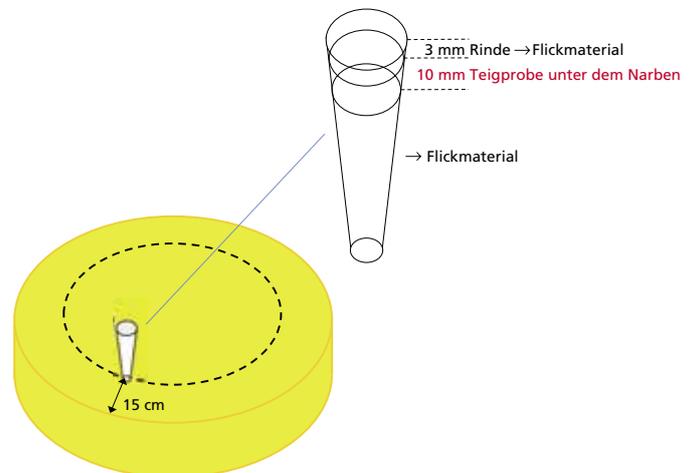


Abb. 9: Entnahme einer vertikalen Bohrspalte für die Proteolyseprognose

7. Richtwerte bezüglich OPA-Wert im 20-tägigen Emmentaler

Liegt der OPA-Wert im 20-tägigen Käse unter 45 mmol/kg, so darf davon ausgegangen werden, dass sich der Teig während der Reifung normal entwickelt. Die in Tabelle 8 angegebenen Richtwerte bedürfen der weiteren Bestätigung durch Praxiserfahrung und sind daher als vorläufig zu betrachten.

Tab. 8: Richtwerte zur Interpretation der OPA-Werte von Teigproben von 20-tägigem Emmentaler-Käse (Probe unter dem Narben).

OPA-Wert uN 20 Tage	≤ 45 mmol/kg:	> 45 - 55 mmol/kg	> 55 mmol/kg:
Zu erwartender OPA-Wert nach 90 Tagen	max. 180 mmol/kg	180 – 210 mmol/kg	> 210 mmol/kg
Prognose Teig-Qualität	garantiert eine normale und gute Teigentwicklung	Entwicklung der Teigqualität ist unsicher	Käse entwickelt sehr wahrscheinlich kurzen bis weissen Teig unter dem Narben

Dank

Wir danken allen, die an den Versuchen beteiligt waren. Ein besonderer Dank geht an die beteiligten Emmentaler Käser, die Emmi Fondue AG, die Emmi Käse AG, die Milka Käse AG und die Sortenorganisation Emmentaler Switzerland. Wir danken auch allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von ALP, besonders der Fachgruppe Biochemie der Milch und Mikroorganismen, der Fachgruppe Inhaltsstoffe sowie Dominik Guggisberg, physikalische Analytik, die zum Entstehen dieses ALP forums beigetragen haben.