

## OPTIMIERUNG DER TEIG- EIGENSCHAFTEN VON APPENZELLER MIT FESTEM UND ZU TROCKENEM TEIG

Diskussionsgruppen

### Autoren

Daniel Wechsler, Hans Winkler, Dominik Guggisberg  
Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras,  
CH-3003 Bern



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

## Impressum

ISSN	1661-0814 (online) /16.10.2013
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@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch
Fotos	Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras
Gestaltung	RMG Design, CH-1700 Fribourg
Copyright	© 2013 ALP-Haras Nachdruck bei Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplars an die Herausgeberin gestattet.

---

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Angaben zum Versuch und den durchgeführten Analysen	5
2.1.	Angaben zur Durchführung der Erhebung	5
2.1.1.	Problemstellung und Zielsetzung	5
2.1.2.	Aufbau der Erhebung	5
2.1.3.	Fabrikationsdaten	6
2.1.4.	Durchgeführte Analysen	6
2.1.5.	Statistische Auswertung	6
3.	Zusammenstellung und Erläuterung der Studienergebnisse	7
3.1.	Resultate der rheologischen Teiganalysen (uniaxiale Kompression)	7
3.2.	Resultate der chemischen Analysen	8
3.2.1.	Analyse des Calciumgehaltes in der Kessimilch	8
3.2.2.	Analyse der 1-tägigen Käse	8
3.2.3.	Analyse der 90-tägigen Käse	12
3.2.4.	Veränderungen während der Ausreifung der Käse	14
3.3.	Auswertung der Praxisumfrage	15
3.3.1.	Allgemeine Angaben zur Fabrikation	15
3.3.2.	Angaben zum Säuerungsverlauf	16
4.	Statistische Modelle zur Erklärung der Teigfestigkeit	17
4.1.1.	Entscheidungsbaum (Decision Tree)	17
4.1.2.	Generalisiertes Lineares Model (GLM)	17
5.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Praxis	18
5.1.	Technologische Massnahmen zur Verbesserung der Teigeigenschaften	18
5.1.1.	Erhöhung des Wassergehaltes	18
5.1.2.	Anpassung des Säuerungsverlaufes zur Senkung des Calciumgehaltes	18
5.1.3.	Optimierung der Reifungsbedingungen	18
5.1.4.	Reduktion der Härte des Milchfettes	18
6.	Dank	19
7.	Weiterführende Literatur	19

# 1. EINLEITUNG

Für Appenzeller und Tilsiter ist die Beschaffenheit des Käseteigs ein sehr wichtiges Qualitätsmerkmal, das vor allem in der Winterfabrikation gehäuft Probleme bereitet. Ein Halbhartkäse mit optimalen Teigeigenschaften zeichnet sich aus durch eine weiche und feine Struktur die über mehrere Monate erhalten bleibt. Mittels modernen rheologischen Analysenverfahren kann die Festigkeit des Teigs von Käse einfach bestimmt werden. Im Vergleich zu einer sensorischen Beurteilung des Käseteigs mit einem Prüfpapier liefert der uniaxiale Kompressionstest absolute Messwerte, die einen direkten Vergleich der Teigeigenschaften von Käsen aus verschiedenen Jahreszeiten oder verschiedenen Fabrikationen wesentlich erleichtern. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass solche Analysenwerte auch statistisch gut ausgewertet werden können.

Wasser ist schlechthin der bedeutendste „Weichmacher“ im Käse. Auch die letztjährige Praxisstudie mit dem Titel „Vergleich der Eigenschaften von Appenzeller mit gutem oder ungenügendem Teig“ (siehe ALP forum Nr. 93, 2012) hat diesen Zusammenhang einmal mehr bestätigt. Die nachfolgende Darstellung (siehe Abb. 1) aus dieser Erhebung verdeutlicht aber, dass nicht nur der Wassergehalt, sondern eine Vielzahl von Analysenmerkmalen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Teigfestigkeit ausübt.

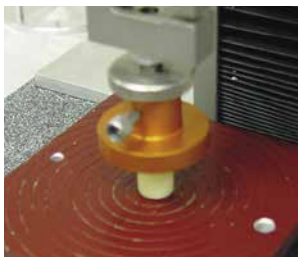
Diese Einflussfaktoren können nicht als isolierte Einzelfaktoren betrachtet werden, da sie untereinander durch eine Vielzahl von Wechselwirkungen interagieren. So beeinflusst der Wassergehalt direkt auch die Gehalte der anderen Hauptinhaltsstoffe (Fett, Protein bzw. TN) sowie den wff. Die Beschleunigung der Proteolyse bei erhöhten Wassergehalten hat auch direkte Auswirkungen auf die Reifungsparameter WLN und WLN/TN. Die Teigfestigkeit hängt nicht nur von den Inhaltsstoffen ab, sondern auch vom Zustand des Caseingerüstes. Das proteingebundene Calcium erfüllt als Brückenbauer bei der Vernetzung des

Caseingerüstes eine sehr wichtige Funktion und beeinflusst dadurch die Festigkeit von Gallerte und Käseteigs direkt. Der Calciumgehalt ist einerseits abhängig vom Caseingehalt, er wird aber auch massgeblich durch den Säuerungs- und Temperaturverlauf während dem Pressvorgang beeinflusst. Die Feststellung, dass eine ungenügende Teigqualität besonders in der Winterzeit hin und wieder Anlass zu Abzügen bei der Taxation gibt, lässt erahnen, dass die Behebung dieses Qualitätsproblems oft nicht so banal ist, wie es auf den ersten Blick scheinen mag. Selbst mit Analysen im Endprodukt lassen sich die Ursachen für ungenügende Teigeigenschaften oft nicht auf Anhieb eindeutig ermitteln. Bei einem zu festen Teig im Endprodukt ist es stets ratsam, nicht nur die Fabrikation anzupassen, sondern auch Ausreifung und Fütterung zu hinterfragen.

Im vorangehenden Versuch konnte gezeigt werden, dass je nach statistischem Modell der Calciumgehalt oder der Wassergehalt den grössten Einfluss auf die Teigfestigkeit ausüben. Der Korrelationskoeffizient zwischen der Teigfestigkeit (Kraft bei 33 % Deformation) und den beiden Einflussgrössen betrug im generalisierten linearen Modell 0.858. Die Modelle zeigten aber auch, dass das Verhältnis WLN/TN einen wichtigen Einfluss auf die Teigfestigkeit hat. Ziel des vorliegenden Versuches war es, genauer abzuklären, ob diese drei Einflussfaktoren in der Praxis massgeblich durch die Art und Weise der Fabrikation oder durch die Ausreifung beeinflusst werden.

Dieses ALP-Forum und der damit verbundene fachliche Austausch in den Diskussionsgruppen sollen Käser und Berater bei der Optimierung der Teigqualität unterstützen. Wir wünschen allen spannende Fachdiskussionen und viel Erfolg!

Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP)  
Forschungsgruppe Käsequalität



Zielgrösse:  
**Kraft bei 33.33 %  
Deformation**  
(= Indikator für  
Teigfestigkeit)

- Wassergehalt
- Fettgehalt
- Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse (wff)
- Proteingehalt
- Gehalt an Gesamtstickstoff (TN)
- Gehalt an wasserlöslichem Stickstoff (WLN)
- Prozentualer Anteil des WLN am TN (WLN/TN)
- Salzgehalt in der wässrigen Phase
- Calciumgehalt
- Gehalt an D-Milchsäure
- Gehalt an Linolensäure (C18:3)

Abb. 1: Zusammenstellung der statistisch relevanten Einflussfaktoren auf die Teigfestigkeit ( $P < 0.05$ ).

## 2. ANGABEN ZUM VERSUCH UND DEN DURCHFÜHRTEN ANALYSEN

### 2.1. Angaben zur Durchführung der Erhebung

#### 2.1.1. Problemstellung und Zielsetzung

Im Jahr 2012 wurde in 20 Appenzeller Käsereien eine Erhebung von Käsen mit gutem resp. festem, trockenem Teig durchgeführt. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass der Calciumgehalt und der Wassergehalt die wichtigsten Einflussfaktoren sind (ALP forum Nr. 93). Begründungen für die unterschiedlichen Calciumgehalte in den Käsen der beiden Gruppen lieferte die Studie nur zum Teil. Ziel der vorliegenden Praxiserhebung war deshalb aufzuzeigen, wie sich Appenzeller Käse mit tiefem resp. hohem Calciumgehalt im Säuerungsverlauf sowie bezüglich Zusammensetzung im Alter von 1 Tag und 90 Tagen unterscheiden.

#### 2.1.2. Aufbau der Erhebung

Die Erhebung wurde mit Käsen von 6 Betrieben durchgeführt, die alle bereits an der letztjährigen Erhebung (Erhebung 12-22-26, ALP forum Nr. 93, 2012) beteiligt waren. Basierend auf den Daten der letztjährigen Erhebung wurden je drei Betriebe ausgewählt, deren Käse einen guten Teig mit einem tiefen Calciumgehalt bzw. einen trockenen, festen Teig mit hohem Calciumgehalt aufwiesen. Von diesen Betrieben wurde für die Erhebung je 2 Laibe der Produktion vom 20. Februar 2013 reserviert, von denen der eine Laib in der Praxis und der andere Laib bei ALP ausgereift wurde. Eine schematische Darstellung des Versuchsablaufes ist in Abb. 2 enthalten.

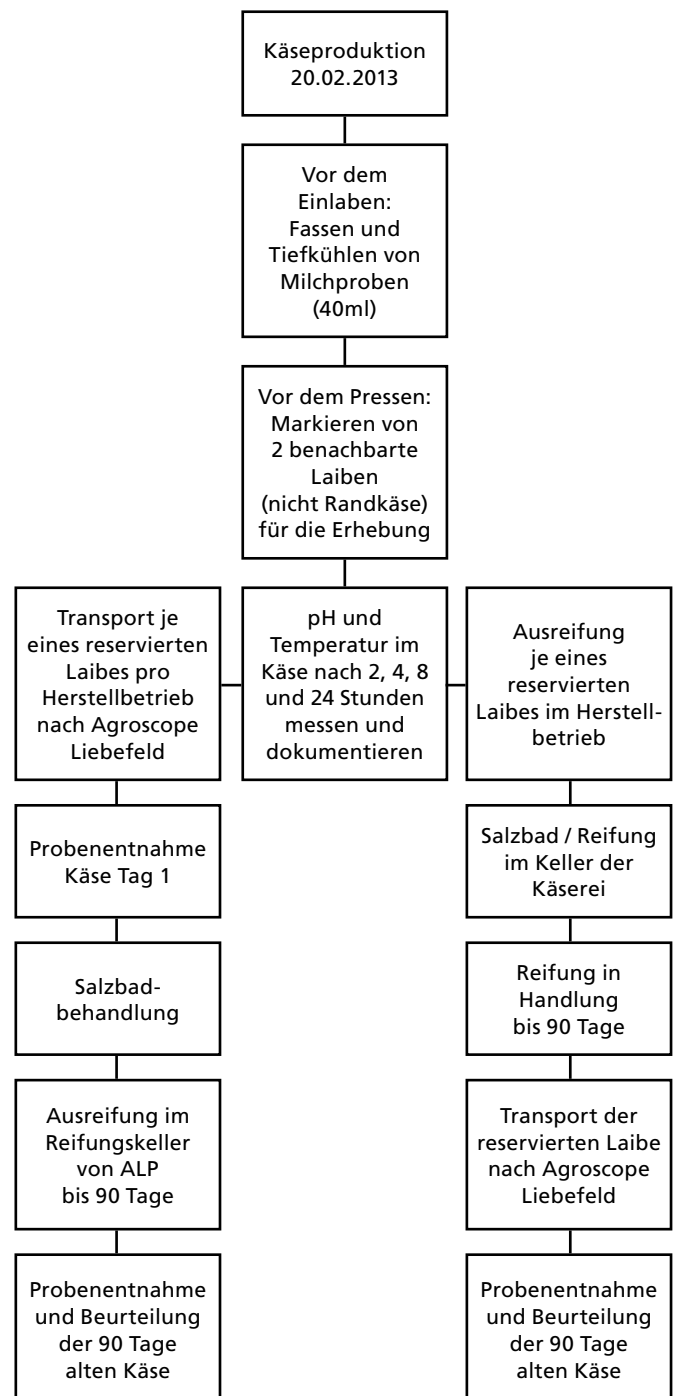


Abb. 2: Schematische Darstellung des Versuchsablaufes.

### 2.1.3. Fabrikationsdaten

Folgende Fabrikationsdaten wurden von den Herstellbetrieben erhoben und dokumentiert:

- Milchlagerung (wo, wie lange, Temperatur)
- Thermisation (Anteil der Fabrikationsmilch, Temperatur / Zeit)
- verwendete Starterkulturen in der Fabrikation vom 20.2.13
- Wasserzusatz in die Milch und den Bruch
- pH nach 2, 4 und 8 Stunden sowie 1 Tag
- Säuregrad der Labgärmolke nach 22 Stunden

### 2.1.4. Durchgeführte Analysen

Von der Kessmilchproben wurde der Calciumgehalt bestimmt. Von den bei ALP und in der Praxis ausgereiften Käseläiben wurden folgende Merkmale bestimmt:

#### Rheologische Analyse

(Käse Tag 90; uniaxialer Kompressionstest)

- Kraft bei 33.33 % Deformation
- Bruchkraft
- Bruchdeformation

#### Chemische Analysen (Käse Tag 1 und Tag 90)

- Trocknungsverlust (Wasser)
- Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse (wff)
- Fett
- Fettgehalt in der Trockenmasse (FiT)
- pH-Wert
- Gesamtstickstoff (TN)
- Gesamtprotein (TN x 6.38)
- wasserlöslicher Stickstoff (WLN)
- Anteil des wasserlöslichen Stickstoffs am Gesamtstickstoff (WLN/TN)
- flüchtige Carbonsäuren (GC)
- Calcium (Ca)
- Calcium pro Gramm Eiweiss (Ca/Protein)
- Natrium (Na)
- Salzgehalt (NaCl)
- Salzgehalt in der wässrigen Phase (NaCl im Wasser)
- Fettsäurespektrum (Fettsäuren C4 bis C20)
- Fetthärteindikator (Verhältnis Ölsäure / Palmitinsäure)

#### Enzymatische und biochemische Analysen

- freie Aminosäuren (OPA)
- Leucin-Aminopeptidase (LAP)
- Gesamtmilchsäure (GMS)
- D-Milchsäure (D-MS)
- L-Milchsäure (L-MS)
- Anteil der L-Milchsäure an der Gesamtmilchsäure (% L-MS)

### 2.1.5. Statistische Auswertung

Für die Bestimmung der Teigfestigkeit wurde das Merkmal „Kraft bei 33.33 % Deformation“ angewendet, wobei auf die im ALP forum Nr. 93 (2012) publizierten Referenzwerte abgestützt wurde (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Referenzwerte für Käse mit feinem bzw. festem Teig (Quelle: ALP forum Nr. 93, 2012).

Gruppe	Merkmal	Kraft bei 33.33 % Deformation
	Einheit	Newton [N]
feiner, guter Teig (N=10)	Mittelwert	14.60
	s <sub>x</sub>	1.47
	Min.	12.30
	Max.	16.48
fester, trockener Teig (N=10)	Mittelwert	19.24
	s <sub>x</sub>	1.43
	Min.	16.90
	Max.	21.60

Die Ermittlung der relevanten Einflussfaktoren auf die Teigfestigkeit erfolgte durch die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten (R) bzw. des Bestimmtheitsmasses (R<sup>2</sup>) zwischen dem Merkmal „Kraft bei 33.33 % Deformation“ und den chemischen und biochemischen Prüfmerkmalen.

Der Korrelationskoeffizient R ist ein dimensionsloses Mass für den Grad des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen. Er kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Bei einem Wert von +1 (bzw. -1) besteht ein vollständig positiver (bzw. negativer) linearer Zusammenhang zwischen den betrachteten Merkmalen. Wenn der Korrelationskoeffizient den Wert 0 aufweist, hängen die beiden Merkmale überhaupt nicht linear voneinander ab.

Das Bestimmtheitsmass R<sup>2</sup> ist ein Mass der Statistik für den erklärten Anteil der Variabilität (Varianz) einer abhängigen Variablen durch ein statistisches Modell und hat einen Wert zwischen 0 und 1. Bei einem Wert von 1 besteht ein perfekter linearer Zusammenhang zwischen den untersuchten Faktoren, bei einem Wert von 0 besteht kein linearer Zusammenhang.

Alle Merkmale, die einen Korrelationsfaktor von > 0.7 bzw. < -0.7 ergaben, wurden für die Erstellung von statistischen Modellen zur Erklärung der Teigfestigkeit berücksichtigt. Als Statistiksoftware wurde Systat 12 verwendet. Mit dieser Software wurde ein generalisiertes lineares Modell (GLM) erstellt, bei dem als Zielgrösse die Kraft bei 33.33 % Deformation vorgegeben wurde. Als weiteres Modell wurde ein „Entscheidungsbaum“ (Decision Tree) erstellt, mit dem der Einfluss der wichtigsten Faktoren auf die Teigfestigkeit (bzw. die Kraft bei 33.33 % Deformation) anschaulich dargestellt werden kann.

### 3. ZUSAMMENSTELLUNG UND ERLÄUTERUNG DER STUDIENERGEBNISSE

#### 3.1. Resultate der rheologischen Teiganalysen (uniaxiale Kompression)

Folgende drei Messgrößen werden beim uniaxialen Kompressionstest (siehe Abb. 3) erfasst.

- **Kraft bei 33,33 % Deformation:** Messung der Kraft die einwirkt, wenn der Käsezylinder um ein Drittel gestaucht bzw. von 15 mm auf eine Höhe von 10 mm komprimiert wird.
- **Bruchdeformation:** Messung der Deformation, wenn der Käsezylinder so stark deformiert wird, dass er bricht. (Die Angabe der Deformation erfolgt als prozentuale Reduktion der ursprünglichen Höhe des Käsezylinders)
- **Bruchkraft:** Angabe der Kraft die zum Zeitpunkt einwirkt, wenn der Käsezylinder bricht.

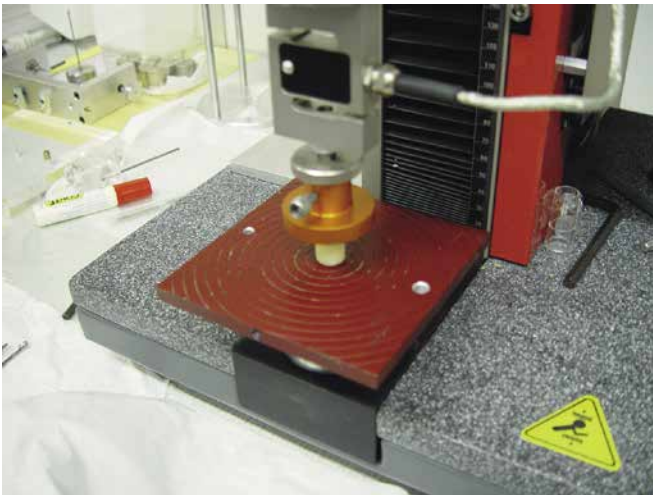


Abb. 3: Uniaxialer Kompressionstest zur Ermittlung der Teigeigenschaften.

Das Kriterium „Kraft bei Deformation 33 %“ erwies sich in der vorangehenden Studie (siehe ALP forum Nr. 93) als sehr geeignet für die Zuteilung der Käse in Gruppen mit feinem bzw. festem Teig. Die Resultate der rheologischen Analysen sind Tab. 2 und Abb. 4 dargestellt.

Zur Erleichterung der Interpretation der gemessenen Werte sind in Abb. 4 auch die Referenzwerte (siehe Tab. 1) von Käsen mit feinem bzw. festem Teig eingetragen. Trotz

der an und für sich guten Korrelation der Analyseergebnisse von im Handel und bei ALP ausgereiften Käsen ( $R = 0.797$ ), geht aus Abb. 4 deutlich hervor, dass die Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) auch stark durch den Ort der Ausreifung mitbeeinflusst wurde. Obwohl die Laibe jeweils aus der gleichen Charge stammten, unterschied sich die Teigfestigkeit je nach Ort der Ausreifung signifikant (t-Test,  $p = 0.028$ ). Bei den im Handel ausgereiften Käse betrug die Kraft für eine Deformation um 33 % durchschnittlich  $17.00 \pm 2.98$  N, bei den im Keller von ALP ausgereiften Käsen lag der Mittelwert bei  $19.66 \pm 3.08$  N. Dies kann mit der geringeren Belegung des Reifungskellers von ALP erklärt werden, was eine stärkere Austrocknung der Käse nach sich zog. Der Vergleich mit den Erfahrungswerten der vorangehenden Studie zeigt, dass mit der getroffenen Auswahl der Käse das ganze Spektrum von Käsen mit sehr feinem Teig bis hin zu Käsen mit sehr festem Teig abgedeckt werden konnte. Im Gegensatz zu der vorangehenden Studie, wiesen die Käse von einem der sechs Betriebe einen deutlich feineren Teig auf als noch vor einem Jahr. Die ursprüngliche Absicht der Versuchsplanung, je drei Betriebe mit möglichst feinem bzw. festem Teig in der Studie zu berücksichtigen, konnte daher nicht vollumfänglich realisiert werden.

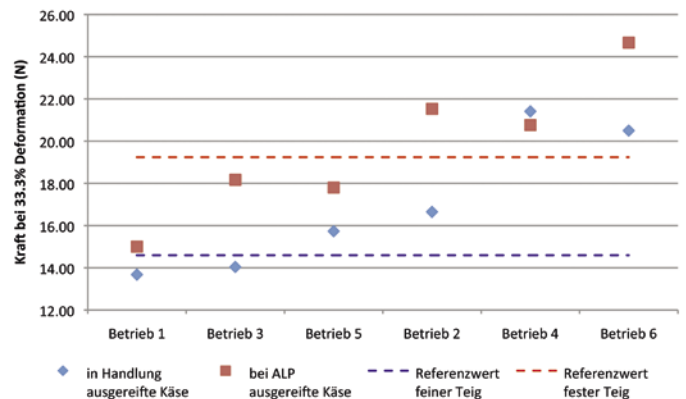


Abb. 4: Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) der untersuchten Käseproben im Alter von 90 Tagen. Die Referenzwerte für Käse mit feinem bzw. festem Teig stammen aus der vorangehenden Studie (siehe ALP forum Nr. 93, 2012, bzw. Tab. 1).

Tab. 2: Resultate des uniaxialen Kompressionstests der ausgereiften Appenzeller Käse im Alter von 90 Tagen.

Merkmal	Einheit	Mittelwert	$s_x$	min	max	Korrelation mit Kraft bei 33 % Deformation
Bruchdeformation	%	58.84	2.94	54.35	65.50	-0.676
Bruchkraft	N	38.63	6.01	27.56	46.61	0.548
Kraft bei 33,33% Deformation	N	18.33	3.31	13.68	24.67	1.000

### 3.2. Resultate der chemischen Analysen

#### 3.2.1. Analyse des Calciumgehaltes in der Kessimilch

In der vorangehenden Studie (siehe, ALP forum Nr. 93, 2012) wurde festgestellt, dass sich Käse mit feinem bzw. festem Teig signifikant im Gehalt an Calcium pro Gramm Eiweiss und im absoluten Gehalt an Calcium unterschieden ( $p < 0.001$ ). In der vorliegenden Studie wurde daher auch der Calciumgehalt in der Kessimilch der sechs involvierten Betriebe untersucht. Der durchschnittliche Gehalt an Calcium war mit  $987 \pm 42$  mg/kg (Minimum 937 mg/kg; Maximum 1058 mg/kg) deutlich tiefer als der entsprechende Literaturwert für Kuhmilch ( $1200 \pm 111$  mg/kg; Moreno-Rojas et al., Int. J. Food Sci. & Nutr., 1993, 45, 99-105). Der tiefere durchschnittliche Calciumgehalt ist die Folge des Wasserzusatzes in die Kessimilch. Zwischen dem Gehalt an Calcium in der Kessimilch und dem Gehalt an Calcium in den 1-tägigen Käsen konnte kein statistisch relevanter Zusammenhang gefunden werden ( $R = -0.223$ ). Entsprechend konnte auch kein Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Calcium in der Kessimilch und der Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) nachgewiesen werden.

#### 3.2.2. Analyse der 1-tägigen Käse

Die Ergebnisse der Analysen der 1-tägigen Käse sind in Tab. 3 zusammengefasst. Wie aus Tab. 3 hervorgeht, wurde zwischen der Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) und dem Wasser-, Fett- und Calciumgehalt Korrelationskoeffizienten von  $> 0.7$  bzw.  $< -0.7$  erhalten. Etwas tiefere Korrelationskoeffizienten wurden für den wff und den Proteingehalt festgestellt. Zwischen dem FiT und der Teigfestigkeit konnte kein Zusammenhang festge-

stellt werden ( $R = -0.006$ ). Daraus lässt sich ableiten, dass eine Erhöhung der Trockenmasse mit hartem Winterfett den Teig weder feiner noch fester macht. Die positive Korrelation zwischen dem absoluten Fettgehalt und der Teigfestigkeit ist somit nur über den Wassergehalt erklärbar.

Wie bereits bei der Besprechung der rheologischen Ergebnisse erwähnt, gab es zwischen den im Handel und den bei ALP ausgereiften Käsen signifikante Unterschiede in der Teigfestigkeit. Aus diesem Grund wurde in Abb. 5 und Abb. 6 für die bei ALP und im Handel ausgereiften Käse jeweils eine separate Grafik erstellt. Für die im Handel ausgereiften Laibe wurde zwischen dem Calciumgehalt in den 1-tägigen Käsen und der Teigfestigkeit der 90 Tage alten Käse (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) nahezu ein perfekter linearer Zusammenhang festgestellt ( $R = 0.974$ ). Bei den bei ALP ausgereiften Laiben war dieser Zusammenhang etwas weniger stark ausgeprägt ( $R = 0.796$ ), da auch die höheren Wasserverluste während der Reifung die Teigfestigkeit erhöhten (Abb. 5). Ein analoger Sachverhalt war zwischen dem Wassergehalt der 1-tägigen Käse und der Teigfestigkeit der 90 Tage alten Käse zu beobachten (Abb. 6). Bei den im Handel ausgereiften Laiben wurde eine deutlich bessere Korrelation erhalten ( $R = 0.893$ ) als bei den bei ALP gereiften Laiben ( $R = 0.782$ ). Diese beiden Beispiele illustrieren sehr deutlich, dass für das Erzielen eines optimalen Käseteigs sowohl bei der Herstellung als auch bei der Ausreifung optimale Bedingungen erforderlich sind.

Tab. 3: Analysenergebnisse der 1-tägigen Käse.

Merkmal	Einheit	Mittelwert	$s_x$	min	max	Korrelation mit Kraft bei 33 % Deformation
Wasser	g/kg	408	5	401	415	-0.766
Fett	g/kg	306	3	302	310	0.707
wff	g/kg	588	6	581	596	-0.694
FiT	g/kg	518	3	515	523	-0.006
Protein	g/kg	251.5	4.5	243.4	256.9	0.604
Total Stickstoff (TN)	g/kg	39.42	0.71	38.15	40.26	0.604
L-Leucin-Aminopeptidase (LAP)	IU/kg	6.3	6.0	1.7	19.4	-0.383
Gesamtmilchsäure (GMS)	mmol/kg	132	4	126	139	0.347
D-Milchsäure (D-MS)	mmol/kg	61	16	27	76	0.340
L-Milchsäure (L-MS)	mmol/kg	71	13	62	100	-0.297
Anteil L-Lactat von GMS	%	54.3	11.3	45.5	79.0	-0.319
Galactose	mmol/kg	1.5	1.0	0.0	2.9	-0.206
pH-Wert	[-]	5.29	0.05	5.23	5.36	-0.412
Calcium	mg/kg	6903	156	6704	7122	0.809
Calcium/Protein	mg/g	27.5	0.5	26.8	28.2	0.420



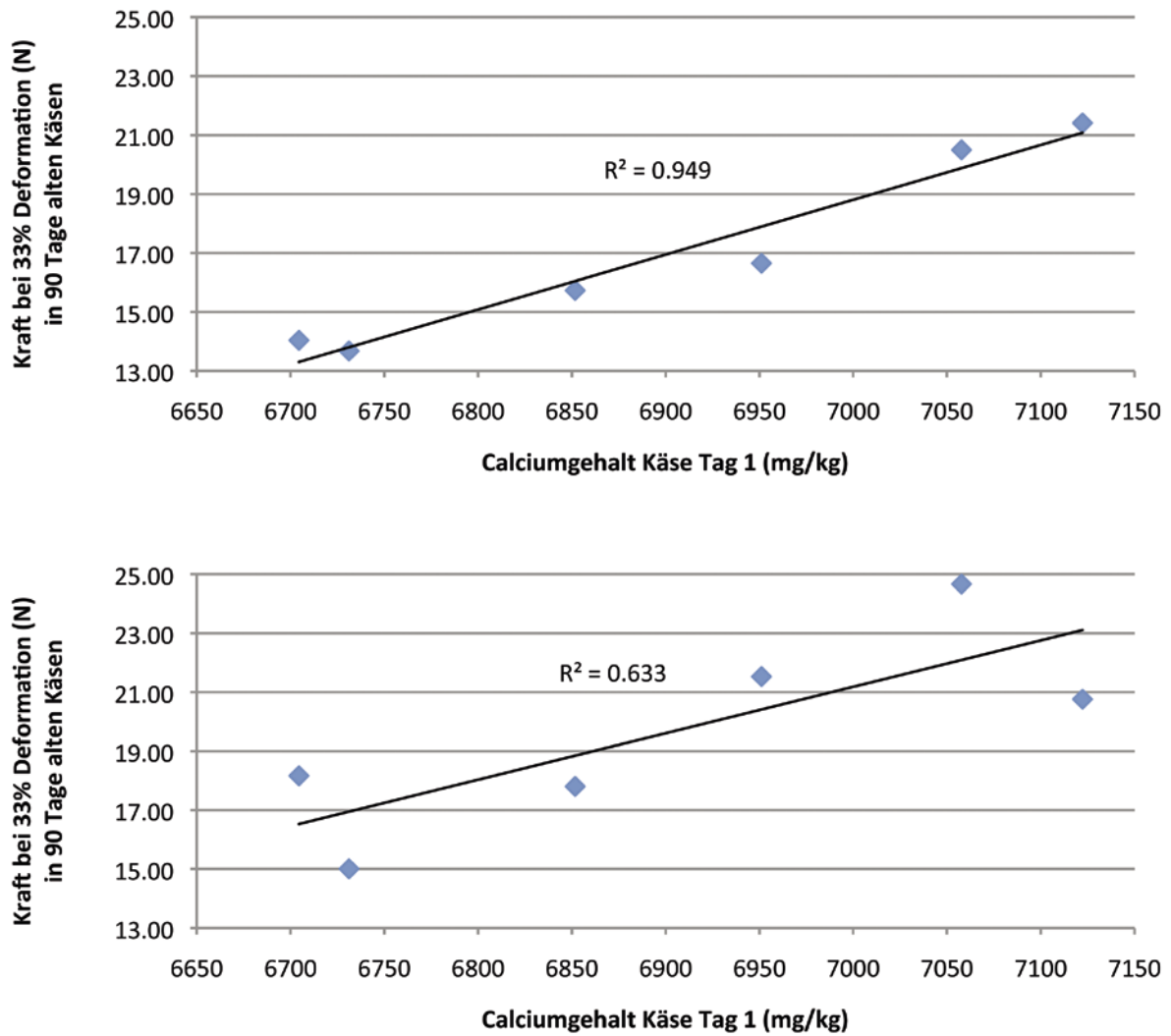


Abb. 5: Korrelation zwischen der Teigfestigkeit in den ausgereiften Käsen (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) und dem Gehalt an Calcium in den 1-tägigen Käsen.

Grafik oben: Käse ausgereift in den Käsehandlungen (Korrelationskoeffizient  $R = 0.974$ ).

Grafik unten: Käse ausgereift im Keller von ALP (Korrelationskoeffizient  $R = 0.796$ ).

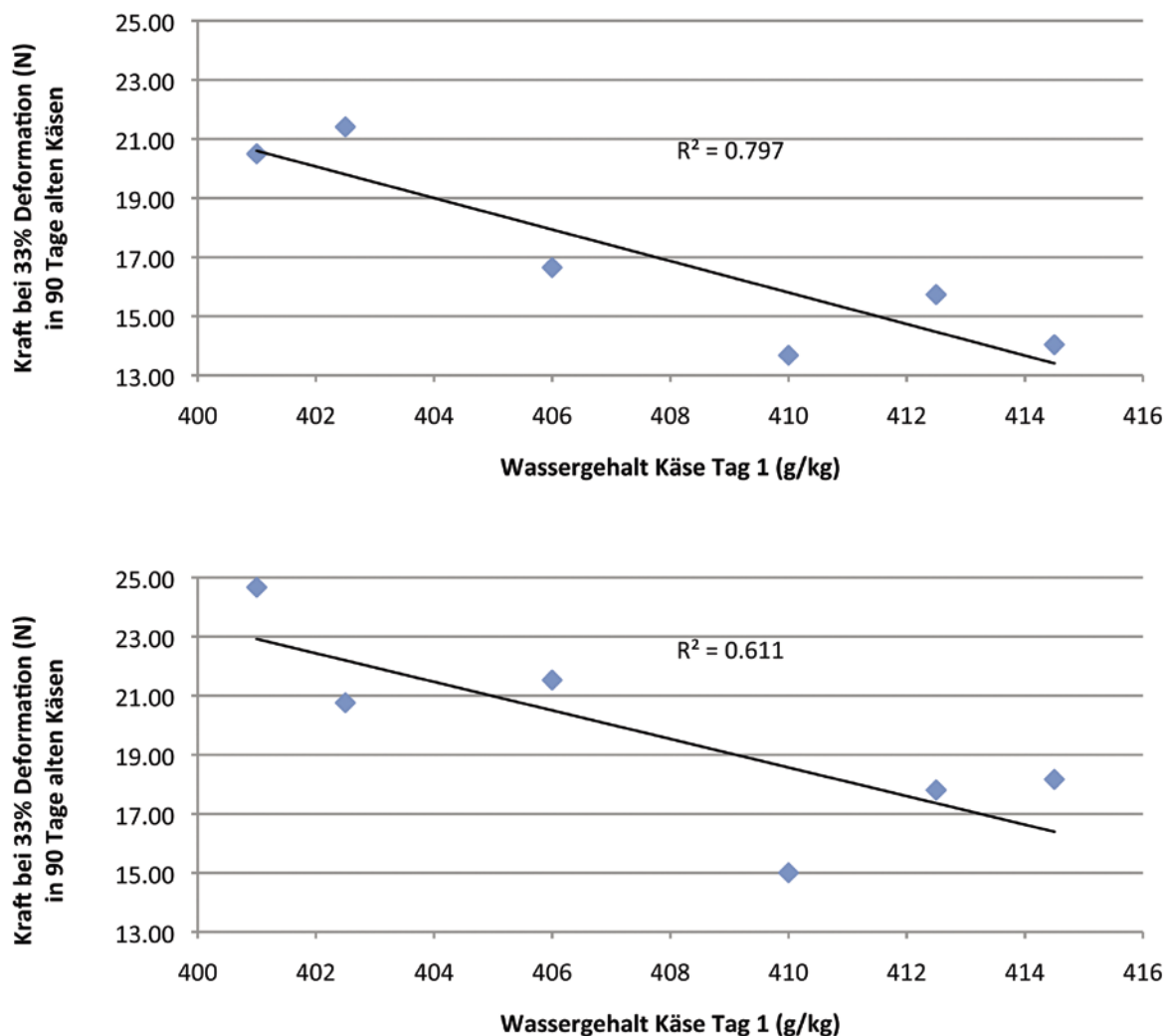


Abb. 6: Wechselbeziehung zwischen der Teigfestigkeit in den ausgereiften Käsen (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) und dem Wassergehalt in den 1-tägigen Käsen.

Grafik oben: Käse ausgereift in den Käsehandlungen (Korrelationskoeffizient  $R = -0.893$ ).

Grafik unten: Käse ausgereift im Keller von ALP (Korrelationskoeffizient  $R = -0.782$ ).

Der nahezu perfekte lineare Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt in den 1-tägigen Käsen und der Teigfestigkeit der ausgereiften Käse ist stark von den Interaktionen der Hauptinhaltsstoffe Wasser, Fett und Eiweiss abhängig. Lediglich ein Drittel des in der Rohmilch enthaltenen Calciums ist im Milchserum echt gelöst, die restlichen zwei Drittel sind caseingebunden. Grundsätzlich wäre daher zu erwarten, dass der Calciumgehalt im Käse stark mit dem Proteingehalt (bzw. dem Caseingehalt) im Käse korreliert. Wie aus Abb. 7 hervorgeht, war in den 1-tägigen Käsen die Korrelation zwischen Calcium- und Proteingehalt ( $R = 0.663$ ) deutlich schlechter als die Korre-

lationen zwischen Calcium- und Wassergehalt ( $R = -0.910$ ) und zwischen Calcium- und Fettgehalt ( $R = 0.884$ ). Der Grund dafür liegt darin, dass je nach Säuerungsverlauf ein Teil des caseingebundenen Calciums in Lösung geht und über die Molke abgetrennt wird. Der Calciumgehalt im 1-tägigen Käse hängt in erster Linie vom Proteingehalt ab, der Übergang von caseingebundenem Calcium aus der Milch in den Käse wird aber massgeblich auch durch den Säuerungsverlauf beeinflusst. Dieser bestimmt wie viel Calcium gelöst wird und mit der Abtropfmolke verloren geht.

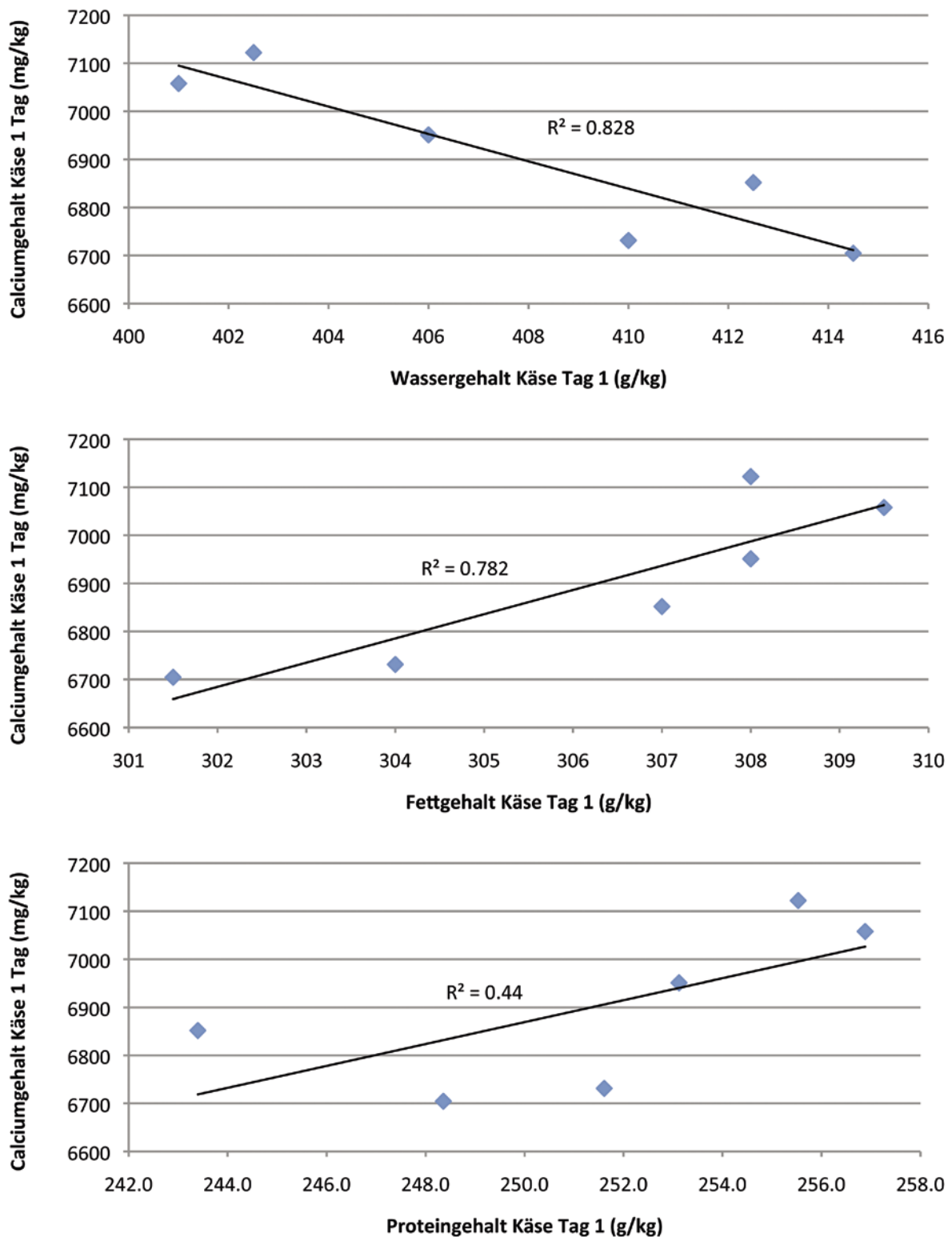


Abb. 7: Korrelation zwischen dem Gehalt an Calcium und den Hauptinhaltsstoffen Wasser ( $R = -0.910$ ), Fett ( $R = 0.884$ ) und Protein ( $R = 0.663$ ) in den 1-tägigen Käsen.

In diesem Zusammenhang ist das Wechselspiel zwischen Synärese und Säuerung von entscheidender Bedeutung. Die Absenkung des pH-Wertes in der Milch und im Käsebruch führt insbesondere ab einem pH-Wert von 5.2 zu einer starken Freisetzung von löslichem Calcium. Auch die Synärese der Gallerte wird durch den pH-Wert beeinflusst, hängt aber stark auch von anderen Faktoren wie der Bruchkorngrosse und der Temperaturführung ab. Der pH-Wert im 1-tägigen Käse lässt somit keine Aussage zu, ob wenig oder viel Calcium gelöst und mit der Molke ausgebracht wurde. Je nach Bruchkorngrosse und Temperaturverlauf kann die Synärese bereits weit fortgeschritten sein, ohne dass durch die Säuerung bedeutende Mengen an caseingebundenes Calcium gelöst wurden. Selbst wenn am Ende des Herstellprozesses der gleiche pH-Wert resultiert, verbleibt in diesem Fall mehr Calcium im Käse, da kaum mehr Molke abfließt.

### 3.2.3. Analyse der 90-tägigen Käse

Die Analysenergebnisse der 90 Tage alten Käse sind in Tab. 4 und Tab. 5 zusammengefasst. Wie aus der Zusammenstellung hervorgeht, war in den ausgereiften Käsen nur noch für die Merkmale wff und Fettzusammensetzung ein ausgeprägter Zusammenhang mit der Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) erkennbar. Die Korrelationskoeffizienten zwischen der Teigfestigkeit und den Merkmalen Wasser, Protein und Calcium wiesen Werte von -0.668, 0.669 und 0.649 auf. Der Zusammenhang zwischen dem wff und der Teigfestigkeit ist in Abb. 8 dargestellt.

Tab. 4: Analysenergebnisse der 90-tägigen Käse. Korrelation der bestimmten Merkmale mit der Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation).

Merkmal	Einheit	Mittelwert	$s_x$	min	max	Korrelation mit Kraft bei 33 % Deformation
Wasser	g/kg	375	6	368	391	-0.668
Fett	g/kg	321	5	310	330	0.315
wff	g/kg	553	6	544	567	-0.819
FiT	g/kg	515	5	508	524	-0.157
Protein	g/kg	259.4	2.2	255.8	263.8	0.669
Total Stickstoff (TN)	g/kg	40.66	0.35	40.09	41.34	0.669
Wasserlös. Stickstoff (WLN)	g/kg	11.7	1.0	10.3	13.8	-0.443
Freie Aminosäuren (OPA)	mmol/kg	219	21	184	253	0.433
L-Leucin-Aminopeptidase (LAP)	IU/kg	16.6	8.4	8.4	35.5	-0.311
Gesamtmilchsäure (GMS)	mmol/kg	105	10	85	120	0.528
D-Milchsäure	mmol/kg	54	10	32	68	0.425
L-Milchsäure	mmol/kg	51	6	41	60	0.152
Anteil L-Lactat von GMS	%	49.1	6.8	42.7	63.5	-0.264
pH-Wert	[-]	5.67	0.09	5.56	5.87	-0.544
Natriumchlorid	g/kg	15.2	0.9	13.2	16.4	0.019
Calcium	mg/kg	7393	234	6820	7634	0.649
Ameisensäure	mmol/kg	3.0	0.4	2.6	3.9	-0.138
Essigsäure	mmol/kg	14.9	1.4	13.3	18.0	-0.285
Propionsäure	mmol/kg	0.8	0.6	0.1	1.8	-0.190
Buttersäure	mmol/kg	0.5	0.2	0.3	0.9	0.041
Buttersäure aus Gärung	mmol/kg	0.3	0.2	0.2	0.6	-0.210
iso-Buttersäure	mmol/kg	0.2	0.3	0.0	1.0	-0.363
iso-Valeriansäure	mmol/kg	0.2	0.3	0.0	1.2	-0.414
Capronsäure	mmol/kg	0.1	0.0	0.0	0.1	0.664
iso-Capronsäure	mmol/kg	0.0	0.1	0.0	0.2	-0.111
Total flüchtige Carbonsäuren	mmol/kg	19.8	2.1	17.7	25.7	-0.377

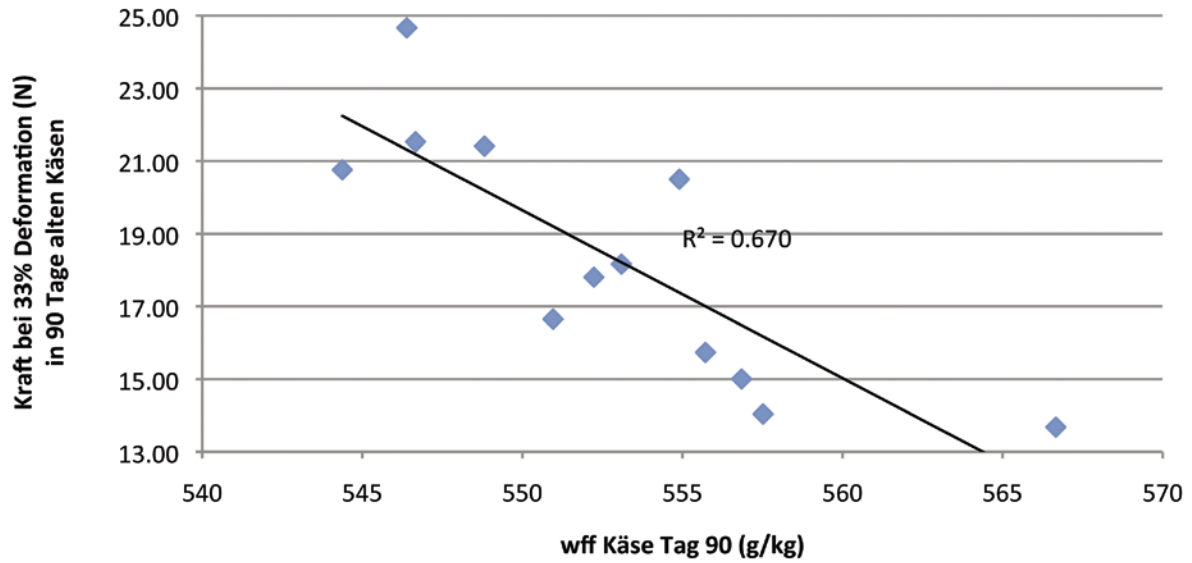


Abb. 8: Korrelation zwischen der Teigfestigkeit (ausgedrückt als Kraft bei 33 % Deformation) und dem wff in den 90-tägigen Käsen ( $R = 0.819$ ).

Tab. 5: Fettsäuremuster der untersuchten Appenzeller Käse aus der Winterfabrikation.

Merkmal	Einheit	Mittelwert	$s_x$	min	max	Korrelation mit Kraft bei 33 % Deformation
C4 FSME	g/100g FSME	3.94	0.15	3.73	4.22	-0.437
C6 FSME	g/100g FSME	2.39	0.04	2.34	2.49	-0.378
C8 FSME	g/100g FSME	1.39	0.02	1.35	1.42	0.046
C10 FSME	g/100g FSME	3.12	0.07	3.04	3.25	0.338
C12 FSME	g/100g FSME	3.42	0.10	3.30	3.60	0.512
C14 FSME	g/100g FSME	12.08	0.29	11.72	12.48	0.704
C16 FSME	g/100g FSME	32.94	0.80	32.00	34.57	0.721
C18 FSME	g/100g FSME	8.12	0.63	6.99	9.16	-0.798
C18:1 FSME	g/100g FSME	21.29	0.68	20.09	22.10	-0.697
C18:2 FSME	g/100g FSME	1.68	0.11	1.55	1.89	0.036
CLA (C18:2 c9t11) FSME	g/100g FSME	0.90	0.08	0.80	1.06	0.190
C18:3 FSME	g/100g FSME	0.84	0.09	0.67	0.95	-0.280
C20 FSME	g/100g FSME	0.04	0.01	0.03	0.05	-0.386
Verhältnis C18:1 zu C16	-	0.65	0.03	0.58	0.69	-0.751

Die Zusammensetzung des Milchfettes unterliegt starken saisonalen Schwankungen (Winterfütterung / Grünfütterung) und kann durch die gezielte Fütterung von Oelsaaten (Raps, Leinsamen etc.) optimiert werden. Das Fettsäuremuster beeinflusst die Schmelzeigenschaften der Triglyceride und wirkt sich so direkt auf die Festigkeit des Milchfettes aus. Neben Wasser ist Fett ein wichtiger „Weichmacher“ im Käseteig. Dabei ist nicht nur der absolute Fettgehalt massgebend, sondern auch die Fettsäurezusammensetzung. Ein wichtiger Indikator für die Härte des Milchfettes ist das Verhältnis von Oelsäure (C18:1) zu Palmitinsäure (C16:0). Um eine feine Teigkonsistenz zu erzielen, sollte das Verhältnis von Oelsäure zu Palmitinsäure einen Wert von  $\geq 0.80$  aufweisen. In Sommerfett kann dieses Verhältnis bis auf über 1.10 ansteigen. Ohne die Verfütterung von Oelsaaten sinkt dieses Verhältnis im Winterfett bei alleiniger Verfütterung von Heu und Rüben bis auf einen Wert von etwa 0.55. Es ist daher nicht erstaunlich, dass der Käseteig in der Winterzeit härter und brüchiger wird.

Wie die Ergebnisse der Analyse des Fettsäuremusters in Tab. 5 zeigen, lag das Verhältnis von Oelsäure (C18:1) zu Palmitinsäure (C16:0) in den untersuchten Käsen mit einem Mittelwert von 0.65 deutlich unter dem empfohlenen Richtwert von 0.8. Ein hartes Wintermilchfett wirkt nicht als „Weichmacher“ im Käse. In den Wintermonaten werden latent vorhandene Teigprobleme durch das härtere Fett eher verstärkt, weshalb die Teigqualität vieler Betriebe starke saisonale Schwankungen aufweist. Dieser negative Rohstoffeinfluss kann durch eine Erhöhung des Wassergehaltes ausgeglichen werden, solange dadurch die Ausreifbarkeit der Käse nicht beeinträchtigt wird.

### 3.2.4. Veränderungen während der Ausreifung der Käse

Neben der Fabrikation hat auch die Ausreifung einen wichtigen Einfluss auf den Wassergehalt und damit auf die Teigfestigkeit. In Tab. 6 sind die wichtigsten Veränderungen zwischen den 1-tägigen und gereiften Käsen aufgeführt. Der Vergleich der Werte zwischen den bei ALP und im Handel ausgereiften Laiben zeigt auf, dass die bei ALP angewendeten Reifungsbedingungen alles andere als optimal waren. Aufgrund der geringen Belegung der Keller der Versuchskäserei trockneten die Käse stärker aus, was zu einer signifikant höheren Reduktion des Wassergehaltes ( $p = 0.005$ ) und des wff ( $p = 0.003$ ) führte. Als Folge der Austrocknung stieg bei beiden Reifungsarten der Calciumgehalt in den Käsen an, obwohl ein Teil des Calciums während der Reifung in die Rinde migriert. Die stärkere Austrocknung der bei ALP ausgereiften Laibe beeinflusste auch den Reifungsverlauf. Als Folge der reduzierten Aktivität der Oberflächenflora wurde weniger Milchsäure abgebaut, was letztlich zu einem geringeren Anstieg des pH-Wertes führte. Die stärkere Austrocknung der Käse hatte signifikante Auswirkungen auf die Teigfestigkeit ( $p = 0.028$ ). Bei den im Handel ausgereiften Käsen betrug die Kraft für die Deformation um 33 % durchschnittlich  $17.00 \pm 2.98$  N, bei den bei ALP ausgereiften Käsen lag der Mittelwert bei  $19.66 \pm 3.08$  N. Ein Vergleich mit den in Tab. 1 aufgeführten Referenzwerten für Käse mit feinem bzw. festem Teig verdeutlicht, dass die Reifungsbedingungen einen grossen Einfluss auf die Teigfestigkeit der reifen Käse haben. Die Differenz der Mittelwerte von festen und feinen Käse betrug in der vorangehenden Studie lediglich 4.64 N. In der vorliegenden Studie führte die parallele Ausreifung von Laiben aus der gleichen Fabrikation bei ALP und im Handel zu einer durchschnittlichen Differenz von 2.66 N, was etwa 57 % der Differenz der Richtwerte von Käsen mit feinem bzw. festem Teig entspricht. Bei Problemen mit der Teigqualität ist es daher ratsam, nicht nur die Herstellparameter, sondern auch die Reifungsbedingungen zu hinterfragen.

Tab. 6: Veränderungen in den bei ALP und im Handel ausgereiften Käsen während der 90-tägigen Ausreifung.

Merkmal	Einheit	bei ALP ausgereifte Käse				im Handel ausgereifte Käse				t-Test
		Mittelwert	$s_x$	min	max	Mittelwert	$s_x$	min	max	
Reduktion Wasser	g/kg	36	5	28	43	30	7	20	39	0.005
Reduktion wff	g/kg	38	4	32	44	33	6	22	40	0.003
Zunahme Calcium	mg/kg	505	116	353	683	474	186	89	672	0.667
Abbau Milchsäure	mmol/kg	26	5	19	33	28	8	19	41	0.299
Anstieg pH-Wert	-	0.35	0.03	0.29	0.40	0.40	0.07	0.30	0.52	0.067

### 3.3. Auswertung der Praxisumfrage

#### 3.3.1. Allgemeine Angaben zur Fabrikation

Prozess	Kriterium	Einheit	Minimum	Maximum
Milchlagerung Produzent	Temp. Ende Lagerung	°C	4	12
	Lagerdauer	h	0	12
Milchlieferung	Anteil Milchmenge 1x eingeliefert	%	0	100
Milchlagerung Käseerei	Temp. Ende Lagerung	°C	4.4	14
	Lagerdauer	h	0	36
Milchbehandlung	Plattenapparat	-	alle Betriebe	
	Thermisationstemperatur	°C	65	68
	Thermisationsdauer	s	15	25
	Rückkühlung mit Wasser	-	teilweise	
Kulturen	Kultur 1	RMK 105, RMK 150, RMK 302, RMK 650		
	Säuregrad	°SH	34	44
	Kultur 2	RMK 2020, Joghurt, RMK 401, RMK 105/MK 3008, RMK 2020		
	Säuregrad	°SH	34	58
	Kultur 3	RMK 2020 alt, RMK 174RMK 150 / MK3008, Joghurt		
	Säuregrad	°SH	41	60
	Kultur 4	FSML, Joghurt, RMK 150 / MK 3008		
	Säuregrad	°SH	52	60
	Total Kulturenzusatz	‰	1.0	1.6
Wasserzusatz	Milchmenge	kg	2740	6100
	Wasserzusatz (inkl. Spühlwasser)	L	200	500
	Wasserzusatz zur Kessmilch	%	4	8
	Wasserzusatz zum Bruch	%	16	22
Wärmen	Brenntemperatur	°C	37	44
Abfüllen	Abfülltemperatur	°C	37	42
Säuerungsverlauf	pH 2h	-	5.96	6.13
	pH 4h	-	5.45	5.70
	pH 8h	-	5.24	5.37
	pH 1 Tag	-	5.15	5.27
	Säuregrad Labgärmolke 22h	°SH	32	57
Presstemperatur	Temp. 2h	°C	35.7	37.6
	Temp. 4h	°C	34.0	35.7
	Temp. 8h	°C	28.6	33.5
	Temp. 1 Tag	°C	17.6	23.2

### 3.3.2. Angaben zum Säuerungsverlauf

Bereits in der vorangehenden Studie wurde aufgrund von Betriebsumfragen ein Unterschied im Säuerungsverlauf zwischen Betrieben mit festem bzw. feinem Käseteig festgestellt (siehe ALP forum Nr. 93, 2012, Abb. 3). In der vorliegenden Studie wurde dieser Sachverhalt erneut bestätigt. Die Auswertung der Antworten der Betriebsumfrage hat erneut gezeigt, dass in Fabrikationen mit festem Teig der pH-Abfall in den ersten vier Stunden deutlich stärker ist als in Fabrikationen mit feinem Teig. Im Gegensatz dazu erreichen die Fabrikationen mit feinem Teig einen leicht tieferen End-pH. Neben dem direkten Einfluss der Kulturen (FSML, Jogurtkultur, Impfdosis) auf den Säuerungsverlauf darf in diesem Zusammenhang auch der Temperaturverlauf auf der Presse nicht ausser Acht gelassen werden. In den vier Betrieben mit feinem Teig (vgl. Abb. 4) wurden pro kg Käse durchschnittlich  $2.0 \pm 0.8$  mmol Galactose in den 1-tägigen Käsen gemessen. Im Gegensatz dazu wurde in den Käsen der beiden Betriebe mit festem Teig lediglich Galactosegehalte im Bereich von 0.0-0.8 mmol/kg gemessen. Es ist daher anzunehmen, dass das Zusammenspiel von Abfülltemperatur bzw. Temperaturverlauf auf der Presse und Säuerungsverlauf zwischen diesen Betrieben leicht unterschiedlich war und zu unterschiedlichen Verlusten an Calcium in der Abtropfmolke führte.

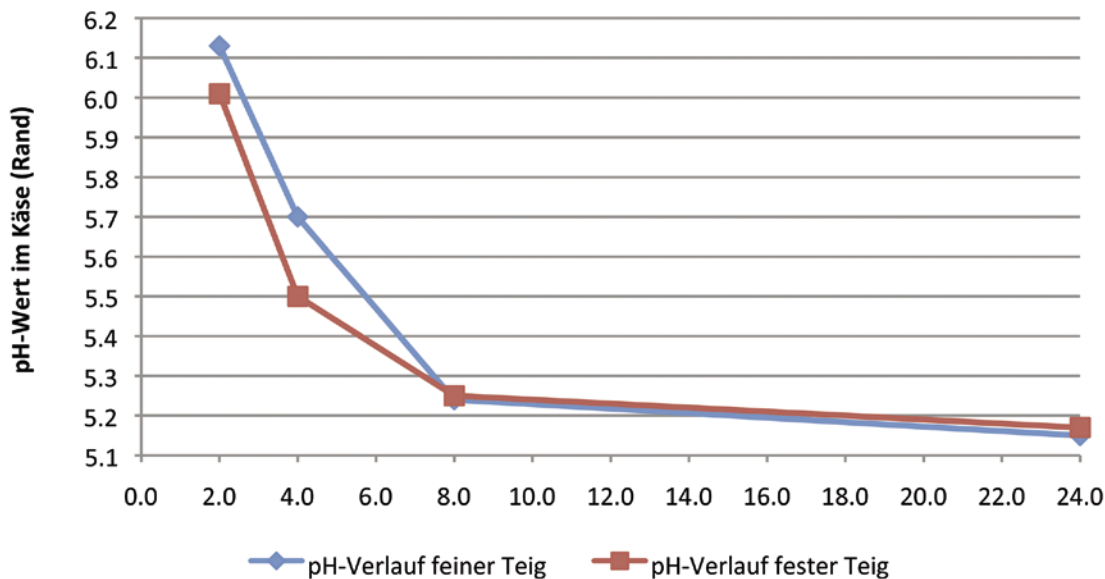


Abb. 9: Säuerungsverlauf in Käsereien mit feinem bzw. festem Teig.



## 4. STATISTISCHE MODELLE ZUR ERKLÄRUNG DER TEIGFESTIGKEIT

### 4.1.1. Entscheidungsbaum (Decision Tree)

Mit Hilfe der Statistiksoftware Systat 12 wurde der in Abb. 10 dargestellte Entscheidungsbaum erstellt. Gemäss diesem Entscheidungsbaum war der Wassergehalt der 1-tägigen Käse das entscheidende Merkmal zur Erklärung der Teigfestigkeit der gereiften Käse. Anhand dieses Modells konnten die 12 untersuchten Käse in zwei Gruppen von je 6 Käsen unterteilt werden. Die Gruppe von festen Käsen mit einem Wassergehalt von  $< 410$  g/kg erforderte für die Deformation um 33.3 % durchschnittlich eine Kraft von 20.92 N. In der Gruppe der Käse mit feinem Teig betrug die Kraft für die Stauchung der Käseproben um 33.3 % aufgrund des höheren Wassergehaltes ( $> 410$  g/kg) lediglich 15.74 N. Eine analoge Aufteilung konnte auch anhand des wff gemacht werden, wobei die beiden resultierenden Gruppen einen wff von  $< 589$  g/kg (feiner Teig) und  $> 589$  g/kg (fester Teig) aufwiesen.

### 4.1.2. Generalisiertes Lineares Model (GLM)

Mit Hilfe der Statistiksoftware Systat 12 wurde ein generalisiertes lineares Modell (GLM) zur Erklärung der Teigfestigkeit entwickelt. Als Zielgrösse wurde die erforderliche Kraft für eine Deformation von 33.3 % verwendet, als Einflussfaktoren (Variablen) wurden die gleichen Merkmale wie für die Erstellung des Entscheidungsbaums verwendet. Bei der Erstellung des Modells wurde schrittweise die Anzahl der Einflussfaktoren reduziert, wobei bei jedem Schritt jeweils dasjenige Merkmal weggelassen wurde, das den geringsten Einfluss auf die Zielgrösse hatte. Am Schluss dieses Prozesses verblieben die Merkmale wff (Tag 90) und Verhältnis C18:1 zu C16, die zusammen 81.8 % der Variabilität der Zielgrösse zu erklären vermochten. Der Korrelationskoeffizient zwischen der Zielgrösse und diesen beiden Einflussgrössen betrug 0.904.

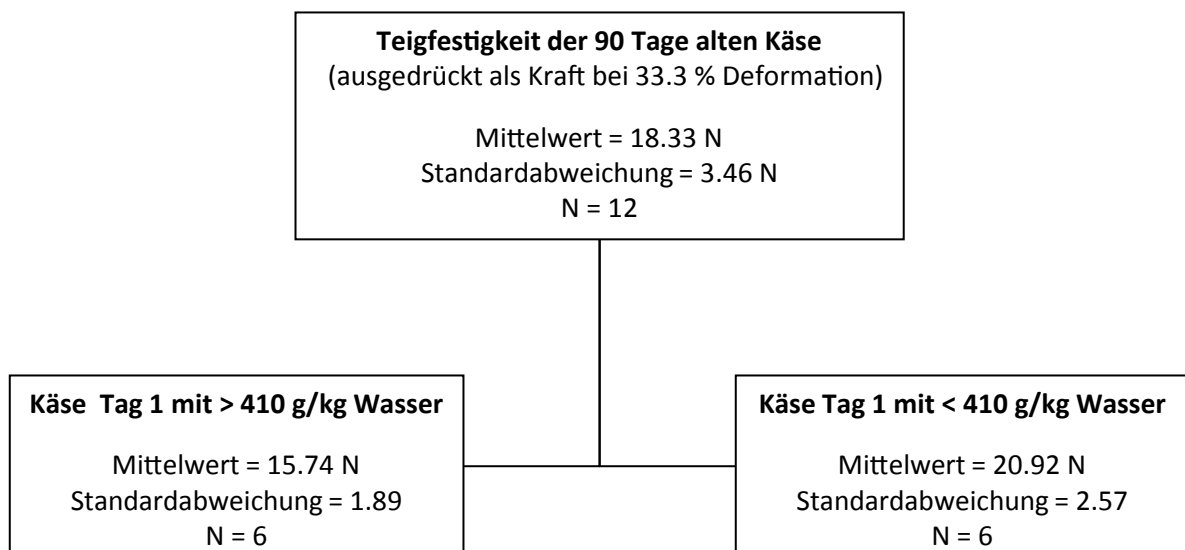


Abb. 10: Entscheidungsbaum für die Erklärung der Teigfestigkeit. Im Modell wurden folgende Variablen berücksichtigt: Wasser (Tag 1), Calcium (Tag 1), Verhältnis C18:1 zu C16, wff (90 Tage)

## 5. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR DIE PRAXIS

### 5.1. Technologische Massnahmen zur Verbesserung der Teigeigenschaften

Die statistische Auswertung der vorliegenden Studie hat gezeigt, dass die Teigfestigkeit der untersuchten Appenzeller Käse von diversen Einflussfaktoren abhängt. Hohe Korrelationen zwischen den analytisch bestimmten Merkmalen und der rheologisch bestimmten Teigfestigkeit (Kraft bei 33 % Deformation) wurden für die Gehalte an Wasser ( $R = -0.766$ ), Fett ( $R = 0.707$ ) und Calcium ( $R = 0.809$ ) in den 1-tägigen Käsen festgestellt sowie für die Fetthärte (Verhältnis C18:1 zu C16,  $R = -0.751$ ). Diese Einflussfaktoren dürfen bei einer Optimierung der Käseteigqualität nicht als isolierte Faktoren betrachtet werden, da sie untereinander durch eine Vielzahl von Wechselwirkungen interagieren. Es versteht sich, dass für eine ganzheitliche Beurteilung der Teigqualität auch sensorische Attribute wie z.B. Feinheit, Geschmeidigkeit, Crémigkeit und Elastizität mitberücksichtigt werden müssen. Die nachfolgenden Abschnitte sollen kurz aufzeigen, wie bei der Optimierung der Teigeigenschaften vorgegangen werden soll.

#### 5.1.1. Erhöhung des Wassergehaltes

Wasser ist und bleibt schlechthin der wichtigste „Weichmacher“ im Käse. Labdosierung, Bruchkorngrosse, Brenn- und Abfülltemperatur sowie pH-Verlauf beeinflussen auf vielfältige Weise den Wassergehalt von Käse. Daneben sind auch Pressdruck, Dauer des Salzbadaufenthaltes sowie die Reifungsbedingungen im Keller für den Wassergehalt von Bedeutung. Die Analyse des Wassergehaltes im Käse nach dem Salzbad und bei Konsumreife liefert daher wertvolle Hinweise für die Optimierung der Fabrikationsparameter und der Reifungsbedingungen. Die Erhöhung des Wassergehaltes von Käse ist stets auch im Hinblick auf Veränderungen des Reifungsverlaufs und der Lagerstabilität zu überdenken. Produktionen, die zum Zeitpunkt der Taxation einen sehr feinen Teig aufweisen, weisen bei längerer Ausreifung oftmals Probleme bezüglich Lagerstabilität auf.

#### 5.1.2. Anpassung des Säuerungsverlaufes zur Senkung des Calciumgehaltes

Auch die vorliegende Studie hat erneut bestätigt, dass der Calciumgehalt einen wichtigen Einfluss auf die Teigfestigkeit ausübt. Der Gehalt dieses Mineralstoffes wird hauptsächlich durch den Wasserzusatz in die Milch, das Bruchwaschen und den Säuerungsverlauf beeinflusst. Damit möglichst viel Calcium über die Abtropfmolke ausgeschieden werden kann, ist ein optimales Zusammenwirken von Säuerung und Synärese unabdingbar. Das vorliegende ALP-Forum enthält eine Reihe von Referenzwerten für 1-tägigen Appenzeller Käse mit festem und feinem Teig, auf die bei Anpassungen in der Fabrikation zur Erhöhung des Wassergehaltes oder Senkung des Calciumgehaltes abgestützt werden kann.

### 5.1.3. Optimierung der Reifungsbedingungen

In der vorliegenden Studie wurden je zwei Käse aus der gleichen Fabrikation einerseits im Reifungskeller der Versuchskäserei von ALP und andererseits in Käsehandlungen ausgereift. Dabei mussten aufgrund suboptimaler Bedingungen im Reifungskeller von ALP sensorisch spürbare Einbussen bei der Teigqualität in Kauf genommen werden. Die Ergebnisse der Studie lassen den Schluss zu, dass ein zu trockener Keller selbst bei einer optimalen Fabrikation zu einem festen Teig führen kann. Bei Problemen mit der Teigqualität ist es daher ratsam, nicht nur die Fabrikationsparameter, sondern auch die Reifungsbedingungen zu hinterfragen.

#### 5.1.4. Reduktion der Härte des Milchfettes

Die Härte des Milchfettes und damit auch die Teigfestigkeit unterliegen starken saisonalen Schwankungen. Obwohl die vorliegende Studie einmal mehr gezeigt hat, dass auch mit hartem Winterfett ein feiner Teig grundsätzlich möglich ist, sollte die Möglichkeit der Verfütterung von Oelseen zur Verbesserung der Fettzusammensetzung während der Winterfabrikation bei der Behebung von Teigproblemen stets auch in Betracht gezogen werden. Die Feststellung, dass in der Winterfabrikation gehäuft Teigprobleme auftreten, ist ein klarer Hinweis, dass diese Probleme auch durch eine optimierte Fütterung lösbar sind.

## 6. DANK

An dieser Stelle danken wir allen Personen, Firmen und Organisationen, die bei der Entstehung dieses ALP-Forums in irgendeiner Form unterstützt haben. Ein besonderer Dank geht an die Käser der involvierten Käsereien und Handelsfirmen sowie an Alfred Amman von der Sortenorganisation Appenzeller.

Ein grosser Dank geht an Dominik Guggisberg für die Durchführung der rheologischen Analysen und das Team von René Badertscher und Lotti Egger für Durchführung der zahlreichen chemischen und biochemischen Analysen. Auch die Mithilfe von Ueli Bütikofer bei der statistischen Auswertung der Daten verdanken wir bestens.

## 7. WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Wechsler D., Winkler H., Guggisberg D. (2012). Vergleich der Eigenschaften von Appenzeller mit gutem und ungenügendem Teig. ALP Forum Nr. 93.
- Winkler H., Amrein R., Jakob E. (2010). Halbhartkäse – unübertrefflich mit langem, weichem Teig. ALP Forum Nr. 81
- Winkler H., Amrein R., Jakob E., Badertscher R. (2006). Guter Teig bei Tilsiter und Appenzeller Käse. ALP Forum Nr. 32

