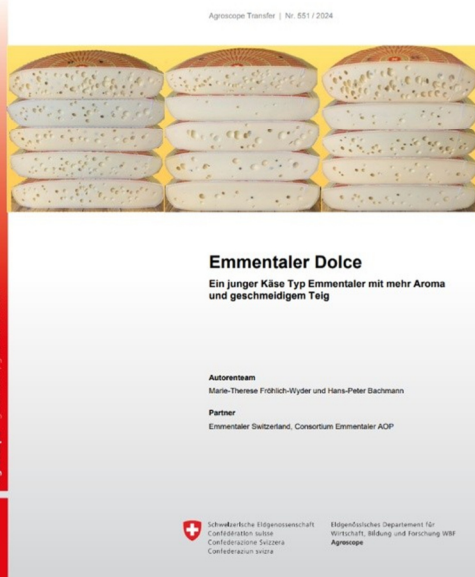
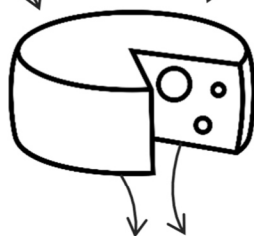




Aroma

Geschmack



Optimale Reife  
beim jungen  
Emmentaler



# Emmentaler Dolce

Ein junger Käse mit mehr Reife und Geschmack

## Autorinnen und Autoren

Marie-Therese Fröhlich-Wyder und Hans-Peter Bachmann

## Partner

Emmentaler Switzerland, Consortium Emmentaler AOP



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

## Innovationsprojekt unterstützt von



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Innosuisse – Schweizerische Agentur  
für Innovationsförderung**

## Impressum

|             |                                                                                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herausgeber | Agroscope<br>Schwarzenburgstrasse 161<br>3003 Bern<br><a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a> |
| Auskünfte   | <a href="mailto:marie-therese.froehlich@agroscope.admin.ch">marie-therese.froehlich@agroscope.admin.ch</a>   |
| Redaktion   | Marie-Therese Fröhlich-Wyder                                                                                 |
| Titelbild   | Agroscope                                                                                                    |
| Download    | <a href="http://www.agroscope.ch/transfer">www.agroscope.ch/transfer</a>                                     |
| Copyright   | © Agroscope 2026                                                                                             |
| ISSN        | 2296-7214 (online)                                                                                           |
| Förderung   | Innosuisse (Projekt-Nummer 120.360 IP-LS)                                                                    |

### Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

## Das Wichtigste für die Praxis

- Für die DOLCE-Rezeptur wurden die Kultur Prop 23 (neue Propionsäurebakterienkultur) und die Kultur Helv 01 (Reifungskultur mit *Lactobacillus helveticus*) eingesetzt, bei gleichzeitigem Verzicht auf fakultativ heterofermentative Laktobazillen. Die Brenntemperatur betrug max. 52 °C und die Ausziehtemperatur 45 °C. Zudem wurden höhere Salzgehalte mit einer längeren Salzbaddauer bei 15 °Bé angestrebt.
- Mit der DOLCE-Rezeptur wird das Qualitätsoptimum wesentlich früher erreicht als bei der traditionellen Produktion von Emmentaler AOP, da die Reifungsvorgänge wesentlich schneller ablaufen. Damit ist zwangsläufig eine verringerte Ausreifbarkeit verbunden.
- Die DOLCE-Temperaturführung (brennen: 52 °C; abfüllen: 45 °C) führt zu mehr Wasser im Käse, zu einem weniger festen Teig sowie einer stärkeren Salzigkeit und Bitterkeit.
- Die Kultur Helv01 reduziert die Bitterkeit und steigert die Süsse, Nussigkeit, Salzigkeit und die Aromaintensität.
- Die verlängerte Salzbaddauer bei 15 °Bé erhöht die Salzigkeit in einer grösseren Masse, als die Teigfestigkeit zunimmt.
- Für die Umsetzung braucht es jedoch eine hohe Qualität der Rohmilch, das Know-how des Käasers bzw. der Käserin sowie ein vorsichtiges Herantasten an das käseispezifische Optimum der Parameter.

## Inhalt

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Das Wichtigste für die Praxis .....                                             | 3         |
| <b>Zusammenfassung .....</b>                                                    | <b>5</b>  |
| <b>1 Einleitung .....</b>                                                       | <b>6</b>  |
| <b>2 Versuch in der Forschungskäserei Liebefeld .....</b>                       | <b>7</b>  |
| 2.1 Komplexer Versuchsaufbau .....                                              | 8         |
| 2.2 ... im Baukasten System .....                                               | 9         |
| <b>3 Ergebnisse und Diskussion .....</b>                                        | <b>9</b>  |
| 3.1 Die Temperaturführung: Dolce (52/45 °C) versus Standard (53/53 °C).....     | 9         |
| 3.2 <i>Lactobacillus helveticus</i> & Dolce (52/45 °C) .....                    | 11        |
| 3.3 Fakultativ heterofermentative Laktobazillen & Dolce (52/45 °C).....         | 13        |
| 3.4 Fakultativ heterofermentative Laktobazillen und Propionsäurebakterien ..... | 14        |
| 3.5 Unerwünschte Keime: Tageseffekt & Dolce (52/45°C) .....                     | 15        |
| 3.6 Salzbadbehandlung und Dolce (52/45°C).....                                  | 16        |
| <b>4 Schlussfolgerungen .....</b>                                               | <b>18</b> |
| <b>5 Fazit.....</b>                                                             | <b>19</b> |
| <b>6 Weiteres Vorgehen .....</b>                                                | <b>19</b> |
| <b>7 Dank .....</b>                                                             | <b>19</b> |
| <b>8 Literaturverzeichnis .....</b>                                             | <b>20</b> |
| <b>Anhang.....</b>                                                              | <b>20</b> |

## Zusammenfassung

Ziel des DOLCE-Projektes war es, mögliche Wege für die Entwicklung eines jungen Käses des Typs Emmentaler zu finden, der mehr Geschmack, ein attraktiveres Aroma und einen geschmeidigeren Teig aufweist. Denn mehr als die Hälfte der Emmentaler AOP werden im Alter von 4–5 Monaten verkauft. Damit soll die Möglichkeit erörtert werden, eine erfolgsversprechende Alternative zur ausländischen Konkurrenz produzieren zu können. Die Sortenorganisation Emmentaler und Agroscope haben die Produkteigenschaften eines «Emmentaler Dolce» gemeinsam definiert.

In einem ersten Schritt wurden basierend auf der langjährigen Erfahrung in der Branche, auf realisierte Versuche auf Pilotplant-Stufe und auf Versuche in der Praxis technologische Anpassungen definiert, mit denen eine markante Verbesserung der Aromaeigenschaften (fruchtiger, nussiger, rezenter) und der Teigeigenschaften (weniger fest) von 3–4-monatigem Emmentaler Dolce sowie eine lebhaftere Lochung erreicht werden können. Diese Arbeiten wurden bereits in einer früheren Publikation (Agroscope Transfer Nr. 551 / 2024) im Detail beschrieben.

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung des Geschmacks und des Aromas ist die Erhöhung des Kochsalz-Gehaltes in Emmentaler, der technologisch bedingt – grosse Käselaibe und Trockenreifung – einen tiefen Kochsalz-Gehalt aufweist und daher häufig als fade wahrgenommen wird. Diese Thematik wurde ebenfalls in einer früheren Publikation (Agroscope Science Nr. 203 / 2025) vertieft.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es nun, die vielversprechenden technologischen Anpassungen und Kulturen aus der ersten Arbeit und die vielversprechenden Salzbadbehandlungen aus der zweiten Arbeit in einem multifaktoriellen Versuch zu testen und die optimalen Kombinationen für einen Dolce-Käse mit optimaler Reife im jungen Alter herauszukristallisieren.

Die in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse bilden eine gute Grundlage für die Produktion einer Alternative zu den erfolgreichen ausländischen Grosslochkäsen. Der Massstab, an welchem Emmentaler Dolce bei der Taxation gemessen werden soll, darf jedoch nicht derselbe eines Emmentaler AOP sein.

# 1 Einleitung

Emmentaler ist eine der meistverbreiteten Käsesorten der Welt. Historisch bedingt werden daher auch ausserhalb des Ursprungsgebietes Emmentaler und andere Käse des Typs Emmentaler hergestellt. Diese einzigartige Konkurrenzsituation stellt für den Emmentaler AOP eine grosse Herausforderung sowohl im Export als auch im Inland dar, denn die Konkurrenzprodukte werden sogar im Inland zum Teil teurer angeboten als das Original. Die Folge: Die Mengenfregabe ist auf einem Rekordtief und bewirkt einen ungebremsten Strukturwandel.

Ein weiterer, wichtiger Druck kann als «intern», nicht durch die Konkurrenz bedingt, bezeichnet werden: Eine möglichst hohe Punktzahl bei der Taxation zu erreichen und die Ansprüche für die Vorverpackung zu erfüllen. Aus diesem Grunde wird bei der Emmentaler-Produktion in erster Linie auf Sicherheit sowie gute Teigeigenschaften und perfekte Lochbildung geachtet. Dadurch erfolgt bei der Reifung die Bildung des typischen Geschmacks und Aromas nur verzögert und reduziert, sodass das charakteristische süssliche Aroma des ursprünglichen Emmmentalers in den letzten Jahren immer weniger ausgeprägt zur Geltung kam. Die Entwicklung einer neuen Propionsäurebakterien-Kultur (Prop 23) im Rahmen des Innosuisse-Projektes «PropCult5.0», welche auch ohne Zugabe von FHL (fakultativ heterofermentative Laktobazillen) zu lagerfähigen Käsen führt, kann einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Aromas darstellen. Zudem kann eine leichte Erhöhung des Kochsalz-Gehaltes ebenfalls zu einem ausgewogeneren Aroma beitragen. Der gegenwärtige Kochsalz-Gehalt von Emmentaler Käse von  $3.4 \pm 0.5$  g/kg war in seiner Geschichte noch nie so tief und ist ein Mitgrund für vermehrte Aroma-Abweichungen. Es ist wissenschaftlich erwiesen, dass es einen Kochsalz Gehalt von mindestens 8 g/kg braucht, damit ein Käse nicht als fade wahrgenommen wird. Im Vergleich zu allen anderen Käsesorten wäre dieser Gehalt nach wie vor als tief zu beurteilen.

Mit dem Projekt DOLCE wurde eine Rezeptur entwickelt und Produktionsparameter wurden dahingehend angepasst, dass das Qualitätsoptimum wesentlich früher erreicht wird. Damit ist aber zwangsläufig eine verminderte Ausreifbarkeit verbunden, da sich Reifungsvorgänge nicht einfach stoppen lassen, sondern sich im Gegenteil häufig sogar autokatalytisch (z. B. über einen höheren pH-Wert) laufend beschleunigen.

Bei der Entwicklung der Dolce Rezeptur, ausführlich in der Publikation «Agroscope Transfer Nr. 551 / 2024» beschrieben, wurden die folgenden Kulturen erfolgreich eingesetzt:

- Prop 23 (neue Propionsäurebakterienkultur)
- Helv 01 (Reifungskultur mit *Lactobacillus helveticus*; 6 l pro 5000 l)
- Keine FHL (fakultativ heterofermentative Laktobazillen)

Folgende Anpassungen an der Rezeptur fanden statt:

- Brenntemperatur max. 52°C
- Ausziehtemperatur 45°C (ohne Ausrühren, bei kleineren Laiben ev. 1-2°C höher)
- Höherer Salzgehalt.

Mit diesen Parametern kann ein Emmentaler-Käse produziert werden, der schneller reift und eine lebhaftere Lochung, ein intensiveres Aroma und geschmeidige und elastische Teigeigenschaften aufweist. Dieser Käse kann bereits nach 3–4 Monaten konsumiert werden, ohne Gefahr zu laufen, fade zu sein. Die Praxis nahm diese Entwicklung mit grossem Interesse auf, wie die Auswahl an erschienenen Artikeln in Abbildung 1 zeigt.

Die Salzbehandlung kann mittels Salzbad und/oder einreiben von Trockensalz auf der Oberfläche erfolgen. Letzteres ist sehr arbeitsintensiv und kann zu einer dicken Rinde führen, was unerwünscht ist. In Versuchen konnte gezeigt werden, dass ein höherer Salzgehalt lediglich mittels Verlängerung der Salzbaddauer erfolgen sollte (Agroscope Science Nr. 203 / 2025); weder die Temperatur noch die Konzentration hatten einen Einfluss auf den Salzgehalt im Käse. Wird die Salzbadkonzentration gesenkt, im vorliegenden Fall auf 15°Bé, kann durch die Verlängerung der Salzbaddauer der Salzgehalt bei gleichzeitig minimiertem Wasserverlust erhöht werden.

Diese Salzbadbehandlung soll mit der Dolce Rezeptur kombiniert werden, was zu einer Optimierung der Rezeptur beitragen soll. Die Synthese der Rezeptur «Dolce», die zu mehr Aroma beiträgt, und einer angepassten Salzbadbehandlung, die zu mehr Geschmack beiträgt, soll schliesslich zur Herstellung von jungen Emmmentalern mit optimaler Reife führen.

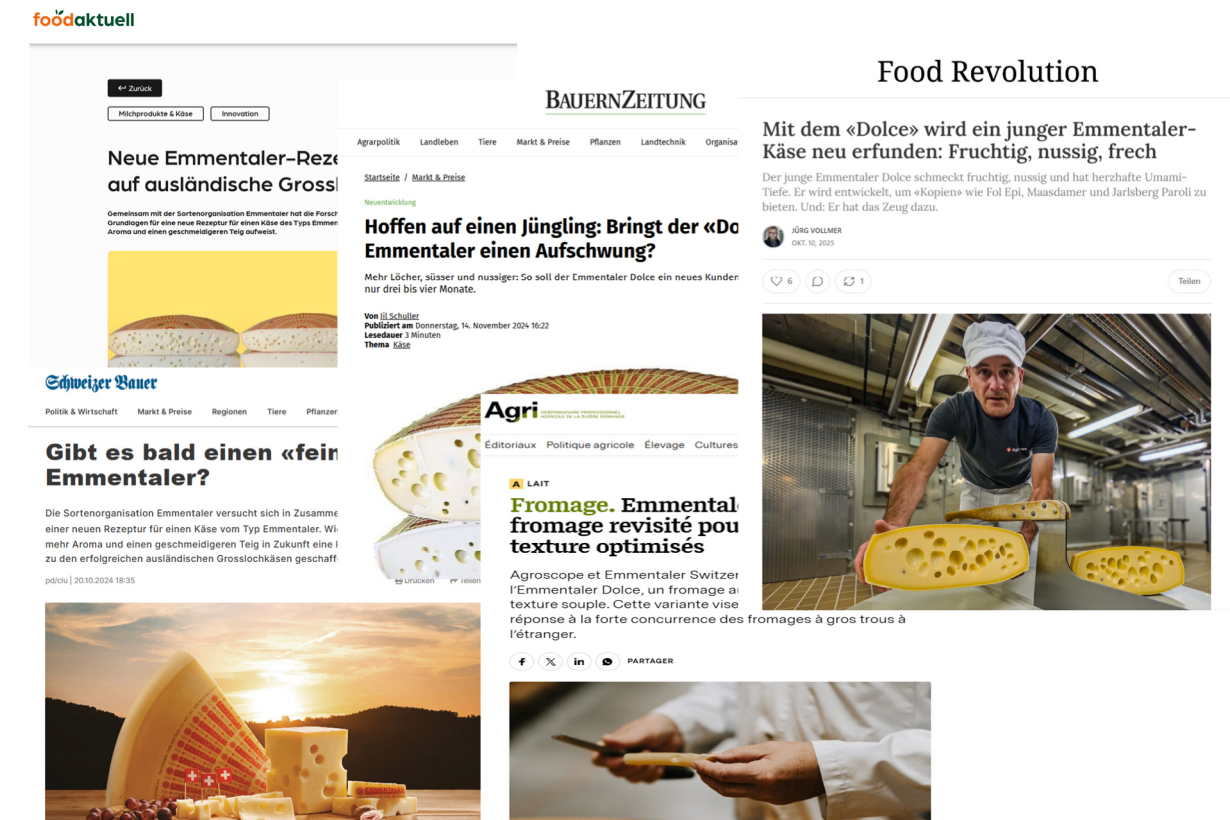


Abb. 1: Eine Auswahl von Artikeln erschienen nach der Publikation des Agroscope Transfer Nr. 551 / 2024 zum Thema «Emmentaler DOLCE: Ein junger Käse Typ Emmentaler mit mehr Aroma und geschmeidigem Teig».

## 2 Versuch in der Forschungskäserei Liebefeld

Die Tabelle 1 fasst die Faktoren zusammen, die für diesen Versuch ausgesucht worden waren und in unterschiedlichen Kombinationen getestet wurden. Es wurden sowohl Parameter aus der Standardfabrikation Emmentaler AOP (innerhalb des Pflichtenheftes) ausgewählt, als auch solche ausserhalb des Pflichtenhefts, die für einen Dolce-Emmentaler in Frage kämen. Die beiden Kulturen Prop 23 und Helv 01 befinden sich zurzeit nicht auf der «Positivliste Kulturen für Emmentaler» und sind daher nicht pflichtenheftkonform. Ebenso wenig sind es die Auszieh- bzw. Abfülltemperatur von 45 °C und die Kochsalz Konzentration von 15 °Bé des Salzbad.

Tabelle 1: Parameter, die für eine Dolce-Variante angepasst wurden. In () die verwendeten Abkürzungen.

| Parameter                                         | Standard Emmentaler AOP | Dolce                       |
|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Propionsäurebakterien (PSB)                       | Prop 96                 | Prop 23                     |
| Fakultativ heterofermentative Laktobazillen (FHL) | MK 3008                 | keine                       |
| Reifungskultur (Helv 01)                          | keine                   | Helv 01                     |
| Brenn-/Ausziehtemperatur (Temperatur)             | 53/53 °C                | 52/45 °C (15 min Kühldauer) |
| Salzbadbehandlung 11–13 °C (Salzbad)              | 21 °Bé während 24 h     | 15 °Bé während 72 h         |

2.1 Komplexer Versuchsaufbau ...

Es wurden insgesamt 16 Modell-Emmentaler (Durchmesser 35 cm) aus Rohmilch hergestellt und 3 Monate reifen gelassen. Pro Tag wurden 8 Käse aus derselben Milch hergestellt (Tab. 2). Während der Fabrikation fiel beim Käse Nr. 9 die Temperaturmessung aus, sodass die Temperaturführung unkontrolliert verlief. Dieser Ausreisser wurde nicht berücksichtigt.



Abb. 2: Florian Loosli und Olivia Hinni bei der Herstellung der Modell-Emmentaler in der Forschungskäserei von Agroscope in Liebefeld (Fotos: Jürg Vollmer, Food Revolution, 10. Oktober 2025).

Der Versuch in Tabelle 2 wurde so geplant, dass sechs verschiedene Faktoren untersucht werden. Jeder Faktor hat zwei mögliche Ausprägungen oder Stufen. Auch der Herstellungstag wurde als Einflussfaktor berücksichtigt. Wenn man alle möglichen Kombinationen testen würde, müsste man 64 Käse herstellen. Um Zeit und Aufwand zu sparen, wurde ein vereinfachter Versuchsplan verwendet. Dabei werden nicht alle möglichen Kombinationen und komplexen Interaktionen zwischen mehreren Faktoren untersucht. Trotzdem können die wichtigsten Einflüsse und einige Interaktionen zwischen jeweils zwei Faktoren zuverlässig bewertet werden. Dafür muss akzeptiert werden, dass sich manche Effekte statistisch überlagern und nicht vollständig voneinander getrennt werden können. Bei der Auswertung konzentrierte man sich deshalb auf die wichtigsten Einflüsse einzelner Faktoren und auf ausgewählte Interaktionen zwischen zwei Faktoren. Da nicht alle denkbaren Interaktionen untersucht werden können, mussten die wichtigsten ausgewählt werden. Berücksichtigt wurden nur jene, die aus praktischer und technologischer Sicht relevant sind: Helv 01 × Temperatur; LHF × Temperatur; LHF × Prop; Salzbad × Temperatur. Andere mögliche Interaktionen wurden ebenfalls geprüft, zeigten jedoch keinen wichtigen Einfluss und wurden deshalb nicht weiter berücksichtigt: Helv 01 × Prop; Temperatur × Prop; Salzbad × Prop.

Tabelle 2: Versuchsaufbau mit den fünf Faktoren Temperaturführung beim Brennen und Ausrühren, FHL, Helv 01, PSB-Kultur und Salzbad Behandlung. KbE = Koloniebildende Einheiten

| EH-Nr. | Tag | Brenn-/Ausziehtemperatur (°C) | FHL  | Helv01 0.1 % | PSB-Kultur (1000 KbE/mL) | Salzbad       |
|--------|-----|-------------------------------|------|--------------|--------------------------|---------------|
| 1      | 1   | 52 / 45 °C                    | Nein | Nein         | Prop 23                  | 15 °Bé / 72 h |
| 2      | 1   | 53 / 53 °C                    | Nein | Nein         | Prop 96                  | 15 °Bé / 72 h |
| 3      | 1   | 52 / 45 °C                    | Nein | Ja           | Prop 23                  | 21 °Bé / 24 h |
| 4      | 1   | 53 / 53 °C                    | Nein | Ja           | Prop 96                  | 21 °Bé / 24 h |
| 5      | 1   | 53 / 53 °C                    | Ja   | Nein         | Prop 23                  | 15 °Bé / 72 h |
| 6      | 1   | 52 / 45 °C                    | Ja   | Nein         | Prop 96                  | 15 °Bé / 72 h |
| 7      | 1   | 53 / 53 °C                    | Ja   | Ja           | Prop 23                  | 21 °Bé / 24 h |
| 8      | 1   | 52 / 45 °C                    | Ja   | Ja           | Prop 96                  | 21 °Bé / 24 h |
| 9      | 2   | 53 / 53 °C                    | Nein | Nein         | Prop 23                  | 21 °Bé / 24 h |
| 10     | 2   | 52 / 45 °C                    | Nein | Nein         | Prop 96                  | 21 °Bé / 24 h |
| 11     | 2   | 53 / 53 °C                    | Nein | Ja           | Prop 23                  | 15 °Bé / 72 h |
| 12     | 2   | 52 / 45 °C                    | Nein | Ja           | Prop 96                  | 15 °Bé / 72 h |
| 13     | 2   | 52 / 45 °C                    | Ja   | Nein         | Prop 23                  | 21 °Bé / 24 h |
| 14     | 2   | 53 / 53 °C                    | Ja   | Nein         | Prop 96                  | 21 °Bé / 24 h |
| 15     | 2   | 52 / 45 °C                    | Ja   | Ja           | Prop 23                  | 15 °Bé / 72 h |
| 16     | 2   | 53 / 53 °C                    | Ja   | Ja           | Prop 96                  | 15 °Bé / 72 h |

## 2.2 ... im Baukasten System

Das Schnittbild soll als Beispiel dienen, wie die Ergebnisse gelesen werden können. Denn es ist kaum möglich, alle Faktoren gleichzeitig zu berücksichtigen.

In Abbildung 3 sind die Standard- sowie die Dolce-Käse dargestellt, denen FHL, Helv 01 oder aber beide Kulturen zugegeben wurden. Je nach Kulturen Kombination verändert sich das Schnittbild. So kann man beispielsweise festhalten, dass die Dolce Rezeptur mit Helv 01 die meisten und grössten Löcher hervorrief.

Das Weglassen oder Hinzufügen von verschiedenen Faktoren, wie den beiden genannten Kulturen kann unterschiedliche Effekte haben. Je nach gewünschtem Ziel können Faktoren entsprechend ausgewählt oder weggelassen werden.

|       |          | Helv 01 | FHL |                                                                                     |
|-------|----------|---------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| EH 14 | Standard |         | X   |  |
| EH 7  |          | X       | X   |  |
| EH 4  |          | X       |     |  |
| EH 13 | Dolce    |         | X   |  |
| EH 8  |          | X       | X   |  |
| EH 3  |          | X       |     |  |

Abb. 3: Vergleich von Standard- und Dolce-Käse, die mit Helv01- und/oder FHL-Kulturen hergestellt worden sind.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Gleichzeitig eingesetzte Faktoren können sich gegenseitig beeinflussen bzw. interagieren. Es hat sich gezeigt, dass nicht alle Faktoren miteinander interagierten. Die wenigen beobachteten Interaktionen wiesen aber starke Effekte auf die Käsequalität auf, wie beispielsweise die Interaktion der Temperaturführung mit Helv 01 und die Interaktion der PSB- und der FHL-Kultur. Die Faktoren und ihre Interaktionen werden im Resultate-Teil getrennt diskutiert.

### 3.1 Die Temperaturführung: Dolce (52/45 °C) versus Standard (53/53 °C)

Unter den getesteten Faktoren hatte die Temperaturführung des Typs Dolce – 52 °C Brenntemperatur und 45 °C Abfülltemperatur, kurz 52/45 °C – einen grossen Effekt auf die Zusammensetzung und die Gärungsvorgänge in den Versuchskäsen (Tab. A1 im Anhang); die 52/45 °C-Käse wiesen einen höheren Wasser- sowie Laktat-Gehalt auf (Abb. 5a & b). Wegen des höheren Laktat-Gehaltes war die Propionsäure Bildung in diesen Käsen schwächer (Abb. 5c). Trotzdem verweilten sie weniger lange in der Heizung (Abb. 5d); offenbar war der hohe Laktat-Gehalt kein limitierender Faktor für die CO<sub>2</sub>-Bildung. Die Vorteile eines höheren Wassergehalts und weicheren Teigs überwogen.

Den grössten Effekt auf die Käsequalität hatte der kombinierte Einsatz der Dolce-Temperaturführung 52/45 °C mit der Helv 01-Kultur, wie die vielen signifikanten interaktiven Effekte zeigten (vgl. Tab. A1 & A3 im Anhang). Diese werden im nachfolgenden Abschnitt 3.2 im Detail diskutiert.



Erwartungsgemäss wurde ein grosser Effekt auch auf die sensorischen Eigenschaften beobachtet (Abb. 6): die 52/45 °C-Käse waren weniger fest im Teig, intensiver im Aroma, salziger und bitterer. Aber auch hier wurden wichtige interaktive Effekte mit Helv 01 beobachtet, die im folgenden Abschnitt besprochen werden.

Abb. 4: Ein Fachpanel bei der Beurteilung der Versuchskäse im Käsekeller von Agroscope in Liebefeld (Foto: Jürg Vollmer, Food Revolution).

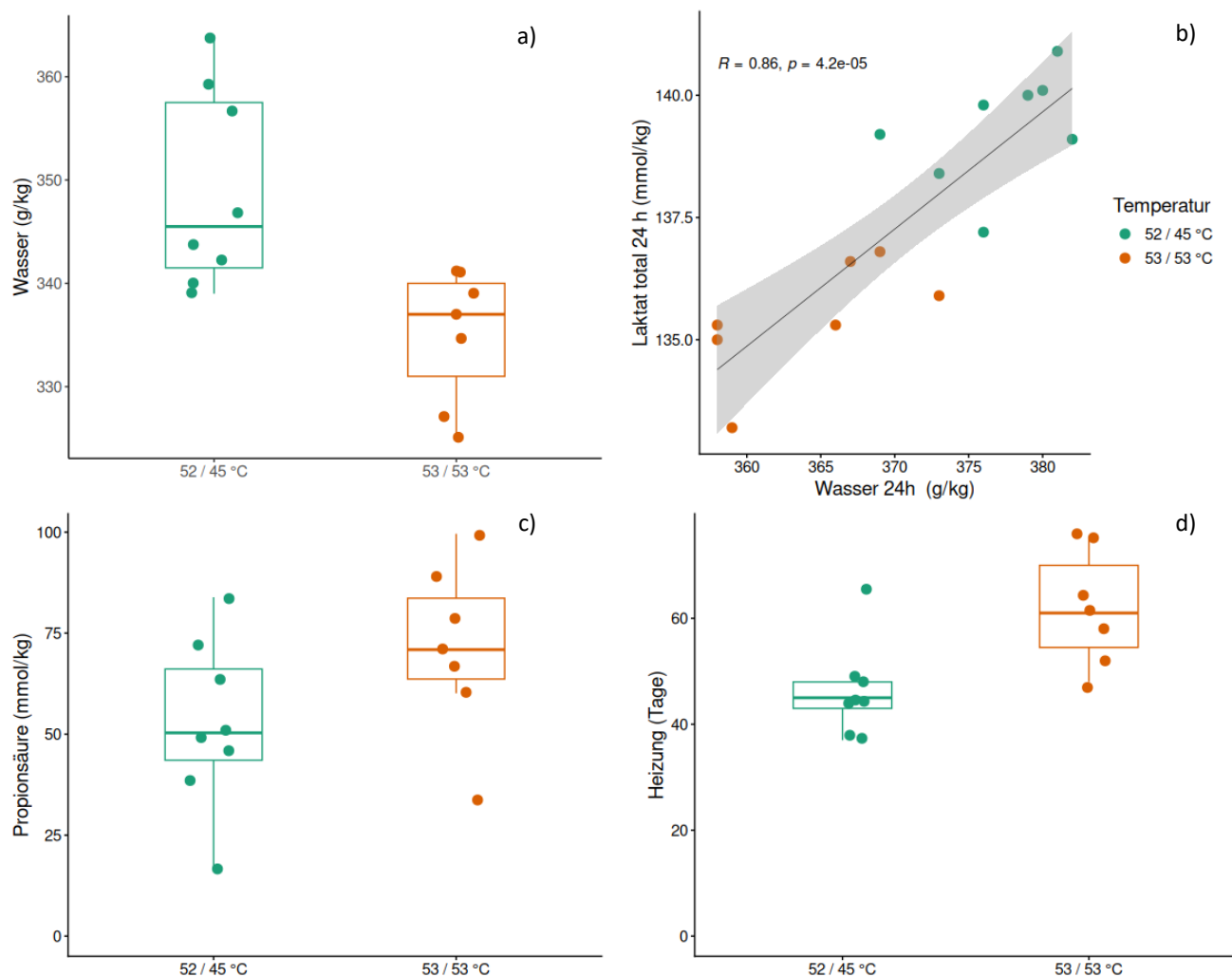


Abb. 5: Einfluss der Temperaturführung auf den Wassergehalt im reifen Käse (a), Zusammenhang zwischen Laktat und Wassergehalt im 24 h-Käse (b), Einfluss der Temperaturführung auf den Propionsäuregehalt (c) und auf den Aufenthalt der Käse in der Heizung (d).



Abb. 6: Sensorische Eigenschaften (N = 48) der Dolce-Käse (52/45 °C) und der Standardkäse (53/53 °C) (Abbildung: Jonas Inderbitzin). \* $p \leq 0.05$ ; \*\* $p \leq 0.01$ .

### 3.2 *Lactobacillus helveticus* & Dolce (52/45 °C)

Die Temperaturführung für den Käsetyp Dolce (52/45 °C) hatte die Aktivität der Zusatzkultur Helv 01 stark gefördert (Tab. A3 im Anhang); offenbar waren die Wachstumsbedingungen optimal für *L. helveticus*. Dies erklärt die höheren L-Laktat-Werte in den 52/45 °C & Helv 01-Käsen (Helv 01 bildet neben D- auch L-Laktat) und die höheren LAP- und OPA-Werte (Abb. 7 & 8). Bei der Käseherstellung sind OPA (o-Phthaldialdehyd)- und LAP (Leucin-Aminopeptidase)-Wert Kennzahlen zur Beurteilung der Proteolyse, also des Eiweissabbaus während der Reifung. So erstaunt es nicht, dass der OPA-Wert statistisch zu über 90 % mit dem Gehalt an L-Laktat und Wasser im 24 h-Käse erklärt werden kann ( $p < 0.001$ ).

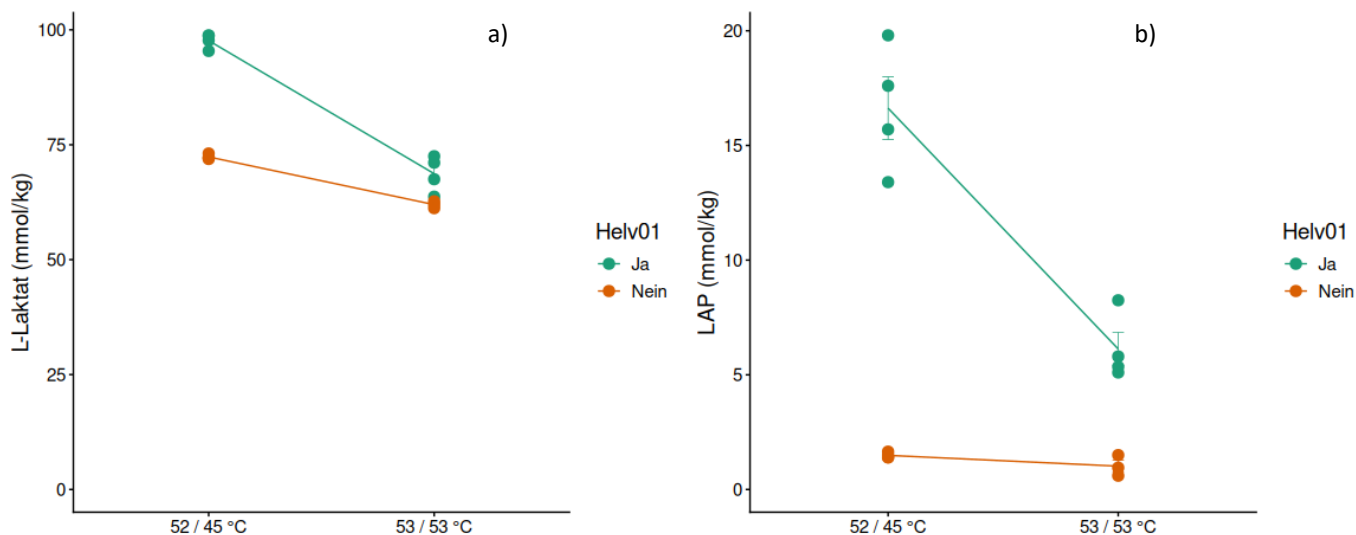


Abb. 7: Interaktionseffekt zwischen Temperaturführung und Helv 01 auf L-Laktat (a) bzw. LAP (b) in den 24 h-Käse.

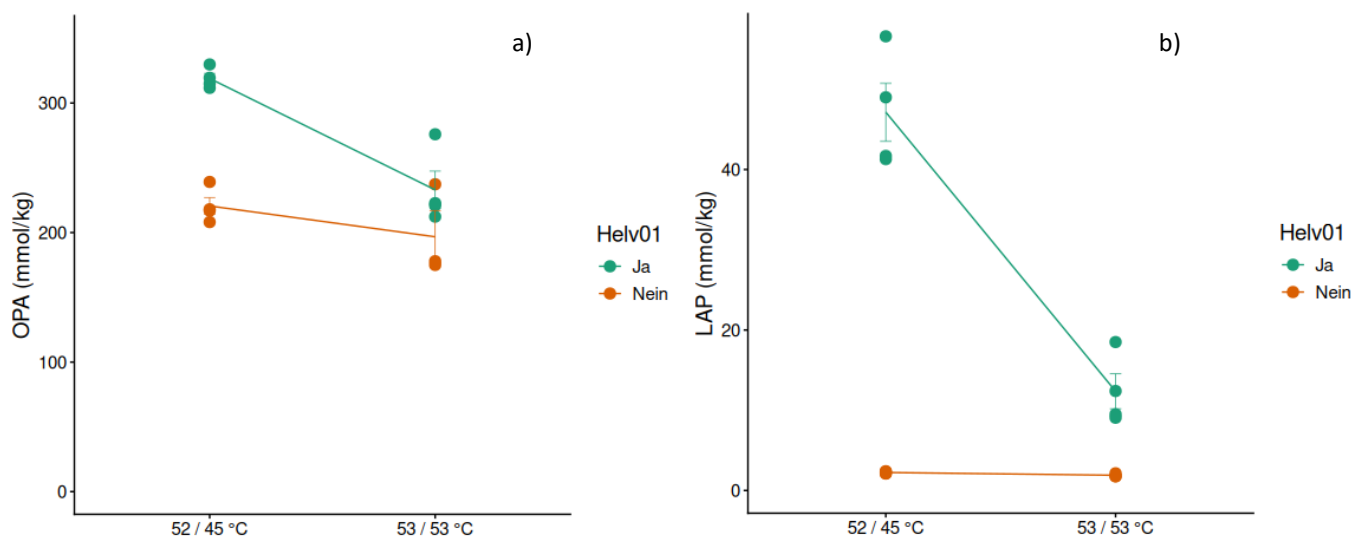


Abb. 8: Interaktionseffekt zwischen Temperaturführung und Helv 01 auf OPA (a) bzw. LAP (b) in den gereiften Käse.

Die Helv 01-Kultur konnte die sensorischen Eigenschaften ebenfalls stark beeinflussen (Abb. 9): Die Käse mit Helv 01 waren intensiver im Aroma, nussiger, deutlich süsser und etwas weniger bitter. Die Süsse liess sich als karamellartig beschreiben, was durchaus positiv bewertet wurde. Auch bei den sensorischen Eigenschaften konnten starke interaktive Effekte mit der Temperaturführung beobachtet werden: 52/45 °C Käse ohne Helv 01 wurden generell bitterer als die Standardkäse, aber insbesondere bitterer als die 52/45 °C-Käse mit Helv 01 bewertet (Abb. 10a). Immer wieder wird beobachtet, dass *L. helveticus* Bitterkeit deutlich reduzieren kann. Dies ist ein Resultat seiner proteolytischen Enzyme, die Bitterpeptide zu kleineren (nicht bitteren) Peptiden und Aminosäuren spalten.

Derselbe interaktive Effekt wurde auch für die Attribute nussig, salzig und Aromaintensität beobachtet: Die Dolce-Käse mit Helv 01 waren deutlich intensiver im Aroma (Abb. 7b). Insbesondere nussig und süß, aber auch salzig waren deutlich erhöht (nicht gezeigt). In den Standardkäsen mit Emmentaler-Temperaturführung (53/53 °C) konnte nur ein schwacher Effekt von Helv 01 beobachtet werden.

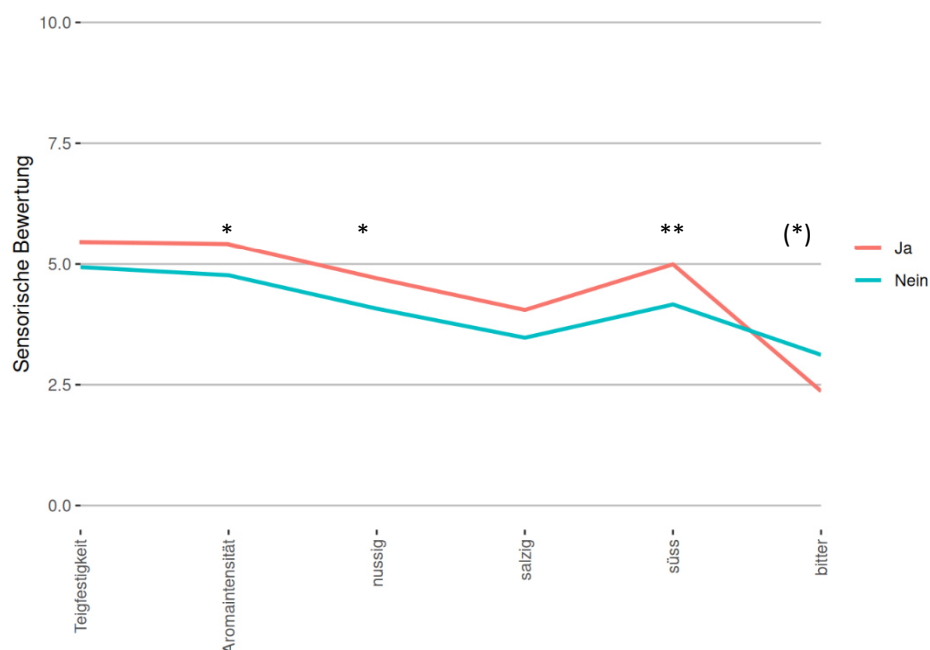


Abb. 9: Sensorische Eigenschaften (N = 48) der Käse mit (Ja) und ohne Helv 01 (Nein) (Abbildung: Jonas Inderbitzin). \* $p \leq 0.05$ ; \*\* $p \leq 0.01$ .

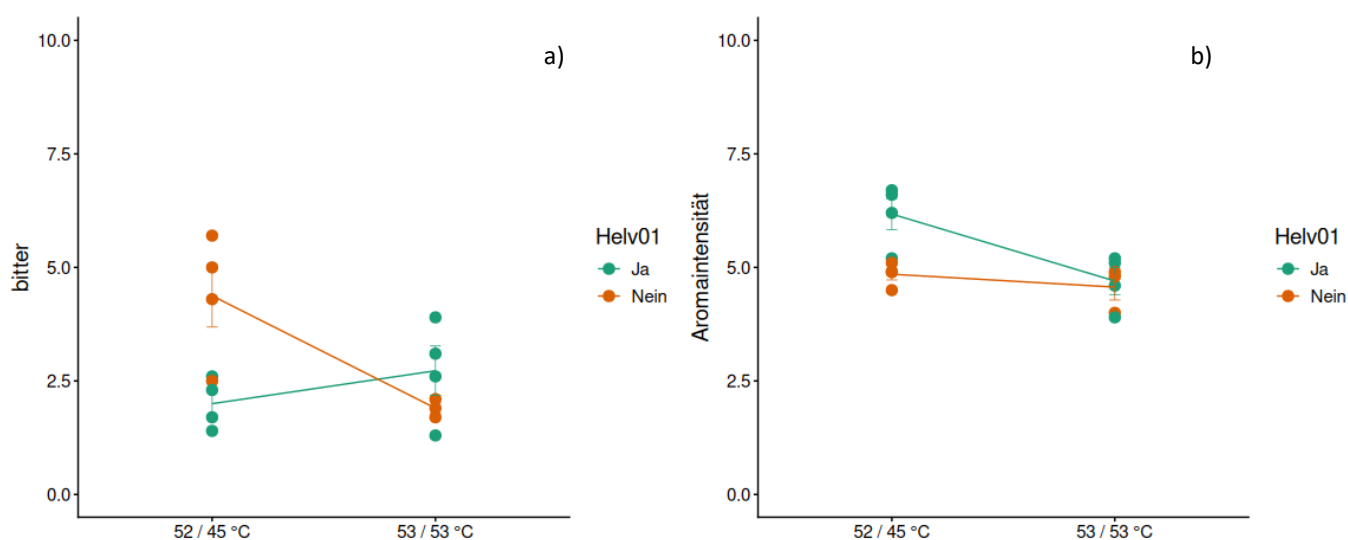


Abb. 10: Interaktionseffekt zwischen Temperaturführung und Helv 01 auf Bitterkeit (a) bzw. Aromaintensität (b) in den gereiften Käse.

### 3.3 Fakultativ heterofermentative Laktobazillen & Dolce (52/45 °C)

Wie erwartet führten die FHL zu einem verlängerten Aufenthalt der Käse in der Heizung (Abb. 11a). Die Temperaturführung zeigte keine Wirkung auf die FHL-Aktivität (vgl. Tab. A4 im Anhang), mit Ausnahme des Citrat-Stoffwechsels. Diese signifikante Interaktion zwischen der Temperaturführung und FHL – in Abb. 11b dargestellt – besagt, dass nur in den Käsen des Typs Emmentaler (53/53 °C) das Citrat nicht abgebaut wurde. In den Käsen des Typs Dolce (52/45 °C) hingegen wurde Citrat auch ohne Zugabe von FHL abgebaut, was auf ein Wachstum von Citrat-abbauenden Keimen aus der Rohmilch wie FHL und/oder Enterokokken hinweist.

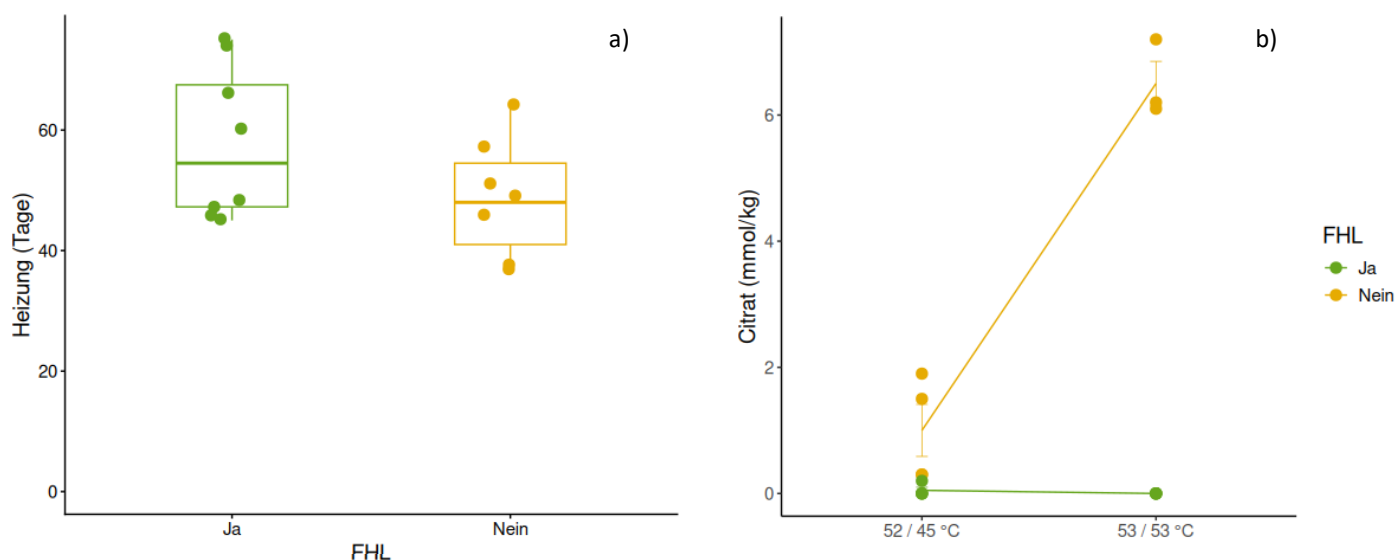


Abb. 11: Einfluss der FHL Kultur auf den Aufenthalt der Käse in der Heizung (a) und Interaktionseffekt zwischen Temperaturführung und FHL auf den Abbau von Citrat (b) in den gereiften Käse.

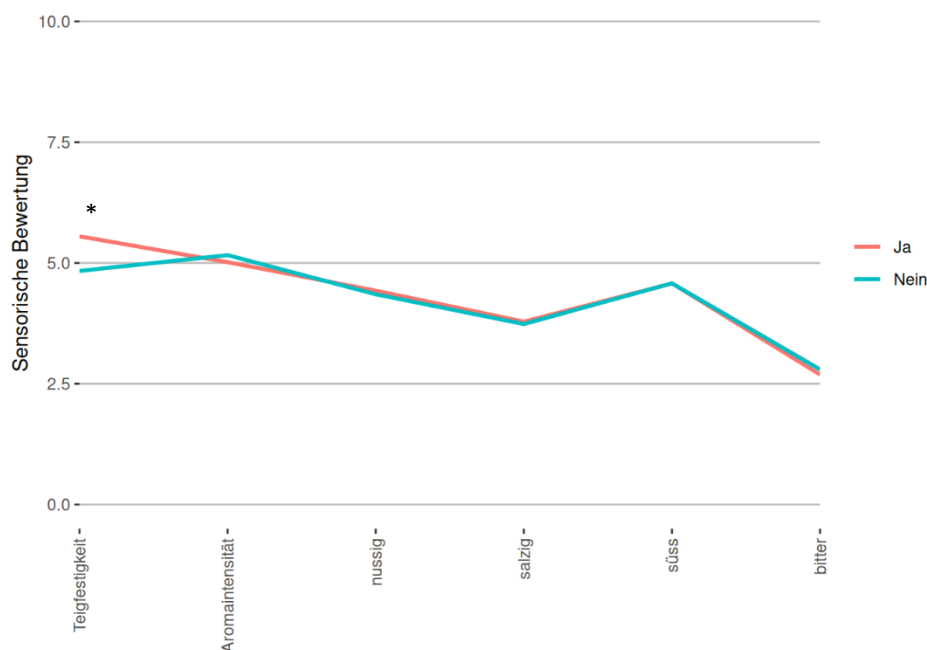


Abb. 12: Sensorische Eigenschaften (N = 48) der Käse mit (Ja) und ohne FHL (Nein) (Abbildung: Jonas Inderbitzin, Agroscope). \* $p \leq 0.05$ .

Die FHL beeinflussten in diesem Versuch die sensorischen Eigenschaften nur wenig, einzig der Teig war mit Zugabe von FHL signifikant fester (Abb. 12). Dies könnte auf deren proteolytische Aktivität zurückgeführt werden, wie bereits in früheren Untersuchungen mehrfach beobachtet werden konnte (Bütikofer et al., 1998; Fröhlich-Wyder et al., 2002; Fröhlich-Wyder und Bachmann, 2024; Qualitätssicherung Propionsäurebakterien der Jahre 2000–2014). Dadurch wird mehr freies Wasser gebunden, was zu einem härteren Teig führt.

### 3.4 Fakultativ heterofermentative Laktobazillen und Propionsäurebakterien

Im vorliegenden Versuch hatte die unterschiedliche Temperaturführung keinen Effekt auf die Propionsäurebakterien (vgl. Tab. A2 im Anhang); letztere konnten auch sensorisch nicht auseinandergehalten werden (Ergebnisse nicht dargestellt). Doch es konnten einige interaktive Effekte zwischen den PSB und den FHL beobachtet werden. FHL werden in der Herstellung von Emmentaler AOP zur Kontrolle der Propionsäuregärung eingesetzt. Nicht alle PSB lassen sich gleich stark kontrollieren bzw. hemmen (Fröhlich-Wyder et al., 2002). Dies konnte auch hier beobachtet werden: Die Prop 96-Käse mit FHL blieben im Schnitt am längsten in der Heizung (Abb. 13a); die Prop 23-Käse mit bzw. ohne FHL blieben in etwa gleich lang in der Heizung. Bei der Propionsäuregärung hingegen konnte beobachtet werden, dass die FHL die beiden PSB-Kulturen vergleichbar stark hemmen konnten (Abb. 13b).

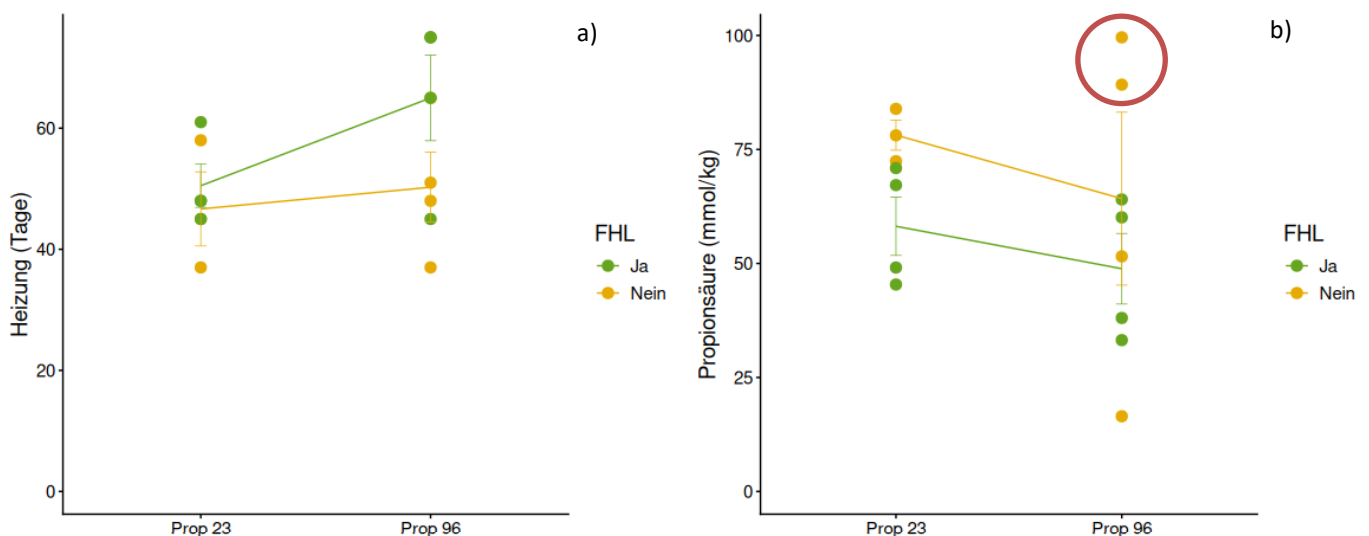


Abb. 13: Interaktionseffekt zwischen PSB und FHL auf Aufenthalt in der Heizung (a) bzw. Propionsäuregehalt (b) in den gereiften Käse. Roter Kreis: Käse Typ Dolce (52/45 °C).

Eine möglicherweise unterschätzte Interaktion ist in Abbildung 14 dargestellt: Die Käse mit Prop 96 plus FHL fielen durch einen höheren OPA-Wert auf. Wie im vorangegangenen Abschnitt festgehalten, wurde dies bereits in mehreren Untersuchungen beobachtet. Werden in der Praxis erhöhte OPA-Werte in einem Emmentaler nachgewiesen, müssen somit nicht zwingend Fremdkeime dafür verantwortlich sein. – Die intensivste Proteolyse wurde jedoch in den Käsen des Typs Dolce mit Temperaturführung 52/45 °C plus Helv 01 beobachtet.

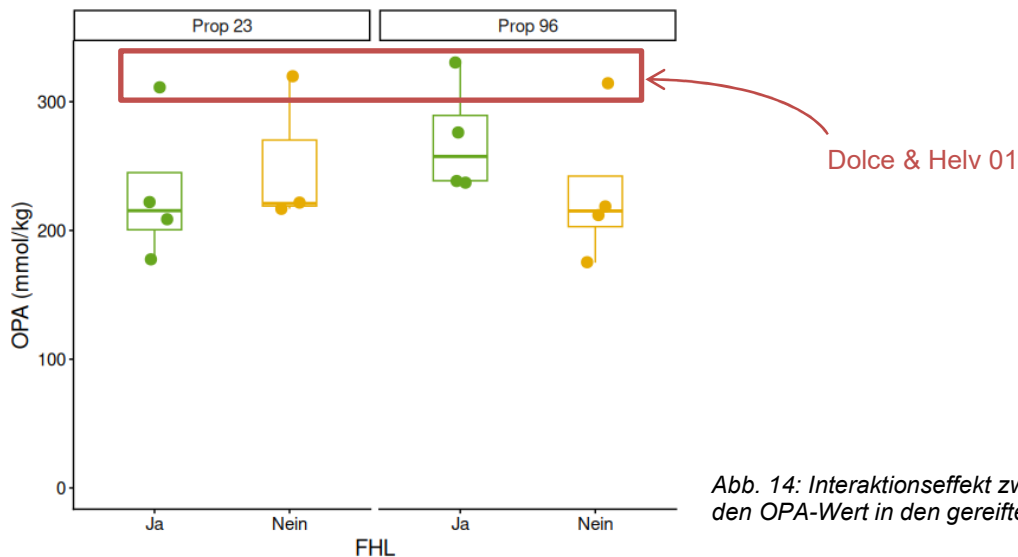


Abb. 14: Interaktionseffekt zwischen FHL und PSB auf den OPA-Wert in den gereiften Käse

### 3.5 Unerwünschte Keime: Tageseffekt & Dolce (52/45°C)

Nicht nur die *L. helveticus*-Stämme der Kultur Helv 01 fanden ideale Wachstumsbedingungen in den 52/45 °C-Käsen, sondern – wo vorhanden – auch unerwünschte Keime aus der Rohmilch. Dies wurde bereits beim Citrat-Abbau festgestellt (Abb. 11b).

Putrescin (z. B. *Paucilactobacillus wasatchensis*) und Histamin (z. B. *Lentilactobacillus parabuchneri*) wurden insbesondere in den 52/45 °C-Käsen des 2. Produktionstages nachgewiesen; Tyramin hingegen (z. B. *Latilactobacillus curvatus*, *Levilactobacillus brevis*, Enterokokken) in sämtlichen Käsen des 1. Produktionstages (Abb. 15).

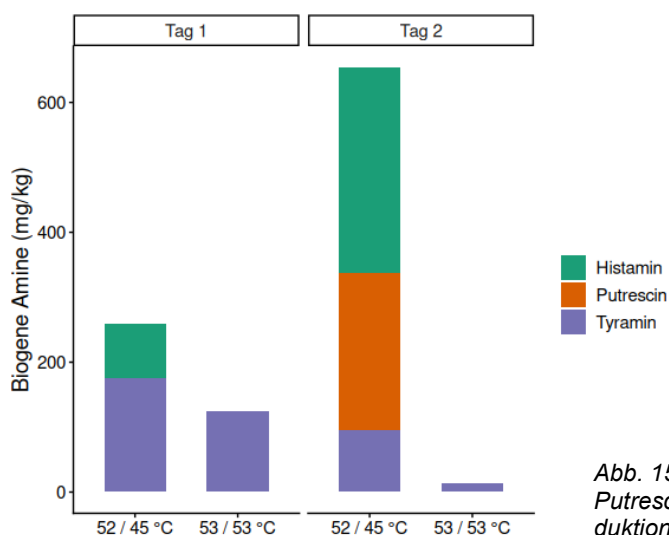


Abb. 15: Mittlere Gehalte (N = 4) an den biogenen Aminen Histamin, Putrescin und Tyramin in den Versuchskäsen gruppiert nach Produktionstag und Temperaturführung.

Im Vergleich zur Standardfabrikation war die Propionsäuregärung in den 52/45 °C-Käsen als Folge des saureren Milieus schwächer (Abb. 5), dies offenbar im Gegensatz zu den biogenen Aminen. Histamin beispielsweise wird durch die Wirkung der Histidindecaboxylase aus Histidin gebildet, was zur pH-Stabilisierung beiträgt und so Säurestress regulieren kann. Neben der Temperaturführung und dem höheren Wassergehalt könnte der Säurestress ein weiterer fördernder Faktor für die Bildung von biogenen Aminen darstellen. Eine hohe Qualität der Rohmilch bleibt für die Herstellung von Käsen unabdingbar.

Nicht nur die Dolce-Temperaturführung von 52/45 °C beeinflusste die Bildung von biogenen Aminen. Ein interessanter Effekt von FHL konnte für Tyramin beobachtet werden: Die FHL schienen mögliche Enterokokken zu

konkurrieren, sodass diese weniger Tyramin bilden konnten (Tab. A4 im Anhang). Helv 01 hingegen, stark proteolytisch, konnte wahrscheinlich die Verfügbarkeit an freien Aminosäuren erhöhen, welche die Kontaminanten zu biogenen Aminen dekarboxylierten (Tab. A3 im Anhang).

### 3.6 Salzbadbehandlung und Dolce (52/45°C)

Untersuchungen bei Agroscope haben aufgezeigt, dass eine Salzbadbehandlung bei 15 °Bé statt bei 21 °Bé nicht zwingend zu einem niedrigeren Salzgehalt im Käse führt (Guggisberg et al., 2025; Fröhlich-Wyder et al., 2025). Zudem konnte beobachtet werden, dass die Wasserverteilung bei 15 °Bé von Anfang an homogener verlief als bei 21 °Bé, und die 52/45 °C-Varianten einen geringeren Wasserverlust bei vergleichbarer Kochsalz-Aufnahme aufwiesen. Beim vorliegenden Versuch waren die Zeiten der Salzbadbehandlung unterschiedlich: Das Ziel bestand darin, die Salzaufnahme im Salzbad bei 15 °Bé zu maximieren, indem die Käse 72 statt 24 h darin verweilten.

Abbildung 16a zeigt, dass sich der Wasserverlust der 52/45 °C-Käse zwischen den Salzbadbehandlungen im Mittel nicht unterschied, obwohl die Käse sich deutlich länger im 15 °Bé-Salzbad befanden. Im Gegensatz dazu schien – unabhängig von der Salzbadkonzentration – der Wasserverlust der Standardkäse stark von der Verweildauer abhängig zu sein: Je länger die Verweildauer im Salzbad, desto höher der Wasserverlust. Die Kochsalz-Aufnahme war wie erwartet: Am meisten Kochsalz nahmen die Dolce (52/45 °C)-Käse im 15 °Bé-Salzbad bei 72 h auf.

Da die Salzbadkonzentration im Gegensatz zur Verweildauer keinen grossen Einfluss auf die Kochsalz-Konzentration im Käse hatte, war es die Verweildauer, welche die sensorischen Eigenschaften signifikant beeinflusste: Die Käse, die länger im Salzbad verweilten, waren fester im Teig und deutlich salziger (Abb. 17).

Passend zu den Beobachtungen beim Wasserverlust und der Kochsalz-Aufnahme (Abb. 16) nahmen die Standardkäse im Salzbad 15 °Bé / 72 h im Vergleich zum Salzbad 21 °Bé / 24 h an Festigkeit zu. Dieser Effekt war bei den 52/45°C-Käse deutlich weniger stark. Umgekehrt nahmen die Dolce (52/45 °C)-Käse deutlich mehr an Salzigkeit zu als die Standardkäse (Abb. 18).

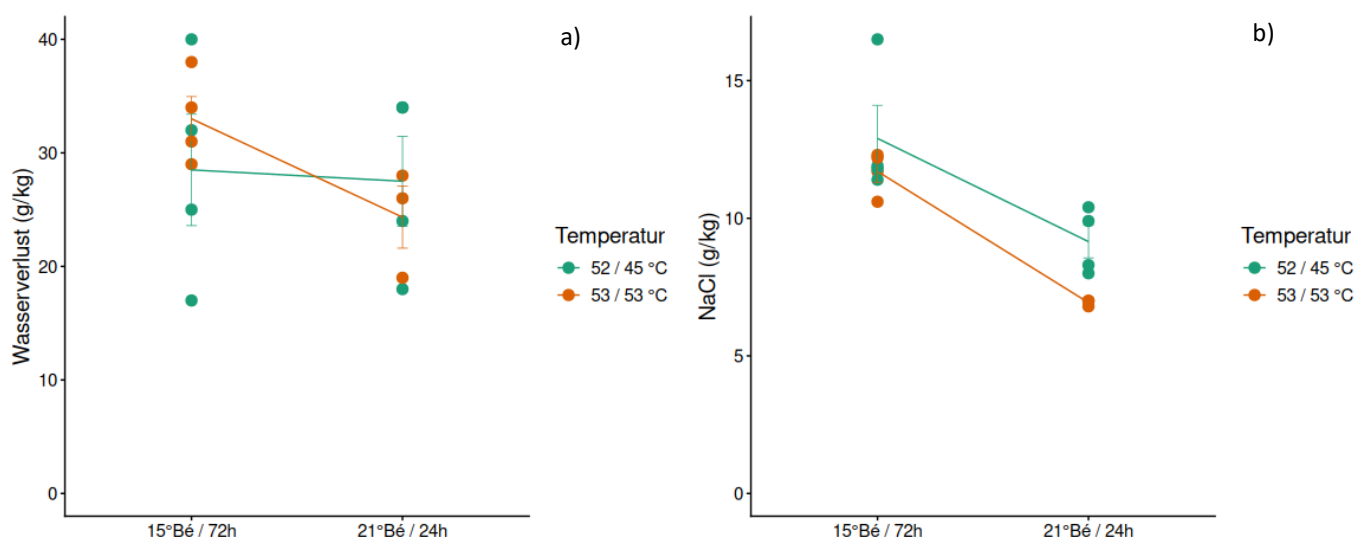


Abb. 16: Interaktionseffekt (n.s.) zwischen Salzbad- und Temperaturbehandlung auf den Wasserverlust (a) und den NaCl-Gehalt (b).

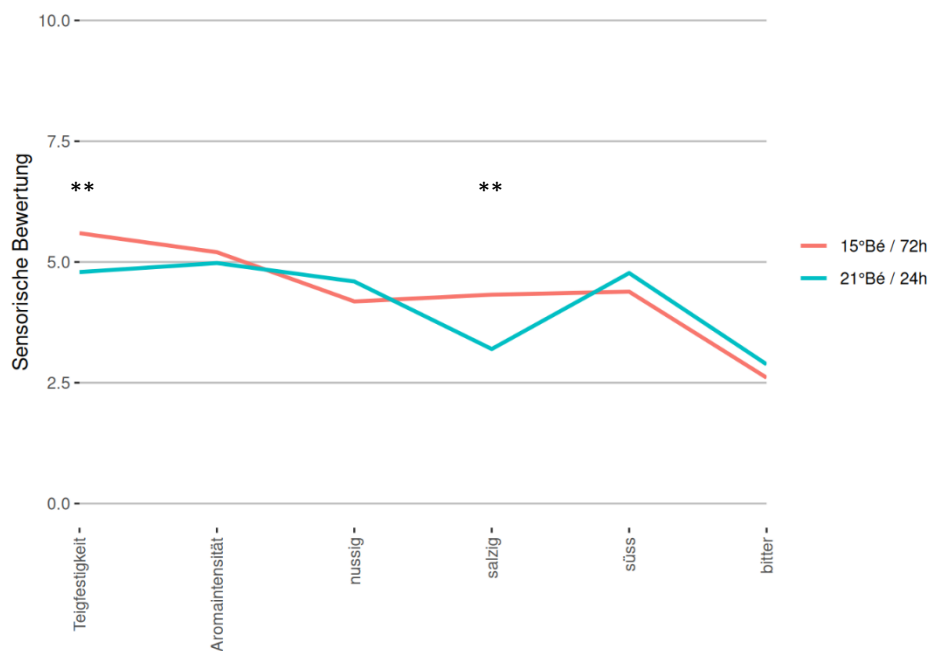


Abb. 17: Sensorische Eigenschaften (N = 48) der Käse mit unterschiedlicher Salzbadbehandlung (Abbildung: Jonas Inderbitzin, Agroscope).  $**p \leq 0.01$ .

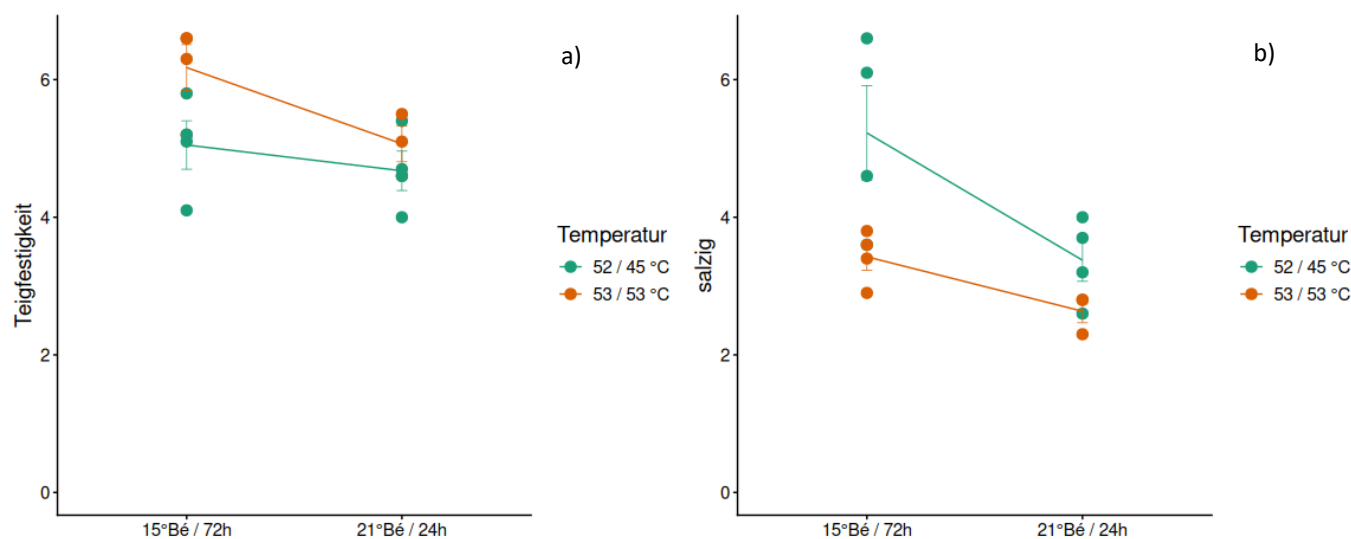


Abb. 18: Interaktionseffekt zwischen Salzbad- und Temperaturführung auf die Teigfestigkeit (a) und die Salzigkeit (b).

## 4 Schlussfolgerungen

Das teilfaktorielle Versuchsdesign hat sich bewährt; die Auswertung von mehreren Faktoren und ausgewählten Zweifach-Interaktionen stellt jedoch eine besondere Herausforderung dar, den Überblick nicht zu verlieren.

Die weitaus stärksten Effekte auf die Käsequalität hatten die Temperaturführung beim Brennen/Abfüllen (Dolce 52/45 °C ↔ Emmentaler 53/53 °C), die Helv 01 und deren Interaktionen. Es wurden jedoch auch von den anderen Faktoren relevante Einflüsse beobachtet.

Die **Dolce-Variante (Brennen: 52 °C, Ausrühren und Abfüllen: 45 °C)** hat zu mehr Wasser im Käse sowie zu einer intensiveren Milchsäuregärung beigetragen. Generell wurden mikrobiologische und biochemische Prozesse beschleunigt, was anhand der entsprechenden Stoffwechselprodukte und am kürzeren Aufenthalt in der Heizung erkennbar war. Dies hatte zur Folge, dass auch unerwünschte Prozesse, wie die Bildung von biogenen Aminen, verstärkt auftraten, da die entsprechenden Keime offenbar in der Fabrikationsmilch enthalten waren. Nur die Propionsäuregärung verlief in den Dolce-Käsen schwächer, möglicherweise als Folge der intensiveren Säuerung. Auch sensorisch konnten signifikante Effekte beobachtet werden: Die Käse wurden als weniger fest, salziger und bitterer beurteilt.

Die Kultur **Helv 01** bildete zusätzliches L-Laktat und intensivierte die Milchsäuregärung. Der LAP- und der OPA-Wert waren deutlich erhöht, was möglicherweise ein Mitgrund für einen erhöhten Gehalt an biogenen Aminen darstellte. Den aminbildenden Fremdkeimen aus der Rohmilch standen erhöhte Mengen an Aminosäuren zur Verfügung, die sie zu biogenen Aminen dekarboxylieren konnten. Helv 01 hatte einen wesentlichen Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften: Die Käse wurden als deutlich süsser mit einer Karamellnote, als nussiger, intensiver im Aroma, etwas salziger und etwas fester beurteilt.

Die **Kombination der Dolce-Temperaturführung (52/45 °C) mit Helv 01** führte zu stärkerer Aktivität von *L. helveticus*, was sich unter anderem in höheren LAP- und OPA-Werten sowie L-Laktat Gehalten zeigte. Diese stärkere Aktivität trug zu einer deutlichen Optimierung der sensorischen Qualität bei: Die Dolce-Käse wurden nicht mehr als bitter wahrgenommen und die Süsse, Nussigkeit und Salzigkeit wurden intensiver.

Die beiden **Propionsäurebakterien**-Kulturen verhielten sich wie erwartet: Im Vergleich zur Prop 23 trug Prop 96 dazu bei, dass die Käse länger in der Heizung verweilten, beide Laktat-Isomere im reifen Käse nachweisbar waren und weniger Succinat gemessen wurde. Prop 96 war weniger lipolytisch, aber proteolytischer. Die Kombination von Prop 96 mit FHL verlängerte die Dauer in der Heizung und verstärkte die Proteolyse. In der Sensorik unterschieden sich die beiden Kulturen nicht signifikant voneinander; es konnte jedoch eine interessante Interaktion mit FHL beobachtet werden: Die Käse mit Prop 96 und FHL wurden als nussiger und süsser beurteilt als die Käse mit nur Prop 96. Bei den Käsen mit Prop 23 war es genau umgekehrt. Noch nussiger und süsser wurden die Dolce (52/45 °C)-Käse mit Helv 01 beurteilt.

Die **FHL** verhielten sich im erwarteten Rahmen: Sie intensivierten die Milchsäuregärung, verlängerten den Aufenthalt der Käse in der Heizung, bildeten Ameisensäure und trugen zu einer intensiveren Proteolyse bei. Noch intensiver war die Proteolyse in Kombination mit Prop 96. Sie bremsten etwas die Propionsäuregärung sowie die Tyramin-Bildung. In den Dolce (52/45 °C)-Käsen, die ohne Helv 01 fabriziert wurden, konnten die FHL zu einer Reduktion der Bitterkeit beitragen, was wie bei Helv 01 auf ihre proteolytische Aktivität zurückgeführt werden kann. In den Käsen des Typs Emmentaler (53/53 °C) war es genau umgekehrt: Die Bitterkeit wurde mit FHL ausgeprägt.

Generell war der Salzgehalt in den Modell-Käsen höher als üblicherweise in Emmentalern. Daher könnten die sensorischen Ergebnisse im vorliegenden Versuch etwas von der Praxis abweichen. Nichtsdestotrotz zeigen sie Einflussmöglichkeiten durch die gewählten Faktoren auf. – Die **verlängerte Salzbaddauer bei 15 °Bé** trug zu einem höheren Salzgehalt, höheren LAP-Werten und tieferen Essigsäure-Gehalten bei. Die Käse wurden als fester und salziger, aber weniger süss wahrgenommen. Es konnte ein ähnlicher Effekt wie bei vorangegangenen Arbeiten beobachtet werden, nämlich dass die Kochsalz-Aufnahme und der Wasserverlust bei den 52/45 °C-Käsen in den beiden Salzbadern nicht in gleichem Masse erfolgten. In der verlängerten Salzbadbehandlung bei 15 °Bé nahmen die 52/45 °C-Käse am meisten Salz auf; der Wasserverlust jedoch war vergleichbar zwischen den beiden Salzbad-Behandlungen. Ähnlich verhielt sich die Teigfestigkeit, die bei den 52/45 °C-Käsen in der längeren Salzbadbehandlung bei 15 °Bé weniger stark zunahm als bei den Käsen des Typs Emmentaler (53/53 °C).

## 5 Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich mit:

- der Dolce-Temperaturführung (brennen: 52 °C; abfüllen: 45 °C)
- der Helv01-Zugabe
- der verlängerten Salzbaddauer bei 15 °Bé

gezielt Käse des Typs Emmentaler mit mehr Geschmack und optimaler Reife im jungen Alter herstellen lassen. Für die Umsetzung braucht es jedoch eine hohe Qualität der Rohmilch, das Know-how des Käasers und der Käserin sowie ein vorsichtiges Herantasten an das käseispezifische Optimum der Parameter. Dies könnte bedeuten, dass nicht zwingend die Extremwerte gewählt werden müssen. So könnte ein Abfüllen des Bruches bei 47 oder 49 °C bereits den erwünschten Effekt haben. Auch ein schrittweises Vorgehen ist wichtig, indem nur ein Faktor auf einmal geändert wird.

## 6 Weiteres Vorgehen

Die im Rahmen des Projektes Dolce gewonnenen Erkenntnisse bilden eine hervorragende Grundlage für die Entwicklung einer alternativen Emmentaler-Rezeptur. Die sensorischen Eigenschaften, welche mit dem Projekt Dolce erzielt werden konnten, können mit erfolgreichen ausländischen Konkurrenten (Fol Epi, Maasdamer, Jarlsberg usw.) standhalten.

Unter den heutigen Gegebenheiten (Taxationskriterien, vorausgesetzte lange Lagerfähigkeit, qualitätsabhängige Mengensteuerung) wird jedoch noch kein Käser und keine Käserin die Fabrikation von Emmentaler AOP anpassen. Trotzdem ist die vorliegende Arbeit für Emmentaler Switzerland eine erfolgsversprechende Möglichkeit, mit einer angepassten Rezeptur neue Konsumentengruppen anzusprechen.

## 7 Dank

Ohne die Beiträge der Mitarbeitenden von Agroscope in Liebefeld, Bern wären solche Forschungsarbeiten nicht möglich. Unser Dank gilt Florian Loosli und Olivia Hinni (Gruppe «Angewandte Verarbeitungstechnologie») für die Käseherstellung, Charlotte Fleuti und ihren Mitarbeiterinnen (Gruppe «Inhaltsstoffe») für die chemischen Analysen, Lotti Egger, Reto Portmann und ihren Mitarbeitenden (Gruppe «Biochemie der Milch und Mikroorganismen») für die biochemischen Analysen und die Analyse der biogenen Aminen, sowie Jonas Inderbitzin und seinen Mitarbeitenden (Gruppe «Nacherntequalität pflanzlicher Produkte») für die sensorischen Analysen.

Teile dieses Projektes wurden von Innosuisse (Projekt-Nummer 120.360 IP-LS) mitfinanziert (Entwicklung der Kultur Prop 23).

## 8 Literaturverzeichnis

Bütikofer, U.; Baumann, E.; Sieber, R.; Bosset, J.O. (1998). Ripening of Emmental Cheese Wrapped in Foil with and without Addition of *Lactobacillus casei* subsp. *casei*. IV. HPLC Separation of Water-soluble Peptides, LWT - Food Science and Technology, 31 (3) 297-301, <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0342>.

Fröhlich-Wyder, M. T., Bachmann, H. P., & Casey, M. G. (2002). Interaction between propionibacteria and starter/non-starter lactic acid bacteria in Swiss-type cheeses. Lait, 82 (1), 1-15. <https://doi.org/10.1051/lait:2001001>

Fröhlich-Wyder, M. T. & Bachmann, H. P. (2024). Emmentaler Dolce. Ein junger Käse Typ Emmentaler mit mehr Aroma und geschmeidigem Teig. Agroscope Transfer, 551, 1-18. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/57457>

Fröhlich M. T., Guggisberg D., Aeschlimann T., Bisig W. (2025). Das Kochsalz-Dilemma: Wie die Bedeutung von NaCl für Geschmack und Aroma im Schweizer Emmentaler vergessen ging und was dagegen unternommen werden kann. Agroscope Science, 203, 1-25. <https://doi.org/10.34776/as203g>.

Guggisberg, D., Bisig, W., Loosli, F., Stoop, R., Schmidt, R.S., Fröhlich-Wyder, M.T. (2025). Optimizing NaCl uptake in experimental Emmentaler cheese: Effects of brining concentration, temperature, and duration. International Dairy Journal, 170, 106383. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106383>.

## Anhang

Tabelle A1: Faktor Temperaturführung. \*p ≤ 0.05; \*\*p ≤ 0.01; \*\*\*p ≤ 0.001. SB = Salzbad

| Parameter    |                  | Einheit | Mittelwert<br>(N = 8) |       | Stabw.     |       | p-Wert |                     |
|--------------|------------------|---------|-----------------------|-------|------------|-------|--------|---------------------|
|              |                  |         | 52 / 45 °C            |       | 53 / 53 °C |       | Faktor | Interaktion         |
| Käse<br>24 h | Käse in Heizung  | Tage    | 46.3                  | 8.7   | 61.9       | 10.7  | **     |                     |
|              | Wasser           | g/kg    | 377.0                 | 4.4   | 364.3      | 6.0   | **     |                     |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 85.0                  | 13.6  | 65.8       | 4.6   | ***    | ** Helv01           |
|              | LAP              | IU/kg   | 9.1                   | 8.3   | 3.9        | 2.9   | ***    | ** Helv01           |
| Käse<br>reif | Wasser           | g/kg    | 349.0                 | 9.6   | 335.0      | 6.5   | **     |                     |
|              | NaCl             | g/kg    | 11.0                  | 2.7   | 9.7        | 2.6   |        |                     |
|              | Ameisensäure     | mmol/kg | 7.5                   | 2.2   | 4.7        | 4.2   | **     | * FHL               |
|              | Propionsäure     | mmol/kg | 52.6                  | 21.0  | 71.2       | 21.5  | *      |                     |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 68.2                  | 20.5  | 41.6       | 30.6  | ***    |                     |
|              | Gesamtlaktat     | mmol/kg | 91.6                  | 28.9  | 60.6       | 45.8  | **     |                     |
|              | LAP              | IU/kg   | 24.7                  | 24.5  | 7.9        | 6.4   | ***    | *** Helv01          |
|              | OPA              | mmol/kg | 269.8                 | 53.6  | 217.4      | 34.7  | ***    | ** Helv01<br>** FHL |
|              | Citrat           | mmol/kg | 0.5                   | 0.7   | 2.8        | 3.5   | ***    | *** FHL             |
|              | Succinat         | mmol/kg | 5.4                   | 3.4   | 4.7        | 2.7   |        |                     |
|              | rel. Lochvolumen | % (CT)  | 200.7                 | 205.4 | 0.0        | 0.0   | *      |                     |
|              | Histamin         | mg/kg   | 135.2                 | 78.2  | 76.4       | 102.3 | **     | ** Helv01<br>* SB   |
|              | Tyramin          | mg/kg   | 5.4                   | 3.4   | 2.2        | 1.4   |        |                     |

Tabelle A2: Faktor Propionsäurebakterien. \*p ≤ 0.05; \*\*p ≤ 0.01; \*\*\*p ≤ 0.001.

| Parameter    |                  | Einheit | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | p-Wert |             |
|--------------|------------------|---------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------|
|              |                  |         | Prop 23               |        | Prop 96               |        | Faktor | Interaktion |
| Käse<br>24 h | Käse in Heizung  | Tage    | 48.9                  | 8.2    | 57.6                  | 14.3   | *      | * FHL       |
|              | Wasser           | g/kg    | 371.4                 | 6.9    | 370.8                 | 9.8    |        |             |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 76.4                  | 14.8   | 75.8                  | 14.5   |        |             |
|              | LAP              | IU/kg   | 6.9                   | 7.0    | 6.5                   | 6.9    |        |             |
| Käse<br>reif | Wasser           | g/kg    | 342.9                 | 12.0   | 342.1                 | 10.5   |        |             |
|              | NaCl             | g/kg    | 10.4                  | 2.1    | 10.4                  | 3.2    |        |             |
|              | Ameisensäure     | mmol/kg | 5.9                   | 3.1    | 6.4                   | 3.9    |        |             |
|              | Propionsäure     | mmol/kg | 66.7                  | 14.4   | 56.5                  | 28.0   | (*)    |             |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 69.6                  | 18.8   | 43.6                  | 30.6   | ***    |             |
|              | Gesamtlaktat     | mmol/kg | 74.5                  | 27.2   | 79.4                  | 50.0   |        |             |
|              | LAP              | IU/kg   | 16.9                  | 19.9   | 16.8                  | 21.1   |        |             |
|              | OPA              | mmol/kg | 239.7                 | 54.0   | 250.3                 | 52.9   | *      | ** FHL      |
|              | Citrat           | mmol/kg | 1.4                   | 2.3    | 1.7                   | 3.0    |        |             |
|              | Succinat         | mmol/kg | 7.3                   | 2.7    | 3.2                   | 1.7    | **     |             |
|              | rel. Lochvolumen | % (CT)  | 4.9                   | 3.6    | 3.0                   | 2.3    |        |             |

Tabelle A3: Faktor Helv01. \*p ≤ 0.05; \*\*p ≤ 0.01; \*\*\*p ≤ 0.001.

| Parameter    |                  | Einheit | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | p-Wert |             |
|--------------|------------------|---------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------|
|              |                  |         | mit Helv 01           |        | ohne Helv 01          |        | Faktor | Interaktion |
| Käse<br>24 h | Käse in Heizung  | Tage    | 49.5                  | 12.4   | 58.1                  | 11.3   | *      |             |
|              | Wasser           | g/kg    | 371.5                 | 9.7    | 370.6                 | 7.0    |        |             |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 83.2                  | 15.7   | 67.9                  | 5.6    | ***    | *** Temp.   |
|              | LAP              | IU/kg   | 11.4                  | 6.0    | 1.3                   | 0.4    | ***    | *** Temp.   |
| Käse<br>reif | Wasser           | g/kg    | 344.3                 | 14.5   | 340.4                 | 4.2    |        |             |
|              | NaCl             | g/kg    | 10.3                  | 3.4    | 10.5                  | 1.7    |        |             |
|              | Ameisensäure     | mmol/kg | 5.9                   | 3.9    | 6.5                   | 3.2    |        |             |
|              | Propionsäure     | mmol/kg | 61.0                  | 27.6   | 61.6                  | 17.2   |        |             |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 60.3                  | 30.2   | 50.6                  | 27.2   | **     |             |
|              | Gesamtlaktat     | mmol/kg | 79.1                  | 43.9   | 74.9                  | 37.5   | (*)    |             |
|              | LAP              | IU/kg   | 29.8                  | 19.4   | 2.1                   | 0.2    | ***    | *** Temp.   |
|              | OPA              | mmol/kg | 276.0                 | 50.0   | 210.3                 | 25.7   | ***    | ** Temp.    |
|              | Citrat           | mmol/kg | 5.2                   | 3.0    | 5.0                   | 3.2    |        |             |
|              | Succinat         | mmol/kg | 1.8                   | 2.7    | 1.3                   | 2.7    |        |             |
|              | rel. Lochvolumen | % (CT)  | 4.7                   | 3.7    | 2.9                   | 2.0    |        |             |
|              | Histamin         | mg/kg   | 161.0                 | 232.2  | 45.4                  | 55.6   | **     | ** Temp.    |
|              | Tyramin          | mg/kg   | 126.4                 | 104.4  | 86.3                  | 77.6   |        |             |

Tabelle A4: Faktor FHL. \*p ≤ 0.05; \*\*p ≤ 0.01; \*\*\*p ≤ 0.001.

| Parameter    |                  | Einheit | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | p-Wert |                    |
|--------------|------------------|---------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|--------|--------------------|
|              |                  |         | mit FHL               |        | ohne FHL              |        | Faktor | Interaktion        |
| Käse<br>24 h | Käse in Heizung  | Tage    | 57.8                  | 12.9   | 48.7                  | 10.4   | *      | * Prop             |
|              | Wasser           | g/kg    | 371.0                 | 8.9    | 371.1                 | 8.1    |        |                    |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 76.2                  | 14.3   | 75.9                  | 15.0   |        |                    |
|              | LAP              | IU/kg   | 6.3                   | 6.3    | 7.1                   | 7.6    |        |                    |
| Käse<br>reif | Wasser           | g/kg    | 9.9                   | 2.3    | 10.9                  | 3.1    |        |                    |
|              | NaCl             | g/kg    | 343.9                 | 12.3   | 340.9                 | 9.5    |        |                    |
|              | Ameisensäure     | mmol/kg | 8.6                   | 0.8    | 3.5                   | 3.3    | ***    | * Temp.            |
|              | Propionsäure     | mmol/kg | 53.5                  | 14.0   | 70.2                  | 28.0   | *      |                    |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 72.5                  | 16.4   | 36.7                  | 27.5   | ***    | ** Temp.           |
|              | Gesamtlaktat     | mmol/kg | 101.9                 | 25.6   | 48.8                  | 34.0   | ***    |                    |
|              | LAP              | IU/kg   | 16.2                  | 19.0   | 17.6                  | 22.2   |        | * Temp.            |
|              | OPA              | mmol/kg | 250.3                 | 51.9   | 239.7                 | 55.2   | *      | * Temp.<br>** Prop |
|              | Citrat           | mmol/kg | 0.0                   | 0.1    | 3.4                   | 3.0    | ***    | *** Temp.          |
|              | Succinat         | mmol/kg | 3.6                   | 2.3    | 6.8                   | 2.9    | **     |                    |
|              | rel. Lochvolumen | % (CT)  | 2.5                   | 1.5    | 5.5                   | 3.6    | *      |                    |
|              | Histamin         | mg/kg   | 83.1                  | 141.3  | 134.4                 | 222.2  |        | ** Prop            |
|              | Tyramin          | mg/kg   | 58.7                  | 68.3   | 163.8                 | 86.1   | *      |                    |

Tabelle A5: Faktor Salzbad. \*p ≤ 0.05; \*\*p ≤ 0.01; \*\*\*p ≤ 0.001.

| Parameter    |                  | Einheit | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | Mittelwert<br>(N = 8) | Stabw. | p-Wert |             |
|--------------|------------------|---------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------|
|              |                  |         | 15°Bé/72 h            |        | 21°Bé/24 h            |        | Faktor | Interaktion |
| Käse<br>24 h | Käse in Heizung  | Tage    | 56.4                  | 12.8   | 50.3                  | 11.8   | (*)    |             |
|              | Wasser           | g/kg    | 370.0                 | 8.5    | 372.3                 | 8.4    |        |             |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 75.3                  | 15.3   | 76.9                  | 13.8   |        |             |
|              | LAP              | IU/kg   | 6.9                   | 7.7    | 6.4                   | 5.9    |        |             |
| Käse<br>reif | Wasser           | g/kg    | 339.3                 | 11.0   | 346.1                 | 10.1   |        |             |
|              | NaCl             | g/kg    | 12.3                  | 1.8    | 8.2                   | 1.5    | **     |             |
|              | Ameisensäure     | mmol/kg | 5.8                   | 3.7    | 6.7                   | 3.3    |        |             |
|              | Propionsäure     | mmol/kg | 55.5                  | 25.6   | 67.9                  | 18.1   | (*)    |             |
|              | L-Laktat         | mmol/kg | 58.6                  | 29.4   | 52.6                  | 28.9   | *      |             |
|              | Gesamtlaktat     | mmol/kg | 84.2                  | 44.7   | 69.0                  | 34.7   | *      |             |
|              | LAP              | IU/kg   | 17.7                  | 22.5   | 15.9                  | 18.0   | (*)    |             |
|              | OPA              | mmol/kg | 241.6                 | 54.8   | 249.7                 | 52.1   |        |             |
|              | Citrat           | mmol/kg | 1.9                   | 3.0    | 1.2                   | 2.3    |        |             |
|              | Succinat         | mmol/kg | 5.1                   | 3.5    | 5.2                   | 2.5    |        |             |
|              | rel. Lochvolumen | % (CT)  | 3.3                   | 2.4    | 4.5                   | 3.7    |        |             |
|              | Histamin         | mg/kg   | 139.0                 | 239.1  | 70.6                  | 68.5   | *      |             |
|              | Tyramin          | mg/kg   | 91.3                  | 80.1   | 126.5                 | 107.1  |        | * Temp.     |