



## Das Kochsalz-Dilemma

**Wie die Bedeutung von NaCl für Geschmack und Aroma im Schweizer Emmentaler vergessen ging und was dagegen unternommen werden kann**

### **Autorinnen und Autoren**

Marie-Therese Fröhlich-Wyder, Dominik Guggisberg,  
Thomas Aeschlimann, Walter Bisig



## Impressum

---

Herausgeber	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Bern <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Auskünfte	Marie-Therese Fröhlich-Wyder
Gestaltung	Claude Ali
Titelbild	Emmentaler mit verschiedenen Salzbehandlungen
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/science">www.agroscope.ch/science</a>
Copyright	© Agroscope 2025
ISSN	2296-729X
DOI	<a href="https://doi.org/10.34776/as203g">https://doi.org/10.34776/as203g</a>

---

### 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.

---

## Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>5</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>Riassunto</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Faktoren, die die Salzaufnahme beeinflussen</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Sensorische Bedeutung von Salz für den Geschmack</b> .....	<b>11</b>
<b>4 Ergebnisse der Versuche in der Forschungskäserei</b> .....	<b>12</b>
4.1 Die Aufnahme von NaCl ist komplex .....	12
4.2 Der Wasserverlust ist an die Salzaufnahme gekoppelt .....	15
4.3 Die Proteolyse in die Tiefe .....	16
4.4 Die Lipolyse reagiert anders .....	16
4.5 Die Propionsäuregärung überrascht .....	17
4.6 Die Lochbildung hängt stark von den Teigeigenschaften ab .....	18
4.7 Die wichtige Rolle der Sensorik .....	20
<b>5 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>21</b>
5.1 Salzen im Salzbad .....	21
5.2 Vergleich mit Trockensalzen der Käseoberfläche .....	22
<b>6 Empfehlungen</b> .....	<b>23</b>
<b>7 Dank</b> .....	<b>23</b>
<b>8 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>24</b>

## Zusammenfassung

Kochsalz (Natriumchlorid, NaCl) spielt in Käse eine fundamentale Rolle und beeinflusst die physikalischen, chemischen, biochemischen und mikrobiologischen Vorgänge während der Reifung. Der Salzgehalt ist folglich eng mit der sensorischen Qualität, der Ausreifbarkeit und der Lebensmittelsicherheit des Endproduktes verbunden. In der vorliegenden Publikation wird der Fokus auf Emmentaler AOP gelegt, einem Hartkäse mit einer Propionsäuregärung. Im Vergleich zu anderen Käsesorten hat Emmentaler AOP, wie auch andere Hartkäse des Typs Emmentaler, einen wesentlichen Unterschied: Er wird häufig trocken gereift und weist einen tiefen bis sehr tiefen Salzgehalt auf. Dieser tiefe Salzgehalt wird heute mehr und mehr hinterfragt, denn er wirkt sich negativ auf die Beliebtheit von Emmentaler AOP aus.

In einem Modell-Versuch in der Forschungskäserei von Agroscope (Liebefeld) wurden verschiedene Faktoren auf zwei Stufen untersucht: NaCl-Gehalt und Temperatur des Salzbadetes sowie Aufenthaltsdauer darin. Diese Faktoren und deren Kombinationen wurden mit Modell-Emmentaler und mit Modell-Käse des Typs Dolce (Brenntemperatur: 52 °C; Ausrühr- und Ausziehtemperatur: 49 °C) unter Verwendung der Propionsäurebakterien Versuchskultur Prop 23 getestet. Auch eine Variante mit Trockensalzen der Käseoberfläche wurde untersucht.

Mit einer längeren Salzbad-Behandlung (72 h statt 24 h) und mit Trockensalzen konnte der NaCl-Gehalt der Käse deutlich erhöht werden. Eine tiefere Salzbadkonzentration von 15 °Bé brachte mehrere Vorteile mit sich: keine Veränderung des NaCl-Gehaltes, geringerer Wasserverlust. Generell geht ein höherer Salzgehalt im Käse mit tieferen Wassergehalten einher, veränderten Reifungsvorgängen sowie veränderter Propionsäuregärung. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Propionsäuregärung einen minimalen NaCl-Gehalt braucht, damit insbesondere das Verhältnis von Propion- zu Essigsäure zugunsten der Propionsäure optimal hoch bleibt. Dieser optimale NaCl-Gehalt von ca. 9-11 g/kg (0.9-1.1 %) liegt weit über dem gegenwärtigen NaCl-Gehalt von Emmentaler AOP von durchschnittlich 3.5 g/kg (0.35 %).

Doch hat ein höherer Salzgehalt auch Folgen auf die Lochbildung und die Sensorik. Mehr Salz bedeutet weniger Fehlgeschmack wie beispielsweise Bitterkeit und deutlich intensiveres Aroma. Die Teigeigenschaften werden in Richtung höherer Festigkeit verändert, was sich bei zu grosser Festigkeit – wie beim Trockensalzen – negativ auf die Lochbildung und die Dicke der Borde auswirkt. Doch die Vorteile überwiegen: Mehr und reinerer Geschmack, intensiveres Aroma und weniger Essigsäure mit daran gekoppelter erhöhter Beliebtheit. Es wird in Zukunft wichtig sein, dass die Praxis die Veränderungen bei der Teigkonsistenz in den richtigen Fokus rückt.

## Résumé

Le sel de cuisine (chlorure de sodium, NaCl) joue un rôle fondamental dans le fromage et influence les processus physiques, chimiques, biochimiques et microbiologiques pendant l'affinage. La teneur en sel est donc étroitement liée à la qualité sensorielle, à la maturation et à la sécurité sanitaire du produit final. La présente publication porte en particulier sur l'Emmentaler AOP, un fromage à pâte dure avec une fermentation propionique. Par rapport à d'autres sortes de fromage, l'Emmentaler AOP, comme d'autres fromages à pâte dure de type Emmental, présente une différence essentielle: il est souvent affiné à sec et présente une teneur en sel faible à très faible. Or, cette faible teneur en sel est de plus en plus remise en question aujourd'hui, car elle a un impact négatif sur la popularité de l'Emmentaler AOP.

Dans le cadre d'un essai pilote réalisé dans la fromagerie expérimentale d'Agroscope (Liebefeld), différents facteurs ont été étudiés à deux niveaux: la teneur en NaCl et la température du bain de sel ainsi que la durée de séjour dans celui-ci. Ces facteurs et leurs combinaisons ont été testés avec deux fromages d'essai, l'un de type Emmental et l'autre de type Dolce (température de chauffage: 52 °C; température de brassage et de sortie: 49 °C) en utilisant la culture d'essai Prop 23 composée de bactéries propioniques. Une variante avec un salage à sec sur la surface du fromage a également été étudiée.

Un traitement prolongé en bain de sel (72 h au lieu de 24 h) et un salage à sec ont permis d'augmenter considérablement la teneur en NaCl du fromage. Une concentration plus faible dans le bain de sel de 15 °Bé a apporté plusieurs avantages: pas de modification de la teneur en NaCl, moins de perte d'eau. Une teneur en sel plus élevée dans le fromage s'accompagne d'une teneur en eau plus faible, de modifications dans les processus d'affinage et d'une fermentation propionique modifiée. En outre, il a été démontré que la fermentation propionique nécessite une teneur minimale en NaCl afin que le rapport acide propionique/acide acétique reste idéalement élevé en faveur de l'acide propionique. Cette teneur optimale en NaCl d'environ 9 à 11 g/kg (0,9 à 1,1 %) est bien supérieure à la teneur actuelle en NaCl de l'Emmentaler AOP, qui est en moyenne de 3,5 g/kg (0,35 %).

Pourtant, une teneur en sel plus élevée a également des conséquences sur la formation de l'ouverture et sur les propriétés sensorielles. Davantage de sel signifie moins de défauts de goût tels que l'amertume et un arôme nettement plus intense. Les propriétés de la pâte sont modifiées dans le sens d'une plus grande fermeté, ce qui, si la fermeté est trop élevée - comme lors du salage à sec - a un effet négatif sur la formation de l'ouverture et l'épaisseur des bords. Mais les avantages l'emportent: un goût plus prononcé et plus pur, un arôme plus intense et moins d'acide acétique, ce qui augmente la popularité du produit. À l'avenir, il sera important que la pratique mette l'accent sur les changements de consistance de la pâte.

## Summary

Salt (sodium chloride, NaCl) plays an essential role in cheese production, affecting the physical, chemical, biochemical and microbiological processes during ripening. Salt content is therefore closely linked with the sensory quality, ripening characteristics and food safety of the end-product. This publication focuses on Emmentaler PDO, a hard cheese made using propionic acid fermentation. Like other Emmentaler-type hard cheeses, Emmentaler PDO differs in one fundamental way from other hard cheeses: it is often dry-ripened, and has a low-to-very-low salt content. Today, this low salt content is increasingly called into question, since it is detrimental to the popularity of Emmentaler PDO.

In a model trial conducted in Agroscope's research cheese dairy in Liebefeld, various factors were studied at two levels: NaCl content and temperature of the salt bath as well as the time spent therein. These factors and combinations thereof were investigated with model Emmentaler and Dolce-type model cheese (scalding temperature, 52 °C; final stirring and moulding temperature, 49 °C) using the propionic-acid bacteria test culture Prop 23. A variant in which the cheese surface was dry-salted was also examined.

A longer salt-bath treatment (72 h rather than 24 h) and dry-salting substantially raised the NaCl content of the cheeses. A lower salt-bath concentration of 15 °Bé produced several benefits: no alteration of the NaCl content, lower water loss. A higher salt content in the cheese is associated with a lower water content, altered ripening processes and altered propionic acid fermentation. It was also shown that propionic acid fermentation requires a minimum NaCl content, particularly so that the ratio of propionic acid to acetic acid remains optimally high in favour of the propionic acid. This optimal NaCl content of around 9–11g/kg (0.9–1.1%) lies far above Emmentaler PDO's current average NaCl content of 3.5 g/kg (0.35%).

But a higher salt content also has implications for eye formation and sensory analysis. More salt means fewer 'off' flavours such as bitterness, as well as a significantly more intense flavour. The characteristics of the curd are altered towards a greater firmness, which in the case of excessive firmness, as occurs with dry-salting, negatively affects eye formation and edge thickness. The benefits outweigh the drawbacks, however: more and purer taste, a more intense flavour and less acetic acid, coupled with increased popularity. In future it will be important for practitioners to focus on the changes in curd consistency.

## Riassunto

Il sale da cucina (cloruro di sodio, NaCl) ha un ruolo fondamentale nel formaggio e influisce sui processi fisici, chimici, biochimici e microbiologici durante la maturazione. Il tenore di sale è dunque strettamente correlato alla qualità sensoriale, alla maturazione e alla sicurezza alimentare del prodotto finale. Questa pubblicazione è dedicata in particolare all'Emmentaler AOP, un formaggio a pasta dura con fermentazione propionica. Rispetto ad altre varietà, così come anche altri formaggi a pasta dura di tipo Emmentaler, l'Emmentaler AOP presenta una differenza sostanziale: è spesso stagionato a secco e presenta un tenore di sale che varia da ridotto a molto ridotto. Questo basso tenore di sale è ora sempre più oggetto di studio, in quanto ha un impatto negativo sulla popolarità dell'Emmentaler AOP.

In un esperimento modello nel caseificio di ricerca Agroscope (Liebefeld), sono stati analizzati vari fattori a due livelli: tenore di NaCl e temperatura del bagno di sale nonché relativa durata. Questi fattori e le loro combinazioni sono stati testati con il modello Emmentaler e con il modello di tipo Dolce (temperatura di cottura: 52 °C; temperatura di mescolamento e di estrazione: 49 °C) utilizzando la coltura sperimentale Prop 23 per il test dell'acido propionico. È stata testata anche una variante con salatura a secco sulla superficie del formaggio.

Con un trattamento in bagno di sale più lungo (72 h invece di 24 h) e con salatura a secco, il tenore di NaCl del formaggio poteva essere aumentato in misura significativa. Una concentrazione di sale inferiore, pari a 15 °Bé, ha portato diversi vantaggi, a parità di tenore di NaCl. Un tenore di sale maggiore nel formaggio è associato a un tenore di acqua minore, a processi di maturazione modificati e a un'alterata fermentazione propionica. È stato inoltre dimostrato che la fermentazione propionica richiede un tenore minimo di NaCl, in modo tale che il rapporto tra acido propionico e acido acetico resti a un livello alto ottimale a favore dell'acido propionico. Questo tenore ottimale di NaCl, pari a circa 9-11 g/kg (0,9-1,1%), è nettamente superiore all'attuale tenore di NaCl dell'Emmentaler AOP, che in media è di 3,5 g/kg (0,35%).

Un tenore di sale maggiore implica però conseguenze anche sulla formazione dei buchi e a livello sensoriale. Un quantitativo maggiore di sale implica una riduzione del cattivo sapore, come l'amaro, e un aroma molto più intenso. Le proprietà dell'impasto vengono modificate per ottenere una compattezza maggiore, il che si ripercuote negativamente sulla formazione dei fori e sullo spessore dei margini se la compattezza risulta eccessiva, come nel caso della salatura a secco. I vantaggi superano tuttavia gli svantaggi: sapore più intenso e più puro, aroma più pronunciato e meno acido acetico, con conseguente aumento della popolarità. In futuro, sarà importante che i professionisti si concentrino sui cambiamenti nella consistenza dell'impasto.

# 1 Einleitung

Kochsalz spielt in Käse eine fundamentale Rolle und beeinflusst die physikalischen, chemischen, biochemischen und mikrobiologischen Vorgänge während der Reifung. Der Salzgehalt ist folglich eng mit der sensorischen Qualität, der Ausreifbarkeit und der Lebensmittelsicherheit des Endproduktes verbunden (Fröhlich-Wyder, 2012). Die Reifung und das Wachstum der Mikroorganismen im Käse werden massgeblich durch «extrinsische» (Temperatur, rel. Feuchtigkeit im Lagerkeller) und «intrinsische» Faktoren ( $a_w$ -Wert, pH, Redox-Potential, NaCl-Gehalt, Proteinlöslichkeit, Fettgehalt, Wassergehalt und Kohlenstoffquellen) bestimmt. Agroscope hat bereits diverse Publikationen zu diesem weiten Thema veröffentlicht – der Rolle von Kochsalz und den Einflüssen zur NaCl Aufnahme in Käse (Fröhlich-Wyder, 2012; Goy et al., 2008; Goy et al., 2012; Jakob et al., 2005). In der vorliegenden Publikation wird der Fokus auf Käsesorten mit einer Propionsäuregärung gelegt. Diese Sorten haben im Vergleich zu den klassischen anderen Käsesorten einen wesentlichen Unterschied: sie werden häufig trocken, in einem Paraffin-Coating oder in Folie gereift. Insbesondere Emmentaler AOP weist einen sehr tiefen Salzgehalt auf (Tabelle 1). Dieser tiefe Salzgehalt wird heute mehr und mehr hinterfragt, denn er wirkt sich negativ auf Geschmack und Aroma und damit auch negativ auf die Beliebtheit von Emmentaler AOP aus. – Das war nicht immer so.

In den letzten Jahrzehnten ist der NaCl-Gehalt in Schweizer Emmentaler AOP stetig gesunken, wie folgende Auflistung und die dazugehörige Abbildung 1 aufzeigen. Nicht immer war das Alter der Proben eindeutig.

- 1900er Jahre: Im Mittel 2.3 % (Rothenbühler, 1970; Sieber et al., 1987; Sollberger et al., 1991)
- 1940er Jahre: 1.0–1.5% (Flüeler & Kaufmann, 1982; Rothenbühler, 1970; Sieber et al., 1987)
- 1960er Jahre: 0.5–1.2% (Flüeler & Kaufmann, 1982; Mayr, 1976; Sieber et al., 1987). Grund für die Abnahme war die Einführung der Trockenreifung anstelle der arbeits-intensiven Trockensalzung.
- 1970er Jahre: Im Mittel 0.7 % (Sieber et al., 1987; Sollberger, 1998a)
- 1980er Jahre: Bestrebungen, 1.0 % zu erreichen, um die Nachgärung zu kontrollieren (Flüeler & Kaufmann, 1982). Gleichzeitig stieg das Bewusstsein für NaCl-arme Lebensmittel (Sieber, 1985).
- 1990er Jahre: Im Mittel 0.65% (0.43–1.5%) (Sieber & Badertscher, 1991; Sieber et al., 1987). Die Reduktion des NaCl-Gehaltes stand im Vordergrund mit dem angestrebten Ziel von 0.3% (Sieber & Badertscher, 1991). Die Empfehlung an die Praxis war, die Salzbaddauer auf einen Tag zu halbieren (Sollberger et al., 1991). Es wurden teilweise NaCl-Gehalte bis ~0.35 % erzielt (Sollberger, 1998b).

Zwei grosse Änderungen führten zu einer nachhaltigen Reduktion des NaCl-Gehaltes in Emmentaler:

1. Der Verzicht auf die arbeitsintensive Trockensalzung ab den 1970er Jahren.
2. Gesundheitliche Aspekte der Ernährung, welche zu einer bewussten Reduktion des NaCl-Gehaltes im Emmentaler führten. Erstaunlicherweise geschah dies, obwohl bereits damals der Salzgehalt in Emmentaler im Vergleich zu anderen Käsesorten tief war. Die damit verbundenen Vorteile für die Teigeigenschaften – feiner und geschmeidiger – waren ausschlaggebend für die in der Praxis erfolgte Salzreduktion. Gleichzeitig war NaCl nicht mehr notwendig, um eine Nachgärung zu verhindern, da in den 1980er Jahren die fakultativ heterofermentativen Milchsäurebakterien (Fröhlich-Wyder et al., 2022) und ein Jahrzehnt später die langsam gärende Propionsäurebakterienkultur Prop 96 (Bachmann, 1998) eingeführt worden waren.

Tabelle 1: Ideale Salzgehalte verschiedener Käsesorten (Goy et al., 2008) (Emmentaler = Emmentaler AOP)

Käsesorte	Absoluter Salzgehalt [g/kg]
Sbrinz	16–20
Gruyère	13–16
Emmentaler	3–5
Tête de Moine	17–21
Tilsiter	14–16
Appenzeller	14–18
Raclette	15–19
Vacherin fribourgeois	15–18
Vacherin Mon-d'Or	12–15
Reblochon	14–17
Camembert	15–18

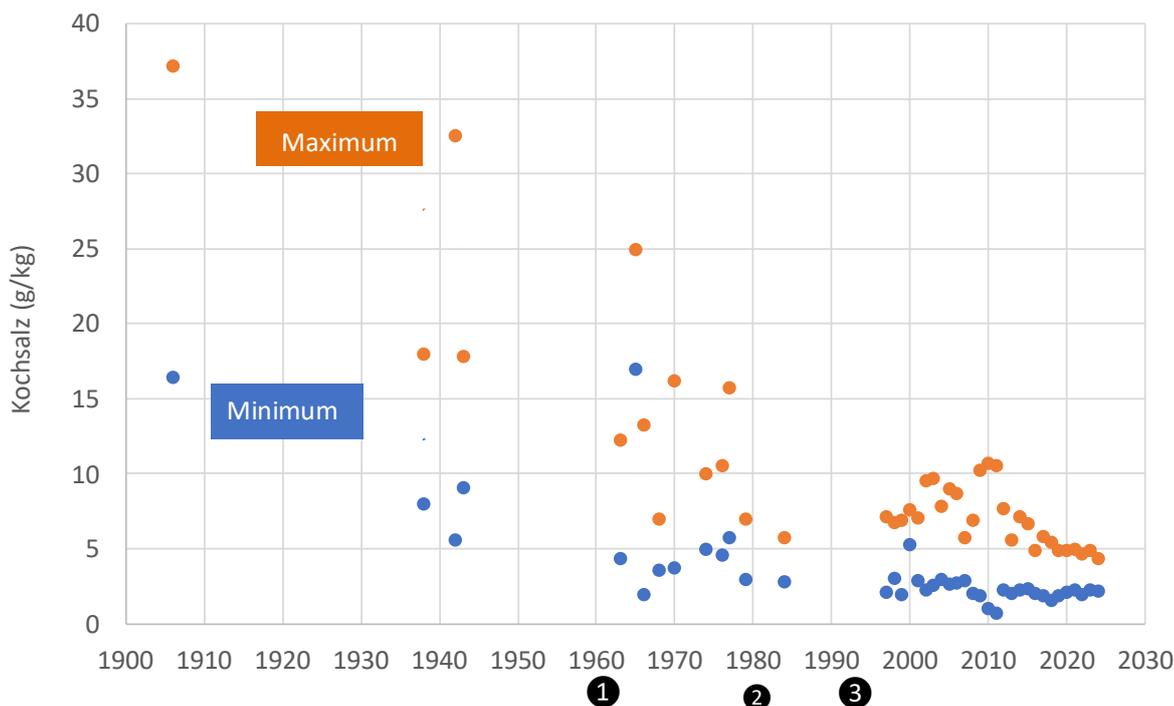


Abbildung 1: Historische Entwicklung des Kochsalzgehaltes in Schweizer Emmentaler (gleitender Durchschnitt). Zeitpunkt der Messung meist unbekannt. (1: Verzicht auf Trockensalzung; 2: Nachgärungskontrolle mit NaCl; 3: Verbesserung der Teig- und ernährungsphysiologischen Eigenschaften)

Wie in Abbildung 2 gut erkennbar ist, hat der NaCl-Gehalt in Emmentaler zum Zeitpunkt der Taxation im Alter von 3 Monaten 2010 eine Baisse erreicht (Median von 3.0 g/kg bzw. 0.3 %<sup>1</sup>); seit 2011 scheint sich der NaCl Gehalt um 3.5 g/kg herum eingependelt zu haben. Der momentane Mittelwert für das Jahr 2024 liegt bei 3.4 g/kg, wobei der Trend wieder leicht nach unten zeigt.

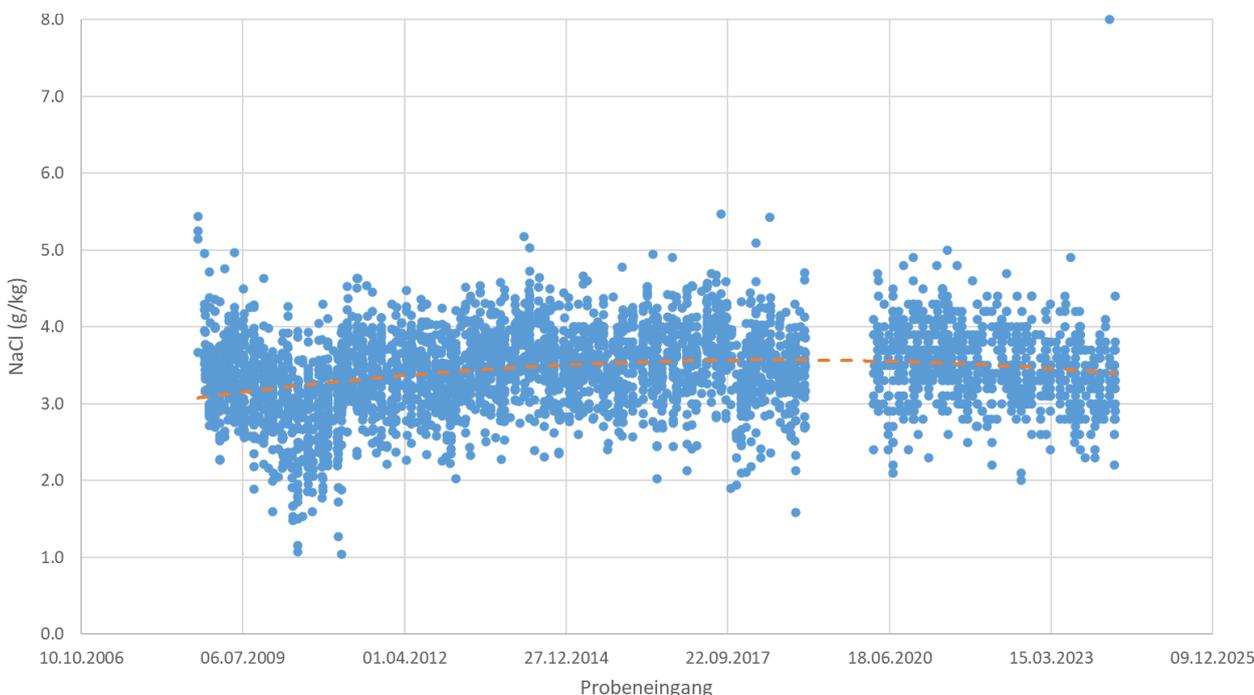


Abbildung 2: NaCl-Gehalte von Emmentaler AOP zum Zeitpunkt der Taxation im Alter von 3 Monaten, 2008 – 2024, Agroscope (Daten bis 2019: LIMS interne Access Datenbank; Daten ab 2020: Limsophy interne Datenbank; Stichtag: 6. Mai 2024; Methoden: NIR und FTIR)

<sup>1</sup> Die Konzentrationsangaben waren über die Jahre nicht immer konsistent. Währenddem im letzten Jahrhundert die NaCl-Konzentrationen primär in g/100g oder in % (w/w) angegeben wurden, kam nach der Jahrtausendwende primär g/kg zur Anwendung.

In den 1980-er Jahren wurden an der Forschungsanstalt für Milchwirtschaft FAM, heute Agroscope, Versuche mit dem Ziel durchgeführt, den NaCl-Gehalt in Emmentaler zu erhöhen, um die Nachgärung möglichst zu verhindern. Die Erhöhung der Salzbaddauer (> 2 Tage) oder ein nachträgliches Trockensalzen der Oberfläche trug zu einem höheren NaCl-Gehalt bei, jedoch auch zu einem kürzeren und festeren Teig, insbesondere unter dem Narben. Das Nachsalzen bei erhöhter Luftfeuchtigkeit (> 80%) trug zu einer besseren NaCl-Aufnahme bei, sodass bei ca. 0.76 % NaCl bereits ein besserer Geschmack bei nicht allzu festerem und kürzerem Teig erzielt werden konnte (Flüeler & Kaufmann, 1982, 1984). Ein Praxisversuch im Jahre 2017, in welchem die Käse bei 90 % rel. Feuchtigkeit mit 20%-igem Salzwasser gepflegt worden waren, wurde eine zusätzliche Kochsalzaufnahme von ~1.6 g/kg erreicht. Das Sensorik-Panel von Agroscope beurteilte diese Käse mit 6.2 g NaCl/kg um 1 Note salziger bzw. intensiver im Aroma in einer 10 Punkte-Skala, als die Referenzkäse (4.6 g/kg NaCl). Gleichzeitig wurden sie aber als fester und weniger gummig beurteilt, wenn auch nicht signifikant (Ergebnisse nicht dargestellt).

Wie bereits erwähnt, war aus ernährungsphysiologischen Aspekten eine Senkung des NaCl-Gehaltes von Interesse (Sieber, 1985), obwohl der Gehalt in Emmentaler im Vergleich zu den anderen Schweizer Käsesorten bereits tief war. Ein Versuch im Jahre 1989 mit tieferen NaCl-Konzentrationen im Salzbad (15 °Bé statt 21 °Bé) konnte wider Erwarten die NaCl-Gehalte im Käse nicht reduzieren (Sollberger, 1989).

Im selben Jahrzehnt wurden Versuche unternommen, zur Hemmung der Propionsäuregärung den NaCl-Gehalt in Sbrinz zu erhöhen. Es wurden verschiedenste Varianten und Methoden getestet. Zielführend war das Wässern der Käse vor dem Salzbad, wobei jedoch die Borde trotzdem dick blieb (Kessler, 1991). Die restlichen Massnahmen waren entweder nicht praxistauglich oder aber bereits bekannt, wie die Erhöhung der Salzbaddauer, -temperatur und -konzentration.

## 2 Faktoren, die die Salzaufnahme beeinflussen

Die Literaturrecherche zu bereits getätigten Versuchen an Agroscope bildeten die Grundlage für die Planung des vorliegenden Versuches. Abbildung 3 zeigt vereinfacht den heutigen Wissensstand, wie die erwähnten Faktoren den Salzgehalt in Käse beeinflussen können (Bisig et al., 2025).

Es wurden verschiedene Faktor-Kombinationen gewählt, um den NaCl-Gehalt in Modell-Käse des Typs Emmentaler (Brenn- und Ausziehtemperatur je 53°C) bzw. Emmentaler Dolce (Brenntemperatur 52°C; Ausziehtemperatur 49°C) zu beeinflussen. Nicht nur der Effekt eines einzelnen Faktors interessierte, sondern insbesondere mögliche Kombinationen. Folgende Faktoren wurden auf zwei Stufen untersucht: NaCl-Konzentration und Temperatur des Salzbad sowie Aufenthaltsdauer im Salzbad (SB). Diese Faktoren wurden mit Modell-Emmentaler und mit Modell-Käse des Typs Dolce getestet (Abbildung 4). Die Käse wurden aus pasteurisierter Milch in der Forschungskäserei von Agroscope in Liebefeld hergestellt und 4 Monate reifen gelassen. Die Käse blieben in der Heizung (21–23 °C/85 % r.F.) bis sie genügend Lochbildung hatten. In einem weiteren Teil des Versuches wurde die Oberfläche der Modell-Käse während den ersten 7 Tagen der Reifung trockengesalzen. Die Modell-Käse wurden mit der Propionsäurebakterienkultur Prop 23 (Agroscope, noch nicht kommerziell erhältlich) hergestellt, um ihr Verhalten unter unterschiedlichen NaCl-Bedingungen besser kennenzulernen. Es sei erwähnt, dass zum Emmentaler Typ Dolce ein ausführliches Agroscope Transfer geschrieben wurde, in welchem detaillierte Informationen zu finden sind (Nr. 551, 2024).



Abbildung 3: Faktoren, die die Salzaufnahme von Käse beeinflussen (Bisig et al., 2025).

Faktoren:	Stufen:	
▪ SB Dauer:	24 h vs. 72 h	} Teil 1 
▪ SB Konzentration:	15 °Bé vs. 21 °Bé	
▪ SB Temperatur:	11 °C vs. 16 °C	
▪ Käsetyp:	Typ Emmentaler vs. Typ Dolce	} Teil 2 
▪ Methode Salzen:	SB vs. 7 Tage trockensalzen	

Abbildung 4: Faktoren, die mit Modell-Emmentalern und Modell-Käse des Typs Emmentaler Dolce getestet wurden. SB = Salzbad. Das Trockensalzen der Käseoberfläche während 7 Tagen erfolgte nach dem SB (24h). Die NaCl Konzentrationen des Salzbadetes betragen: 15 °Bé = 1.12 kg/dm<sup>3</sup>; 21 °Bé = 1.17 kg/dm<sup>3</sup>

### 3 Sensorische Bedeutung von Salz für den Geschmack

Käse ohne Salz entwickelt einen fahlen Geschmack mit merklichen Fehlparomen (Skeie et al., 2014). Salz (NaCl) ist für die sensorische Käsequalität von besonderer Bedeutung, da es sich direkt und indirekt auf den Geschmack auswirkt, als Geschmacksverstärker fungiert, Fehlparomen überdeckt (Hayes et al., 2010) und die Struktur und die rheologischen Eigenschaften von Käse beeinflusst. Der Einfluss von Salz auf den Käseflavour (Geschmack und Aroma) hängt von seiner Konzentration, der Käsezusammensetzung und dem Alter des Käses ab (O'Sullivan, 2023). Salz wirkt sich indirekt auf verschiedene Weise auf den Geschmack aus, indem es das mikrobielle Wachstum, enzymatische Aktivitäten, biochemische Veränderungen und die Kaseinhydratation während der Reifung beeinflusst. In Käsen mit Salzbad hergestellt werden zwei wichtige Stoffwechsellvorgänge, die Proteolyse und die Lipolyse, durch Salz beeinflusst, und damit auch der Käsegeschmack. (Guinee, 2004) weist darauf hin, dass der Salzgehalt im Wasseranteil für die Qualität von Cheddar-Käse entscheidend ist und zwischen 30 und 60 g/kg liegen sollte, wobei 45–55 g/kg die besten Noten ergeben (im Vergleich: Emmentaler AOP hat nach 4 Monaten ca. 10 g/kg im Wasseranteil und Le Gruyère ca. 54 g/kg). Dies ist insbesondere auch bei fettarmem Cheddar zu beachten, da er mehr Wasser als Fett enthält (Guinee, 2004; Skeie et al., 2014). Bei gereiftem Cheddar-Käse ist der Salzgehalt das wichtigste Attribut für die Geschmackspräferenzen der Konsumentinnen und Konsumenten. Selbst eine geringfügige Absenkung des Salzgehalts im Käse von 17.5 auf 15.0 g/kg verringerte die Vorliebe der Konsumenten und Konsumentinnen für Cheddar-Käse leicht von 6.8 auf 6.5 auf einer neunstufigen hedonischen Skala (McMahon, 2010).

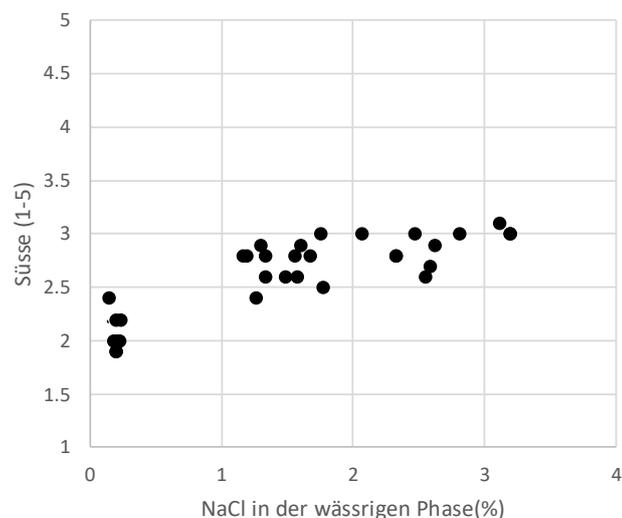
Es wurde festgestellt, dass Salz die Bitterkeit von Käse verringert (Guggenbühl Gasser et al., 2023; Kuhfeld et al., 2023; Pripp et al., 2006; Skeie et al., 2014). Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass Salz bakterielle und/oder Labproteasen hemmt und so die Bildung bitterer Peptide verringert (Kuhfeld et al., 2023), aber auch die Wahrnehmung von Bitterkeit maskiert (Hayes et al., 2010). Eine geringere Bildung von bitter schmeckenden Peptiden wurde bei einem höheren Salzgehalt von 17.1 g/kg im Vergleich zu 11–12 g/kg in Schnittkäse beobachtet (Pripp et al., 2006). Aromaprofile und sensorische Eigenschaften von ungesalzenem und gesalzenem (20–30 g/kg) Jben-Käse, einem marokkanischen weissen Weichkäse aus roher Ziegenmilch, wurden verglichen (Tsouli Sarhir et al., 2022). Selbst bei einer Reifezeit von nur etwa 10 Tagen gab es Unterschiede im Aromaprofil. Der gesalzene Käse wies ein reicheres Aromaprofil auf. Auch die sensorischen Profile unterschieden sich durchwegs im Einklang mit dem Aromaprofil. Gesalzener Käse hatte mehr Ananas-, Butter-/Fett-, Apfel-, Frucht- und überreife Fruchtnoten, aber weniger Molke- und Käsenoten (Tsouli Sarhir et al., 2022). Ähnliche Ergebnisse zu Geschmacksnoten wurden für einen halbharten holländischen Käse gefunden, bei dem Käse mit 6 und 9 g/kg Salz verglichen wurde (Skeie et al., 2014). Dies weist auf die Bedeutung von Salz für die Modulation der Aroma- und Geschmacksbildung hin.

(Juan et al., 2022) reduzierten den Salzgehalt in im Salzbad gesalzenem Halbhartkäse um knapp einen Drittel auf 12.5 g/kg und verglichen ihn mit demselben Käse, der den Standardsalzgehalt von 18.0 g/kg enthielt. Nach 30 Tagen Reifezeit beurteilte die geschulte Jury den Käse mit reduziertem Salzgehalt als deutlich weniger salzig, ähnlich bitter, etwas weniger sauer, ähnlich im Nachgeschmack und mit deutlich weniger intensivem Aroma. Nach 60 Tagen Reifezeit wurden die Käse aufgrund des Feuchtigkeitsverlustes während der Reifung hart und enthielten 21.3 bzw. 14.9 g/kg Salz. Die Jury bewertete die salzreduzierte Probe im Vergleich zum Kontrollkäse als deutlich weniger salzig, ähnlich bitter, ähnlich sauer, ähnlich im Nachgeschmack und mit ähnlicher Intensität des Aromas. Die

Beliebtheit des salzreduzierten Käses bei Konsumentinnen und Konsumenten war nach 30 Tagen ähnlich wie die des Kontrollkäses, aber nach 60 Tagen Reifezeit deutlich geringer.

Die Erhöhung des Salzgehalts im Wasseranteil von Emmentaler von 0.13 bis 4.1 % (w/w; entspricht 1.3 bis 41 g/kg in der Wasserphase) verstärkte die Intensität der gewünschten süssen und fruchtigen Noten und unterdrückte die Geschmacksfehler metallische Note und Bitterkeit. Der Süssigkeitszuwachs war im unteren Bereich des Salzgehalts am höchsten (Abbildung 5). Bei Käse vom Typ Emmentaler ("Swiss-type cheeses") wurde ein starker Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt im Bereich von 3.6 bis 17.0 g/kg und der Gesamtgeschmacksintensität festgestellt. Unter anderem gab es bei Käse Typ Emmentaler starke Assoziationen zwischen der Beliebtheit und den Attributen salziger und süsser Geschmack (Castada et al., 2019; Guggenbühl Gasser et al., 2023).

Der Salzgehalt beeinflusste die Aromafreisetzung, insbesondere bei fettarmen Käsesorten, wobei der Einfluss je nach Aromastoff entweder zu- oder abnahm (Saint-Eve et al., 2009). (Andersen et al., 2010) stellten bei der sensorischen Bewertung von wässrigen Modellgeschmacksstoff-Käsemischungen fest, dass Glutaminsäure,



organische Säuren und Mineralsalze die wichtigsten Geschmacksträger bei Cheddar-Käse waren. Es wurde ein Interaktionseffekt zwischen organischen Säuren und Salz auf die Wahrnehmung des sauren und salzigen Geschmacks festgestellt. Der Umami-Geschmack ist ein synergistischer Effekt von Glutaminsäure und Salz, und eine Verringerung des Salzgehalts beeinflusste auch die Intensität des Umami-Geschmacks (Skeie et al., 2014). Die Verwendung von mindestens 0.8 % NaCl (w/w) bzw. 8 g/kg ist erforderlich, um den faden Geschmack von Käse mit niedrigem Salzgehalt zu überwinden (Schroeder et al., 1988). Dies ist mehr als doppelt so viel wie gegenwärtig in Emmentaler AOP im Mittel nachgewiesen wird (Abbildung 2).

Abbildung 5:  
Zusammenhang zwischen Salzgehalt im Wasseranteil von Emmentaler und der empfundenen Süsseintensität (Guggenbühl Gasser et al., 2023)

## 4 Ergebnisse der Versuche in der Forschungskäserei

Die Ergebnisse der Versuche in der Forschungskäserei sind komplex und werden daher anhand der wichtigsten Inhaltsstoffe einzeln diskutiert. Wenn nicht anders erwähnt, beschreiben die Ergebnisse das Innere des Käses, also den Käseteig (Zentrumsproben).

### 4.1 Die Aufnahme von NaCl ist komplex

Als die wichtigsten Einflussfaktoren für die Salzaufnahme kristallisierten sich die SB Dauer und das Trockensalzen der Käseoberfläche heraus. Alle anderen Faktoren hatten – isoliert betrachtet – keinen Einfluss auf die Salzaufnahme (Abbildungen 6 & 7). Das wärmere SB (16 °C) konnte den Salzgehalt nur in den Randproben anheben; im Zentrum wurde teilweise sogar ein gegenteiliger Effekt beobachtet: Gerade bei einer hohen Salzkonzentration des SB und einem langen Aufenthalt der Käse im SB wurde bei 16 °C im Zentrum ein geringerer Salzgehalt gemessen als bei 11°C (Abbildung 6). Die bei 16 °C starke NaCl Aufnahme im Randbereich ging einher mit einem grösseren Wasserverlust, was bei der Standard SB Behandlung am offensichtlichsten wurde (24h / 21 °Bé in Abbildung 11). Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die Käseoberfläche bei 16 °C stärker verhornt und so die Salzaufnahme insgesamt gebremst wird.

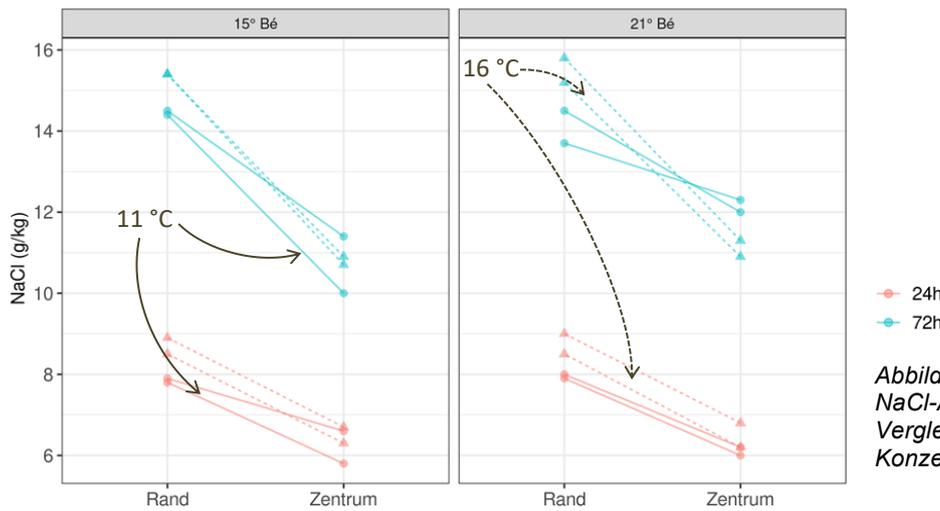


Abbildung 6: NaCl-Aufnahme in den 4-monatigen Käsen – Vergleich der Käsezonen und der SB-Konzentrationen

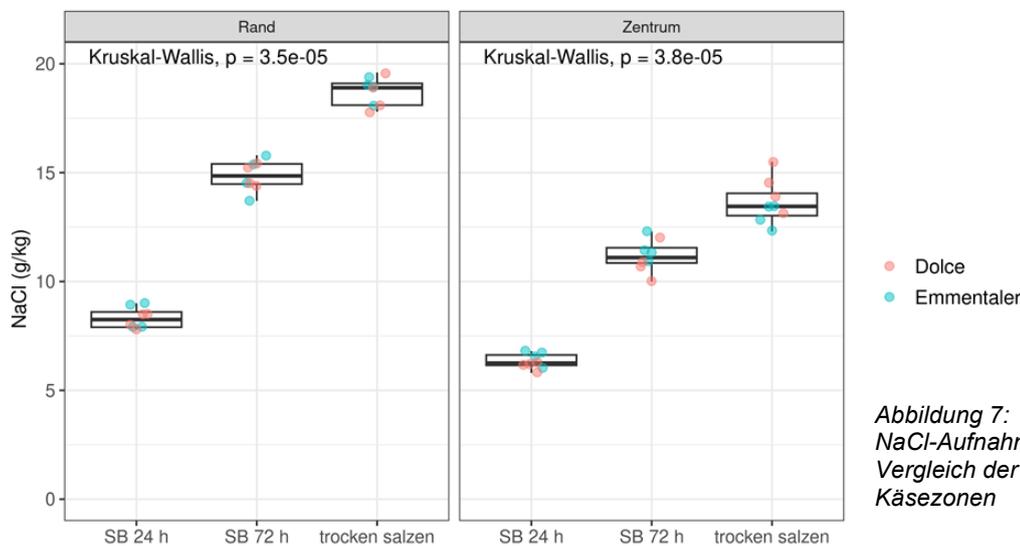


Abbildung 7: NaCl-Aufnahme in den 4-monatigen Käsen – Vergleich der Salzungsmethoden und der Käsezonen

Die beiden Käsetypen Dolce (●) und Emmentaler (●), isoliert betrachtet, hatten sich im Salzgehalt nur leicht voneinander unterschieden (Abbildung 7). Bei einer SB Behandlung von 72 h und 15 °Bé konnten jedoch die Dolce Käse im Zentrum mehr Wasser zurückbehalten bei gleichzeitig guter NaCl-Aufnahme (Abbildung 8; Punkte unter der Lupe). Der leicht höhere Wassergehalt in den 1-tägigen Dolce Käsen ( $\bar{x} = 375.7$  gegenüber  $\bar{x} = 373.1$  g/kg in Emmentaler) zusammen mit einer intensiveren Säuerung (tiefere pH-Werte nach 4 h) und die tiefere SB Konzentration, die wahrscheinlich zu einem langsameren Verschliessen (Verhornung) der Käseoberfläche beiträgt, liefern eine mögliche Erklärung (Abbildung 9). Höhere Wassergehalte und tiefere pH-Werte im frischen Käse sind Faktoren, die die Salzaufnahme fördern (Abbildung 3).

Dass die tiefere SB Konzentration nicht auch zu tieferen NaCl-Gehalten führt, erstaunt. Bereits in den 1980-er Jahren wurde dieses widersprüchliche Ergebnis beobachtet (Sollberger, 1989). Ein aktueller Versuch mit standardisierten Käseblöcken bestätigte, dass einzig die SB-Dauer zu unterschiedlichem NaCl-Gehalt beitrug, aber nicht die SB Konzentration (Abbildung 10). Dazu wurden 10x10x25 cm grosse Blöcke mit der 10x10 cm grossen Seitenfläche 1 cm tief in Salzlösung eingetaucht, um die Aufnahme standardisiert entlang einer eindimensionalen Ausbreitung zu verfolgen. Es gilt zu beachten, dass nur SB Konzentrationen bis zu 15 °Bé untersucht worden waren; der Effekt kann nicht ohne entsprechende Untersuchungen auf tiefere Konzentrationen übertragen werden. Es ist jedoch bekannt, dass noch tiefere Salzkonzentration im SB zur Auflösung der Rinde führen würden (Bisig et al., 2025).

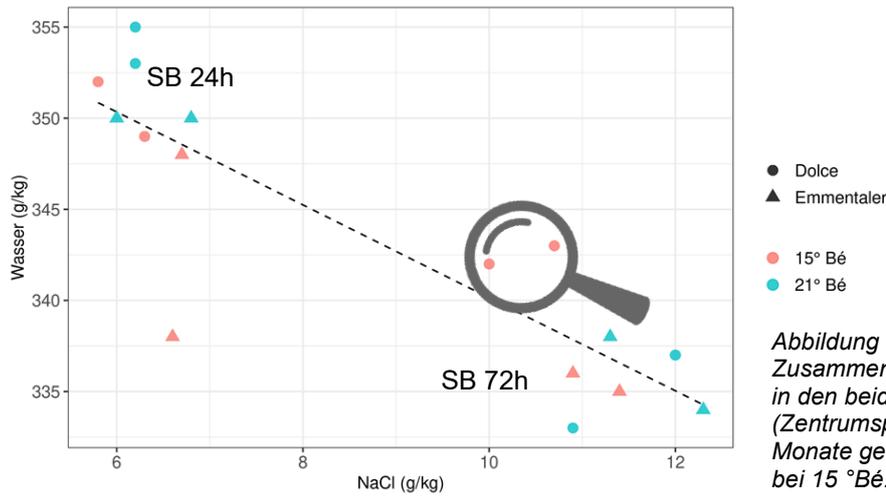


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen NaCl und Wassergehalt in den beiden Käsetypen Dolce und Emmentaler (Zentrumsproben der SB behandelten Käse, 4 Monate gereift) EH 11 & 15 unter der Lupe: Dolce bei 15 °Bé.

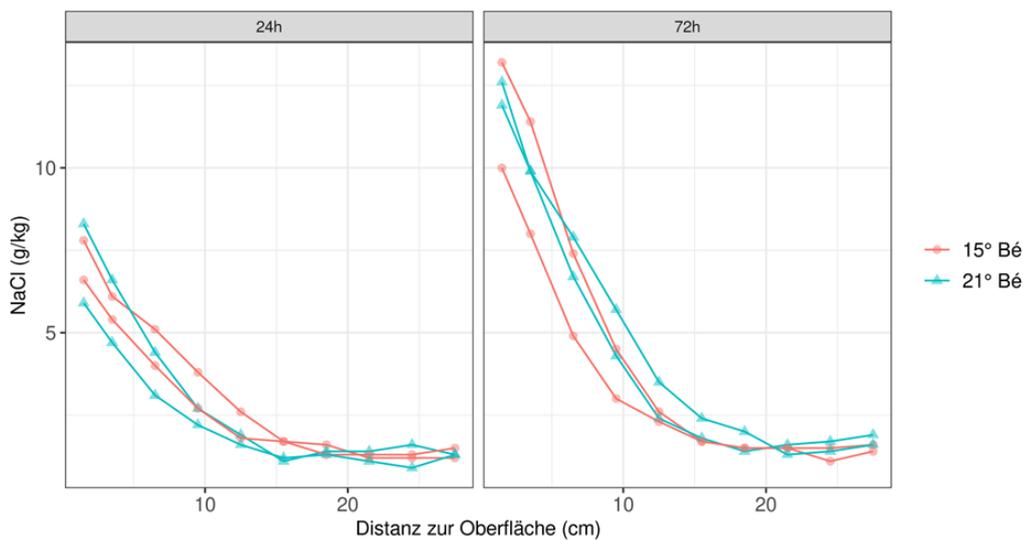


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Distanz zur Oberfläche und NaCl-Gehalt eines Käseblockes nach Behandlung im Salzbad während 24 h (links) oder 72 h (rechts) mit einer Salzkonzentration von 15 bzw. 21 °Bé (rot bzw. türkis) im Alter von 3 Monaten (Versuch Agroscope).

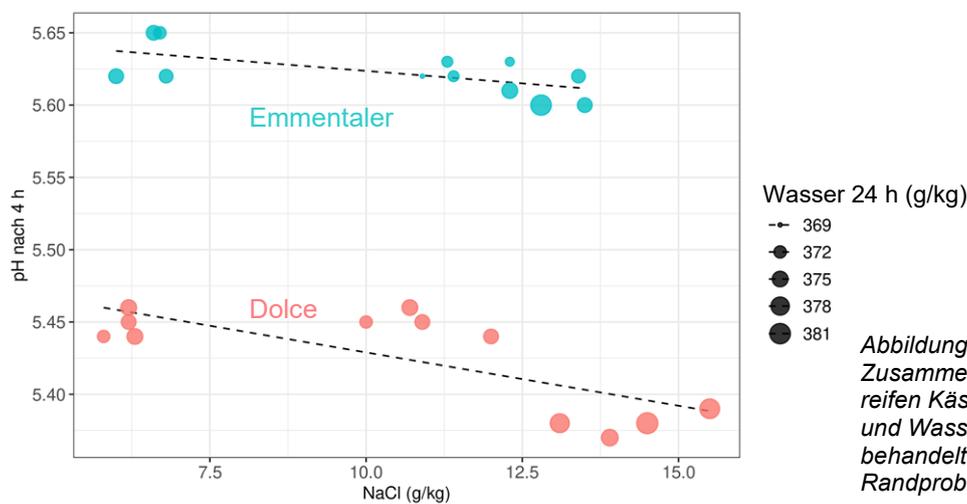


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen NaCl-Gehalt im reifen Käse (4 Monate), pH-Wert nach 4 h und Wassergehalt im 24 h-Käse (SB behandelte Käse & Trockensalzen; ohne Randproben)

## 4.2 Der Wasserverlust ist an die Salzaufnahme gekoppelt

Es wurde bereits im vorangegangenen Abschnitt offensichtlich: Die NaCl Aufnahme kann nur schwerlich ohne Einbezug des Wassergehaltes diskutiert werden, da diese direkt voneinander abhängig sind (Abbildungen 8 & 9). So erstaunt es nicht, dass auch der Wassergehalt einzig von der Salzungsmethode bzw. von der SB Dauer signifikant beeinflusst wurde (Abbildung 11). Ein leicht höherer Wassergehalt in den Dolce Varianten bei einer SB Behandlung von 15 °Bé während 72 h wurde bereits in Abbildung 8 diskutiert. Auch bei der 24 h SB Behandlung war der Wasserverlust in den Dolce Varianten – unabhängig von der SB Konzentration oder Temperatur – kleiner als in den Emmentaler Varianten. Dieser Vorteil eines geringeren Wasserverlustes in den Dolce Käsen ging mit dem Trockensalzen verloren (Abbildung 11).

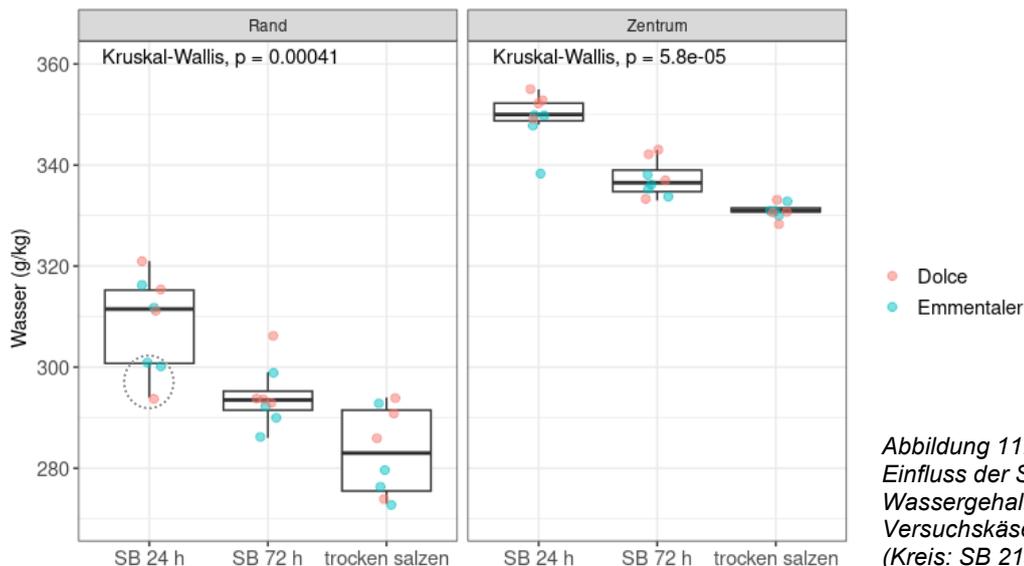


Abbildung 11:  
Einfluss der Salzungsmethoden auf den Wassergehalt in den 4-monatigen Versuchskäsen des Typs Emmentaler und Dolce (Kreis: SB 21 °Bé & 16 °C)

Die SB Konzentration von 15 °Bé hat beim Test mit den standardisierten Käseblöcken (Abbildung 9) einen weiteren interessanten Effekt gezeigt: die Wasserverteilung im Käse war von Anfang an homogener als bei einer 21 °Bé SB Konzentration (Abbildung 12). Diese unterschiedliche Wasserverteilung hatte sich offenbar nicht auf die Migration von NaCl in das Käseinnere ausgewirkt (Abbildung 9). Erst mit zunehmender Reifezeit wurde auch bei den anderen Varianten die Wasserverteilung homogener.

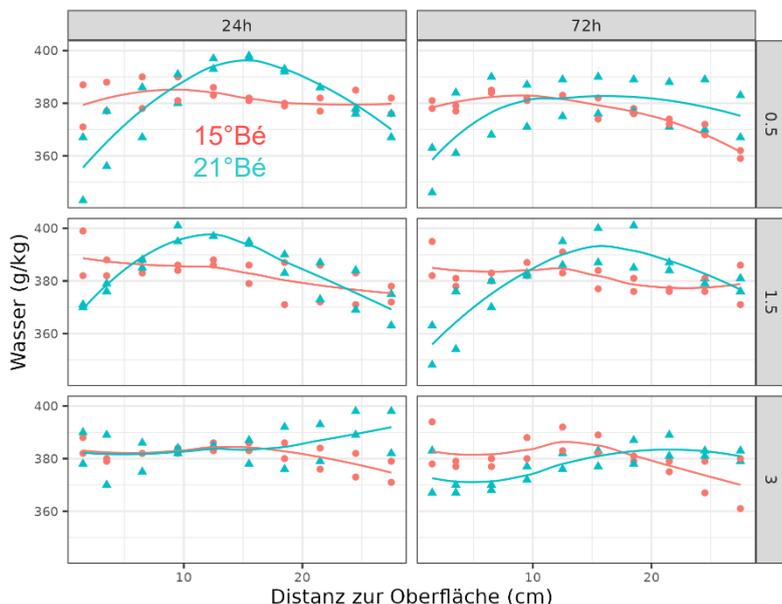


Abbildung 12:  
Zusammenhang zwischen Distanz zur Oberfläche und Wasser-Gehalt eines Käseblockes nach Behandlung im Salzbad während 24 h (links) oder 72 h (rechts) mit einer Salzkonzentration von 15 bzw. 21 °Bé (rot bzw. türkis) im Alter von 0.5, 1.5 und 3 Monaten (rechte y-Achse) (Versuch Agroscope).

### 4.3 Die Proteolyse in die Tiefe

Im Randbereich verglichen mit dem Käseinneren, und im Zentrum von Emmentaler im Vergleich zu Dolce, konnte jeweils eine deutlich intensivere Proteolyse in die Tiefe beobachtet werden (Abbildung 13). Im ersten Moment scheint dieses Ergebnis widersprüchlich, denn NaCl ist bekannt dafür, mikrobiologische Prozesse zu hemmen. Tatsächlich kann NaCl dazu führen, dass bei hohen Gehalten die bakteriellen Zellen lysieren und intrazelluläre Peptidasen in die Käsematrix gelangen. Dies erklärt die höheren OPA Werte, ein Phänomen, das so in der Literatur beschrieben wird (Bisig et al., 2025). Zudem verdrängen bei hohen NaCl-Gehalten die Na<sup>+</sup> Ionen das Ca<sup>++</sup> aus dem Kaseingerüst, sodass dieses gelockert und zugänglicher für enzymatische Prozesse wird (Jakob et al., 2005). Kurzer Teig im Narben bei trocken gesalzene Käsen ist eine häufige Beobachtung in der Praxis.

Die höheren OPA-Werte (OPA = o-Phthaldialdehyd: Mass für den Gehalt an freien Aminosäuren) im Emmentaler lassen sich durch die höheren pH-Werte im Vergleich zu Dolce erklären, die näher am Optimum der Enzyme liegen. Knapp 50% der Variation von OPA können hochsignifikant mit dem NaCl-Gehalt und dem pH-Wert erklärt werden, was deren wichtige Rolle bestätigt.

Der Ausreisser in Abbildung 13 könnte eine Folge der höheren SB-Temperatur sein, die die enzymatischen Prozesse im Käse beschleunigen kann.

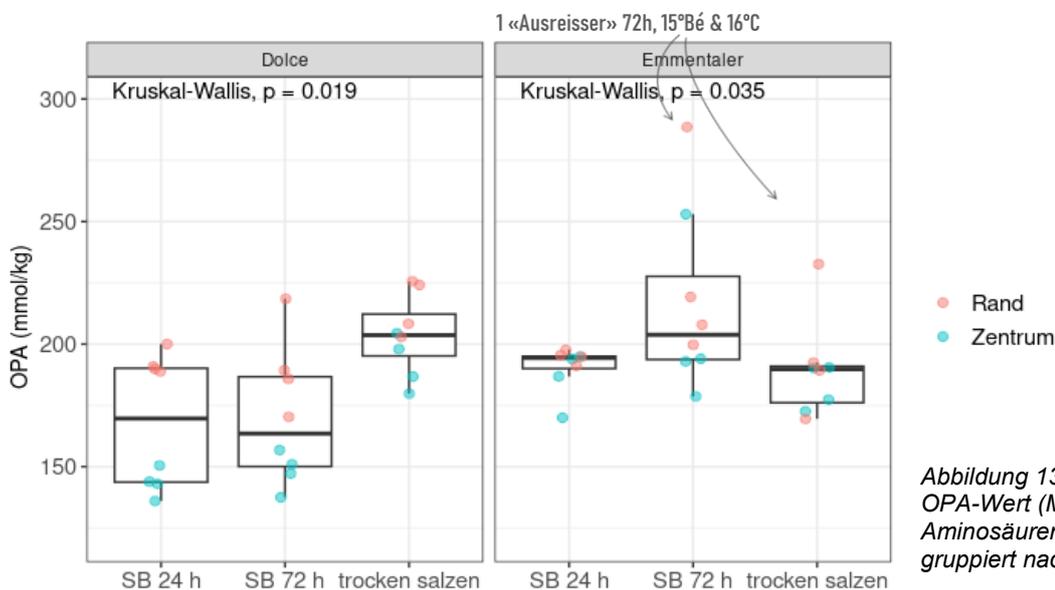


Abbildung 13:  
OPA-Wert (Mass für den Gehalt an freien Aminosäuren) in den 4-monatigen Käsen gruppiert nach Zone und Käse-Typ.

### 4.4 Die Lipolyse reagiert anders

Der Einfluss des NaCl-Gehaltes auf die lipolytischen Prozesse im Käse ist nicht so eindeutig wie derjenige auf die Proteolyse in die Tiefe. Dies erstaunt nicht, denn in der Literatur werden sich scheinbar widersprechende Einflüsse von NaCl auf die Freisetzung von flüchtigen Fettsäuren beschrieben (Bisig et al., 2025).

Abbildung 14 zeigt den Unterschied zwischen Lipolyse und Proteolyse in die Tiefe auf eindrückliche Art und Weise: Die Lipolyse im Randbereich der mit Salz trocken eingeriebenen Käse war immer tiefer als im Zentrum; dies im Gegensatz zur Proteolyse in die Tiefe. Hingegen war die Lipolyse im Randbereich der SB behandelten Käse immer höher als im Zentrum, analog der Proteolyse in die Tiefe. Ein Unterschied ist wiederum bei den Käsetypen zu beobachten: In den Dolce Käsen war die Lipolyse signifikant intensiver als in den Käsen des Typs Emmentaler.

Trotz allem muss festgehalten werden, dass sich die Lipolyse in einem sehr engen Bereich bewegte und die Qualität der Käse wahrscheinlich nicht massgeblich beeinflusst.

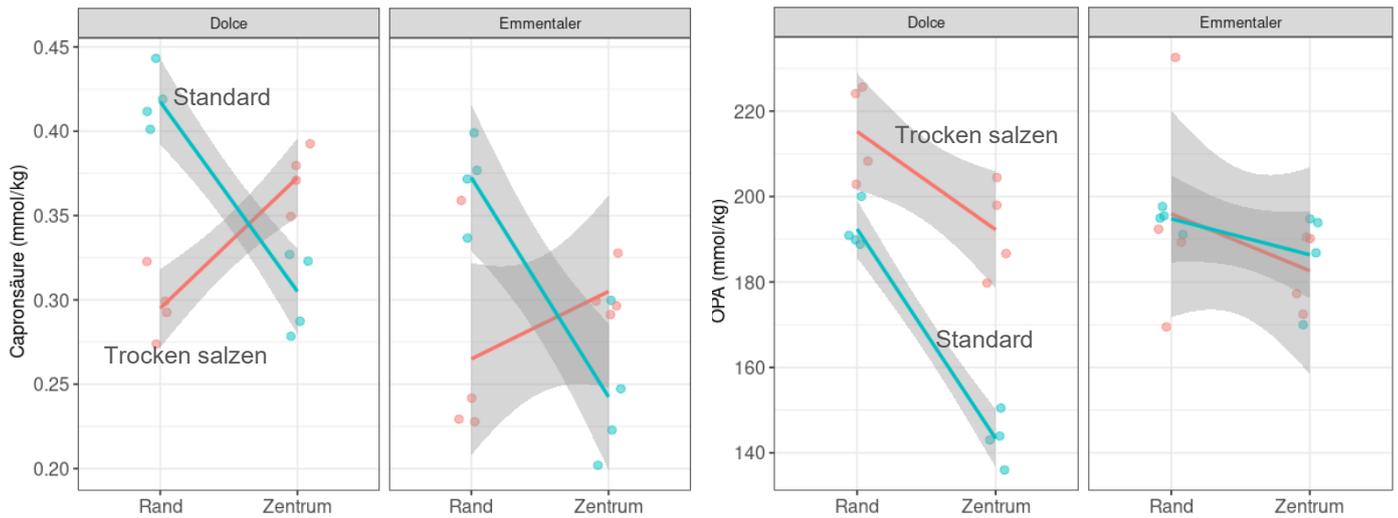


Abbildung 14:

Capronsäure (links) und OPA-Wert (rechts) in den 4-monatigen Käsen gruppiert nach Zone, Käsetyp und Salzungsmethode (rot: Trockensalzung auf Oberfläche; blau: Standard-Salzbadbehandlung 24 h).

## 4.5 Die Propionsäuregärung überrascht

Salz ist ein bekanntes Mittel, um die mikrobiologische Aktivität in Käse zu kontrollieren (Fröhlich-Wyder, 2012). Propionsäurebakterien werden ab einer NaCl Konzentration von 4 % im Wasser (ca. 13 g/kg im Emmentaler) stammspezifisch bereits gehemmt, ab 5.5 % (ca. 15 g/kg im Emmentaler) wird das Wachstum ganz eingestellt. Diese Tatsache machen sich viele, insbesondere schmieregereifte Käsesorten zunutze, in welchen eine Propionsäuregärung unerwünscht ist. Dass Salz die Propionsäuregärung deutlich hemmen kann, zeigen die Ergebnisse des Randbereiches: Die beiden Methoden mit dem grössten Effekt auf die Salzaufnahme – das Trockensalzen der Käseoberfläche und die SB Behandlung von 72 h – haben die Bildung von Propionsäure im Randbereich praktisch halbiert (Abbildung 15). Erstaunlicherweise zeigen die Ergebnisse des Zentrums einen gegenläufigen Effekt: die beiden genannten Methoden führten eher zu einer leicht stärkeren Bildung von Propionsäure. Es macht den Anschein, dass ein höherer Salzgehalt im Zentrum von 10–12 g/kg die Propionsäuregärung sogar fördert (SB von 72 h in Abbildungen 7 und 15). Generell befand sich der NaCl Gehalt im Zentrum – insbesondere bei den SB behandelten Käsen – weit entfernt von einer hemmenden Konzentration (Abbildung 7).

Die Auswertung über alle Käseproben hinweg zeigt – ohne Varianten mit Ameisensäure hauptsächlich entstanden durch die Aktivität von fakultativ heterofermentative Laktobazillen – dass es tatsächlich einen optimalen NaCl-Gehalt für die Propionsäuregärung zu geben scheint (Abbildung 15). Für eine maximale Bildung von Propionsäure durch die Propionsäurebakterienkultur Prop 23 scheint dieser bei 3.0–3.5 % in der wässrigen Phase (ca. 9–11 g/kg im Emmentaler) zu liegen. Der Effekt eines zu tiefen Salzgehaltes scheint vergleichbar hemmend mit einem ca. 4.5%-igen Gehalt zu sein; erst ab 5 % (ca. 15 g/kg im Emmentaler) nimmt die Bildung von Propionsäure drastisch ab, denn Prop 23 baut nunmehr D-Laktat nicht mehr vollständig ab (Resultat nicht gezeigt). Auch die Bildung von Essigsäure wird gehemmt, jedoch deutlich weniger stark als diejenige von Propionsäure (Abbildung 16).

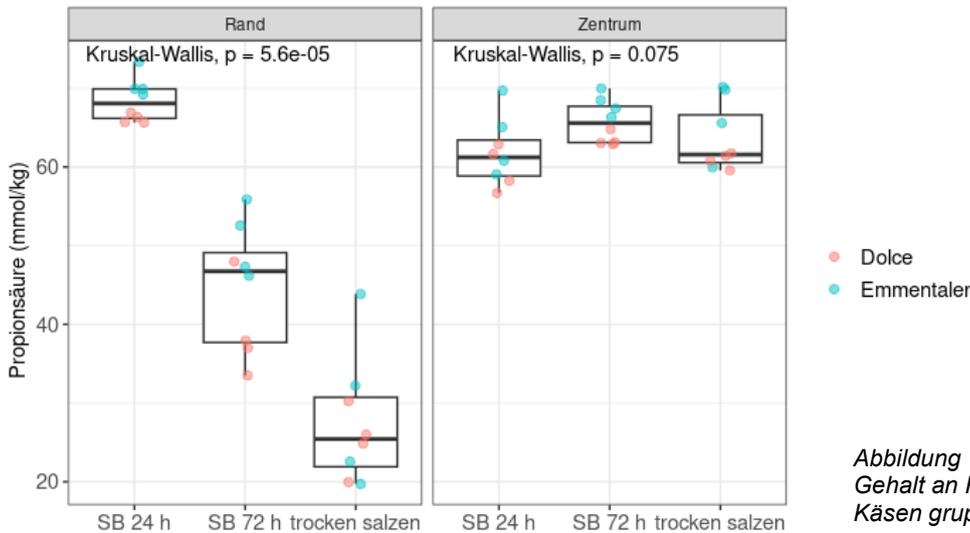


Abbildung 15:  
Gehalt an Propionsäure in den 4-monatigen Käsen gruppiert nach Zone und Käsetyp.

Der für die Propionsäuregärung optimale NaCl Gehalt (9–11 g/kg) liegt weit über dem tatsächlichen Gehalt in Emmentaler von durchschnittlich 3.5 g/kg (Abbildung 2). Es muss davon ausgegangen werden, dass dieser tiefe Gehalt einen negativen Einfluss auf die Propionsäuregärung hat, indem diese nicht nur gehemmt wird, sondern auch indem das Verhältnis der beiden dominierenden Carbonsäuren zu Gunsten von Essigsäure verschoben wird. Essigsäure trägt zu einer stechenden Aromanote bei; Propionsäure zu süsslichen, nussigen Noten. Auch für Prop 96 wurde beobachtet, dass ein maximales Verhältnis von Propionsäure zu Essigsäure erst bei einem gewissen NaCl Gehalt erreicht wird (Bisig et al., 2019).

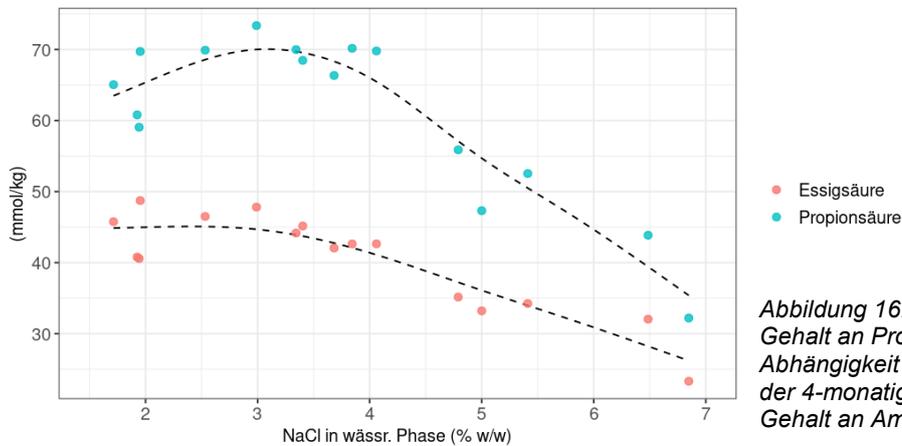


Abbildung 16:  
Gehalt an Propionsäure und Essigsäure in Abhängigkeit des Salzgehaltes in der wässrigen Phase der 4-monatigen Versuchskäse (nur Proben mit einem Gehalt an Ameisensäure < 2 mmol/kg)

## 4.6 Die Lochbildung hängt stark von den Teigeigenschaften ab

Obwohl sich die Propionsäuregärung im Zentrum der Käse kaum zwischen den beiden Behandlungsmethoden Trockensalzen der Käseoberfläche und SB-Behandlung unterschied, wie in Abbildung 15 gezeigt werden konnte, war die Lochbildung in den trockengesalzenen Käsen deutlich schwächer (Abbildung 17). Auch die Borde bzw. der Randabstand zu den Löchern war mit durchschnittlich 1.5 cm etwa doppelt so dick wie bei den Standard Käsen (SB 24 h). Der dominante Faktor war eindeutig die Teigfestigkeit, die auch bei genügender CO<sub>2</sub>-Bildung durch die Propionsäuregärung eine gute Lochbildung verhindern kann, wenn sie zu hoch ist (Abbildung 18). Mit Trockensalzung konnte einzig beim Typ Dolce eine befriedigende Lochbildung beobachtet werden.

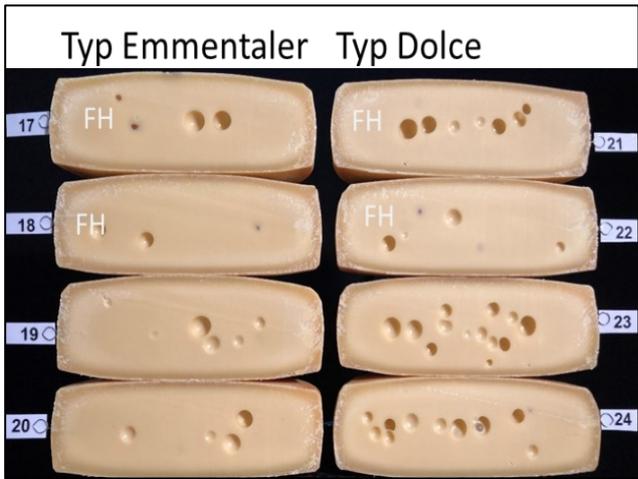
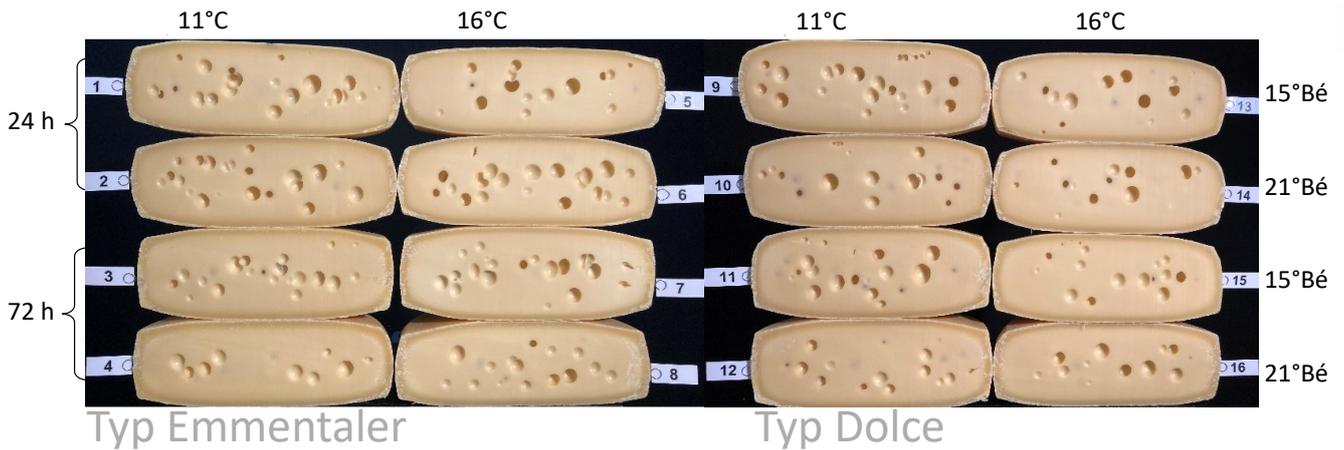


Abbildung 17: Lochbildung in den SB-behandelten 4-monatigen Modell-Käsen (EH 1 – 16) und in denjenigen, deren Oberfläche während 7 Tagen mit trockengesalzen wurden (EH 17 – 24). Die Käse Nr. 17, 18, 21 und 22 wurden mit fakultativ heterofermentativen Laktobazillen (FH) als Zusatzkultur hergestellt.

Bei den SB-behandelten Käsen hatte nur die 72 h SB Dauer einen leichten Einfluss auf die Lochbildung; das Lochvolumen war etwas kleiner, was in Abbildung 17 optisch kaum erkennbar ist. Die SB Behandlungen hatten teilweise einen Einfluss auf die Verweildauer der Modell-Käse in der Heizung. So konnte die SB Behandlung bei 16 °C, 15 °Bé während 24 h zu einer minimalen Verweildauer beitragen (Für Emmentaler: 45 Tage). Im Gegensatz dazu verlängerte die SB Behandlung bei 21 °Bé, 16 °C während 72 h die Verweildauer in der Heizung maximal (Bsp. Emmentaler: 59 Tage).

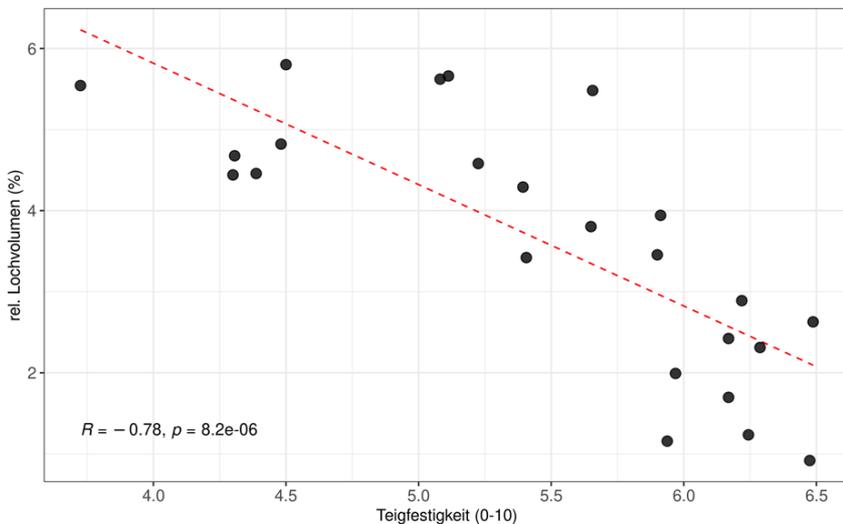
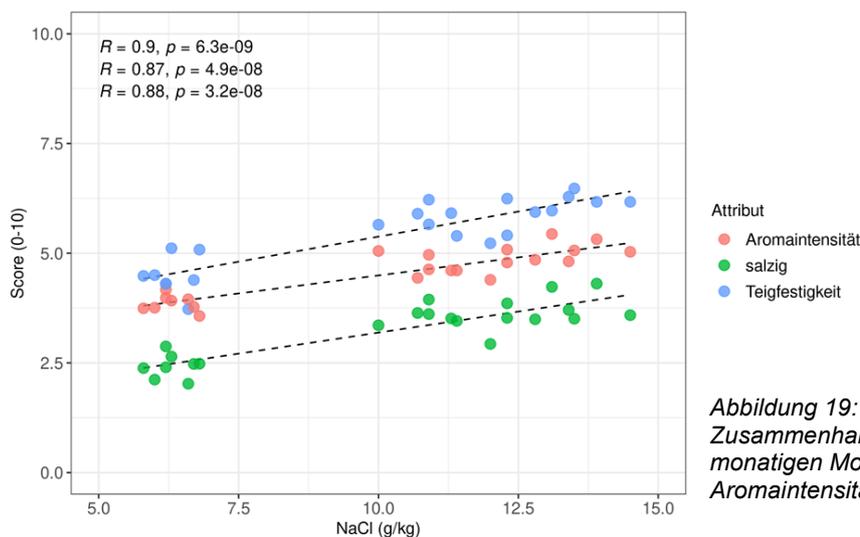


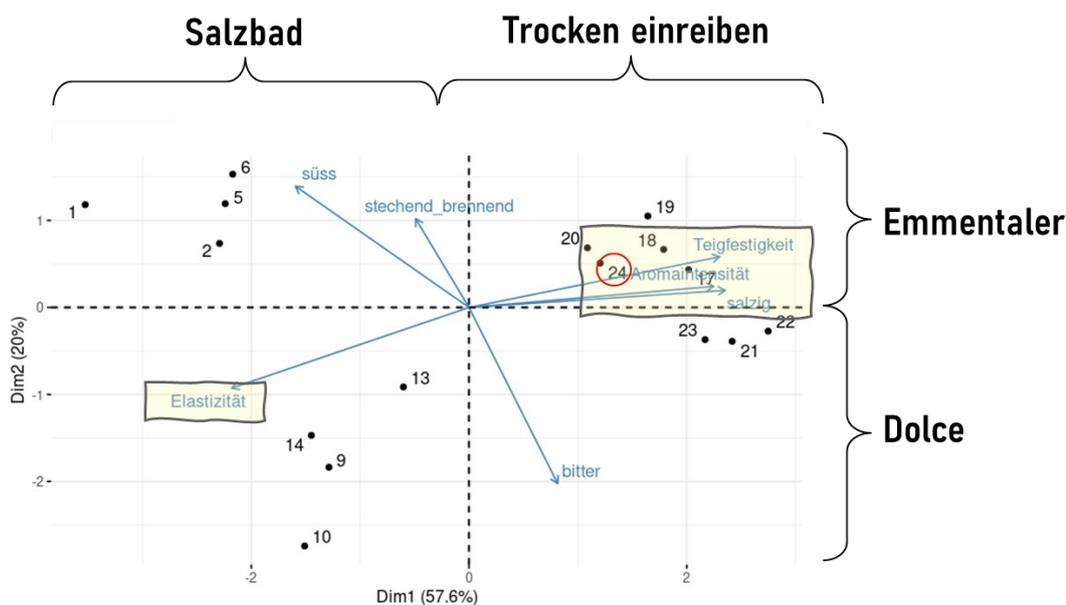
Abbildung 18: Zusammenhang zwischen Teigfestigkeit und Lochbildung in den 4-monatigen Versuchskäsen. Punktelwolke unten rechts: trocken gesalzen.

### 4.7 Die wichtige Rolle der Sensorik

Wie im Kapitel 3 beschrieben, spielt Kochsalz eine umfassende Rolle in Lebensmitteln als Geschmacksgeber und -verstärker und in Käse gegen Bitterkeit und weitere Geschmacksfehler sowie zur Unterstützung der Süsseintensität. So ist es auch nicht erstaunlich, dass in den Versuchskäsen mit steigendem Salzgehalt die Wahrnehmung des salzigen Geschmacks und die Aromaintensität steigen (Abbildung 19). Parallel dazu führten die höheren NaCl-Gehalte, die insbesondere durch Trockensalzen der Käseoberfläche und durch eine längere SB-Dauer erzielt worden waren, zu einem festeren Teig.



Ein bedeutender Unterschied zwischen den Salzungsmethoden wurde für den Käsetyp gefunden (Abbildung 20): der Vorteil von Dolce – etwas elastischer als Folge der tieferen Brenn- und Ausziehtemperaturen – ging durch das Trockensalzen verloren. Die längere SB Dauer hatte nicht den gleich starken Effekt (Abbildung 21). Generell wurde Dolce im Vergleich zum Typ Emmentaler als etwas salziger wahrgenommen.



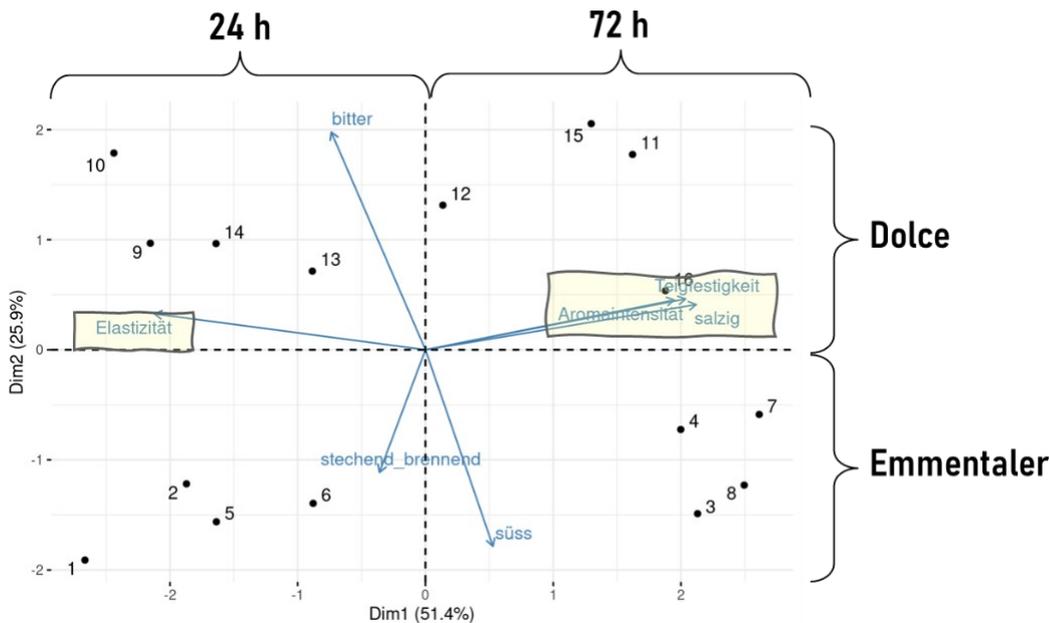


Abbildung 21:  
Hauptkomponentenanalyse der EH 1-16 (SB-behandelte 4-monatigen Modell-Käse, links während 24 h, rechts 72 h)

## 5 Schlussfolgerungen

Es ist möglich, mittels verschiedener Salzungsverfahren den Salzgehalt und andere Inhaltsstoffe und Eigenschaften von Käse zu beeinflussen. Bei sonst gleichbleibender Herstellung geht ein höherer Salzgehalt einher mit tieferen Wassergehalten und veränderten Reifungsvorgängen bzw. veränderter Propionsäuregärung. So konnte gezeigt werden, dass mit einer längeren SB-Behandlung bzw. mit Trockensalzen die Proteolyse in die Tiefe, insbesondere im Randbereich, erhöht werden konnte. Dies ist als Folge von starker Zell-Lyse der Starterbakterien und von einer Destabilisierung des Kaseingerüsts zu werten. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Propionsäuregärung der Prop 23 einen minimalen NaCl-Gehalt braucht, damit insbesondere das Verhältnis von Propion- zu Essigsäure zugunsten der Propionsäure optimal hoch bleibt. Dieser optimale NaCl-Gehalt von ca. 9–11 g/kg liegt weit über dem gegenwärtigen NaCl-Gehalt von Emmentaler AOP von ~3.5 g/kg. Dies konnte in vorangegangenen Arbeiten bereits für andere Kulturen auch gezeigt werden (Bisig et al., 2025). Selbst mit einer Erhöhung des NaCl-Gehaltes in diesen optimalen Bereich würde Emmentaler AOP nach wie vor zu den salzarmen Lebensmitteln zählen und so den Zielen der [Salzstrategie des Bundes](#) nicht entgegen wirken.

Ein höherer Salzgehalt hat auch Folgen für die Lochbildung und die Sensorik. Mehr Salz bedeutet mehr salzigen und mehr süßen Geschmack und ein deutlich intensiveres Aroma. Jedoch werden die Teigeigenschaften, bei gleichbleibender Herstellung, in Richtung höhere Festigkeit verändert, was sich bei zu grosser Festigkeit – wie beim Trockensalzen – negativ auf die Lochbildung und die Dicke der Borde auswirkt.

Die detaillierten Folgerungen aus diesen Versuchen werden in den nächsten beiden Abschnitten zusammengefasst.

### 5.1 Salzen im Salzbad

Zur Vereinfachung dieses komplexen Versuches werden die wichtigsten Ergebnisse der verschiedenen Faktorkombinationen und die Folgerungen daraus in Tabelle 2 festgehalten. Eine Veränderung der hier untersuchten SB-Bedingungen hatte Folgen auf die Qualität der Käse, wobei nicht alle weitreichend waren, wie beispielsweise die SB-Konzentration. Die grössten Veränderungen bewirkte die Verlängerung der SB-Dauer.

Tabelle 2: Auswirkungen verschiedener Salzbad (SB) Behandlungen und von höheren NaCl-Gehalten auf Modell-Käse des Typs Emmentaler und Dolce (Brennen bei 52°C; Ausrühr- und Ausziehtemperatur bei 49°C)

Faktoren und Parameter	Auswirkungen
SB: 72 h	Maximale NaCl Aufnahme, insbesondere bei 11 °C + 21 °Bé und 11 °C + 15 °Bé
SB: 72 h + 15 °Bé	Maximale NaCl Aufnahme bei minimalem Wasserverlust (ev. abhängig vom Käsetyp, unabhängig von der Temperatur des SB)
SB: 15 °Bé	Mit 21 °Bé vergleichbare NaCl-Aufnahme Wasserverteilung von Anfang an homogen Wahrscheinlich langsames Verhornen der Käseoberfläche
SB: 16 °C	Starke NaCl Aufnahme in der Randzone Negativer Effekt auf die NaCl-Aufnahme im Zentrum, wahrscheinlich als Folge einer schnelleren Verhornung der Oberfläche und/oder eines Ausfettens
Propionsäuregärung	NaCl 9–11 g/kg (NaCl <sub>laq</sub> 3–4 %): Optimum für Propionsäuregärung für Prop 23; erreicht mit SB 72 h (Zentrum) NaCl <7 und >15 (NaCl <sub>laq</sub> <2 und >4.5 %): Suboptimale bzw. beginnende Hemmung der Propionsäuregärung
Proteolyse in die Tiefe	Deutlich höhere OPA Werte (freie Aminosäuren) im Randbereich bei höheren NaCl-Gehalten, denn es muss mit einer Zellyse und Destabilisierung des Kaseingerüsts gerechnet werden und folglich mit einer intensiveren Proteolyse. Ein höherer pH-Wert fördert den enzymatischen Vorgang zusätzlich.
Lochbildung und Borde	Kürzerer Aufenthalt in der Heizung bei 16 °C + 15 °Bé + 24 h. Längerer Aufenthalt in der Heizung bei 21 °Bé & 72 h. Leicht schwächere Lochbildung und dickere Borde bei 72 h.
Käsetyp	Dolce: geringerer Wasserverlust, salziger, tiefere OPA und pH-Werte, intensivere Lipolyse

## 5.2 Vergleich mit Trockensalzen der Käseoberfläche

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt wurden auch hier die wichtigsten Ergebnisse der verschiedenen Methoden und die Folgerungen daraus in einer Tabelle festgehalten (Tabelle 3). Den weitaus folgenreichsten Effekt hatte nicht ganz unerwartet das Trockensalzen der Käseoberfläche.

Tabelle 3: Auswirkungen des Trockensalzens (nach einer 24 h Salzbad Behandlung) im Vergleich zu einer reinen 24 h Salzbad (SB) Behandlung von Modell-Käse des Typs Emmentaler und Dolce

Parameter	Auswirkungen
Grobchemische Zusammensetzung	Verdoppelung des NaCl Gehaltes Starke Reduktion des Wassergehaltes
Propionsäuregärung	Starke Hemmung der Propionsäuregärung im Randbereich Im Zentrum vergleichbare Propionsäuregärung
Proteolyse in die Tiefe	Intensivere Proteolyse in die Tiefe (höherer OPA-Wert)
Lochbildung und Borde	Längerer Aufenthalt in der Heizung, insbesondere beim Typ Emmentaler Sparsame Lochung wegen höherer Teigfestigkeit Dickere Borde
Käsetyp	Dolce: Bessere NaCl-Aufnahme als Emmentaler, vergleichbarer Wassergehalt im Endprodukt nach stärkerem Wasserverlust, tieferer pH-Wert, salziger, mehr Loch.

## 6 Empfehlungen

Empfehlungen aufgrund von Ergebnissen aus Modell-Versuchen sind immer mit Vorsicht zu geniessen, insbesondere wenn die Dimensionen der Käse stark voneinander abweichen, wie dies zwischen einem Modell-Emmentaler und einem Emmentaler AOP der Fall ist. Trotzdem können Empfehlungen für eine versuchsweise Umsetzung gemacht werden, die vielversprechend für eine Erhöhung des Salzgehaltes sein können. Es muss mit grosser Wahrscheinlichkeit – wenn am Herstellungsprozess nichts abgeändert wird – mit einer Veränderung der Teigkonsistenz in Richtung grössere Festigkeit gerechnet werden. Für die Praxis gilt es, die Einbussen bei der Teigkonsistenz in den richtigen Fokus zu rücken, angesichts der Vorteile, die eine Erhöhung des NaCl-Gehaltes mit sich führen würde: Ein intensiverer abgerundeter Flavor mit daran gekoppelter erhöhter Beliebtheit, eine optimalere Propionsäuregärung.

Als Empfehlungen zur Umsetzung können folgende Punkte festgemacht werden:

- SB-Temperatur nicht auf 16 °C erhöhen, sondern bei 11 °C belassen.
- Es können SB-Konzentrationen von 15–21 °Bé angewendet werden, ohne grössere Folgen auf den NaCl-Gehalt befürchten zu müssen. Bei Problemen mit weissem Teig unter dem Narben (Zone mit intensiverer Proteolyse) könnte sich ein Versuch mit 15 °Bé lohnen.
- SB-Dauer verlängern bei gleichzeitiger Reduktion der SB-Konzentration auf 15 °Bé.
- Trockensalzen der Käse ist nur bei Feuchtlagerung zu empfehlen.
- Ev. Reduktion der Brenn- und Ausziehtemperaturen, sowie intensivere Säuerung (Vgl. Agroscope Transfer 551).

Aufgrund der neu gewonnenen Erkenntnisse muss nun die Abbildung 3 für den untersuchten Bereich entsprechend angepasst werden (Abbildung 22).



Abbildung 22: Faktoren, die die Salzaufnahme von Käse beeinflussen, korrigiert aufgrund der Erkenntnisse der vorliegenden Studie

## 7 Dank

Ein solcher Versuch konnte nur dank der Mitarbeit verschiedenster Fachleute bei Agroscope realisiert werden. Grosser Dank geht an:

- Florian Loosli für die Käseherstellung und -pflege
- Charlotte Egger, Charlotte Fleuti, Dominik Guggisberg und ihren Gruppen für die vielen Analysen
- Edith Beutler für die sensorischen Tests und Jonas Inderbitzin für die Auswertung der Ergebnisse und den übersichtlichen Bericht.

## 8 Literaturverzeichnis

- Andersen, L. T., Ardö, Y., & Bredie, W. L. P. (2010). Study of taste-active compounds in the water-soluble extract of mature Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 20(8), 528-536.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.02.009>
- Bachmann, H. P. (1998). Emmentaler-Käse: Aspartat-Vergärung erhöht Nachgärungsrisiko. *Agrarforschung*(4), 161-164. (In File)
- Bisig, W., Arias-Roth, E., Fröhlich-Wyder, M.-T., Guggisberg, D., Jakob, E., Sheehan, D. J. J., & Skeie, S. (2025). Salt in cheese: physical, chemical, biological and sensory aspects. Water activity. In P. L. H. McSweeney, P. D. Cotter, D. W. Everett, & R. Govindasamy-Lucey (Eds.), *CHEESE: Chemistry, Physics and Microbiology* (5 ed., Vol. 1). Elsevier.
- Bisig, W., Guggisberg, D., Jakob, E., Turgay, M., Irmeler, S., Wechsler, D., & Fröhlich-Wyder, M.-T. (2019). The effect of NaCl and metabolic profile of propionibacteria on eye formation in experimental Swiss-type cheese. *International Dairy Journal*, 89, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.09.001>
- Castada, H. Z., Hanas, K., & Barringer, S. A. (2019). Swiss Cheese Flavor Variability Based on Correlations of Volatile Flavor Compounds, Descriptive Sensory Attributes, and Consumer Preference. *Foods*, 8(2).  
<https://doi.org/10.3390/foods8020078>
- Flüeler, O., & Kaufmann, H. (1982). *Auswirkungen eines erhöhten Kochsalzgehaltes auf den Qualitätsausfall von Emmentalerkäse* (Interner Bericht, Issue).
- Flüeler, O., & Kaufmann, H. (1984). *Fabrikationsversuch zur Ermittlung der Auswirkungen eines erhöhten Salzgehaltes auf die Reifungsvorgänge beim Emmentalerkäse (2. Versuch)* (FAM Interner Bericht, Issue).
- Fröhlich-Wyder, M.-T. (2012). Lebensmittelqualität und ihre verschiedenen Facetten, Aufgezeigt am Beispiel der Bedeutung von Salz im. *Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin*, 1, 5.
- Fröhlich-Wyder, M. T., Bisig, W., Guggisberg, D., Bachmann, H. P., Guggenbühl, B., Turgay, M., & Wechsler, D. (2022). Käse Typ Emmentaler : Überblick über die Arten von Hart- und Halbhartkäse mit Propionsäuregärung und über spezifische Aspekte ihrer Herstellung, ihrer Qualität und der Ernährung. (Emmentaler cheese types: Overview of hard and semi-hard cheeses with propionic acid fermentation and specific aspects of their manufacture, quality and nutrition). *Agroscope Science*, 134, 1-27.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.34776/as134g>
- Goy, D., Häni, J.-P., Piccinali, P., Wehrmüller, K., & Jakob, E. (2008). Das Salz und seine Bedeutung. *ALP forum*, 59, 18.
- Goy, D., Häni, J.-P., Piccinali, P., Wehrmüller, K., Jakob, E., Fröhlich-Wyder, M.-T., & Bisig, W. (2012). SALT AND ITS SIGNIFICANCE IN CHEESE MAKING. *ALP forum*, 59, 20.
- Guggenbühl Gasser, B., Fuchsmann, P., & Fröhlich-Wyder, M. T. (2023). Sensory characteristics of Swiss-type cheese varieties. In *Sensory Profiling of Dairy Products* (pp. 195-224). John Wiley and Sons Inc.  
<https://doi.org/10.1002/9781119619383.ch11>
- Guinee, T. P. (2004). Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 99-109. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x>
- Hayes, J. E., Sullivan, B. S., & Duffy, V. B. (2010). Explaining variability in sodium intake through oral sensory phenotype, salt sensation and liking. *Physiology & Behavior*, 100(4), 369-380.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.03.017>
- Jakob, E., Amrein, R., & Winkler, H. (2005). Einfluss der Salzlake auf die Käsequalität. *ALP forum*, 24(24), 15.
- Juan, B., Trujillo, A. J., & Ferragut, V. (2022). The Effect of Salt Reduction and Partial Substitution of NaCl by KCl on Physicochemical, Microbiological, and Sensorial Characteristics and Consumers' Acceptability of Semi-Hard

- and Hard Lactose-Free Cow's Milk Cheeses [Article]. *Frontiers in Nutrition*, 9, Article 861383. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.861383>
- Kessler, A. (1991). *Einfluss der Wässerung von Sbrinz vor bzw. nach der Salzbehandlung auf das Aeussere und die Rindendicke (Borde)* (FAM Interner Bericht, Issue).
- Kuhfeld, R. F., Eshpari, H., Atamer, Z., & Dallas, D. C. (2023). A comprehensive database of cheese-derived bitter peptides and correlation to their physical properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2220792>
- Mayr, A. (1976). Zur Kochsalzkonzentration in Emmentalerkäse. *Deutsche Molkereizeitung*, 17, 4.
- McMahon, D. J. (2010). Issues with lower fat and lower salt cheeses. *Australian Journal of Dairy Technology*,
- O'Sullivan, M. G. (2023). Sensory characteristics of cheddar and related cheeses varieties. In *Sensory Profiling of Dairy Products* (pp. 179-194). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119619383.ch10>
- Pripp, A. H., Skeie, S., Isaksson, T., Borge, G. I., & Sørhaug, T. (2006). Multivariate modelling of relationships between proteolysis and sensory quality of Präst cheese. *International Dairy Journal*, 16(3), 225-235. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.02.007>
- Rothenbühler, E. (1970). Der Kochsalzgehalt des Emmentalerkäses heute, im Vergleich zu früher. *Schweizerische Milchzeitung*, 96, 5.
- Saint-Eve, A., Lauerjat, C., Magnan, C., Déléris, I., & Souchon, I. (2009). Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. *Food Chemistry*, 116(1), 167-175. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.027>
- Schroeder, C. L., Bodyfelt, F. W., Wyatt, C. J., & McDaniel, M. R. (1988). Reduction of Sodium Chloride in Cheddar Cheese: Effect on Sensory, Microbiological, and Chemical Properties [Article]. *Journal of Dairy Science*, 71(8), 2010-2020. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79776-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79776-3)
- Sieber, R. (1985). *Kochsalz im Käse, Auswertung einer Umfrage bei den Vertretern der Käseunion im Auslande* (FAM Interner Bericht, Issue).
- Sieber, R., & Badertscher, R. (1991). Ueber den Kochsalzgehalt von reifem Emmentalerkäse. *Schweizerische Milchwirtschaftliche Forschung*, 20, 43-45. (In File)
- Sieber, R., Collomb, M., & Steiger, G. (1987). Natrium- und Kochsalzgehalt von Milch und Milchprodukten, im besonderen von Käse. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmittel-Untersuchung und -Hygiene*, 78, 106-132. (In File)
- Skeie, S., Ardö, Y., & Everett, D. (2014). Salt in cheese flavour. In P. Paquin, S. Labrie, & IDF (Eds.), *The importance of salt in the manufacture and ripening of cheese - Special Issue of the IDF* (Vol. 1401, pp. 42-45). International Dairy Federation IDF.
- Sollberger, H. (1989). *Modifizierte Salzbadbehandlung - reduzierter Salzgehalt im Emmentaler* (FAM Interner Bericht, Issue).
- Sollberger, H. (1998a). *Reifungsverlauf Emmentaler Teil 6: Vergleich der Analysen-Resultate vom Versuch 9701 mit alten Emmentaler-Versuchsdaten* (FAM Interner Bericht, Issue).
- Sollberger, H. (1998b). *Uebersicht der Analysen-Resultate zum Gärungsverlauf Emmentaler 2. Teil: "Reifungsverlauf Emmentaler"* (3991). (FAM Interner Bericht, Issue).
- Sollberger, H., Kaufmann, H., & Sieber, R. (1991). Einfluss einer verkürzten Salzbadbehandlung auf den Kochsalzgehalt von Emmentalerkäse. *Schweizerische Milchwirtschaftliche Forschung*, 20(3), 46-48. (In File)
- Tsouli Sarhir, S., Amanpour, A., Bouseta, A., & Selli, S. (2022). Potent odorants and sensory characteristics of the soft white cheese "Jben": Effect of salt content [Article]. *Flavour and Fragrance Journal*, 37(4), 243-253. <https://doi.org/10.1002/ffj.3696>