



Potenzial für Molke in koscher-halal-konformer Qualität

Studie in Zusammenarbeit mit foodward

Autoren

Walter Bisig, Remo Schmidt

Partner

foodward, Sihlquai 125, 8005 Zürich

Impressum

Herausgeber	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Bern www.agroscope.ch
Auskünfte	Walter Bisig, walter.bisig@agroscope.admin.ch
Titelbild	Agroscope
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2025
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as213g

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

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Summary	6
Riassunto	7
1 Einleitung	8
2 Mikrobielles Lab – rekombinant oder Labersatzstoffe	9
3 Käsesorten mit den höchsten Produktionsmengen	10
4 Molkenanfall in der Schweiz	10
4.1 Gesamte Molkenmengen der Schweizer Käseproduktion pro Jahr	10
4.2 Käsesorten mit den höchsten Molkenmengen	11
4.3 Unterscheidung zwischen Sauer- und Süssmolke	11
5 Sorten mit grossem Potenzial für kosher-halal-konforme Molke	12
5.1 Sorten kosher-halal in Bezug auf die Brenntemperatur	12
5.2 Sorten herstellbar mit Labersatzstoffen	12
5.3 Bereits kosher-halal-konforme Käsesorten und Molken	13
6 Abschätzung Machbarkeit	14
7 Analyse Molkenanfall nach Betriebsgrössen und Kantonen	16
7.1 Aufteilung nach grossen und kleineren Käsereien /Molkereien	16
7.2 Molkenaufkommen nach Kantonen	17
7.3 Molkenaufkommen nach Grössenklassen und Kantonen	17
8 Molkenverarbeitung international	19
9 Grosstechnische Molkenutzung in der Schweiz	21
10 Molkenpreise und finanzielle Aspekte	23
11 Gesamtabschätzung und Schlussfolgerungen	24
12 Literaturverzeichnis	26
13 Abbildungsverzeichnis	27
14 Tabellenverzeichnis	27

Zusammenfassung

In der Schweiz fallen 1'645'000 t Molke pro Jahr an. Molke enthält 93% Wasser und 6.7% Trockensubstanz (TS), hauptsächlich Laktose und Molkenproteine. Aus der Schweizer Käseherstellung entsteht oft mit Wasser verdünnte Molke, es wird mit 5.5% TS gerechnet. Die Herstellung von haltbaren getrockneten Molkenprodukten erfordert daher viel Energie und verursacht hohe Kosten. Mit der dezentralen Käsereistruktur kleiner Einheiten sind auch die Logistikkosten für die Molke bedeutend. Da der Futtermittelmarkt zollgeschützt ist, geht bisher ein hoher Anteil der verarbeiteten Molke in getrockneter Form in den Markt für höherwertige Futtermittel wie Kälbermilch oder Ferkelfutter (ca. 32%). Molkenprodukte für Lebensmittel müssen mit der Schweizer Kostenstruktur das EU-Preisniveau erreichen, was eine Herausforderung ist. Daher ist dieser Markt bisher klein, ca. 21% der Molkenmenge. Die für Lebensmittelzutaten und höherwertigen Futtermittel genutzte Molkenmenge hat sich anteilmässig über die letzten 10 Jahre nicht erhöht. Nur für Produkte, bei denen sich die Swissness auszahlt, haben Molkenprodukte für Lebensmittel eine Chance. Dieser Markt kann bisher mit kosher-halal-konformer Molke beliefert werden, zumindest für höherwertige Lebensmittel wie Säuglingsnahrung mit Swissness-Vermarktung. Der Säuglingsnahrungsbereich ist der wichtigste Lebensmittelsektor für hochwertige Molkenprodukte, und dazu werden von Schweizer Herstellern viele Molkenprodukte aus Preisgründen importiert. Gegenwärtig erfüllen ca. 38% der Molke die Koscher-halal-Anforderungen, dank dem Einsatz von Labersatzstoffen und einer Brenntemperatur von $\leq 45^{\circ}\text{C}$. Optimistisch beurteilt könnten ca. 61% der Molke diese Anforderungen erfüllen, und daraus Molkenprodukte für den internationalen Lebensmittelmarkt hergestellt werden. Für die Nutzung für höherwertige Lebensmittel für den internationalen Markt, insbesondere Kleinkindernahrung, sind ca. 26% der Molke potenziell geeignet. Solche Molke darf insbesondere nicht aus einem Kupferfertiger und nicht aus der Rohmilchkäseherstellung stammen. Sinnvollerweise wird in erster Priorität Molke aus den grossen Past-Milch-Käsereien für die kosher-halal-konforme Molkenprodukt-Herstellung für Lebensmittel genutzt. Es sind weniger als 48 Betriebe. Molke aus den vielen kleineren Rohmilchkäsereien ist für die lokale schonende Herstellung von allergie-schützenden Rohmolkeprodukten für Mensch und Haustiere bestens geeignet. Die übrigbleibende Molke der kleinen und mittelgrossen Rohmilchkäsereien wird am besten für die Nutzung für höherwertige Futtermittel eingesetzt. Die Laktose, die bei der Futtermittelherstellung zu einem grossen Teil übrigbleibt, könnte zu mikrobiellem Protein fermentiert, oder wenn nicht anders nutzbar, wie heute oft üblich, daraus Biogas gewonnen werden.

Résumé

En Suisse, 1 645 000 tonnes de petit-lait sont produites chaque année. Le petit-lait contient 93 % d'eau et 6,7 % de matière sèche (MS), principalement du lactose et des protéines lactosériques. La production de fromage en Suisse génère souvent du petit-lait dilué dans de l'eau, dont la teneur en MS est estimée à 5,5 %. La fabrication de produits séchés à base de petit-lait nécessite donc beaucoup d'énergie et engendre des coûts élevés. La structure décentralisée des petites fromageries entraîne également des coûts logistiques importants pour le petit-lait. Le marché des aliments pour animaux étant protégé par des droits de douane, une grande partie du petit-lait transformé est actuellement vendue sous forme séchée sur le marché des aliments pour animaux de haute qualité, tels que le lait pour les veaux ou les aliments pour porcelets (environ 32 %). Compte tenu de la structure des coûts en Suisse, les produits à base de petit-lait destinés à l'alimentation doivent atteindre le niveau de prix de l'UE, ce qui constitue un défi. Ce marché est donc encore modeste, et représente environ 21 % de la quantité de petit-lait. La part de petit-lait utilisée pour les ingrédients alimentaires et les aliments pour animaux de haute qualité n'a pas augmenté au cours des dix dernières années. Les produits à base de petit-lait destinés à l'alimentation n'ont une chance que s'ils bénéficient de la garantie Swissness. Ce marché peut jusqu'à présent être approvisionné en petit-lait conforme aux normes casher et halal, du moins pour les denrées alimentaires de qualité supérieure telles que les aliments pour nourrissons commercialisés sous le label Swissness. Le secteur des aliments pour nourrissons est le secteur alimentaire le plus important pour les produits à base de petit-lait de haute qualité, et de nombreux produits à base de petit-lait sont importés par les fabricants suisses pour des raisons de prix. Actuellement, environ 38 % du petit-lait répond aux exigences casher-halal, grâce à l'utilisation de substituts de présure et à une température de cuisson inférieure ou égale à 45 °C. Selon une estimation optimiste, environ 61 % du petit-lait pourrait répondre à ces exigences et être transformé en produits à base de petit-lait destinés au marché alimentaire international. Environ 26 % du petit-lait est potentiellement adapté à la fabrication de denrées alimentaires de haute qualité pour le marché international, en particulier les aliments pour nourrissons. Ce petit-lait ne doit en aucun cas provenir d'une cuve en cuivre ni de la fabrication de fromages au lait cru. Il est judicieux d'utiliser en priorité le petit-lait provenant des grandes fromageries fabriquant des produits au lait pasteurisé pour la fabrication de produits à base de petit-lait conformes aux normes casher et halal destinés à l'alimentation. Il existe moins de 48 fromageries de ce type. Le petit-lait provenant des nombreuses petites fromageries fabriquant des fromages au lait cru est idéal pour la fabrication locale et réalisée avec ménagement, de produits à base de petit-lait cru fermenté qui protègent des allergies. Ils sont destinés à l'alimentation humaine et animale des animaux domestiques. Le petit-lait restant des petites et moyennes fromageries artisanales est utilisé de préférence pour la fabrication d'aliments pour animaux de haute qualité. Le lactose, qui demeure en grande partie lors de la fabrication des aliments pour animaux, pourrait être fermenté en protéines microbiennes ou, s'il ne peut être utilisé autrement, transformé en biogaz, comme c'est souvent le cas aujourd'hui.

Summary

In Switzerland, 1,645,000 tonnes of whey are generated annually. Whey contains 93% water and 6.7% dry matter (DM), mainly lactose and whey proteins. For many Swiss cheese varieties water is added as part of the production process, resulting in diluted whey with about 5.5% DM. Producing non-perishable dried whey products thus requires a lot of energy and incurs high costs. The decentralised, small-unit structure of cheese dairies also leads to significant logistical costs for whey. Since the feed market is tariff-protected, a high proportion of the processed whey (around 32%) has to date been sold in dried form on the market for higher-quality feeds such as milk replacer for calves or piglets. Whey products for (human) food must reach EU price levels with the Swiss cost structure, which poses a challenge. This market has therefore been small to date, accounting for around 21% of the whey produced. The amount of whey used for food ingredients and higher-value feed has not increased proportionally over the past 10 years. Only in food products where 'Swissness' is considered an asset do whey products stand a chance. At present it is possible to supply this market with kosher/halal whey, at least for higher-value foods such as infant formula marketing its 'Swissness'. The infant nutrition market is the main outlet for high-quality whey products for use in food production, and many whey products are imported by Swiss producers for reasons of price. Currently, around 38% of whey produced in Switzerland meets kosher/halal requirements, thanks to the use of rennet substitutes and a scalding temperature of $\leq 45^{\circ}\text{C}$. Viewed optimistically, around 61% of whey could meet these requirements, serving as the basis for the production of whey products for the international food market. Around 26% of the whey is potentially suitable for use in the production of higher-value foods for the international market, in particular infant formula. Whey of this sort may not stem from either copper-vat production or raw-milk cheese production. Sensibly, whey from the large cheese dairies using pasteurised milk is used as a matter of top priority for the manufacture of kosher/halal whey products destined for food production. There are fewer than 48 such dairies. Whey from the numerous smaller raw-milk cheese dairies is ideally suited to the local careful production of raw-whey products that protect against allergies in humans and pets. The leftover whey from small and medium-sized raw-milk cheese dairies is best used for the production of higher-quality feed. The lactose remaining to a large extent from feed production could be fermented into microbial protein, or, if it cannot be put to another use, used to produce biogas, as is common nowadays.

Riassunto

In Svizzera si producono ogni anno 1.645.000 t di siero di latte. Il siero è generalmente composto dal 93 % di acqua e dal 6,7 % di sostanza secca (SS), principalmente lattosio e proteine di siero. Tuttavia, la produzione di formaggio svizzero genera spesso siero diluito con acqua, con una percentuale di sostanza secca pari al 5,5 %. La fabbricazione di prodotti essiccati e conservabili a base di siero di latte richiede perciò molta energia e comporta costi elevati. A causa della decentralizzazione in piccole unità dell'industria lattiero-casearia, anche i costi logistici per il suo trasporto risultano significativi. Poiché il mercato dei mangimi è protetto da dazi doganali, una percentuale elevata del siero di latte essiccato è stata finora destinata agli alimenti per animali di alta qualità, come il latte per vitelli o gli alimenti per suinetti (circa il 32 %). Con la struttura dei costi in Svizzera, i prodotti per l'alimentazione a base di siero di latte devono raggiungere il livello di prezzo dell'UE, il che risulta piuttosto difficile. Di conseguenza, il mercato ha mantenuto finora dimensioni ridotte, pari a circa il 21 % dei quantitativi di siero di latte. La quantità di siero di latte utilizzata per gli ingredienti alimentari e per gli alimenti per animali di alta qualità non è aumentata negli ultimi 10 anni. I prodotti a base di siero di latte per uso alimentare hanno infatti una chance di affermarsi solo in quei casi in cui la Swissness paga. Al momento, attraverso la promozione della Swissness, il mercato può essere rifornito di siero di latte kosher-halal almeno per i prodotti di valore più elevato, come gli alimenti per lattanti. Il settore degli alimenti per lattanti è il più importante per gli articoli a base di siero di latte di alta qualità. Tuttavia, i produttori svizzeri ne importano una buona quantità per motivi di prezzo. Attualmente, grazie all'utilizzo di sostituti del caglio e a una temperatura di cottura ≤ 45 °C, circa il 38% del siero di latte soddisfa i requisiti kosher-halal. Ottimisticamente parlando, circa il 61 % del quantitativo prodotto potrebbe soddisfare questi requisiti ed essere utilizzato per produrre articoli a base di siero di latte per il mercato alimentare internazionale. Circa il 26 % è potenzialmente adatto all'uso in alimenti di qualità superiore per il mercato internazionale, nello specifico in quelli per bambini. È tuttavia necessario che il siero non venga lavorato in caldaie di rame o provenga dalla produzione di formaggio a base di latte crudo. Sarebbe quindi opportuno se il siero di latte dei grandi caseifici che lavorano il latte pastorizzato, che risultano meno di 48, venisse principalmente usato per la produzione di alimenti a base di siero di latte conformi alla normativa kosher-halal. Il siero di latte di molti piccoli caseifici a latte crudo è invece ideale per la fabbricazione delicata e a livello locale di prodotti a base di siero di latte crudo per persone e animali domestici che soffrono di allergie. Il siero rimanente, proveniente da aziende casearie di piccole e medie dimensioni che lavorano latte crudo, è più adatto per la produzione di alimenti per animali di qualità. Il lattosio in gran parte residuo della produzione di mangimi potrebbe essere sottoposto a fermentazione per ottenere proteine microbiche o, se non può essere utilizzato altrimenti, biogas, come tra l'altro già spesso accade.

1 Einleitung

Im Rahmen des foodward-Projekts „Upcycling Swiss Whey“ wird in diesem Bericht das Potenzial für eine Umstellung von tierischem auf mikrobielles Lab und damit die Gewinnung von kosher-halal-konformer Molke in der Schweizer Käseindustrie aufgezeigt. An der foodward-Fachtagung Molke vom 1. Juli 2024 in Zürich wurde von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein hohes Potenzial für die Nutzung von Molkenprodukten als Lebensmittelzutat vermutet, wenn Molke vermehrt in kosher-halal-konformer Qualität zur Verfügung stehen würde. Dieses Projekt aus der Molkentagung wird als Molke Testcase #04 bezeichnet und von Fabiano De Gani geleitet.

Ziel ist es, die Industrie zu sensibilisieren und Optimierungsmöglichkeiten für vegetarische, halal- und kosher-konforme Molkenprodukte darzustellen. Dabei sollen relevante Käsesorten und Produktionsvolumina identifiziert sowie wirtschaftliche und ökologische Potenziale aufgezeigt werden. Es werden die Hindernisse für eine grossflächige Umstellung der Molkenutzung für die menschliche Ernährung aufgezeigt.

Molke entsteht bei der Käseherstellung, inkl. der Quarkherstellung, bei der Protein-Joghurtherstellung nach dem Quarkverfahren (YoQua) oder mit dem Mikro-/Ultrafiltrationsverfahren (Permeat), bei der Gesamtmilchproteinpulver-Herstellung sowie bei der Kaseinherstellung. In der Schweiz wird kein Kasein mehr in bedeutenden Mengen hergestellt. Molke enthält ca. 6.7% Trockensubstanz (Abbildung 1). Bei der Käseherstellung wird aus technologischen Gründen bei den in der Schweiz hergestellten Käsesorten die Milch und/oder das Bruch-Molkenmisch oft mit Wasser verdünnt. Die Industrie rechnet daher mit einer Basis von 5.5% Trockensubstanz. Der niedrige Trockensubstanzgehalt macht den Molkentransport und die Molkenverarbeitung aufwändig und teuer. Bei der Herstellung von Molkenpulver, entmineralisiertem Molkenpulver (für die Säuglingsernährung) oder von Proteinpulver muss viel Wasser durch Umkehrosiose, Eindampfen und Trocknen abgetrennt werden. Teilweise wird die Molke vor dem Transport lokal mittels Umkehrosiose vorkonzentriert, so dass der Transport kostengünstiger erfolgen kann. In dieser Studie sind die Mengen unverdünnter Molke angegeben.



Abbildung 1: Trockensubstanzgehalt von Süssmolke (gemäss Walstra et al, 2006)

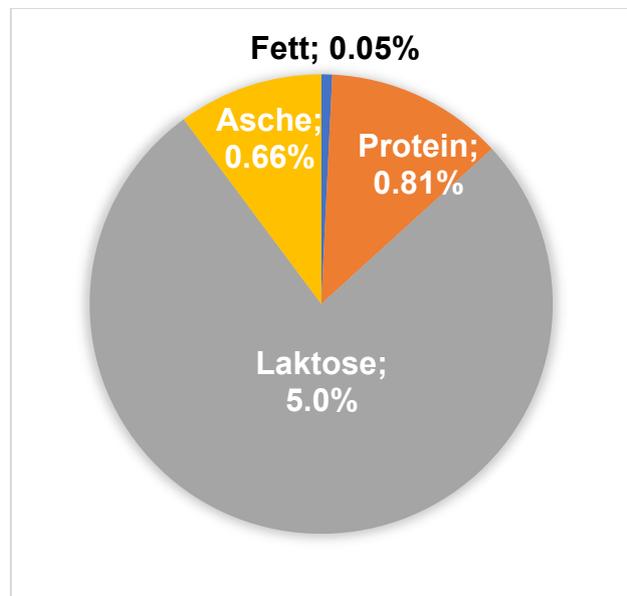


Abbildung 2: Inhaltsstoffe der Trockensubstanz von Süssmolke (gemäss Walstra et al. 2006)

Der Hauptanteil der Trockensubstanz bildet die Laktose mit ca. 5.0%, Protein macht 0.81% aus (Abbildung 2). Weiter sind Mineralstoffe (~ Asche) und wenig Fett enthalten. Da die Asche methodisch durch Veraschen bestimmt wird, entspricht die Menge nicht ganz der Mineralstoffmenge, welche bei der Bestimmung der Trockensubstanz durch Wasserentfernung mitenthalten ist. Die Verhältnisse zeigen, dass eine effiziente Molkenutzung auch die Laktose umfassen muss. Eine Molkenproteingewinnung allein genügt nicht.

Für kosher-halal-konforme Molke darf kein tierisches Lab eingesetzt werden. Es kommen nur rekombinantes Lab (mit Gentechnik hergestellt), mikrobielle oder pflanzliche Labersatzstoffe in Frage. Die Schweizer Hart- und

Halbhartkäsebranche hat ein Reinheitsgebot vereinbart, so dass keine Zusatzstoffe und keine Gentechnik eingesetzt werden. Somit kommen aktuell für Schweizer Halbhart- und Hartkäse nur natürliche mikrobielle oder pflanzliche Labersatzstoffe in Frage, um kosher-halal-konforme Molke gewinnen zu können. Im Prinzip müsste der Labersatzstoff immer in der Anwesenheit eines Juden zugegeben werden (Duvdevani, 2025).

Eine weitere Anforderung für koschere Molke scheint eine maximale Brenntemperatur von 45°C zu sein. Es gibt öffentlich zugänglich keine schriftlichen Vorschriften zur kosher-Anforderung einer Brenntemperatur $\leq 45^\circ\text{C}$ und keine klare Auskunft vom Schweizer Rabbiner Dr. Duvdevani als Koscher-Direktor. Es ist so, dass für den internationalen Handel die Rabbinat Circle K und Circle U ausschlaggebend sind, und diese verlangen eine Brenntemperatur $\leq 45^\circ\text{C}$, mit Verhandlungsspielraum.

2 Mikrobielles Lab – rekombinant oder Labersatzstoffe

Bei mikrobiellem Lab ist zu unterscheiden zwischen rekombinantem Lab, welches mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen hergestellt wird, und den Labersatzstoffen. Rekombinantes Lab wird mittels gentechnisch veränderten *Aspergillus niger* oder *Kluyveromyces lactis* in Reaktoren hergestellt, und deckt 70 – 80% des weltweiten Bedarfs an Lab (IDF, Bisig and Everett, 2021). Dieses rekombinante Lab hat sich nun seit über 30 Jahren bewährt, und seine Sicherheit ist wissenschaftlich und durch die lange Praxis erwiesen. Es ergibt die höchste Ausbeute, weil es reines Chymosin ist und keine Nebenaktivitäten hat (McSweeney, 2022; Mohsin et al., 2024). Gemäss Mohsin et al. (2024) ist die Käseausbeute mit rekombinantem Lab gleich wie bei Kälbermagenlab, mit mikrobiellen Labersatzstoffen jedoch je nach Käsesorte (Gouda, Cheddar) um 0.50 – 1.73%-Punkte tiefer. Für Gouda ergab sich im Durchschnitt von Kuh- und Büffelmilch aus 100 kg Milch 8.94 statt 10.30 kg Käse, was einer Reduktion von 13.2% entspricht. Durch die Praxis wird eine Reduktion der Käseausbeute beim Einsatz von Labersatzstoffen bestätigt, das scheint jedoch kein grosses Hindernis für die Umstellung zu sein. Wird Molke für höherwertige Lebensmittel gewonnen, z.B. für Kleinkindernahrung, so kann gemäss Industrieangaben ein Mehrertrag erzielt werden. Um genauere Zahlen zu haben, wären Versuche mit Schweizer Käsesorten nötig.

Labersatzstoffe sind selten pflanzlichen (z.B. Disteln *Cynara*) und meist mikrobiellen Ursprungs aus den Fungi *Rhizomucor miehei*, *Rhizomucor pusillus* und aus *Cryphonectria parasitica* (McSweeney, 2022).

Rechtlich ist der Einsatz von rekombinantem Lab in der Schweiz zugelassen, gleich wie in der EU und in der ganzen Welt. Wie in Kapitel 1 aufgeführt, wird wegen dem Reinheitsgebot rekombinantes Lab in der Schweiz für Halbhart- und Hartkäse bisher jedoch nicht eingesetzt.

Tabelle 1: Die 15 in der Schweiz am meisten hergestellten Käse (in t pro Jahr; Quelle: TSM Treuhand GmbH)

Sorte	2022	2023	2024
Gruyère AOP	31'937	29'344	30'311
Mozzarella	24'366	25'449	24'978
Quark	17'810	19'012	20'234
Übrige Frischkäse	15'984	15'874	17'540
Schweizer Raclettekäse	16'738	16'711	17'230
Emmentaler AOP	15'073	13'390	12'395
Andere Halbhartkäse, 1/2- bis vollfett	12'251	11'045	11'286
Industrieware	7'288	6'915	9'772
Appenzeller	7'824	7'747	8'090
Andere Halbhartkäse, überfett	6'623	6'663	7'692
Switzerland Swiss	6'099	5'998	5'572
Andere Hartkäse, 1/2- bis vollfett	5'969	5'721	5'540
Andere Hartkäse, mager bis 1/4-fett	2'360	2'284	3'159
Tête de Moine AOP	3'331	3'048	3'102
Vacherin Fribourgeois AOP	3'142	2'922	3'015

3 Käsesorten mit den höchsten Produktionsmengen

Gruyère AOP, Mozzarella und Quark weisen eine Produktionsmenge von über 20'000 Tonnen pro Jahr auf. Von übrigen Frischkäsen, Raclette Suisse, Emmentaler AOP und anderen Halbhartkäsen (1/2 bis vollfett) werden über 10'000 t pro Jahr hergestellt. Mit einer Produktionsmenge zwischen 3'000 t und 10'000 t folgen die weiteren Käsesorten Industriekäse, Appenzeller, überfette Halbhartkäse (Rahmkäse), Switzerland Swiss, halb- bis vollfette andere Hartkäse, magere bis ¼-fette Halbhartkäse, Tête de Moine AOP und Vacherin Fribourgeois AOP. In Tabelle 1 und Abbildung 3 sind die 15 Käsesorten mit einer Produktion von über 3000 Tonnen pro Jahr aufgeführt.

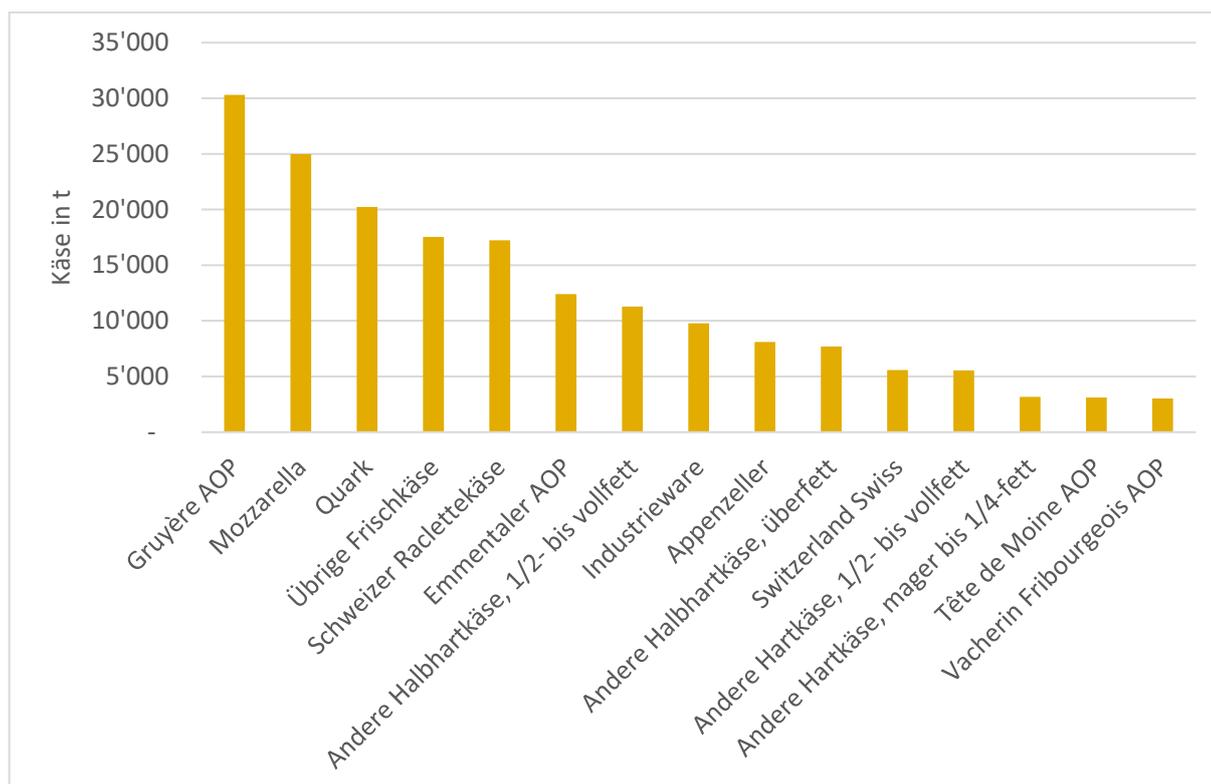


Abbildung 3: Die 15 im Jahr 2024 in der Schweiz am meisten hergestellten Käsesorten (> 3000 t/Jahr)

4 Molkenanfall in der Schweiz

4.1 Gesamte Molkenmengen der Schweizer Käseproduktion pro Jahr

Im Jahr 2024 wurden in der Schweiz 204'326 t Käse hergestellt. Daraus ergaben sich als Nebenprodukt rund 1'645'000 t Molke (Daten TSM Treuhand GmbH, Bern, Tabelle 2). Wurde mit den ungefähren Ausbeuten pro Käsesorte gerechnet, so ergab sich eine leicht höhere Menge von 1'719'000 t. Die Grössenordnung ist vergleichbar.

Tabelle 2: Molkenanfall in der Schweiz in den Jahre 2022 – 2024 (TSM)

Jahr	2022	2023	2024
Molkenanfall in t	1'682'721	1'595'978	1'644'882

4.2 Käsesorten mit den höchsten Molkenmengen

TSM weist die Molke nicht nach Käsesorte aus. Da die Betriebe Molke von unterschiedlichen Käsesorten mischen, und da das bei der Molkensammlung sowieso geschieht, ist das nicht möglich. Es wurde hier darum mit den ungefähren Ausbeuten pro Käsesorte die unverdünnte Molkenmenge pro Sorte bestimmt. Wie bei den Käsemengen ergibt die Gruyèreherstellung, nun mit grossem Abstand, die höchste Menge: 349'000 t (Abbildung 4). An zweiter Stelle folgt wie der der Käsemenge wiederum Mozzarellamolke mit 167'000 t. An dritter Stelle ist Molke aus der Emmentaler AOP-Produktion und dann kommt Raclette-Suisse-Molke.

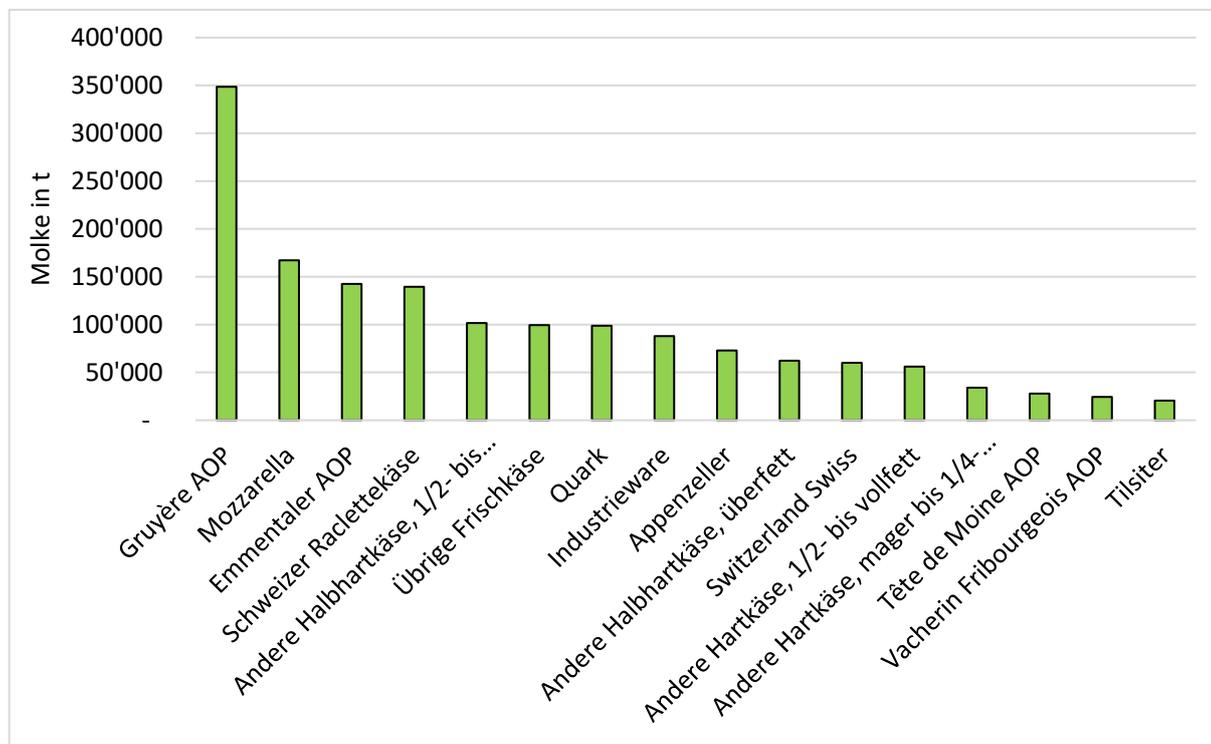


Abbildung 4: Molkenmenge pro Käsesorte 2024*

* Käsesorten mit Molkenmengen über 20'000 t, ohne Wasserzusatz.

4.3 Unterscheidung zwischen Sauer- und Süssmolke

Süßmolke und Sauermolke unterscheiden sich im pH, im Laktosegehalt und im Mineralstoffgehalt (Tabelle 3). Quarkmolke, Molke aus der Proteinjoghurt-Herstellung (YoQua) und ein Teil der Frischkäseherstellung (Hüttenkäse) sind saure Molken. Sauermolke hat einen erhöhten Mineralstoffgehalt, vor allem an Kalzium und Phosphat. Dadurch ist sie schwerer verarbeitbar und schwieriger für die menschliche Ernährung nutzbar. Für die Verwendung bei höherwertigen Lebensmitteln wird sie abgelehnt. Die Sauermolkenmenge wird berechnet mit 1/3 der Frischkäsemolke und der vollen Quarkmolkenmengen, was ca. 132'000 t und damit 8% der gesamten Molkenmenge ergibt. Die Menge an Molke aus der Proteinjoghurt-Produktion ist unbekannt.

Tabelle 3: Inhaltsstoffe Süß- und Sauermolke (Buchanan et al., 2023; Tsakali et al., 2010)

Inhaltsstoff /Eigenschaft	Einheit	Süßmolke	Sauermolke
	pH	5.6 – 7.0	4.3 – 5.59
Wasser	g/L	93 – 94	94 – 95
Trockensubstanz	g/L	6.0 – 6.5	5.0 – 6.0
Laktose	g/100 mL	4.6 – 5.2	4.4 – 4.6
Milchsäure	%	Spuren	bis 0.8
Protein	g/100 mL	0.6 – 1.0	0.6 – 0.8
Mineralstoffe	g/100 mL	0.25 – 0.47	0.43 – 0.72*
Fett (nach Entrahmung)	%	0.05	

* Die Säurekoagulation erhöht den Kalzium-Gehalt der Molke stark, sowie auch den Phosphor-Gehalt.

5 Sorten mit grossem Potenzial für kosher-halal-konforme Molke

5.1 Sorten kosher-halal in Bezug auf die Brenntemperatur

Alle Frischkäse, alle Weichkäse und auch fast alle Halbhartkäse weisen eine Brenntemperatur unter 45°C auf, ausser Tête de Moine. Switzerland Swiss ist ein Hartkäse. Er kann gut mit mikrobiellen Labersatzstoffen hergestellt werden. Er hat jedoch bisher eine Brenntemperatur von > 45°C, im Bereich von 48 – 53°C. Sein Herstellungsverfahren ist jedoch adaptierbar, es könnte auch ein Halbhartkäse Typ Emmentaler mit einer Brenntemperatur von 45°C oder tiefer hergestellt werden und als Switzerland Swiss bezeichnet werden. Zudem scheint die die kosher-Anforderung der Brenntemperatur verhandelbar zu sein.

5.2 Sorten herstellbar mit Labersatzstoffen

Technologisch ist es möglich, alle Frischkäse, alle Weichkäse und alle Halbhartkäse mit mikrobiellen Labersatzstoffen herzustellen. Teilweise bestehen insbesondere bei Halbhartkäse Bedenken, dass die sensorische Qualität (Textur, Geschmack und Aroma) nicht ganz dem Käse hergestellt mit Kälbermagenlab entspricht. Das hat spezifisch eine Sortenorganisation geäussert, wo vom AOP-Pflichtenheft her der Einsatz von Labersatzstoffen erlaubt wäre. Bei pflanzlichen Labersatzstoffen sind die Vorbehalte noch grösser, weshalb diese hier nicht weiter diskutiert werden. Zudem vermindert der Einsatz von Labersatzstoffen die Käseausbeute (vgl. Kapitel 2).

Tabelle 4: Käsesorten, welche bereits oder potenziell kosher-halal-konforme Molke ergeben

Sorte	Molke (t)
Mozzarella	167'160
Schweizer Raclettekäse	139'406
Andere Halbhartkäse, 1/2- bis vollfett	101'574
Übrige Frischkäse (ca. 1/3 davon Sauermolke)	99'393
Quark (Sauermolke)	98'790
Industrieware	87'948
Appenzeller	72'810
Andere Halbhartkäse, überfett	62'235
Switzerland Swiss	59'981
Vacherin Fribourgeois AOP	24'394
Tilsiter	20'448
Walliser Käse /Walliser Raclette AOP	19'604
Bergkäse halbhart	19'305
Tomme	13'050
Weisschimmelkäse, überfett	9'061
Conveniencekäse	7'524
Mutschli	7'011
Total mögliche kosher-halal-konforme Molke (aus 33 Käsesorten, 61% der gesamten Molkenmenge)	1'051'027

Es ist bekannt, dass ein bedeutender Weichkäsehersteller in der Schweiz rekombinantes Chymosin (Lab) verwendet. Allenfalls verwenden auch andere Frischkäse- und Mozzarella-Hersteller rekombinantes Chymosin, das kosher-halal-konforme Molke ergibt, und in der Schweiz im Handel ist.

Aus diesen technologischen Möglichkeiten ergibt sich die Liste von 17 Käsesorten (Tabelle 4, Abbildung 5), welche dank Verzicht auf tierisches Lab und mit einer Brenntemperatur von 45°C oder tiefer potenziell kosher-halal-konforme Molke in Mengen von über 7'000 t ergeben. Total inkl. der kleineren Mengen sind es 33 Sorten gemäss TSM-Einteilung. Gewisse Qualitäts- und Ausbeuteeinbussen wären in Kauf zu nehmen. Labersatzstoffe zeigen in Käse tendenziell eine stärkere und auch diversere Proteolyse als Kälbermagenlab. Jede Sorte und allenfalls auch jeder Betrieb sollte das im Praxisversuch prüfen.

Bei Vacherin Fribourgeois AOP und Raclette du Valais AOP müsste je das AOP-Pflichtenheft angepasst werden, bei Appenzeller und rotem Tilsiter die Vorschriften der Sortenorganisationen.

Mit diesen 33 Käsesorten nach TSM-Einteilung könnten potenziell 61% der gesamten Molke kosher-halal-konform gewonnen werden. Das ist ein optimistisches Szenario.

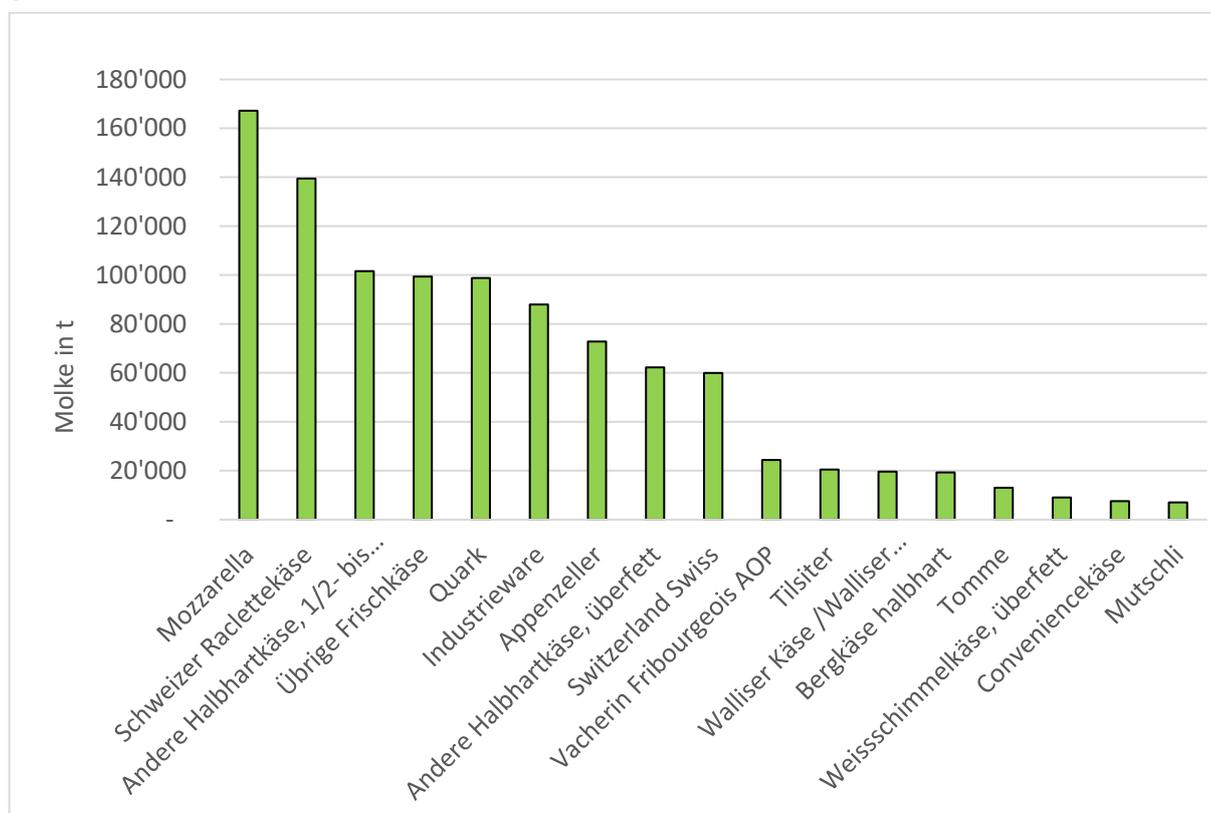


Abbildung 5: Käsesorten, welche bereits oder potenziell kosher-halal-konforme Molke ergeben*

* Käse mit Molkenmengen von über 7'000 t pro Jahr.

5.3 Bereits kosher-halal-konforme Käsesorten und Molken

Es wurde untersucht, welche Molkenmenge bereits den kosher-halal-Anforderungen entspricht. Die Liste umfasst 20 Käsesorten nach TSM-Einteilung (Tabelle 5). Eine Molkenmenge von 654'330 Tonnen, 38% der gesamten Schweizer Molkenmenge, ist geschätzt bereits kosher-halal-konform.

Die Mengen an Molke, Dünnmolke und Sauermolke sowie die geschätzten Mengen an bereits und potenziell kosher-halal konformer Molke sind in Abbildung 6 ersichtlich.

Tabelle 5: Käsesorten, bei denen die Molke geschätzt bereits kosher-halal-konform ist.

Sorte	Molke (t)
Mozzarella	167'160
Übrige Frischkäse (ca. 1/3 davon Sauermolke)	99'393
Quark (Sauermolke)	98'790
Industrieware	87'948
Schweizer Raclettekäse (50% der Käsemenge)	69'703
Andere Halbhartkäse, überfett	62'235
Tilsiter (geschätzt 2/3 grüner Tilsiter)	13'496
Tomme	13'050
Weissschimmelkäse, überfett	9'061
Conveniencekäse	7'524
Mutschli	7'011
Andere Weichkäse 1/2 bis vollfett	5'796
Weissschimmelkäse, 1/2 bis vollfett	4'865
Mascarpone	2'895
Andere Weichkäse, überfett	1'769
St. Paulin Suisse	1'715
Kaltgereifte Käse	1'386
Blau-, Grünschimmelkäse	248
Schweizer Edamer	189
Andere Weichkäse mager bis 1/4-fett	95
Total Molke bereits kosher-halal (geschätzt; 38% der Gesamtmolkenmenge)	654'330

6 Abschätzung Machbarkeit

Das Reinheitsgebot, kein rekombinantes Lab einzusetzen, ist allenfalls zu überdenken, angesichts der Tatsache, dass sich dieses Lab seit mehr als 30 Jahren bewährt, es die Wirtschaftlichkeit verbessert dank höherer Ausbeute als mit Labersatzstoffen, es günstiger und naturidentisch, aber ohne Nebenaktivitäten, ist. Bei AOP-Käsesorten ist das wohl aus Imagegründen derzeit nicht möglich, jedoch bei Sorten ohne AOP. Es wird in der Schweiz z.B. für Weichkäse eingesetzt.

Bei Halbhartkäse-Sorten ohne AOP wie Tilsiter, Raclette Suisse und den vielen weiteren Halbhartkäsesorten (oft als Spezialitäten bezeichnet) auf dem Markt wäre eine Anpassung auf Labersatzstoffe möglich. Die Sortenorganisation Appenzeller bekräftigt jedoch, bei Kälbermagenlab bleiben zu wollen aus Imagegründen, um sich von Industrieware zu differenzieren. In der Abschätzung des Potenzials wurde die Molke aus Appenzeller trotzdem als potenziell kosher-halal eingestuft, da es technologisch möglich wäre und kein AOP im Wege steht. In der Vergangenheit wurden für die Appenzeller-Herstellung teilweise Labersatzstoffe eingesetzt.

Bei Raclette Suisse ist bereits die Hälfte oder mehr der Käse und Molke kosher-halal-konform. Einer der beiden grossen Schweizer Detailhändler verlangt von den Raclette-Suisse-Herstellern, dass der Käse vegetarisch und damit die Molke kosher-halal ist, das heisst es darf kein tierisches Lab eingesetzt werden. Aktuell werden Labersatzstoffe eingesetzt, um diese Anforderung zu erfüllen. Andererseits lehnt die Sortenorganisation Tête de Moine AOP eine

Umstellung von tierischem Lab auf Labersatzstoffe ab, weil die Käse mit Labersatzstoffen bezüglich Textur, Geschmack und Aroma (goût) nicht befriedigt hätten.

Da bei Hartkäsen das Gerinnungsenzym durch die Brenntemperatur über 50°C während 30 min und mehr vollständig inaktiviert wird, und damit keinen Einfluss auf die Reifung hat, eignen sich Hartkäse gut für den Einsatz von mikrobiellen Labersatzstoffen. Bei Emmentaler AOP sind sie weit verbreitet. Bei Gruyère wird im AOP-Pflichtenheft nicht explizit Kälbermagenlab vorgeschrieben, in der Realität wird jedoch zu 100% tierisches Lab eingesetzt. Die Sortenorganisation sagt auch, dass mit Lab im AOP-Pflichtenheft ihrer Ansicht nach tierisches Lab gemeint sei, und eine Umstellung auf Labersatzstoffe nicht in Frage komme. Aus der Gruyère-Herstellung fällt in der Schweiz mit ca. 350'000 t am meisten Molke an.

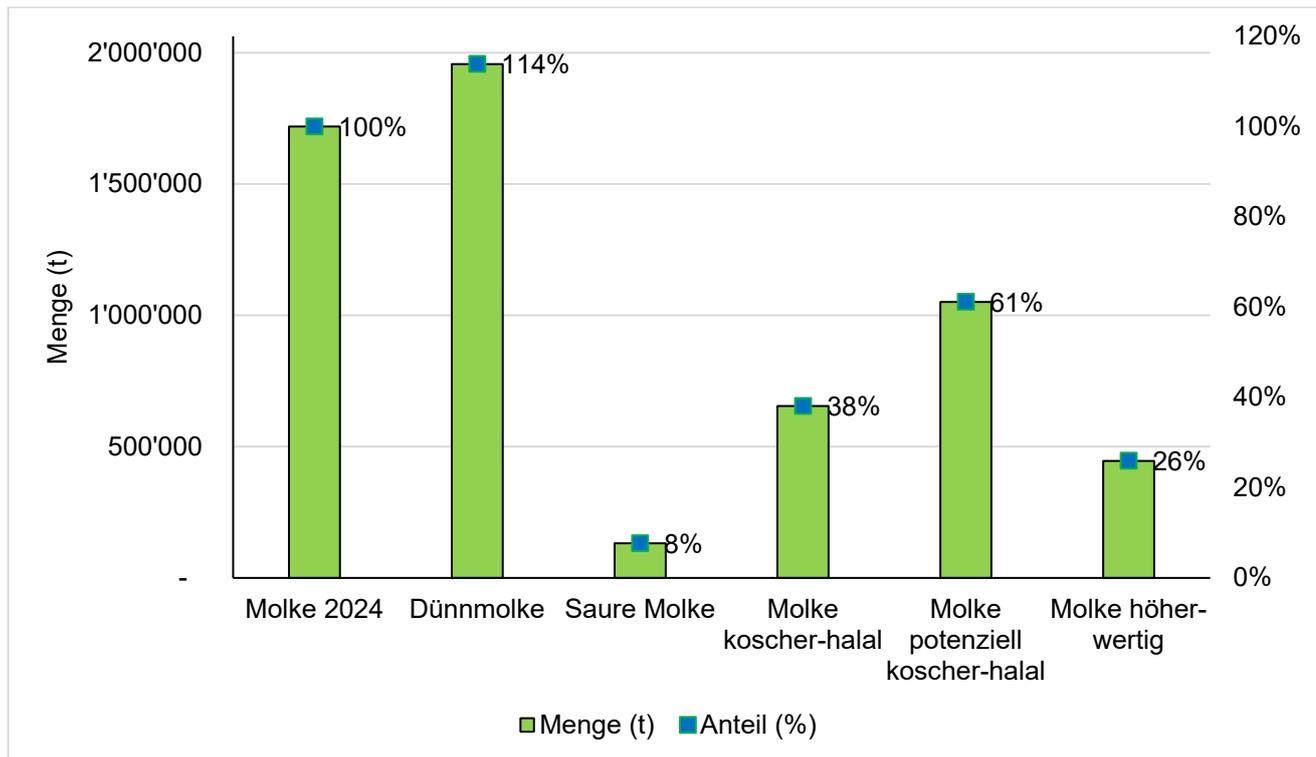


Abbildung 6: Molkenmengen und Potenzial kosher-halal-konformer Molke

Bei den Halbhartkäsen ist der Einsatz von Labersatzstoffen technologisch möglich. Das hat eine Studie von Agroscope für Raclette-Käse gezeigt (Häni et al., 2023). Die Käsequalität war mit den mit Kälbermagenlab hergestellten Käsen vergleichbar. Mit den mikrobiellen Labersatzstoffen ergab sich zwar eine leicht höhere primäre Proteolyse, jedoch keine höhere Bitterkeit. Die Werte der sekundären Proteolyse waren tendenziell auch höher, jedoch nicht signifikant. Kalt degustiert waren die Käse mit Labersatzstoffen tendenziell, aber nicht signifikant, weicher. In Geschmack und Aroma waren alle Käse sowohl kalt als auch warm degustiert vergleichbar, ohne wahrnehmbaren Unterschied. Die Schmelzbarkeit war bei den Käsen mit Labersatzstoffen besser. Um die Praxis noch mehr für eine Umstellung zu gewinnen sind weitere Untersuchungen für andere Schweizer Käsesorten nötig. Der Ausbeute-Verlust durch den Einsatz von mikrobiellen Labersatzstoffen von ca. 13% (vgl. Kapitel 2) müsste durch einen höheren Molkenpreis mindestens kompensiert werden. Die Kosten für Labersatzstoffe sind tiefer als für Kälbermagenlab. Ein Teil des Verlustes an Ausbeute kann damit kompensiert werden.

Vereinzelt wurde auch diskutiert, ob für industriell hergestellte Käse auch in der Schweiz rekombinantes Lab verwendet werden soll, wie es mindestens eine Käserei schon tut. Wie erwähnt hätte das die Vorteile der höheren Ausbeute als mit Labersatzstoffen, und eines tieferen Labpreises. Die Proteolyse wäre praktisch gleich wie mit Kälbermagenlab. Eine Umstellung müsste jedoch sehr genau abgeklärt werden bezüglich seiner Auswirkungen auf die Vermarktung und die Kommunikation. Der Schweizer Käsebranche ist das Reinheitsgebot wichtig.

7 Analyse Molkenanfall nach Betriebsgrössen und Kantonen

7.1 Aufteilung nach grossen und kleineren Käsereien /Molkereien

Ein grosser Teil der Käsereien in der Schweiz sind klein mit einer Molkenmenge pro Jahr von weniger als 2 Mio kg, es sind 1984 Betriebe und 93% der Betriebe insgesamt. In diesen TSM-Daten sind auch die 1365 Alpkäsereien (Zahlen 2022 gemäss Koch und BLW, 2024) mitgerechnet. Es bleiben dann 619 kleine Talkäsereien. In diesen vielen kleinen Betrieben fallen 22% der Molke an, 359'000 t (Abbildung 7). Diese Molke zu sammeln ist sehr aufwendig und kaum rentabel machbar.

Eine mittlere Molkenmenge von 2 bis 5 Mio kg/Jahr erzeugen 5% der Betriebe, insgesamt 333'000 t Molke und damit 20% der gesamten Molkenmenge. Diese Betriebe sind vermutlich oft grössere Rohmilch-Käsereien, am meisten Betriebe in dieser Kategorie hat der Kanton Fribourg, am zweitmeisten der Kanton Waadt, und am drittmeisten der Kanton Bern. Da diese Betriebe AOP-Hartkäse wie v.a. Gruyère oder Emmentaler herstellen, ist die Molke wegen den hohen Brenntemperaturen und oft auch wegen dem tierischen Lab nicht kosher-halal-konform und geht eher in die Tierernährung als höherwertiges Futter in Form von Kälbermilch, oder direkt in die Schweinefütterung.

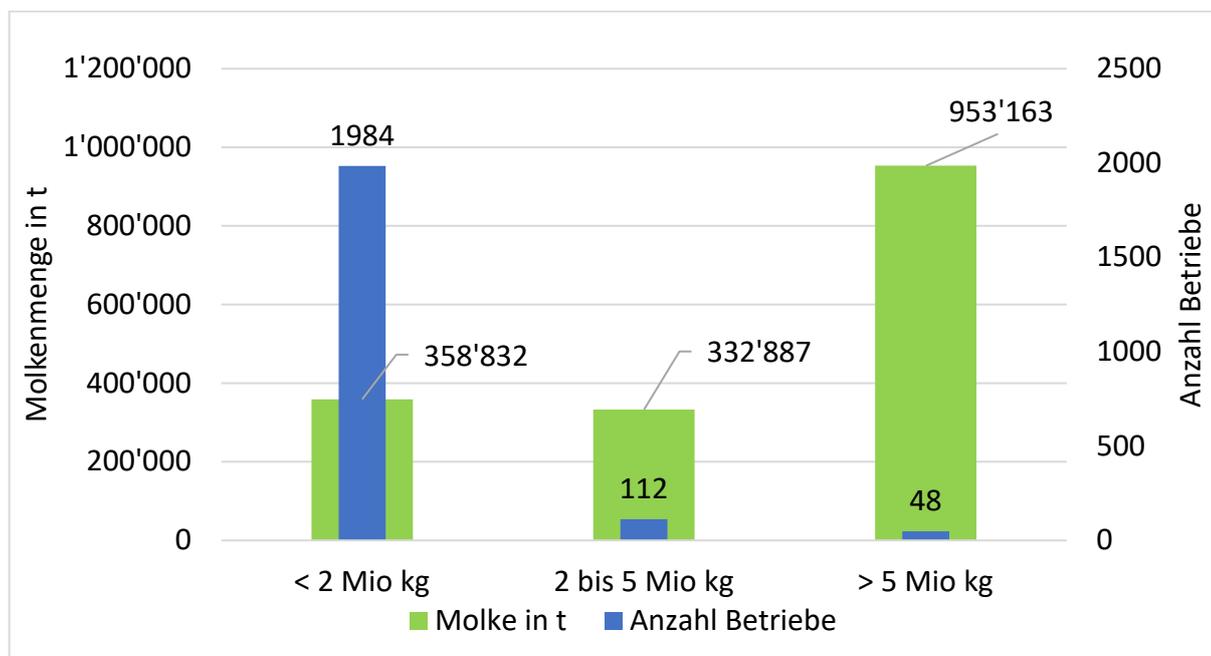


Abbildung 7: Molkenanfall in t nach Betriebsgrössenklasse und Anzahl Betriebe pro Betriebsgrössenklasse

(1365 Alpkäsereien sind enthalten, somit 619 kleine Talkäsereien)

Eindrücklich ist, dass die 2% grössten Betrieben, 48 an der Zahl, 58% der Molke generieren, insgesamt 953'000 t. Diese Molke der grössten Betriebe, oft Hersteller von Raclette Suisse, Mozzarella, Quark, anderen Frischkäsen, Weichkäsen oder Switzerland Swiss, kann am besten wirtschaftlich für die Herstellung von Molkenprodukten wie Molkenpulver, Molkenprotein und Molkenpermeatpulver, für die Laktosegewinnung oder noch andere höherwertige Produkte genutzt werden.

Bei diesen Käsesorten können auch gut entweder Labersatzstoffe oder rekombinantes Lab eingesetzt werden, so dass sich zusammen mit den tiefen Brenntemperaturen kosher-halal-konforme Molke ergibt. Da Quarkmolke Sauermolke ist, fällt diese für eine höherwertige Nutzung für Lebensmittel allerdings weg, und auch die Hüttenkäsemolke. Sie sind schwieriger verarbeitbar.

7.2 Molkenaufkommen nach Kantonen

Am meisten Molke wird in den Kantonen St. Gallen (20%), Luzern (17%), Fribourg (13%) und Bern (11%) generiert. Die weiteren Kantone Thurgau, Graubünden, Waadt folgen mit bedeutenden Mengen je zwischen 7 und 8% (Abbildung 8). In den Kantonen Luzern (Gefu-Oberle, Rickenbach LU), Fribourg (Translait, Cremo) und Thurgau (Hochdorf Swiss Nutrition, Sulgen) befinden sich auch die bedeutenden grosstechnischen Molkenverarbeitungsbetriebe, was sich gut mit dem Molkenaufkommen deckt.

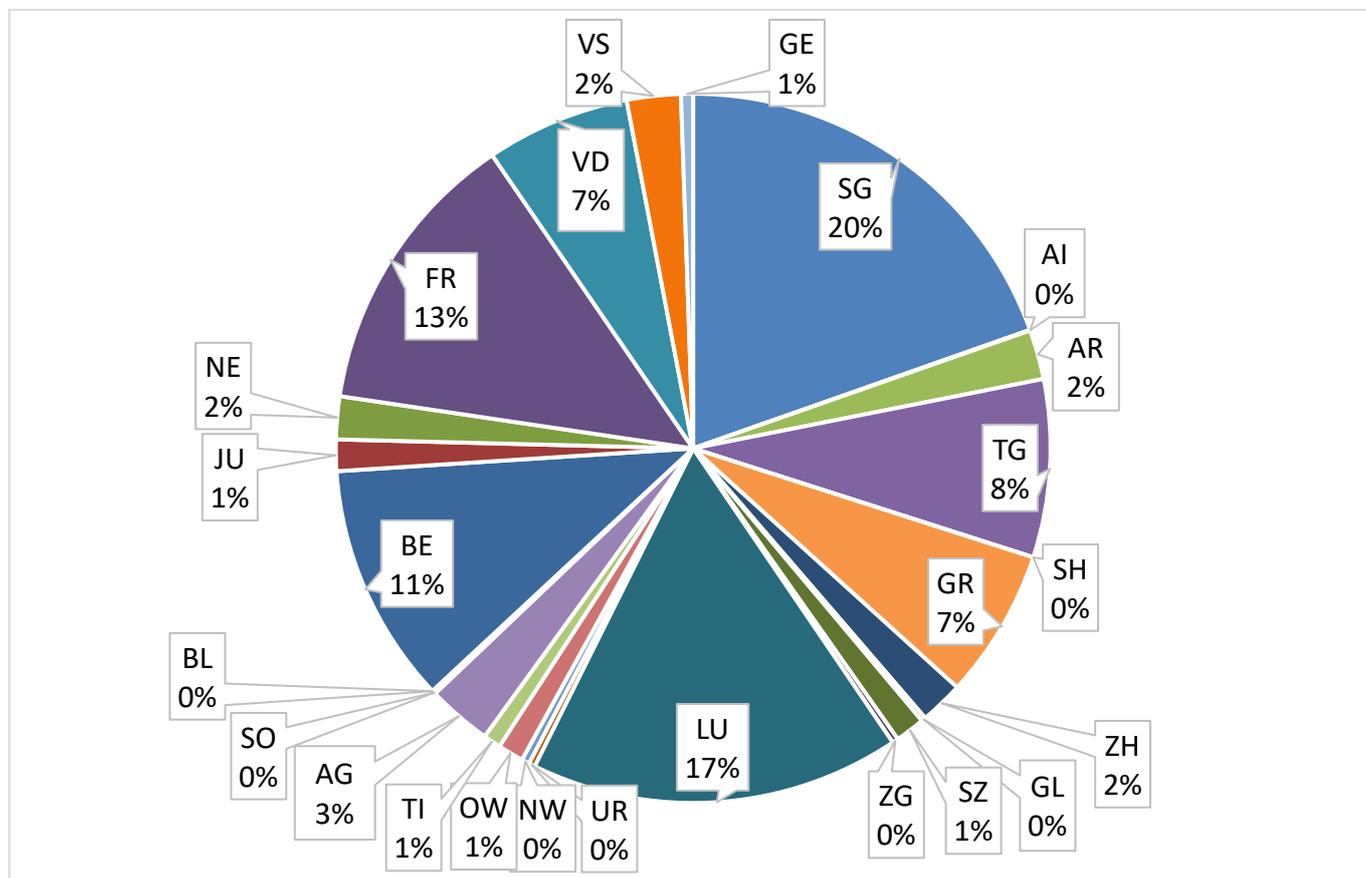


Abbildung 8: Molke 2024 nach Kantonen, gesamte Molkenmenge von 1'645'000 t

7.3 Molkenaufkommen nach Grössenklassen und Kantonen

Aus kleinen Betrieben fällt am meisten Molke in den Kantonen Bern (19% der Molkenmenge der kleinen Betriebe), Fribourg (19%), Waadt (11%) und St. Gallen (10%) an (Abbildung 9). Wie erwähnt ist es aufwendiger, diese Molke zu sammeln und grosstechnisch zu verarbeiten.

Die mittelgrossen Betriebe der Molkengenerierung konzentrieren sich in den Kantonen Fribourg (30% des Molkenaufkommens der mittleren Betriebe), Waadt (19%), St. Gallen (12%) und Bern (11%; Abbildung 10). Das sind vermutlich die grösseren Rohmilch-Käsereien v.a. für Gruyère, Emmentaler und Appenzeller. Es würde sich lohnen, diese Käse und ihre Molke auf kosher-halal-Konformität umzustellen. Doch wird das bei Gruyère und Appenzeller von den Sortenorganisationen abgelehnt. Das natürliche Image der Käse und Bedenken wegen Ausbeuterreduktion und Qualitätseinbussen mit Labersatzstoffen verhindern eine Umstellung. Zudem sind bei Gruyère AOP und Emmentaler AOP die Brenntemperatur ein Hindernis, so dass ein Umstellung realistischweise nicht möglich ist.

Die 48 grossen Betriebe mit > 5 Mio kg Molke/Jahr, liegen v.a. in den Kantonen SG (27% des Molkenaufkommens der grossen Betriebe), LU (25%), TG (11%) und BE (7%; Abbildung 11). Es sind vermutlich Frischkäse-, Quark-, Proteinjoghurt- und Mozzarellahersteller, sowie Pastmilch-Raclettekäsereien (Raclette Suisse, weitere), Switzerland Swiss-Hersteller und einige grosse Rohmilchkäsereien. Diese Molke, ausser aus den grossen Rohmilchkäsereien, ist zu einem guten Teil bereits kosher-halal-konform oder könnte leicht umgestellt werden. Die grosstechnische

Molkenverarbeitung für kosher-halal-konforme Molke konzentriert sich vorteilhafterweise auf diese wenigen grossen Molkenproduzenten mit 58% der gesamten Molkenmenge.

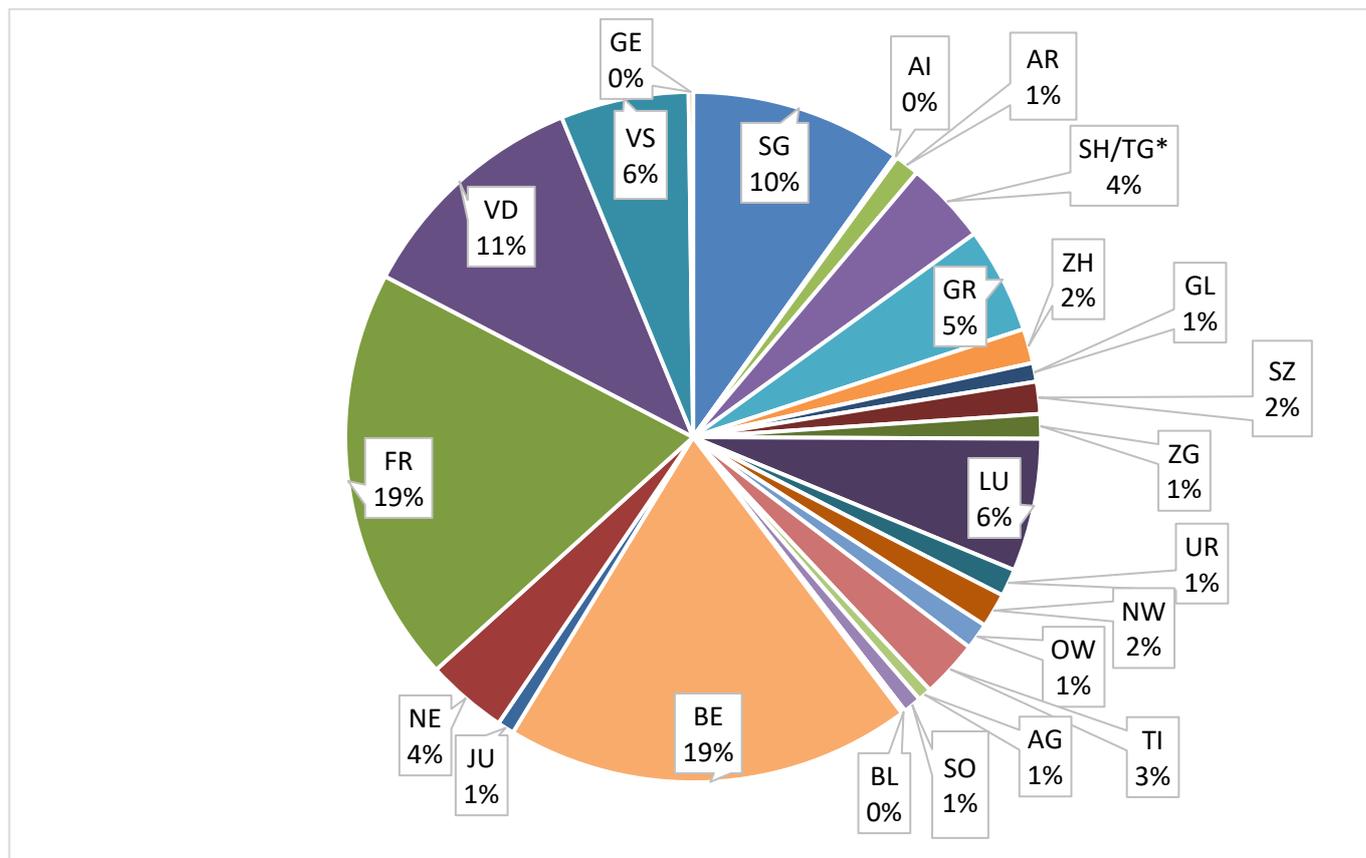


Abbildung 9: Molkenaufkommen der kleinen Betriebe mit < 2 Mio kg/Jahr nach Kantonen*.

* Insgesamt 359'000 Tonnen. Wenn weniger als 3 Betriebe pro Kanton, dann zusammen gruppiert aus Datenschutzgründen.

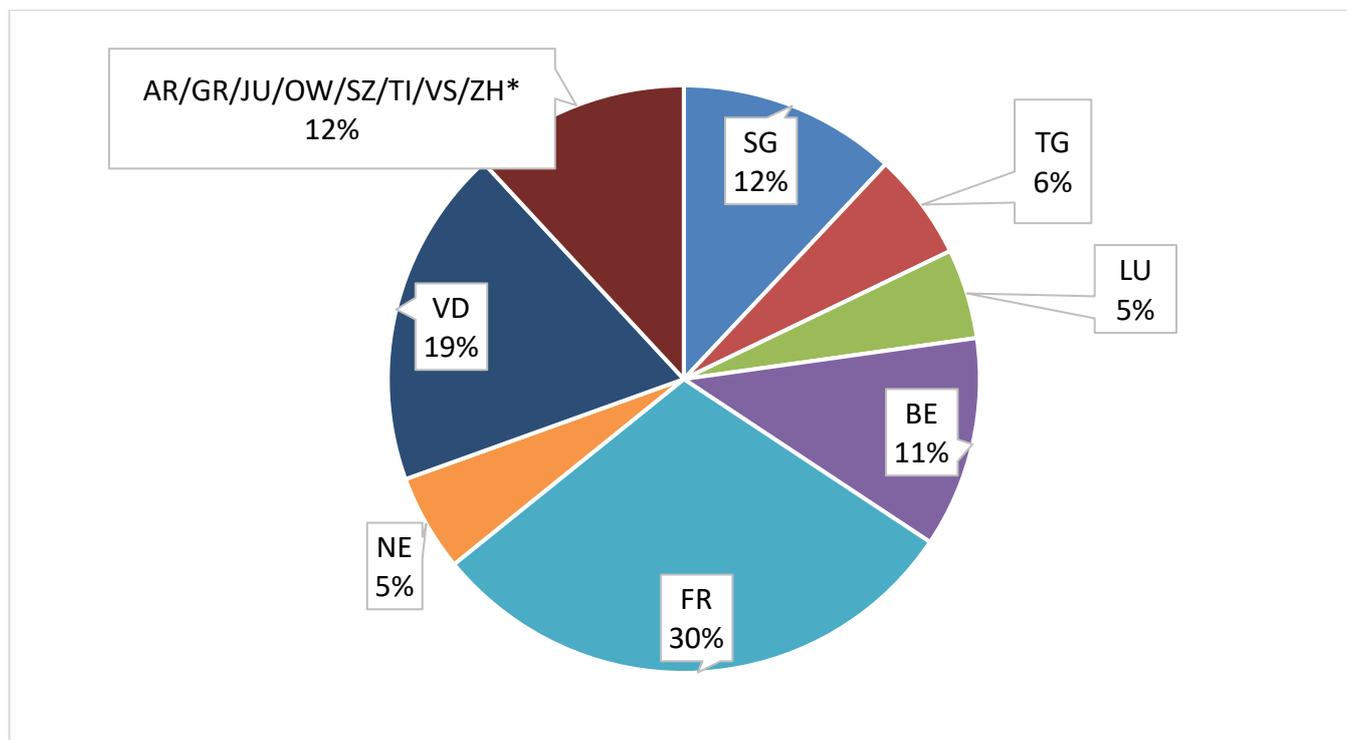


Abbildung 10: Molkenaufkommen der mittleren Betriebe mit 2 bis 5 Mio kg/Jahr nach Kantonen*.

* Insgesamt 333'000 Tonnen. Wenn weniger als 3 Betriebe pro Kanton, dann zusammen gruppiert aus Datenschutzgründen.

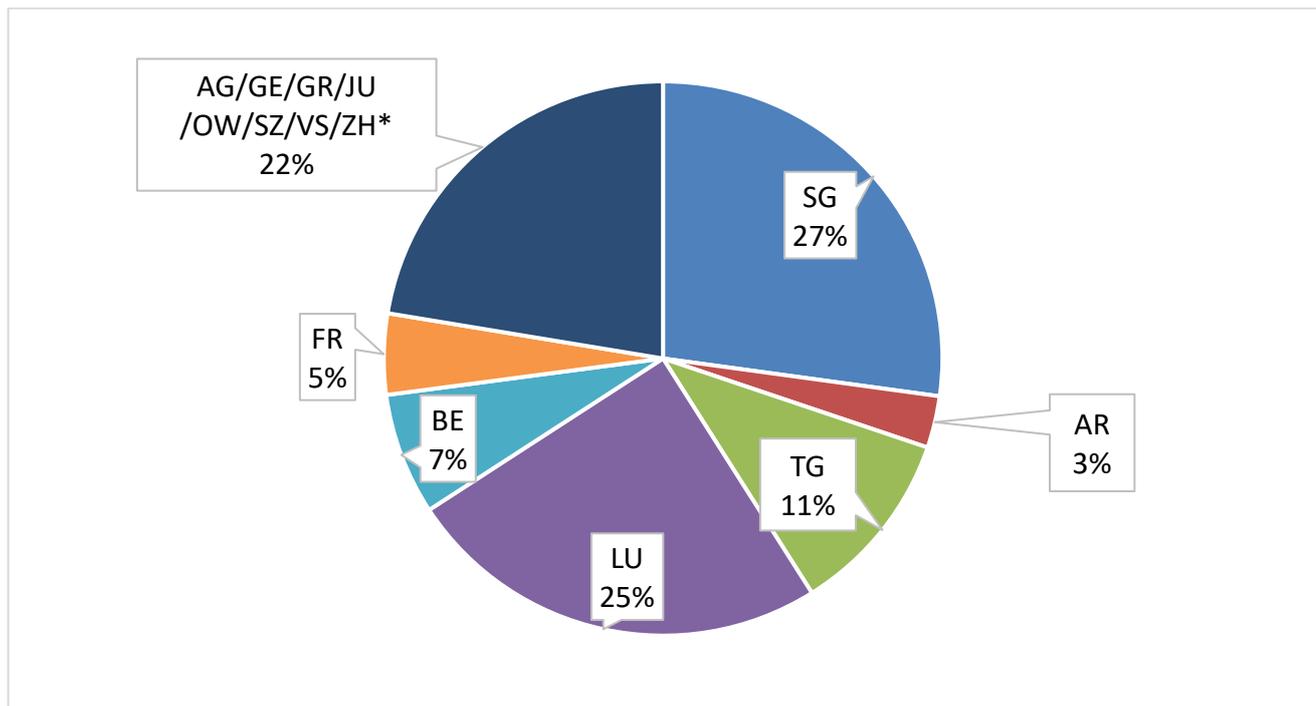


Abbildung 11: Molkenaufkommen der 48 grossen Betriebe mit > 5 Mio kg/Jahr nach Kantonen*.

* Insgesamt 953'000 Tonnen. Wenn weniger als 3 Betriebe pro Kanton, dann zusammen gruppiert aus Datenschutzgründen.

8 Molkenverarbeitung international

In Ländern wie Frankreich, Deutschland, den Niederlanden, Irland oder in den USA sind die Käsereien meist bedeutend grösser als in der Schweiz. Die Molke fällt so in grossen Mengen an einem Ort an, und daraus werden vor Ort grosstechnisch Molkenprodukte für den internationalen Markt hergestellt (Abbildung 12). Weltweit fallen jährlich ca. 187 – 206 Millionen Tonnen Molke an, davon 100 Mio t aus der Käseherstellung (Buchanan et al., 2023). Die Molkenmenge nimmt jährlich um 1-2% zu. Die steigende Proteinjoghurt-Herstellung («Greek style yoghurt») trägt zu dieser Zunahme bei (Buchanan et al., 2023).

Viele grosstechnisch hergestellte Produkte aus Molke sind Zutaten für die Herstellung von Säuglingsnahrung. Entmineralisiertes Molkenpulver, Laktose, α -Laktalbumin, Lactoferrin, hydrolysiertes Molkenprotein, Laktose-Derivate wie Galactose-Oligosaccharide oder Molkenproteinkonzentrat sind dazu Beispiele (Abbildung 12, Abbildung 13). Diese Zutaten müssen kosher-halal-konform sein und eine sehr hohe Qualität und Konstanz aufweisen. Mit variabler Molkenqualität aus verschiedenen kleineren Betrieben wie in der Schweiz ist es eine Herausforderung, diese geforderten Eigenschaften zu erreichen. Daher werden für Säuglingsnahrung die Zutaten aus Molke oft in das Käse- und Molkenland Schweiz importiert. Molkenprodukte können frei importiert werden, und dies bestimmt den Molkenpreis in der Schweiz. Dies trägt nicht zu einer besseren Molkenutzung in der Schweiz bei. Ein wichtiger Bereich für den Einsatz von Molkenderivaten als Zutat sind auch Schmelzkäse und noch mehr Schmelzkäsezubereitungen. In der Schweiz sind die Anforderungen für Schmelzkäse und Schmelzkäsezubereitungen im internationalen Vergleich hoch: Schmelzkäse muss min 75% der Trockenmasse aus Käse aufweisen, Schmelzkäsezubereitung min. 50%. In Deutschland sind es für Schmelzkäse 50%, für Schmelzkäsezubereitung gibt es keine untere Limite. Durch das Cassis-de-Dijon-Prinzip können solche Produkte auch in der Schweiz verkauft werden. Das auch in der Schweiz verkaufte Original einer bekannten französischen Marke für Schmelzkäse enthält z.B. nur 23% Käse, der Rest sind Magermilchpulver, Butter, Milchmineralstoffkonzentrat, Milchproteine und Molkenkonzentrat. Die drei letztgenannten Zutaten werden aus Molke gewonnen.

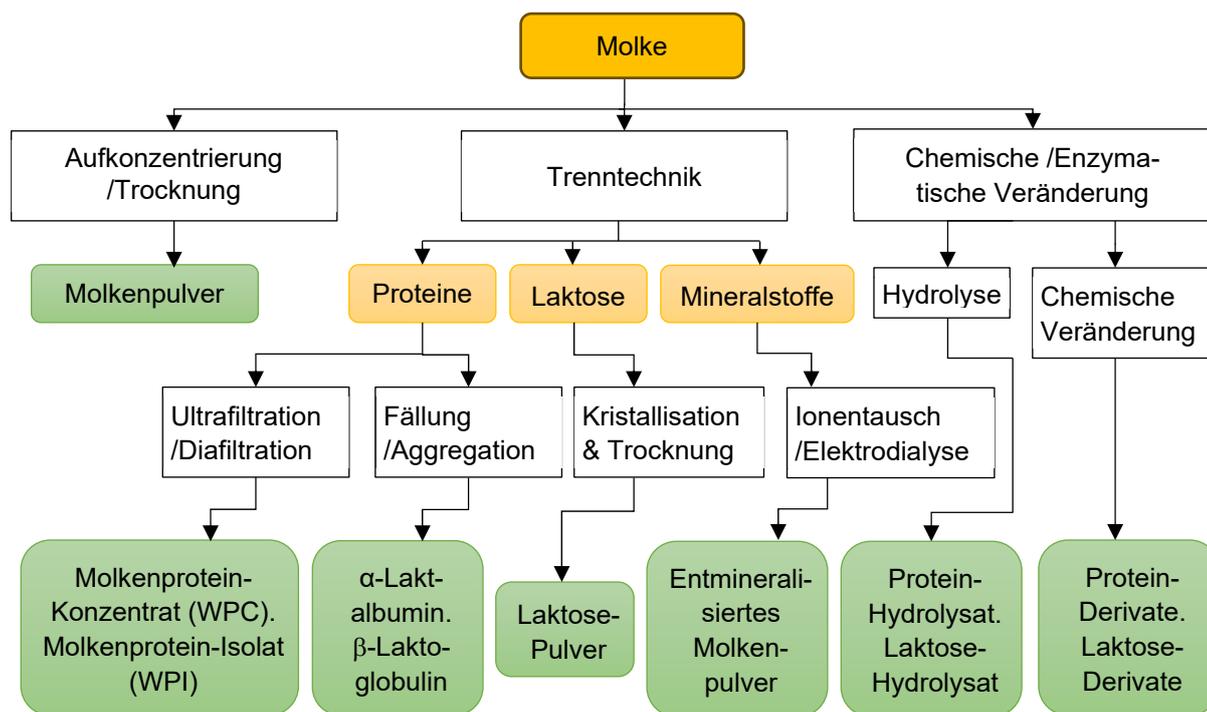


Abbildung 12: Möglichkeiten der grosstechnischen Herstellung von Produkten aus Molke*.

* Endprodukte sind in grünen abgerundeten Kästen. Prozesse sind in eckigen Kästen angegeben. Konzentrations- und Trocknungsschritte sind bei allen Produktionsprozessen weggelassen, ausser bei Molkenpulver und Laktose (nach Buchanan et al, 2023).

In der Folge sind Beispiele von Werken mit grossen Käsereien mit gekoppelter Herstellung von Molkenprodukten dargestellt. Eine im Jahr 2023 besuchte Käserei in St. Johns, Michigan, USA, stellt als einzelner Betrieb $\frac{2}{3}$ der gesamten Schweizer Käsemenge her, 136 Mio kg pro Jahr (Tabelle 6). Aus der Molke werden direkt in der Käserei 9.1 Mio kg Molkenproteinisolat-Pulver pro Jahr hergestellt. Das Molkenpermeat fliesst vorkonzentriert auf 24.5% Trockensubstanz durch eine Pipeline zum Nachbarwerk unmittelbar nebenan, wo durch eine andere Firma mit dem Namen Proliant aus dem Molkenpermeat 65 Mio kg Permeat-Pulver hergestellt werden. Die Molke wird vollständig genutzt.

Tabelle 6: Käserei mit Molkenproteinwerk der Firma MWC*, St. Johns, Michigan, USA

Käserei mit Proteinwerk	kg /Tag	kg /Jahr	% Schweiz
Milchanlieferung	3'629'000	1'320 Mio	39%
Käseproduktion	375'400	136 Mio	67%
Molkenproteinpulver 80 – 90%	25'000	9.1 Mio	
Permeatpulverwerk			
Permeat 24.5%, Eingang	833'000		
Eingang TS	204'100		
Konz. auf 75% TS	272'100		
Permeat-Pulver kristallisiert, instant	215'000	65 Mio	

* MWC ist ein Joint-Venture von Glanbia mit DFA – Dairy Farmers of America. Das Werk ist über eine Pipeline gekoppelt mit dem Permeatpulverwerk der Firma Proliant in unmittelbarer Nachbarschaft (Zahlen 2023)

Ein Werk der Firma Dairygold in Michelstown, County Cork, Irland, stellte im Jahr 2008 aus 3.45 Millionen Liter Milch pro Tag (!) Cheddarkäse, Labkasein und entmineralisiertes Molkenpulver her (Abbildung 13). In der Schweiz werden Betriebe, welche diese Milchmenge nicht pro Tag aber pro Jahr verarbeiten, als mittelgrosse Betriebe kategorisiert. Das Werk Michelstown für entmineralisiertes Molkenpulver der Firma Dairygold hatte eine Kapazität von 114'000 Liter Molke pro Stunde und 16 Mio Liter pro Woche. Im Jahr 2008 wurden 27'000 t entmineralisiertes Molkenpulver hergestellt. Das Cheddar-Werk stellte 12 Tonnen Cheddar pro Stunde her.

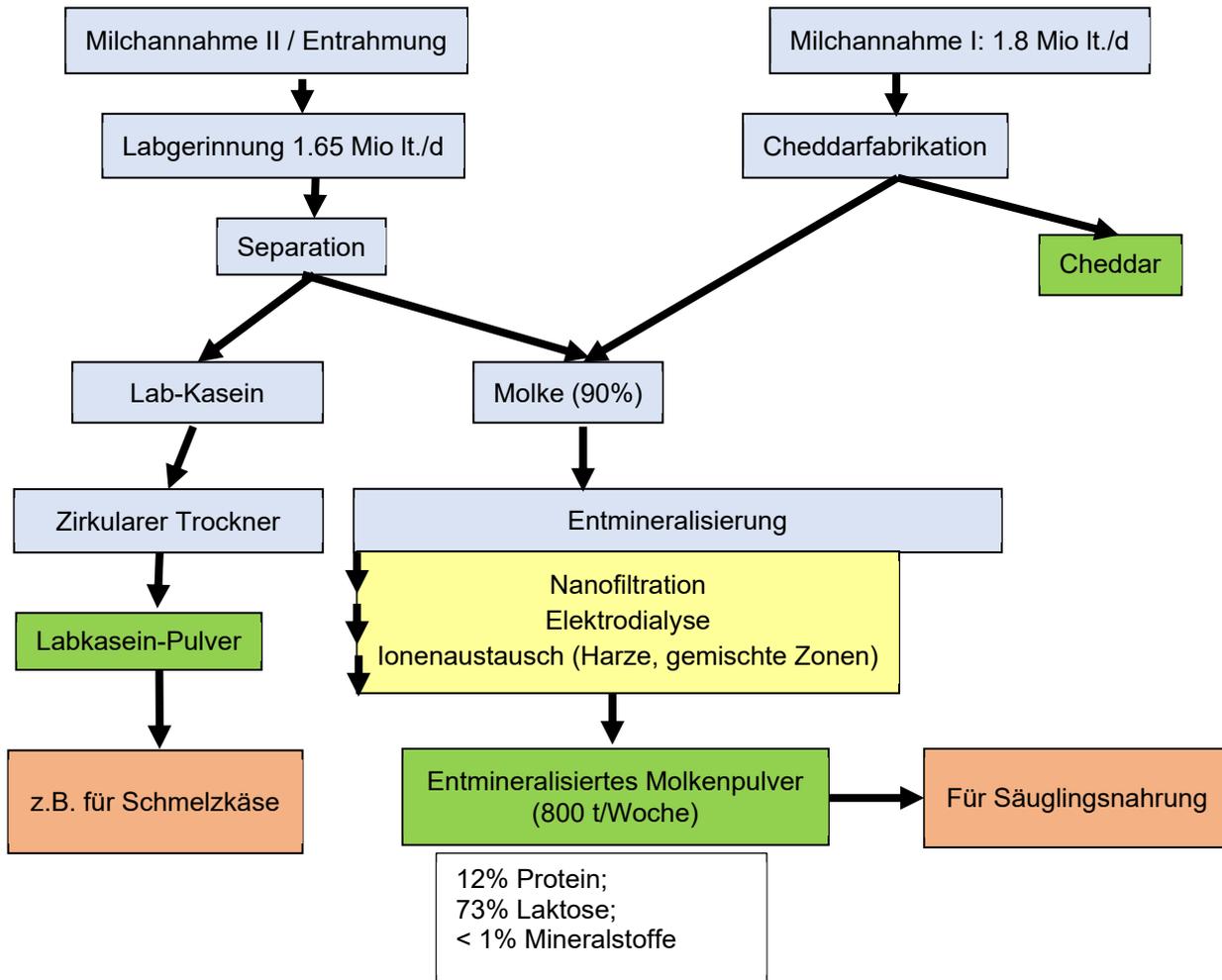


Abbildung 13: Herstellung von Cheddar, Labkasein und entmineralisiertem Molkenpulver*

* Entmineralisiertes Molkenpulver als Zutat für die Herstellung von Säuglingsnahrung, Beispiel von Dairygold, Michelstown, Co. Cork, Ireland (eigene Darstellung aufgrund von Werkbesuch im Jahr 2008).

9 Grosstechnische Molkennutzung in der Schweiz

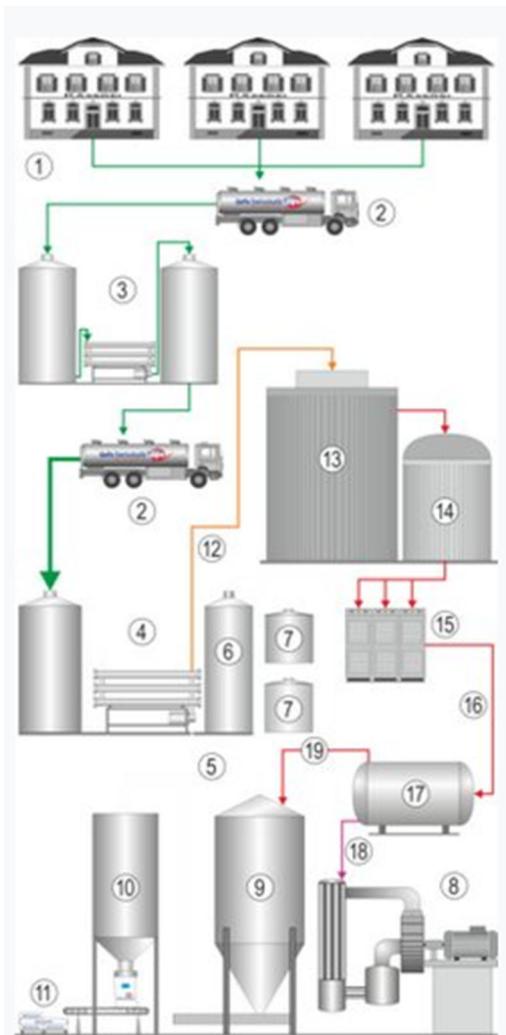
In der Schweiz werden aktuell schätzungsweise ca. 53% der Molke grosstechnisch verarbeitet. Für höherwertige Futtermittel (Kälbermilch, Ferkelfutter) werden ca. 32% verwendet, für Lebensmittel ca. 21% (eigene Erhebung, Tabelle 7). Im Vergleich zur Erhebung von Kopf-Bolanz et al. (2015) sind diese Anteile gleichgeblieben. Weltweit werden ca. 59% der Molke für Lebensmittel verwendet (Ganju und Gogate 2017) und in Ländern wie Irland oder Holland mit mehrheitlich sehr grossen Käsereien noch wesentlich mehr. Die Haupt-Akteure der grosstechnischen Molkennutzung in der Schweiz sind Translait, Gefu-Oberle, Hochdorf Swiss Nutrition und in kleinerem Mass Emmi (Tabelle 7). Rivella ist als Firma aufgeführt als Information und zum Vergleich, da es oft als erfolgreiches Molkengetränk erwähnt wird. Wie ersichtlich ist die dafür verwendete Permeatmenge vergleichsweise gering. Aus technologischen Gründen wird Milch-Permeat verwendet. Die zwei grössten Molkenverarbeiter Translait und Gefu-Oberle haben ihren Schwerpunkt bei höherwertigen Futtermitteln und bei der Energiegewinnung mit dem Zwischenschritt Biogas (Abbildung 14). Gefu-Oberle hat dank chemischer Konservierung mittels Wasserstoffperoxid und regionalen Eindickstellen eine effiziente Logistik aufgebaut. Für abgelegene kleine Käsereien ist das trotzdem keine wirtschaftliche Lösung. Die chemische Konservierung ist nur für Futtermittel zugelassen. Translait macht die Sammlung gekühlt und ohne chemische Konservierung, so dass ein Teil für Lebensmittel verwendet werden kann. Trotzdem geht der grösste Teil in den Futtermittelkanal, da höhere Preise erzielt werden. Es gibt einen weiteren Akteur im Markt der höherwertigen Futtermittel: Die Firmengruppe Züger-Arnold (SG-TG) stellt flüssige Kälbermilch aus Molke her, noch in kleiner Menge.

Tabelle 7: Grosstechnische Molkenverarbeitung in der Schweiz (eigene Erhebung, Daten 2024)

Firma	Für höherwertige Futtermittel Mio kg /Jahr	Für Lebensmittel Mio kg /Jahr	Produkte
Translait (Corminboeuf FR)	172	103	Total 250-300 t; Kälbermilch (Anteil Futtermittel 50-75%), Produkte für die Lebensmittelindustrie. Molkensammlung alle in Lm-Qualität (nicht kosher-halal), damit nur eine Molkenart gesammelt werden muss. Angaben mit Mittelwerten.
Gefu-Oberle (Rickenbach LU)	350		Kälbermilchpulver, Flüssige Kälbermilch, Flüssiges Schweinefutter; Molkensammlung in Futtermittelqualität
Hochdorf Swiss Nutrition (Sulgen TG, Hochdorf LU)	-	127	Molkenpulver, Molkenproteinpulver 60 – 80%, Molkenproteinpulver 80% laktosefrei, Laktose kristallin (in Mio kg)
Crema	-	-	Spezialmilchproteine aus Milch, nicht aus Molke, inkl. Lactoferrin.
Emmi	-	120	Molkenproteinpulver 35 – 65%, Molkenpulver süss-vegetarisch.
Züger-Arnold (SG-TG)	0.340		Kälbermilch, flüssig. Neuerer Akteur.
Rivella		(35)	100 Mio Liter Rivella /Jahr (Schuller, 2022), enthält 35% (rot und blau) bzw. 25% Milchserum (grün). Aus technologischen Gründen wird Permeat aus Milch und nicht aus Molke verwendet.
Total	522.34	350	1'644'882'000 kg ~ 1'645 Mio L
Anteile	32%	21%	100%

Hochdorf Swiss Nutrition schreibt in ihrem Jahresbericht 2022, dass Molke strategisch eine grosse Rolle spiele: «Die Wertsteigerung von Milchprotein durch Verarbeitung von Schweizer Molke in der Babynahrung bietet ein zunehmend interessantes Potential in der Zusammenarbeit mit Käseproduzenten.» Im Jahresbericht 2023 wird dieses Ziel bekräftigt, mit dem Molke-Kompetenzzentrum und z.B. eigener Molkenpulverherstellung und Laktosegewinnung aus Molke für die Säuglingsnahrung. Molkenproteinprodukte sollen auch im Jahr 2024 eine wichtige Rolle spielen. Bisher ist der Jahresbericht 2024 nicht verfügbar. In persönlichen Mitteilungen wurde die Wichtigkeit der Molkenderivate aus Schweizer Molke bei Hochdorf auch aktuell bestätigt. Die Anforderungen an Molke sind bei Hochdorf hoch, sie gehen über kosher-halal hinaus. Rohmilchkäse-Molke wird nicht verarbeitet.

Crema hat im Jahr 2021 sein Werk in Thun im Rahmen der Restrukturierung und Fokussierung geschlossen. Der Betrieb war auch auf die Molkenverarbeitung ausgerichtet. Gemäss Website werden heutzutage die Milchproteine, das Permeatpulver und das Lactoferrin in Villars-sur-Glâne bei Fribourg aus Milch hergestellt. Seit Jahren stellt Crema Spezialmilchproteine auf Milchbasis her, nicht aus Molke. So können die kosher-halal-Anforderungen und die Produktkonstanz viel einfacher erfüllt werden.



1. Über 80 Käsereien liefern Molke
2. Transport per LKW
3. Regionale Eindickstelle: Erhöhung der Trockensubstanz
4. Ultrafiltration zur Proteingewinnung
5. Molkeneiweiss: Hochwertige Proteinquelle
6. Mischtank: Mischen der Kälbermilch
7. Rohstofftank: Lagertank für Rohstoffe
8. Verdampfer: Abtrennung Wasser
9. Sprühtrocknung für Kälbermilch
10. Absackanlage
11. Gefumilk Swisspray: Die CO₂-reduzierte Kälbermilch
12. Permeat: Geht in die Bio-Gasanlage
13. Laktose-Vergärung zu Bio-Gas
14. Gasspeicher: Puffer für Bio-Gas
15. Mikrogasturbinen: Produktion von Strom und Wärme
16. Abluft mit über 300°C
17. Dampfkessel: Dampf für Produktion
18. Prozessdampf: Für Verdampfer und Pasteurisation
19. Abwärme: Für die Pulvertrocknung

Abbildung 14: Molkensammlung, Regionale Vorkonzentration und Herstellung von Kälbermilch aus Molke*

* Quelle: Gefu-Oberle, 2024

10 Molkenpreise und finanzielle Aspekte

Der Preis für verdünnte Süssmolke mit 5.5% Trockensubstanz beträgt in der Schweiz in der Regel Fr. 0.02 – 0.03/kg, was Fr. 0.36 – 0.55/kg Trockensubstanz entspricht. Süssmolke für Produkte für hochwertige Lebensmittel muss höhere Anforderungen wie kosher-halal-Konformität, nicht aus Kupferkessi stammend, und nicht pasteurisiert sondern lückenlos gekühlt (Milch pasteurisiert), erfüllen. Für solche Süssmolke wird mehr bezahlt, und der Bedarf kann aktuell gedeckt werden. Der Preis für kosher-halal konforme Molke wurde von der Industrie nicht offengelegt.

Der Schweizer Molkenpreis richtet sich nach dem AMI-Index für den Molkenpreis im europäischen Wirtschaftsraum. AMI ist die Agrarmarkt-Informationsgesellschaft, Bonn, Deutschland. Der Index setzt sich je zu einem Drittel aus den Marktpreisen für Molkenpulver in Deutschland, Frankreich und den Niederlanden zusammen. AMI unterscheidet nicht zwischen verschiedenen Molkenqualitäten. Für den Import von Molkenderivaten herrscht Freihandel mit der EU. Schweizer Betriebe müssen somit auf EU-Kostenniveau produzieren und die Molke zu EU-Preisen einkaufen können. Die Verkäsungszulage sollte zusätzlich zum Käse auch die Molke auf EU-Preisniveau bringen. Realistisch gesehen dient sie zum grössten Teil der Vergünstigung der Käse auf EU-Preiskompetitivität.

Bei hochproteinhaltigen Molkenprodukten wie WPC 80 müssen Schweizer Firmen einen Exportzoll gegenüber der EU zahlen. Daher werden solche Produkte ausserhalb von Europa vermarktet. Dies ist ein Handelshemmnis für innovative Molkenprodukte.

Wird kosher-halal-konforme Molke bei der Herstellung gewonnen, so fallen dank dem Einsatz von Labersatzstoffen statt tierischem Lab geringere Kosten für das Gerinnungsenzym an. Mit den Preisen für Kleinmengen gerechnet ergeben sich Gerinnungsenzymkosten von ca. Fr. 0.050 /kg Käse, bei Labersatzstoffen ca. Fr. 0.020 /kg Käse. Demgegenüber steht die um 13.2% geringere Käse-Ausbeute mit Labersatzstoffen (vgl. Kapitel 2). Aufgrund dieser Werte wurde der nötige Molkenpreis für kosher-halal-konforme Molke berechnet, der für einen gleichen Erlös wie beim Einsatz von tierischem Lab nötig ist (Tabelle 8). Statt 2 – 3 Rp./kg Dünnmolke müssten 13.4 Rp./kg Dünnmolke gelöst werden können. Wie in Kapitel 2 erwähnt, ist jedoch in der Praxis die Reduktion der Käseausbeute beim Einsatz von Labersatzstoffen kein grosses Thema, und daher vermutlich auch nicht so hoch.

Tabelle 8: Berechnung nötiger Molkenpreis für kosher-halal-konforme Molke

	Wert	Einheit
Käsereimilchpreis (Annahme A-Richtpreis BO-Milch Mai 2025)	0.82	Fr./kg franko Rampe
Kosten für 1000 L Milch	820	Fr. /1000 kg
Kosten tierisches Lab	4.95	Fr. /1000 kg Milch
Kosten Labersatzstoff	2.01	Fr. /1000 kg Milch
Ausbeute für Käse, Mittelwert Standard mit tierischem Lab	10.0%	
Ausbeute für Käse, mit Labersatzstoff	8.7%	
Käse pro 1000 kg Milch mit tierischem Lab	100	kg Käse
Molke pro 1000 kg Milch mit tierischem Lab	900	kg Molke
Käse pro 1000 kg Milch mit Labersatzstoff	86.8	kg Käse
Molke pro 1000 kg Milch mit Labersatzstoff	913.2	kg Molke
Preis für Käse (Schweiz. Milchstatistik, Daten 2023, 45% von Konsumentenpreis)	9.45	Fr./kg
Preis für Molke nicht-koscher-halal 5.5%: Fr. 0.02 - 0.03, Mittelwert	0.025	Fr./kg
Preis umgerechnet auf 6.7% Trockensubstanz	0.030	Fr./kg
Erlös mit tierischem Lab Käse und Molke, pro 1000 kg Milch	972.41	Fr. /1000 kg Milch
Erlös mit Labersatzstoff Käse, pro 1000 kg Milch	820.26	Fr. /1000 kg Milch
Kosteneinsparung Gerinnungsenzym	2.94	Fr. /1000 kg Milch
Nötiger Ertrag aus Molke bei Einsatz Labersatzstoff, für gleichen Gesamterlös	149.21	Fr. /1000 kg Milch
Nötiger Molkenpreis bei Einsatz Labersatzstoff (höhere TS: 7.25% TS)	0.163	Fr./kg Molke
Nötiger Dünnmolkenpreis bei Einsatz Labersatzstoff (5.5% TS)	0.124	Fr./kg Dünnmolke

11 Gesamtabstschätzung und Schlussfolgerungen

Die 48 grössten Käsereien sollten so weit wie möglich alle auf kosher-halal umstellen. Diese grossen Betriebe sollten Labaustauschstoffe oder allenfalls rekombinantes Lab einsetzen. Es handelt sich um Hersteller von Mozzarella, Raclette Suisse, Quark und Proteinjoghurt (Sauermolke), Frischkäse (teilweise Sauermolke), Switzerland Swiss und wenige Rohmilchkäsereien. Bei grossen Emmentaler-Käsereien wäre zu verhandeln, dass Emmentaler-Molke trotz höherer Brenntemperatur als kosher-halal gilt. Das ist aber sehr unsicher, vgl. Kapitel 1. Bei den Rohmilchkäsereien ist eine Umstellung auch aus Image-Gründen anspruchsvoller.

Eine Umstellung ist nicht einfach. Die Rohmilchkäse-Produktion hat eine hohe wirtschaftliche Bedeutung in der Schweiz. Im Export haben nur Rohmilchkäse eine grosse Bedeutung, sie sind die USP (unique selling proposition) der Schweizer Käsebranche. Sie werden mit ihrer Natürlichkeit und ihrer hohen Qualität vermarktet. Qualitäts- oder Imageeinbussen durch den Einsatz von Labersatzstoffen oder rekombinatem Lab bergen ein Risiko, das die Käsebranche bisher nicht in grossem Umfang einzugehen bereit ist. Die Wertschöpfung durch die Molke ist bisher gering. Für Molkenprodukte für höherwertige Lebensmittel, wo die Swissness zählt, setzt man ebenfalls auf Freiheit von Gentechnik, und so ist sogar zusätzlich zur kosher-halal-Anforderung rekombinantes Lab nicht erlaubt.

Optimistisch beurteilt ist es möglich den Anteil kosher-halal-konforme Molke von bisher 38% auf 61% der Molke zu steigern, von 654'000 t auf 1'051'000 t, eine Steigerung von ca. 400'000 t oder von 23% der Gesamtmolkenmenge. Für die Verwendung in höherwertigen Lebensmitteln, v.a. für Kleinkindernahrung, sind wegen den hohen Anforderungen etwa 26% der Molke oder 446'000 t, aus industriellen Past-Milch-Käsereien mit Chromstahl-Fertigern für Mozzarella, einem Teil der übrigen Frischkäse, Raclette-Suisse, Past-Tilsiter und vergleichbaren Käsen, und aus Brenntemperatur-adaptiertem Switzerland Swiss geeignet.

Die Vorteile des Einsatzes von Labersatzstoffen und allenfalls von rekombinantem Lab müsste in der Branche selbst, bei Kunden (Affineure, Grosshandel, Detailhandel) und bei Konsumentinnen und Konsumenten noch mehr aufgezeigt werden.

In der Vergangenheit wurde oft die Variabilität der Schweizer Molke aus den vielen kleinen Käsereien je mit individuellen Produktionsbedingungen als Problem für die grosstechnische Molkennutzung aufgeführt. Ein Konsortium mit der Hochschule BFH-HAFL, Agroscope und der Industrie hat im Jahr 2017 dazu ein Innosuisse-Projekt eingereicht, um die Möglichkeiten zur Erhöhung der Verarbeitbarkeit zu untersuchen. Es fand keine Finanzierung. Wie sich in der vorliegenden Studie zeigt, gibt es viele weitere Herausforderungen wie die kosher-halal-Anforderungen, die Logistikkosten bei den kleinen Käsereien, der tiefe Molkenpreis auf EU-Niveau und der Freihandel für Molkenprodukte. Für Nischen, wo die Swissness von Molkenprodukten zählt, kann ein Teil der Schweizer Molke aus der industriellen Käseherstellung (Mozzarella, Raclette Suisse, teilweise Frischkäse, Past-Tilsiter, adaptierter Switzerland Swiss) für die Herstellung von Zutaten für hochwertige Lebensmittel genutzt werden. Der Anteil, der für Lebensmittel oder für höherwertige Futtermittel genutzten Molke, blieb über die letzten zehn Jahre stabil, er konnte nicht erhöht werden.

Es braucht höchstwahrscheinlich finanzielle Anreize, wie einen Beitrag für die Molkenverarbeitung als Branchenlösung oder evtl. von der Eidgenossenschaft, ähnlich der Verkäsungszulage, um Nachteile gegenüber dem zollfreien Import von Molkenprodukten auszugleichen. Allenfalls könnte ein Teil der Verkäsungszulage für die Motivation zur Molkennutzung für die menschliche Ernährung und damit zur Erhöhung der Nachhaltigkeit umgeleitet werden. Die Entwicklung, dass auf der landwirtschaftlichen Produktion und der Lebensmittelherstellung in der EU CO₂-Abgaben eingeführt werden, könnte der vermehrten Molkennutzung für die menschliche Ernährung helfen. In Dänemark wurde beschlossen, diese Steuer ab 2030 einzuführen. Wie die Auswirkungen auf die Schweiz genau sind, das lässt sich noch nicht im Detail abschätzen. Die Anforderungen für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion werden jedoch aufgrund von international tätigen Schweizer Lebensmittel-Unternehmen und von Erwartungen der Konsumentinnen und Konsumenten auch hierzulande steigen.

In dieser Studie zeigt sich, dass das EU-Preisniveau für Molke und Molkenprodukte in der Schweiz ein wichtiger Grund ist, dass sich die Molkennutzung für die menschliche Ernährung in der Schweiz bisher nicht grossflächig durchgesetzt hat. Bei Futtermitteln bestehen Importzölle, dann lohnt sich der Futtermittelmarkt für Schweizer Molke gut, es können höhere Preise erzielt werden. In diesem Futtermittelmarkt haben sich zwei grosse Firmen mit hoher Molkenverarbeitung etabliert. Auch ein neuerer Akteur hat dieses Marktpotenzial erkannt und ist in den Markt eingestiegen. Es gibt da keine Probleme mit den kosher-halal-Anforderungen oder mit Molke aus der Rohmilchkäseherstellung. Kann Milch in der Tierfütterung durch Molkenprodukte, wie z.B. Kälbermilch aus Molke, ersetzt werden, dann ergibt das eine Win-Win-Situation: Molke gelangt in den zollgeschützten Futtermittelmarkt mit höherem Preisniveau und aus der freiwerdenden Milch können dank der Verkäsungszulage Rohmilchkäse mit einigermaßen kompetitiven Preisen gegenüber der EU oder andere Milchprodukte der weissen Linie für den zollgeschützten Schweizer Markt hergestellt werden. Diese Rechnung beschränkt sich auf den vergleichsweisen kleinen Schweizer Markt für Molkenprodukte, und verunmöglicht ein bedeutendes internationales Wachstum dieses Sektors.

Wird Molke wie heute schwerpunktmässig für die Herstellung von höherwertigen Futtermitteln genutzt, sollte die übrigbleibende Laktose besser genutzt werden. Statt Biogas sollten daraus höherwertige Produkte wie mikrobielles Protein für die menschliche oder allenfalls für die tierische Ernährung hergestellt werden, um importierte Proteine zu ersetzen. Die Biogas-Gewinnung wird allerdings durch die Programme zur Befreiung der CO₂-Abgabe oder der klimafreundlichen Landwirtschaft gefördert (vgl. Fromarte; BAFU, Kanton Graubünden).

Nur wenn sich Swissness bezahlt macht, lohnt sich die Molkenverarbeitung für den Lebensmittelsektor. Das kann aus den Aussagen verschiedener Firmen geschlossen werden.

Rohmilchkäse-Molke eignet sich hervorragend für die Herstellung von allergie-schützenden Produkten aus Rohmolke für Menschen und Haustiere. Rohmilchmolke enthält die nativen Molkenproteine β -Laktoglobulin, Alkalische Phosphatase und Lactoferrin, welche Menschen und besonders Kinder vor Allergien schützen (Bachmann et al., 2024). Darin steckt ein hohes Innovationspotenzial für neue Produkte, sicher haltbargemacht z.B. mit schonender Fermentation in lokalen innovativen Manufakturen (Berger et al., 2023). Für Käseereien ergibt sich mit derartigen neuartigen Produkten eine attraktive Diversifizierungsmöglichkeit. So könnte Rohmilchmolke, welche bisher der Schweinefütterung oder der direkten Biogasproduktion zugeführt wird, in einen viel höherwertigen Kanal für die menschliche Ernährung fließen, mit lokaler Verarbeitung und ohne koscher-halal-Hürde.

12 Literaturverzeichnis

- Bachmann H.-P., Bisig W., Fröhlich-Wyder M. T. (2024). Chancen und Risiken für Rohmilchprodukte: Eine wissenschaftliche Synthese zur Konferenz 2023 vom FACEnetwork. *Agroscope Science*, 197, 2024, 1-32. <https://doi.org/10.34776/as197q>
- BAFU (2025). Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Energie, Zielvereinbarung Energieeffizienz. www.zv-energie.admin.ch
- Berger J., Bisig W., Hummerjohann J., (2023). Die mikrobiologische Sicherheit von Rohmilch-Joghurt ist bei guter Säuerung gewährleistet. *Agrarforschung Schweiz*, 14, 2023, 86-89. <https://doi.org/10.34776/afs14-86>
- Buchanan, D., Martindale, W., Romeih, E., & Hebishy, E. (2023). Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. *International Journal of Dairy Technology*, 76(2), 291-312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>
- Duvdevani, O. (2025). Persönliche Mitteilung vom 19.02.2025 per E-Mail. Rabbiner Dr. Oren Duvdevani, Interessengemeinschaft für Koschere Lebensmittel, eine Kommission des SIG – *Schweizerischen Israelitischen Gemeindebundes*. <https://swissjews.ch> > Jüdisches Leben > Religion > Koscher in der Schweiz
- Fromarte (2025). Branchenlösung Energiemodell für die Zielvereinbarung zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduktion des CO₂-Ausstosses. Fromarte, 3001 Bern. www.fromarte.ch → Dienstleistungen → Umwelt & Energie
- Ganju S. und Gogate P.R. (2017). A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. *Journal of Food Engineering*, 215, 84-96.
- Gefu-Oberle Gruppe (2025). Website, Gefu Produktions AG – Die Futtermachten. Herstellung von CO₂-neutralem Kälbermilchpulver für Mast und Aufzucht. *Gefu Produktions AG, CH-6221 Rickenbach LU*. www.gefu-oberle.ch
- Häni W., Fehér N., Aeschlimann T., Haldemann J. (2023). Einfluss des Gerinnungsmittels auf die Qualität von Raclettekäse aus thermisierter Milch. *Agroscope Transfer*, 495, 2023. <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/53627>
- IDF, Bisig W., Everett D., 2021. Cheese and Varieties Part I: What is Cheese. *IDF Factsheet 17/2021*. International Dairy Federation, Brussels. [Link](http://link.at.fil-idf.org) at fil-idf.org
- Kanton Graubünden (2025). Klimawandel Graubünden, Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden. <https://klimawandel.gr.ch>
- Koch, Andrea und BLW (2024). Alpwirtschaft in der Schweiz – Situation und Entwicklung. *Montagna* 6, 4 – 5.
- Kopf-Bolanz K., Bisig W., Jungbluth N., Denkel C. (2015). Quantitatives Potenzial zur Verwertung von Molke in Lebensmitteln in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 6, (6), 2015, 270-277. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2015/06/quantitatives-potenzial-zur-verwertung-von-molke-in-lebensmitteln-in-der-schweiz/>

- McSweeney, P.L.H., 2022. Rennets and Coagulants. In *Editors: Paul L.H. McSweeney, John P. McNamara, Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*, Academic Press, Pages 316-320. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00268-3>
- Mohsin, A. Z., Hui Ci, N., Ismail, A. R., Marzlan, A. A., Abd Rahim, M. H., & Meor Hussin, A. S. (2024). Gouda cheese with different coagulants and types of milk: physicochemical, biochemical, microbiological, and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(2), 1065-1074. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02218-7>
- Schuller, Jil (2022). Von der bäuerlichen Ernährung über Bier zum Rivella: 16 Fakten über das Kultgetränk. *Bauernzeitung*, 21.02.2022.
- Tsakali, E., Petrotos, K., D'Allessandro, A., & Goulas, P. (2010). A review on whey composition and the methods used for its utilization for food and pharmaceutical products. *Proc. 6th Int. Conf. Simul. Modelling Food Bioind*, 195-201.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*. Second Edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 782 Seiten.

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Trockensubstanzgehalt von Süssmolke (gemäss Walstra et al, 2006).....	8
Abbildung 2: Inhaltsstoffe der Trockensubstanz von Süssmolke (gemäss Walstra et al. 2006).....	8
Abbildung 3: Die 15 im Jahr 2024 in der Schweiz am meisten hergestellten Käsesorten (> 3000 t/Jahr)	10
Abbildung 4: Molkenmenge pro Käsesorte 2024*	11
Abbildung 5: Käsesorten, welche bereits oder potenziell koscher-halal-konforme Molke ergeben*	13
Abbildung 6: Molkenmengen und Potenzial koscher-halal-konformer Molke	15
Abbildung 7: Molkenanfall in t nach Betriebsgrössenklasse und Anzahl Betriebe pro Betriebsgrössenklasse	16
Abbildung 8: Molke 2024 nach Kantonen, gesamte Molkenmenge von 1'645'000 t.....	17
Abbildung 9: Molkenaufkommen der kleinen Betriebe mit < 2 Mio kg/Jahr nach Kantonen*.....	18
Abbildung 10: Molkenaufkommen der mittleren Betriebe mit 2 bis 5 Mio kg/Jahr nach Kantonen*.....	18
Abbildung 11: Molkenaufkommen der 48 grossen Betriebe mit > 5 Mio kg/Jahr nach Kantonen*.....	19
Abbildung 12: Möglichkeiten der grosstechnischen Herstellung von Produkten aus Molke*.....	20
Abbildung 13: Herstellung von Cheddar, Labkasein und entmineralisiertem Molkenpulver*.....	21
Abbildung 14: Molkensammlung, Regionale Vorkonzentration und Herstellung von Kälbermilch aus Molke*.....	23

14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die 15 in der Schweiz am meisten hergestellten Käse (in t pro Jahr; Quelle: TSM Treuhand GmbH).....	9
Tabelle 2: Molkenanfall in der Schweiz in den Jahre 2022 – 2024 (TSM).....	10
Tabelle 3: Inhaltsstoffe Süss- und Sauermolke (Buchanan et al., 2023; Tsakali et al., 2010).....	11
Tabelle 4: Käsesorten, welche bereits oder potenziell koscher-halal-konforme Molke ergeben	12
Tabelle 5: Käsesorten, bei denen die Molke geschätzt bereits koscher-halal-konform ist.....	14
Tabelle 6: Käserei mit Molkenproteinwerk der Firma MWC*, St. Johns, Michigan, USA.....	20
Tabelle 7: Grosstechnische Molkenverarbeitung in der Schweiz (eigene Erhebung, Daten 2024)	22
Tabelle 8: Berechnung nötiger Molkenpreis für koscher-halal-konforme Molke	24