

# Quantitatives Potenzial zur Verwertung von Molke in Lebensmitteln in der Schweiz

Katrin Kopf-Bolanz<sup>1</sup>, Walter Bisig<sup>2</sup>, Niels Jungbluth<sup>3</sup> und Christoph Denkel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

<sup>2</sup>Agroscope, Institut für Lebensmittelwissenschaften ILM, 3003 Bern, Schweiz

<sup>3</sup>ESU-services GmbH- Ökobilanzierung und Beratung, 8050 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Katrin Kopf-Bolanz, E-Mail: katrin.kopf@bfh.ch



Vacherin mit Molke.

## Einleitung

In der Schweiz werden pro Jahr rund 3 400 000 Tonnen Milch produziert (TSM Treuhand GmbH, 2013). 43 % dieser Milch wurden 2013 zu Käse verarbeitet, dabei fielen ungefähr 1 300 000 t Molke an (TSM Treuhand GmbH, 2013). Als Molke (auch Molken, Käsemilch, Schotte, Sirte, Waddike, Wedicke oder Ziger genannt) wird die gelbliche Restflüssigkeit bezeichnet, die nach dem Fällen/Dicklegen des in der Milch enthaltenen Kaseins durch Lab, andere Enzyme oder durch Säue-

rung übrig bleibt (Green 1977). Molke enthält noch etwa die Hälfte der Trockenmasse der Milch (Kammerlehner 2003) und setzt sich quantitativ vor allem aus Laktose und ernährungsphysiologisch bedeutenden Molkenproteinen zusammen. Die biologische Wertigkeit des Molkenproteins übertrifft jene des Eiweißes um 15%. Aufgrund ihres hohen Gehaltes an verzweigt-kettigen Aminosäuren wirkt es dem Muskelproteinabbau entgegen und erhöht die Muskelproteinsynthese (Bawa 2007). Dies ist auch der Grund für dessen Beliebtheit im Kraftsportbereich.

Molke entsteht in der Regel dann, wenn selektiv Kasein aus der Milch ausgefällt wird, beispielsweise bei der Milchgerinnung im Käseprozess. Die Art der Kaseinfällung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung und die weiteren Nutzungsmöglichkeiten der Molke. Süssmolke entsteht durch den Einsatz von Lab (Chymosin oder mikrobiell hergestellte proteolytische Enzyme). Lab spaltet das Glykomakropetid der Kaseinmizelle ab und löst so die Koagulation der Milch aus (Kumar *et al.* 2010). Wird die Milch hingegen, wie bei der Herstellung von Quark, Sauermilch- und Hüttenkäse, hauptsächlich durch eine pH-Absenkung mit Hilfe von Milchsäurebakterien geronnen, entsteht die schwieriger nutzbare Sauermolke mit einem pH unter 6,0. Im Gegensatz dazu liegt der pH von Süssmolke über 6,0 (Wehrmüller *et al.* 2011). Der pH-Wert ist einer der wichtigsten Faktoren, welche die weitere Verwertung der Molke beeinflussen.

#### Verwertungsabschätzung der Molke in der Schweiz

In der Schweiz ist Molke in der Vergangenheit vor allem in nicht weiter verarbeiteter Form als Energie- und Proteinquelle für Schweine in der Aufzucht und Mast, sowie für die Kälberaufzucht verwendet worden (Amrein *et al.* 2006; Stoll 2007). Heutzutage werden neben unverarbeiteten Molken auch Molkenproteinkonzentrate (WPC35, hier ist Protein an- und Laktose abgereichert, so dass 35 % der Trockenmasse Proteine sind) in nasser oder getrockneter Form eingesetzt. Ferkel und Kälber in der Aufzucht sind auf die Versorgung mit ernährungsphysiologisch hochwertigen Proteinquellen angewiesen. Hingegen können Schweine prinzipiell auch auf Basis von Getreide gemästet werden, hier spielt vor allem der Preis des Futtermittels die entscheidende Rolle. Der Anteil an Molke, der bisher direkt unverarbeitet für die Schweinefütterung eingesetzt wird, könnte grundsätzlich in die menschliche Ernährung fliessen. Dies stellt theoretisch ein grosses Potenzial zur Valorisierung des Nebenstroms Molke dar.

**Zusammenfassung**

Aus der Käseherstellung ergeben sich in der Schweiz jährlich 1 300 000 t Molke. 24 % davon werden bereits für Lebensmittelzwecke genutzt, 31 % zu höherwertigen Futtermitteln verarbeitet und noch 45 % direkt an Schweine verfüttert. Eine stärkere Verwendung der Molke in Lebensmitteln ist wünschenswert, wird jedoch durch das dezentrale und damit transportintensive Anfallen vergleichsweise kleiner Molkenmengen erschwert. Je nach Käseherstellungsprozess sind die Molken zudem heterogen zusammengesetzt, was verarbeitungstechnische Schwierigkeiten mit sich bringt und die Herstellung von Molkenproteinpulvern mit immer gleichen Eigenschaften erschwert. Dieses Problem könnte durch die Gewinnung «idealer» Molken umgangen werden, dies würde aber Prozessanpassungen bei der Käseherstellung erfordern, zudem ist die ökonomische Relevanz zu prüfen. Bei der Abschätzung der Umweltbelastung zeigt sich, dass diese positiv oder negativ ausfallen kann, abhängig vom Ausmass der Proteinkonzentrierung beziehungsweise des Laktoseentzugs. Insgesamt liegen nur wenige Kenntnisse darüber vor, welche Assoziationen der Begriff Molke beim Konsumenten hervorruft und wie eine geeignete Strategie aussehen könnte, um die verzehrte Molkenproteinmenge zu erhöhen.

Tab. 1 | Molkenutzung im Jahr 2014 (Übersicht)

	Mengen in t		
	6,4 % TS	100 % TS	Anteil
1) Molke für Nassfütterung Schweine (v.a. Mast)	587 000	37 500	45 %
2) Molke für höherwertige Futtermittel (zur Kälber und Ferkelaufzucht)	397 000	25 500	31 %
3) Molke für Lebensmittel in der Schweiz veredelt	130 000	8 300	10 %
4) Export Molke für Lebensmittel	172 000	11 000	13 %
5) Von Käsereien selber verarbeitete Menge (Ziger, Ricotta, Getränke, Verlust)	19 000	1 200	1 %
<b>Gesamt</b>	<b>1 305 000</b>	<b>83 500</b>	<b>100 %</b>
<b>Anteil für Lebensmittel: 3)-5)</b>			<b>24 %</b>

Legende: TS = Trockensubstanz

**Tab. 2 | Verwendung von Molke als höherwertiges Futtermittel (überwiegend Schätzungen; TS: Trockensubstanz; WPC 35: Molkenprotein-konzentrat, 35 g Protein pro 100 g TS**

	Menge Molke (t)		Menge Produkt (t)
	TS 6,4%	TS 100%	
Flüssigkälbermilch	250 000	16 000	
Futtermittelindustrie Molkenpulver	56 400	3 600	3 700
Futtermittelindustrie WPC 35 Pulver	90 300	5 800	1 900
Koppelprodukt (mit WPC35) in Laktose berechnet			3 400*
Summe Molke für höherwertige Futtermittel	396 700	25 400	

\*wird bisher als Permeat oder Permeatpulver verkauft oder anaerob zu Biogas fermentiert

Basierend auf Gesprächen mit Industrievertretern wird geschätzt, dass ungefähr 45 % der Molke direkt als Schweinefutter genutzt, 13 % exportiert, 31 % zu höherwertigen Futtermitteln für die Kälber- und Ferkelaufzucht verarbeitet und 10 % zu Molkenpulver und Molkenproteinpulver für die menschliche Ernährung in der Schweiz veredelt werden (Tab. 1). Ein kleiner Teil von 1 % wird in den Käsereien direkt zum Beispiel zu Ziger verarbeitet. Tabelle 2 weist Details über die Nutzung der Molke als höherwertiges Futtermittel aus, der grösste Teil sind Futtermittel für die Kälber- und Ferkelaufzucht. Als Nebenprodukt fällt Laktose an, welche als Permeatpulver verkauft, zu einem grossen Teil aber auch zu Biogas vergoren wird. Bei der Verwendung der Molke in der Lebensmittelproduktion (Tab. 3) spielt WPC 65 (*why protein concentrate* mit 65 % Protein in der Trockensubstanz) insbesondere als Zusatz in der Joghurtherstellung die grösste Rolle.

#### Umweltauswirkung der Substitution der Molkenproteine

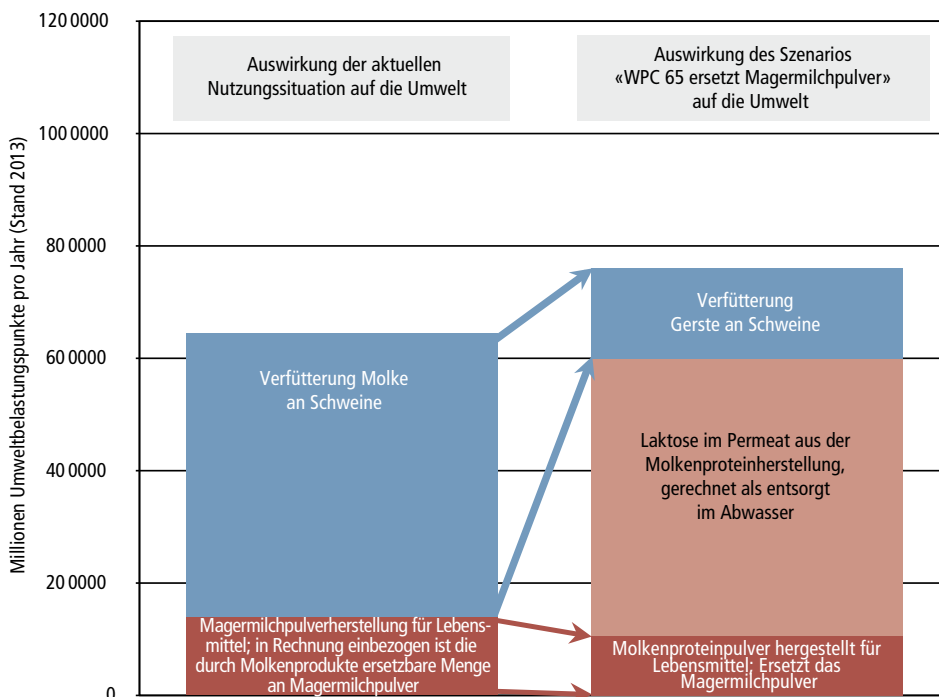
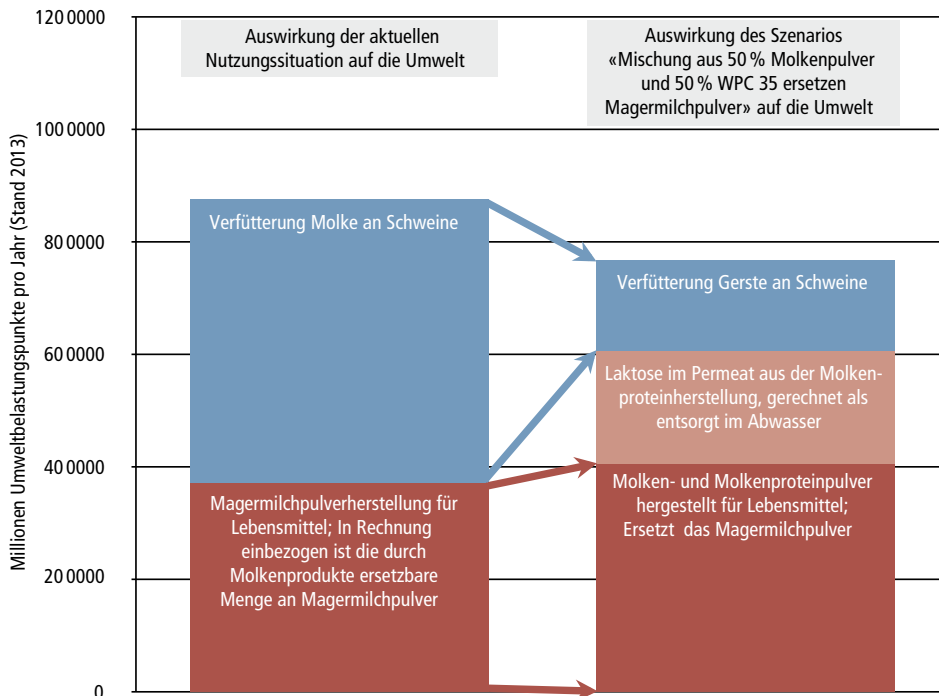
Wird die bisher in der Schweinemast eingesetzte Molke ersetzt, so sind Umweltauswirkungen zu erwarten. Zum einen muss die Molke weiter verarbeitet werden, was insbesondere zusätzlichen Energiebedarf verursacht, zum anderen fallen grössere Mengen an proteinfreiem

Molkenserum an, welches anderweitig zu verwenden oder zu entsorgen ist. Zur Abschätzung der Auswirkungen wurden die Umweltbelastungen zweier definierter Verwertungsszenarien mit der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht *et al.* 2013) bewertet. Die Szenarien in Abbildung 1 beinhalten als Grundsätze, dass die Molke bei der aktuellen Nutzungssituation an Schweine nass verfüttert, Gerste in den beiden Szenarien aus Frankreich bezogen, die Molke zur Verwendung in der menschlichen Ernährung getrocknet und das Molkenpermeat im Abwasser entsorgt wird. Die beiden betrachteten Szenarien unterscheiden sich in der Zusammensetzung der herzustellenden Molkenprodukte Molkenpulver und Molkenprotein-konzentratpulver. Die Vergleichsbasis für die beiden Szenarien ist die angenommene Menge an Magermilchpulver, die mit den hergestellten Molkenprodukten ersetzt werden kann. Da eine grosse Menge an Laktose entfernt wird, kann mit WPC65 quantitativ deutlich weniger Magermilchpulver ersetzt werden als mit einer Mischung aus Molkenpulver und WPC35, deshalb fallen die ersetzten Magermilchpulver hinsichtlich Umweltbelastung unterschiedlich stark ins Gewicht, was auch die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen bei der aktuellen Nutzung erklärt. Werden bei der Verarbeitung der Molke zu gleichen Tei-

**Tab. 3 | Verwendung von Molke in der Lebensmittelproduktion (überwiegend Schätzungen; TS: Trockensubstanz; WPC 60/65: Molkenprotein-konzentrat, 60/65 g Protein pro 100 g TS**

	Menge Molke (t)		Menge Produkt (t)
	TS 6,4%	TS 100%	
Lebensmittelindustrie Molkenpulver	8 100	500	500
Lebensmittelindustrie WPC 65 für Joghurt (WPC 60, Berechnung mit WPC 65)	121 600	7 800	1 100
Koppelprodukt (mit WPC) in Laktose berechnet			5 600*
Summe Molke für Lebensmittel in CH zu Pulver verarbeitet	129 700	8 300	

\*wird bisher als Permeat oder Permeatpulver verkauft oder anaerob zu Biogas fermentiert



**Abb. 1 | Vergleich der Umweltbelastungen von Ist-Situation und bei höherwertiger Nutzung der Molke.**

Darstellung von zwei Szenarien nach Anteil der berücksichtigten Inputs und Outputs. Ist-Situation: Molke wird zu 50 % nass an Schweine verfüttert und Magermilchpulver wird für die menschliche Ernährung hergestellt (vgl. Tabelle 1). Szenario «Mischung aus 50 % Molkenpulver und 50 % WPC35 ersetzen Magermilchpulver»: Magermilchpulver wird 1:1 ersetzt; Szenario «WPC65 ersetzt Magermilchpulver»: 1 g Magermilchpulver wird mit 0,56 g WPC65 ersetzt. Gerste aus Frankreich: Die Gerste ersetzt in der Schweinemast die Molke; Molke in Permeat: laktosereiches Permeat und Anteil der Molke, die nicht ins Pulver gelangt. Molke verfüttert: Molke in der Schweinemast; Abwasserentsorgung Permeat: Entsorgung des laktosereichen Permeats; Pulverherstellung: Pulver IST-Situation entspricht Magermilchpulver für die menschliche Ernährung, Pulverherstellung Molkeverwertung entspricht Molken- und Molkenproteinpulver, welches das Magermilchpulver in der menschlichen Ernährung ersetzt. Umweltbelastung: Von der Entstehung bis zum Produkt, Umweltbelastung durch Transport der Molke zur Verarbeitung nicht einberechnet.





Abb. 2 | Membranfiltrationsanlage.

len Molkenpulver und WPC35 hergestellt, also damit 28100 t Magermilchpulver ersetzt (Annahme: 1 g Molkenpulver/WPC35 können 1 g Magermilchpulver ersetzen), ergibt dieses Szenario eine Einsparung von 312200 t Milch (berechnet nach Pearce 2014). Haupttreiber für die Reduktion der Ökobilanzpunkte ist die durch die Magermilchpulversubstitution eingesparte Menge Rohmilch und damit deren Ressourcenverbrauch (Landnutzung, Klimawandelbeitrag, Wasserschadstoffe, Energie, etc.). Zusatzaufwendungen für das Ersatzfutter Gerste in der Schweinemast, weitergehende Verarbeitung der Molke zu Pulver und der Anfall von zusätzlichem, laktosereichem Permeat (geht in der Rechnung ins Abwasser) vermindern den Einspareffekt durch die eingesparte Milch, wobei aber netto eine Reduktion der Umweltbelastung resultiert. Verarbeitet man hingegen diese Molke zu WPC65 (zweites Szenario), so erhöhen sich die Umweltbelastungen rechnerisch insgesamt. Angenommen wurde eine Substitution von 1,8 g Magermilchpulver durch 1 g WPC65. Es können 10600 t Mager-

milchpulver ersetzt werden, was 118000 t Milch entspricht. Zu erkennen ist, dass hauptsächlich die Abtrennung und Entsorgung des laktosereichen Permeats zu einer Verschlechterung der Umweltauswirkung führen kann.

Bei der Berechnung der Umweltauswirkungen handelt es sich um eine Abschätzung vor allem auf Grundlage von Literaturwerten, die aufgrund einiger Unsicherheiten noch erhärtet werden muss. So wurden die Substitutionsfaktoren zum einen auf dem quantitativen Proteingehalt der Pulver berechnet, zum anderen wurde nicht gezielt betrachtet, wie realistisch eine Substitutionskalkulation alleine basierend auf Quantitäten ist, da nicht in jedem Fall aufgrund sehr unterschiedlicher Funktionalitäten der Proteine eine 1:1 Ersetzbarkeit gegeben ist. Darüber hinaus ist zurzeit auch nicht klar, welche Mengen von welchen Molkenproteinkonzentrationen überhaupt für Lebensmittel benötigt werden. Je stärker der Abreicherungsgrad der Laktose, desto höher wird die Umweltbelastung im Vergleich zur heutigen

Verwertung ausfallen. Stark beeinflusst wird die Berechnung der Umweltauswirkungen durch die Verwertung des Molkenpermeats, welches bei der Proteinanreicherung anfällt. Die getroffene Annahme der Entsorgung im Abwasser ist der ungünstigste Fall. Sobald dieses Permeat verwertet werden kann (Biogas, Rückführung zur Fütterung von Schweinen), reduziert sich die Umweltbelastung. Nach unserem Kenntnisstand ist zumindest die Vergärung zu Biogas eine bereits praktizierte Verwertungsform, so dass anzunehmen ist, dass die in Abbildung 1 berechneten Umweltauswirkungen gegenüber der Realität eher überhöht sind.

### Bekanntes Strategien zur Vermeidung des Molkenanfalls

Einer der wichtigsten Ansätze zur Vermeidung oder Reduktion von Molke ist die Vorkonzentration von Milch mittels Membrantrenntechnik (Abb. 2) vor der Weiterverarbeitung zu Käse. Die Milch kann damit entweder durch das Abtrennen von proteinfreiem Serum mittels Ultrafiltration konzentriert werden oder «ideale» Molke mittels Mikrofiltration gewonnen werden, indem selektiv Kasein konzentriert wird. Eine solche Molke ist frei von Kaseinbestandteilen (Glykomakropeptid) sowie Lab und Milchsäurebakterienkulturen und weist den nativen pH der Milch auf. Während die Kaseinanreicherung eine praktizierte Variante zumindest für einige Käse darstellt, hat sich eine Gesamtkonzentration aufgrund von veränderten Produkteigenschaften bei klassischen Käsen unter anderem wegen erhöhter, sensorisch unvorteilhafter Mineralstoffkonzentrationen im Käseteig nicht durchgesetzt. Mit einem um den Faktor hundert geringeren quantitativen Aufkommen bei der Quarkproduktion spielt die Vermeidung des Sauermolkenanfalls insgesamt eine untergeordnete Rolle. Wie bei der Käseproduktion kann die Milch durch Ultrafiltration vorkonzentriert werden, allerdings kann ein so hergestellter Quark sensorische Nachteile ebenfalls aufgrund des höheren Mineralstoffgehalts aufweisen.

### Herausforderungen zur Erhöhung der Wertschöpfung

Die grösste Hürde für eine höherwertige Nutzung der Molke stellt die Käsereistruktur in der Schweiz dar. Diese ist geprägt von einer Grosszahl gewerblicher Kleinkäsereien (geschätzt  $\frac{2}{3}$  des Molkenanfalls) und wenigen industriellen Grosskäsereien. Während die Molke aus industriellen Grosskäsereien überwiegend weiterverarbeitet wird, gelangt die Molke der Kleinkäsereien oft direkt unverarbeitet und lokal in die Tierfütterung. Aufgrund des hohen Wasseranteils der Molke und der im Vergleich zur Milch sehr geringen Marktpreise von Molke spielen Transportkosten eine wichtige Rolle bei einer Entscheidung bezüglich Weiterverwertung. Aus

ökonomischer Sicht gilt es als erforderlich, die anfallende Molke lokal zu konzentrieren, bevor sie zur weiteren Verarbeitung abtransportiert wird. In Anlehnung an Informationen zur industriellen Molkenverwertung in Nachbarländern wird geschätzt, dass erst ab einem Anfall von 12 000 t Dünnmolke/Jahr eine Pasteurisierung, Vorkonzentrierung und der notwendige Transport überhaupt wirtschaftlich betrieben werden können. Die verarbeitete Milchmenge einer schweizerischen Käserei betrug im Vergleich dazu im Jahre 2012 im Schnitt 2900 t/Jahr, was etwa eine Dünnmolkenmenge von 2500 t/Jahr ergibt. Das zeigt, dass die auf lokale Rohmilchkäseherstellung ausgerichtete Käsereistruktur für die industrielle Molkenutzung wenig vorteilhaft ist. Ein wesentlicher Faktor für einen höheren Verwertungsgrad der Molke in der menschlichen Ernährung könnte der bereits ansteigende Weltmarktpreis für Milchproteine sein, verursacht durch die steigende Nachfrage aus bevölkerungsreichen Schwellenländern wie China z.B. in Form von Säuglingsnahrung. Die abnehmende Zahl an Käsereien in der Schweiz, die zunehmende Menge an verarbeiteter Milch pro Käserei und die damit immer grösser werdenden Mengen an lokal anfallender Molke begünstigen ebenfalls eine lebensmittelindustrielle Weiterverwertung der Molke. Regional werden auch bereits lokale Molkenkonzentrationszentren betrieben, welche die Molke von mehreren lokalen Käsereien für den wirtschaftlichen Transport von rund 6 % TS auf 18 % TS konzentrieren.

Neben wirtschaftlichen Fragen treten Probleme bei der Verarbeitbarkeit und der Verlässlichkeit der Produkteigenschaften auf. Grössere Fortschritte bei der lebensmittelindustriellen Verwertung von Molke in der Schweiz sind zu erwarten, wenn die Auswirkungen der je nach hergestelltem Käse unterschiedlich zusammengesetzten Rohmolken auf die Verarbeitbarkeit sowie auf die Produkteigenschaften verstanden sind. Vor allem die Ionenfracht, der pH wie auch unterschiedliche Nebenprodukte der Fermentation stellen vermutlich Probleme bei der Verarbeitung von Rohmolke dar. Insbesondere für die Herstellung von Frischkäseprodukten sollte systematisch geprüft werden, ideale Molke zu gewinnen, indem ein Teil der Molkenproteine vor der eigentlichen Verarbeitung der Milch abgetrennt wird. Es ist offen, wie stark dieses Potenzial zurzeit genutzt wird. Die Gewinnung idealer Molke bedeutet, den Herstellungsprozess des Käses anzupassen, was mit zusätzlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ermöglicht würde. Neben der effizienteren Verwertung klassischer Molke bietet die quantitative Ausdehnung der Gewinnung idealer Molke das wohl grösste Verwertungspotenzial. In diesem Zusammen- ➤

hang müsste allerdings untersucht werden, unter welchen Bedingungen sich eine solche Strategie wirtschaftlich lohnen würde.

Letztlich bedeutet dies, dass aufgrund ökonomischer Rahmenbedingungen und spezifischer Anforderungen die Verwertung von Molke zu Molkenproteinpulver oder anderen Molkenprodukten aus Kostengründen nicht immer in Betracht kommt. Klassische Alternativen sind die Ziger- oder Ricottaproduktion. Wird die nach jetzigem Sachstand sehr unrealistische Verwertung der kompletten, bisher in die Schweinemast gehenden, Süsmolke zu Ziger und Ricotta angenommen, so müsste basierend auf einer Molkenproteinquantität von 41 700 t pro Jahr bei einer Proteinausbeute im Herstellungsprozess von 75 % und einer Einwohnerzahl der Schweiz von 8,14 Mio. pro Kopf und Tag 14 g Molkenprotein zusätzlich verzehrt werden. Dies entspricht bezogen auf den Proteingehalt 131,5 g Ziger. So viel Protein wäre auch in 440 g Milch, 375 g Joghurt oder 135 g Magerquark enthalten. Der Konsum 2013 von Ricotta und Ziger wird dagegen auf unter 3 g pro Kopf und Tag geschätzt, jener von Joghurt lag bei 50 g, der von Konsummilch bei 184 g und der von Quark bei unter 5 g. Aufgrund der geringen aktuellen Verzehrsmengen an Ziger/Ricotta wären bei intensiven Marketingmassnahmen kurz- und mittelfristig vermutlich höhere prozentuale Absatzsteigerungen zu erwarten, der Gesamtverzehr wäre aber wohl kaum auf die absolut benötigte Menge zu steigern. Dass Molkenprodukte grundsätzlich vom Konsumenten geschmacklich akzeptiert sind, zeigt das Beispiel von Ricotta in gefüllten Pasta-Produkten. Unklar ist, inwiefern dem Konsumenten überhaupt bekannt ist, dass Ricotta zum Teil aus Molkenproteinen aus Molke besteht. Ein weiterer Faktor zur Steigerung der Verzehrsmenge könnte Gesundheitsmarketing sein sowie die Neupositionierung der Molkenproteine aus Molke beim Konsumenten als Milchproteine. Die ernährungsphysiologische Qualität von Molke ist vielfach noch unbekannt, zudem wurde Molke lange als Abfallprodukte angesehen und wird vom Konsumenten auch heute noch oft so wahrgenommen. Neue proteinreiche Milchprodukte, deren Proteine aus Molke gewonnen wurden, finden aktuell beispielsweise in den USA und in Grossbritannien guten Anklang im Supermarkt, wobei dort nicht mit der Anreicherung von Molkenproteinen geworben wird, sondern einfach mit Protein oder Milchprotein. Demnach müssen Strategien zur Verwertung der Molke primär darauf ausgerichtet sein, Gesamtmilchprotein oder Kasein in verschiedenen Produkten zu ersetzen.

Einschränkend wirken durch die fortschreitende Globalisierung und Öffnung von Märkten auch die Partikularinteressen vieler kleiner Konsumentengruppen.

Strenge Vegetarier, die keine Produkte hergestellt mit tierischem Lab zu sich nehmen wollen, sowie Konsumenten aus Kulturkreisen, bei denen die Art der Schlachtung relevant ist (halal) beziehungsweise die Art der Schlachtung und die Art des Verzehrs (kosher) sind hierbei zu erwähnen. Chancen bestehen insbesondere bei Industriekäse (z.B. für Fertigprodukte) oder bei Käsen mit hohen Brenntemperaturen von 52 °C und mehr wie Emmentaler, Gruyère oder Sbrinz durch die Substitution von Kälbermagenlab durch mikrobielle Labersatzstoffe (nicht GVO). Dies würde dem Produzenten erlauben, Käse und damit auch Molke herzustellen, die bei ausreichender Produktionsmenge einen höheren Marktpreis in der Schweiz erzielen könnte.

## Schlussfolgerungen

Aus lebensmitteltechnologischer Sicht bestehen die Optionen der Molkenvermeidung oder der Molkenverwertung, um den Rohstoff Milch wirtschaftlich besser zu nutzen. Die bevorzugte Gewinnung idealer Molke mittels Mikrofiltration könnte Verbesserungen bringen. Dazu wären Prozessanpassungen in der Milchverarbeitung erforderlich, deren wirtschaftliche Relevanz noch zu bewerten ist. Bei Molken aus der traditionellen Käseproduktion würde zusätzliches Wissen über die funktionellen und verarbeitungstechnischen Eigenschaften bedeutende Fortschritte bringen. Eine grundsätzliche Hürde für die weitergehende Nutzung von Molke im Lebensmittelbereich ist die durch die Rohmilchkäse-Strategie bedingte Käsestruktur mit dezentralem Anfall kleiner Mengen an unterschiedlichen Molken. Vorkonzentration in lokalen Zentren erhöht in der Praxis bereits die Wirtschaftlichkeit. Produktion von Ziger oder Ricotta kann mit den geringen Konsummengen nur eine ergänzende Lösung sein. Anpassungen zur Qualitätssteigerung der Molke führen isoliert betrachtet möglicherweise zu höheren Kosten, die sich aber bei bereits jetzt ansteigendem Molkenpreis wieder mehr als kompensieren können. Notwendig ist eine komplette Analyse der Molken- und Molkenproteinwertschöpfungskette aus wirtschaftlicher, technologischer und ernährungsphysiologischer Sicht und in Verbindung mit der Wahrnehmung der Begriffe «Molke», «Molkenproteine» und «Milchproteine» durch die Konsumenten. ■

## Riassunto

### Potenziale quantitativo del recupero del siero nelle derrate alimentari svizzere

In Svizzera, dalla produzione del formaggio si ottengono 1 300 000 t di siero all'anno. Il 24 per cento è già usato per scopi alimentari, il 31 per cento viene trasformato in alimenti per animali di migliore qualità e il restante 45 per cento viene somministrato direttamente ai suini. Un maggiore impiego del siero nelle derrate alimentari è auspicabile, tuttavia viene ostacolato dalla produzione decentralizzata di quantità relativamente piccole, il cui trasporto risulta oneroso. A seconda del processo di lavorazione del formaggio, inoltre, la composizione dei tipi di siero è eterogenea, aspetto che comporta difficoltà dal punto di vista tecnico della sua trasformazione e complica la produzione di proteine di siero di latte in polvere dalle caratteristiche sempre uguali. Questo problema potrebbe essere aggirato ottenendo un siero «ideale», che tuttavia richiederebbe modifiche ai processi di produzione del formaggio, senza contare che resta da soppesarne l'aspetto economico. Per quanto riguarda la valutazione dell'impatto ambientale emerge che vi possono essere effetti positivi o negativi, a seconda del livello di concentrazione di proteine e/o del grado di estrazione del lattosio. Nel complesso, si sa poco sulle associazioni che il termine «siero» evoca nei consumatori e su quale potrebbe essere una strategia efficace per incrementare la quantità consumata di proteine di siero.

## Literatur

- Amrein R., Fragnière C. & Thomet A., 2006. Molkeverwertung. ALP forum 29, 1–16.
- Bawa S., 2007. Functional properties of whey and its components as ergogenic aids in sports. *AgroFOOD* 18 (2), 55–59.
- Frischknecht R., Büsser Knöpfel S., Flury K. & Stucki M., 2013. Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit: Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. treeze und ESU-services GmbH im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Bern. Zugang: [www.bafu.admin.ch/uw-1330-d](http://www.bafu.admin.ch/uw-1330-d). [18.02.2015]
- Green M., 1977. Review of the progress of dairy science: Milk coagulants. *Journal of Dairy Research* 44 (1), 159–188.
- Jungbluth N., Keller R., König A., Doublet G., Flury K., Büsser S., Stucki M., Schori S., Itten R., Leuenberger M. & Steiner R., 2015. Life cycle inventory database on de-mand: EcoSpold LCI database of ESU-services. ESU-services Ltd. Zugang: [www.esu-services.ch/data/data-on-demand/](http://www.esu-services.ch/data/data-on-demand/), Zürich, CH.
- Kammerlehner J., 2003. Käsetechnologie. Freisinger Künstlerpresse, Freising, 896 S.
- Kumar A., Grover S., Sharma J., & Batish V.K., 2010. Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions. *Critical Reviews in Biotechnology*, 30 (4), 243–258.
- Pearce K.N., 2014. Milk powder. Dairy Chemistry, Food Science Section, New Zealand Dairy Research Institute. Zugang: <http://nzic.org.nz/Chem-Processes/dairy/3C.pdf>, [18..02.2015]
- Stoll W., 2007. Gras im Fokus der Wiederkäuerfütterung. *Agrarforschung* 14 (8), 331.
- Swissmilk, 2013. Milchwirtschaft in Zahlen.
- TSM Treuhand GmbH, 2014. Statistik des Schweizer Milchmarktes – Zahlen 2013.
- Wehrmüller Karin, Sieber Robert, Walther Barbara, 2011. Molke in der menschlichen Ernährung – ein Nahrungsmittel mit viel Potential (Teil 1). *Die Milchwirtschaft* 2 (2), 40–46.

## Summary

### Potential of whey as a food constituent in Switzerland

Each year, 1 300 000 tons of whey occur in Switzerland as a by-product of cheesemaking: 24 % is used in the food industry, 31 % is transformed into high-value animal feed and 45 % is fed directly to pigs. Increasing the percentage made into foodstuffs would be desirable but is difficult to realize because production is scattered and concentrating the many small amounts of whey is transport intensive. Moreover, the composition of the whey varies according to the type of cheese manufactured, which complicates processing and makes it difficult to obtain milk protein powder with constant properties. Producing «ideal» whey would allow circumventing the problem but would require changing the cheese production processes. The economic impact of such a step has not yet been calculated. Estimates of the environmental impact can be positive or negative depending on the protein concentration and the lactose removal. Only little is known about the associations that the word «whey» evokes for consumers, and a strategy allowing to increase the amounts consumed remains to be defined.

**Key words:** whey, valorization, whey processing, environmental assessment.