

Sager M

**Element- und Spurenelementgehalt in handelsüblichen
Milchprodukten in Österreich**

Journal für Ernährungsmedizin 2016; 18 (1), 12

Homepage:

www.aerzteverlagshaus.at

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

MIT NACHRICHTEN DER



**Erschaffen Sie sich Ihre
ertragreiche grüne Oase in
Ihrem Zuhause oder in Ihrer
Praxis**

Mehr als nur eine Dekoration:

- Sie wollen das Besondere?
- Sie möchten Ihre eigenen Salate,
Kräuter und auch Ihr Gemüse
ernten?
- Frisch, reif, ungespritzt und voller
Geschmack?
- Ohne Vorkenntnisse und ganz
ohne grünen Daumen?

Dann sind Sie hier richtig



Element- und Spurenelementgehalte in handelsüblichen Milchprodukten in Österreich

Element and Trace Element Contents in Austrian Commercial Dairy Products

Manfred Sager

Abstracts



Im Laufe eines Kalenderjahres wurden verschiedene handelsübliche Milchprodukte von Kühen, Schafen und Ziegen gezogen und durch Sojagetränke ergänzt. Die Proben wurden gefriergetrocknet und nach Druckaufschluss einer Multi-Elementanalyse mit ICP-OES, und zum Teil auch mit ICP-MS, unterworfen. Gesamt-Jod wurde durch Standardaddition mit ICP-MS bestimmt. Die Daten wurden über den Wassergehalt der Proben auf Frischmasse zurückgerechnet. Mit Bezug auf die täglich empfohlene Aufnahmemenge (RDI) ist Milch eine bedeutende Quelle für Ca, Mg und Jod, bei welchen der Tagesbedarf des Erwachsenen mit 1 Liter erreicht wird. Der Gehalt von Spurenelementen in Milch verschiedenen Fettgehalts inklusive Joghurt lag innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite bzw. der analytischen Genauigkeit, nur Schlagobers, Rahm, Creme fraiche und Kaffeeobers enthielten etwas weniger. Jahreszeitliche Schwankungen der Zusammensetzungen konnten nicht erkannt werden. Ziegenprodukte entsprachen überwiegend den Kuhprodukten, sie enthielten nur mehr Rb und Cs. Schafjoghurt enthielt mehr Sr und Ba als entsprechende Kuhprodukte und zumeist auch mehr Ca, Cs, Jod, Li und S. Milchersatzprodukte auf Sojabasis enthielten hingegen deutlich weniger Jod, hingegen mehr Al, B, Cd, Cu, Fe, Mg, Si und vor allem Nickel. Kakao als geschmacksverändernder Zusatz erhöhte Al, B, Ba, Cu, Fe, Mn und Ni, hingegen wirkte sich Fruchtzusatz oder Acidophilus nicht aus. Bei den fettreichen Produkten enthielt Creme fraiche mehr Na und Li als Schlagobers. Die in dieser Studie in handelsüblicher Milch gefundenen Bereiche an Gesamtelement-Konzentrationen liegen im gleichen Bereich wie jene einer vorhergehenden Studie über Rohmilch aus Niederösterreich. Beim Vergleich mit Literaturdaten findet man viele Ähnlichkeiten, aber auch einige Unterschiede.

Schlüsselwörter: Ernährung, Milch, Milchprodukte, Gesamtelementgehalt, Spurenelemente,

Commercially available dairy products made from cows, sheep and goats were sampled during the course of an entire year, and some soy drink milk substitutes were added. The samples were freeze-dried, submitted to pressure decomposition and multi-element analysis by ICP-OES, some digests were also treated by ICP-MS. Total iodine was determined by standard addition on the ICP-MS. The dataset is presented as re-calculated to fresh weight by means of its individual water content. Milk acts as an important source of Ca, Mg, and iodine, because the recommended daily intake for grown-ups (RDI) is achieved with about 1 litre. Trace element levels met in milk of different fat content including yoghurt were similar resp. within ambient variations or analytical uncertainty. Just cream, sour cream and creme fraiche contained lower levels. Seasonal variations of element composition could not be detected. Products from goats were largely similar to products from cows, except for their higher Rb and Cs. Yoghurts from sheep contained higher levels for Ba and Sr, and trends for Ca, Cd, I, Li, and S. Milk substitutes based on soy beans, however, were lower in iodine but higher in Al, B, Cd, Cu, Fe, Mg, Si, and particularly nickel. Among taste improving additives, cocoa enhanced Al, B, Ba, Cu, Fe, Mn, and Ni levels, but fruits and acidophilus had no effects. Among the creams, creme fraiche had more Na and Li than bare cream. The data presented within this study are in the same range than the preceding data obtained by direct sampling from individual cows at farms situated in Lower Austria. With respect to other data published worldwide, many similarities can be found, but some significant differences as well.

Keywords: nutrition, milk, dairy products, content of elements, trace elements,

Die vorliegende Arbeit finden Sie in der Online-Version des Journals für Ernährungsmedizin unter **www.jem-online.at**

Korrespondenz

Univ.-Doz. Dr. Manfred Sager
Österreichische Agentur für Gesundheit
und Ernährungssicherheit (AGES)
Kompetenzzentrum Elemente

Spargelfeldstraße 191
1226 Wien
Österreich
E-Mail: manfred.sager@ages.at

EINLEITUNG

Seit urchenzeitlichen Zeiten gehören Milch und deren Produkte zu den vom Menschen verwendeten Nahrungsmitteln, vor allem für Kinder. Durch das große Angebot an Fleisch ist in Europa und Nordamerika die Bedeutung in den letzten Jahren wohl zurückgegangen. Der Konsument kann unter einer Reihe von Produkten wählen, die nach ihrem Fettgehalt und zum Teil nach ihrem Eiweißgehalt, welche auf den Packungen ersichtlich sind, unterschieden werden. Für den Konsumenten ist auch interessant, ob sich diverse Produkte in ihrem Element- und Spurenelementgehalt unterscheiden, vor allem in den lebensnotwendigen (essentiellen), oder auch in Kontaminanten. Ausgangspunkt dieser Untersuchung war die Feststellung, dass auf Grund von Harnanalysen bei einem erheblichen Anteil von Schwangeren ein Mangel an Jod festgestellt wurde, wobei Jod in üblichen Spurenelement- und Vitaminpräparaten selten enthalten ist bzw. selten verabreicht wird¹. Milch und Milchprodukte sind allgemein als Quellen für Jod und Selen bekannt, doch es interessierte die Frage, ob es Unterschiede zwischen Kuh-, Schaf- und Ziege gibt. Die zur Analyse von Jod hergestellten Aufschlusslösungen boten die Möglichkeit, auch eine Reihe anderer Elemente zu bestimmen, um gegebenenfalls Interelementbeziehungen finden zu können. Hauptquellen für Jod sind Meeresfrüchte, jodiertes Salz, Milch und Eier. In jodarmen Gebieten sind Milch- und Milchprodukte eine wichtige Jodquelle. Der Jodgehalt von Pflanzen und Tieren hängt von der Umgebung ab, in der sie wachsen. Beim Zubereiten von Speisen treten variable Jodverluste auf. In Neuseeland, einem Jodmangelgebiet, werden von einem jungen Mann 42% und von einem 3-jährigen Kind 68% des Jods über die Milch aufgenommen. Durch den allgemeinen Jodmangel waren gestillte Babys schlechter mit Jod versorgt als jene mit Kindernahrungsmitteln². Bei Schulkindern in Venetien, einer Region mit ausreichender Jodversorgung, wurde eine signifikante Korrelation zwischen der Jodausscheidung im Harn und dem Milchkonsum festgestellt. In Venetien verwenden nur 28% der Haushalte jodiertes Salz. Es gab keine Unterschiede zwischen Mädchen und Knaben. Milch verschiedener Fettstufen sowie vollfettes Joghurt enthielten etwa gleich viel Jod in der Frischmasse, fettarmes Joghurt hingegen 1/3 weniger³. Bei der Verarbeitung der Rohmilch findet eine Fraktionierung in fettreiche und fettarme Anteile, und/oder in eiweißreiche und eiweißarme Anteile statt. Wie sich die anorganischen Ionen dabei verhalten, ist oft nur für Calcium und Phosphat untersucht worden, für andere Spezies kaum. Die Bindung an hochmolekulare Substanzen ist durchaus unterschiedlich, sodass bei der Verarbeitung uneinheitliche Verteilungen zu erwarten sind. In schottischer Schafmilch war der Anteil an „diffundierbarem“ Calcium nur $15,1 \pm 2,8\%$, „diffundierbarer“ Phosphor lag bei $41,3 \pm 4,2\%$ ⁴. Bei der Verarbeitung können auch Zusätze, z.B. Käseerisalz oder Fermente, beigemischt werden. Kontaminationen durch Gefäße sind bei Großbetrieben wegen des günstigen Masse-zu-Oberfläche-Verhältnisses und der strengen Hygienevorschriften unwahrscheinlicher. Die Materialien bei der Verarbeitung könnten eine Rolle spielen. In Glasgefäßen gesammelte Kärntner Rohmilch zeigte gegenüber den in Kunststoff gesammelten Proben einen Trend zu mehr Si, B, Li, Na, Rb, Cs, und Ba; jedoch waren die Bereiche überlappend⁵. In Molkereien sind viele Oberflächen aus Edelstahl, mögliche Kontaminanten sind daher Cr, Ni und Fe. Der Vergleich der Daten kommerzieller Milchprodukte mit jenen von Rohmilch aus 3 Regionen Niederösterreichs⁶ kann Aufschluss darüber geben, ob bei der Verarbeitung Verluste oder Einträge stattgefunden haben. Wenn in Österreich die Tierart nicht angegeben ist, handelt es sich um Produkte aus Kuhmilch; die Herkunft von Schafen, Ziegen und

sonstigen Tieren muss erkenntlich angegeben werden. Da sie auf den Bedarf der jeweiligen Jungtiere abgestimmt ist, unterscheidet sich die Rohmilch verschiedener Tierarten, wobei das Muttertier Unterschiede in der Fütterung auszugleichen versucht. Gemäß dem Bedarf der Jungtiere ändert sich die Zusammensetzung einiger Komponenten auch mit der Laktationszeit. Rind, Schaf und Ziege sind pflanzenfressende Wiederkäuer. Neben Gras und Heu bekommen Milchkühe je nach Gegend auch Grassilage, Maissilage, Kraftfutter (z.B. Getreideschrot), sowie Ergänzungsfutter (Milchleistungsfutter) und Mineralfutter. Es gibt aber auch Ergänzungs- und Mineralfutter für Schafe, Ziegen oder Pferde im Handel. In den Molkereien wird Tankmilch verarbeitet, welche aus vielen Betrieben aus unterschiedlichen Regionen von Kühen aller Altersklassen und Laktationszeiten gemischt wird, sodass sich diesbezügliche Unterschiede höchstwahrscheinlich ausgleichen. Nur Milch aus Biobetrieben wird gesondert verarbeitet und erzielt zumeist einen höheren Preis. Während Stalltiere gemischtes und zum Teil auch importiertes Futter bekommen, kann sich bei Weidetieren der Jahreszyklus der natürlichen Vegetation auswirken. Beim Vergleich der Elementmuster der Rohmilch von Alm- und Stalltieren der gleichen Betriebe aus 4 Kärntner Tälern zeigten sich jedoch nur Trends zu höheren Konzentrationen (in der Trockenmasse) bei Li, Rb, Cs, Ba und Sr⁹. Im Vergleich zu Stallmilch aus NÖ hatte die Kärntner Almmilch etwas mehr Al, Ba, Fe, Li, Na und Rb, hingegen etwas weniger Co und Mo, was möglicherweise durch Ergänzungsfutter bei Stallhaltung bedingt ist. Im Zuge der Lebensmittelkontrolle ist gefordert, Parameter zu finden, mit welchen die angegebene Herkunftsbezeichnung überprüft werden kann. Dabei wurde in der Literatur immer wieder auf Spurenelementmuster zurückgegriffen. Ein Vergleich mit Daten aus heimischen Proben mit bereits publizierten Daten kann helfen, hier Unterschiede zu finden. Neben reinen Milchprodukten finden sich auch eine Reihe von Milchlischprodukten wie Kakaomilch oder Fruchtjoghurt im Handel, deren geschmacksverändernde Zusätze höhere Preise erzielen. Eventuelle Änderungen im Elementmuster könnten für die Ernährungsberatung bedeutsam sein, um den Konsumenten die Milchprodukte schmackhafter zu machen. Besonders für Konsumenten mit Laktose-Intoleranz oder veganer Ernährung sind diverse Sojagetränke als Ersatz für Milch im Handel. Sojaprodukte sind pflanzliche Produkte und deshalb von unterschiedlicher Zusammensetzung (und Geschmack), auch wenn sie wie Milch aussehen und verwendet werden können. Für diese Arbeit wurden 5 verschiedene Sojaprodukte analysiert und die Daten mit Milch verglichen, um Unterschiede in der Ernährungsrelevanz herauszuarbeiten.

ARBEITSGANG

Die meisten Proben wurden im Rahmen der amtlichen Kontrolle von Jänner bis Oktober 2014 im Handel gezogen und eine Subprobe davon in 50 ml Kunststoffproberöhrchen tiefgefroren. Sämtliche Proben wurden im Rahmen der üblichen Routinekontrolle nicht beanstandet. Nach einer ersten Auswertung wurden zusätzlich Schaf-, Ziegen und Sojaprodukte im August 2015 in Supermärkten gekauft. Die Proben wurden ohne Gefäßwechsel über 2 Nächte gefriergetrocknet, mit einer Kunststoffspatel homogenisiert, davon 1,00 g (bei Schlagobers und Creme fraiche 0,70 g) durch einen mikrowellenunterstützten Druckaufschluss mit 8 ml salpetersaurer Kaliumchloratlösung ($20\text{ g KClO}_3 + 200\text{ ml H}_2\text{O} + 80\text{ ml HNO}_3$) aufgeschlossen und in 25 ml Kunststoffmesskolben aufgefüllt⁷. Aus der Aufschlusslösung wurden mit ICP-OES sämtliche Metallkationen (ausgenommen K und Rb), die Nichtmetalle Bor, Schwefel und Silizium, und zusätzlich mit ICP-MS Jod als Jodat durch Standardaddition bestimmt



(vgl.⁶). Die Hauptelemente Na-Ca-Mg-P-Sr wurden nach entsprechender Verdünnung bestimmt, die Nichtmetalle B-Si sowie Ce-La-Sc-Ti-Y aus gesonderten Läufen. Einige Proben wurden auch mit konzentrierter HNO₃ aufgeschlossen und die Aufschlüsse auch mit dem nachweisstärkeren ICP-MS gemessen. Die in dieser Arbeit gegenüber früheren Arbeiten^{5,6} angegebenen schlechteren Nachweisgrenzen (z.B. in Tab. 1) rühren daher, dass diese Proben nur mit dem weniger nachweisstarken ICP-OES Gerät gemessen wurden. ICP-OES und ICP-MS zeigten gute Übereinstimmung bei Cd, Co, Ce und La, soweit es die Nachweisgrenze zuließ; nur bei Blei, dessen Masse ungestört gemessen werden kann, lag die ICP-OES systematisch zu hoch.

ERGEBNISSE

Tabelle 1 zeigt die Konzentrationen von aus Kuhmilch gewonnenen Produkten, geordnet nach Fettgehalten. Mit zunehmendem Fettgehalt nehmen der Wassergehalt und der Gehalt an Spurenelementen ab. Eisen folgt diesem Trend nur, wenn man auf die Trockenmasse bezieht. Wegen der geringeren Einwaage werden manche Nachweisgrenzen beim Schlagobers schlechter. Die pro Tag empfohlene Aufnahmemenge⁸ kann für Ca (1000 mg) und Jod (0,15 mg) mit weniger als 1 Liter Milch erreicht werden. Im Vergleich mit den in einer früheren Arbeit ermittelten Daten von 103 Rohmilchproben aus 21 Betrieben aus Niederösterreich⁶ lagen die in handelsüblicher Milch verschiedener Fettstufen gefundenen Konzentrationen im gleichen Bereich, nur Na und Jod waren in den Handelsprodukten etwas höher. Da sich Milch natürlichen Fettgehalts, Vollmilch, Halbfettmilch, Magermilch und Naturjoghurt in ihrer Spurenelementzusammensetzung nicht unterscheiden, kann man dies als Basis dafür nehmen, Unterschiede zu entsprechenden Produkten aus Ziegenmilch, Schafmilch oder Sojabohnen zu finden (Tab. 2). Hiefür wurden 4 Proben Ziegenmilch und 4 Proben Ziegenjoghurt, 13 Proben Schafjoghurt und 5 Sojagetränke herangezogen und teilweise das nachweisstärkere ICP-MS eingesetzt. Vergleicht man Kuhmilchprodukte mit jenen aus Ziegenmilch, so überlappen sich die Konzentrationsbereiche großteils. Ziegenmilch bzw. Ziegenjoghurt enthielt signifikant mehr Rb und Cs und zeigte einen Trend zu mehr Fe und Mn. Schafjoghurt enthielt signifikant mehr Sr und Ba als Kuhmilch und zeigte einen Trend zu mehr Li, Cs, Ca, S und Jod, hingegen zu weniger Kalium. Da in dem aus dieser Arbeit vorliegenden Datensatz nur das Probenahmedatum im Handel, nicht aber die Laktationstage bekannt sind, sind jahreszeitliche Trends schwer rückverfolgbar und vorerst nicht erkennbar. Dazu kommen die eher gleichbleibende Fütterung von Stalltieren sowie Messunsicherheiten. Bei Schafjoghurt wurden zu wenige Proben über das Jahr verteilt untersucht, um statistisch gesicherte Aussagen treffen zu können. Milchersatzprodukte auf Sojabasis spiegelten deutlich ihre pflanzliche Herkunft wider und enthielten wesentlich mehr Al, B, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Si und vor allem Nickel, hingegen weniger Jod und Ca. Bei einigen Produkten wurde sogar noch Ca zugesetzt, um annähernd das Niveau von Milch zu erreichen. Mit einem Liter Sojagetränk kann somit die für Erwachsene täglich empfohlene Aufnahmemenge für Cr (0,03 – 0,10 mg), Cu (1 – 1,5 mg), Mg (350 mg), Mn (2 – 5 mg), Mo (0,5 mg), Na (550 mg) und P (700 mg) erreicht werden (DACH 2013), hingegen werden Jod und Ca weniger zugeführt. Bemerkenswert sind die beachtlichen Nickelmengen in Soja, die für Nüsse wohl allgemein charakteristisch sind; in Großbritannien wurde in Nüssen die 30-fache Nickelkonzentration im Vergleich mit dem Durchschnitt der übrigen Lebensmittel festgestellt⁹.

Besonders Kinder und Jugendliche schätzen geschmacksverändernde Zusätze zu Milch. In Tab. 3 werden die in den 30 Voll-

milchproben gefundenen Werte jenen von Kakaomilch (6 Proben), Acidophilusmilch (3 Proben) und Erdbeermilch (1 Probe) gegenübergestellt. Kakao erhöht trotz seiner geringen Beimischrate zum Produkt im Prozentbereich einige Elemente deutlich, die in Pflanzen in weit höheren Mengen als in tierischen Geweben enthalten sind, z.B. Al, B, Ba, Cu, Fe, Mn und Ni. Acidophilusmilch und Erdbeermilch hingegen lagen gänzlich im Bereich von Vollmilch. Bei den fettreichen Produkten ließen sich Schlagobers und Creme fraiche vergleichen (Tab. 4). Creme fraiche enthielt mehr Na und Li als Schlagobers, alle anderen untersuchten Elemente lagen im gleichen Bereich.

DISKUSSION

In der menschlichen Ernährung ist Milch generell eine wichtige Quelle für Calcium und Jod. Im Hinblick auf die Zufuhr von Spurenelementen ist es egal, welchen Fettgehalt die verwendete Milch hat; nur Kaffeeobers und Schlagobers bringen etwas weniger. Auf die ursprüngliche Frage, welches Milchprodukt man bei Jodmangel am besten konsumieren sollte, lautet die eindeutige Antwort: Schafjoghurt. Sojagetränke hingegen sind in dieser Hinsicht ungeeignet (Tab. 2). Bei Mangel an Cu, Mn oder Mo, z.B. aufgrund eines geringen Verzehrs von Gemüse, sind Kakaomilch oder Sojagetränke zu bevorzugen. Um einem Ca-Mangel bei veganer Ernährung vorzubeugen, können Sojagetränke auch Ca-Zusätze enthalten, wie auf der Packung angegeben. Wichtig wären auch entsprechende Untersuchungen auf Selen, da Österreich ein Mangelgebiet ist, die Milchkühe aber über die Gabe von Ergänzungsfuttermitteln gut damit versorgt sind; das war mit den verwendeten Verfahren nicht möglich. Eine mäßige Erhöhung der meisten Mikroelemente in Blut und Gewebe wirkt sich in der Milch nicht aus, da deren Zusammensetzung durch Homöostase geregelt ist. Hingegen bewirkten steigende Gaben von Selen und Jod auch eine Steigerung deren Niveau in der Milch¹⁰.

Ebenso konnte in einer eigenen Arbeit bei gleichzeitiger Beprobung von Futter und Rohmilch kaum signifikante Korrelationen mit jeweiligen Elementgehalten festgestellt werden; am ehesten bei Rb und Jod¹¹. Bei Schafen und Ziegen in Italien konnten ebenfalls keine schlüssigen Korrelationen zwischen aktueller Futter- und Milchzusammensetzung erkannt werden¹². Unterschiede in den Konzentrationen von Li, Rb, Cs, Sr und Ba zwischen Kuh-, Ziegen- und Schafmilchprodukten, welche nach üblicher Lehrmeinung kaum einer Homöostase unterliegen, könnte auch durch verschiedene Futterpflanzen erklärbar sein, die in höheren Lagen ohne Düngung wachsen, was Gegenstand künftiger Untersuchungen sein möge (vgl.⁵). Protein, Asche und titrierbare Säure waren in Joghurt aus Schafmilch am höchsten, ebenso wie Ca, P, Na und Mg. Ziegenjoghurt enthielt das meiste K, war aber sonst dem Kuhjoghurt ähnlich. Türkisches normales Kuhjoghurt enthielt wesentlich mehr Co, Cr, Cu, Mg, Mn und Mo als jenes aus NÖ, Fe und Zn waren ähnlich¹³.

Die Frage, ob bei der Abscheidung des Milchfetts die Spurenelemente auch in die Fettphase gehen, kann größtenteils verneint werden, da ihr Anteil in der Frischmasse proportional zum Wassergehalt sinkt. Ca und P sinken sogar stärker. In Milchprodukten aus der ehemaligen DDR, kurz nach der Wiedervereinigung genommen, zeigte sich bei Butter eine Abreicherung sämtlicher Spurenelemente gegenüber der Vollmilch bezüglich Trockensubstanz, ausgenommen Mo und Cd. Gleichmaßen wurde eine Abreicherung sämtlicher Spuren in Joghurt festgestellt, ausgenommen Mo und Pb. Im Vergleich mit den Daten aus Niederösterreich lagen Mo, Cd, Pb, Rb und Li im gleichen Bereich, Ni lag in NÖ tiefer¹⁴. In Milch sind viele Elemente kaum als freie Ionen gelöst, sondern an Proteine oder andere Liganden gebunden¹⁵. Bei der Fällung von Kasein aus Schaf- und Ziegen-



milch reichern sich Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ob und Zn im Kasein an, Mg, Ni und Sr jedoch nicht [12]. Wird die Molke vom Joghurt getrennt, wie bei der Herstellung von türkischem Torba-Joghurt (Torba türk. = Sack), kommt es im Produkt zur Entfernung wasserlöslicher Anteile wie Laktose, aber zur Anreicherung von Protein und Fett¹³.

Die Jahreszeiten wirken sich durch verschiedene Temperatur und Fotoperioden stark auf die Pflanzenszusammensetzung aus. An Hand dreier Betriebe zur Produktion von Schaf- und Ziegenkäse aus der Region Perugia (Italien) wurde gezeigt, dass Jahreszeit (Sommer – Winter) und Fütterung, wie Zusatz von Kleie oder Mais zum Gras, die Gehalte einiger Spurenelemente in Milch beeinflussen. Die gefriergetrockneten Proben enthielten im Winter weniger Al, Ba, Co, Cr, Cu, Fe und Mn bei Schafen, und weniger Al, Ba, Cd, Cr, Mn, Ni und Zn bei Ziegen. Hingegen war der Einfluss der Jahreszeit auf den Gehalt von Ni, Sr und Zn bei Schafen sowie Co, Cu, Mg, Pb und Sr bei Ziegen nicht signifikant. Schafmilch enthielt mehr Al, Ba, Mn, Ni, Pn und Zn als Ziegenmilch, etwa gleich viel Cd, Co, Cu, Fe und Sr, hingegen weniger Mg. Im Vergleich mit Schafjoghurt aus Österreich enthielt die italienische Schafmilch mehr Al, Ba, Co, Fe, Pb und Sr, jedoch weniger Cr, Mn und Ni. Italienische Ziegenmilch enthielt ebenfalls mehr Ba, Cd, Cu, Fe, Pb und Sr als österreichische, jedoch weniger Cr, Mn, Ni und Zn¹². Unterschiede könnten weniger auf die Geologie als auf die unterschiedliche Vegetation zurückzuführen sein. In Milch aus dem Nationalpark Monte Gargano (Italien) wurden sie nur für Mn und Pb in Schafmilch, sowie für Co, Cd, Mn und Pb in Kuhmilch festgestellt¹⁶. Bei Schafmilch aus Schottland zeigten sich von März bis September deutliche jahreszeitliche Veränderungen beim Fett- und Proteingehalt, ähnlich der Kuhmilch unter vergleichbaren Fütterungsbedingungen⁴.

In einigen Arbeiten konnte an Hand von Spurenelementmustern die Herkunft der Produkte aus mehreren verschiedenen Betrieben, die sich durch Region, Fütterung oder Rasse unterscheiden, nachvollzogen werden. Vergleicht man jedoch ganze Regionen, so überlagert sich das mit Unterschieden in Rasse, Fütterung, Laktationszeiten und dem Jahresverlauf, dem die Vegetation im gemäßigten Klima unterworfen ist⁶. Da für handelsübliche Produkte die Milch landesweit von verschiedensten Kühen und Betrieben gemischt wird, kann man nur von einem Durchschnittswert ausgehen. Trotzdem lohnt sich ein erster Vergleich mit Daten aus anderen Ländern. Milch von 6 Kühen der Rasse Holstein-Friesen aus dem Versuchsbetrieb des Bundesinstituts für Risikobewertung Berlin enthielt mehr Co, Cu, J, Mn und Sr, jedoch weniger Br, Li und Rb als der Milch von 6 Kühen der Rasse Fleckvieh aus Göstling an der Ybbs (Niederösterreich). Hingegen traten keine Unterschiede bei As, B, Ni, Pb und Zn auf. Ob dies auf den höheren Einsatz von Mineralfuttermitteln in Berlin, oder auf Unterschiede in Rasse und Laktationszeit zurückzuführen ist, bleibt offen¹⁷.

In Spanien enthielten im Supermarkt gekaufte Kuhmilch und Kuhmilchjoghurt sämtliche Spurenelemente auf Basis Frischgewicht im gleichen Bereich. Im Vergleich mit Rohmilch aus Niederösterreich hatte sie jedoch 10-mal mehr Fe und 5-mal mehr Al¹⁸. Auch Garcia et al.¹⁹ fanden in 90 spanischen Milchproben deutlich mehr Al, Pb und Ni, sowie etwas mehr Cu und Cr, aber weniger Zn, als in der Studie aus Niederösterreich. 50 Kuhrohmilchproben und 43 Schafrohmilchproben aus dem Gebiet des Nationalparks Monte Gargano (Italien) unterschieden vor allem bei Cu, Fe und Se, kaum jedoch bei sämtlichen anderen untersuchten Spurenelementen. Trotz verschiedenen Klimas und geologischen Verhältnissen (Vulkan) stimmen bei Kuhmilch die Konzentrationsbereiche bei Cu, Mn, Mo, Zn, Cd, und Pb mit den Daten aus Niederösterreich (auf Frischmasse bezogen)

überein, ebenso die italienische Schafrohmilch und das in Österreich verkaufte Schafjoghurt. Nur Co und Fe liegen in Italien höher, und Cr tiefer¹⁶. Im Vergleich mit Kuhmilch waren in der Region Perugia (Italien) Cu, Fe, Cr und Ni in Schafmilch niedriger, hingegen Ba, Sr und Cd höher¹². In österreichischen Milchprodukten (diese Arbeit) waren hingegen Cu, Fe, Ba und Sr in Schafjoghurt höher als in Kuhmilch. Während Ziegenmilch und Kuhmilch aus Österreich ziemlich ähnlich waren, ausgenommen mehr Fe und Mn bei der Ziege, enthielt die italienische Ziegenmilch weniger Al, Fe, Cr, Mn und Ni als Kuhmilch¹². Büffelmilch, welche in Süditalien vor allem zur Herstellung von Mozzarella verwendet wird, enthielt mehr P, S, Ca, V, Co, Zn, Ga und Ba als Kuhmilch aus dem gleichen Betrieb und gleichem Futterangebot, hingegen etwa gleich viel Fe, Rb und Sr, sowie weniger Cr, Mn und Mo²⁰. Im Vergleich mit Rohmilch aus NÖ enthielt die Kuhmilch aus Süditalien mehr Rb, Cs, Sr und Ba, etwa gleich viel Ca, Mn und V, hingegen weniger P, S, K, Cr, Co, Mo und Zn²⁰. Milch aus zwei verschiedenen Regionen Apuliens enthielt etwa gleich viel Ba, Cu, Fe und Mn wie Milch aus Niederösterreich, hingegen 10-mal so viel Al und halb so viel Zn. Mit Hilfe der zusätzlichen Parameter $\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ konnten die Milchproben den beiden Regionen richtig zugeordnet werden²¹.

In Polen wurde die Milch von 10 Holstein-Friesen und 10 Polnischen Roten Kühen von 4 Betrieben bei gleichen Bodenverhältnissen und Klima verglichen. In Milch vom konventionell extensiv bewirtschafteten Betrieb lagen Ca, Mg, Na, P und S etwas tiefer als von Intensivbetrieb oder von 2 Biobetrieben, aber nicht signifikant. Bei den Spurenelementen gab es Unterschiede auch bei Ba, Sr, Li und Si, nicht jedoch bei B, Co, Cr, Cu, Fe und Ni. Im Vergleich mit Milch aus Niederösterreich enthielt die polnische Milch weniger Ca, Mg, K, P, Ba, Co und Zn, hingegen mehr Cu, Fe, Li, Ni und V. Die Bereiche für Na, B, J, Mn, Sr, Cd und Pb waren gleich. Da der polnische Sandboden vergleichsweise arm an verfügbaren Mineralstoffen ist, wirkt sich das auf den Aufwuchs und in weiterer Folge am meisten bei extensiver Haltung aus²². In Polen (Region Podlasie) wurden in Milch, Kuhjoghurt und auch in Schlagobers und Butter viele Spurenelemente in gleichen Konzentrationsbereichen gefunden (Cd, Cu, Fe, Pb), beim Schlagobers war nur Mn höher, bei Butter Zn nur 1/5 des Gehalts in Milch²³.

Unter 36 Elementen gelten in der Slowakei Ba, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Ni und V als Leitelemente für geologisch verschiedene Regionen. Der aus Schafkäse hergestellte slowakische Brimsen unterschied sich an einigen Standorten signifikant von allen anderen in einzelnen dieser Elemente, was durch Faktorenanalyse zu einigen guten Herkunftszuordnungen führte, aber nicht bei benachbarten ähnlichen Regionen. Auch auf Trockenmasse bezogen ist demnach slowakischer Brimsen höher mineralisiert als österreichisches Schafjoghurt, ausgenommen mit Mg. Im Vergleich mit ähnlichen Produkten aus Rumänien und Polen hatte der slowakische Brimsen mehr Cr und Cu²⁴.

Bei der Analyse von 157 Rohmilchproben in Kroatien, beprobt in Molkereien, stellten sich trotz unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse keine signifikanten Unterschiede bei Pb, Cd, Hg, As und Cu zwischen dem nördlichen und dem südlichen Landesteil heraus. Im Vergleich mit Rohmilch aus Niederösterreich war jedoch Pb etwa 10-mal und Cu 20-mal höher²⁵.

In 207 Milch- und Joghurtproben aus Südkorea lagen die Gehalte an Hauptelementen (Ca, Mg, Na, K, P) bezüglich Frischmasse im Bereich entsprechender Proben aus Niederösterreich, nur Fe war 100-mal höher. Der Trend zu höherem Na in österreichischem Joghurt gegenüber Milch war in koreanischem Joghurt nicht feststellbar²⁶.

In Neuseeland, einem Jodmangelgebiet, enthält die Milch von



nicht-supplementierten Kühen Jod nur im Ausmaß von 20-25 µg/L, ließ sich aber durch orale Jodgabe oder intra-muskuläre Injektion stark erhöhen, was die Milchleistung und die Reproduktion nicht beeinflusste¹⁵. Jodhaltige Desinfektionsmittel können die Gesamtjodkonzentration in der Milch in unbeabsichtigter Weise erhöhen. Im Vergleich mit österreichischer Milch (diese Arbeit) enthält Milch aus Neuseeland etwa gleich viel Ca, Fe, Cu und Zn, doppelt so viel Mn, aber nur 1/10 an Jod¹⁰. Im Vergleich mit spanischer Kuhmilch hatten auch in Spanien verkaufte Sojaprodukte mehr Al, Ba, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni und V und gleich viel As, Cr, Pb, Zn¹⁸ wie das bei pflanzlichen Produkten zu erwarten ist.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In der menschlichen Ernährung sind Milch- und Milchprodukte nicht nur eine bedeutende Quelle für Calcium, sondern auch für Jod. Hingegen sind die Gehalte an klassischen Kontaminanten (Cd, Pb) nicht nachweisbar. Bei der Zubereitung traditioneller Mehlspeisen tritt kein Verlust löslicher Salze ein, im Gegensatz zur Zubereitung einiger Gemüsegerichte, sodass das gesamte Jod, Calcium, Magnesium u.a. auch eingenommen wird. Hinsichtlich des Gehalts sämtlicher Spurenelemente ist es unerheblich, welche Milch welcher Fettstufe oder auch Naturjoghurt konsumiert wird. Jedoch enthalten fettreiche Produkte (Rahm, Kaffeeobers, Schlagobers) etwas weniger an Spurenelementen, aber noch gut messbar. Da in handelsüblicher Milch die Haupt- und Spurenelemente in gleichen Konzentrationsbereichen wie in Rohmilch vorhanden sind, bringt der Konsum von Rohmilch in dieser Hinsicht keinen Vorteil. Wechselt man von Kuhmilch zu Ziegenmilch oder Schafmilchprodukten, so zeigen sich in einigen Fällen Trends zu höheren Spurenelementgehalten, aber bei weitem nicht bei allen. Bei Jodmangel oder erhöhtem Jodbedarf (Schwangerschaft) ist Schafjoghurt dem Kuhjoghurt vorzuziehen. Während sich innerhalb Niederösterreichs die Rohmilch aus dem Waldviertel, dem Donauraum und den Kalkvoralpen hauptsächlich durch Ba, Rb und Sr unterschied, kann man bei Durchsicht der Literatur doch noch mehr regionale Unterschiede finden (vorausgesetzt, die teils sehr tiefen Daten sind richtig). Geschmacksverändernde Zusätze wie Kakao können wertvolle Spurenelemente mitbringen, ohne die Milchcharakteristik (hohes Ca, Mg, Jod, P, S) zu verändern. Sojagetränke sind eher einem Gemüsesaft ähnlich als Milch, und fallen durch ihr relativ hohes Nickel auf.

LITERATUR

1. Lindorfer H, Krebs M, Kautzky-Willer A, Bancher-Todesca D, Sager M, Gessl A. *European Journal of Clinical Nutrition* 2015; 69(3): 349–354.
2. Thomson C D. *Brit. Journal of Nutrition* 2004; 91(5): 661–672.
3. Girelli M E, Coin P, Mian C, Nacamulli D, Zambonini L, Piccolo M, Vianello-Dri A, Gottardo F, Busnardo B. *J. Endocrin. Invest.* 2004; 27: 709–713.

4. Muir D D, Horne D S, Law A J R, Steele W. *Milchwissenschaft* 1993; 48(7): 363–366.
5. Sager M. *VDLUFA- Schriftenreihe* 2014; 70: 486–496
6. Sager M, Hobegger M. *Ernährung/Nutrition* 2013; 37 (7/8): 277– 290.
7. Sager, M. *Analytical Chemistry an Indian Journal* 2011; 10(2): 101–108.
8. DACH, Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 1.Ausgabe/5. Nachdruck, DGE Bonn 2013
9. Ysart G, Miller P, Crews H, Robb P, Baxter M, De L'Argy C, Lofthouse S, Sargent C, Harrison N. *Food Add. Contam.* 1999; 16(9): 391– 403
10. Knowles S O, Grace N D, Knight T W, Mc Nabb W C, Lee J. *Animal feed science and technology* 2006; 131: 154–167.
11. Hobegger M, Sager M. *ALVA Jahrestagung* 2012, 256– 258.
12. Coni E, Bocca A, Cappolelli P, Caroli S, Cavallucci C, Trabalza-Marinucci M. *Food Chem* 1996; 57(2): 253–260.
13. Güler Z., Şanal H. *Int. Journal of Food Sci Nutr* 2009; 60(2): 153–164.
14. Anke M, Angelow L, Illing H, Müller M, Glei M. *Milchwissenschaft* 1993; 48(10): 582.
15. Knowles S, Lee J, Grace N D. *Proc. Nutr. Soc. New Zealand* 1997; 22: 174–183.
16. Carosielli L, Marchesani G, Chiaravalle E, Lauriola S, Mangiacotti M. *Associazione Italiana Veterinari Igienisti* 2008; settembre 1: 31–34
17. Herwig N, Stephan K, Panne U, Pritzkow W, Vogl J. *Food Chem* 2011; 124: 1223–1230
18. Llorent-Martinez E J, Fernandez de Cordova M L, Ruiz Medina A, Ortega Barrales P. *Microchem. Journal* 2012; 102: 23–27.
19. Garcia E M, Lorenzo M L, Cabrera C, Carmen Lopez M, Sánchez J. *J. Dairy Research* 1999; 66: 569–578
20. Benincasa C, Lewis J, Sindona G, Tagarelli A. *Food Chem.* 2008; 110: 257–262
21. Brescia A, Caldarola V, Buccolieri G, Dell'Atti A, Sacco A. *Ital. J. Food Sci.* 2003; 15(3): 329–336.
22. Gabryszuk M, Sloniewski K, Sakowski T. *Animal Science Papers and Reports* 2008; 26(3): 199–209.
23. Oprzadek K, Gorska A, Olszewska E. *Fres Environ Bull* 2010; 19(4): 585–588.
24. Korenovska M, Suhaj M. *Food Res Technol* 2007; 225: 707–713
25. Bilandžić N, Dokič M, Sedak M, Solomun B, Varenina I, Knezevič Z, Benič M. *Food Chem.* 2011; 127: 63–66.
26. Khan N, Choi J Y, Nho E Y, Hwang I M, Habte G, Khan M A, Park K S, Kim K S. *Anal. Lett.* 2014; 47: 1606– 1613.

DANKSAGUNG:

Der Autor dankt Hrn. Prof. Dr. A. Gessl (Universitätsklinik für Innere Medizin II / Klinische Abteilung für Endokrinologie und Stoffwechsel, Medizinischen Universität Wien) für die Finanzierung der Jodbestimmungen in den Milchprodukten.

Der Autor dankt den Mitarbeitern der Abteilung tierische Lebensmittel im Hause für das Überlassen von Subproben sämtlicher Milchprodukte aus der Kontrolltätigkeit.



Tabelle 1. Konzentrationen in Kuhmilch und deren Produkten (im Frischgewicht, mg/kg), ICP-OES Werte

| | Schlagobers(7) | Rahm+ Kaffeeobers(8) | Milch nat. Fettgehalt(10) | Vollmilch(30) | Halbfettmilch(9) | Magermilch(6) | Joghurt(9) |
|-------------------|----------------|-------------------------|------------------------------|----------------|------------------|----------------|--------------|
| %H ₂ O | 58,8 ±2,8 | 77,4 ±1,5 | 84,5 ± 2,6 | 85,4 ±2,0 | 87,5 ±1,5 | 86,4 ±4,1 | 84,2 ±3,0 |
| Al | < 0,1-0,44 | <0,1-0,48 | <0,1- 0,26 | <0,1- 0,19 | <0,1 – 0,18 | < 0,1 – 0,13 | < 0,1 – 0,15 |
| B | < 0,10 | 0,07±0,03 | 0,16 ±0,07 | 0,11 ±0,09 | 0,11 | 0,08 | 0,14 |
| Ba | 0,033±0,033 | 0,040±0,017 | 0,068±0,066 | 0,060±0,020 | 0,073 ±0,028 | 0,076 ±0,029 | 0,085 ±0,042 |
| Be | 0,0006-0,0041 | <0,0005-0,0027 | <0,0005-0,0011 | <0,0005-0,0008 | <0,0005-0,0007 | <0,0005-0,0014 | <0,0005 |
| Ca | 833 ±113 | 1040 ±144 | 1699 ±294 | 1504 ±228 | 1796 ±705 | 1706 ±162 | 1661 ±408 |
| Cd | < 0,004 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Ce | < 0,04 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Co | < 0,004 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| Cr | < 0,01 | < 0,01 | 0,015±0,011 | 0,015±0,009 | 0,023 ±0,015 | 0,021 ±0,005 | 0,022 ±0,011 |
| Cu | < 0,04 | 0,034 ±0,021 | 0,062±0,050 | 0,041±0,014 | 0,053±0,025 | 0,038 ±0,003 | 0,046 ±0,025 |
| Fe | 0,45 ±0,15 | 0,28 ±0,07 | 0,26 ±0,09 | 0,21 ±0,07 | 0,22 ±0,12 | 0,18 ±0,02 | 0,24 ±0,06 |
| J | 0,21 ±0,14 | 0,33 ±0,17 | 0,42 ±0,17 | 0,38 ±0,14 | 0,49 ±0,22 | 0,43 ±0,12 | 0,37 ±0,19 |
| La | < 0,01 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Li | 0,0013±0,0010 | 0,0027±0,0007 | | 0,0028±0,0015 | | | 0,0028 |
| Mg | 70 ±7 | 87 ±5 | 123 ±31 | 113 ±11 | 132 ±54 | 119 ±7 | 119 ±24 |
| Mn | 0,011 ±0,014 | 0,026 ±0,010 | 0,024±0,010 | 0,023 ±0,010 | 0,027 ±0,010 | 0,036 ±0,033 | 0,030 ±0,011 |
| Mo | < 0,1 | < 0,05 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 |
| Na | 338 ±44 | 500 ±140 | 607 ±71 | 536 ±73 | 641 ±232 | 553 ±67 | 667 ±92 |
| Ni | < 0,04 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| P | 679±54 | 831 ±91 | 1102 ±198 | 1035 ±118 | 1242 ±482 | 1120 ±82 | 1094 ±232 |
| Pb | < 0,05 | < 0,04 | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 |
| S | 230 ±33 | 285 ±26 | 347 ±45 | 343 ±46 | 420 ±152 | 377 ±32 | 381 ±87 |
| Sc | < 0,005 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 |
| Si | 0,65 ±0,34 | 0,77 ±0,09 | 1,38 ±0,36 | 1,32 ±0,58 | 1,01 | 0,59 | 1,96 |
| Sr | 0,17 ±0,08 | 0,26 ±0,04 | 0,38 ±0,37 | 0,28 ±0,08 | 0,38 ±0,13 | 0,34 ±0,06 | 0,33 ±0,12 |
| Ti | 0,017 ±0,004 | <0,001-0,014 | 0,015±0,007 | <0,001-0,021 | 0,024 | 0,012 | 0,009±0,002 |
| V | < 0,01 | < 0,005 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 |
| Zn | 2,75 ±0,45 | 3,40 ±0,35 | 4,47 ±1,02 | 4,15 ±0,62 | 5,02 ±1,89 | 4,34 ±0,52 | 4,58 ±0,89 |



Tabelle 2. Vergleich von Kuh-, Ziegen-, Schaf- und Sojaprodukten (im Frischgewicht, mg/kg)

55 Werte von Kuhmilch (nat. Fettgehalt, Vollmilch, Halbfettmilch, Magermilch), davon 9 über ICP-MS

8 Werte von Ziegenmilch (Ziegenmilch, Ziegenjoghurt), davon 7 über ICP-MS

13 Werte von Schafjoghurt, davon 6 über ICP-MS

| | 55 bzw. 9 Werte Kuh | | 8 bzw. 7 Werte Ziege: Milch+Joghurt | | 13 bzw. 6 Werte Schafjoghurt | | 5 Sojagetränke | |
|--------------------|------------------------|------------------|--|------------------|---------------------------------|------------------|----------------|------------------|
| | Median | Bereich | Median | Bereich | Median | Bereich | Median | Bereich |
| % H ₂ O | 86,4 | 81,4 - 89,5 | 85,0 | 73,8 - 89,6 | 82 | 73,4 - 83,9 | 90,6 | 82,1 - 91,2 |
| Al | < 0,1 | < 0,1 - 0,26 | < 0,1 | < 0,1 - 0,43 | 0,17 | 0,10 - 0,47 | 1,66 | 0,71 - 8,11 |
| B | 0,084 | 0,053 - 0,222 | 0,105 | < 0,03 - 0,205 | 0,131 | 0,051 - 0,314 | 1,069 | 0,130 - 2,497 |
| Ba | 0,058 | 0,031 - 0,117 | 0,076 | 0,033 - 0,134 | 0,195 | 0,100 - 0,284 | 0,165 | 0,068 - 0,472 |
| Be | < 0,0005 | < 0,0005- 0,0011 | < 0,0005 | < 0,0005- 0,0012 | < 0,0005 | | < 0,0005 | |
| Ca | 1546 | 1238 - 1873 | 1421 | 1047 - 1913 | 2152 | 1252 - 2550 | 943 | 188 - 1368 |
| Cd | 0,0001 | < 0,0001- 0,0001 | 0,0001 | < 0,0001- 0,0003 | 0,0001 | < 0,0001- 0,0002 | 0,0042 | 0,0033 - 0,0074 |
| Ce | 0,0013 | < 0,0002- 0,0029 | < 0,0002 | < 0,0002- 0,0069 | < 0,0002 | < 0,0002- 0,0110 | 0,0023 | 0,0009 - 0,0118 |
| Co | 0,0006 | 0,0003 - 0,0007 | 0,0030 | 0,0002 - 0,0034 | 0,0039 | 0,0006 - 0,0048 | 0,018 | 0,008 - 0,041 |
| Cr | 0,019 | < 0,005 - 0,028 | 0,016 | 0,005 - 0,025 | 0,023 | < 0,005 - 0,047 | 0,025 | 0,024 - 0,049 |
| Cs | 0,0004 | 0,0003 - 0,0007 | 0,0039 | 0,0007 - 0,0158 | 0,0122 | 0,0008 - 0,0156 | 0,0014 | 0,0009 - 0,0051 |
| Cu | 0,040 | 0,025 - 0,081 | 0,057 | 0,043 - 0,106 | 0,078 | 0,032 - 0,214 | 1,57 | 1,33 - 2,08 |
| Fe | 0,187 | 0,148 - 0,374 | 0,410 | 0,199 - 0,470 | 0,386 | 0,263 - 0,620 | 4,93 | 0,361 - 17,9 |
| J | 0,407 | 0,211 - 0,642 | 0,662 | 0,384 - 0,979 | 1,168 | 0,204 - 1,953 | 0,021 | 0,002 - 0,192 |
| K | 1696 | 1418 - 1869 | 1641 | 1240 - 2367 | 1218 | 1000 - 1366 | 1766 | 1249 - 2372 |
| La | 0,0006 | < 0,0002- 0,0014 | < 0,0002 | < 0,0002- 0,0035 | < 0,0002 | | 0,0018 | 0,0004 - 0,0060 |
| Li | 0,0028 | 0,0010 - 0,0063 | 0,0055 | 0,0039- 0,0079 | 0,0085 | 0,0055 - 0,0229 | 0,0100 | 0,0019 - 0,0188 |
| Mg | 110 | 104 - 145 | 135 | 102 - 198 | 178 | 122 - 226 | 253 | 163 - 328 |
| Mn | 0,022 | 0,016 - 0,051 | 0,061 | 0,038 - 0,100 | 0,069 | 0,044 - 0,127 | 2,93 | 2,58 - 4,07 |
| Mo | 0,014 | < 0,005 - 0,042 | 0,016 | 0,004 - 0,042 | 0,029 | 0,012 - 0,052 | 0,391 | 0,053 - 0,543 |
| Na | 554 | 446 - 663 | 434 | 299 - 681 | 639 | 383 - 926 | 448 | 28 - 801 |
| Nd | 0,0005 | < 0,0002- 0,0008 | < 0,0002 | < 0,0002- 0,0030 | < 0,0002 | | 0,0015 | 0,0004 - 0,0059 |
| Ni | < 0,004 | < 0,004 - 0,040 | 0,008 | 0,004 - 0,018 | 0,004 | < 0,004 - 0,016 | 0,593 | 0,427 - 1,061 |
| P | 1040 | 936 - 1311 | 1116 | 805 - 1683 | 1397 | 924 - 1625 | 646 | 555 - 1148 |
| Pb | < 0,002 | < 0,002 - 0,004 | < 0,002 | | < 0,002 | < 0,002 - 0,006 | < 0,002 | < 0,002 - 0,006 |
| Pr | 0,0001 | < 0,0001- 0,0002 | < 0,0001 | < 0,0001- 0,0008 | < 0,0001 | < 0,0001- 0,0011 | 0,0004 | 0,0001 - 0,0015 |
| Rb | 0,27 | 0,17 - 0,47 | 4,03 | 0,94 - 8,57 | 3,90 | 0,36 - 4,49 | 0,61 | 0,48 - 1,23 |
| S | 339 | 311 - 438 | 394 | 321 - 494 | 515 | 416 - 600 | 388 | 252 - 437 |
| Sc | < 0,004 | | < 0,004 | < 0,004 - 0,006 | < 0,004 | < 0,004 - 0,007 | < 0,004 | < 0,004 - 0,006 |
| Si | 1,13 | 0,77 - 2,02 | 1,08 | 0,27 - 1,72 | 3,24 | 1,00 - 5,17 | 17,03 | 7,29 - 29,47 |
| Sm | 0,0001 | < 0,0001- 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001- 0,0006 | < 0,0001 | < 0,0001- 0,0008 | 0,0003 | 0,0001 - 0,0012 |
| Sr | 0,313 | 0,174 - 0,431 | 0,414 | 0,192 - 0,587 | 0,674 | 0,485 - 1,180 | 0,636 | 0,234 - 3,717 |
| Ti | 0,008 | 0,001 - 0,024 | 0,013 | 0,005 - 0,055 | 0,015 | 0,008 - 0,084 | 0,038 | 0,005 - 0,224 |
| Tl | 0,0002 | < 0,0001- 0,0021 | 0,0003 | < 0,0001- 0,0012 | 0,0003 | < 0,0001- 0,0005 | 0,0001 | < 0,0001- 0,0003 |
| V | < 0,004 | | < 0,004 | | -0,001 | -0,016 - 0,004 | 0,007 | < 0,004 - 0,029 |
| Y | 0,0002 | < 0,0001- 0,0003 | < 0,0001 | < 0,0001- 0,0006 | 0,0002 | < 0,0001- 0,0011 | 0,0025 | 0,0005 - 0,0081 |
| Zn | 4,27 | 3,34 - 5,62 | 4,16 | 1,88 - 5,44 | 4,31 | 3,21 - 7,75 | 5,09 | 3,22 - 5,68 |



Tabelle 3. Vollmilch im Vergleich mit Milchmischgetränken (Probenzahl in Klammer), mg/kg Frischgewicht

| | Vollmilch(30) | | Kakaomilch(6) | | Acidophilusmilch(3) | | Erdbeer- milch(1) |
|--------------------|---------------|--------------------|---------------|------------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| | Median | Bereich | Median | Bereich | Median | Bereich | |
| % H ₂ O | 85,9 | 82,7 - 87,6 | 81,5 | 79,5 - 84,5 | 86,7 | | 77,4 |
| Al | < 0,1 | < 0,1 - 0,19 | 0,31 | 0,12 - 1,39 | 0,11 | < 0,1 - 0,26 | 0,12 |
| B | 0,083 | 0,053 - 0,181 | 0,199 | 0,106 - 0,264 | 0,100 | 0,012 - 0,164 | 0,062 |
| Ba | 0,057 | 0,032 - 0,091 | 0,140 | 0,079 - 0,218 | 0,055 | 0,052 - 0,057 | 0,062 |
| Be | <0,0005 | <0,0005 - 0,0008 | <0,0005 | <0,0005 - 0,0006 | <0,0005 | | <0,0005 |
| Ca | 1449 | 1226 - 1851 | 1204 | 1052 - 1490 | 1313 | 1206 - 1482 | 1180 |
| Cd | < 0,0002 | | < 0,002 | | < 0,002 | | < 0,0002 |
| Ce | < 0,003 | | < 0,003 | | < 0,003 | | < 0,003 |
| Co | 0,0006 | 0,0003 - 0,0007 | 0,011 | 0,005 - 0,017 | < 0,002 | < 0,002 - 0,003 | 0,0009 |
| Cr | 0,018 | <0,005 - 0,025 | 0,019 | <0,005 - 0,084 | < 0,005 | < 0,005 - 0,011 | 0,005 |
| Cs | 0,0004 | 0,0003 - 0,0007 | | | | | 0,0005 |
| Cu | 0,038 | 0,025 - 0,064 | 0,377 | 0,145 - 0,533 | 0,029 | 0,020 - 0,032 | 0,025 |
| Fe | 0,188 | 0,121 - 0,345 | 1,572 | 0,362 - 6,98 | 0,160 | 0,145 - 0,211 | 0,310 |
| J | 0,390 | 0,225 - 0,589 | 0,170 | 0,044 - 0,629 | 0,407 | 0,387 - 0,429 | 0,049 |
| K | 1680 | 1418 - 1765 | | | | | 1532 |
| La | 0,0006 | <0,0002 - 0,00135 | <0,005 | | <0,005 | | <0,0002 |
| Li | 0,0021 | 0,0012 - 0,0051 | 0,0018 | 0,0015 - 0,0025 | 0,0043 | 0,0040 - 0,0055 | 0,0012 |
| Mg | 109 | 104 - 130 | 130 | 116 - 157 | 110 | 96 - 112 | 94 |
| Mn | 0,021 | 0,014 - 0,036 | 0,298 | 0,122 - 0,600 | 0,022 | 0,018 - 0,023 | 0,094 |
| Mo | 0,008 | 0,007 - 0,009 | | | | | 0,008 |
| Na | 545 | 442 - 608 | 551 | 423 - 633 | 481 | 341 - 559 | 462 |
| Nd | 0,0006 | <0,0002 - 0,00084 | | | | | <0,0002 |
| Ni | <0,004 | <0,004 - 0,041 | 0,098 | 0,055 - 0,140 | 0,013 | 0,006 - 0,021 | 0,007 |
| P | 1009 | 919 - 1197 | 977 | 822 - 1149 | 1004 | 903 - 1097 | 901 |
| Pb | <0,002 | <0,002 - 0,004 | | | | | 0,005 |
| Pr | 0,00015 | <0,00002 - 0,00023 | | | | | <0,00002 |
| Rb | 0,250 | 0,167 - 0,470 | | | | | 0,135 |
| S | 330 | 312 - 418 | 328 | 298 - 384 | 354 | 343 - 364 | 319 |
| Sc | < 0,004 | | < 0,004 | | < 0,004 | | < 0,004 |
| Si | 1,11 | 0,81 - 2,02 | 1,67 | 1,11 - 3,36 | 0,99 | 0,48 - 3,79 | 1,16 |
| Sr | 0,281 | 0,196 - 0,391 | 0,385 | 0,338 - 0,488 | 0,214 | 0,212 - 0,262 | 0,337 |
| Ti | 0,007 | <0,001 - 0,028 | 0,063 | 0,006 - 0,138 | 0,005 | 0,005 - 0,012 | 0,003 |
| V | < 0,004 | | < 0,004 | < 0,004 - 0,006 | < 0,004 | | < 0,004 |
| Y | < 0,0002 | | < 0,002 | | < 0,0002 | | < 0,0002 |
| Zn | 4,04 | 3,37 - 5,28 | 3,82 | 3,18 - 5,10 | 2,83 | 2,70 - 4,52 | 3,72 |



Tabelle 4. Vergleich fettreicher Milchprodukte (Probenzahl in Klammer), mg/kg Frischgewicht

| | Schlagobers (7) | | Creme Fraiche (4) | |
|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Median | Bereich | Median | Bereich |
| % H ₂ O | 57,2 | 55,9 - 61,8 | 61,9 | 57,1 - 62,9 |
| Al | 0,23 | < 0,1 - 0,53 | 0,46 | 0,29 - 0,70 |
| B | < 0,03 | < 0,03 - 0,07 | < 0,03 | |
| Ba | 0,035 | < 0,002 - 0,092 | 0,041 | 0,018 - 0,073 |
| Be | 0,0032 | < 0,0005 - 0,0041 | 0,0015 | < 0,0005 - 0,0033 |
| Ca | 823 | 657 - 1016 | 833 | 714 - 1077 |
| Cd | < 0,002 | | < 0,002 | |
| Ce | < 0,003 | | < 0,003 | |
| Co | < 0,003 | | < 0,003 | < 0,003 - 0,007 |
| Cr | < 0,005 | < 0,005 - 0,011 | < 0,005 | < 0,005 - 0,045 |
| Cu | < 0,04 | | < 0,04 | < 0,04 - 0,17 |
| Fe | 0,44 | 0,23 - 0,70 | 0,68 | 0,25 - 0,97 |
| J | 0,227 | 0,079 - 0,388 | 0,147 | 0,095 - 0,437 |
| K | 1048 | | 1099 | 975 - 1223 |
| La | < 0,002 | | < 0,002 | |
| Li | 0,0018 | 0,0002 - 0,0019 | 0,0037 | 0,0035 - 0,0038 |
| Mg | 71 | 56 - 77 | 67 | 59 - 204 |
| Mn | 0,008 | < 0,004 - 0,029 | 0,089 | < 0,004 - 0,362 |
| Na | 338 | 283 - 391 | 2073 | 1260 - 3312 |
| Ni | 0,015 | < 0,004 - 0,041 | 0,008 | < 0,004 - 0,035 |
| P | 666 | 614 - 750 | 656 | 575 - 980 |
| S | 241 | 169 - 260 | 243 | 241 - 248 |
| Sc | < 0,004 | | < 0,004 | |
| Si | 0,69 | 0,25 - 0,95 | 1,02 | 0,92 - 1,13 |
| Sr | 0,164 | 0,064 - 0,304 | 0,222 | 0,173 - 0,420 |
| Ti | 0,015 | < 0,01 - 0,021 | 0,024 | 0,023 - 0,025 |
| V | 0,005 | < 0,004 - 0,014 | < 0,004 | |
| Y | 0,004 | 0,002 - 0,005 | 0,003 | < 0,002 - 0,006 |
| Zn | 2,61 | 2,43 - 3,75 | 2,30 | 1,02 - 2,80 |

