

Sager M

Element- und Spurenelementgehalte von Äpfeln

Journal für Ernährungsmedizin 2014; 16 (3), 31

Homepage:

www.aerzteverlagshaus.at

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

MIT NACHRICHTEN DER



For personal use only.

Not to be reproduced without permission of Verlagshaus der Ärzte GmbH.

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 von Äpfeln

Element and Trace Element Content of Apples

Manfred Sager

Abstracts

Äpfel von ungefähr 200 Standorten aus hauptsächlich Nieder- und Oberösterreich aus den Jahren 2011 bis 2013 wurden ungeschält, aber entstielt und entkernt, auf Gesamtelementgehalte von Haupt- und Spurenelementen nach Gefriertrocknung und mikrowellenunterstütztem Druckaufschluss mit Multi-Elementmethoden untersucht. Der Datensatz enthält Proben verschiedenster Sorten sowohl aus konventionellem als auch aus biologischem Anbau, wie auch Hochstamm und Spindelbäume. Die in dieser Arbeit angetroffenen Konzentrationsbereiche liegen für K, Ca, Fe, Mn, Zn und Al tiefer als in der Literatur gefunden, gleich hoch hingegen für B, P, S und Ba. Unerwünschte toxische Spurenelemente sind gering und zum Teil unter der Nachweisgrenze. Für Li, Rb, Cs, Sr, Si und J, welche auch bestimmt wurden, wurden keine Vergleichswerte gefunden. Vergleicht man mit anderen Nahrungsmitteln, so enthalten Äpfel viel K und P, mehr Mg als Ca, und mehr Cu als Mn und Zn. Der Genuss von 2kg Äpfel kann nur den empfohlenen Tagesbedarf an Cu und K decken, aber keinen der anderen Elemente. Im Verhältnis zum mittleren Vorkommen in der Erdkruste geochemisch ähnlicher Elemente wird K in den Früchten gegenüber Rb angereichert, Ca gegenüber Sr, und Eu gegenüber den anderen Lanthaniden, was auf einige physiologische Selektivität der Apfelpflanze schließen lässt.

Schlüsselwörter: Ernährung, Äpfel, Gesamtelementgehalt, Spurenelemente, Zusammensetzung der Erdkruste

Apples from about 200 sites grown mainly in Lower and Upper Austria within 2011 and 2013 were analyzed unpeeled, but without seeds, for total contents of elements and trace elements by multi-element methods after freeze drying and microwave assisted pressure bomb digestion. The dataset contains samples of various varieties from conventional as well as from organic farming, as well as from big trees and small trees. The levels encountered within this work are lower for K, Ca, Fe, Mn, Zn and Al than reported in the literature, but at the same level for B, P, S, and Ba. Unwanted toxic trace elements are low and partially below the detection limits. No reference data were found for Li, Rb, Cs, Sr, Si, and I, which are also given here. Compared with other food items, apples contain much K and P, more Mg than Ca, and more Cu than Mn and Zn. Consumption of 2kg apples can only satisfy the recommended daily intake of Cu and K, but none of the other elements. With respect to the mean occurrence in the earth crust of geochemically similar elements, K in the fruits is preferred over Rb, Ca over Sr, and Eu over the other lanthanides, thus indicating some physiological selectivity of the apple plant.

Keywords: nutrition, apple, apple plant, content of elements, trace elements, earth crust



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

Zur gesunden Ernährung und auch für gesundes Zahnfleisch wird allgemein der Konsum von frischem Obst empfohlen. Äpfel und anderes Obst enthalten bekanntlich viele Vitamine und Antioxidantien, abhängig von Sorte, Reifezustand, Lagerdauer u.a.; über den Beitrag zur Spurenelementversorgung des Menschen ist weniger bekannt. Da ein Mindestbedarf auch bei Spurenelementen besteht, ist es bei der Erstellung von Diätplänen wichtig zu wissen, mit welchem Erwartungswert und welcher Streubreite bei der Element- und Spurenelementzusammensetzung heimischer Früchte zu rechnen ist.

Äpfel sind die wichtigsten Früchte in Mittel- und Nordeuropa. Im Jahre 2008 wurden in Österreich 807.650 Tonnen an Früchten geerntet, von denen 68,3% Äpfel waren. Die heimische Produktion deckt 63% des Verbrauchs. Unter den konsumierten Obstsorten liegen Äpfel mit 30,5% an der Spitze, gefolgt von 17,4% Steinobst, 14,1% Zitrusfrüchten, 12,1% Bananen, 9,3% Beeren und 7,5% Birnen (Statistik Austria). Produktions-, Ertrags- und Verarbeitungsoptimierung sind daher von großer Bedeutung, den Import anderer Früchte zu begrenzen. Man unterscheidet zwischen alten Sorten, Edelobst und Veredelungen auf Stöcken alter Sorten. Herkunft und Erzeugungsart, d.h. biologischer oder konventioneller Anbau, können den Preis beeinflussen, den der Konsument zu zahlen bereit ist. Der vorliegenden Studie liegen Daten von Most- und Tafeläpfeln, Hochstamm- und Spindelkulturen, Streuobst und Früchten aus Obstbaubetrieben zugrunde, großteils aus Niederösterreich. Insbesondere interessiert die Apfelfrucht als Lebensmittel im Vergleich zu Daten anderer Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs, welche in der Vergangenheit in unserem Labor ebenfalls ermittelt wurden. Auf zusätzlich erhobene Daten, wie von zugehörigen Blättern, Blütenblättern und Böden, wird in künftigen Arbeiten eingegangen, da dies für den Landwirt und Ökologen, nicht aber für den Konsumenten wichtig ist.

Einzelne Daten lassen sich auch in Nachschlagewerken finden, meist ohne Angaben des Herkunftslandes oder der Streubreite. Da das Sammeln und die Aufbereitung einen Großteil der Arbeit ausmachen, wurde versucht, so viele Elemente als mit den zur Verfügung stehenden Multi-Elementmethoden messbar sind, zu erfassen, auch wenn

die Relevanz für den Stoffwechsel unklar oder nicht vorhanden ist, um als umfassende Datenbasis für künftige Aufgabenstellungen zu dienen.

MATERIAL UND METHODIK

Die Probenahme erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Lehr- und Forschungszentrum für Wein und Obstbau in Klosterneuburg, mit dem Department für Obstbau der Universität für Bodenkultur Wien, sowie bei Betrieben und Streuobstbäumen durch den Autor selbst. Die Früchte wurden (mit Handschuhen) gewaschen, gesechstelt, entkernt und entstielt, mit einem Keramikmesser geschnitten, Aliquots in Tiefkühlsäckchen (3L toppits) gefüllt, nach gelindem Erwärmen zerquetscht und über 2 Nächte gefriergetrocknet. Sämtliche Angaben beziehen sich auf die gefriergetrocknete Probe, was etwa dem 6-fachen Gehalt gegenüber dem Frischgewicht entspricht. Die Proben wurden v. a. durch Zerdrücken im Tiefkühlsäckchen vor der Einwaage homogenisiert, um Berührungen durch Haut oder Metalle zu vermeiden¹. Der Gewichtsverlust wurde als Wassergehalt notiert, um die trockene Einwaage auf Frischgewicht, wie in der Lebensmittelanalytik üblich, zurückrechnen zu können. Die Proben wurden sowohl einem mikrowellenunterstützten Druckaufschluss mit Salpetersäure (0,25g Einwaage) als auch einem Druckaufschluss mit salpetersaurer Kaliumchloratlösung (1,00g Einwaage) unterworfen und auch jeweils 25ml in Kunststoffmesskolben aufgefüllt. Aus letzterem Aufschluss lassen sich fast alle Metallkationen (ausgenommen Kalium und Rubidium) wie aus Salpetersäure auch bestimmen, aber auch die Nichtmetalle Bor, Schwefel, Silizium und Germanium, und vor allem Jod am ICP-MS durch Standardaddition^{2,3}. Um Titan und Scandium in Lösung zu halten, wurden beim HNO₃-Aufschluss 0,1ml Flusssäure zugefügt. Mittels Atomemissionsspektrometrie wurden die Hauptelemente sowie Kupfer, Zink, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Vanadium, Beryllium, Aluminium, Strontium, Barium zuerst erfasst, und dann in getrennten Läufen die Anionen Bor, Silizium, Phosphor, Schwefel sowie Titan, Scandium, Yttrium, Lanthan und Cer. Bei Cobalt, Cadmium, Molybdän, Blei und den Seltenen Erden musste auf die wesentlich nachweisstärkere ICP-Massenspektrometrie zurückgegriffen werden. Jod wurde aus verdünnter saurer Chloratlösung als Jodat mit Standardaddition durch ICP-Massenspektrometrie in gesonderten Läufen bestimmt. Zur Kontrolle wurden mehrere Verdünnungen

herangezogen, einige Elemente sind auf beiden Geräten zugänglich. Es wurden mindestens 2+2 Aufschlüsse pro fester Probe durchgeführt, bei größeren Abweichungen auch mehr.

RESULTATE

Da für den Endverbraucher Standort, Nährstoffversorgung des Bodens, die Art der Unterlage und der Veredlung nicht nachvollziehbar sind, werden in Tabellen 1 und 2 die Mediane (Erwartungswerte) und Konzentrationsbereiche (5-95% Bereich) in mg/kg Trockenmasse angegeben. Schwankungsbreiten lassen sich neben analytischen Unsicherheiten auch auf Variationen von Sorte und Standort zurückführen, und vielleicht auch auf Klimaschwankungen. Um Ausreißer rasch zu eliminieren, hat sich das Weglassen der obersten und untersten 5% der Werte bewährt. Da die Wassergehalte beim Lagern etwas abnehmen, sind zur besseren Vergleichbarkeit alle Werte auf kg Trockenmasse bezogen. Aus der Bestimmung des Wassergehalts im Zuge der Gefrierdrying folgt, dass 1kg an Apfeltrockenmasse etwa 6kg Frischmasse entspricht. Wegen zuweilen geringer Gehalte und der beschränkten Einwaage beim Druckaufschluss war vorhergehende Trocknung notwendig, um die analytischen Bestimmungsgrenzen zahlreicher Spuren besser zu erreichen. Die Elementgehalte in den Früchten unterliegen, genommen über sämtliche Sorten, für die physiologisch aktiveren Elemente durchaus breiten Normalverteilungen, während seltene Erden, Blei, Lithium Natrium und Strontium asymmetrisch verteilt sind, d.h. viele kleine und wenige hohe Werte. Unerwünschte Spuren, wie Al, Be, Cd, Cr und V liegen generell tief, sodass keine Gefährdung zu erwarten ist. Auch durch den Verzehr von kg-Mengen (1kg Trockenmasse entspricht etwa 6kg Frischgewicht) können (bei sauberer Verarbeitung) toxisch relevante Mengen nicht aufgenommen werden. Bei den gemeinhin als toxisch angesehenen Spurenelementen (Cr, Ni, Pb) besteht ja auch Bedarf, aber Mängel sind viel unwahrscheinlicher als eine Intoxikation. Betrachtet man die Hauptelemente, so findet man mehr Mg als Ca, und mehr P als S. Die 0,306% Stickstoff entsprechen nur etwa 2% Protein. Fett wurde nicht bestimmt, ist aber vermutlich vernachlässigbar. Unter den Spurenelementen sind Bor und Mo für Pflanzen in viel höherem Maße essentiell als für tierische Organismen, und deshalb mehr als im Fleisch vorhanden. Im Vergleich mit auf Trockensubstanz bezogenen Literaturwerten wurde in dieser Arbeit etwas



	Median mg/kg	Bereich mg/kg	RDI mg ¹⁰	RDI in kg FW	Sorte Gala ^d	Andere
% N	0,306					
Hauptelemente						
K	5015	3555 - 7166	2000	2,4	8000	
P	613	444 - 853	700	5,2	600	
Mg	297	227 - 422	350	5,1	400	
Ca	267	180 - 593	1000	22,5	500	
S	225	151 - 342			200	
Essentielle Spuren						
B	17,07	8,78 - 40,30			21,8	21–31 ⁷
Fe	4,52	2,28 - 8,03	10 // 15	13 // 20	25,3	
Cu	2,76	1,54 - 5,86	1 – 1,5	2,2 – 3,3	3,8	
Mn	1,92	1,12 - 3,04	2 – 5	6 – 15	7,8	
Zn	1,76	1,05 - 3,20	10 // 7	13 // 10	3,5	
Mo	0,064	0,0253 - 0,185	0,50	47		
Cr	0,03	< 0,01 - 0,073	0,03 – 0,10	7 – 24		
J	0,025	< 0,002 - 0,297	0,150	36		
Co	0,0096	0,004 - 0,0202				
Amtlich toxische Spuren						
Ni	0,08	< 0,08 - 0,49				
Pb	0,023	0,0038 - 0,0907				
Cd	0,0038	0,0011 - 0,0131				
Sonstige						
Na	7,2	2,87 - 66,0	550	456		
Si	5,64	1,64 - 13,80				
Rb	2,84	0,873 - 11,08				
Al	2,15	0,60 - 5,36				20 ⁶
Ba	0,900	0,435 - 1,964				1,5 ± 1,0 ⁵
Sr	0,77	0,406 - 2,15				
Ti	0,054	< 0,04 - 0,241				
Sc	< 0,02	< 0,02 - < 0,02				
Li	0,0108	0,0008 - 0,036				
Cs	0,0071	0,0006 - 0,0293				
Be	0,0012	< 0,001 - 0,0085				
Bi	< 0,004	< 0,004 - 0,009				
V	< 0,01	< 0,01 - 0,029				
Tl	< 0,01	< 0,01 - < 0,01				
Seltene Erden						
Y	0,0033	0,0013 - 0,018				
La	0,0068	0,0009 - 0,046				
Ce	0,0088	0,0018 - 0,0822				
Pr	0,0012	0,0002 - 0,013				
Nd	0,0041	0,0009 - 0,0842				
Sm	0,0010	< 0,0001 - 0,0155				
Eu	0,0004	0,0001 - 0,0029				
Gd	0,0008	0,0002 - 0,0111				
Tb	< 0,0001	< 0,0001 - 0,0012				
Ho	< 0,0001	< 0,0001 - 0,0009				
Er	0,0003	< 0,0001 - 0,0031				
Lu	< 0,0001	< 0,0001 - 0,0005				

RDI = empfohlene Tagesaufnahme, in mg, und die zum Verzehr nötige Menge an Frischgewicht (entspricht etwa Trockensubstanz mal 6)

Tab. 1: Elementkonzentrationen in Äpfeln (in der Trockenmasse) geordnet nach metabolisch relevanten Gruppen, täglich empfohlene Aufnahmemenge (RDI) und Menge an Äpfeln, die die empfohlene Aufnahmemenge enthalten (RDI in kg FW), und Literaturwerte.

weniger K, Fe, Mn und Zn in den Früchten gefunden, die hohen Borwerte haben sich jedoch bestätigt. Da die Werte unweit der Nachweisgrenzen liegen, könnte dies auch die Folge von sauberer Aufbereitung und nachweisstärkeren Verfahren sein^{4,5,6,7} (Tab.1). Zum Vergleich der in verschiedenen pflanzlichen Lebensmitteln enthaltenen Elementkonzentrationen kann man die von uns mit der gleichen Methode gefundenen Werte von Vollkornwinterweizen und Kartoffeln⁸, sowie Karotten (unveröffentlicht) heranziehen. Diese umfassen die essbaren Anteile von Feldfrüchten aus sämtlichen Sorten und Standorten von Versuchsfeldern aus Nieder- und Oberösterreich. Dabei können Äpfel als Repräsentant für Obst, Winterweizen als Repräsentant für Getreide, Kartoffeln als Repräsentant für Hackfrüchte und Karotten als Repräsentant für Wurzelgemüse angesehen werden. Während sich die Werte für Winterweizen auf die inklusive Schale gemahlene Körner beziehen (Vollkorn), und auch die Äpfel mitsamt der Schale homogenisiert wurden, wurden Kartoffeln und Karotten geschält. Das entspricht etwa den lokalen Verzehrgewohnheiten. Da der Winterweizen ungeschält vermahlen wurde, erscheinen Ba, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, P und Zn etwas höher, was bei der Verwendung üblicher Mehlsorten nicht sein muss. Über die Elementgehalte des Weizens in verschiedenen Mahlfractionen bis hin zur Kleie wurde bereits gesondert berichtet⁹. Viele Konzentrationsbereiche bezüglich Trockenmasse überlappen sich. Äpfel haben die höchsten Borkonzentrationen, hingegen die tiefsten an Cd, Cr und Ni. Weizen enthält hingegen die höchsten Mengen an (alphabetisch) Fe, Mg, Mn, Mo, P und Zn. Kartoffeln haben das meiste K, Cr und Cd, aber immer noch weniger Cd als Blattgemüse (Daten nicht angegeben). In den früheren Studien wurden Rb, Cs, Si, Ti und die Lanthaniden nicht bestimmt; es wurden aber auch keine Vergleichswerte in der Literatur gefunden.

DISKUSSION

Ein Mindestmaß an Spurenelementen in der menschlichen Nahrung ist notwendig, um die normalen physiologischen Funktionen aufrecht zu erhalten. Die täglich empfohlene Aufnahmemenge (RDI) geht darüber hinaus¹⁰. Schätzt man die Menge an Äpfeln, die man essen müsste, um die pro Tag empfohlene Elementmenge aufzunehmen, so kann dies mit 2 bis 3 kg Frischgewicht nur für K und Cu erreicht werden, bei anderen bei weitem nicht. Äpfel gelten zwar als niedrig mineralisiert, deshalb ist es wahr-



	Äpfel		Winterweizen		Kartoffeln		Karotten		RDI*
	Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	mg pro Tag
Al	2,15	0,60 - 5,36	1,36	< 0,3 - 31,9	0,48	< 0,3 - 1,85	3,59	2,60 - 4,74	
B	17,07	8,78 - 40,3	0,46	< 0,4 - 4,14	3,07	0,74 - 8,05			1,0
Ba	0,90	0,44 - 1,96	2,52	0,82 - 8,89	0,48	0,10 - 2,82	1,46	1,12 - 2,01	
Be	0,0012	< 0,001 - 0,0085	0,004	< 0,001 - 0,015	0,004	< 0,001 - 0,009			
Ca	267	180 - 593	280	197 - 419	149	52 - 533	346	305 - 383	1000
Cd	0,0038	0,0011 - 0,0131	0,031	0,010 - 0,105	0,077	0,022 - 0,150	0,009	0,006 - 0,014	
Co	0,010	0,004 - 0,0202	0,031	< 0,002 - 0,114	0,088	< 0,002 - 0,274	0,003	0,003 - 0,004	0,005
Cr	0,027	< 0,01 - 0,073	0,19	< 0,01 - 0,68	0,55	0,16 - 0,81			0,03 - 0,10
Cu	2,76	1,54 - 5,86	4,0	2,1 - 5,8	4,9	1,7 - 8,3	0,443	0,325 - 0,611	1,0 - 1,5
Fe	4,52	2,28 - 8,03	30,0	18,4 - 65,2	12,4	5,5 - 21,6	4,1	3,3 - 5,1	10; 15
K	5015	3555 - 7166	3309	2352 - 4176	20332	12803 - 28535	2357	956 - 3044	2000
Li	0,011	0,0008 - 0,046	0,002	< 0,002 - 3,790	0,013	< 0,002 - 0,338	0,007	0,005 - 0,010	
Mg	297	227 - 422	1217	878 - 1562	909	709 - 1112	106	90 - 137	300
Mn	1,92	1,12 - 3,04	36,4	15,3 - 56,0	6,1	4,4 - 11,2	0,83	0,67 - 1,13	2,0 - 2,5
Mo	0,064	0,025 - 0,185	0,70	0,13 - 1,90	0,35	0,09 - 0,91	0,076	0,032 - 0,144	0,05-0,10
Na	7,3	2,87 - 66,0	5,5	< 0,5 - 16,5	8,4	3,3 - 34,6	326	142 - 947	2000
Ni	0,08	< 0,08 - 0,49	0,59	< 0,02 - 2,06	1,09	0,57 - 2,00	0,45	0,34 - 1,03	0,03
P	613	444 - 853	3284	2629 - 4509	1949	1280 - 2720	208	148 - 254	700
Pb	0,023	0,004 - 0,091	< 0,004		< 0,004		0,011	0,007 - 0,025	
Sr	0,77	0,41 - 2,15	1,23	0,53 - 3,17	0,45	0,20 - 2,26	1,49	1,19 - 1,94	
V	< 0,01	< 0,01 - 0,029	0,006	< 0,003 - 1,280	0,007	< 0,003 - 0,031	0,013	0,009 - 0,015	
Zn	1,76	1,05 - 3,20	23,0	16,7 - 37,5	12,0	7,8 - 19,6	1,32	0,97 - 1,70	10; 7

* RDI = empfohlene tägliche Aufnahmemenge

Tab. 2: Median und Bereich von Element- und Spurenelementgehalten pflanzlicher Lebensmittel (aus NÖ) in der Trockenmasse.



scheinlich, dass bei reiner Fruchtdiät viele Spurenelementmängel auftreten werden. Menschenaffen hingegen, die in tropischen Wäldern leben, wie Schimpansen, Gorillas oder Orang-Utans, ernähren sich hauptsächlich von Früchten, und zuweilen von jungen Blättern, Knospen und Nüssen. Die Veränderung des Lebensraums des Menschen zur Savanne, der daraus resultierende aufrechte Gang und die Transformation zu einer Jäger- und Sammlergesellschaft vor etwa 7 Millionen Jahren¹¹ hat offenbar auch den Bedarf an Nahrungskomponenten verändert. Sollten die heute gültigen Bedarfswerte auch für die Urmenschen gegolten haben, so war der Mensch wohl nie ein reiner Fruchtfresser. Infolge des unzureichenden Gebisses kam es zur Entwicklung von Steinwerkzeugen zum Zerteilen von Beutetieren. Jedoch essen auch heute die Völker der Tropen mehr Nahrung pflanzlichen Ursprungs als Europäer, z.B. Beeren, saftige Sprosse und Wurzelknollen. Im Gegensatz zu Äpfeln nimmt man mit 1kg Vollkornmehl sämtliche Elemente, die gemäß dem RDI⁶ empfohlen werden zu sich, mit Ausnahme von Ca und Na (Tab. 1 und 2). Calcium wäre vor allem in Milch und Milchprodukten^{12,13}, Natri-

um (abgesehen vom Salz) in Eiern vorhanden^{14,15}. Ein weiterer Aspekt, der vor allem pflanzenphysiologisch relevant ist, ist die Anreicherung bzw. Abreicherung von Elementen in den Apfelfrüchten relativ zum Vorkommen in der Erdkruste. Setzt man die in den Früchten gefundenen Medianwerte zum Vorkommen in der oberen Erdkruste in Beziehung, so lassen sich Anreicherungen durch metabolische Aktivitäten der Apfelpflanze erkennen. Werte für das mittlere globale Vorkommen in Böden sind für etliche Elemente von geringer biologischer Wechselwirkung kaum bestimmt. Eine Beziehung zu verfügbaren Bodenfraktionen wird in einer gesonderten Arbeit behandelt (in Vorbereitung). Tabelle 3 enthält daher die Mediankonzentration im Apfel (in TS), dividiert durch das Vorkommen in der Oberen Erdkruste (nach¹⁶). Bor, Phosphor und Schwefel sind gegenüber dem Vorkommen in der Oberen Erdkruste besonders angereichert, gefolgt Kupfer und Kalium. Unter den essentiellen Spuren gibt es deutliche Abstufungen relativ zum Vorkommen in der oberen Erdkruste in der Reihe B> Cu> Mo> Zn> Mn> Co> Fe. Bor ist zur Ausbildung der Blüten essentiell und bleibt am Ort der Frucht. Un-

ter den Alkalimetallen ist in Gesteinen und Mineralen das Verhältnis von Kalium und Rubidium etwa konstant, und sie werden bei der Verwitterung nicht differenziert. Bei den Apfelfrüchten gibt es hingegen eine deutliche Präferenz für Kalium gegenüber Rubidium, während Natrium, Lithium und Cäsium nicht wesentlich mehr aufgenommen werden als die Seltenen Erden. Bei den Erdalkalien ist eine deutliche Präferenz von Magnesium erkennbar. Calcium wird gegenüber Strontium, welches sich geochemisch sehr ähnlich verhält, deutlich bevorzugt. Unter den gemeinhin als toxisch eingestuften Spurenelementen ist Cadmium gegenüber seinem Vorkommen in der Erdkruste deutlich mehr angereichert als die anderen, etwa wie Zink, da es offenbar mit diesem verwechselt wird. An den untersuchten Standorten waren mit einer Ausnahme (Haidegg/Graz) keine anomalen Verteilungen der Seltenen Erden zu erkennen. Im Rahmen der erzielbaren Genauigkeit nahe der Nachweisgrenze entspricht die Verteilung der Seltenen Erden in den Äpfeln auch etwa jener in der Erdkruste, nur Europium ist etwa doppelt so viel vorhanden; es wird bekanntlich durch Reduktion zur Zweiwertigkeit mobiler und dem Calcium ähnlich.

LITERATUR

1. Sager M, Mittendorfer J. Influence of Milling or Cutting Procedures on Trace Element Contents of Plant Samples. *Int J Environ Anal Chem* 1997; 67: 59-71.
2. Sager M. Microwave-assisted digestion of organic materials with KClO₃/HNO₃ for the analysis of trace metals and non-metals. *Anal Chem: Ind J* 2011; 10(2).
3. Sager M. Analysis of less-bioactive elements in green plants, food and feed samples (Sc-Y-La-Ce-Rb-Cs-Ti). *Ecol Chem Eng* 2010; 17(3): 289-295.
4. Cheng L, Raba R. Nutrient requirements of Gala/M.26 apple trees for high yield and quality. *NYFQ* 2009; 17(4): 5-10.
5. Anke M, Jaritz M, Dorn W, Seifert M, Müller R, Hoppe Ch. The biological importance of Ba in the food chain of humans. In: *Metal elements in environment, medicine and biology*, Timisoara 2002.
6. Schäfer U, Seifert M. Oral intake of Al from foodstuffs, food additives, food packaging, cookware and pharmaceutical preparations with respect to dietary regulations. *Trace Elem Electroly* 2006; 23(3): 150-161.
7. Zude M, Alexander A, Lüdders P. Einfluss von Bor- Sommerspritzung auf den Borgehalt und die Lagerungseigenschaften der Apfelsorte Elstar. *Erwerbobstbau* 1997; 39: 62-64.
8. Spiegel H, Sager M. Elementzusammensetzung von Weizen und Kartoffeln in Österreich unter Berücksichtigung des Einflusses von Sorte und Standort. *Ernährung/Nutrition* 2008; 32(7/8): 297-308.
9. Sager M, Werteker M. Zur Elementverteilung in Mahlfractionen von Weizen an zwei

Hauptelemente	Essentielle Spuren	Alkalimetalle	Erdalkalimetalle	Toxische Spuren
P) 0,9215	B) 1,0038	Li) 0,0005	Be) 0,0004	Cd)0,0370
S) 0,2358	Cu) 0,1931	Na) 0,0003	Mg) 0,0220	Ni) 0,0042
K) 0,1751	Mo) 0,0457	K) 0,1751	Ca) 0,0091	Pb) 0,0013
	Zn) 0,0339	Rb) 0,0258	Sr) 0,0024	Cr) 0,0007
	Mn) 0,0037	Cs) 0,0012	Ba) 0,0013	Be) 0,0004
	Co) 0,0008			
	Fe) 0,00015			

Tab.3: Median im Apfel (in TS), dividiert durch das Vorkommen in der Oberen Erdkruste (Wedepohl 1995): Unter den essentiellen Spuren gibt es eine deutliche Abstufung relativ zum Vorkommen in der oberen Erdkruste.

niederösterreichischen Standorten. *Ernährung/Nutrition* 2010; 34 (9): 357-367.

10. D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.v., Bonn 2013
11. Leakey R E. *The Making of Mankind*. The Rainbird Publishing Group Ltd. London 1981.
12. Sager M. Haupt- und Spurenelemente von Käse in Österreich. *Ernährung/Nutrition* 2012; 36: 149-159.
13. Sager M, M. Hobegger M.: Elementgehalte in Rohmilch aus drei Regionen Niederösterreichs. *Ernährung/Nutrition* 2013; 37(7/8): 277-290.
14. Sager M. Nähr- und Spurenelemente im Hühnerei. *ZAG Journal* 2009 (2): 30-32.
15. Sager M. Mengen- und Spurenelemente in österreichischen Hühnereiern. *Ernährung/Nutrition* 2011; 35 (2): 53-58.
16. Wedepohl K H. The composition of the continental crust. *Geochim Cosmochim Acta* 1995; 59 (7): 1217-1232

Y	0,00016
La	0,00021
Ce	0,00013
Pr	0,00019
Nd	0,00016
Sm	0,00022
Eu	0,00047
Gd	0,00030
Tb	0,00010
Ho	0,00008
Lu	0,00019

Tab. 4: Median im Apfel (in TS), dividiert durch das Vorkommen in der Oberen Erdkruste (Wedepohl 1995) für die Lanthaniden: Im Rahmen der erzielbaren Genauigkeit entspricht die Verteilung der Seltenen Erden etwa jenem in der Erdkruste, nur Europium ist etwa doppelt so viel vorhanden; es wird bekanntlich durch Reduktion zum Zweiwertigen mobiler.

