



Luise Schumann · Hans-Helmut Martin · Dr. Markus Keller

Calcium, Milch und Knochengesundheit

Behauptungen und Fakten

Milch und Milchprodukte sind die mengenmäßig wichtigsten Calciumlieferanten in Deutschland. Entsprechend werden sie beworben und von Fachgesellschaften empfohlen. Eine Ernährung ohne Milch und Milchprodukte gilt als Risikofaktor für Osteoporose. Gleichzeitig kursieren Behauptungen, dass Milch und Milchprodukte „Calciumräuber“ seien.

Das Mengenelement Calcium ist der häufigste Mineralstoff im Körper des Menschen (Körperbestand 1–1,4 kg). Etwa 99 Prozent des Calciums sind in Verbindung mit anorganischem Phosphor als Hydroxylapatit ($\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$) in der Hartsubstanz des Knochens gespeichert. Der Rest ist in den Zähnen und weiteren Körpergeweben enthalten, davon 0,1 Prozent in der extrazellulären Flüssigkeit (FAO, WHO 2004).

Als wesentlicher Bestandteil des Knochens gibt Calcium dem Skelett die nötige Stabilität. Die Calciumzufuhr ist der wichtigste beeinflussbare Umweltfaktor für eine normale Knochenentwicklung während des Wachstums und für den Erhalt der Knochenmasse im späteren Leben (Zhu, Prince 2012). Eine negative Calciumbilanz, bei der mehr Calcium ausgeschieden als aufgenommen wird, ist

kennzeichnend für einen Knochenmasseverlust. Calcium dient außerdem der Stabilisierung von Zellmembranen, der intrazellulären Signalübermittlung, der Reizübertragung im Nervensystem, der Muskelkontraktion und der Regulation der Blutgerinnung (DGE et al. 2013).

Die Aufrechterhaltung der Calciumhomöostase ist für den Organismus lebensnotwendig. Der Serum-Calciumspiegel ist daher einer der am strengsten kontrollierten Parameter. An der Regulation sind mehrere Hormone beteiligt, darunter Parathormon, Calcitriol ($1,25[\text{OH}]_2\text{-Vitamin D}_3$, die aktive Form des Vitamin D) und Calcitonin (Ringe 2010).

Die Calciumaufnahme erfolgt über die Absorption aus dem Darm, zum einen durch einen Vitamin-D-regulierten aktiven transzellulären Transport im Duodenum und oberen Jejunum, zum anderen durch eine parazelluläre passive Diffusion entlang des gesamten Dünn- und Dickdarms. Etwa 20 bis 60 Prozent des Calciums aus dem Darmlumen werden resorbiert, wobei die Absorption von vielen Faktoren abhängt (hormonelle Regulatoren, v. a. Vitamin D), Löslichkeit der aufgenommenen Calciumverbindungen, hemmende (Oxalat, Phytinsäure) und fördernde Bestandteile der Nahrung (organische Säuren,

Laktose). Nach der Aufnahme ins Blut wird Calcium schnell in intrazelluläre Kompartimente verteilt. Hauptspeicher ist der Knochen (*Biesalski, Grimm 2011*). Die Calciumausscheidung erfolgt hormonell reguliert über die Niere. Sie steigt vor allem durch die Zufuhr von Natrium und Protein mit einem hohen Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren dosisabhängig an. Die renale Calciumausscheidung sinkt im Alter, die Ausscheidung über Fäzes (Galle-, Pankreassekretion) und Haut (Schweiß) ist altersunabhängig (*DGE et al. 2013*).

Zufuhrempfehlung und Calciumversorgung

Die D-A-CH-Gesellschaften empfehlen für Erwachsene ab 19 Jahren eine Calciumzufuhr von 1.000 Milligramm pro Tag. Aufgrund des höheren Bedarfs in der Zeit des Knochenwachstums werden für Kinder und Jugendliche von 10 bis unter 13 Jahren 1.100 Milligramm und von 13 bis unter 19 Jahren 1.200 Milligramm Calcium täglich empfohlen (*DGE et al. 2013*). Ab 65 Jahren dient das Frakturrisiko als Parameter für die Zufuhrempfehlung. Studien zeigen keine eindeutigen Nachweise, dass eine tägliche Calciumzufuhr von über 1.000 Milligramm einen weiteren Nutzen für die Knochengesundheit Erwachsener über 65 Jahren hat. Daher ziehen die D-A-CH-Gesellschaften auch für diese Altersgruppe den Referenzwert für Erwachsene unter 65 Jahren heran (*DGE et al. 2013*). Laut Nationaler Verzehrsstudie II unterschreiten etwa 74 Prozent der weiblichen Jugendlichen (14–18 Jahre), 65 Prozent der Frauen und 61 Prozent der Männer im Alter zwischen 65 und 80 Jahren die empfohlene Calciumzufuhr. Im Bevölkerungsdurchschnitt liegt die Calciumaufnahme bei etwa 55 Prozent der Frauen und 46 Prozent der Männer unter den Zufuhrempfehlungen (*MRI 2008*).

Knochengesundheit

Das Skelett unterliegt kontinuierlichen Auf- und Abbauprozessen. Von Geburt an bis zum Erreichen der maximalen Knochenmineraldichte (peak bone mass, PBM) zwischen dem 25. und 30. Lebensjahr überwiegt der Knochenaufbau. Viele Faktoren, darunter genetische, hormonelle und nutritive, beeinflussen die Ausprägung der PBM. Einer der wichtigsten beeinflussbaren Faktoren für eine normale Knochenentwicklung ist die Calciumversorgung während des Wachstums (*Zhu, Prince 2012*). Auch nach Erreichen der PBM befindet sich der Knochen in einem ständigen Umbau mit kontinuierlicher Freisetzung und Einlagerung von Calcium. Die Umbauprozesse ersetzen altes und beschädigtes Knochengewebe und regulieren die Calciumkonzentration in den Körperflüssigkeiten (*Heaney 2009*). Nach dem Erreichen der PBM überwiegt der Knochenabbau, jährlich gehen etwa 0,5 bis 1,5 Prozent der Ausgangsmasse verloren. Mit steigendem Alter nimmt dieser Prozess, insbesondere bei Frauen, zu. Ab der Menopause erhöht sich der jährliche Knochenabbau auf rund 3,5 Prozent pro Jahr. Ursache ist

vor allem der niedrigere Östrogenspiegel im Blut. Dieser führt zu einer verminderten Calciumabsorption aus dem Darm und einer verringerten Calciumreabsorption in der Niere (*Zhu, Prince 2012*). In der Folge erhöht sich das Osteoporoserisiko.

Osteoporose

Die Osteoporose ist als systemische Skeletterkrankung definiert, die durch eine geringere Knochendichte und eine Verschlechterung der Mikroarchitektur des Knochengewebes gekennzeichnet ist. Ein wichtiger diagnostischer Parameter ist die Knochenmineralisationsdichte (bone mineral density, BMD). Im Jahr 2009 waren in Deutschland etwa sechs Millionen Menschen an Osteoporose erkrankt, etwa jede vierte Frau sowie jeder 17. Mann über 50 Jahre (*Hadji et al. 2013*).

Die Entstehung der Osteoporose hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter Genetik, Hormonhaushalt, körperliche Aktivität und Ernährung. Zahlreiche Nährstoffe sind für ein funktionierendes Skelettsystem unerlässlich. Neben Protein, Calcium, Phosphor und Vitamin D spielen auch Vitamin C, Vitamin K, Kupfer, Magnesium und Zink eine wichtige Rolle für Aufbau und Erhalt des Knochengewebes (*Nieves 2005; Levis, Lagari 2012*).

Eine langfristige Unterversorgung mit den organischen und mineralischen Bausteinen des Knochengewebes kann schwerwiegende Folgen für den Skelettaufbau haben. In der Kindheit und im jungen Erwachsenenalter kommt es zu einer veränderten Mikroarchitektur und Geometrie des Skeletts, eine optimale PBM wird nicht erreicht. Eine unzureichende Versorgung nach dem 25. bis 30. Lebensjahr führt im Rahmen der Umbauprozesse zu einer veränderten inneren Architektur der Knochensubstanz und damit zu einem erhöhten Risiko für Osteoporose und Frakturen (*Ringe 2010*). Eine ausreichende Versorgung mit wichtigen Knochennährstoffen, insbesondere Calcium, Vitamin D und Protein, trägt hingegen in jedem Lebensalter zur Knochengesundheit bei und senkt das Risiko für Osteoporose und Frakturen (*Rizzoli et al. 2014*).

Behauptungen und Fakten

Behauptung: „Milch und Milchprodukte sind Calciumräuber“

Häufig ist zu lesen, dass Milch ein „Calciumräuber“ und daher vom Konsum abzuraten sei. Argumentiert wird dabei vor allem mit dem sogenannten Calcium-Paradox. Dieses besagt, dass in Ländern mit hohem Milchkonsum – und damit hoher Calciumzufuhr – die Osteoporoseraten am höchsten seien. Als Begründungen dafür ist etwa zu lesen, dass

- Calcium aus Milch für den Menschen nicht verwertbar sei,
- das in Milch und Milchprodukten enthaltene tierische Protein den Körper übersäuere und die Calciumausscheidung erhöhe,
- Milch und Milchprodukte zu einer höheren Calciumausscheidung führten als sie an Calcium lieferten.

Fakten

Zahlreiche Studien (*in vitro* und Humanstudien) haben die Bioverfügbarkeit von Calcium aus Milch und Milchprodukten untersucht. Dabei ergaben sich Resorptionsraten zwischen 14 und 45 Prozent; wesentliche Unterschiede zwischen weniger und stärker verarbeiteten Milchprodukten waren nicht erkennbar (**Übersicht 1**). Die Bioverfügbarkeit von Calcium aus pflanzlichen Lebensmitteln liegt zwischen drei und 53 Prozent und die aus Mineralwasser zwischen 24 und 48 Prozent. Milch und Milchprodukte sind daher vergleichsweise gute Calciumlieferanten, denn sie enthalten keine antinutritiven Inhaltsstoffe wie Oxalsäure und Phytate, die die Absorption von Calcium hemmen können (Caroli et al. 2011; Rizzoli et al. 2014). Zudem fördert die in Milch und Milchprodukten enthaltene Laktose vermutlich über verschiedene Mechanismen die Calciumabsorption (Kwak et al. 2012).

Übersicht 1: Bioverfügbarkeit von Calcium aus verschiedenen Lebensmitteln		
Lebensmittel	Studien-typ	Bioverfügbar-keit (%)
Milch und Milchprodukte		
Milch (unterschiedlicher Fettgehalt)	Human	28 ¹
	Human	31 ²
	Human	33 ³
	In vitro	37 ⁴
	In vitro	45 ⁵
Kuhmilch (2 % Fett) ²	Human	31
Kuhmilch ³	Human	33
Vollmilch ¹⁰	In vitro	26
Entrahmte Milch ¹⁰	In vitro	28
Cheddar-Käse ³	In vitro	37
Joghurt ³		24
Vollmilch-Joghurt ¹⁰		28
Entrahmter Joghurt ¹⁰		33
Doppelrahmkäse ¹⁰		14
Trinkwasser		
Mineralwasser ⁶	Human	24–48
Pflanzliche Milchalternativen		
Calcium-angereicherte Sojamilch ²	Human	36
Pflanzliche Lebensmittel		
Grünkohl ⁷	Human	53
Pak Choi ⁷	Human	52
Brokkoli ⁷	Human	48
Grünkohl ⁸	In vitro	39
Goabohne ¹¹	Human	39
Tempeh ¹²	Human	37
Sellerie ⁸	In vitro	36
Chinakohl ²	In vitro	32
Sojabohne ⁴	Human	31
Pintobohne ⁵	Human	23
Weißer Bohne ⁵	Human	23
Süßkartoffel ⁹	Human	23
Sojabohnensprossen ⁸	In vitro	20
Kidneybohne ⁵	Human	19
Rhabarber ⁹	Human	9
Spinat ¹	Human	5
Weißer Sesamsamen ⁸	In vitro	4
Amaranth ⁸	In vitro	4
Schwarze Sesamsamen ⁸	In vitro	3

¹Heaney et al. 1988, ²Heaney et al. 2000, ³Nickel et al. 1996, ⁴Heaney et al. 1991, ⁵Weaver et al. 1993, ⁶Heaney 2006, ⁷Heaney 1993, ⁸Kamchan et al. 2004, ⁹Weaver et al. 1997, ¹⁰Únal et al. 2005, ¹¹Charoenkiatkul et al. 2008, ¹²Haron et al. 2010

Eine ausreichende Versorgung mit Protein wirkt sich positiv auf den Knochen aus und gilt als wichtiger Faktor zur Prävention von Osteoporose (Heaney 2001; Levis, Lagari 2012). Zu den möglichen proteininduzierten Mechanismen zählen eine Erhöhung der Muskelmasse, Steigerung der Calciumabsorption im Darm sowie Unterdrückung des Parathormons (Kerstetter et al. 2005; Mangano et al. 2014).

Daneben gilt eine überhöhte Zufuhr von tierischem Protein, auch aus Milchprodukten, als Risikofaktor für die Entstehung von Osteoporose. Tierisches, aber auch pflanzliches Protein (z. B. aus Getreide, Hülsenfrüchten und Nüssen) wirkt aufgrund der enthaltenen schwefelhaltigen Aminosäuren im Körper säurebildend. Der Gehalt schwefelhaltiger Aminosäuren ist in pflanzlichen Proteinquellen jedoch etwa ein Viertel niedriger als in tierischen (Souci et al. 2008). Die Säurebildung wirkt sich zwar nicht (im Sinne einer akuten Azidose) auf den pH-Wert des Blutes aus (Bonjour 2013). Sie führt aber zu einer höheren renalen Säurelast (Siener, Hesse 2002) und einen erhöhten Calciumverlust über den Urin (Cao et al. 2011). Bereits in den 1970er- und 1980er-Jahren zeigten Belastungsstudien, dass mit höherer Proteinzufuhr auch die Calciumausscheidung über den Urin steigt. So ergab sich bei Erhöhung der Proteinzufuhr von 48 auf 95 beziehungsweise 142 Gramm pro Tag eine zusätzliche renale Calciumausscheidung von etwa 70 beziehungsweise 264 Milligramm (Zemel 1988). Bei gleichzeitiger Gabe von Natriumhydrogencarbonat unterblieben die erhöhten Calciumverluste (Lutz 1984). Das deutet darauf hin, dass es sich bei der erhöhten Calciumausscheidung um eine Reaktion auf die Säurebelastung handelt (Vormann, Goedecke 2002).

Die Frage, ob die mit einer proteinreichen Ernährung assoziierte höhere Säurelast das Osteoporoserisiko erhöht, wird kontrovers diskutiert. Insbesondere ist noch unklar, ab welcher Höhe der Proteinzufuhr negative Wirkungen auftreten können (Frassetto et al. 2000; New et al. 2004; Fenton et al. 2011; Bonjour 2013; Remer et al. 2014). Nach Einschätzung der DGE sollte die Proteinzufuhr zwei Gramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag nicht überschreiten, um eine erhöhte renale Calciumexkretion, eine metabolische Azidose sowie „potentiell negative Folgen für die Aufrechterhaltung der Knochenmasse“ zu verhindern (DGE et al. 2013). Die wissenschaftliche Evidenz, dass sich eine erhöhte Calciumausscheidung bei proteinreicher Ernährung ungünstig auf das Osteoporoserisiko auswirkt, ist jedoch nicht konsistent. Bei älteren Menschen ist viel eher eine zu geringe als eine zu reichliche Proteinzufuhr das Problem (Hanley, Whiting 2013).

Gleichzeitig gibt es Hinweise darauf, dass eine moderate Proteinzufuhr den Calciumhaushalt entlastet und der Calciumbedarf sinkt. Nach einer Berechnung der FAO, WHO (2004) würde eine Verringerung der Zufuhr an tierischem Protein von 60 auf 20 Gramm pro Tag – was in etwa der unterschiedlichen Zufuhr in Industrie- und Entwicklungsländern entspricht – den theoretischen Calciumbedarf von Erwachsenen (19–65 Jahre) von etwa 840 auf 600 Milligramm pro Tag reduzieren. Daraus würde sich für diese Altersgruppe eine Zufuhrempfehlung von

750 Milligramm Calcium pro Tag ableiten (FAO, WHO 2004). Das wären 25 Prozent weniger als die von vielen Fachgesellschaften empfohlenen 1.000 Milligramm pro Tag. Die üblichen Calciumzufuhrempfehlungen werden also vor dem Hintergrund westlicher Ernährungsmuster mit einer höheren Zufuhr an tierischem Protein gegeben. Unhaltbar ist die Behauptung, dass Milch und Milchprodukte dem Körper mehr Calcium entziehen als sie ihm zuführen (negative Calciumbilanz). Tatsächlich liefern Milch und Milchprodukte (unter Berücksichtigung einer Resorptionsrate von etwa 30 %) deutlich mehr Calcium als zur Neutralisierung des gleichzeitig zugeführten Proteins ausgeschieden wird (**Übersicht 2**). Als Vergleich dient eine tägliche basale Proteinzufuhr von 48 Gramm (was in etwa der empfohlenen täglichen Proteinaufnahme einer 60 Kilogramm schweren Frau entspricht). Erhöht sich die Proteinzufuhr auf 95 Gramm pro Tag, führt der Konsum von 100 Gramm Trinkmilch (Proteingehalt 3,3 g/100 g) zu einer zusätzlichen Calciumausscheidung von fünf Milligramm. Auch bei einer höheren Proteinzufuhr pro Tag ziehen 100 Gramm Trinkmilch eine zusätzliche renale Calciumausscheidung von fünf Milligramm nach sich. Die Calciumbilanz bleibt jeweils positiv, da durch die Zufuhr von 100 Gramm Trinkmilch mehr Calcium (36 mg) aufgenommen als durch das zusätzliche Protein ausgeschieden wird. Beim Konsum von Hartkäse fällt die zusätzliche Calciumausscheidung zwar höher aus, aufgrund des reichlicheren Calciumgehalts von Käse ergibt sich dennoch eine positive Calciumbilanz (**Übersicht 2**).

Sowohl randomisierte kontrollierte Interventionsstudien als auch Beobachtungsstudien zeigen eine positive Beziehung zwischen dem Konsum von Milchprodukten und dem Knochenmineralstoffgehalt (bone mineral content, BMC) sowie der BMD. Weitere, jedoch nicht alle Beobachtungsstudien weisen einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Konsum von Milchprodukten und einem reduzierten Frakturrisiko nach (Rizzoli et al. 2014). Die Mehrzahl der Studien ermittelt demnach eine positive Wirkung des Konsums von Milch und Milchprodukten auf die Knochengesundheit. Andere Untersuchungen zeigen keinen Zusammenhang, teilweise auch negative Wirkungen (Caroli et al. 2011). Die Evidenzlage für einen Zusammenhang zwischen Milchkonsum und Knochengesundheit bei Kindern ist jedoch nur mäßig, für Erwachsene sogar begrenzt, da entsprechend gute randomisierte Kontrollstudien fehlen (Weaver 2014).

Weshalb die Häufigkeit Osteoporose-bedingter Frakturen besonders in Ländern mit hohem Milchkonsum (und damit auch höherer Calciumzufuhr) hoch ist, ist weiterhin unklar. Neben Ernährungsfaktoren, insbesondere ausreichender Protein- und Calciumzufuhr, beeinflussen viele weitere Faktoren Aufbau und Erhalt der Knochenmasse. So erhöhen unzureichende Vitamin-D-Versorgung (wegen geringer Sonnenexposition), mangelnde körperliche Aktivität, Tabak- und Alkoholkonsum sowie steigendes Alter das Osteoporoserisiko (Kanis et al. 2012; Levis, Lagari 2012). Offenbar spielen lebensstilbedingte Faktoren eine deutlich größere Rolle als genetische, worauf Migrationsstudien hinweisen. So haben beispielsweise Schwarze in den USA ein niedrigeres Osteoporoserisiko

Übersicht 2: Renale Calciumverluste bei unterschiedlicher Gesamteiproteinanzufuhr (Modellberechnung nach Zemel 1988)

Calciumausscheidung bei basaler Proteinzufuhr von 48 g/d: 168 mg		
Calciumausscheidung bei erhöhter Proteinzufuhr von 95 g/d (gleich bleibende Calciumzufuhr): 240 mg		
Zusätzliche renale Calciumverluste durch den Verzehr von 100 g Trinkmilch bzw. 100 g Emmentaler	Trinkmilch (100 g)	Emmentaler, 45 % i. Tr. (100 g)
Proteingehalt/100 g	3,3 g	29 g
Calciumgehalt/100 g	120 mg	1.030 mg
davon Calcium resorbiert (30 %)	36 mg	309 mg
zusätzlicher Calciumverlust durch 3,3 g bzw. 29 g Protein (1,5 mg Ca/1 g Protein)	- 5 mg	- 44 mg
Bilanz aus Calciumresorption und renalen Calciumverlusten	+ 31 mg	+ 265 mg
(nicht berücksichtigt wurde die höhere Calciumresorption bei steigender Proteinzufuhr)		

als dort lebende Weiße, jedoch ein deutlich höheres als Schwarzafrikaner. Ebenso haben nach Hawaii eingewanderte Japaner und in Hong-Kong und Singapur lebende Chinesen eine höhere Frakturhäufigkeit als die Bewohner Japans und Festlandchinas (Kanis et al. 2012).

Eine aktuelle Übersichtsarbeit ermittelte die höchsten Frakturraten in den Ländern Nordwest-, Mittel-, Ost- und Südosteuropas, im Libanon und Iran, in Oman, Hong-Kong, Singapur und Taiwan. Mittlere Frakturraten zeigten sich in Ozeanien, Russland, dem südlichen Teil Südamerikas, Mexico, den USA und Kanada, aber auch in Malaysia, Südkorea, Japan und Thailand. Regionen mit geringen Frakturraten waren etwa der nördliche Teil Südamerikas, Afrika, Indien, China, Indonesien und die Philippinen (Kanis et al. 2012). Demnach zählen inzwischen auch zahlreiche asiatische Länder, in denen der Milchkonsum deutlich niedriger ist als in westlichen Ländern, zu den Regionen mit mittlerem oder hohem Osteoporoserisiko. Während der letzten 30 Jahre hat sich die Häufigkeit von Hüftfrakturen in den meisten asiatischen Ländern verdoppelt bis verdreifacht. Bis 2050 werden etwa 50 Prozent aller Osteoporose-bedingten Frakturen in Asien auftreten, insbesondere vor dem Hintergrund der dort rapide steigenden Zahl älterer Menschen. Daher sei es „ein Mythos, dass Osteoporose in westlichen Ländern verbreitet ist und in Asien selten vorkommt“, erklärt die International Osteoporosis Foundation (IOF 2009, S. 6f.).

Behauptung: „Ohne Milch kann man den Calciumbedarf nicht decken und bekommt Osteoporose.“

Es besteht Einigkeit darüber, dass Calcium ein entscheidender Mineralstoff für die Knochengesundheit ist. Dennoch gehen die Empfehlungen für eine ausreichende Calciumzufuhr weltweit auseinander: von 700 Milligramm pro Tag in Großbritannien bis hin zu 1.300 Milligramm in Australien und Neuseeland, jeweils für Erwachsene (Levis, Lagari 2012). Die WHO empfiehlt Erwachsenen zwischen 19 und 65 Jahren eine tägliche Calciumzufuhr von 1.000 Milligramm, bei Frauen nach der Menopause erhöht sich die Empfehlung auf 1.300 Milligramm pro Tag (FAO, WHO 2004).

Übersicht 3: Calciumgehalt pflanzlicher Lebensmittel (nach USDA 2014)	
Lebensmittel	Calcium (mg/100 g)
Mohnsamen	1.438
Sesamsamen	975
Tofu, fest (Herstellung mit Calciumsulfat)	683
Chiasamen	631
Brennnessel (roh)	481
Goabohnen (roh)	440
Sojaweiß texturiert (TVP)	363
Johannisbrotkernmehl	348
Sojamehl (entfettet)	285
Mandeln (süß)	269
Leinsamen	255
Weißer Bohnen (roh)	240
Grünkohl (roh)	205
Tofu, fest (Herstellung mit Nigari)	201
Löwenzahn	187
Stangenbohnen (roh)	186
Teff	180
Lupinen (roh)	176
Feigen (getrocknet)	162
Rucola	160
Paranüsse	160
Amaranth (roh)	159
Sojabohnen (gekocht)	145
Sojadrink (angereichert)	140
Petersilie (frisch)	138
Blattspinat (gegart)	136
Mungbohnen	132
Kakaopulver	128
Brokkoli (gegart)	118
Haselnüsse	114
Tempeh	111
Pistazien	105
Pak Choi (gegart)	93
Erdnüsse	92
Rhabarber (roh)	86
Kidneybohnen (roh)	83

In Deutschland stammen etwa 40 Prozent des aufgenommenen Calciums aus Milch und Milchprodukten. Sie sind damit bei uns die mengenmäßig wichtigsten Calciumquellen (MRI 2008). Aus verschiedenen Gründen lehnen jedoch immer mehr Menschen den Verzehr von Milch und Milchprodukten ab, etwa im Rahmen einer veganen Ernährung. Auch aufgrund einer (tatsächlichen oder vermeintlichen) Unverträglichkeit streichen viele Menschen Milch und Milchprodukte vom Speiseplan. Es stellt sich daher die Frage, ob und wie eine ausreichende Calciumversorgung und der Erhalt der Knochengesundheit auch ohne den Konsum von Milch und Milchprodukten möglich sind.

Fakten

Etwa 25 Prozent des in Deutschland aufgenommenen Calciums stammen aus alkoholfreien Getränken (MRI 2008). Insbesondere calciumreiche Mineralwässer (über 150 mg/l) können einen guten Beitrag zur Calciumversorgung leisten und werden als Calciumquelle oft unterschätzt (Leitzmann, Keller 2013). Die Calciumbioverfügbarkeit aus Mineralwässern (24–48 %) ist dabei ebenso gut wie die aus Milch (26–45 %, Übersicht 1). Auch mit Calcium angereicherte Sojadrinks weisen eine vergleichbare Bioverfügbarkeit auf (Zhao et al. 2005; Tang et al. 2010).

Pflanzliche Lebensmittel haben einen sehr unterschiedlichen Calciumgehalt, der den von Milch (etwa 120 mg/100 g) teilweise deutlich überschreitet (Übersicht 3). Verschiedene pflanzliche Inhaltsstoffe hemmen die Calciumabsorption jedoch, wie Oxalsäure. Sie verbindet sich im Darmlumen mit Calcium zu Calciumoxalat, das nicht resorbiert und ausgeschieden wird (Weiß 2009). Oxalsäurereich sind zum Beispiel Mangold, Rhabarber und Spinat, Mandeln, Cashewkerne, Hasel- und Erdnüsse, außerdem Kakaopulver (Übersicht 4). Einweichen und Kochen oxalsäurereicher Gemüse helfen, den Oxalsäuregehalt zu senken. Das Kochwasser sollte nicht weiterverwendet werden, was allerdings auch den Nährstoffgehalt und den Gehalt basischer Valenzen verringert. Auch Phytinsäure, die in Vollkorngetreide, Hülsenfrüchten und Nüssen enthalten ist, bildet mit Calcium unlösliche Komplexe. Einweichen, Quellen und Keimen sowie die Sauerteiggärung aktivieren jedoch das Enzym Phytase, das Phytinsäure spaltet und so deren Gehalt verringert. Der Verzehr von Vollkornprodukten bleibt daher, auch aufgrund zahlreicher weiterer gesundheitsfördernder Inhaltsstoffe, empfehlenswert (Pohl 2012).

Gemüse mit hohem Calciumgehalt und hoher Bioverfügbarkeit sind Grünkohl, Pak Choi, Chinakohl, weitere Kopfkohle und Rucola. Leguminosen wie verschiedene Bohnenarten, Kichererbsen und Sojabohnen (auch verarbeitet) weisen mittlere Calciumgehalte bei mittlerer bis hoher Bioverfügbarkeit auf (Heaney et al. 1991; Weaver et al. 2002; Haron et al. 2010) (Übersicht 1). Mandeln, Haselnüsse und Paranüsse können trotz eingeschränkter Bioverfügbarkeit die Calciumversorgung ergänzen (DGE et al. 2013).

Während Mischköstler und Vegetarier die gleiche mittlere Calciummenge aufnehmen (etwa 1.000 mg/d), liegt die von Veganern mit 550 bis 915 Milligramm pro Tag deutlich darunter (Davey et al. 2003; Waldmann et al. 2003; Crowe et al. 2011; Clarys et al. 2014). Diese Zahlen gelten für Europa und Nordamerika, in asiatischen Ländern ist die durchschnittliche Calciumzufuhr aller Gruppen geringer: In der erwachsenen Bevölkerung Asiens liegt sie bei etwa 450 Milligramm pro Tag (IOF 2009). Die niedrige Calciumzufuhr von Veganern ergibt sich vor allem aus dem Meiden von Milch und Milchprodukten. Allerdings kann es in Studien zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Calciumaufnahme kommen, da angereicherte Produkte häufig nicht erfasst werden. Daneben zeigen Veganer meist auch eine niedrigere Versorgung mit Vitamin D. In der EPIC-Oxford-Studie lagen die Plasmaspiegel an 25-OH-Vitamin-D₃ im Winter bei Veganern um 38 Prozent und im Sommer um 20 Prozent niedriger als bei Mischköstlern. Im Winter wiesen weniger als ein Prozent der Mischköstler, aber acht Prozent der Veganer erniedrigte 25-OH-D₃-Plasmaspiegel (< 25 nmol/l) auf, im Sommer waren es null beziehungsweise fünf Prozent. Werte unter 25 Nanomol pro Liter gelten als Risikofaktor für Erkrankungen des Skelettsystems (Crowe et al. 2011).

Andere Aspekte der veganen Ernährung wirken sich hingegen günstig auf die Knochengesundheit aus. So zeigen verschiedene epidemiologische Studien, dass ein hoher Gemüse- und Obstverzehr mit einer höheren Knochen-

mineralisationsdichte assoziiert ist (Tucker et al. 1999; New et al. 2000). Gemüse und Obst liefern Mineralstoffe (v. a. Kalium, Magnesium), basische Valenzen (Alkalisalze organischer Säuren, z. B. Magnesiumcitrat) sowie die Vitamine C und K, die für die Synthese der Knochenmatrix notwendig sind. Auch die Ballaststoffzufuhr korreliert positiv mit dem Knochenstatus (New et al. 1997, 2000; Levis, Lagari 2012). Neue Untersuchungen zeigen, dass eine ausreichende Vitamin-B₁₂-Versorgung ebenfalls wichtig für die Knochengesundheit ist (Mangels 2014). Viele Veganer weisen jedoch einen Vitamin-B₁₂-Mangel auf (Leitzmann, Keller 2013).

In der EPIC-Oxford-Studie hatten Veganer im Durchschnitt ein um 30 Prozent höheres Frakturrisiko als Mischköstler und Vegetarier (Appleby et al. 2007). Das traf jedoch nur bei gleichzeitig geringer Calciumaufnahme zu. Veganer, die mindestens 525 Milligramm Calcium pro Tag aufnahmen (etwa 45 % der Veganer), hatten kein höheres Frakturrisiko als die anderen Ernährungsgruppen. Eine vietnamesische Studie verglich 105 postmenopausale buddhistische Nonnen, die sich fast vegan ernährten, mit 105 gleichaltrigen Mischköstlerinnen. Obwohl die vegan lebenden Frauen deutlich weniger Calcium (375 ± 193 g/d) aufnahmen als die omnivore Kontrollgruppe (683 ± 417 g/d), zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der BMD. Dafür nahmen die Nonnen deutlich weniger tierisches Protein, Phosphate und Natrium auf (Ho-Pham et al. 2009). Ein späterer Follow-up ergab keine signifikanten Unterschiede in Frakturhäufigkeit und Knochenmineralisationsdichte, obwohl die Veganerinnen deutlich häufiger einen Vitamin-D-Mangel (25-OH-D₃ < 25 nmol/l) aufwiesen als die Mischköstlerinnen (41 vs. 15 %) (Ho-Pham et al. 2012).

In einer US-amerikanischen Studie mit Rohkost-Veganern hatten diese im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant niedrigere Werte für BMC und BMD sowie eine deutlich niedrigere Calciumzufuhr (579 vs. 1.093 mg/d) (Fontana et al. 2005). Es ließ sich jedoch kein erhöhter Knochenumsatz feststellen. Das spricht nach Ansicht der Autoren dafür, dass sich die niedrige Knochenmineraldichte aufgrund des geringeren Körpergewichts eingestellt hatte. Zudem wiesen die Rohkost-Veganer einen besseren Vitamin-D-Status auf, da sie sich bewusst mehr in der Sonne aufhielten.

Fazit

Milch und Milchprodukte sind keine „Calciumräuber“, sondern liefern Calcium mit einer guten Bioverfügbarkeit. Zwar tragen die enthaltenen schwefelhaltigen Aminosäuren zu einer vermehrten Calciumausscheidung über den Urin bei, in der Summe ist die Calciumbilanz beim Konsum von Milch und Milchprodukten jedoch positiv. Die Mehrheit der Studien weist darauf hin, dass sich Milchkonsum positiv auf die Knochengesundheit auswirkt, einige Studien sehen keinen Zusammenhang oder negative Wirkungen. Calcium ist insbesondere bei Teenagerinnen und älteren Menschen ein kritischer Nährstoff. Eine ausreichende Calciumzufuhr ist jedoch auch ohne den Konsum von Milch und Milchprodukten

Übersicht 4: Oxalsäuregehalt verschiedener Lebensmittel (Weiß 2009)

Lebensmittel	Oxalsäuregehalt (mg/100 g)
Gemüse	
Bohnen, grün	44
Endivie	2,5
Knollensellerie	6,8
Löwenzahnblätter	25
Mangold	650
Möhre	6,1
Rhabarber	460
Rote Bete	181
Sauerampfer	442
Spinat	500
Süßkartoffel	280–570
Yamswurzel	480–780
Nüsse	
Mandeln	431–490
Cashew-Kerne	231–262
Haselnüsse	167–222
Walnüsse	74
Erdnüsse	96–705
Hülsenfrüchte	
Sojabohne, getrocknet	82–214
Tofu	3–280
weitere Lebensmittel	
Kakaopulver	389
Zartbitterschokolade (40 % Kakao)	88
Milkschokolade	56
Schwarzer Tee (Aufguss 100 ml)	11,5–16,1
Weizenkleie	457

umsetzbar, etwa bei veganer Ernährung. Allerdings haben viele Veganer eine sehr geringe Calciumzufuhr und damit vermutlich ein erhöhtes Osteoporoserisiko. Dieser Zusammenhang zeigt sich jedoch nicht in allen Studien. Veganer sollten dennoch auf einen ausreichenden Verzehr calciumreicher Lebensmittel achten, die gleichzeitig wenig Hemmstoffe enthalten.

Die Literaturliste finden Sie im Internet unter „Literaturverzeichnisse“ als kostenfreie pdf-Datei.

Für das Autorenteam

Luise Schumann absolvierte ihren Master of Science Ernährungswissenschaften an der Universität Halle. Sie ist freie Mitarbeiterin des Instituts für alternative und nachhaltige Ernährung (IFANE) und seit einem Jahr Fachberaterin für Lebensmittel und Ernährung bei der Verbraucherzentrale Thüringen.

Luise Schumann/Dr. Markus Keller
Institut für alternative und nachhaltige Ernährung
Am Lohacker 2, 35444 Biebertal/Gießen
info@ifane.org

Dipl. oec. troph. Hans-Helmut Martin
Verband für unabhängige Gesundheitsberatung e. V.
Sandusweg 3, 35435 Wettenberg/Gießen
h.martin@ugb.de

