



# Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr

## Calcium

### 1. Auflage, 5., korrigierter Nachdruck 2013

Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (Hrsg.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Calcium. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße, 1. Auflage, 5., korrigierter Nachdruck (2013)

ISBN: 978-3-86528-143-2

© Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße, www.umschau-buchverlag.de  
Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE), Bonn, www.dge.de

UMSCHAU.:

Der Nachdruck der „Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr“ (inkl. des hier vorab zur Verfügung gestellten überarbeiteten Kapitels zu Calcium) ist voraussichtlich ab August im Handel erhältlich.

## Calcium

### 1. Empfohlene Zufuhr

Alter	Calcium mg/Tag
<b>Säuglinge</b>	
0 bis unter 4 Monate <sup>a</sup>	220
4 bis unter 12 Monate <sup>b</sup>	330
<b>Kinder</b>	
1 bis unter 4 Jahre	600
4 bis unter 7 Jahre	750
7 bis unter 10 Jahre	900
10 bis unter 13 Jahre	1 100
13 bis unter 15 Jahre	1 200
<b>Jugendliche und Erwachsene</b>	
15 bis unter 19 Jahre	1 200
19 bis unter 25 Jahre	1 000
25 bis unter 51 Jahre	1 000
51 bis unter 65 Jahre	1 000
65 Jahre und älter	1 000
<b>Schwangere<sup>c</sup></b>	1 000
<b>Stillende<sup>d</sup></b>	1 000

<sup>a</sup> Hierbei handelt es sich um einen Schätzwert für gestillte Säuglinge.

<sup>b</sup> Hierbei handelt es sich um einen Schätzwert für die Calciumzufuhr über Frauenmilch und Beikost.

<sup>c</sup> Schwangere < 19 Jahre 1 200 mg

<sup>d</sup> Stillende < 19 Jahre 1 200 mg

### 2. Einleitung

Calcium ist mengenmäßig der wichtigste Mineralstoff im menschlichen Körper und u. a. Baustein von Knochen und Zähnen. Mehr als 99 % des Calciums sind als Calciumverbindungen in Knochen und Zähnen enthalten. Daher ist das Knochengewebe für den Organismus ein wichtiger Calciumspeicher. Im Körper des Neugeborenen finden sich ca. 25 g bis 30 g Calcium, in dem der erwachsenen Frau 750 g bis 1 100 g, in dem des Mannes 900 g bis 1 300 g [1].

**3. Physiologie***Absorption von zugeführtem Calcium*

Das mit der Nahrung zugeführte Calcium wird hauptsächlich über den Dünndarm mithilfe eines calciumbindenden Carrier-Proteins absorbiert. Dieser Mechanismus ist energie- und Vitamin D-abhängig. Er wird bei geringer Calciumzufuhr aktiviert und unterliegt einer Sättigung. Bei Zufuhr hoher Einzeldosen von Calcium wird Calcium außerdem konzentrationsabhängig passiv im ganzen Darm aufgenommen. Die passive Absorption unterliegt keiner Sättigung [2, 3].

Im Säuglingsalter beträgt die Calciumabsorptionsrate (aus Frauenmilch) bis zu 60 % der zugeführten Menge [4]. Beim Erwachsenen liegt die Rate, die bei hoher Zufuhr sinkt bzw. bei niedriger Zufuhr steigt, im Mittel bei 20 % bis 40 %, mit einer Schwankungsbreite von 10 % bis 60 % [5]. Mit zunehmendem Alter kommt es beim Erwachsenen zu einem Rückgang der Calciumabsorptionsrate [6].

Calcium kann mit einigen Nahrungsbestandteilen, wie z. B. Oxalaten und Phytaten, unlösliche Komplexe bilden, wodurch die Calciumabsorptionsrate verringert wird [7]. Bei den üblichen Ernährungsgewohnheiten ist dies jedoch von geringer praktischer Bedeutung. Es wird diskutiert, dass Bestandteile der Milch, wie Proteine und Phosphopeptide, die Calciumabsorptionsrate fördern können [8].

*Calciumretention*

Die Calciumbilanz ist die Differenz zwischen absorbiertem und ausgeschiedenem Calcium; diese kann durch Calciumbilanzstudien ermittelt werden. Calciumbilanzstudien basieren auf der Annahme, dass der Körper soviel Calcium zurückhält, wie er benötigt. Eine positive Calciumbilanz kennzeichnet eine Calciumretention und somit einen Knochenmassezuwachs, eine ausgeglichene Calciumbilanz deutet auf eine Knochenmasseerhaltung hin. Eine negative Calciumbilanz kennzeichnet einen Knochenmasseverlust [9].

In den ersten 5 bis 6 Lebensjahren werden pro Tag etwa 100 mg Calcium für den Knochenaufbau retiniert. Im Pubertätswachstumsschub kann die Reten-

tion bis zu über 400 mg pro Tag betragen. Nach der Adoleszenz sinkt die Calciumabsorptionsrate, beim jungen Erwachsenen werden täglich noch maximal 150 mg retiniert [10, 11].

*Stoffwechsel*

Der Normalbereich der Calciumkonzentration im Serum schwankt zwischen 2,2 bis 2,6 mmol/l<sup>1</sup>. Hiervon liegen ca. 50 % des Calciums in freier Form vor (wirksames ionisiertes Calcium), 40 % sind an Proteine (überwiegend Albumin) und 10 % komplex (z. B. an Citrat, Lactat) gebunden [3].

Die Aufrechterhaltung einer konstanten Calciumkonzentration im Serum ist lebensnotwendig und wird durch ein hormonelles System eng geregelt. Dieses System kontrolliert den Calciumtransport im Darm, in den Nieren und im Knochen. Daran beteiligt sind die Hormone Parathormon, Calcitriol<sup>2</sup> und Calcitonin.

Ein Abfall der Calciumkonzentration im Serum führt über den calciumsensiblen Rezeptor zur erhöhten Freisetzung von Parathormon aus den Nebenschilddrüsen. Parathormon stimuliert in der Niere die Bildung von Calcitriol. Beide Hormone fördern die Calciumfreisetzung aus den Knochen und die Reabsorption von Calcium in der Niere, was die extrazelluläre Calciumkonzentration erhöht (siehe auch Referenzwerte für die Vitamin D-Zufuhr). Calcitriol steigert darüber hinaus auch die Calciumabsorption im Darm [3, 12].

Durch einen negativen Rückkopplungsmechanismus wird ein zu starker Anstieg der Calciumkonzentration im Serum verhindert. Bei einer zu hohen Calciumkonzentration im Serum wird von der Schilddrüse Calcitonin freigesetzt. Calcitonin wirkt den beiden zuvor genannten Hormonen entgegen [12].

*Ausscheidung*

Die Calciumausscheidung erfolgt über Fäzes, Harn und Haut. Die Ausscheidung über den Harn wird überwiegend hormonell reguliert. Die renale

<sup>1</sup> Zumeist werden die Calciumkonzentrationen in mmol/l angegeben. Um diese in mg/dl umzurechnen, müssen die mmol/l-Werte mit dem Faktor 4,01 multipliziert werden.

<sup>2</sup> Calcitriol = 1,25-Dihydroxyvitamin D (aktive Form von Vitamin D)

Calciumausscheidung wird zudem durch Natrium sowie durch Proteine mit einem hohen Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren (insbesondere tierische Proteine) mit zunehmender Dosis gesteigert [12]. Die renale Ausscheidung nimmt mit dem Alter ab, im Gegensatz dazu verändert sich die Ausscheidung über Fäzes und Haut nicht altersabhängig [13].

#### 4. Funktionen

##### *Knochen und Zähne*

Calcium ist Baustein von Knochen und Zähnen. Knochen unterliegen einem ständigen Auf- und Abbau. Einen entscheidenden Einfluss auf die Knochenfestigkeit hat dabei die Zugbeanspruchung durch die Muskulatur, die den entscheidenden Stimulus für den Knochenaufbau darstellt. Bei mittlerer Zugbeanspruchung des Knochens [14] sind Auf- und Abbauprozesse ausgeglichen, bei geringer Zugbeanspruchung kommt es dagegen zum Knochenabbau. Dies erklärt, dass durch die Zunahme der Muskelmasse im Kindes- und Jugendalter sowie im Erwachsenenalter die Knochenaufbauprozesse bis etwa zum 30. Lebensjahr überwiegen. Ab dem 40. Lebensjahr verringern sich diese parallel mit dem physiologischen Abbau an Muskelmasse. Eine Optimierung der maximalen Knochenmasse in jungen Jahren sowie Minimierung der Knochenabbaurate im Alter sind wichtige Zielvorgaben zur Vorbeugung einer Osteoporose [8]. Knochenabbau sowie der Abbau von Muskelmasse können durch körperliche Aktivität und Ernährung beeinflusst werden [15, 16, 17].

Bei Frauen im gebärfähigen Alter fördert die hohe Östrogenkonzentration die Calciumeinlagerung in den Knochen, die beim Rückgang der Östrogenproduktion während und nach der Menopause wieder abgebaut wird. Dadurch wird die Knochenmasse deutlich reduziert. Die prozentual geringere Knochenmasse bei Frauen im Gegensatz zu Männern erklärt sich aber auch durch die geringere Muskelmasse und damit einhergehende geringere Zugbeanspruchung im Vergleich zu Männern [10, 18, 19].

##### *Weitere Funktionen*

Calcium besitzt wichtige Funktionen bei der Stabilisierung von Zellmembranen, der intrazellulären Signalübermittlung, der Reizübertragung im Nervensystem, der Muskelkontraktion sowie bei der Blutgerinnung [10, 12].

#### 5. Mangelsymptomatik

Da der Knochen Calcium speichert und bei Bedarf an das Blut abgibt, bleibt die Calciumkonzentration im Serum zunächst auch bei einer nutritiven Unterversorgung im Normalbereich. Bei einer langanhaltenden nutritiven Unterversorgung mit Calcium oder einer geringen Calciumabsorption (z. B. bei einem Vitamin D-Mangel) wird die Calciumkonzentration im Serum durch den Abbau von Knochenmasse aufrechterhalten. Dies führt zu einer mangelhaften Mineralisierung des Knochens und zu Wachstumsverzögerungen im Kindesalter (Rachitis) und zu einer Demineralisierung des Knochens im Erwachsenenalter (Osteomalazie) [20, 21].

#### 6. Überversorgung

Eine Calciumzufuhr deutlich über dem Referenzwert ist vor allem durch die Einnahme von calciumhaltigen Nährstoffpräparaten möglich, jedoch nicht über Lebensmittel im Rahmen einer vollwertigen Ernährung. Eine Erhöhung der Calciumkonzentration auf über 2,63 mmol/l im Serum wird als Hypercalcämie<sup>3</sup> bezeichnet und kann durch eine überhöhte Calciumzufuhr, eine überhöhte Vitamin D-Zufuhr oder einen primären Hyperparathyreoidismus ausgelöst werden (siehe auch Referenzwerte für die Vitamin D-Zufuhr) [23]. Im fortgeschrittenen Stadium einer Hypercalcämie kann es zu Nierensteinen und Niereninsuffizienz kommen [12, 24, 25]. Ein Zusammenhang einer Einnahme von Calciumpräparaten mit dem Risiko für koronare Herzkrankheit, insbesondere Herzinfarkt, wird diskutiert [26, 27, 28, 29]. Der *World Cancer Research Fund* (WCRF) stellt bei einer Calciumzufuhr von über 1 500 mg pro Tag eine risik erhöhende Beziehung zum Prostatakrebs fest [30]. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) schlussfolgert dagegen, dass eine Calciumzufuhr bis zu 2 000 mg über die Ernährung und Calciumpräparate nicht mit einem erhöhten Prostatakrebsrisiko verbunden ist [31].

Eine hohe Calciumzufuhr kann sich bei Patienten mit Harnsteinleiden unterschiedlich auf das Risiko der Bildung von Harnsteinen auswirken. Eine Begünstigung von Calciumsteinen im Harn ist zwar möglich, eine hohe Calciumzufuhr kann aber auch die gleichzeitig mit der Nahrung zugeführte

<sup>3</sup> Eine Erhöhung der Calciumkonzentration auf über 2,75 mmol/l wird als ausgeprägte Hypercalcämie bezeichnet [22].

Oxalsäure im Darm binden und damit über eine verminderte Oxalatabsorption und -ausscheidung im Harn zu einem günstigeren Harnlöslichkeitsprodukt beitragen [32, 33]. Menschen mit einem Risiko für Harnsteine sollten die empfohlene Calciumzufuhr nicht überschreiten und auf ein ausreichendes Harnvolumen achten.

*Tolerierbare Gesamtaufuhrmenge*

Die tolerierbare Gesamtaufuhrmenge für Calcium für Säuglinge im Alter von 0 bis unter 6 Monaten bzw. 6 bis unter 12 Monaten beträgt 1 000 bzw. 1 500 mg Calcium pro Tag [9]. Für 1- bis 8-Jährige gibt das *Institute of Medicine* (IOM) eine tolerierbare Gesamtaufuhrmenge von 2 500 mg Calcium pro Tag und für 9- bis 18-Jährige von 3 000 mg Calcium pro Tag an [9]. Demgegenüber beurteilt die EFSA die vorhandene Datenlage als nicht ausreichend, um eine tolerierbare Gesamtaufuhrmenge für Säuglinge und Kinder abzuleiten [31].

Laut EFSA beträgt die tolerierbare Gesamtaufuhrmenge für Erwachsene 2 500 mg Calcium pro Tag [31]. Das IOM gibt für Erwachsene bis 50 Jahre ebenfalls 2 500 mg pro Tag an und reduziert für Personen über 50 Jahre die tolerierbare Gesamtaufuhrmenge auf 2 000 mg pro Tag [9].

Deutlich höhere Zufuhrmengen als die genannten tolerierbaren Gesamtaufuhrmengen können, insbesondere in Kombination mit einer hohen Alkalizufuhr<sup>4</sup>, zu einer Hypercalcämie sowie zu Calciumablagerungen in den Weichteilen, vor allem in der Niere, führen (Milch-Alkali-Syndrom bzw. Calcium-Alkali-Syndrom) [35].

<sup>4</sup> Calciumcarbonat ist die primäre Quelle für Calcium in Kombination mit Alkali und wird in vielen Calciumpräparaten verwendet [34].

**7. Versorgungszustand der Bevölkerung<sup>5</sup>**

Die folgende Tabelle zeigt die mediane Calciumzufuhr (über den Verzehr von Lebensmitteln) nach Auswertung der Daten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II, 2005-2006)<sup>6</sup> bei in Deutschland lebenden Männern und Frauen im Alter von 15 bis 80 Jahren [36, 37].

**Calciumzufuhr bei in Deutschland lebenden Männern und Frauen nach Auswertung der NVS II<sup>6</sup> [36, 37]**

Alter (Jahre)		Median	5. Perzentil	95. Perzentil
15–18	Männer	822 mg	457 mg	1 428 mg
	Frauen	684 mg	373 mg	1 160 mg
19–24	Männer	857 mg	455 mg	1 550 mg
	Frauen	740 mg	412 mg	1 174 mg
25–34	Männer	866 mg	491 mg	1 491 mg
	Frauen	776 mg	460 mg	1 217 mg
35–50	Männer	838 mg	454 mg	1 435 mg
	Frauen	771 mg	451 mg	1 214 mg
51–64	Männer	782 mg	430 mg	1 310 mg
	Frauen	726 mg	417 mg	1 157 mg
65–80	Männer	725 mg	411 mg	1 188 mg
	Frauen	683 mg	421 mg	1 084 mg

<sup>5</sup> Hierbei ist zu beachten, dass zur Bestimmung der Calciumzufuhr in den zugrunde liegenden Erhebungen unterschiedliche Lebensmitteltabellen herangezogen wurden.

<sup>6</sup> Auswertung der Verzehrdaten der beiden 24-Stunden-Recalls auf Basis einer aktualisierten Version des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS-Version 3.02). Daher unterscheiden sich diese von früher publizierten NVS II-Daten zur Calciumzufuhr, die mit dem Ernährungserhebungsinstrument DISHES (*Diet Interview Software for Health Examination Studies*) erfasst und mit einer früheren BLS-Version (BLS II.4) berechnet wurden. Bei dem BLS 3.02 handelt es sich um eine noch nicht veröffentlichte korrigierte Version des BLS 3.01.

Laut der im Jahr 2006 durchgeführten EsKiMo-Studie (Ernährungsmodul des Kinder- und Jugendgesundheits surveys [KiGGS-Studie]) nahmen auf der Basis von Verzehrprotokollen 6- bis 11-jährige Jungen 886 mg (5. Perzentil [P5] bis 95. Perzentil [P95] 477-1 407 mg) und gleichaltrige Mädchen 834 mg (P5-P95 406-1 303 mg) pro Tag auf [38].

Nach auf der Basis von Verzehrprotokollen erhobenen Daten der Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern (VELS, 2001-2002) nahmen Jungen im Alter von 6 Monaten bis unter 1 Jahr 532 mg Calcium pro Tag auf (P10-P90 299-796 mg) und gleichaltrige Mädchen 458 mg (P10-P90 266-709 mg). Die mediane Calciumzufuhr lag bei 1- bis unter 4-jährigen Jungen bei 559 mg pro Tag (P10-P90 336-851 mg) und bei gleichaltrigen Mädchen bei 504 mg pro Tag (P10-P90 320-775 mg). Jungen im Alter von 4 bis unter 5 Jahren nahmen 586 mg Calcium pro Tag auf (P10-P90 324-959 mg) und gleichaltrige Mädchen 549 mg pro Tag (P10-P90 374-832 mg) [39, 40].

## 8. Calcium in Lebensmitteln

Milch und Milchprodukte (mit Ausnahme von Quark) sind aufgrund ihres hohen Calciumgehalts (Milch und Joghurt ca. 120 mg pro 100 g; Käse ca. 400 mg bis 900 mg pro 100 g) sowie aufgrund der konsumierten Menge die Hauptlieferanten von Calcium. Einige Gemüsearten mit einem Calciumgehalt von > 80 mg pro 100 g wie Brokkoli, Grünkohl und Rucola, sind ebenfalls wichtige Calciumlieferanten. Insbesondere Brokkoli ist wegen seines geringen Oxalatgehalts ein wichtiger Calciumlieferant [41]. Calciumreiche Mineralwässer (> 150 mg Calcium pro Liter) können ebenfalls wichtige Calciumlieferanten darstellen. Einige Nüsse wie z. B. Haselnüsse und Paranüsse haben mit > 100 mg pro 100 g einen hohen Calciumgehalt [42].

## 9. Ableitung der Referenzwerte für die Calciumzufuhr

### 9.1 Ableitung für die verschiedenen Altersgruppen

#### *Säuglinge*

Frauenmilch wird als optimale Ernährung für Säuglinge angesehen [43, 44]. Es gibt keinerlei Hinweise, dass ausschließlich gestillte Säuglinge bei einer guten Vitamin D-Versorgung einen Calciummangel aufweisen [45]. Daher wird der Referenzwert für die Calciumzufuhr bei Säuglingen anhand des Calciumgehalts in der Frauenmilch abgeleitet.

Ein voll gestillter Säugling erhält über die Frauenmilch bei einer Trinkmenge von 750 ml [46] 220 mg Calcium pro Tag [42]. Bei einer Absorptionsrate von 60 % [4, 47] werden 130 mg Calcium absorbiert. Angesichts der Tatsache, dass bei ausschließlich gestillten Säuglingen und einer guten Vitamin D-Versorgung kein Calciummangel festgestellt wurde [45], wird als Schätzwert für die Calciumzufuhr für gestillte Säuglinge im Alter von **0 bis unter 4 Monaten** 220 mg Calcium angegeben (siehe Anhang, Tab. A1).

Mit der Einführung von Beikost steigt die tägliche Calciumzufuhr und somit auch die Calciumretention [48]. Über die Beikost werden pro Tag etwa 140 mg Calcium zugeführt [9]. Die Trinkmenge des Säuglings beträgt vom 4. bis 12. Lebensmonat ca. 650 ml pro Tag [46]. So werden über die Frauenmilch noch weitere 190 mg Calcium pro Tag zugeführt. Dementsprechend beträgt der Schätzwert für die Calciumzufuhr über Frauenmilch und Beikost für Säuglinge im Alter von **4 bis unter 12 Monaten** 330 mg pro Tag (siehe Anhang, Tab. A2).

#### *Kinder*

Als Parameter für die Ermittlung des Calciumbedarfs für Kinder und Jugendliche wird die Calciumretention herangezogen.

In der Altersgruppe der **1- bis unter 4-Jährigen** werden nach Lynch et al. [49] 140 mg Calcium pro Tag für die Wachstumsbedürfnisse retiniert. Nach der

Berechnung über die faktorielle Methode<sup>7</sup> und bei einer berechneten Absorptionsrate von 45,6 % erhält man einen durchschnittlichen Bedarf von 474 mg Calcium pro Tag. Um den Bedarf von 97,5 % der Bevölkerungsgruppe zu decken, wird ein Zuschlag von 20 % herangezogen, der ca. einer zweifachen Standardabweichung entspricht. Dieses Vorgehen wird bei der Ableitung der Referenzwerte für die Calciumzufuhr bei allen weiteren Altersgruppen von Kindern und Jugendlichen beibehalten. Somit erhält man eine empfohlene Zufuhr von 600 mg Calcium pro Tag für 1- bis unter 4-jährige Kinder (siehe Anhang, Tab. A3).

Kinder im Alter von **4 bis unter 7 Jahren** retinieren ca. 120 mg Calcium pro Tag [52]. Nach der Berechnung über die faktorielle Methode und bei einer angenommenen Absorptionsrate von 38 % erhält man einen durchschnittlichen Bedarf von 629 mg Calcium pro Tag. Die empfohlene Zufuhr wird nach Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 % mit 750 mg Calcium pro Tag für 4- bis unter 7-jährige Kinder angegeben (siehe Anhang, Tab. A4).

Kinder im Alter von **7 bis unter 10 Jahren** befinden sich unter Umständen bereits in der späten präpubertären Phase und müssen für ein optimales Knochenwachstum etwa 140 bis 160 mg Calcium pro Tag retinieren [9, 54, 55]. Nach der Berechnung über die faktorielle Methode und bei einer angenommenen Absorptionsrate von 38 % beträgt der durchschnittliche Bedarf 776 mg Calcium pro Tag. Nach Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 % wird die empfohlene Zufuhr mit 900 mg Calcium pro Tag für Kinder dieser Altersgruppe angegeben (siehe Anhang, Tab. A5).

#### *Kinder ab 10 Jahren und Jugendliche*

Vatanparast et al. [56] nutzten Daten von 85 Jungen und 67 Mädchen im Alter von 9 bis 18 Jahren in Kanada, um den Calciumbedarf zu bestimmen. Mädchen und Jungen im Alter von 10 bis unter 13 Jahren retinieren nach Vatanpa-

<sup>7</sup> Die faktorielle Methode summiert die geschätzten Calciumverluste (über Urin, Schweiß und endogene Verluste über Fäzes) mit der geschätzten oder berechneten Calciumeinlagerung und adjustiert für die entsprechende Calciumabsorptionsrate, um die wünschenswerte Calciumzufuhr zu berechnen [50].

rast et al. [56] 151 mg bzw. 141 mg Calcium pro Tag. Da bei starkem Wachstum von einer höheren Absorptionsrate als bei geringerem Wachstum auszugehen ist [57, 58], wird bei Mädchen dieser Altersgruppe aufgrund des früher als bei Jungen einsetzenden pubertären Wachstumsschubs eine Absorptionsrate von 42 % angenommen. Für die Jungen dieser Altersgruppe beträgt die Absorptionsrate 38 % [53]. Nach der Berechnung über die faktorielle Methode liegt der durchschnittliche Bedarf für Mädchen und Jungen bei ca. 900 mg Calcium pro Tag. Nach Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 % beträgt die empfohlene Zufuhr für Mädchen und Jungen im Alter von **10 bis unter 13 Jahren** 1 100 mg Calcium pro Tag (siehe Anhang, Tab. A6).

Nach Vatanparast et al. [56] retinieren Mädchen und Jungen im Alter von 13 bis unter 19 Jahren 92 mg bzw. 210 mg Calcium pro Tag. Auch weitere Studien haben gezeigt, dass die Calciumretention bei Jungen im Alter von 12 bis 15 Jahren bei gleicher Calciumzufuhr höher ist als bei gleichaltrigen Mädchen [57, 58]. Diese höhere Calciumretention bei Jungen wird durch geringere Verluste über den Urin und eine höhere Calciumabsorptionsrate erreicht [58].

Nach den Berechnungen über die faktorielle Methode und bei einer berechneten Absorptionsrate von 38 % für Mädchen [53] und einer höheren angenommenen Absorptionsrate aufgrund des starken pubertären Wachstums von 42 % für Jungen erhält man einen durchschnittlichen Bedarf für Mädchen und Jungen von 908 mg bzw. 1 048 mg pro Tag. Nach Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 % beträgt die empfohlene Zufuhr für Mädchen und Jungen im Alter von **13 bis unter 19 Jahren** 1 200 mg Calcium pro Tag (siehe Anhang, Tab. A7).

#### *Erwachsene bis unter 65 Jahren*

Der Zeitpunkt im Leben, an dem die maximale Knochenmasse erreicht ist, ist nicht für alle Knochen und Gelenke derselbe und variiert zwischen verschiedenen Individuen (Ende der Adoleszenz oder auch erst im 3. Lebensjahrzehnt) [60, 61, 62]. Nach Barger-Lux et al. [63] nimmt die Knochenmasse bei Frauen im Alter von 20 bis 30 Jahren jährlich noch um 0,28 % zu. Eine Zufuhr von mehr als 800 mg Calcium pro Tag führt zu keiner darüber hinausgehenden Zunahme an Knochenmasse [11].

Nach Erreichen der maximalen Knochenmasse findet altersabhängig bei beiden Geschlechtern ein jährlicher Knochenmasseverlust von etwa 1 % statt [64].

Der Knochen ist einem ständigen Auf- und Abbau unterzogen. Für die Erhaltung der Knochenmasse ist die Erhaltung der Muskelmasse und eine ausgeglichene Calciumbilanz notwendig. Die ausgeglichene Calciumbilanz wird als Parameter für die Ableitung des Calciumbedarfs für Erwachsene bis unter 51 Jahren herangezogen. Auf Basis von Calciumbilanzstudien mit insgesamt 73 Frauen im Alter von 20 bis 75 Jahren (durchschnittliches Alter 47 Jahre) und 82 Männern im Alter von 19 bis 64 Jahren (durchschnittliches Alter 28 Jahre) errechneten Hunt und Johnson [65], dass eine Calciumzufuhr von im Mittel 741 mg pro Tag bei einer mittleren Absorption von 25 % für eine ausgeglichene Calciumbilanz erforderlich ist, unabhängig von Alter und Geschlecht. Dies entspricht dem durchschnittlichen Bedarf. Unter Berücksichtigung der Variation des Bedarfs in der Bevölkerung durch einen Zuschlag von 30 % werden daher für Erwachsene **bis unter 65 Jahren** 1 000 mg Calcium pro Tag als empfohlene Zufuhr angegeben.

Einige Beobachtungsstudien zeigten bei prämenopausalen Frauen einen positiven Zusammenhang zwischen der Calciumzufuhr und der Knochendichte [66, 67]. In diesen Studien wurde die körperliche Aktivität als Einflussfaktor auf die Knochendichte berücksichtigt. Angaben zur Vitamin D-Versorgung lagen nicht vor, sodass die Aussagekraft der Ergebnisse eingeschränkt ist. Bei Männern konnte ein solcher Zusammenhang überwiegend nicht bestätigt werden [68, 69, 70].

Der Verlust der Knochenmasse und somit eine negative Calciumbilanz geht mit dem Alterungsprozess (vor allem mit dem im Alter einsetzenden Muskelmasseverlust) einher und setzt bei Frauen aufgrund der Menopause früher und abrupter ein als bei Männern [71]. Durch eine adäquate Calciumzufuhr kann der Verlust der Knochenmasse verringert, aber nicht verhindert werden [9]. Eine Meta-Analyse von Tang et al. [72] von 29 randomisierten, kontrollierten Interventionsstudien mit Frauen im Alter von 50 bis 85 Jahren zeigte einen geringeren Verlust an Knochendichte durch eine Calciumzufuhr von 1 200 mg pro Tag im Vergleich zu einer niedrigeren Calciumzufuhr. Allerdings konnte diese Meta-Analyse keine Dosis-Wirkungs-Beziehung aufzeigen, da in den

meisten Studien ein Calciumpräparat von 1 200 mg pro Tag verabreicht wurde und die Gesamtaufuhr (Zufuhr über die Ernährung und über Präparate) in der Meta-Analyse nicht erfasst wurde. Zudem wurden in diese Meta-Analyse Studien einbezogen, die die Calciumzufuhr allein, aber auch die Calciumzufuhr in Kombination mit Vitamin D untersuchten. Die einzelnen Studien, in denen Calcium allein verabreicht wurde, zeigten hier aber ebenfalls positive Effekte (geringerer Verlust) auf die Knochendichte.

Da es keine eindeutigen Nachweise gibt, dass eine Calciumzufuhr über 1 000 mg pro Tag einen weiteren Nutzen für die Knochengesundheit in dieser Altersgruppe hat, wird auch für Frauen im Alter von über 50 Jahren keine höhere empfohlene Zufuhr angegeben.

#### *Erwachsene ab 65 Jahren*

Für die Altersgruppe ab 65 Jahren wird als geeigneter Parameter für die Ableitung des Referenzwerts das Frakturrisiko herangezogen. Die Meta-Analyse von Tang et al. [72] zeigte bei einer Supplementation mit 1 200 mg Calcium pro Tag (in Kombination mit Vitamin D) neben dem geringeren Verlust an Knochendichte auch ein reduziertes Frakturrisiko auf. Auch wurde in einer späteren Interventionsstudie gezeigt, dass eine Supplementation mit 1 200 mg Calcium pro Tag und eine zusätzliche Calciumzufuhr von etwa 900 mg pro Tag über die Ernährung das Frakturrisiko verringert [73].

Dagegen konnte in anderen Studien, einschließlich einer Meta-Analyse, kein präventiver Effekt einer Calciumzufuhr von über 1 000 mg pro Tag auf Frakturen nachgewiesen werden [74, 75, 76, 77, 78].

Anhand der angegebenen Studien kann keine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Calciumzufuhr und dem Frakturrisiko festgestellt werden. Es gibt keine eindeutigen Nachweise, dass eine Calciumzufuhr von über 1 000 mg pro Tag einen weiteren Nutzen für die Knochengesundheit bei Erwachsenen im Alter von über 65 Jahren hat. Zur Ableitung des Referenzwerts für Erwachsene ab 65 Jahren wird daher die Ableitung des Referenzwerts für Erwachsene bis unter 65 Jahren herangezogen und analog für Männer und Frauen **ab 65 Jahren** eine empfohlene Zufuhr von 1 000 mg Calcium pro Tag angegeben.

Die Referenzwerte für die Calciumzufuhr setzen in allen Altersgruppen eine gute Vitamin D-Versorgung (25-Hydroxyvitamin D-Serumkonzentration von  $\geq 50$  nmol/l) voraus. Vor allem in der Altersgruppe ab 65 Jahren wurde gezeigt, dass insbesondere die Kombination aus einer Calciumzufuhr in Höhe der empfohlenen Zufuhr und einer guten Vitamin D-Versorgung das Frakturrisiko reduziert [79].

#### *Schwangere und Stillende*

Der fetale Calciumbedarf, der im 3. Trimester am höchsten ist, wird vor allem durch eine Steigerung der Calciumabsorptionsrate der Frau während der gesamten Schwangerschaft gedeckt [80]. Die Calciumabsorption verdoppelt sich während einer Schwangerschaft [81, 82, 83]. Neben der intestinalen Calciumabsorption sind während der Schwangerschaft auch die glomeruläre Filtrationsrate der Niere und damit die renale Calciumausscheidung gesteigert. In der Spätschwangerschaft können zudem auch die Knochenabbauprozesse erhöht sein. Bei diesen Veränderungen in der Schwangerschaft handelt es sich um vorübergehende Anpassungen, die in aller Regel nicht mit einem erhöhten Osteoporoserisiko einhergehen [84, 85].

In randomisierten, kontrollierten Interventionsstudien konnte kein Nutzen einer zusätzlichen Calciumzufuhr, die über die empfohlene Zufuhr für Nicht-Schwangere hinausgeht, festgestellt werden [86]. Da sich anhand dieser Daten der Bedarf von Schwangeren nicht von dem Nicht-Schwangerer unterscheidet, werden für Schwangere bis unter 19 Jahren als empfohlene Zufuhr 1 200 mg Calcium pro Tag und für Schwangere ab 19 Jahren 1 000 mg Calcium pro Tag angegeben.

In der Stillzeit wird Calcium für den Bedarf des Säuglings aus dem Knochen der Frau ausgelagert [87, 88]. Eine erhöhte Calciumzufuhr während der Stillzeit kann jedoch weder die Calciumfreisetzung aus dem Knochen verringern [87, 89, 90, 91, 92] noch den Calciumgehalt der Frauenmilch beeinflussen [93]. Daher unterscheidet sich die empfohlene Calciumzufuhr für Stillende nicht von der für Nicht-Stillende. Die empfohlene Zufuhr für Calcium beträgt für Stillende bis unter 19 Jahren 1 200 mg pro Tag und für Stillende über 19 Jahren 1 000 mg pro Tag.

Der hormonell bedingte (Hypoöstrogenämie) Verlust der Knochenmassedichte während der Stillzeit [94] wird nach dem Abstillen bei einer Calciumzufuhr in Höhe des Referenzwerts wieder ausgeglichen [88, 95], sodass das Stillen nicht mit einem höheren Risiko für Osteoporose einhergeht [85, 96, 97].

#### **9.2 Sicherstellung einer angemessenen Calciumversorgung**

Durch einen hohen Verzehr von natürlicherweise calciumreichen Lebensmitteln kann eine angemessene Calciumversorgung sichergestellt werden. Für eine calciumreiche Ernährung empfehlen sich nicht nur aufgrund des hohen Calciumgehalts und der konsumierten Menge, sondern auch aufgrund der diskutierten absorptionsfördernden Eigenschaften, vor allem Milch und Milchprodukte (mit Ausnahme von Quark). Mineralwässer mit einem Calciumgehalt von  $> 150$  mg Calcium pro Liter eignen sich ebenfalls. Verschiedene Gemüsearten mit einem Calciumgehalt von  $> 80$  mg pro 100 g sind aufgrund ihrer geringen Energiedichte besonders für eine calciumreiche Ernährung geeignet. Vor allem Brokkoli kann wegen seines geringen Oxalatgehalts und eventuell weiteren absorptionsfördernden Eigenschaften einen Beitrag zu einer angemessenen Calciumversorgung leisten.

Auch Personen mit Lactoseintoleranz vertragen meist bestimmte Milchprodukte wie Joghurt und gereiften Käse. Ein komplettes Meiden von Milch und Milchprodukten erfordert die gezielte Auswahl von calciumreichen und oxalatarmen Gemüsearten wie z. B. Brokkoli, sowie calciumreichen Mineralwässern. Einige Nüsse wie z. B. Haselnüsse und Paranüsse haben zwar einen hohen Calciumgehalt, sollten jedoch aufgrund der hohen Energiedichte nicht als primäre Calciumquelle dienen. Die Calciumzufuhr sollte auf mehrere Mahlzeiten über den Tag verteilt werden, da hierdurch die intestinale Calciumabsorptionsrate erhöht wird.

Industriell hergestellte Säuglingsmilchnahrung hat einen höheren Calciumgehalt als Frauenmilch. Dieser darf in der Europäischen Union (EU), bei einem Energiewert von 65 kcal pro 100 ml der Säuglingsmilchnahrung, zwischen 33 mg und 91 mg pro 100 ml liegen [99]. Dies geht mit einer geringeren Calciumabsorptionsrate von industriell hergestellter Säuglingsmilchnahrung als von Frauenmilch einher [45]. Eine angemessene Calciumversorgung kann bei mit Säuglingsmilchnahrung ernährten Säuglingen dennoch aufgrund des höheren Calciumgehalts der Säuglingsmilchnahrung sichergestellt werden.

**10. Weitere präventive Aspekte**

Neben den präventiven Effekten einer guten Calciumversorgung auf die Knochengesundheit, die bei der Ableitung der Referenzwerte berücksichtigt wurden, werden noch weitere präventive Aspekte diskutiert. Diese werden im Folgenden durch aktuelle Studien, einschließlich Meta-Analysen, kurz dargestellt, ohne dass auf der Basis einer systematischen Literaturrecherche eine Evidenzbewertung vorgenommen wurde.

Eine hohe Calciumzufuhr (über Calciumpräparate und Calcium aus Milchprodukten) wird mit präventiven Effekten hinsichtlich Adipositas [98, 100], Hypertonie [101, 102] und Serumlipidkonzentrationen [103, 104, 105] in Verbindung gebracht, die wiederum das Risiko für koronare Herzkrankheit beeinflussen können. Aufgrund der kontroversen Ergebnisse der Studien zum Zusammenhang zwischen einer Supplementation mit Calcium und dem Risiko für koronare Herzkrankheit [26, 27, 28, 29, 106, 107, 108, 109] besteht hier weiterer Forschungsbedarf [33, 110, 111].

Die präventiven Auswirkungen von Calcium auf das Krebsrisiko sind ebenfalls nicht eindeutig geklärt. Es wird vor allem eine inverse Assoziation mit dem Darmkrebsrisiko diskutiert [112].

**Literatur**

[1] Weaver CM: Age related calcium requirements due to changes in absorption and utilization. *J Nutr* 124, Suppl 8 (1994) S1418-S1425

[2] McCormick CC: Passive diffusion does not play a major role in the absorption of dietary calcium in normal adults. *J Nutr* 132 (2002) 3428-3430

[3] Peacock M: Calcium metabolism in health and disease. *Clin J Am Soc Nephrol* 5, Suppl 1 (2010) S23-S30

[4] Abrams SA, Wen J, Stuff JE: Absorption of calcium, zinc, and iron from breast milk by five- to seven-month-old infants. *Pediatr Res* 41 (1997) 384-390

[5] Heaney RP, Recker RR: Distribution of calcium absorption in middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 43 (1986) 299-305

[6] Heaney RP, Recker RR, Stegman MR, Moy AJ: Calcium absorption in women: relationship to calcium intake, estrogen status, and age. *J Bone Min Res* 4 (1989) 469-475

[7] Guéguen L, Pointillart A: The bioavailability of dietary calcium. *J Am Coll Nutr* 19, Suppl 2 (2000) S119-S136

[8] Cashman KD: Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *Br J Nutr* 87, Suppl 2 (2002) S169-S177

[9] IOM (Institute of Medicine): Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. The National Academies Press, Washington, DC (2011)

[10] Strain JJ, Cashman KD: Minerals and trace elements. In: Gibney MJ, Lanham-New SA, Cassidy A, Vorster HH (Hrsg.): *Introduction to Human Nutrition*. Wiley-Blackwell, Chichester, 2. Auflage (2009) 188-237

[11] Weaver CM, Hill KM: Estimating calcium requirements. In: Burckhardt P, Dawson-Hughes B, Weaver C (Hrsg.): *Nutritional Influences on Bone Health*. Springer, London, 1. Auflage (2010) 41-50

[12] Weaver CM, Heaney R: Calcium. In: Shils M, Shike M, Ross AC et al. (Hrsg.): *Modern Nutrition in Health and Disease*. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 10. Auflage (2006) 194-210

[13] Weaver C, Heaney R: Food sources, supplements, and bioavailability. In: Weaver C, Heaney R (Hrsg.): *Calcium in Human Health*. Humana Press, Totowa, 1. Auflage (2006) 129-142

[14] Schiessl H, Frost HM, Jee WS: Estrogen and bone-muscle strength and mass relationships. *Bone* 22 (1998) 1-6

[15] Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC et al.: The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 9 (1999) 1-12

[16] Heaney RP, Weaver CM: Newer perspectives on calcium nutrition and bone quality. *J Am Coll Nutr* 24, Suppl 6 (2005) S574-S581

[17] Koopman R, van Loon LJ: Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* 106 (2009) 2040-2048

[18] Peacock M: Calcium absorption efficiency and calcium requirements in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 54, Suppl 1 (1991) S261-S265

[19] Pettifor JM, Fischer PR, Thacher TD: Dietary calcium deficiency and rickets. In: Holick MF (Hrsg.): *Nutrition and Health: Vitamin D*. Springer Science+Business Media, New York, 2. Auflage (2010) 651-668

[20] Abrams SA: Nutritional rickets: an old disease returns. *Nutr Rev* 60 (2002) 111-115

[21] NOF (National Osteoporosis Foundation): *Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis*. Washington, DC (2008)

[22] Horwitz MJ, Tedesco MB, Garcia-Ocaña A et al.: Parathyroid hormone-related protein for the treatment of postmenopausal osteoporosis: defining the maximal tolerable dose. *J Clin Endocrinol Metab* 95 (2010) 1279-1287

[23] Moe SM: Disorders involving calcium, phosphorus, and magnesium. *Prim Care* 35 (2008) 215-237

[24] Jackson RD, LaCroix AZ, Gass M et al.: Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of fractures. *N Engl J Med* 16 (2006) 669-683

[25] Wallace RB, Wactawski-Wende J, O'Sullivan MJ et al.: Urinary tract stone occurrence in the Women's Health Initiative (WHI) randomized clinical trial of calcium and vitamin D supplements. *Am J Clin Nutr* 94 (2011) 270-277

[26] Wang L, Manson JE, Song Y, Sesso HD: Systematic review: Vitamin D and calcium supplementation in prevention of cardiovascular events. *Ann Intern Med* 152 (2010) 315-323

[27] Bolland MJ, Grey A, Avenell A et al.: Calcium supplements with or without vitamin D and risk of cardiovascular events: reanalysis of the Women's Health Initiative limited access dataset and meta-analysis. *BMJ* 342 (2011) doi: 10.1136/bmj.d2040

[28] Michaëlsson K, Melhus H, Warensjö Lemming E et al.: Long term calcium intake and rates of all cause and cardiovascular mortality: community based prospective longitudinal cohort study. *BMJ* 346 (2013) f 228

[29] Xiao Q, Murphy RA, Houston DK et al.: Dietary and supplemental calcium intake and cardiovascular disease mortality: The National Institutes of Health-AARP Diet and Health Study. *JAMA Intern Med* (2013) 1-8 [Epub ahead of print]

[30] WCRF (World Cancer Research Fund)/AICR (American Institute for Cancer Research): *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective*. Washington, DC; AICR (2007)

- [31] EFSA (European Food Safety Authority): Scientific opinion on the tolerable upper intake level of calcium. *EFSA Journal* 10 (2012) 2814
- [32] Massey LK, Roman-Smith H, Sutton RA: Effect of dietary oxalate and calcium on urinary oxalate and risk of formation of calcium oxalate kidney stones. *J Am Diet Assoc* 93 (1993) 901-906
- [33] Body JJ, Bergmann P, Boonen S et al.: Extraskelletal benefits and risks of calcium, vitamin D and anti-osteoporosis medications. *Osteoporos Int* 23, Suppl 1 (2012) S1-S23
- [34] Medarov BI: Milk-alkali syndrome. *Mayo Clin Proc* 84 (2009) 261-267
- [35] Patel AM, Goldfarb S: Got calcium? Welcome to the calcium-alkali syndrome. *J Am Soc Nephrol* 21 (2010) 1440-1443
- [36] Krems C, Walter C, Heuer T, Hoffmann I: Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr – Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie II. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): 12. Ernährungsbericht 2012. Bonn (2012) 40-85
- [37] Heuer T: Calciumzufuhr bei Jugendlichen und Erwachsenen in der NVS II. Persönliche Mitteilung vom 11.01.2013. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe (2013)
- [38] Mensink GBM, Richter A, Stahl A et al.: Bestandsaufnahme: Nährstoffversorgung und Lebensmittelverzehr von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. In: Kersting M (Hrsg.): Kinderernährung aktuell. Umschau Zeitschriftenverlag, Sulzbach/Ts (2009) 40-46
- [39] Hesecker H, Mensink GBM: Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr im Kindes- und Jugendalter. Ergebnisse aus den beiden bundesweit durchgeführten Ernährungsstudien VELS und EsKiMo. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): Ernährungsbericht 2008. Bonn (2008) 49-93
- [40] Hesecker H: Calciumzufuhr bei Säuglingen in VELS. Persönliche Mitteilung vom 28.01.2013. Universität Paderborn (2013)
- [41] Weaver CM, Proulx WR, Heaney R: Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 70, Suppl 1 (1999) S543-S548
- [42] Souci SW, Fachmann W, Kraut H: Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen. medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, 7. Auflage (2008)
- [43] WHO (World Health Organization): Nutrient adequacy of exclusive breastfeeding for the term infant during the first six months of life. Authors: Butte NF, Lopez-Alarcon MG, Garza C (2002) [http://www.who.int/nutrition/publications/infantfeeding/nut\\_adequacy\\_of\\_exc\\_bfeeding\\_eng.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/infantfeeding/nut_adequacy_of_exc_bfeeding_eng.pdf) (eingesehen am 15.04.2013)
- [44] American Academy of Pediatrics: Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics* 129 (2012) e827-e841
- [45] Abrams SA: Building bones in babies: can and should we exceed the human milk-fed infant's rate of bone calcium accretion? *Nutr Rev* 64 (2006) 487-494
- [46] Neville MC, Keller R, Seacat J et al.: Studies in human lactation: milk volumes in lactating women during the onset of lactation and full lactation. *Am J Clin Nutr* 48 (1988) 1375-1386
- [47] Fomon SJ, Nelson SE: Calcium, phosphorus, magnesium, and sulfur. In: Fomon SJ (Hrsg.): Nutrition of Normal Infants. Mosby, St. Louis, 1. Auflage (1993) 192-218
- [48] Abrams SA: Calcium absorption in infants and small children: methods of determination and recent findings. *Nutrients* 2 (2010) 474-480
- [49] Lynch MF, Griffin IJ, Hawthorne KM et al.: Calcium balance in 1-4-y-old children. *Am J Clin Nutr* 85 (2007) 750-754
- [50] Kuczmarski MF, Kuczumarski R: Nutrition monitoring in the United States. In: Shils M, Shike M, Ross AC et al.: Modern Nutrition in Health and Disease. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 10. Auflage (2006) 1687-1700
- [51] Abrams SA, Sidbury JB, Muenzer J et al.: Stable isotopic measurement of endogenous fecal calcium excretion in children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 12 (1991) 469-473

- [52] Ames SK, Gorham BM, Abrams SA: Effects of high compared with low calcium intake on calcium absorption and incorporation of iron by red blood cells in small children. *Am J Clin Nutr* 70 (1999) 44-48
- [53] Wastney ME, Ng J, Smith D et al.: Differences in calcium kinetics between adolescent girls and young women. *Am J Physiol* 271 (1996) 208-216
- [54] Abrams SA, Copeland KC, Gunn SK et al.: Calcium absorption and kinetics are similar in 7- and 8-year-old Mexican-American and Caucasian girls despite hormonal differences. *J Nutr* 129 (1999) 666-671
- [55] Ellis KJ, Shypailo RJ, Hergenroeder A et al.: Total body calcium and bone mineral content: comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with neutron activation analysis. *J Bone Miner Res* 11 (1996) 843-848
- [56] Vatanparast H, Bailey DA, Baxter-Jones AD, Whiting SJ: Calcium requirements for bone growth in Canadian boys and girls during adolescence. *Br J Nutr* 103 (2010) 575-580
- [57] Jackman LA, Millane SS, Martin BR et al.: Calcium retention in relation to calcium intake and postmenarcheal age in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 66 (1997) 327-333
- [58] Braun M, Martin BR, Kern M et al.: Calcium retention in adolescent boys on a range of controlled calcium intakes. *Am J Clin Nutr* 84 (2006) 414-418
- [59] Palacios C, Wigertz K, Martin B, Weaver CM: Sweat mineral loss from whole body, patch and arm bag in white and black girls. *Nutr Res* 23 (2003) 401-411
- [60] Berger C, Goltzman D, Langsetmo L et al.: Peak bone mass from longitudinal data: implications for the prevalence, pathophysiology, and diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 25 (2010) 1948-1957
- [61] Riggs BL, Melton LJ, Robb RA et al.: A population-based assessment of rates of bone loss at multiple skeletal sites: evidence for substantial trabecular bone loss in young adult women and men. *J Bone Miner Res* 23 (2008) 205-214
- [62] Tuck SP, Datta HK: Osteoporosis in the aging male: treatment options. *Clin Interv Aging* 2 (2007) 521-536
- [63] Barger-Lux MJ, Davies KM, Heaney RP: Calcium supplementation does not augment bone gain in young women consuming diets moderately low in calcium. *J Nutr* 135 (2005) 2362-2366
- [64] Jones G, Nguyen T, Sambrook P et al.: Progressive loss of bone in the femoral neck in elderly people: longitudinal findings from the Dubbo osteoporosis epidemiology study. *BMJ* 309 (1994) 691-695
- [65] Hunt CD, Johnson LK: Calcium requirements: new estimations for men and women by cross-sectional statistical analyses of calcium balance data from metabolic studies. *Am J Clin Nutr* 86 (2007) 1054-1063
- [66] Dionyssiotis Y, Paspati I, Trovas G et al.: Association of physical exercise and calcium intake with bone mass measured by quantitative ultrasound. *BMC Women's Health* 10 (2010) 1-12
- [67] Uusi-Rasi K, Sievänen H, Pasanen M et al.: Influence of calcium intake and physical activity on proximal femur bone mass and structure among pre- and postmenopausal women. A 10-year prospective study. *Calcif Tissue Int* 82 (2008) 171-181
- [68] Atalar E, Aydin G, Keles I et al.: Factors affecting bone mineral density in men. *Rheumatol Int* 29 (2009) 1025-1030
- [69] Bischoff-Ferrari HA, Kiel DP, Dawson-Hughes B et al.: Dietary calcium and serum 25-hydroxyvitamin D status in relation to BMD among U.S. adults. *J Bone Miner Res* 24 (2009) 935-942
- [70] Pettersson U, Nilsson M, Sundh V et al.: Physical activity is the strongest predictor of calcaneal peak bone mass in young Swedish men. *Osteoporos Int* 21 (2010) 447-455
- [71] Ahlborg HG, Johnell O, Turner CH et al.: Bone loss and bone size after menopause. *N Engl J Med* 349 (2003) 327-334
- [72] Tang BMP, Eslick GD, Nowson C et al.: Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis. *Lancet* 370 (2007) 657-666

- [73] Bischoff-Ferrari HA, Rees JR, Grau MV et al.: Effect of calcium supplementation on fracture risk: a double-blind randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 87 (2008) 1945-1951
- [74] Peacock M, Liu G, Carey M et al.: Effect of calcium or 25OH vitamin D<sub>3</sub> dietary supplementation on bone loss at the hip in men and women over the age of 60. *J Clin Endocrinol Metab* 85 (2000) 3011-3019
- [75] Grant AM, Avenell A, Campbell MK et al.; RECORD Trial Group: Oral vitamin D<sub>3</sub> and calcium for secondary prevention of low-trauma fractures in elderly people (Randomised Evaluation of Calcium Or vitamin D, RECORD): a randomised placebo-controlled trial. *Lancet* 365 (2005) 1621-1628
- [76] Prince RL, Devine A, Dhaliwal SS, Dick IM: Effects of calcium supplementation on clinical fracture and bone structure: results of a 5-year, double-blind, placebo-controlled trial in elderly women. *Arch Intern Med* 166 (2006) 869-875
- [77] Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, Baron JA et al.: Calcium intake and hip fracture risk in men and women: a meta-analysis of prospective cohort studies and randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 86 (2007) 1780-1790
- [78] Warensjö E, Byberg L, Melhus H et al.: Dietary calcium intake and risk of fracture and osteoporosis: prospective longitudinal cohort study. *BMJ* 342 (2011) d1473
- [79] Linseisen J, Bechthold A, Bischoff-Ferrari HA et al.; Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): Vitamin D und Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten – Stellungnahme. Bonn (2011) <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Stellungnahme-VitD-111220.pdf> (eingesehen am 15.04.2013)
- [80] Kovacs CS: Calcium and bone metabolism during pregnancy and lactation. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 10 (2005) 105-118
- [81] Heaney RP, Skillman TG: Calcium metabolism in normal human pregnancy. *J Clin Endocrinol Metab* 33 (1971) 661-670
- [82] Kent GN, Price RI, Gutteridge DH et al.: The efficiency of intestinal calcium absorption is increased in late pregnancy but not in established lactation. *Calcif Tissue Int* 48 (1991) 293-295
- [83] O'Brien KO, Nathanson MS, Mancini J, Witter FR: Calcium absorption is significantly higher in adolescents during pregnancy than in the early postpartum period. *Am J Clin Nutr* 78 (2003) 1188-1193
- [84] Prentice A: Maternal calcium metabolism and bone mineral status. *Am J Clin Nutr* 71 (2000) S1312-S1316
- [85] Kovacs CS: Calcium and bone metabolism disorders during pregnancy and lactation. *Endocrinol Metab Clin North Am* 40 (2011) 795-826
- [86] Koo WW, Walters JC, Esterlitz J et al.: Maternal calcium supplementation and fetal bone mineralization. *Obstet Gynecol* 94 (1999) 577-582
- [87] Kalkwarf HJ, Specker BL, Bianchi DC et al.: The effect of calcium supplementation on bone density during lactation and after weaning. *N Engl J Med* 337 (1997) 523-528
- [88] Kalkwarf HJ: Hormonal and dietary regulation of changes in bone density during lactation and after weaning in women. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 4 (1999) 319-329
- [89] Cross NA, Hillman LS, Allen SH et al.: Calcium homeostasis and bone metabolism during pregnancy, lactation, and postweaning: a longitudinal study. *Am J Clin Nutr* 61 (1995) 514-523
- [90] Fairweather-Tait S, Prentice A, Heumann KG et al.: Effect of calcium supplements and stage of lactation on the calcium absorption efficiency of lactating women accustomed to low calcium intakes. *Am J Clin Nutr* 62 (1995) 1188-1192
- [91] Prentice A, Jarjou LM, Cole TJ et al.: Calcium requirements of lactating Gambian mothers: effects of a calcium supplement on breast-milk calcium concentration, maternal bone mineral content, and urinary calcium excretion. *Am J Clin Nutr* 62 (1995) 58-67
- [92] Laskey MA, Prentice A, Hanratty LA et al.: Bone changes after 3 mo of lactation: influence of calcium intake, breast-milk output, and vitamin D-receptor genotype. *Am J Clin Nutr* 67 (1998) 685-692

- [93] Jarjou LM, Prentice A, Sawo Y et al.: Randomized, placebo-controlled, calcium supplementation study in pregnant Gambian women: effects on breast-milk calcium concentrations and infant birth weight, growth, and bone mineral accretion in the first year of life. *Am J Clin Nutr* 83 (2006) 657-666
- [94] Laskey MA, Price RI, Khoo BC, Prentice A: Proximal femur structural geometry changes during and following lactation. *Bone* 48 (2011) 755-759
- [95] Chantry CJ, Auinger P, Byrd RS: Lactation among adolescent mothers and subsequent bone mineral density. *Arch Pediatr Adolesc Med* 158 (2004) 650-656
- [96] Sowers M: Pregnancy and lactation as risk factors for subsequent bone loss and osteoporosis. *J Bone Miner Res* 11 (1996) 1052-1060
- [97] Kovacs CS, Kronenberg HM: Maternal-fetal calcium and bone metabolism during pregnancy, puerperium, and lactation. *Endocr Rev* 18 (1997) 832-872
- [98] Lanou AJ, Barnard ND: Dairy and weight loss hypothesis: an evaluation of the clinical trials. *Nutr Rev* 66 (2008) 272-279
- [99] EG-Richtlinie 2006/141/EG der Kommission vom 22. Dezember 2006 über Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung und zur Änderung der Richtlinie 1999/21/EG <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:401:0001:0033:DE:PDF> (eingesehen am 15.04.2013)
- [100] Shahar DR, Schwarzfuchs D, Fraser D et al.; DIRECT Group: Dairy calcium intake, serum vitamin D, and successful weight loss. *Am J Clin Nutr* 92 (2010) 1017-1022
- [101] Dickinson HO, Nicolson DJ, Cook JV et al.: Calcium supplementation for the management of primary hypertension in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 19 (2006) CD004639
- [102] Wang L, Manson JE, Buring JE et al.: Dietary intake of dairy products, calcium, and vitamin D and the risk of hypertension in middle-aged and older women. *Hypertension* 51 (2008) 1073-1079
- [103] Bostick RM, Fosdick L, Grandits GA et al.: Effect of calcium supplementation on serum cholesterol and blood pressure. A randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Arch Fam Med* 9 (2000) 31-38
- [104] Reid IR, Mason B, Horne A et al.: Effects of calcium supplementation on serum lipid concentrations in normal older women: a randomized controlled trial. *Am J Med* 112 (2002) 343-347
- [105] Reid IR, Ames R, Mason B et al.: Effects of calcium supplementation on lipids, blood pressure, and body composition in healthy older men: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 91 (2010) 131-139
- [106] Bolland MJ, Barber PA, Doughty RN et al.: Vascular events in healthy older women receiving calcium supplementation: randomised controlled trial. *BMJ* 336 (2008) 262-266
- [107] Bolland MJ, Avenell A, Baron JA et al.: Effect of calcium supplements on risk of myocardial infarction and cardiovascular events: meta-analysis. *BMJ* 341 (2010) c3691
- [108] Lewis JR, Calver J, Zhu K et al.: Calcium supplementation and the risks of atherosclerotic vascular disease in older women: results of a 5-year RCT and a 4.5-year follow-up. *J Bone Miner Res* 26 (2011) 35-41
- [109] Li K, Kaaks R, Linseisen J, Rohmann S: Associations of dietary calcium intake and calcium supplementation with myocardial infarction and stroke risk and overall cardiovascular mortality in the Heidelberg cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study (EPIC-Heidelberg). *Heart* 98 (2012) 920-925
- [110] Miller PD: Vitamin D, calcium, and cardiovascular mortality: a perspective from a plenary lecture given at the annual meeting of the American Association of Clinical Endocrinologists. *Endocr Pract* 17 (2011) 798-806
- [111] Nordin BE, Lewis JR, Daly RM et al.: The calcium scare – what would Austin Bradford Hill have thought? *Osteoporos Int* 22 (2011) 3073-3077
- [112] WCRF (World Cancer Research Fund)/AICR (American Institute for Cancer Research): WCRF/AICR Continuous Update Project Report. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of colorectal cancer (2011)
- [113] Abrams SA, Grusak MA, Stuff J, O'Brien KO: Calcium and magnesium balance in 9-14-y-old children. *Am J Clin Nutr* 66 (1997) 1172-1177

## Anhang

**Tabelle A1: Berechnung des Schätzwerts für die Calciumzufuhr für gestillte Säuglinge von 0 bis unter 4 Monaten**

	0 bis unter 4 Monate
Calciumgehalt von Frauenmilch	29 mg/100 ml <sup>a</sup>
Trinkmenge	750 ml/Tag <sup>b</sup>
Calciumzufuhr bei einer Trinkmenge von 750 ml/Tag	217,5 mg/Tag
<b>Schätzwert</b> für die Calciumzufuhr	<b>220 mg/Tag</b> (gerundet)

<sup>a</sup> Souci et al. [42]

<sup>b</sup> Neville et al. [46]

**Tabelle A2: Berechnung des Schätzwerts für die Calciumzufuhr über Frauenmilch und Beikost für Säuglinge von 4 bis unter 12 Monaten**

	4 bis unter 12 Monate
Calciumgehalt von Frauenmilch	29 mg/100 ml <sup>a</sup>
Trinkmenge	650 ml/Tag <sup>b</sup>
Calciumzufuhr über Frauenmilch	188,5 mg/Tag
Calciumzufuhr über Beikost	140 mg/Tag <sup>c</sup>
Calciumzufuhr insgesamt	188,5 mg + 140 mg = 328,5 mg/Tag
<b>Schätzwert</b> für die Calciumzufuhr	<b>330 mg/Tag</b> (gerundet)

<sup>a</sup> Souci et al. [42]

<sup>b</sup> Neville et al. [46]

<sup>c</sup> IOM [9]

**Tabelle A3: Berechnung der empfohlenen Calciumzufuhr bei 1- bis unter 4-Jährigen nach der faktoriellen Methode**

	1 bis unter 4 Jahre
Calciumretention	142 mg/Tag <sup>a</sup>
Verluste über Urin	37 mg/Tag <sup>b</sup>
endogene Verluste über Fäzes	37 mg/Tag <sup>c</sup>
gesamt	216 mg/Tag
Absorption (%)	45,6 <sup>d</sup>
adjustiert für Absorption	474 mg/Tag
Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 %	568 mg/Tag
<b>empfohlene Calciumzufuhr</b>	<b>600 mg/Tag</b> (gerundet)

<sup>a</sup> Aus Lynch et al. [49]; die Autoren nehmen an, dass die Calciumretention von ca. 140 mg 110 mg Calcium für die Calciumeinlagerung in den Knochen und 30 mg Calciumverluste über die Haut beinhaltet.

<sup>b</sup> Weaver [1]

<sup>c</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Berechnung nach Abrams et al. [51]

<sup>d</sup> berechnet in Lynch et al. [49]

## Nutritive Aspekte von Nährstoffen

**Tabelle A4: Berechnung der empfohlenen Calciumzufuhr bei 4- bis unter 7-Jährigen nach der faktoriellen Methode**

	4 bis unter 7 Jahre
Calciumretention	124 mg/Tag <sup>a</sup>
Verluste über Urin	45 mg/Tag <sup>b</sup>
endogene Verluste über Fäzes	40 mg/Tag <sup>c</sup>
Verluste über Schweiß	30 mg/Tag <sup>b</sup>
gesamt	239 mg/Tag
Absorption (%)	38 <sup>d</sup>
adjustiert für Absorption	629 mg/Tag
Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 %	755 mg/Tag
<b>empfohlene Calciumzufuhr</b>	<b>750 mg/Tag</b> (gerundet)

<sup>a</sup> Ames et al. [52]

<sup>b</sup> Weaver [1], angepasst nach Alter

<sup>c</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Berechnung nach Abrams et al. [51], angepasst nach Alter

<sup>d</sup> Eine Absorptionsrate von 38 % wird in Anlehnung an Wastney et al. [53] angenommen.

## Calcium

**Tabelle A5: Berechnung der empfohlenen Calciumzufuhr bei 7- bis unter 10-Jährigen nach der faktoriellen Methode**

	7 bis unter 10 Jahre
Calciumretention	150 mg/Tag <sup>a</sup>
Verluste über Urin	55 mg/Tag <sup>b</sup>
endogene Verluste über Fäzes	50 mg/Tag <sup>c</sup>
Verluste über Schweiß	40 mg/Tag <sup>b</sup>
gesamt	295 mg/Tag
Absorption (%)	38 <sup>d</sup>
adjustiert für Absorption	776 mg/Tag
Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 %	932 mg/Tag
<b>empfohlene Calciumzufuhr</b>	<b>900 mg/Tag</b> (gerundet)

<sup>a</sup> Annahme aus Abrams et al. [54] und IOM [9] sowie der Tatsache, dass in der späten präpubertären Phase für ein optimales Knochenwachstum etwas mehr als in der nächstjüngeren Altersgruppe retiniert werden muss [55].

<sup>b</sup> Weaver [1], angepasst nach Alter

<sup>c</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Berechnung nach Abrams et al. [51], angepasst nach Alter

<sup>d</sup> Eine Absorptionsrate von 38 % wird in Anlehnung an Wastney et al. [53] angenommen.

## Nutritive Aspekte von Nährstoffen

**Tabelle A6: Berechnung der empfohlenen Calciumzufuhr bei 10- bis unter 13-Jährigen nach der faktoriellen Methode**

	Mädchen	Jungen
Calciumretention	151 mg/Tag <sup>a</sup>	141 mg/Tag <sup>a</sup>
Verluste über Urin	94 mg/Tag <sup>b</sup>	67 mg/Tag <sup>b</sup>
endogene Verluste über Fäzes	79 mg/Tag <sup>c</sup>	82 mg/Tag <sup>c</sup>
Verluste über Schweiß	53 mg/Tag <sup>d</sup>	55 mg/Tag <sup>e</sup>
gesamt	377 mg/Tag	345 mg/Tag
Absorption (%)	42 <sup>f</sup>	38 <sup>g</sup>
adjustiert für Absorption	898 mg/Tag	908 mg/Tag
Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 %	1 077 mg/Tag	1 090 mg/Tag
<b>empfohlene Calciumzufuhr für Mädchen und Jungen</b>	<b>1 100 mg/Tag (gerundet)</b>	

<sup>a</sup> Vatanparast et al. [56]

<sup>b</sup> Abrams et al. [113]

<sup>c</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Berechnung nach Abrams et al. [51, 113]

<sup>d</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Palacios et al. [59]

<sup>e</sup> Weaver [1]

<sup>f</sup> Bei Mädchen wird eine Absorptionsrate von 42 % unter Annahme einer höheren Absorptionsrate bei starkem pubertären Wachstum herangezogen.

<sup>g</sup> Wastney et al. [53]

## Calcium

**Tabelle A7: Berechnung der empfohlenen Calciumzufuhr bei 13- bis unter 19-Jährigen nach der faktoriellen Methode**

	Mädchen	Jungen
Calciumretention	92 mg/Tag <sup>a</sup>	210 mg/Tag <sup>a</sup>
Verluste über Urin	100 mg/Tag <sup>b</sup>	75 mg/Tag <sup>b</sup>
endogene Verluste über Fäzes	100 mg/Tag <sup>c</sup>	100 mg/Tag <sup>c</sup>
Verluste über Schweiß	53 mg/Tag <sup>d</sup>	55 mg/Tag <sup>e</sup>
gesamt	345 mg/Tag	440 mg/Tag
Absorption (%)	38 <sup>f</sup>	42 <sup>g</sup>
adjustiert für Absorption	908 mg/Tag	1 048 mg/Tag
Berücksichtigung eines Zuschlags von 20 %	1 090 mg/Tag	1 257 mg/Tag
<b>empfohlene Calciumzufuhr für Mädchen und Jungen</b>	<b>1 200 mg/Tag (gerundet)</b>	

<sup>a</sup> Vatanparast et al. [56]

<sup>b</sup> Abrams et al. [113], angepasst nach Alter

<sup>c</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Berechnung nach Abrams et al. [51, 113], angepasst nach Alter

<sup>d</sup> Mittelwert aus Weaver [1] und Palacios et al. [59]

<sup>e</sup> Weaver [1]

<sup>f</sup> Wastney et al. [53]

<sup>g</sup> Da Jungen bei starkem pubertären Wachstum bei gleicher Calciumzufuhr eine höhere Absorptionsrate als Mädchen haben (Jackman et al. [57], Braun et al. [58]), wird für Jungen eine Absorptionsrate von 42 % herangezogen.