

Milch und Milchprodukte in der Prävention der Osteoporose

Von Dr. Katharina E. Scholz-Ahrens, Wilhelm Jaeger und Prof. Dr. Christian A. Barth, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel*)

Osteoporose ist eine multifaktorielle Erkrankung des knöchernen Skeletts älterer Menschen. Zunächst erreicht der Mensch im Alter zwischen 25 und 35 Jahren das Maximum der Knochenmasse oder auch „peak bone mass“. Danach nimmt die Knochenmasse kontinuierlich ab. Schließlich wird eine kritische Knochendichte unterschritten, bei der die Häufigkeit der Knochenbrüche, auch der Spontanfrakturen, rapide ansteigt. Frauen sind häufiger betroffen als Männer. Neben der geringeren maximalen Knochenmasse liegt die Ursache in erster Linie bei dem beschleunigten Knochenmasseabbau in den ersten postmenopausalen Jahren. Auch die steigende Lebenserwartung führt zu einer Zunahme der Bedeutung der Osteoporose. Schließlich sei erwähnt, daß Osteoporose auch in Entwicklungs- und Schwellenländern wie China zunehmend eine Rolle spielt.

Die primäre Form der Osteoporose wird unterteilt in die postmenopausale und in die senile Form. Zu den Risikofaktoren, die zum Auftreten der Osteoporose beitragen, zählen Fertilitätsphase, Familiengeschichte, Calciummangel, Immobilisierung, geringes Körpergewicht, Alkoholabusus, Nikotinabusus, sowie Krankheiten und Medikation. Semler und Mieth (1) versuchten eine Gewichtung der Risikofaktoren (Tab. 1). Hiernach zählt der Calciummangel zu den drei bedeutendsten Faktoren. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß einige Kliniker der Meinung sind, der Östrogenmangel trage zu 90 Prozent zum Entstehen der postmenopausalen Osteoporose bei.

Calciummangel gilt zwar als Risikofaktor, und eine lebenslange, den Empfehlungen entsprechende Calciumzufuhr kann nicht schaden. Aber nützt sie denn? Welche gesicherten Daten liegen hierzu vor? Der die Mineralisierung des Skeletts fördernde Effekt von Calcium kann in unterschiedlichen Perioden wirksam sein. Die Versorgung mit Calcium in Kindheit und Jugend kann einen Einfluß auf die maximale Knochenmasse haben. Die Höhe der maximalen Knochenmasse kann einen Einfluß auf den Zeitpunkt des Erreichens der kritischen Knochendichte im Alter haben. Schließlich könnte die Calciumzufuhr im Alter die Demineralisation postmenopausal verzögern.

Milchprodukte sind calciumreiche Nahrungsmittel. Westeuropäer decken ihren Calciumbedarf zu 60 bis 70 Prozent aus Milchprodukten. Das heißt aber nicht, daß es keine alternativen Calciumquellen gäbe. Auch Brokkoli, Mandeln, Sesam oder Sardinen enthalten beachtliche Mengen an Calcium. Es ist jedoch nicht der Gehalt eines Nahrungsmittels an Calcium allein bedeutsam.

Bei der Beurteilung einer Calciumquelle hinsichtlich ihres Potentials der Osteopo-

roseprävention sind mit steigender Gewichtung zu beachten:

1. Der Calcium-Gehalt im Produkt anhand der chemischen Analyse des Produktes,
2. die Verfügbarkeit und Retention des Calciums, die durch Bilanzen an Mensch oder Tier ermittelt wird,
3. die Mineralisation des Knochens oder die Knochendichte mittels chemischer Analyse oder Dichtemessung des Knochens,
4. die Struktur und Bruchfestigkeit repräsentativer Knochen durch Histologie oder Bruchtest.

Die Resorption von Calcium aus verschiedenen Milchprodukten und aus Calciumcarbonat in einem Versuch an jungen Frauen (2) hat gezeigt, daß zwischen den einzelnen Milchprodukten einerseits, sowie zwischen Milchprodukten und leicht löslichen Calciumsalzen andererseits kein signifikanter Unterschied in der Resorption besteht (Abb. 1).

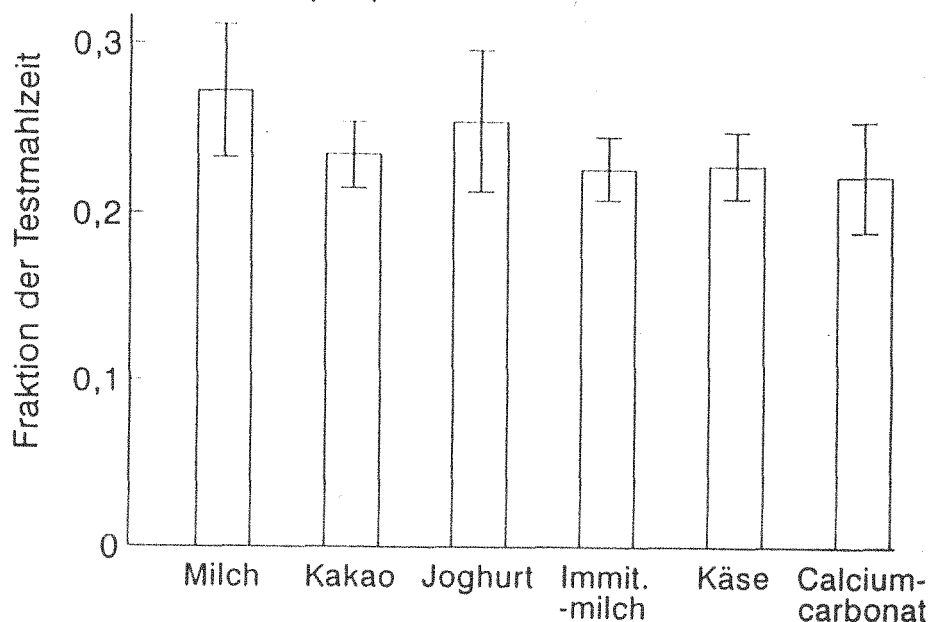
Auch Untersuchungen aus unserem Institut an der Ratte haben ergeben, daß bei niedriger Calciumzufuhr zwischen Milch, Quark und Casein plus mineralisches Calcium kein signifikanter Unterschied in der Resorption und Retention von Calcium besteht (Abb. 2). Es war daher nicht überraschend, daß in unserem Versuch auch bei der Mineralisation des Knochens

Tabelle 1: Risikofaktoren hinsichtlich Osteoporose und ihre relative Bedeutung

	Osteoporose	
	postmenopausal	senil
Fertilitätsphase		
< 30 Jahre	2,5	1,5
Familiengeschichte	1,5	0,5
Calciummangel (< 800 mg/Tag)	1,2	1,5
Immobilisierung (< 6 Monate)	1,0	1,5
Geringes Körpergewicht	0,5	1,0
Alkoholabusus	1,0	0,5
Nikotinabusus	1,0	0,5
Krankheiten, Medikation	0,5	1,0

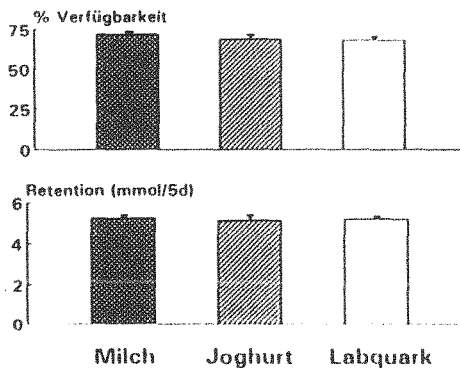
Semler und Mieth (1991)

Abb. 1: Fraktionelle Resorption von Calcium aus verschiedenen Milchprodukten und Calciumcarbonat bei gesunden Frauen. Mittelwert und SEM, n = 10, 250 mg Ca/Mahlzeit. Recker et al (1987)



*) Von Dr. Katharina E. Scholz-Ahrens, Wilhelm Jaeger und Prof. Dr. Christian A. Barth, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

Abb. 2: Calcium Verfügbarkeit und Retention nach Verzehr verschiedener Milchprodukte bei wachsenden Ratten. Mittelwert und SEM, n = 7, 0,4 Prozent Calcium in der Diät. Kopra (1990)



keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen beobachtet wurden (3). Auch die technologische Behandlung von Milch in Form der Pasteurisierung oder Ultraheißbehandlung veränderte die Verfügbarkeit von Calcium nicht (4, Tab. 2). Folglich trägt Calcium aus Milchprodukten nicht mehr oder weniger wirksam zur Mineralisation der Knochen bei als Calciumsupplemente.

Aus ernährungsphysiologischer Sicht liegt die Bedeutung der Milchprodukte in deren hoher Nährstoffdichte sowie der Tatsache, daß Calcium mit einem Lebensmittel und nicht als Tablette verzehrt wird.

Die Empfehlung, zur Gesunderhaltung des Skeletts im Hinblick auf die Osteoporoseprävention möglichst viel Milch und Milchprodukte und damit Calcium zu verzehren, ist jedoch nur vertretbar, wenn gesichert ist, daß Calcium generell präventiv wirkt. Die eingangs erwähnte Bedeutung des Calciums als Faktor für die Knochenmasse geht auf epidemiologische Studien zurück. Als Beispiel seien die Studien von Sandler et al. (5), Tylavsky et al. (6) und Matkovic et al. (7) genannt, die eine große Anzahl von Frauen mittleren Alters durch Computertomographie, Photonenabsorption oder Röntgenographie hinsichtlich ihrer Knochenmasse un-

tersucht haben. Die Frauen wurden mittels Fragebogen nach deren Calciumverzehr in Kindheit und Jugend befragt. In allen drei Studien ergab sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen verzehrter Calciummenge und Knochenmasse. Diese Studien müssen allerdings aus zwei Gründen kritisch betrachtet werden:

Die Ermittlung des Calciumverzehrs durch Fragebögen ist stets mit einem hohen Risiko der Ungenauigkeit behaftet (8), und es gibt nicht genügend gesicherte Studien darüber, daß die höhere maximale Knochenmasse wirklich eine Verzögerung des Erreichens der kritischen Knochenmasse bewirkt.

Es könnte sein, daß Personen mit einer höheren maximalen Knochenmasse einen beschleunigten Knochenmasseabbau erfahren. Bei Osteoporotikern kann dies umso mehr der Fall sein. Ferner steht den drei erwähnten Arbeiten u. a. die Studie von v. Beresteijn et al. gegenüber (9), die keinen Zusammenhang zwischen Knochenmasse und -dichte einerseits und der habituellen Calciumzufuhr andererseits bei postmenopausalen Frauen beobachten konnten (Tab. 3). Auch hier wurde die Calciumzufuhr mittels Fragebogen festgestellt. Eine besser gesicherte Aussage zur Wirkung des Nahrungscalciums ist möglich, wenn Calcium in einer Interventionsstudie zusätzlich verabreicht und mit einer Kontrollgruppe verglichen wird. Unter diesen Bedingungen konnten Baran et al. (10) eine signifikante Abnahme der Knochenmasse in der Kontrollgruppe feststellen, wohingegen in der Gruppe, die zusätzlich Milchprodukte erhielt, der Knochenmasseabbau konstant blieb (Abb. 3).

Wir sind einigen Fragen zur Wirkung des Nahrungscalciums auf die Mineralisation des Knochens in unserem Institut nachgegangen. Die Versuche wurden an Ratten durchgeführt; entsprechende, streng kontrollierte Langzeitversuche an Menschen sind praktisch nicht durchführbar. Während der Aufzucht von sieben Mona-

Tabelle 3: Knochenmasse und -dichte in Abhängigkeit von der habituellen Calciumzufuhr postmenopausaler Frauen

Parameter	Calciumaufnahme (mg/Tag)	
	<800	>1350
	x ± SD	
Abnahme der Radiusdichte (%/Jahr)	1,2 ± 1,4	2,2 ± 1,7
Knochenmasse (Radius; g/cm ²)	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Mineralgehalt (Lendenwirbel; g HA)	35,2 ± 7,9	33,0 ± 5,7

Mittelwert ± SD, n = 20, HA: Hydroxylapatit v. Beresteijn et al. (1990)

ten bekamen drei Gruppen von Ratten eine semisynthetische Diät, die sich nur in ihrem Calciumgehalt unterschied. Der Calciumgehalt (0,1 Prozent, 0,5 Prozent und 1,0 Prozent der Diät) wurde durch Calciumcarbonat eingestellt. Als erwachsene Ratten wurden die Tiere ovariectomiert, um die Östrogenproduktion zu unterbinden. Durch dieses Verfahren kann die hormonelle Situation postmenopausaler Frauen simuliert werden. Anschließend wurde jede Gruppe in zwei Gruppen unterteilt, die entweder eine hohe oder eine niedrige Calciumzufuhr bekam. Diese Versuchsphase dauerte maximal vier Monate. Folgende Fragen sollten untersucht werden:

1. Hat die Calciumzufuhr während der Wachstumsphase einen Einfluß auf die maximale Knochenmasse?
2. Hat die Höhe der Calciumzufuhr und somit indirekt die Knochenmasse einen Einfluß auf die Demineralisierung des Knochengewebes nach Ovariectomie?
3. Hat die Calciumzufuhr nach der Ovariectomie einen Einfluß auf die Demineralisation des Knochengewebes nach der Ovariectomie?

Die Meßwerte für osteoporotische Veränderungen waren: Knochenmasse, (durch die Messung des Gehaltes an Asche und Calcium im Oberschenkelknochen und Lendenwirbel); Knochenmasse, (neben Asche und Calcium in Bezug auf Knochenrockensubstanz wurde eine densitometrische Röntgenauswertung durchgeführt) und Knochenstruktur, (d. h. eine histologische Auswertung der Vernetzung der Knochenbälkchen im Schienbein).

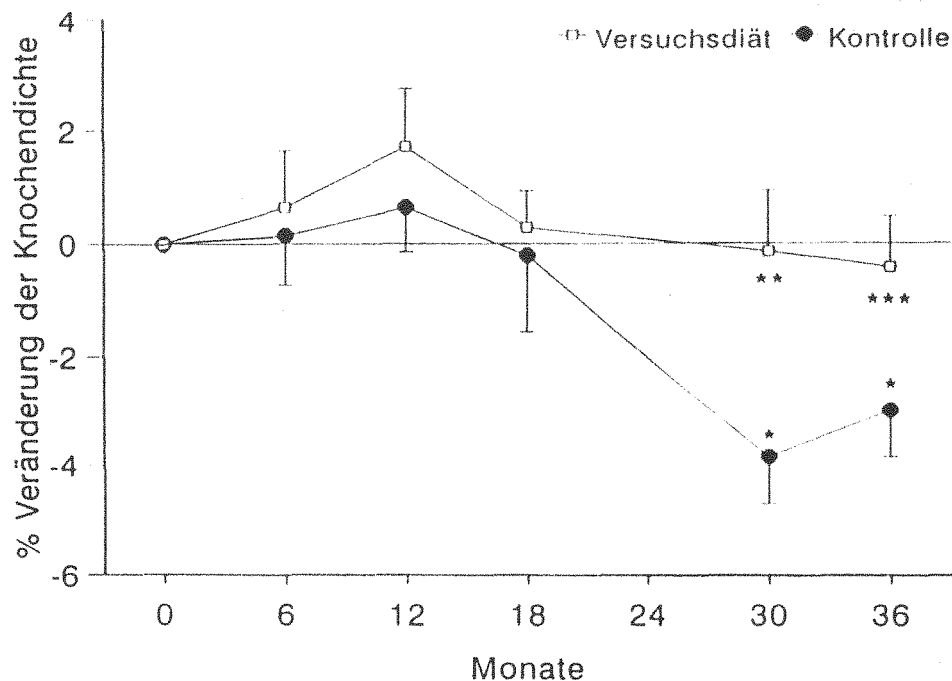
Die Ergebnisse zeigten, daß die Höhe der Calciumzufuhr in der Kindheit und Jugend der Ratte einen Einfluß auf die Knochenmasse und Knochenmasse, jedoch keinen Einfluß auf die Vernetzung hatte.

Tabelle 2: Einfluß der technologischen Behandlung der Milch auf die Resorption und Utilisation von Calcium bei der Ratte

Milch	Resorption		Femur Ca	
	m	w	m	w
	Prozent		mg/g fettfrei	
Rohmilch	49,13	54,92	0,38 ± 0,22	0,49 ± 0,06
Pasteurisiert	43,40	53,59	0,39 ± 0,10	0,45 ± 0,04
UHT	52,20	52,00	0,44 ± 0,07	0,45 ± 0,15

n = 5; x ± SD; m: männlich, w: weiblich; Weeks und King (1985)

Abb. 3: Einfluß einer Diät mit/ohne Milchprodukte auf die Knochendichte prämenopausaler Frauen. Mittelwert und SEM, n = 20/17, Calciumaufnahme 1450/800 mg/Tag. Baran et al (1990)



Tendenziell stiegen mit steigender Calciumzufuhr Knochenmasse und -dichte. Statistisch absichern ließen sich die Unterschiede der Gruppen 0,1 Prozent vs 0,5 Prozent und 1,0 Prozent Calcium in der Diät bei der Knochenmasse, sowie 0,1 Prozent vs 1,0 Prozent bei der Knochendichte. Die höhere Knochenmasse und -dichte zum Zeitpunkt der Ovariectomie durch eine höhere Calciumzufuhr in der Aufzucht hatte eine höhere Knochendichte vier Monate nach Ovariectomie zur Folge. Die Vernetzung war jedoch nicht signifikant verschieden. Zur Frage des Einflusses der Calciumversorgung nach der Ovariectomie auf die Demineralisation des Knochens konnten wir feststellen, daß eine hohe Calciumversorgung nach Ovariectomie den Verlust an Knochenmasse, Knochendichte und -struktur signifikant verminderte.

Die Ergebnisse unseres Versuches lassen die Schlußfolgerung zu, daß die Calciumzufuhr sowohl während des Wachstums als auch nach Ovariectomie einen signifikanten Einfluß auf die Mineralisation bzw. Demineralisation des Knochengewebes hat (11).

Wenige Unternehmen können sich eine eigene Produkt- und Marktforschung leisten, alle aber können teilnehmen an der



DLG-Qualitätsprüfung für Milch und Milchprodukte

Wissen Sie, wie Ihr Erzeugnis im bundesweiten Vergleich qualitativ bewertet wird?
Was kann an Ihrem Erzeugnis noch verbessert werden?

Fragen, die Ihnen neutral und zuverlässig von der
DLG-Qualitätsprüfung beantwortet werden. Deshalb:

**Nehmen Sie teil —
denn teilnehmen lohnt sich!**



Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft

Fachbereich Markt und Ernährung

Eschborner Landstraße 122 · 6000 Frankfurt/Main 90

Telefon 0 69 / 2 47 88-0 · Fax 0 69 / 2 47 88-1 15

Tabelle 4: Einfluß verschiedener Calciumquellen auf die Knochenzusammensetzung und -histologie bei der Ratte

Quelle	Tibia Ca	Femur Hydroxyprolin	Trabekelvol 5 LW
	mg	g/100 g	μm
Casein + CaCO ₃	29,2 ± 2,4 ^a	1,6 ± 0,1 ^a	17 ± 2 ^a
Magermilchpulver	30,7 ± 2,2 ^a	1,6 ± 0,1 ^a	16 ± 4 ^a
Spinat	13,8 ± 1,9 ^b	2,1 ± 0,2 ^b	9 ± 1 ^b

Mittelwert ± SD; n = 4–10; unterschiedliche Hochbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen Gruppen an (p < 0,05); LW: Lendenwirbel
Peterson et al. (1992)

Man muß davon ausgehen, daß Calciumcarbonat, das in unserem Rattenversuch eingesetzt wurde, und Milchprodukte nicht nur zu vergleichbaren Resorptionsraten, sondern auch zu einer ähnlichen Mineralisation und Struktur des Knochens führen, wie Untersuchungen von Peterson et al. (12) gezeigt haben (Tab. 4). Tibia-Calcium, Femur-Hydroxyprolin und Trabekelvolumen waren nicht signifikant verschieden zwischen den Gruppen, die entweder Magermilchpulver oder Casein plus Calciumcarbonat erhielten. Die Bedeutung der Milch ist vielmehr darin zu sehen, daß eine optimale Knochenentwicklung bei restriktiver Calciumversorgung durch Milchprodukte zumindest bei der Ratte leichter erreichbar zu sein scheint als durch pflanzliche Kost (Tab. 4), wie die Ergebnisse der Gruppe zeigten, die Spinat als Calciumquelle bekamen.

In jüngster Zeit nimmt die Beachtung von Nährstoffinteraktionen zu. So berichteten Hallberg et al. (13), von einer Reduzierung der Eisenresorption sowohl durch die Zulage von Calciumchlorid als auch durch Milchprodukte (Abb. 4). Eine prag-

matische Konsequenz hieraus könnte der getrennte Verzehr von calciumreichen (Milchprodukte) und eisenreichen (Fleischprodukte) Nahrungsmitteln sein.

Zusammenfassung

— Die Osteoporose gewinnt zunehmend an Bedeutung, auch in Entwicklungs- und Schwellenländern.

— Calciummangel ist ein Risikofaktor.

— Bei der Beurteilung verschiedener Calciummengen und -quellen hinsichtlich deren Präventionspotential in Bezug auf die Manifestation einer Osteoporose sind verschiedene Kriterien wie Calciumgehalt, Verfügbarkeit, Knochenmasse und Knochenstruktur unterschiedlich zu gewichten.

— Aus ernährungsphysiologischer Sicht sind Milchprodukte einerseits, sowie Milchprodukte und leicht lösliche Calciumsalze andererseits, gleich gute Calciumquellen.

— Der Vorzug der Milch ist darin zu sehen, daß es als ausgewogenes Nahrungs-

mittel einer „Medikamentation“ gegenüber steht.

— Ferner ist im Tierexperiment bei insgesamt niedriger Calciumzufuhr nach Verzehr von Milch eine bessere Knochenentwicklung offensichtlich leichter zu erreichen als nach pflanzlicher Kost, in diesem Fall Spinat.

— Den Interaktionen von Nährstoffen untereinander ist Beachtung zu schenken.

Literatur

- (1) Semler, J.C., Miethe, D. (1990) Osteoporosis: An attempt to establish a risk score. In: *Osteoporosis 1990* (Christiansen C., Overgaard, K. Eds.) pp. 179 bis 181
- (2) Recker, R.R., Heaney, R.P. (1985) The effect of milk supplements on calcium metabolism, bone metabolism and calcium balance. *Am. J. Clin. Nutr.* 41: 254 bis 263
- (3) Kopra, Nina (1990) Resorption und Retention des Calciums nach Gabe verschiedener Milchprodukte und Milch Inhaltsstoffe — Untersuchungen an der Ratte. Dissertation der Agrarwissenschaftl. Fakultät Kiel
- (4) Weeks, C.E., King, R.L. (1985) Bioavailability of calcium in heat-processed milk. *J. Food Sci.* 50: 1101 bis 1105
- (5) Sandler, R.B., Slemenda, C.W., LaPorte, R.E., Cauley, J.A., Schramm, M.M., Barresi, M.L., Kriska, A.M. (1985) Postmenopausal bone density and milk consumption in childhood and adolescence. *Am. J. Clin. Nutr.* 42: 270 bis 274
- (6) Tylavsky, F.A., Anderson, J.J.B., Talmage, R.V., Taft, T.N. (1992) Are calcium intakes and physical activity patterns during adolescence related to radial bone mass of white college-age females? *Osteoporosis Int.* 2: 232 bis 240
- (7) Matkovic, V., Kostial, K., Simonovic, I., Buzina, R., Brodarec, A., Nordin, B.E.C. (1979) Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia. *Am. J. Clin. Nutr.* 32: 540 bis 549
- (8) Barrett-Connor, E. (1991) Nutrition epidemiology: how do we know what they ate? *Am. J. Clin. Nutr.* 54: 182S bis 187S
- (9) Beresteyn, E.C.H. van't, Hof, M.A. van. Waard, H. de, Raymakers, J.A., Duurman, S.A. (1990) Relation of axial bone mass to habitual calcium intake and to cortical bone loss in healthy early postmenopausal women. *Bone (NY)* 11: 7 bis 13
- (10) Baran, D., Sorensen, A., Grimes, J., Lew, R., Karellas, A., Johnson, B., Roche, J. (1990) Dietary modification with dairy products for preventing vertebral bone loss in premenopausal women: a three-year prospective study. *J. Clin. Endocrinol. Metabol.* 70: 264 bis 270
- (11) Jaeger, W., Schoiz-Ahrens, K.E., Barth, C.A., Dellling, G. (1992) Der Einfluß verschiedener Calciumkonzentrationen in der Diät auf die Mineralstoffdichte des knöchernen Skeletts der Ratte. *Ernährungs-Umschau* 39: 145
- (12) Peterson, C.A., Eurell, J.A.C., Erdmann, J.W. Jr. (1992) Bone composition and histology of young growing rats fed diets of varied calcium bioavailability: spinach, nonfat dry milk, or calcium carbonate added to casein. *J. Nutr.* 122: 137 bis 144
- (13) Hallberg, L., Brune, M., Ertlandsson, M., Sandberg, A.S., Rossander-Hultén, L. (1991) Calcium: effect of different amounts on nonheme- and heme-iron absorption in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 112 bis 119

Abb. 4: Einfluß einer Calciumzulage auf die Eisenresorption beim Menschen. Mittelwert und SEM, n = 3–7. Hallberg et al (1991)

