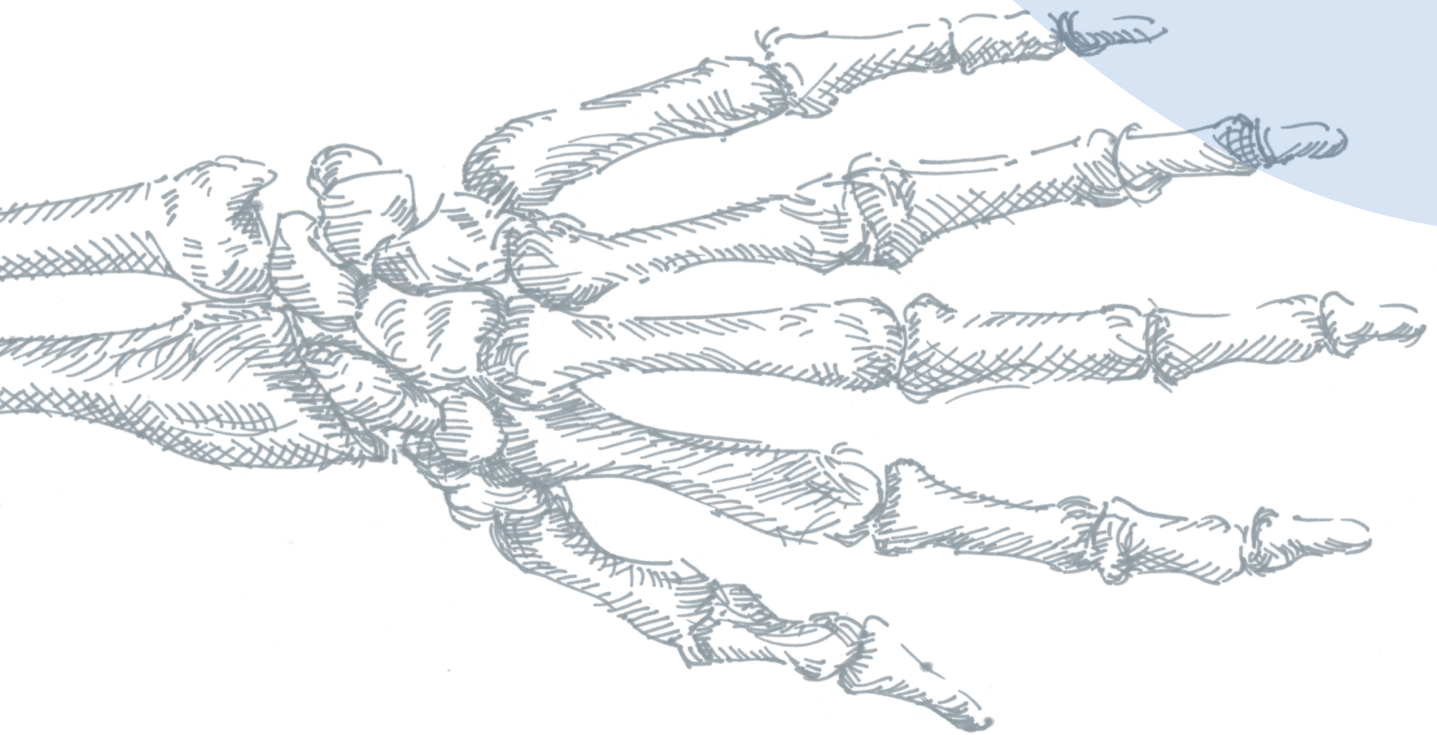


FACHDOSSIER: UPDATE KNOCHENGESUNDHEIT

Der Beitrag von Milch und Milchprodukten zur Knochengesundheit



Ulrike Gonder, Dipl. oec. troph.
Taunusblick 21, D-65510 Hünstetten
mail@ugonder.de

Bern, im November 2025

swiss**milk**

Dass Milch und Milchprodukte entscheidend und lebenslang zur Knochengesundheit beitragen können, ist für viele Menschen längst eine Selbstverständlichkeit. Sie wissen um den wichtigen Kalziumgehalt, kennen aber vielleicht noch nicht die weiteren Vorteile der Milch im Rahmen (knochen)gesunder Essmuster. Andere wiederum sind weniger überzeugt von deren Vorteilen oder wollen aus diversen Gründen nurmehr pflanzliche Lebensmittel essen. Doch was macht das mit der Knochengesundheit?

Höchste Zeit, den bisherigen Wissensstand aufzufrischen und anhand neuer Erkenntnisse auszubauen.



Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------|--|
| 4 | Milch und Knochengesundheit – ein Update |
| 5 | Knochen: Bildung und Erhalt im Lauf des Lebens |
| 6 | Knochenauf- und -abbau |
| 7 | Osteoporose |
| 8 | Milch und Knochengesundheit |
| 9 | Knochenrelevante Milchinhaltsstoffe |
| 11 | <i>Kalzium – der Knochenstabilisator</i> |
| 12 | <i>Phosphat – ein «Knochenräuber»?</i> |
| 12 | <i>Protein – Struktur, Elastizität und bioaktive Peptide für die Knochen</i> |
| 15 | Milch(produkte) und Marker für Knochengesundheit |
| 16 | <i>Erwachsene und Senioren</i> |
| 18 | Milch(produkte) und Frakturrisiko |
| 19 | Fermentierte Milchprodukte |
| 20 | <i>Einfluss der Mikrobiota auf die Knochengesundheit</i> |
| 22 | Einfluss der Matrix von Milch und Milchprodukten |
| 24 | Milch und Milchprodukte als Teil (knochen)gesunder Essmuster |
| 27 | A-priori-Essmuster |
| 27 | A-posteriori-Essmuster |
| 28 | Pflanzenbasierte Kostformen mit und ohne Milch(produkte) |
| 29 | Knochengesundheit und Säure-Basen-Haushalt |
| 31 | Zusammenfassung und Ausblick |
| 33 | Anhang |
| 36 | Literatur- und Quellenverzeichnis |

Impressum

© Swissmilk 2025

Herausgeberin: Schweizer Milchproduzenten SMP, Swissmilk, Bern

Projektleitung: Susann Wittenberg, Oecotrophologin BSc, Swissmilk

Korrektorat: Rieke Krüger, Bern, Markus Schütz, Bern

Gestaltung: Stefan Aebi, Grafik & Illustration, Stettlen

Milch und Knochengesundheit – ein Update

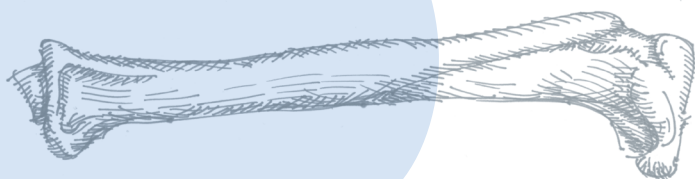
«Knochen sind die harten Kerle im menschlichen Organismus. Logisch, (...) sie müssen den Körper im aufrechten Gang tragen. (...) Aber der eigentliche Grund für die Härte der Knochen ist ein anderer. Der Knochen ist ein Tresor. Deswegen ist er mit Kalzium einzementiert. Er ist hart, weil er (...) im Knochenmark die Stammzellen aufbewahrt. (...) Nehmen wir einmal an, im Herz tritt ein Problem (...) auf. (...) Das beeinträchtigte Herz schlägt Alarm. Und den ersten Hilferuf sendet es an den Knochen: Bitte Tresor aufmachen, ich brauche Stammzellen! (...) Bei den Frauen kann sich die Lage in der Menopause ändern, wenn sich das Östrogen in seine Rente zurückzieht. Leidet eine Frau dann nämlich an Osteoporose, tut sich auch was im Knochentresor: Bei den Stammzellen lagern sich auch Fettzellen ein, und das führt zu einer Verfettung des Knochenmarks. (...) Vor allem deswegen ist es wichtig, etwas gegen die Osteoporose zu unternehmen, und nicht nur wegen einer Fraktur (...).

Der Knochen hat ein Hormon: (...) Osteokalzin (...) wird von den Osteoblasten freigesetzt, den Zellen, die für den Knochenaufbau verantwortlich sind. Und dieses Osteokalzin (...) geht in den Hoden (...) und aktiviert dort die Spermien (...) weil das Osteokalzin (...) die Testosteronsynthese anregt. (...) Stellt (...) der Knochen zu wenig Osteokalzin bereit, kann die Bauchspeicheldrüse nicht genügend Insulin herstellen (...). Hat man Patienten mit Osteoporose, misst man ihre Zuckerwerte. Und umgekehrt. Bei Patienten mit Diabetes schaut man sich die Knochendichte an. (...) Im Knochen wird die Verwertbarkeit des Insulins verbessert, das dann mehr Zucker in die Muskelzelle einschleust. Dadurch kann der Muskel (...) mehr leisten und ist eine bessere Stütze für den Knochen. (...) Das Gleiche passiert im Gehirn (...). Schon in ganz jungen Jahren sind der Knochen und sein Osteokalzin von enormer Bedeutung. Denn das Gehirn eines Kindes hängt davon ab, wie viel Knochenhormon die Mutter dem Kind von ihrem Skelettsystem zur Verfügung stellt.»

Mit dieser gekürzten Passage aus Prof. Johannes Hubers Buch «Der holistische Mensch» (1) lässt sich sehr schön aufzeigen, dass es beim Thema Knochengesundheit bei Weitem nicht nur um eine möglichst hohe Knochenmasse oder um ein verringertes Frakturrisiko im Alter geht – auch wenn beides gesundheitlich von grosser Relevanz ist. Der Untertitel des Buches bringt es so auf den Punkt: «Wir sind mehr als die Summe unserer Organe». Denn die stehen untereinander in Verbindung und beeinflussen sich gegenseitig. Und auch Nährstoffe, Enzyme und Hormone üben Funktionen an den unterschiedlichsten Stellen im Körper aus.

Bei der Erforschung der Osteoporose bzw. ihrer Prävention und Behandlung durch Ernährungsmassnahmen hat man lange nur auf einzelne Stoffe geschaut, vor allem auf das Kalzium. Es spielt unbestritten eine enorme Rolle für die Knochengesundheit – aber eben auch für die Zähne, die Muskel- und Nervenfunktion, für das Allergie- und Entzündungsgeschehen und die Blutgerinnung. Auch deswegen ist es wichtig, im Knochen ein grosses Reservoir für Kalzium zu haben, das üblicherweise vom Östrogen «bewacht», jedoch bei Bedarf freigesetzt werden kann. Die Knochengesundheit hängt aber von vielen Aspekten ab, auch von vielen Ernährungsaspekten.

Damit sind nicht nur die anderen Nährstoffe gemeint, die neben dem Kalzium wichtig für die Knochen sind: Phosphat, Protein, Silizium, Magnesium, Zink sowie die Vitamine D und C. Auch sekundäre Pflanzenstoffe rücken zunehmend in den Fokus, ebenso Fermentationsprozesse, die Mikrobiota (2), das gesamte Essmuster sowie die Matrix der Lebensmittel, insbesondere der Milchprodukte (3, 4). In diesem Update soll es daher um alle diese Aspekte gehen und um den Platz von Milch und Milchprodukten* in einer gesunden Ernährung, auch für die Knochen. Ein Essmuster, das nur für die Knochen gesund wäre, machte keinen Sinn: Wie der obige Auszug aus Hubers Buch so treffend zeigt, hängt alles mit allem zusammen.



* Hinweis: Studien, die den Konsum von Milch und Milchprodukten in Zusammenhang mit der Knochengesundheit untersuchten, beziehen in der Regel Milch und Milchprodukte wie Joghurt und/oder Käse ein. Rahm und Butter sowie verarbeitete Produkte wie Eiscreme oder Desserts sind nicht erfasst.

Knochen: Bildung und Erhalt im Lauf des Lebens

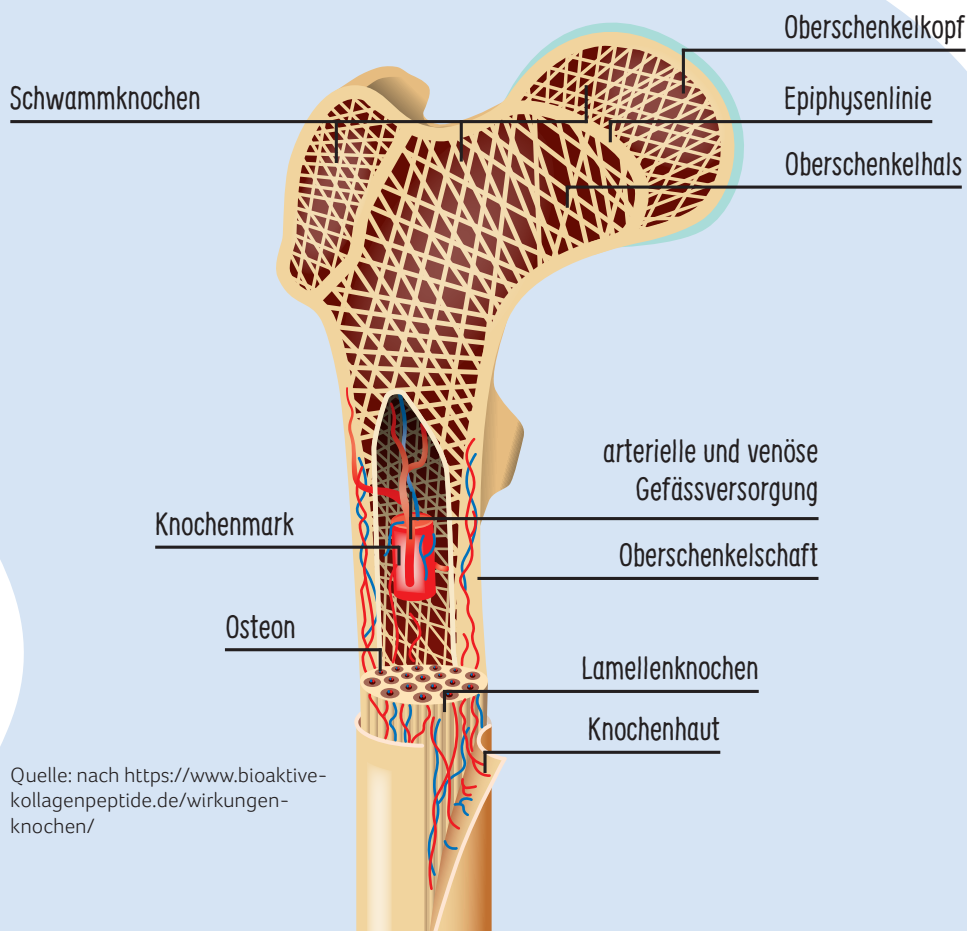
Unser Skelett stützt uns, es schützt unsere inneren Organe und ist ein wichtiges Reservoir für Mineralstoffe, Stammzellen und blutbildende Zellen. Lange Röhrenknochen stützen die Gliedmassen, kleine Knochen die Hände und Füße. Schädel, Becken und Rippen bestehen aus sogenannten platten Knochen und die Wirbelsäule aus unregelmässigen Knochen: Bis zu 214 Knochen bilden das menschliche Skelett. Knochenenden heissen Epiphysen, dazwischen liegt der Knochenschaft. Innerhalb von Gelenken werden die Knochen durch eine Knorpelschicht geschützt, ansonsten schützt und ernährt sie eine gut durchblutete Knochenhaut, das äusserst schmerzempfindliche Periost. Wer sich je das Schienbein angestossen hat, weiss Bescheid.

Das Knochengewebe selbst setzt sich aus einer äusseren dichten Schicht unterschiedlicher Dicke (Kompakta/Kortikalis) und einem schwammähnlichen Gerüstwerk im Inneren (Spongiosa) zusammen. Dessen Knochenbälkchen sorgen trotz ihres geringen Gewichts aufgrund ihrer speziellen Anordnung für grosse Stabilität im Knochen. Dazu

nehmen sie Lasten auf und verteilen sie, ähnlich den Stahlstützen in Gebäuden. Zwischen den Knochenbälkchen befindet sich bei Erwachsenen vor allem Fettgewebe, in platten Knochen auch blutbildendes Knochenmark. Im Knochenmark sitzen auch die bereits erwähnten Stammzellen.

Die Substanz der Knochen setzt sich aus verschiedenen Knochenzellen (Osteozyten) zusammen, die in eine Matrix eingebettet sind. Diese besteht vor allem aus Hydroxylapatit, der den Knochen Festigkeit verleiht, und aus Proteinen wie Kollagen, die für Elastizität sorgen (5). Osteozyten sind reife Knochenzellen, die sich aus Osteoblasten entwickeln, den zahlenmässig häufigsten Knochenzellen (6). Osteoblasten sind die knochenaufbauenden Zellen, Osteoklasten jene, die Knochen abbauen. Beide Zelltypen sitzen in den Knochenhäuten, die die Knochen bedecken. Je nach Lebensphase und Gesundheitszustand kann die Aktivität der einen oder anderen Knochenzellart überwiegen oder sie befinden sich im Gleichgewicht.

Schnitt durch einen Oberschenkelknochen



Quelle: nach <https://www.bioaktive-kollagenpeptide.de/wirkungen-knochen/>

Knochenauf- und -abbau

Bei der Osteogenese (auch Ossifikation genannt), unterscheidet man zwei Formen: Wenn Osteoblasten, die knochenbildenden Zellen, an Ort und Stelle Knochenmatrix synthetisieren, spricht man von direkter Ossifikation. Bei der sogenannten chondralen Ossifikation wird zunächst Knorpelgewebe gebildet, das dann schrittweise verknöchert. Sie ist besonders ausgeprägt beim kindlichen Knochenwachstum: Hierbei werden bereits im Mutterleib knorpelige Knochenkerne angelegt, die später nach und nach verknöchern und miteinander verschmelzen. Um ein regelrechtes Längenwachstum der Knochen zu gewährleisten, bleiben bis zum Ende des zweiten Lebensjahrzehnts schmale Knorpelzonen zwischen den Epiphysen und Knochenschäften, die Wachstumsfugen. Erst dann verknöchern auch sie, womit die pubertäre Wachstumsphase abgeschlossen ist (7).

Doch auch nach dem Wachstum bleiben die Knochen nicht passiv, sondern verändern sich stetig. Lebenslang sorgen Osteoblasten und Osteoklasten für Auf-, Ab- und Umbauprozesse. Sie unterliegen vorwiegend der Genetik und der hormonellen Steuerung, jedoch auch der körperlichen Aktivität und dem Angebot an Nährstoffen. Neben den Sexualhormonen Östrogen und Testosteron spielen die knochenaufbauenden Hormone Osteokalzin aus dem Knochen und Kalzitinin aus der Schilddrüse sowie das knochenabbauende Parathormon aus der Nebenschilddrüse eine wichtige Rolle. Kalzitinin und Parathormon sind Gegenspieler, die unter anderem den Kalziumspiegel im Blut regulieren: Kalzitinin sorgt für den Kalziumeinbau in die Knochen, Parathormon sorgt dafür, dass der Knochen Kalzium mobilisiert. Kalzitinin hemmt zudem die knochenabbauenden Osteoklasten. Für die Kalziumresorption und für seinen Einbau in den Knochen ist das Vitamin-D-Hormon entscheidend, ebenso wie Vitamin K₂.

Etwa bis zum 35. Lebensjahr überwiegt der Knochenaufbau den Abbau, sodass die Knochenmasse bis dahin zunimmt. Ihr Maximum wird als Peak Bone Mass (PBM) bezeichnet. Weitere messbare Kennzahlen der Knochenbeschaffenheit sind der Knochenmineralgehalt (BMC, Bone Mineral Content) und die Knochenmineraldichte (BMD, Bone Mineral Density). Nach Erreichen der PBM verringert sich die Knochenmasse durchschnittlich um etwa 1,5 % jährlich. Auch immunologische Prozesse und damit assoziierte Entzündungen sowie oxidativer Stress spielen eine Rolle für die Knochengesundheit (8). Die Zeit vor der weiblichen Menopause führt aufgrund nachlassender Östrogenspiegel zu einem (vorübergehend) deutlich verstärkten Knochenabbau. Daher sind (peri)menopausale Frauen häufiger von Osteoporose betroffen als Männer.



Osteoporose

Die S3-Leitlinie der Deutschsprachigen Wissenschaftlichen Osteologischen Gesellschaften definiert Osteoporose als «eine systemische Skeletterkrankung, die durch eine niedrige Knochenmasse und eine mikroarchitektonische Verschlechterung des Knochengewebes charakterisiert ist» (9). Es sind also sowohl die Knochenmasse als auch die Mikroarchitektur der Knochen betroffen. Neben Knochenmasseverlusten kann vor allem das Ausdünnen der Knochenbälkchen in der Spongiosa die Stabilität der Knochen beeinträchtigen. Sie werden fragiler, und schon geringe Fehlbelastungen können Brüche verursachen. Man spricht dann von nichttraumatischen Frakturen – im Gegensatz zu solchen, die durch eine starke äusserliche Einwirkung (Trauma) wie einen Unfall ausgelöst werden. Sind bereits Frakturen aufgetreten, spricht die Leitlinie von einer manifesten Osteoporose. Die Vorstufe einer Osteoporose wird als Osteopenie bezeichnet.

Die Leitlinie orientiert sich an der WHO-Definition für Osteoporose. Sie nutzt die Knochenmineralgehalte (BMD) einer DXA-Knochendichtemessung an der Lendenwirbelsäule und/oder am proximalen Femur (oberen Oberschenkel). Weicht der gemessene Wert um mehr als 2,5 Standardabweichungen vom Mittelwert einer 20- bis 29-jährigen Frau nach unten ab (T-Score > -2,5), liegt eine Osteoporose vor. Bei Männern werden die Werte für die DXA-

Knochendichte ab dem 50. Lebensjahr herangezogen. Klinisch, so die Leitlinie, tritt die Osteoporose vor allem durch nichttraumatische Frakturen und deren Folgen in Erscheinung. Insbesondere die hüftnahen Brüche des Oberschenkels bewirken eine deutliche Einschränkung der Lebensqualität durch Schmerzen und funktionelle Einschränkungen. Bei Wirbelkörperfrakturen können Refluxbeschwerden hinzukommen oder sich verstärken. Osteoporose-bedingte Frakturen gehen auch mit einer erhöhten Mortalität einher. Daten aus der Schweiz schätzen die Inzidenz bedeutender Osteoporose-assoziiierter Frakturen bei den über 50-jährigen auf 773 pro 100'000 bei den Männern und auf 2078 pro 100'000 bei den Frauen. Schätzungsweise 20 % der über 50-jährigen Männer und 51 % der über 50-jährigen Frauen erleiden im weiteren Verlauf ihres Lebens eine solche Fraktur. Somit hat die Osteoporose auch eine hohe sozioökonomische Bedeutung.

Zwischenfazit:

Das Skelett ist uns Stütze und Reservoir für wichtige Nährstoffe (z. B. Kalzium, Magnesium), Signale (z. B. Kalzitinin) und Stammzellen. Es ist lebenslang in «Bewegung», wird permanent auf-, ab- und umgebaut. Die Osteoporose ist eine der bedeutendsten Knochenerkrankungen. Sie geht mit einem hohen Frakturrisiko einher.

Risikofaktoren für Osteoporose

Das Risiko, eine Osteoporose zu entwickeln, wird neben dem Alter und dem Geschlecht durch eine lange Liste weiterer Faktoren beeinflusst.

Zu den risikosteigernden Faktoren gehören unter anderem:

- endokrinologische Erkrankungen (z. B. Cushing-Syndrom, Hyperparathyreoidismus, Hyperthyreose, Hypogonadismus, Diabetes mellitus),
- der weitgehende Wegfall der Östrogene in der Menopause,
- rheumatologische und neurologische Erkrankungen,
- Lebererkrankungen und Anorexie sowie
- diverse Medikamente (z. B. Glukokortikoide, Protonenpumpenhemmer).

Unter den Lebensstilfaktoren nennt die Leitlinie folgende beeinflussbare Risiken:

- Rauchen, Alkoholabusus,
- Untergewicht, Gewichtsabnahme und
- eine an Protein und Kalzium arme Ernährung.

Beeinflussbare Biomarker sind:

- ein hohes Homocystein und C-reaktives Protein,
- Folsäure- und Vitamin-B₁₂-Mangel sowie
- Hyponatriämien.

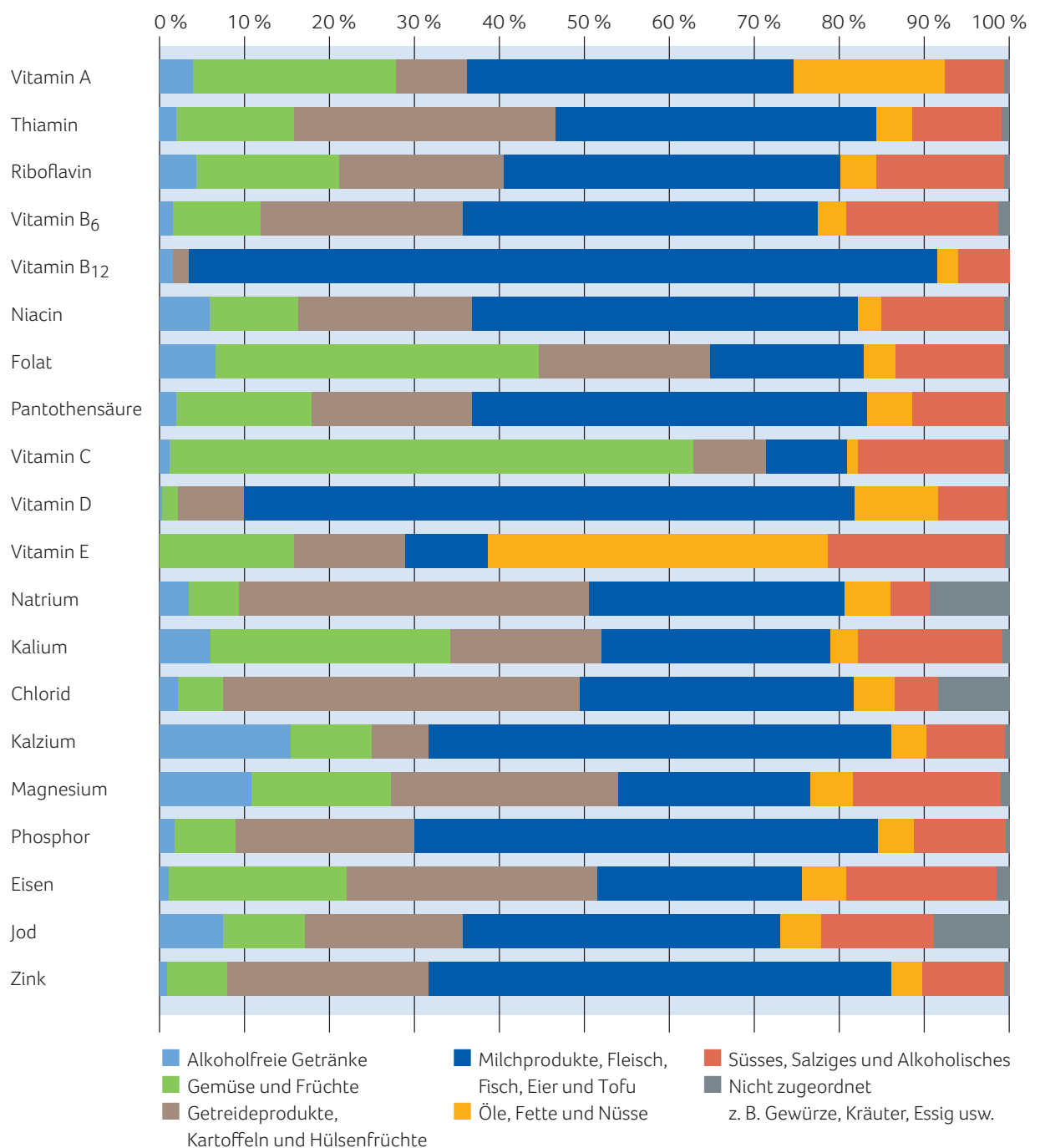
Auch ein Rückgang bzw. ein Mangel an körperlicher Aktivität, der über einen Abbau der Muskulatur die Knochengesundheit beeinträchtigt, indem er die Sturz- und Frakturneigung erhöht, ist von Bedeutung.

Milch und Knochengesundheit

Mit Milch und Milchprodukten (inklusive Käse) nehmen Schweizerinnen und Schweizer den Löwenanteil ihres Kalziums auf, darüber hinaus aber auch den Grossteil ihres Kaliums, Phosphors, Zinks, Jods, ihres Vitamin B₂ und ihrer Pantothensäure. Zudem sind diese Lebensmittel eine wichtige Quelle für

hochwertige Proteine und Fette, für die Vitamine A, D und B₁₂ sowie für die Mineralstoffe Magnesium, Natrium und Chlorid. Somit werden mit Milch und Milchprodukten viele knochenrelevante Nährstoffe zugeführt – bei gleichzeitig moderater Energiezufuhr und relativ geringen Kosten (10).

Beitrag verschiedener Lebensmittelgruppen zur Vitamin- und Mineralstoffversorgung in der Schweiz (in %)



Knochenrelevante Milchinhaltsstoffe

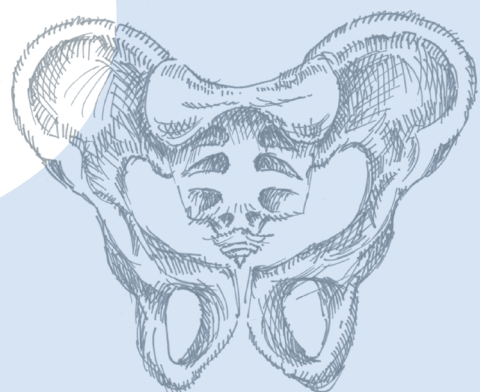
Wenngleich das Kalzium sicher der prominenteste knochenrelevante Nährstoff der Milch ist, so ist er nicht der einzige. Ebenso wichtig sind Proteine, Phosphat, Vitamin D und K, aber auch Magnesium. Zwar sind Milch und Milchprodukte nicht die Hauptquellen für Vitamin D, Magnesium und Vitamin K, doch tragen sie nennenswert zur Versorgung bei.

Vitamin D ist essenziell wichtig für die Resorption von Kalzium und Phosphat und daher untrennbar mit der Knochengesundheit verbunden. Allerdings stammt der grösste Teil des Vitamin D nicht aus der Nahrung, sondern aus Supplementen oder der Sonnenlichtexposition (11). Eine Studie mit Vitamin-D-angereichertem Käse (5,7 Mikrogramm Vitamin D/Tag) fand bei zuvor ungenügend versorgten postmenopausalen Frauen verbesserte Konzentrationen der Vitamin-D-Speicherform 25(OH)D und eine verringerte Knochenresorption (12). Ein Vitamin-D-Mangel ist vor allem im Winter und vor allem bei älteren Menschen weit verbreitet. Daher und aufgrund der grossen Bedeutung des Vitamin D für den Kalziumhaushalt der Knochen sowie die Sturz- und Frakturprophylaxe sollten die Spiegel bekannt sein und mögliche Mangelzustände behoben werden (13).

Magnesium ist nach dem Kalium das zweitwichtigste Kation des Intrazellulärums. Es übt viele Aufgaben aus, z. B. bei der neuromuskulären Erregungsleitung, der Energiegewinnung und als Kofaktor für über 300 Enzyme. 60 % des Körperbestands befinden sich im Knochen, der damit ein wichtiges Reservoir auch für diesen Nährstoff darstellt. Magnesium ist ein essenzieller Kofaktor der Vitamin-D-Synthese und -Aktivierung und ist schon deshalb in die Knochengesundheit involviert. Magnesiummangel verringert die Knochenfestigkeit, indem er Osteoblasten reduziert und Osteoklasten vermehrt sowie via Parathormon das Kalzium aus dem Knochen mobilisiert. Niedrige Magnesiumspiegel korrelieren mit mehr Osteoporose, und unter postmenopausalen Frauen sind niedrige Magnesiumspiegel häufig. Empfohlen wird eine Zufuhr bei Erwachsenen von 310 – 400 mg Magnesium täglich. Geringere Zufuhren sind mit verminderten Knochenmineraldichten und mit erhöhten Frakturrisiken assoziiert (14). Umgekehrt fand eine systematische Übersichtsarbeit, dass eine höhere Magnesiumzufuhr bei älteren Personen mit einer besseren Knochenmineraldichte an der Hüfte und am Oberschenkelkopf einhergeht (15).

Auch beim **Vitamin K₂** wird schnell deutlich, dass es bei der Knochengesundheit nicht auf einzelne Nährstoffe, sondern auf das Zusammenwirken vieler Faktoren ankommt. Vitamin K ist ein fettlösliches Vitamin, das in verschiedenen Versionen vorkommt: Vitamin K₁ (Phyllochinon) wird von Pflanzen synthetisiert und übt wesentliche Funktionen in der Blutgerinnung aus. Vitamin K₂ wird in unterschiedlichen Varianten (diverse Menachinone, MK-1 bis -10) von Mikroorganismen produziert und kommt vor allem in fermentierten Lebensmitteln vor. Die geringen Mengen MK-4 in Fleisch, Eiern und Milchprodukten sind das Ergebnis des Umbaus von Vitamin K₁ aus dem Futter der Tiere. Spitzenreiter im Gehalt an MK-7 ist Natto, eine japanische Spezialität aus fermentierten Sojabohnen. Verglichen damit sind die Zufuhren durch Milch und Milchprodukte zwar klein. Jedoch sind etliche Käseereikulturen in der Lage, das für die Knochenfestigkeit besonders geeignete MK-7 zu synthetisieren (16).

Vitamin K₂ (z. B. MK-4 und MK-7) sorgt insbesondere dafür, dass eine Carboxyl-Gruppe an die Glutaminsäure im Knochenhormon Osteokalzin angefügt werden kann. Erst dadurch entsteht carboxyliertes Osteokalzin, das in der Lage ist, im Knochen aktiv Kalzium zu binden. Ist das Osteokalzin «untercarboxyliert» (ucOC), kann es seine Aufgabe des Kalziueinbaus in den Knochen nicht wahrnehmen. Studien zu Vitamin K₂ und Knochengesundheit fanden überwiegend positive Effekte, etwa eine verbesserte Knochenmineraldichte, mehr carboxyliertes und weniger untercarboxyliertes Osteokalzin. Allerdings ist die Datenlage aus Interventionsstudien zum Einfluss verschiedener K-Vitamine (1 und 2) auf das Frakturrisiko sehr uneinheitlich (17). Da die K-Vitamine wie auch Vitamin D fettlöslich sind, sind fettreichere Milch und Milchprodukte besser als fettarme geeignet, die Resorption zu unterstützen.



Ein Überblick

| | | 3 Milchportionen* täglich decken den Tagesbedarf eines Erwachsenen zu ... |
|--|--|---|
| Kalzium | ist ein wichtiger Bestandteil der Knochenstruktur. | 76,5 % |
| Vitamin D | fördert die Kalziumaufnahme und reguliert den Kalzium- und Phosphatstoffwechsel. | 4,0 % |
| Proteine | sind wichtige Bestandteile der Knochen und erhöhen die Bioverfügbarkeit des knochenstärkenden Kalziums. | 33,4 % |
| Phosphor | ist ebenfalls ein wichtiger Baustein der Knochen. | 101,6 % |
| Magnesium | stabilisiert die Kalzium-Phosphat-Verbindungen und hat einen positiven Einfluss auf den Kalziumhaushalt. Es fördert die Bildung der aktiven Form von Vitamin D und stimuliert die Sekretion von Parathormon, das den Blutkalziumspiegel reguliert. | 15,2 % (Frau) 17,7 % (Mann) |
| Kalium | beeinflusst den Kalziumstoffwechsel und sorgt für die Erhöhung des Knochenmineralgehalts. | 18,6 % |
| Zink | fördert die Bildung des Wachstumsfaktors IGF-1. Dieser wiederum fördert den Knochenaufbau und das Knochenwachstum durch die Stimulation der Osteoblasten, der knochenbildenden Zellen. | 29,8 % (Frau) 37,3 % (Mann) |
| Vitamin K | ist an der Bildung von Knochenproteinen beteiligt. Zudem hemmt es die Kalziummobilisierung aus dem Knochen und verringert die Kalziumausscheidung im Urin. | 3,4 % |
| Vitamin B₁₂ und Folsäure | wirken sich positiv auf die Knochendichte aus. | B ₁₂ : 35,8 % F: 7,0 % |
| | | * 2 dl Milch, 180 g Jogurt, 30 g Hartkäse |

Quellen: Funktionen nach SGE: Calcium, 2023/SGE: Vitamin D, 2022/Swissmilk: Knochengesundheit Teil 3: Bedeutung der Proteine, 2012/Swissmilk: Knochengesundheit Teil 4: Knochenrelevante Inhaltsstoffe der Milch, 2012/Gröber, U: Knochenrelevante Mikronährstoffe, SZE, 2011

Berechnung nach Schweizer Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, BLV, 2024/Schweizer Nährwertdatenbank, BLV, 2025



Kalzium – der Knochenstabilisator

Kalzium ist das häufigste Element im menschlichen Körper, und es befindet sich zu 99 % in den Knochen. Da dieses Kalzium mobilisierbar ist, dienen die Knochen auch als Kalziumreserve und können es bei Bedarf ans Blut abgeben. Die restlichen 1 % des Körperkalziums befinden sich in anderen Geweben, im Blut und intrazellulär. Im Zellstoffwechsel ist Kalzium unter anderem an der Blutgerinnung betei-

ligt, an Herz- und Muskelaktivität, an der Reizweiterleitung im Nervensystem und an der Regulierung des Blutdrucks. Auch ist es Bestandteil zahlreicher Enzyme und damit eng mit vielen Zellfunktionen verknüpft. Eine schlechte Kalziumversorgung ist nicht nur mit einer geringen Knochenmineralisierung assoziiert, sondern auch mit Darmkrebs, Bluthochdruck und Übergewicht (18).

Tabelle 1: Referenzwerte für die Kalziumzufuhr in der Schweiz

| Alter | mg/Tag |
|---|-----------|
| 7–11 Monate | 280 |
| 1–3 Jahre | 450 |
| 4–10 Jahre | 800 |
| 11–17 Jahre | 1150 |
| 18–24 Jahre (Frauen auch bei Schwangerschaft/Stillzeit) | 1000 |
| 25–65 Jahre (Frauen auch bei Schwangerschaft/Stillzeit) | 950 |
| 66 Jahre + | 1000–1200 |

Quelle: nach Schweizer Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. BLV. 2024

Ein Erwachsener verliert im Mittel etwa 200 bis 300 mg Kalzium täglich, die ersetzt werden müssen. Bei proteinarmer Kost fallen die Werte geringer aus (19). Dagegen können eine säureüberschüssige Ernährung (20) und ein hoher Salzkonsum (21) die Kalziumausscheidung steigern. Wie viel Kalzium aus einem Lebensmittel resorbiert und einbehalten (retiniert) wird, hängt unter anderem von folgenden Faktoren ab (22):

- vom Kalziumgehalt des Lebensmittels und der verzehrten Portionsgrösse,
- vom Gehalt an resorptionshemmenden und -fördernden Inhaltsstoffen,
- vom Alter und vom Kalzium-Status der Konsumenten,
- von weiteren Ernährungsgewohnheiten, z. B. dem Protein- und Ballaststoffverzehr,
- vom Vitamin-D-Status.

Insbesondere bei marginaler Kalziumversorgung muss daher auf eine gute Vitamin-D-Versorgung geachtet werden (23, 24). Milch enthält sowohl gut bioverfügbares Kalzium als auch etwas Vitamin D, das vor allem die aktive, proteinvermittelte Kalziumresorption im Darm fördert. Ein Drittel des Milchkalziums liegt in löslicher, leicht verwertbarer Form vor. Die anderen zwei Drittel sind an das Milcheiweiss Kasein gebunden. Während der Verdauung entstehen

durch die Einwirkung von Enzymen daraus Caseinphosphopeptide (CPP), aus denen das Kalzium gut herausgelöst werden kann. Auch andere Proteine der Milch sowie der Milchzucker steigern die Verfügbarkeit des Kalziums aus Milch und Milchprodukten.

Pro Deziliter liefern Milch und Milchprodukte wie Joghurt oder Sauermilch rund 120 mg Kalzium. Dessen Bioverfügbarkeit, genauer gesagt seine geschätzte Absorptionseffizienz bei einer üblichen Portion von etwa 2 dl, wird mit rund 32 % angegeben. Sie ist aus Trinkmilch, Joghurt und Käse gleich gut und wird vom Fettgehalt nicht wesentlich beeinflusst. Im Gegensatz dazu wird die Kalziumresorption aus Pflanzen durch resorptionshemmende Inhaltsstoffe wie Oxalsäure, Tannine und Phytinsäure beeinträchtigt. Daher ist die Kalziumverwertung aus vielen Pflanzen geringer als aus Milch (25).

Isolierte Kalziumsupplemente können das osteoporotische Frakturrisiko nicht senken. Sie schneiden auch bei der Verbesserung des Knochenwachstums in der Jugend schlechter ab als Kalzium aus Milchprodukten wie beispielsweise Käse. Zudem kann es bei isolierten hohen Kalziumgaben zu unerwünschten Nebenwirkungen auf das Herz- und Gefässsystem kommen, die bei einer Kalziumzufuhr mit Milchprodukten nicht beobachtet wurden (26).

Phosphat – ein «Knochenräuber»?

Auf der Internetseite Netdoktor.de war im April 2022 zum Thema Osteoporose-Prophylaxe zu lesen: «Experten empfehlen, Knochen-raubende Lebensmittel wie Wurst, Käse, Limonaden, Schokolade und geröstete Erdnüsse nur in Massen zu genießen. Sie enthalten viel Phosphor, das die Knochen angreift. (...) Phosphatzusätze in Lebensmitteln sind durch die E-Nummern E 338–341, 343 und 450–452 gekennzeichnet.» (27) Wer die Zutatenlisten von Limonaden, Wurst und Käse vergleicht, wird leicht feststellen, dass bei Milch, Milchprodukten und Käse in der Regel keine Phosphatzusätze zu finden sind (Ausnahmen sind konventionelle Koch- und Schmelzkäse).^{*} Die Milch liefert jedoch von Natur aus Phosphat, das für die Knorpel- und Knochengesundheit ebenso wichtig ist wie Kalzium. Beide Mineralstoffe sind Bestandteile des Hydroxylapatits, jener Verbindung, die der organischen Knochenmatrix ihre Stabilität verleiht (29).

Ein ungünstiges Verhältnis in der Zufuhr von Kalzium und Phosphat kann die Kalziumbalance und damit auch die Knochengesundheit stören. Dazu müsste die Phosphatzufuhr die Kalziumzufuhr allerdings um mehr als 30 % übersteigen. Anders gesagt: Bis zu einem Ca/P-Verhältnis von 1 : 1,3 besteht kein Problem. Ein Blick in die Nährstofftabellen zeigt, dass Milch, Joghurt, Weich-, Schnitt- und Hartkäse (deutlich) mehr Kalzium als Phosphat enthalten. Das Ca/P-Verhältnis der Milch liegt bei 120 : 92 mg pro dl, also bei 1 : 0,77 und damit weit im günstigen Bereich (30). Bei den meisten Käsesorten ist das Verhältnis noch günstiger. Anders ist es bei konventionellen Koch- und Schmelzkäsen, für deren Herstellung phosphathaltige Schmelzsalze erlaubt sind (31).

Sauermilchkäse (z. B. Harzer), Frischkäse, Speisequark, Schichtkäse und Hüttenkäse sind die einzigen Milchprodukte, die von Natur aus mehr Phosphat als Kalzium enthalten (32). Es gibt jedoch keine Studien-evidenz, die den Phosphatgehalt von Milch und Milchprodukten als problematisch für die Knochengesundheit einstufen würde (33, 34). Im Gegenteil: Eine Meta-Analyse verschiedener Studien mit Phosphatanreicherungen fand unabhängig von der Kalziumzufuhr eine verbesserte Kalziumresorption und eine verminderte Kalziumausscheidung über den Urin (35). Das Phosphat aus der Milch ist also keineswegs ein «Knochenräuber», sondern trägt zusammen mit dem Kalzium wesentlich zur Bildung und zum Erhalt der Knochen bei.^{**}

Protein – Struktur, Elastizität und bioaktive Peptide für die Knochen

Knochengewebe wird dem Binde- und Stützgewebe zugerechnet. Es setzt sich aus vernetzten Osteozyten zusammen, die in eine extrazelluläre Matrix aus 25 % Wasser, 30 % organischen und 45 % anorganischen Stoffen eingebettet sind. Die Härte der Knochen entsteht erst durch die Mineralisierung mit Hydroxylapatit. Proteine stellen die organischen Bestandteile der Knochenmatrix: zu 95 % handelt es sich um Kollagen und zu 5 % um Proteoglykane und andere nicht-kollagene Proteine, zu denen auch das Osteokalzin gehört (36). Die Proteine der Knochenmatrix geben dem Skelett seine Zugfestigkeit und Elastizität, was für die Beweglichkeit und für die Frakturprophylaxe von entscheidender Bedeutung ist.

Für den Aufbau der organischen Knochenmatrix braucht es daher auch ausreichend Aminosäuren. Die verzweigtkettigen Aminosäuren Valin, Leucin und Isoleucin stimulieren zudem die Ausschüttung des insulinähnlichen Wachstumsfaktors 1 (IGF-1), der anabol auf das Knochen- und Muskelwachstum wirkt. Diese Aminosäuren kommen vor allem im Molkenprotein der Milch reichlich vor (37).



^{*} Bemerkung: Bei Bio-Produkten dürfen keine Phosphate als Schmelzsalze eingesetzt werden. (28)

^{**} Hinweis: Hier geht es um Phosphat und Knochengesundheit! Der Phosphatgehalt von Lebensmitteln muss beispielsweise bei der diätetischen Behandlung von Patienten mit Niereninsuffizienz und bei Dialysepflicht selbstverständlich berücksichtigt werden!

Die Datenlage zu Protein und Knochengesundheit haben Rizzoli et al. 2018 so zusammengefasst: Eine ausreichende Proteinzufuhr ist für ein optimales Knochenwachstum und den Erhalt eines gesunden Skeletts notwendig. Systematische Reviews und Meta-Analysen bei Erwachsenen sprechen dafür, dass Proteinzuführen über 0,8 g/kg/Tag Knochenverluste und das Risiko für Hüftfrakturen senken, vorausgesetzt, die Kalziumzufuhr ist ausreichend. Ältere Menschen mit Osteoporose zeigten unter höheren Proteinzuführen eine bessere Knochenmineraldichte, einen verlangsamten Knochenabbau und ein verringertes Frakturrisiko an der Hüfte (38).

Die aktuelle S3-Leitlinie empfiehlt zur Osteoporose-Prophylaxe Senioren mit erhöhtem Sturzrisiko 1,0 g Protein pro Kilogramm Körpergewicht. Ein aktueller «Umbrella-Review», also eine zusammenfassende Auswertung systematischer Reviews und Meta-

Analysen, fand eine mögliche Evidenz dafür, dass hohe im Gegensatz zu niedrigen Proteinzuführen (> 1,24 g/kg/Tag vs. < 0,95 g/kg/Tag) das Risiko für Hüftfrakturen senken (39).

Um den gemeinsamen Verlust von Muskel- und Knochenmasse (Osteosarkopenie) zu verringern, scheinen bei Personen über 65 Jahre Proteinzuführen von 1,2 bis 1,5 g/kg/Tag hilfreich zu sein (40). In diesem Bereich liegen auch die Empfehlungen des BLV für ältere Menschen (65+) und für in Sachen Knochenabbau besonders Gefährdete (siehe Tabelle 2) (41). Allerdings erreichen knapp 27 % der Schweizer und vor allem der Schweizerinnen die Proteinempfehlungen nicht. Bei den 65- bis 75-Jährigen konsumieren rund 50 % der Männer und Frauen weniger Eiweiss als empfohlen (42). Dies ist insbesondere hinsichtlich der Knochengesundheit und des Muskelerhalts besorgniserregend.

Tabelle 2: Referenzwerte für die Proteinzufuhr in der Schweiz

| Alter und Gruppe | g/kg Körpergewicht/Tag |
|------------------|--|
| 18–65 Jahre | 0,8 |
| ab 66 Jahre | 1–1,2 (Gefährdete bis 1,5) |
| Schwangere | 0,8 (1. Trimester +1 g/Tag; 2. Trimester + 9 g/Tag; 3. Trimester + 28 g/Tag) |
| Stillende | 0,8 (0–6 Monate post partum + 19 g/Tag; >6 Monate post partum + 13 g/Tag) |

Quelle: nach Schweizer Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. BLV. 2024

Wie sich die Eiweisszufuhr auf den Knochen auswirkt, hängt auch davon ab, dass ausreichend Kalzium aufgenommen wird. Man geht davon aus, dass dies

ab einem Kalzium-Protein-Verhältnis von 16 : 1 der Fall ist (43). Wie die folgende Tabelle zeigt, schneiden die allermeisten Milchprodukte hier exzellent ab.

Tabelle 3: Kalzium-Protein-Verhältnis verschiedener Milchprodukte

| Lebensmittel | mg Kalzium/100 g | g Protein/100 g | mg Kalzium : g Protein |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| Emmentaler, 45 % Fett i. Tr. | 1372 | 28 | 49 : 1 |
| Parmesan | 1176 | 31 | 38 : 1 |
| Gouda, 45 % Fett i. Tr. | 958 | 22 | 44 : 1 |
| Joghurt natur, 3,5 % Fett | 120 | 3,1 | 39 : 1 |
| Kuhmilch, 3,5 % Fett | 120 | 3,4 | 35 : 1 |
| Quark, mager, 3,5 % Fett | 92 | 11,6 | 8 : 1 |

Quelle: nach Burckhardt, P et al.: Ernährung und Knochengesundheit. Osteologie 2015; 24: 107–119

Eine australische Studie hat sich dem Thema von der Kostenseite her genähert. Gerade bei institutionalisierten Seniorinnen und Senioren bleibt die Protein- und Kalziumzufuhr oft unter den Empfehlungen, zugleich ist das osteoporotische Frakturrisiko hier am höchsten und verursacht hohe Kosten. Daher führte man über 2 Jahre eine randomisierte Interventionsstudie in 56 Seniorenheimen durch (44). Dazu erhielten die Bewohner von 27 Heimen täglich 3,5 Portionen Milch und Milchprodukte, um ihre Proteinzufuhr auf 69 g und ihre Kalziumzufuhr auf 1142 mg täglich zu steigern. In 29 anderen Institutionen blieb die Proteinzufuhr bei 58 g täglich und die Kalziumzufuhr bei 700 mg. Bei den mit Milchprodukten versorgten Personen sank das Risiko für Hüftfrakturen und andere Brüche ausserhalb der Wirbelsäule signifikant. Umgerechnet auf das ganze Land, so die Autoren der Studie, könnten dadurch jährlich rund 67 Millionen australische Dollar an Gesundheitskosten eingespart werden.

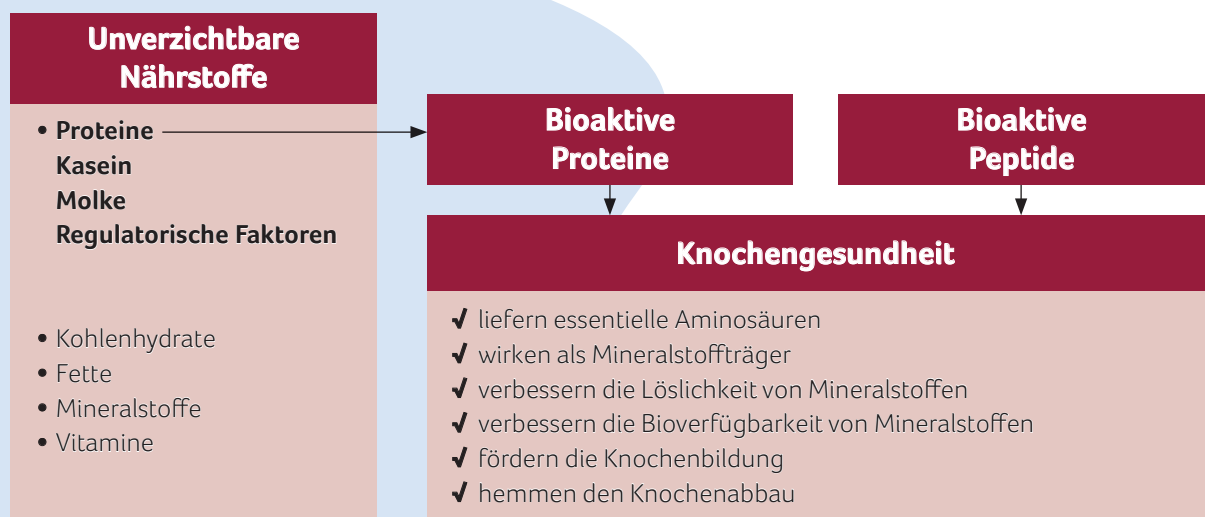
Milchproteine schneiden also in Sachen Knochengesundheit gut ab, nicht nur, weil sie mit anderen knochenrelevanten Nährstoffen vergesellschaftet

sind, sondern auch, weil sie die Zufuhr aller nötigen Aminosäuren sicherstellen können. Aber auch die Art und Vielfalt ihrer Proteine spielt hierbei eine Rolle. So umfasst das Milchprotein Wachstumsfaktoren, Immunglobuline, Laktalbumine, Kaseine, Laktoferrin und Osteopontin, die zumindest im Tierversuch die Knochenbildung gefördert und den Knochenabbau gehemmt haben. Nach neuen Studien sind vermutlich auch die bioaktiven Peptide, die im Zuge der Verdauung oder der Fermentation von Milchproteinen entstehen, wichtig für die Knochengesundheit. Dazu gehören beispielsweise Caseinophosphopeptide (CPP), die die Kalziumresorption verbessern, aber auch Molkenproteinfraktionen, die (in vitro und in vivo) die Knochenbildung und die Knochenmineraldichte steigern (45, 46).

Zwischenfazit:

Milch trägt rund ein Viertel zur Proteinzufuhr bei, dazu den Löwenanteil der Zufuhr von Kalzium und weiteren knochenrelevanten Nährstoffen, die sich in Sachen Knochengesundheit gegenseitig ergänzen.

Funktionen der Milch, Milchproteine und -peptide in Sachen Knochengesundheit



Quelle: nach Bu, T et al.: Compr Rev Food Sci Food Safety 2021; 1–29

Milch(produkte) und Marker für Knochengesundheit

Da es viele Studien mit den verschiedensten Milch-inhaltsstoffen bzw. Milchprodukten gibt und viele Kennzahlen der Knochengesundheit (ausführliche Übersicht bei Wallace et al. [47]), sollen die wichtigsten Ergebnisse hier kurz zusammengefasst werden:

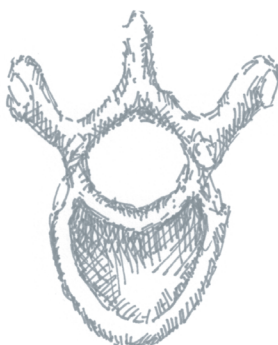
Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene

- In Interventionsstudien mit **Kalzium aus Milch** erhöhte sich der Knochenmineralgehalt (BMC) des peripheren Skeletts bei präpubertären Jungen und Mädchen (48).
- Eine Interventionsstudie mit präpubertären Mädchen fand bei **verdoppelter Kalziumzufuhr durch ein Supplement aus Milch** (+ 850 mg/Tag) im Vergleich zu Placebo eine bessere Knochenmassezunahme. Zudem setzte die Menarche unter Kalziumgabe früher ein. Beides, eine frühere Menarche wie auch eine höhere Knochenmasse, gelten als Schutzfaktoren vor Osteoporose (49).
- Eine Meta-Analyse ergab, dass in 8 von 11 eingeschlossenen Interventionsstudien mit Kindern und Jugendlichen der **Konsum von Milchprodukten** signifikante Auswirkungen auf den Knochenmineralgehalt und die Knochenmineraldichte hatte (BMC und BMD): Beispielsweise liess sich nach 16 Monaten des Konsums eine 8 % höhere BMD nachweisen (50).
- Kinder, die keine **Milch trinken**, haben präpubertär ein höheres Frakturrisiko (51).
- Eine Fall-Kontroll-Studie fand bei milchfrei ernährten Mädchen (nicht bei Jungen) ein gut viereinhalbfach höheres Frakturrisiko (relatives Risiko 4,6) im Vergleich zu Mädchen, die Milchprodukte verzehrten (52).
- In einer Interventionsstudie aus dem Jahr 2020 mit 35 übergewichtigen weiblichen Jugendlichen in einem 12-wöchigen Diät- und Sportprogramm zur Gewichtsabnahme reduzierte ein **hoher Konsum von Milchprodukten** (4 vs. < 2 Portionen/Tag) einen Marker für den Knochenabbau (CTx, siehe Kasten) (53).

Kennzahlen des Knochenstoffwechsels sind z. B. :

| | |
|---------------|---|
| NTx = | N-terminales Telopeptid des Typ-1-Kollagens und |
| CTx = | C-terminales Telopeptid des Typ-1-Kollagens, beides sind Stoffwechselprodukte (Cross links) des Kollagens. Erhöhte Werte zeigen eine erhöhte Knochenresorption an. |
| BALP = | alkalische Phosphatase des Knochens (Bone Alkaline Phosphatase) ist ein Marker für Knochenbildung. |
| P1NP = | Prokollagen Typ-1-N-Propeptid, es handelt sich um einen Marker für den Knochenaufbau. |
| PTH = | Parathormon, von der Nebenschilddrüse gebildetes Peptidhormon, aktiviert Osteoklasten, mobilisiert so Kalzium aus dem Knochen, fördert auch die Kalziumrückresorption in der Niere. |
| 25(OH)D = | 25-Hydroxy-Vitamin D, fördert die Kalziumresorption und initiiert Osteokalzin. |
| Osteokalzin = | von Osteoblasten gebildetes Peptidhormon, das unter dem Einfluss von Vitamin K ₂ an Hydroxylapatit und Kalzium bindet. |
| IGF-1 = | insulinähnlicher Wachstumsfaktor 1 (Insulin-like Growth Factor 1), wirkt auch am Knochen anabol. |

Quelle: nach Obermayer-Pietsch, B, Schwetz, V: Z f Rheumatol 2016; 75: 451–458 (54)



In 10 weiteren klinischen Studien aus den Jahren 1995 bis 2017 fanden sich durch **diverse Interventionen** mit Milch, kalziumangereicherter Milch, Milchprodukten oder Käse meist leicht verbesserte Marker für verschiedenen Kennzahlen des Knochenwachstums (BMC, BMD oder auch die kortikale Dicke der Knochen) bei Kindern und Jugendlichen. Wurde **Käse** mit Kalziumsupplementen verglichen, fand sich nach Käse ein grösserer Knochenzuwachs. Auch eine neue Übersichtsarbeit findet genügende Evidenz für einen die Knochengesundheit unterstützenden Effekt eines höheren Konsums von Milchprodukten (mit und ohne Geschmackszutaten) bei Vor- und Grundschulkindern (55).

Allerdings gibt es keine gute Evidenz dafür, dass eine hohe Kalziumzufuhr in der Kindheit und Jugend das Frakturrisiko im späteren Leben beeinflusst. Zwar korrelierte in einer Studie ein **regelmässiger Milchkonsum** vor dem 25. Lebensjahr mit einer besseren BMD am Oberschenkel im Alter von 44 bis 74 Jahren. Dennoch ist nach wie vor nicht klar gezeigt worden, ob eine **hohe Peak Bone Mass (PBM)** am Ende der Wachstumsphase das spätere Frakturrisiko tatsächlich verringert (56). Eine Studie mit amerikanischen Frauen fand, dass jene, die in ihrer Kindheit weniger als 1 Glas Milch täglich getrunken hatten, im Alter über 50 eine geringere BMD und ein verdoppeltes Risiko für osteoporotische Frakturen aufwiesen gegenüber Frauen, die als Kinder mehr als 1 Glas pro Tag getrunken hatten (57). Beobachtungen aus der amerikanischen Nurses' Health und der Health Professionals Follow-up Study, die den Zusammenhang zwischen Milchkonsum im Jugendalter und späteren osteoporotischen Frakturen untersucht hatten, konnten dagegen keine Vorteile finden (58). Dies kann jedoch auch daran liegen, dass die rückblickende Erfassung der Konsummengen nach Jahrzehnten sehr unzuverlässig ist.



Erwachsene und Senioren

Es existiert eine grosse Zahl von überwiegend kurzfristigen Interventionsstudien (< 4 Monate) mit jüngeren und älteren Erwachsenen, die den Einfluss verschiedenster Milchprodukte auf diverse Marker des Knochenumbaus untersuchten. Manche nutzten Milchprodukte, manche Magermilch, manche mit Kalzium und/oder Vitamin D angereicherte Milch und Produkte daraus. Bei den Erwachsenen wurden fast ausschliesslich Frauen untersucht, häufig Frauen in der Menopause. In die Studien mit älteren Menschen waren häufiger auch Männer involviert. Zusammenfassend können folgende Erkenntnisse aus diesen Studien gewonnen werden: Durch den Verzehr von **Milch/Milchprodukten** kam es bei jüngeren und älteren Erwachsenen zu einem um 6–40 % verminderten Knochenumbau (Remodeling) und zu verringerten Parathormonspiegeln (PTH) (59). Das zeigt, dass Interventionen mit (angereicherten) Milchprodukten und Milchpulver den **altersbedingten Knochenverlust reduzieren** können.

Eine aktuellere Meta-Analyse erweitert diese Kenntnisse. Einbezogen sind Daten aus 20 randomisierten kontrollierten Studien, von denen 8 länger als ein Jahr (bis zu 3 Jahre) andauerten. Sie untersuchten die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Kennzahlen der Knochengesundheit (siehe Kasten oben) und dem Konsum von nicht fermentierter, angereicherter oder nicht angereicherter Milch oder Milchpulver bei Erwachsenen und fanden Folgendes (60):

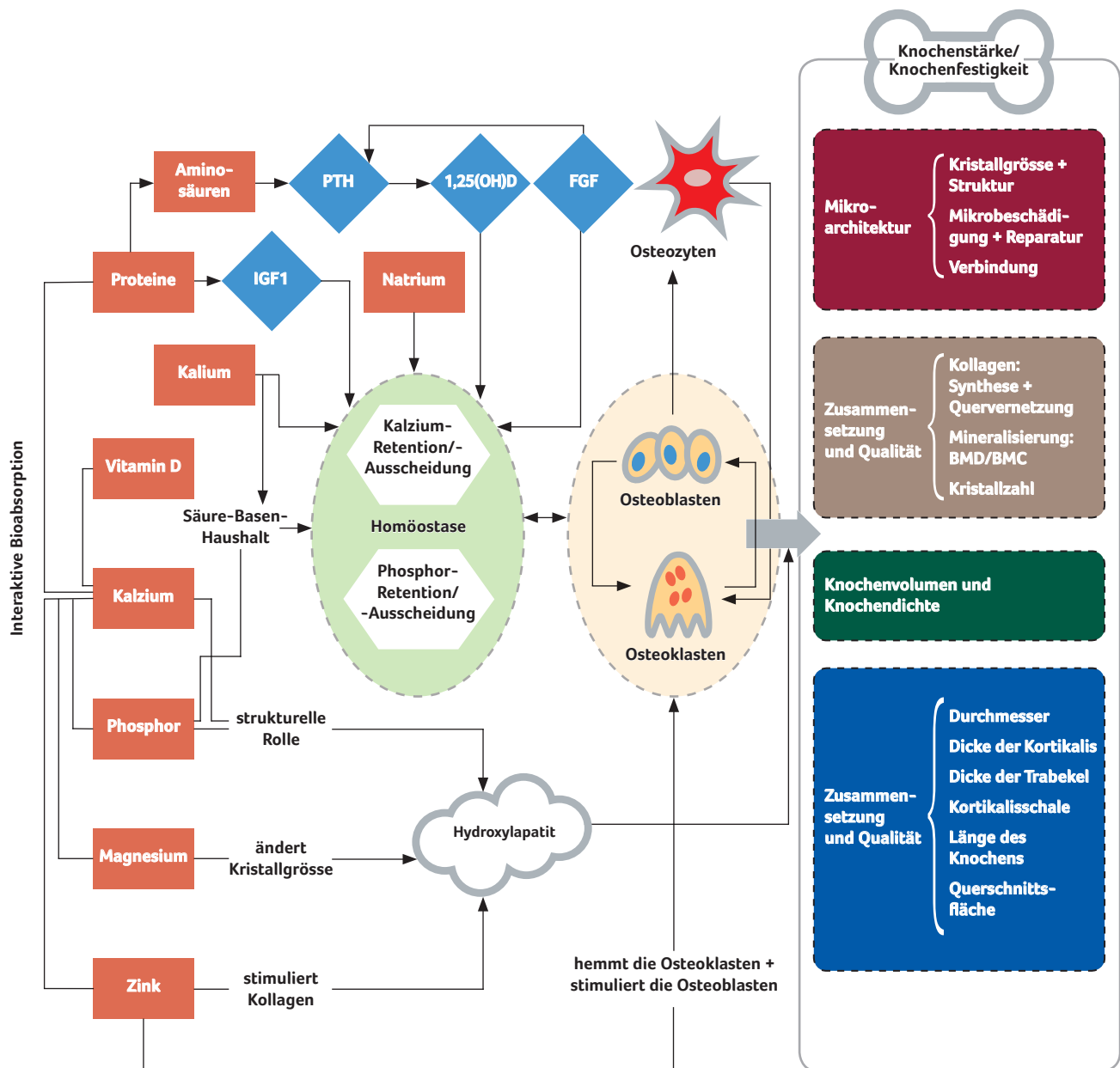
Milch(pulver)zusatz ...

- führt zu kleinen, jedoch signifikanten **Zunahmen der BMD** an Hüfte und Lendenwirbelsäule,
- **reduziert** die Konzentration der **Knochenumbau-marker** P1NP, CTx und NTx,
- **senkt das Parathormon** und
- lässt den **Wachstumsmarker IGF-1 ansteigen**.

Bei entsprechend angereicherten Milchprodukten stieg auch die 25(OH)D-Konzentration. Die Autoren der Meta-Analyse kommen zu dem Schluss, dass die Zugabe von Milch(pulver) zur üblichen Ernährung die Wahrscheinlichkeit von Knochenverlusten reduziert. Die folgende Grafik fasst die möglichen Wirkungen zusammen.

Die zahlreichen knochenrelevanten Milchinhaltsstoffe interagieren miteinander und beeinflussen gleich mehrere Ebenen der Knochengesundheit. Die folgende Abbildung gibt dazu einen Überblick.

Einflüsse und Interaktionen der Milch Inhaltsstoffe zur Förderung der Knochengesundheit



Quelle: nach Wallace, TC et al.: Crit Revs Food Sci Nutr 2021; 61: 3661–1707

Milch(produkte) und Frakturrisiko

Dass Milch und Milchprodukte wesentlich zu einer guten Knochenmineralisierung (Knochenmineralgehalt und -dichte, BMC und BMD) beitragen, ist also gut belegt. In Sachen Frakturrisiko war die Datenlage lange dürftig, auch weil es an kontrollierten Interventionsstudien fehlte (61). Also blieben Beobachtungsstudien zur Beurteilung der Evidenz, deren Ergebnisse jedoch uneinheitlich ausfielen: Nachdem anhand zweier schwedischer Kohorten ein um 9 % erhöhtes Hüftfrakturrisiko pro Glas Milch am Tag berichtet wurde (62), konnte dies in anderen Kohortenstudien nicht bestätigt werden. In zwei norwegischen Kohorten mit gewohnheitsmässig hohem Trinkmilchkonsum fand sich kein Zusammenhang zum Frakturrisiko (63).

Ein Review aus dem Jahr 2018 fasste die bis dato vorliegenden Beobachtungsstudien so zusammen: Der tägliche Konsum von 2 bis 2,5 dl **Milch** geht bei kaukasischen Frauen mit einem um **mindestens 5 % verringerten Frakturrisiko** einher (64). Wie es für andere Ethnien sowie für Kinder und Männer aussieht, war bis dahin kaum untersucht. Etwas besser ist die Datenlage inzwischen bei älteren Menschen.

So erschien 2023 eine prospektive Beobachtungsstudie an über 4600 isländischen Senioren und Seniorinnen (mittleres Alter 76 Jahre). Darin fand sich nicht nur eine positive Beziehung zwischen dem Konsum von **Milch und Milchprodukten** und der Knochenmineraldichte (BMD), sondern auch eine inverse Beziehung zur Inzidenz von Oberschenkelhalsbrüchen: Beim Vergleich der höchsten (ab 2-mal täglich) mit der geringsten (< 0,5-mal täglich) Konsumhäufigkeit war die BMD zu Studienbeginn um knapp 9 mg/cm³ grösser. Nach rund 7 Jahren Beobachtungszeit war das **relative Frakturrisiko signifikant um 31 % verringert** (65). Der inverse Zusammenhang zwischen Milchkonsum und der Inzidenz von Hüftfrakturen erwies sich zudem als linear: Je mehr Milch und Milchprodukte konsumiert wurden, desto weniger Brüche ereigneten sich. Die Schweizerische Ernährungsgesellschaft empfiehlt für Seniorinnen und Senioren etwas mehr, nämlich 3–4 Portionen Milch und Milchprodukte, um den Kalzium- und den (höheren) Proteinbedarf zu decken (66).

Auch bei Erwachsenen mittleren Alters hat sich die Datenlage etwas verbessert: In zwei Kohorten aus den USA (Nurses' Health und Health Professionals Follow-up) mit knapp 125'000 über 50-jährigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern fand sich nach einer Beobachtungszeit von 32 Jahren **pro 2,4 dl Milch ein um 8 % verringertes relatives Risiko für Hüftfrakturen**. Wurden alle Milchprodukte zusammengefasst, war das Risiko um signifikante 6 % vermindert (67). Eine aktuelle Veröffentlichung aus der Nurses' Health Studie spricht noch deutlicher für die Milch. Bei gut 100'000 US-Krankenpflegerinnen (mittleres Alter 48 Jahre) wurde nach Zusammenhängen zwischen dem Konsum von Milch, Joghurt, Käse, allen Milcherzeugnissen zusammen und dem Risiko für nichttraumatische Frakturen geschaut. Nach 24 Jahren Beobachtungszeit und rund 5500 Frakturen fanden sich folgende Assoziationen: Wurden **mindestes zwei Portionen Milch, Joghurt oder Käse** täglich verzehrt, war das **relative Frakturrisiko** (im Vergleich zu weniger als 1 Portion/Tag) um 26 % verringert. Wurde die Milch alleine betrachtet, lag das relative Risiko 15 % niedriger. Bei Käse (mind. 1 Portion vs. weniger als 1 Portion/Tag) waren es 11 % (68).

Zwischenfazit:

Nachdem die Datenlage in Sachen Frakturrisiko lange dürftig war, zeigen neuere Kohortenstudien bei Erwachsenen deutliche Effekte. So ging der Konsum von mindestens zwei Portionen Milch und Milchprodukten täglich mit bis zu 31 % verringerten relativen Risiken für nichttraumatische Frakturen einher.

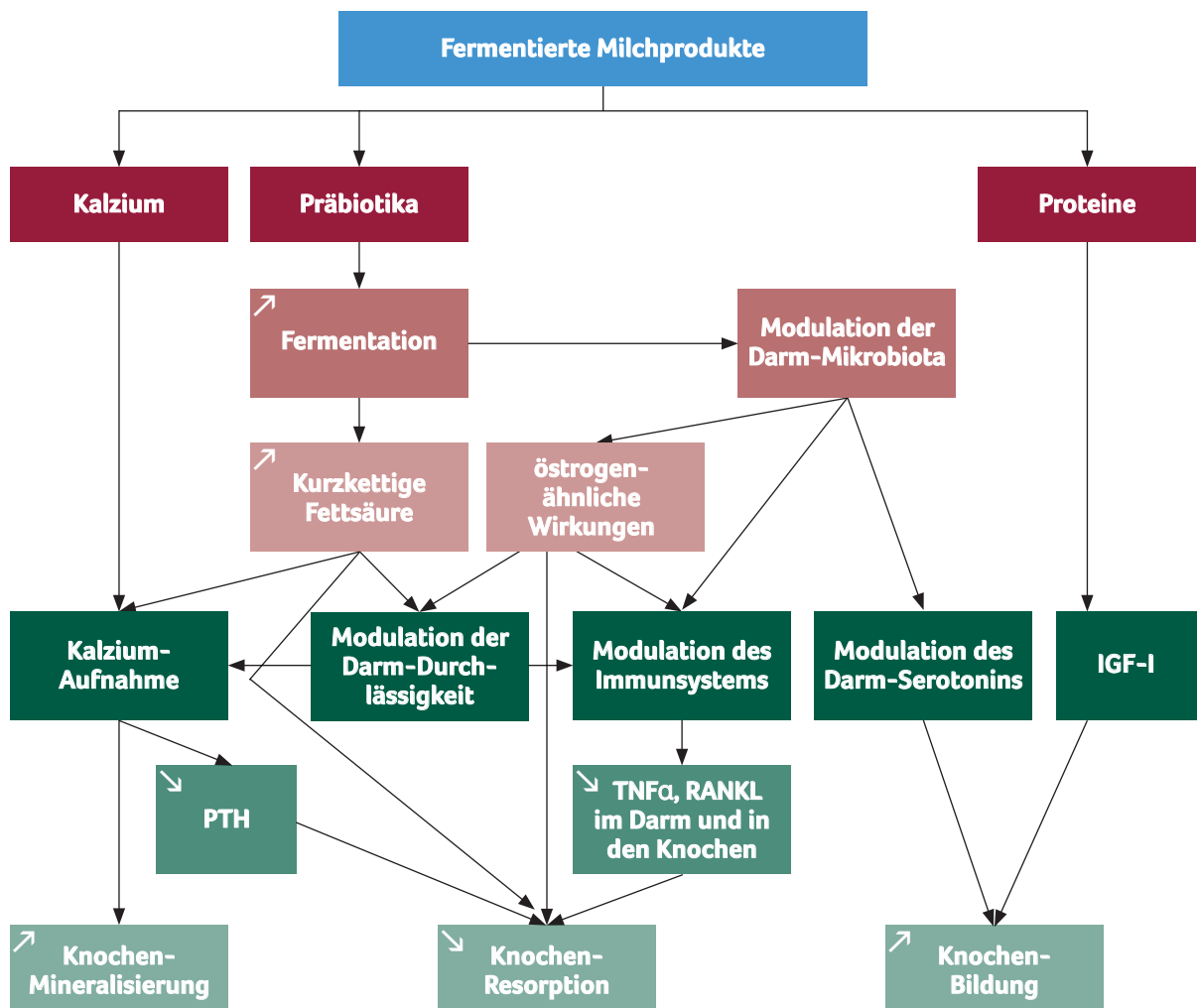


Fermentierte Milchprodukte

Fermentierte Milchprodukte wie Joghurt, Dickmilch, Sauermilch, Kefir oder Käse liefern nicht nur knochenrelevante Nährstoffe, sie enthalten auch potenziell probiotische Mikroorganismen wie *Lactobacillus bulgaricus* und *Streptococcus thermophilus* sowie diverse

Käsereikulturen. Diese könnten, sofern sie in genügend hoher Anzahl lebend im Dickdarm ankommen, die Knochengesundheit über die Modulation der Darmmikrobiota begünstigen. Auch das Kalzium der Milchprodukte wird als fördernd für die Vermehrung von Laktobazillen im Darm diskutiert (69).

Fermentierte Milchprodukte und Knochengesundheit: mögliche Wirkmechanismen



Quelle: nach Rizzoli, R.: Aging Clinical Experimental Research 2022; 34: 9–24

Aus Beobachtungsstudien gibt es viele Hinweise auf günstige Effekte fermentierter Milchprodukte auf die Knochengesundheit. Beispielsweise wirkte sich der Verzehr von **Joghurt** bei 482 gesunden postmenopausalen Schweizer Frauen günstig auf die **Mikroarchitektur** ihrer Knochen aus: Joghurt-Konsumentinnen verloren innerhalb von 3 Jahren weniger kortikale Knochenmasse und sie waren **schlanker** (v. a. weniger viszerale Fett). Auch zeigten die Joghurtkonsumentinnen von Beginn an geringere Marker für einen Knochenumbau (CTx und P1NP) sowie weniger Parathormon (70).

Der verminderte Knochenverlust trat allerdings unabhängig von der Kalzium-, Phosphat-, Protein- und Energiezufuhr auf. Da sich diese Korrelation jedoch nicht bei Milch- oder Käsekonsum zeigte, vermuten die Autoren, dass die geringere **viszerale Fettmasse** der Joghurtkonsumentinnen einen Teil der mit Joghurt assoziierten Effekte erklärt. Denn eine höhere viszerale Fettmasse geht mit geringerem BMD und einem höheren Risiko für periphere Frakturen einher. Ein geringerer Körperfettgehalt, wie bei den Joghurtesserinnen, könnte zudem die Bioverfügbarkeit von Vitamin D verbessert und dar-

über die Knochenstabilität unterstützt haben. In einer irischen Querschnittstudie mit 4310 über 60-Jährigen ging ein häufigerer **Joghurtverzehr** mit einer **höheren Knochendichte** einher. Bei den Frauen war jede zusätzliche Joghurtportion mit einem um 31 % verringerten relativen Risiko für Osteopenie assoziiert. Das relative **Osteoporose-risiko** war bei den Frauen um 39 % **verringert**, bei den Männern um 52 % (71). In etlichen kurzen Interventionsstudien führte der Konsum von (an-gereicherten) fermentierten Milchprodukten zu verringerten PTH-Spiegeln und geringeren Markern der Knochenresorption (72).

Auch in der oben bereits erwähnten schwedischen Studie, die ein erhöhtes Hüftfrakturrisiko bei hohem Milchkonsum bei Frauen gefunden hatte, **reduzierte jede Portion Joghurt** (à 200 g) oder **Käse** (à 20 g) bei beiden Geschlechtern das Risiko, sich den **Oberschenkel zu brechen**, um 10 bis 15 % (73). Mehrere aktuelle **Meta-Analysen** zeigen, dass insbesondere **fermentierte Milchprodukte zur Frakturprophylaxe** geeignet sind: mit steigendem Joghurt- oder Käseverzehr sank das relative Frakturrisiko am Oberschenkel signifikant um 22 bis 32 % (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Aktuelle Meta-Analysen zum Einfluss von Milch und Milchprodukten

| Autorin/Autor | Studienart | Relatives Risiko für Hüftfrakturen (Oberschenkel) | | | |
|---------------------------|-----------------|---|--------------|--------------|--------------|
| | | Milch | Joghurt | Käse | alle |
| Bian et al., 2018 | 10 Kohorten | -9 % | -25 % | -32 % | -23 % |
| | 8 Fall-Kontroll | -29 % | -23 % | -23 % | -25 % |
| Matia-Martin et al., 2019 | 5 Kohorten | -9 % | -13 % | -20 % | -13 % |
| Malmir et al., 2020 | 14 Kohorten | -7 % | | | -10 % |
| | 9 Fall-Kontroll | -25 % | | | -14 % |
| Hidayat et al., 2020 | 9 Kohorten | -14 % | -22 % | -15 % | |
| | USA | -25 % | | | |
| | Skandinavien | +/-0 | | | |
| Ong et al., 2020 | 3 Kohorten | | -24 % | -11 % | |

Fettddruck = signifikant verringerte Risiken

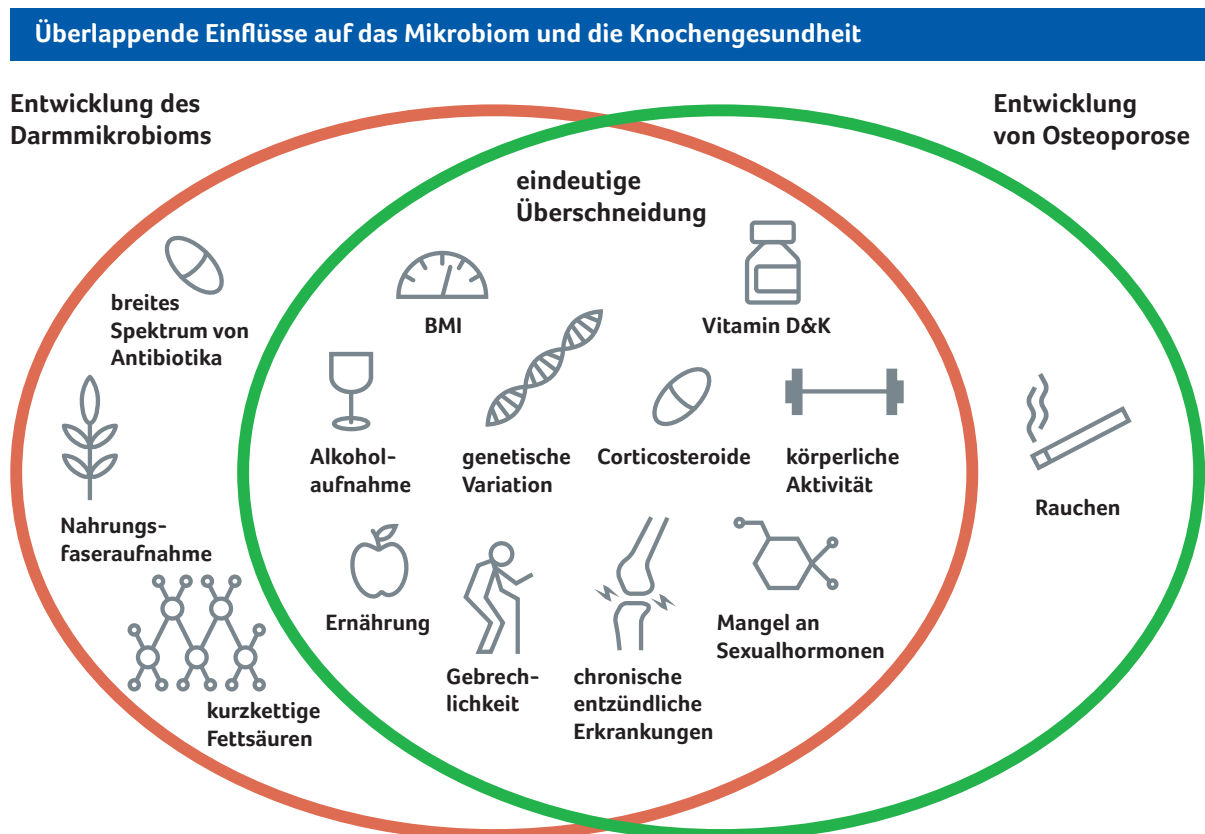
Quelle: nach Rizzoli, R.: Aging Clinical Experimental Research 2022; 34: 9–24

Eine aktuelle Übersichtsarbeit hat die vorhandenen Meta-Analysen prospektiver Studien zum Einfluss des Käsekonsums auf verschiedene Gesundheitsparameter auf den neuesten Stand gebracht und zusammengefasst. Sie kommt zu folgenden Ergebnissen (74): Der Konsum von **Käse** korreliert nicht nur invers mit dem **Frakturrisiko** insgesamt (-10 %), sondern ging auch einher mit signifikant verminderten relativen Risiken für **Demenz** (-19 %), **Typ-2-Diabetes** (-7 %), **Schlaganfall** (-7 %), koronare **Herzkrankheiten** (-8 %), die **kardiovaskuläre Sterblichkeit** (-7 %) und die **Gesamtsterblichkeit** (-5 %). Dies unterstreicht die eingangs beschriebenen Wechselwirkungen und Synergien und zeigt, dass sich der Konsum nährstoffdichter Lebensmittel auf viele gesundheitliche Aspekte günstig auswirkt. Eine weitere bzw. alternative Erklärungsmöglichkeit ist, dass Joghurt- und Käsekonsum Marker für einen insgesamt gesunden Lebensstil darstellen.

Einfluss der Mikrobiota auf die Knochengesundheit
Seit einigen Jahren rücken die Mikrobiota in den Fokus der Wissenschaft, auch im Zusammenhang mit der Knochengesundheit. So geht man davon aus, dass es eine Darm-Knochen-Signalachse gibt, in der Form, dass die Mikrobiota via Erhalt der Darmbarriere und deren Einfluss auf das Immunsystem und das Entzündungsgeschehen auch die Knochengesundheit und das Knochenwachstum in der Jugend günstig beeinflussen. In Tierversuchen liessen sich mithilfe diverser Probiotika die Knochenmineraldichte steigern und Knochenverluste verschiedener Genese reduzieren. Auch einige wenige Humanstudien fanden einzelne positive Effekte, wie eine **verbesserte Frakturheilung** und verminderte **Marker für Knochenabbau** (75). Allerdings sind hier noch sehr viele Fragen offen und man beginnt im Grunde erst mit der Erforschung. Immerhin liessen sich die Darmmikrobiota von 132

postmenopausalen Frauen klar unterscheiden, je nachdem, ob ihre Knochen gesund waren oder ob sie an Osteopenie oder Osteoporose litten (76). Bei den osteoporotischen Frauen waren mittels spezieller Verfahren (16S-rRNA-Sequenzierungen) mehr Fusobakterien und Laktobazillen zu finden,

dafür weniger Ruminokokken. Man nimmt an, dass die Darmflora unter anderem über Immun- und Entzündungsreaktionen auf die Knochengesundheit einwirkt und/oder über östrogenähnliche Substanzen und Serotonin (77). Die folgende Grafik weist auf mögliche Zusammenhänge hin.



Quelle: nach Cronin, O et al.: Calc Tissue Int 2022; 110: 273–284

Zwar gibt es mittlerweile einige wenige Studien mit probiotischen Supplementen zur Knochenmineraldichte und Markern des Knochenumbaus, die sich meist verbesserten. Allerdings wurde dabei mit Kapseln gearbeitet und nicht mit probiotischen Milchprodukten (78, 79). Daher liegen derzeit noch nicht genug Erkenntnisse vor, um konkrete Empfehlungen zu geben. Es spricht jedoch vieles dafür, sich insgesamt so zu ernähren, dass den Mikrobiota genug Nahrung (Präbiotika) und nützliche «Kollegen» (Probiotika) zur Verfügung stehen. Die positiven Auswirkungen von fermentierten Milchprodukten auf die Knochengesundheit (s. o.) könnten auch dadurch zustande kommen, dass sie über die Darmmikrobiota wirken. Fermentierte Milchprodukte sind als Lebensmittelgruppe die wichtigste Quelle für Probiotika. Ob damit bei üblichem Verzehr genug lebende Mikroorganismen im Darm ankommen, um die Knochengesundheit günstig zu beeinflussen, ist

noch nicht abschliessend geklärt. Bekannt ist aber, dass zugesetzte probiotische Kulturen in genügend grosser Anzahl den Dickdarm erreichen und die ansässige Flora günstig beeinflussen können (80).

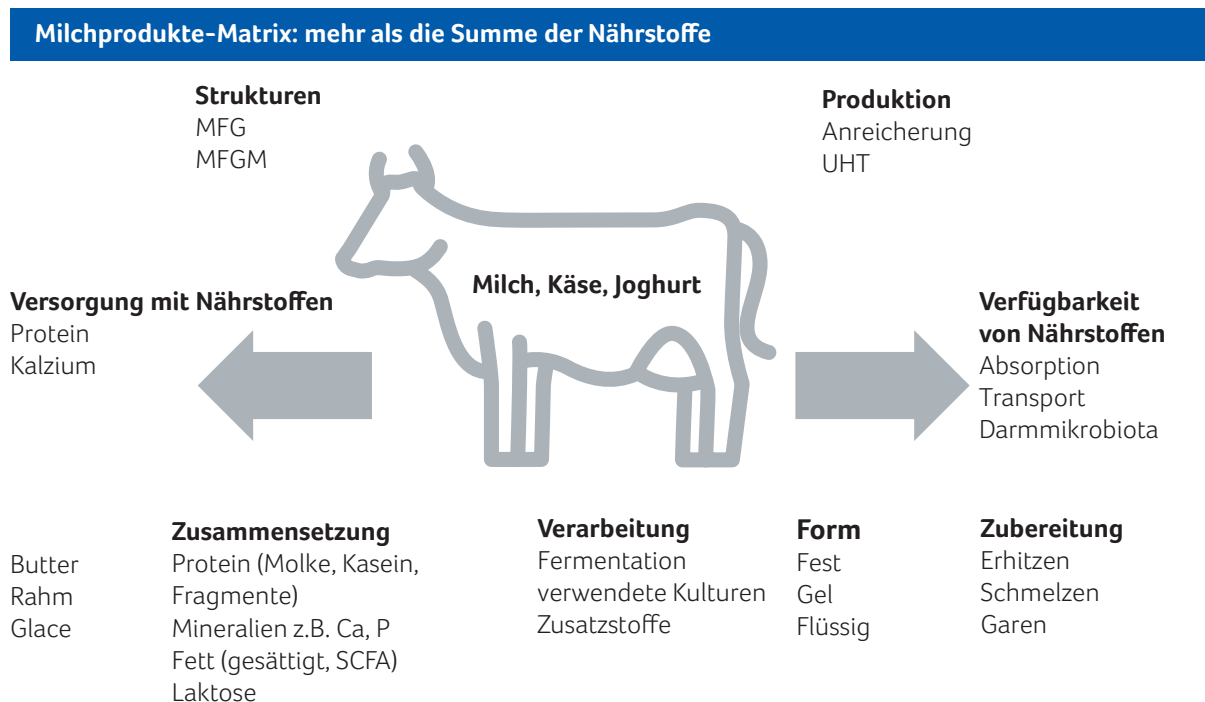
Zwischenfazit:

Fermentierte Milchprodukte gehen häufiger und deutlicher mit einer verbesserten Knochengesundheit und mit verringerten Frakturrisiken einher als unfermentierte. Zudem sind sie mit verringerten Risiken für mehrere Zivilisationskrankheiten (z. B. Diabetes Typ 2, kardiovaskuläre Erkrankungen, Demenz) assoziiert. Ob und wie weit dies durch die darin enthaltenen Mikroorganismen bewirkt sein könnte, ist Gegenstand laufender Forschungen.

Einfluss der Matrix von Milch und Milchprodukten

Schon die Beobachtung, dass sich Kalziumsupplemente anders als Milch oder Milchprodukte auf die Knochengesundheit auswirken (s. o.), spricht dafür, dass Lebensmittel mehr sind als die Summe ihrer Nährstoffe. Immerhin bestehen sie aus Hunderten oder Tausenden von Substanzen, bei Weitem nicht alle mit Nährwert, jedoch viele mit einem Einfluss auf die Verfügbarkeit und Verwertbarkeit der Nähr-

stoffe sowie auf deren gesundheitliche Auswirkungen (81). Dazu kommen Herstellungsprozesse wie Erhitzen oder Fermentieren, die sich ebenfalls auf den Nährwert und die gesundheitlichen Effekte auswirken. Man spricht hier von Matrix-Effekten und meint damit die Interaktionen zwischen Nährstoffen, bioaktiven Komponenten und der physikalischen Struktur eines Lebensmittels.

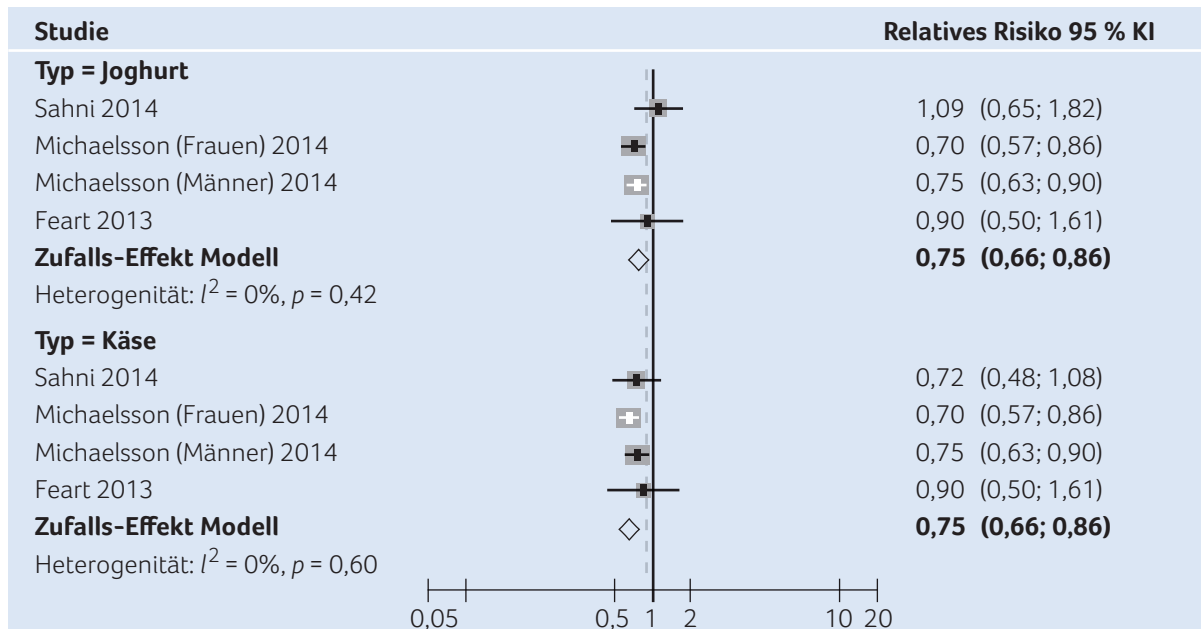


Quelle: nach Geiker NRW et al.: Osteoporos Int 2020; 31: 601–615

Diese Matrix-Effekte werden für Milch und Milchprodukte seit einigen Jahren untersucht, vor allem im Zusammenhang mit Herz- und Gefäßerkrankungen (82, 83). Ein Beweggrund dafür war, dass die pauschale Verunglimpfung von Lebensmitteln, die reich an gesättigten Fettsäuren sind, sich als nicht haltbar erwies: Denn obgleich sie reich an gesättigten Fettsäuren sind, geht der Konsum von Käse und fermentierten Milchprodukten mit verringerten kardiovaskulären Risiken einher. Und vollfette Milch und Butter steigern die Risiken nicht (84). Dies wird auf die unterschiedliche Zusammensetzung und auf die Struktur (Matrix) der jeweiligen Lebensmittel zurückgeführt. Zudem müssen «echte» Lebensmittel wie Milch und Milchprodukte von hoch verarbeiteten, hochglykämischen Lebensmitteln mit vielen gesättigten Fettsäuren abgegrenzt werden (85).

Da sich auch in Sachen Knochengesundheit abzeichnet, dass sich Joghurt und/oder Käse günstiger auswirken als Trinkmilch, kommen auch hier die Matrixeffekte immer mehr in den Fokus. So sprechen etliche Beobachtungsstudien und Interventionsstudien für einen besseren Effekt von fermentierten Milchprodukten auf das Knochenwachstum, die Knochenmineraldichte, den Knochenumbau und die Knochenstruktur (s. o.). Allerdings liegen bislang noch keine Interventionsstudien vor, die ein verringertes Frakturrisiko durch die fermentierten Varianten belegen würden (86). Die Datenlage zum Frakturrisiko aus 10 prospektiven Kohortenstudien ist in einer **Meta-Analyse** aus dem Jahr 2018 wie folgt zusammengefasst (87): Anhand der gepoolten (zusammengefasst ausgewerteten) Daten findet sich beim **höchsten im Vergleich zum geringsten Konsum ein um 25 % verringertes relatives Hüftfrakturrisiko bei Joghurt und um 32 % bei Käse.**

Risiko für Hüftfrakturen in prospektiven Kohortenstudien: höchster vs. geringster Verzehr



Quelle: nach Bian, S et al.: BMC Public Health 2018; 18: Artikel Nr. 165

Die Matrix von Milchprodukten unterscheidet sich erheblich, sowohl in der physikalischen Struktur als auch im Gehalt an Nährstoffen und bioaktiven Molekülen. Beispielsweise enthalten Milchprodukte blutdrucksenkende Peptide, verdauungsfördernde Exopolysaccharide (aus Joghurt- oder Käsereikulturen) sowie Probiotika, die sich günstig auf die gastrointestinale Gesundheit auswirken können (88). Was die physikalische Struktur angeht, so ist die Milch eine flüssige Öl-in-Wasser-Emulsion, bei Joghurt handelt es sich um ein Gel und bei Käse um ein festes Lebensmittel, das kaum noch Molkenproteine und keine Laktose mehr enthält. Zudem variiert die physikalische Struktur der verschiedenen Käsearten. In-vitro-Studien deuten darauf hin, dass diese Matrixunterschiede auch auf die Verdaulichkeit und die Absorption der Nährstoffe einwirken (89). Dies alles beeinflusst die Verdauung, die Entstehung von bioaktiven Peptiden und die Bioverfügbarkeit der Nährstoffe. Dass fermentierte Milchprodukte darüber hinaus via Darmmikrobiota wirken können, wurde oben schon erwähnt.

Diese Beispiele zeigen, dass die Forschung sich endlich weg von einzelnen Nährstoffen hin zu ganzen Lebensmitteln und Essweisen bewegt. Dies ist insbesondere für Milch und Milchprodukte naheliegend, da sie in ihrer Matrix eine ganze Palette an knochenrelevanten Stoffen enthalten. Stehen ganze Lebensmittel und ihre Matrix im Fokus der Wissenschaft, sollte es künftig möglich sein, spezifische und personalisierte Empfehlungen zum Konsum von Milch oder Milchprodukten

geben zu können. Derzeit beschränken sich die Erkenntnisse allerdings noch weitgehend auf kardiovaskuläre Erkrankungen, die Knochengesundheit nimmt noch keinen grossen Platz ein (90).

Zu bedenken ist darüber hinaus, dass **Matrixeffekte auch bei Pflanzendrinks** eine Rolle spielen: Sie sind völlig anders als Milch zusammengesetzt, werden jedoch oft als Milchalternative konsumiert. Selbst wenn sie mit Kalzium oder anderen Nährstoffen angereichert wurden, ist bislang ungeklärt, ob sie aufgrund ihrer abweichenden Matrix ähnliche Effekte auf die Knochengesundheit haben könnten wie Milch und Milchprodukte (91).

Zwischenfazit:

Lebensmittel wie Milch und Milchprodukte bestehen aus einer Fülle an Nähr- und Wirkstoffen, die in unterschiedliche physikalische Strukturen, die Matrix, eingebettet sind. Diese beeinflusst die Bioverfügbarkeit der Nährstoffe und die gesundheitlichen Effekte der Lebensmittel. Im Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind die Matrix-Effekte verschiedener Milchprodukte bereits beschrieben. Im Kontext Knochengesundheit sprechen die positiven Effekte fermentierter Milchprodukte dafür.

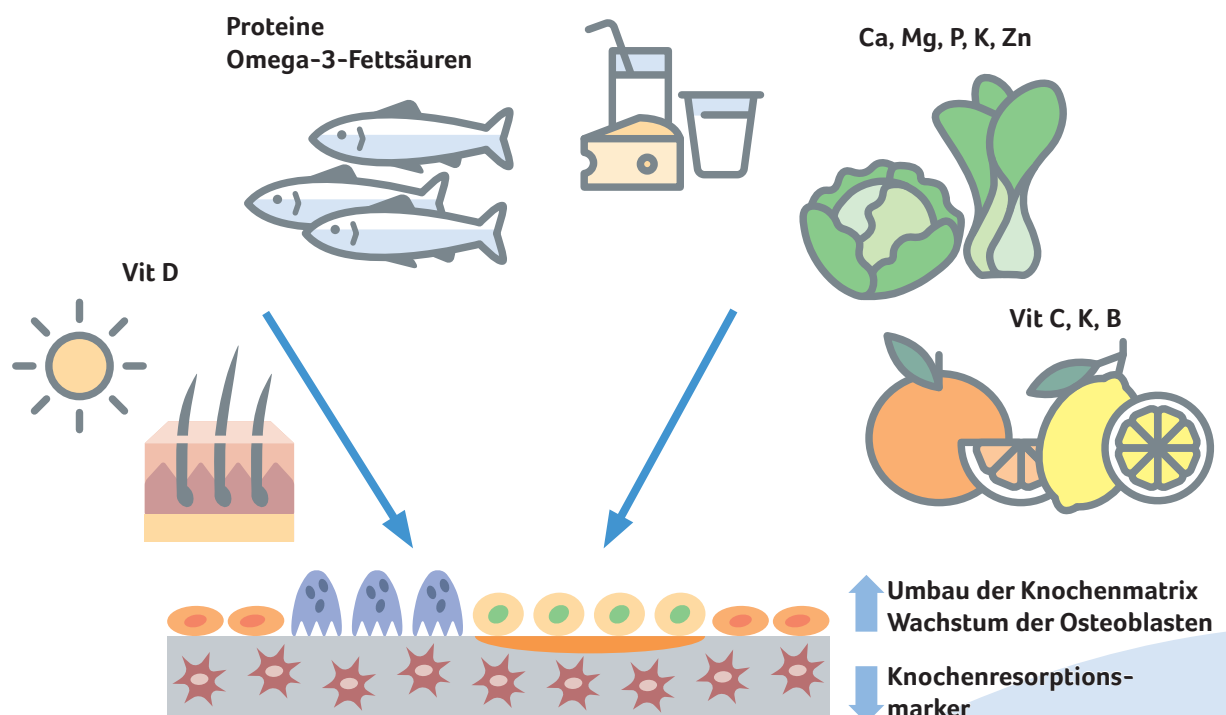
Milch und Milchprodukte als Teil (knochen)gesunder Essmuster

Als wichtiger Teil (knochen)gesunder Essmuster interagieren Milch und Milchprodukte natürlich auch mit den anderen Lebensmitteln des täglichen Verzehrs. Dies zeigte auch die bereits erwähnte schwedische Studie, die bei sehr hohem Milchkonsum (ab 3 Gläser täglich, entsprechend mehr als 6 dl) bei Frauen ein erhöhtes Hüftfrakturrisiko gefunden hatte, nicht jedoch bei Männern und nicht beim Verzehr fermentierter Milchprodukte. Auch das gesamte Frakturrisiko war nicht erhöht (92). Eine weitere Analyse aus der schwedischen Kohorte ergab, dass der **Verzehr von Obst und Gemüse die Risiken modifiziert**: Das geringste Risiko für Hüftfrakturen fand sich bei Frauen, die mehr als 5 Portionen Obst und Gemüse und mindestens 2 Portionen Joghurt oder Sauer Milch täglich verzehrten (-19 % im Vergleich zum geringsten Sauer Milch- und

Gemüseverzehr) (93). Als Mechanismen werden entzündungshemmende Effekte der (fermentierten) Milchprodukte (94) sowie antioxidative Effekte der pflanzlichen Lebensmittel (95) diskutiert.

Damit verdichten sich auch die Hinweise darauf, dass es bei der Knochengesundheit nicht nur auf einzelne Nährstoffe oder Lebensmittel und die Lebensmittelmatrix ankommt, sondern auch auf das gesamte Essmuster. Denn neben Milch und Milchprodukten tragen viele weitere Lebensmittel zur Knochengesundheit bei. Daher werden seit einigen Jahren auch die Einflüsse von Essmustern (z. B. Mediterrane Ernährung, Vegetarismus, Veganismus, «Western Diet») auf die Knochengesundheit untersucht.

Nährstoffe bzw. Lebensmittel und ihre Knocheneffekte



Quelle: nach Muñoz-Garach, A et al.: Nutrients 2020; 12: 1986

In den letzten Jahren haben sich einige Arbeiten mit dem Thema Essmuster und Knochengesundheit bzw. Frakturrisiken beschäftigt. Eine Übersicht der

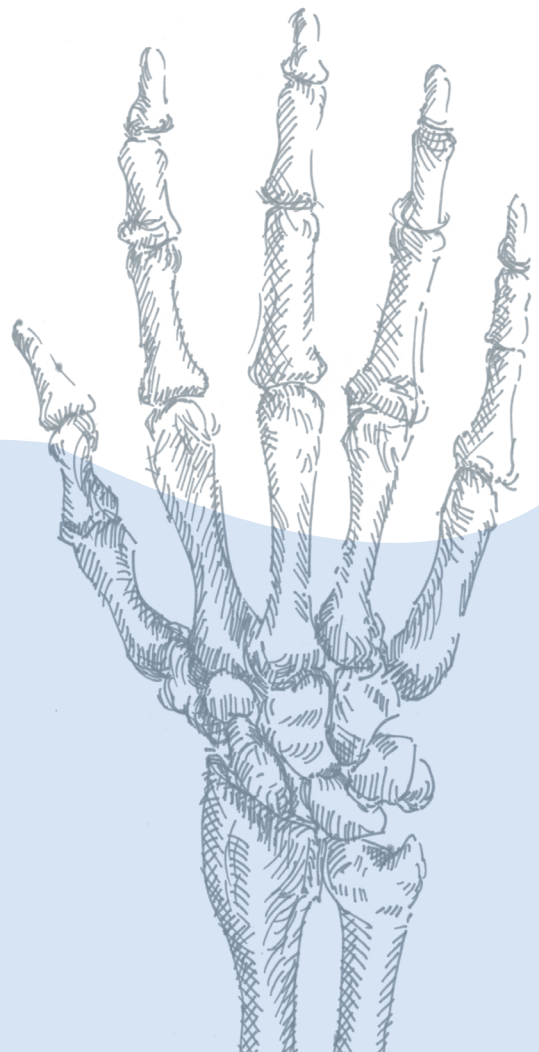
bis 2020 vorliegenden Studien dazu gibt die folgende Tabelle (96).

| Tabelle 5: Essmuster und Knochengesundheit (nur grössere Studien) | | | | |
|---|--|---|--|--|
| Ernährungs- muster | Studie | Teilnehmerzahl Geschlechter Alter | Einfluss auf BMD | Einfluss auf das Frakturrisiko |
| Mediterrane Ernährung | EPIC-Studie | 188'795 alle 139'981 Frauen i. D. 48,6 Jahre | | Inzidenz von Hüftfrakturen um 7 % erniedrigt |
| | CHANCES- Projekt | 140'775 alle 116'176 Frauen 60+ Jahre | | 4 % verringertes Risiko für Hüft- frakturen |
| | Meta-Analyse | 358'746 alle – 13–80 Jahre | Positive Assoziation mit BMD (Lenden- wirbelsäule, Ober- schenkelhals, Hüfte) | 21 % verringertes Risiko für Hüft- frakturen |
| Asiatische Ernährung | Chinesische Ge- sundheitsstudie (Singapur) | 63'257 alle 35'241 Frauen 45–74 Jahre | | |
| | Osteoporose- und Ernährungs- studie (Südkorea, 2008–2010) | 3735 postmeno- pausale Frauen 64 +/- 9 Jahre | Milchprodukte- und Obstkonsum- muster korreliert mit geringerem (-52 %) Osteoporose-Risiko (Lendenwirbelsäule) | |
| «Westliche» Ernährung | Zwillingsstudie (Grossbritannien) | 4928 postmeno- pausale Frauen 56 +/- 12 Jahre | korreliert mit geringerer BMD am Oberschenkelhals | |
| | Framingham- Offspring-Studie (USA) | 2740 alle 1534 Frauen 29–86 Jahre | korreliert mit geringerer BMD am Oberschenkelhals | |
| Vegetarische Ernährung | Meta-Analyse | 2749 alle 1880 Frauen 20–79 Jahre | geringere BMD (Lendenwirbelsäule, Oberschenkelhals) | |
| | EPIC-Studie (Oxford-Kohorte, 2007) | 34'696 alle 26'749 Frauen 20–89 Jahre | | 30 % erhöhtes Frakturrisiko bei Veganern |

Die meisten Daten zu Essmustern und der Knochengesundheit liegen für **postmenopausale Frauen** vor, denn deren Osteoporose und damit assoziierte Brüche sind die häufigsten Formen dieser Erkrankung. Eine detaillierte Zusammenfassung der Datenlage findet sich in einer Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2020 (97). Sie zeigt, dass es **viele Essmuster und Nährstoffkombinationen** gibt, die mit **verringerten Risiken für Osteoporose** nach den Wechseljahren **und für Frakturen** einhergehen: kalzium-, phosphor-, magnesium- und Vitamin-D-reiche Essweisen, Essmuster, die neben angemessenen Mengen an Milch und Milchprodukten auch reich an Ballaststoffen (Gemüse, Obst) und Protein sind (auch Fleisch), die alle mit einer besseren BMD einhergehen. Eine tabellarische Zusammenstellung der Studien und ihrer Ergebnisse findet sich im Anhang.

Als Update zu den beiden oben genannten Übersichtsarbeiten seien im Folgenden noch die jüngsten Analysen zu **aktuell prominenten Essmustern** vorgestellt. Dazu muss man wissen, dass bei der Ermittlung von Essmustern zwei Methoden unterschieden werden, die zu unterschiedlichen Interpretationen führen können: Ein Essmuster kann **vorab (a priori) oder im Nachhinein (a posteriori)** definiert werden. «Gesunde», mediterrane oder vegetarische Essmuster werden beispielsweise häufig a priori festgelegt. Das heisst, man definiert vorab, was eine «gesunde» oder «mediterrane» Ernährung charakterisieren soll, und beurteilt dann die Ernährungsdaten der Studienteilnehmer anhand einer Skala, die anzeigt, wie gut oder schlecht die Vorgaben eingehalten wurden.

Bei der A-posteriori-Methode sammelt man zunächst die Ernährungsdaten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer und schaut dann, ob sich Essmuster ergeben. Hierbei findet man also vorhandene Muster, die je nach Probandengruppe unterschiedlich ausfallen können. Bei der A-priori-Methode besteht der Nachteil, dass bei der Festlegung dessen, was «gesund» oder «mediterran» ist, nicht immer der aktuelle Kenntnisstand zugrunde liegt oder dass ungerechtfertigte Vorbehalte, etwa gegenüber tierischen Lebensmitteln, einfließen. Beide Methoden haben also ihre Vor- und Nachteile. In Sachen Knochengesundheit weisen Meta-Analysen von Studien mit beiden Varianten jedoch in die gleiche Richtung.



A-priori-Essmuster

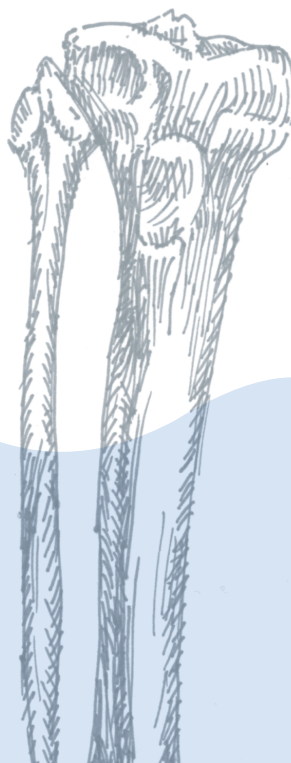
Eine aktuelle Meta-Analyse aus sechs Beobachtungsstudien mit gut 350'000 Personen und 6253 Hüftfrakturen fand ein **um 21 % verringertes relatives Risiko für Hüftfrakturen** beim Einhalten einer zuvor definierten **mediterranen Ernährungsweise**. Dazu gehörten neben Gemüse, Obst, Nüssen und Saaten, Vollkornprodukten, Fisch und Meeresfrüchten, Eiern, Hülsenfrüchten und Olivenöl auch der regelmässige Konsum von Milchprodukten. Ausserdem zeigte sich, dass das beste Einhalten einer mediterranen Kost auch mit einer **höheren BMD** an der Lendenwirbelsäule, im Becken und am Oberschenkelkopf einherging. Zwar lassen sich diese positiven Effekte nicht einzelnen Lebensmitteln zuordnen. Es fand sich jedoch eine lineare Beziehung, sodass jeder zusätzliche Punkt auf der Mediterran-Skala, wozu auch Milchprodukte beitragen können, das relative Frakturrisiko um 5 % reduzierte (98).

Eine aktuelle Übersichtsarbeit bestätigt diese Beobachtungen und ergänzt, dass die Osteoporose im Mittelmeerraum seltener vorkommt. Zur Erklärung weist sie neben der hohen Dichte knochenrelevanter Nährstoffe bei mediterranem Essmuster auch auf deren Gehalt an Phytochemikalien (Resveratrol aus Wein, Carotinoide aus Gemüse, Oleuropein und Hydroxytyrosol aus nativem Olivenöl) sowie langkettigen Omega-3-Fettsäuren aus Fisch hin, die aufgrund ihrer Entzündungen und Osteoklasten hemmenden und antioxidativen Effekte das Osteoporose- und Frakturrisiko senken könnten (99, 100).

A-posteriori-Essmuster

Eine Meta-Analyse aus dem Jahr 2019 wertete die Ergebnisse von a posteriori definierten Essmustern aus (101). Bei der Durchsicht der Studien fanden sich zwei bis drei Essmuster, die eine Beziehung zur Knochengesundheit gezeigt hatten: Eine «gesunde Ernährung», reich an Gemüse, Obst, Geflügel, Fisch und Vollkornprodukten (konnte auch Milchprodukte enthalten), und eine «Western Diet», reich an rotem und verarbeitetem Fleisch, tierischen Fetten, Eiern und Süssigkeiten, zeigten Assoziationen zum Frakturrisiko. Ein weiteres Essmuster, gekennzeichnet durch einen regelmässigen höheren Konsum von Milch und Milchprodukten, korrelierte ebenso wie die anderen beiden Muster mit der Knochenmineraldichte (BMD). Die Meta-Analyse umfasste 20 Beobachtungsstudien und kam zu folgenden Ergebnissen:

- Bei «westlicher» Ernährung war das relative Frakturrisiko insgesamt um 11 % und das Risiko für Hüftfrakturen um 15 % erhöht, insbesondere bei Frauen.
- Ein «westliches» Ernährungsmuster erhöhte das relative Risiko für eine geringe BMD um 22 %.
- «Gesunde» Essmuster korrelierten mit einem um 21 % verminderten relativen Risiko für Frakturen, bei den Hüftfrakturen waren es 29 % weniger.
- Das relative Risiko für geringe BMD-Werte war bei «gesunden» Essmustern um 18 % verringert.
- Den grössten Einfluss in Sachen BMD hatte das Milch-Milchprodukte-Essmuster: Es ging mit einem um 41 % geringeren relativen Risiko für eine niedrige BMD einher.



Pflanzenbasierte Kostformen mit und ohne Milch(produkte)

Ausreichend Gemüse und Obst zu essen, gehört zu praktisch allen offiziellen und evidenzbasierten Ernährungsempfehlungen, unter anderem zur Prävention von Übergewicht, Herz- und Gefässerkrankungen und auch zum Erhalt einer gesunden BMD sowie zum Schutz vor Osteoporose beziehungsweise Hüftfrakturen. Eine zusammenfassende Analyse der Daten von 5 Kohortenstudien aus Europa und den USA ergab, dass das relative Risiko für Hüftfrakturen vor allem bei Seniorinnen mit geringem Gemüse- und Obstkonsum (max. 1 Portion/Tag) um signifikante 39 % erhöht ist. Als Vergleich dienten Senioren mit einem Verzehr von 3 bis 5 Portionen täglich. Höhere Konsummengen führten zu keinem weiteren Schutz vor Frakturen (102). Das zeigt, dass ein regelmässiger Gemüse- und Obstkonsum zur Knochengesundheit beiträgt, dass die Vorteile jedoch nicht mit weiter zunehmender Menge ansteigen.

Dies ist wichtig vor dem Hintergrund, dass sich stärker pflanzenbasierte Kostformen auch aus Gründen der planetaren Gesundheit und des Klimaschutzes seit einigen Jahren einer zunehmenden Beliebtheit erfreuen. So wurde die Planetary Health Diet (PHD) der EAT-Lancet-Kommission entwickelt, um die Menschheit, die Umwelt und den Planeten gesund zu erhalten beziehungsweise deren Gesundheit zu erlauben (103). Wird der Anteil an Milch und Milchprodukten und anderen nährstoffdichten tierischen Lebensmitteln jedoch zu sehr eingeschränkt oder der Anteil an pflanzlicher Nahrung in Richtung 100 % (vegane Ernährung) erhöht, drohen Engpässe bei wichtigen knochenrelevanten Nährstoffen (etwa Protein[qualität], Ca, Vit. D, Vit. K₂), auch in sogenannten Wohlstandsgesellschaften. Dies bestätigen zum Beispiel die Daten aus der amerikanischen repräsentativen NHANES-Studie (104): Hier korrelierte eine pflanzenbasierte Ernährung allgemein und auch eine gut zusammengestellte, gesunde pflanzenbasierte Ernährung mit erhöhten Knochenverlusten (+ 50 %, signifikant). Eine ungesund zusammengestellte pflanzenbasierte Ernährung ging in dieser Querschnittstudie zudem mit einem signifikant erhöhten relativen Osteoporoserisiko einher (+ 48 %).

In einer Meta-Analyse aus dem Jahr 2018 (siehe auch Tabelle 5) zeigte sich anhand der Daten von 20 Beobachtungsstudien mit gut 37'000 Teilnehmern bereits, dass sowohl vegetarische als auch vegane Ernährungsformen ein erhöhtes Risiko für geringere Knochenmineraldichten an der Lendenwirbelsäule und am Oberschenkelhals mit sich bringen. Als

Vergleich dienten Omnivoren. Unter den Veganerinnen und Veganern fanden sich zudem signifikant erhöhte relative Frakturraten (+ 44 %) (105).

Auch mehrere grosse prospektive Beobachtungsstudien aus Grossbritannien fanden sowohl bei Frauen (+ 33 %) (106) als auch bei Frauen und Männern (+ 50 %) (107) signifikant erhöhte relative Risiken für Hüftfrakturen bei vegetarischer Ernährung im Vergleich zu omnivoren Essmustern. In der letztgenannten Studie entsprach dies 3,2 mehr Hüftfrakturen bei 1000 Personen im Lauf von 10 Jahren. Aufgrund der geringen Zahl an vegan lebenden Probanden konnten deren Risiken nicht isoliert dargestellt werden.

In einer neueren Auswertung der EPIC-Oxford-Kohorte aus dem Jahr 2020 war dies jedoch möglich: Im Vergleich zu den rund 30'000 Omnivoren wiesen die gut 15'000 Vegetarier (+ 25 %), vor allem aber die knapp 2000 Veganer (+ 131 %) ein signifikant erhöhtes relatives Risiko für Hüftfrakturen auf (Tabelle siehe Anhang). Das entspricht im Lauf von 10 Jahren knapp 15 Frakturen mehr pro 1000 Probanden. Auch andere Frakturen (alle, Bein- und Wirbelkörperfrakturen) kamen bei den Veganerinnen und Veganern häufiger vor als bei den Omnivoren. Die relativen Risiken waren auch dann zwei- bis dreifach erhöht, wenn die Veganer mehr als 700 mg Kalzium und/oder mindestens 0,75 g Protein/kg Körpergewicht zuführten (108). Dies spricht ebenfalls für einen Matrixeffekt (s. o.) beziehungsweise für Milch und Milchprodukte und gegen eine reine Nährstoffbetrachtung.

Eine Studie mit knapp 35'000 Adventisten des 7. Tages aus den USA, von denen viele vegetarisch oder vegan leben, fand bei Befragungen unter den veganen Frauen gegenüber den omnivoren ein verdreifachtes relatives Hüftfrakturrisiko (RR 2,99). Bei kombinierter Kalzium- und Vitamin-D-Einnahme liess sich dagegen kein erhöhtes Risiko feststellen (109).

In der Schweiz gibt es etwa 0,7 % Veganer und Veganerinnen (110). Deren Ernährung sollte angesichts der Risiken für die Knochengesundheit besonders sorgfältig zusammengestellt und zumindest mit Vitamin D und Kalzium supplementiert werden, um Risiken für die Knochengesundheit zu minimieren (111, 112). Doch auch Vegetarier und Vegetarierinnen (laut Statista gut 5 % in der Schweiz) sollten besonders auf eine ausreichende Zufuhr knochenrelevanter Nährstoffe achten, wozu sich in diesem Fall Milchprodukte ganz besonders anbieten.

Knochengesundheit und Säure-Basen-Haushalt

Der Säure-Basen-Haushalt des Körpers ist in engen Grenzen geregelt. Ein Beispiel ist der pH-Wert des Blutes, der konstant zwischen 7,35 und 7,45, also in einem leicht basischen Bereich, liegt beziehungsweise liegen soll. Dagegen schwankt der pH-Wert des Dickdarms im sauren Bereich zwischen pH 5,5 und 6,8. Die relative Konstanz der pH-Werte ist wichtig, weil viele enzymatische und Stoffwechselvorgänge nur bei ganz bestimmten pH-Werten ablaufen (können). Andererseits beeinflusst der Verzehr von Lebensmitteln die Säure-Basen-Balance, da ihre Verstoffwechslung zu Säuren- oder Basenäquivalenten führen kann. Der Konsum von proteinreichen Lebensmitteln wie Fleisch, Eier und Käse, aber auch von Brot und Nudeln führt zu mehr Säure-Äquivalenten, während Gemüse, Obst und Kartoffeln zu mehr Basen-Äquivalenten führen. Messen lässt sich dies anhand von PRAL-Werten, wobei diese Abkürzung für die potenzielle renale Säurelast (Potential Renal Acid Load) steht. Bei den Milchprodukten führt Käse zu höheren PRAL-Werten, während sich

Trinkmilch, Joghurt oder Kefir praktisch neutral auswirken und Molke einen leichten Basenüberschuss erzeugt (113).

Dennoch werden Milch und Milchprodukte gelegentlich noch pauschal als «Kalziumräuber» bezeichnet: Ihr Proteingehalt soll zu einem Säureüberschuss im Körper führen, der durch basisch wirkendes Kalzium aus den Knochen neutralisiert werden müsse, was auf lange Sicht dem Skelett schade. Allerdings gibt es hierfür keine Evidenz (114). Zwar steigt mit der Proteinzufuhr auch die Kalziumausscheidung über den Urin (115). Dies beweist jedoch nicht, dass dieses Kalzium aus den Knochen stammt oder dass diese Kalziurie das Osteoporoserisiko steigert (116). Zudem fördern Eiweiss bzw. bestimmte Aminosäuren die Aufnahme von Kalzium im Darm (117), sodass aus Milch und Milchprodukten mehr Kalzium vom Körper retiniert werden kann, als aufgrund ihres Proteingehaltes über den Harn verloren geht (siehe Tabelle 6) (118).

Tabelle 6: Renale Kalziumverluste bei unterschiedlicher Proteinzufuhr

| Kalziumausscheidung bei basaler Proteinzufuhr von 48 g/d: 168 mg | | |
|--|---------------------------|---------------------------------------|
| Kalziumausscheidung bei erhöhter Proteinzufuhr von 95 g/d (gleich bleibende Kalziumzufuhr): 240 mg | | |
| Zusätzliche renale Kalziumverluste 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 |
| Kalziumgehalt/100 g | 120 mg | 1,030 mg |
| davon Kalzium resorbiert (30 %) | 36 mg | 309 mg |
| zusätzlicher Kalziumverlust durch 3,3 g bzw. 29 g Protein (1,5 mg Ca/1 g Protein) | -5 mg | -44 mg |
| Bilanz aus Kalziumresorption und renalen Kalziumverlusten | +31 mg | +265 mg |
| (nicht berücksichtigt wurde die höhere Kalziumresorption bei steigender Proteinzufuhr) | | |

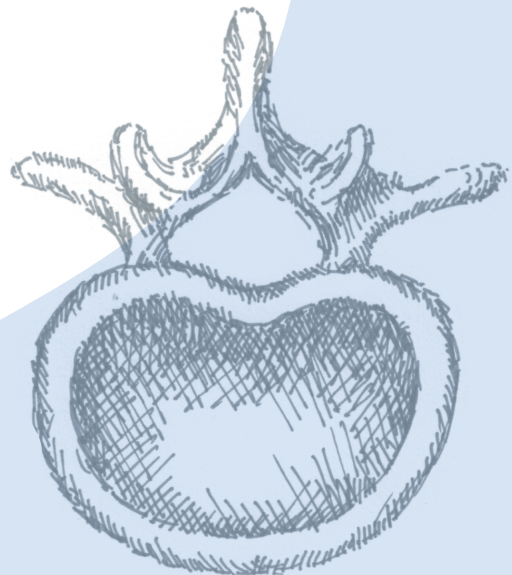
Quelle: nach Schumann, L et al.: Ernährung im Fokus 2014; 14–11–12 basierend auf Modellrechnungen nach Zemel, 1988

Auch die Diskussionen um den Säure-Basen-Haushalt zeigen, dass die Betrachtung einzelner Lebensmittel oder gar Nährstoffe nicht zielführend ist, sondern dass die gesamte Ernährung berücksichtigt werden muss. Würden überwiegend Lebensmittel mit hohen PRAL-Werten gegessen, könnte dies einer geringgradigen metabolischen Azidose Vorschub leisten, die für Stoffwechselprobleme wie das metabolische Syndrom, Bluthochdruck sowie Nieren- und Knochenerkrankungen mitverantwortlich gemacht wird. In der Norfolk-Kohorte der EPIC-Studie, einer grossen, multizentrischen, europäischen Beobachtungsstudie, ging eine Ernährung mit höheren PRAL-Werten nach durchschnittlich 18 Jahren mit erhöhten Frakturrisiken einher (+33 % bei Männern, +21 % bei Frauen) (119). Die Datenlage ist insgesamt jedoch nicht einheitlich.

Mit einer an Gemüse, Salaten und Obst reicheren Ernährung kann ein Überschuss an Säureäquivalenten ausgeglichen werden. So führte eine Gemüsezulage (270 g/Tag) über acht Wochen bei US-amerikanischen Personen, die zuvor nur sehr wenig Gemüse assen (max. 1 Portion/Tag), zu verringerten Markern für Knochenumbau (CTx -19 %) (120). Der geringere Säureüberschuss (beziehungsweise Basenüberschuss) gemüse- und obstreicher vegetarischer (nicht veganer) Kostformen könnte bei gleichzeitig geringen Kalzium- und Proteinzufuhren zum Schutz der Knochengesundheit beitragen (121). Allerdings geht es nicht darum, möglichst geringe PRAL-Werte zu erreichen. So fand die Auswertung zweier spanischer Kohorten, dass sowohl eine Ernährung mit hohen als auch mit niedrigen PRAL-Werten mit höheren Frakturrisiken einhergeht, sodass sich hier eine U-förmige Beziehung abzeichnet (122).

Zwischenfazit:

Es gibt verschiedene Essmuster, die mit einer besseren Knochengesundheit und verringerten Frakturrisiken einhergehen. In aller Regel schliessen diese den regelmässigen Konsum von Milch und Milchprodukten ein. Vegane Essmuster gehen dagegen mit erhöhten Frakturrisiken einher.



Zusammenfassung und Ausblick

Wie eingangs bereits skizziert, unterliegt die Knochengesundheit vielen Einflüssen, vor allem genetischen. Dennoch gibt es eine Reihe von veränderbaren Lebensstilfaktoren, die sich günstig auf die Knochengesundheit auswirken. Günstig ist z.B. (123, 124):

- dass den Knochen alle benötigten Nährstoffe, insbesondere Kalzium, Vitamin D und Protein, aber auch Vitamin K₂, Phosphat, Magnesium u. a. zur Verfügung stehen;
- dass es ein angemessenes Mass an körperlicher Bewegung gibt, denn dies ist ein wichtiger physiologischer Reiz für die (Muskel- und) Knochenbildung;
- dass eventuelle hormonelle Defizite ausgeglichen werden;
- dass das Körpergewicht weder zu niedrig noch zu hoch ausfällt;
- dass nicht geraucht wird;
- dass die Ernährung ausreichend Antioxidantien enthält und dass sie den häufig zugrundeliegenden chronischen Entzündungsvorgängen entgegenwirkt.

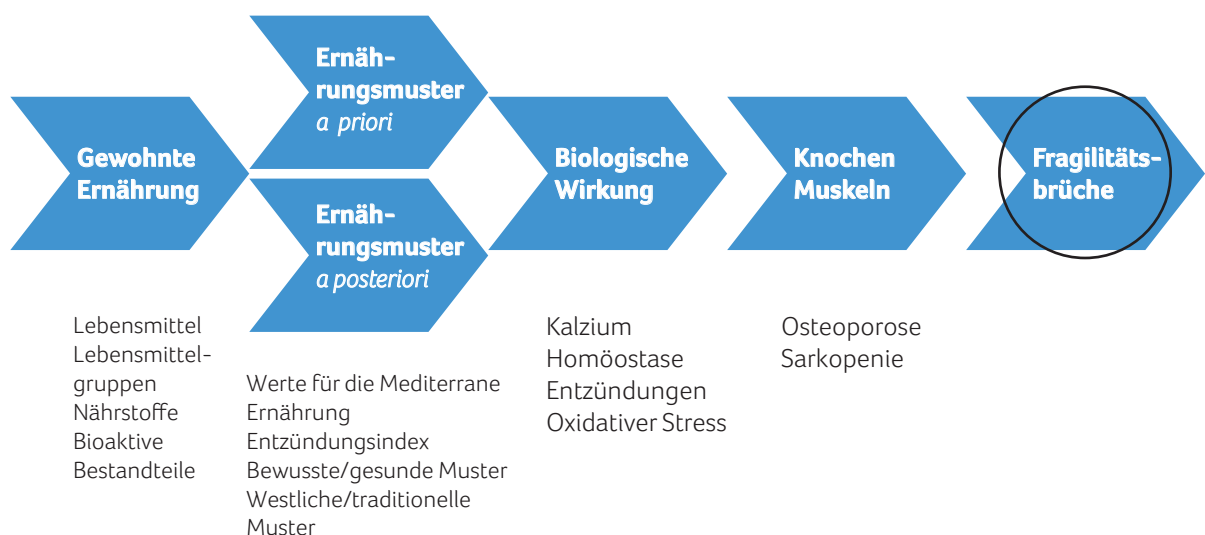
In allen genannten Ernährungsaspekten bietet der Verzehr von Milch, Milchprodukten und Käse Vorteile für die Knochengesundheit. So liefert diese Lebensmittelgruppe praktisch alle knochenrelevanten Nährstoffe bei meist geringer Energiedichte. Dazu kommen die Matrixeffekte, erkennbar beispielsweise daran, dass eine Kalziumzufuhr aus Milch(producten) das Knochenwachstum wirksamer unterstützt als Kalzium aus Supplementen oder dass fermentierte Milchprodukte wie Joghurt und

Käse sich besonders zur Osteoporose- und Frakturprophylaxe eignen. Auch die in fermentierten Milchprodukten enthaltenen Mikroorganismen könnten über probiotische Effekte einen Beitrag zur Knochengesundheit leisten.

Das alles zeigt, wie nützlich Milch und Milchprodukte sind. Die Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE) empfiehlt täglich 2–3 Portionen Milch oder Milchprodukte, wobei eine Portion 2 dl Milch oder 150–200 g Joghurt/Quark/Hüttenkäse/Blanc battu oder 30 g Halbhart-/Hartkäse oder 60 g Weichkäse entspricht. Selbstverständlich sollten auch sie in insgesamt gesunde Ernährungsmuster eingebunden sein. Insbesondere die Kombination mit Gemüse und Obst erwies sich als positiv. Bei rein pflanzlicher Ernährung ist die Knochengesundheit dagegen gefährdet.

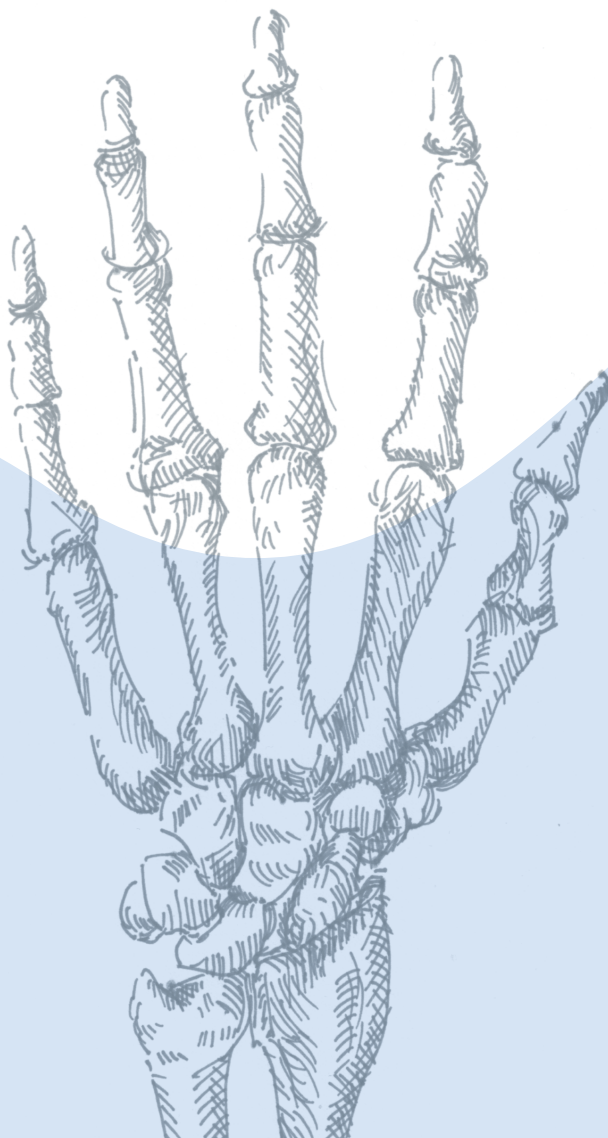
Mit der Berücksichtigung von Essmustern wird versucht, die Matrixeffekte mehrerer Lebensmittel besser abzubilden als bei der Betrachtung einzelner Nährstoffe (125). Wie die genannten Analysen und Reviews zeigen, scheint dies auch erfolgversprechender, da «gesunde» und «milchproduktreiche» Essmuster konsistenter mit verringerten und «westliche» Essmuster konsistenter mit erhöhten Frakturrisiken einhergehen. Zwar lassen sich diese Effekte nicht auf einzelne Lebensmittel zurückführen. Für die Milch und (fermentierte) Milchprodukte spricht jedoch, dass sie in der Regel Bestandteil der für die Knochengesundheit günstigen Essmuster sind.

Übersicht zum Einfluss von Ernährungsmustern auf die Knochengesundheit



Milch und Milchprodukte sind in der Lage, vor allem Nährstofflücken bei Protein und Kalzium auf preiswerte Weise zu schliessen. Pflanzendrinks, sofern sie nicht speziell angereichert wurden, können das nicht, sie sind aus ernährungsphysiologischer Sicht nicht vergleichbar (126). Wer hingegen (mehr als) die empfohlenen 2 bis 3 Portionen Milch und Milchprodukte täglich verzehrt, kann seine Nährstoffversorgung und seine Knochengesundheit verbessern und sich zudem über geringere Risiken für Bluthochdruck, Herz- und Gefässkrankheiten sowie Typ-2-Diabetes freuen (127). Auch unterstützt der Verzehr von Milch und Milchprodukten den Erhalt eines normalen Körpergewichts und die Gewichtsabnahme, und er kann Teil einer anti-entzündlichen Ernährungsweise sein. Auch das wirkt sich günstig auf die Knochengesundheit aus.

Es braucht mehr als Milch, um die Knochen ein Leben lang gesund zu halten. Doch bietet der Konsum von Milch und Milchprodukten eine besonders einfache, schmackhafte und ökonomische Möglichkeit, die für die Knochengesundheit nötigen Nährstoffe in ausreichender Menge und hoher Bioverfügbarkeit zuzuführen. Zudem passen Milch und Milchprodukte auch hervorragend in pflanzenbasierte und in kohlenhydratreduzierte Kostformen, die sich zur Prophylaxe und Therapie vieler Zivilisationserkrankungen eignen (128).



Anhang

Ergebnisse der Literatursauswertung von Ilesanmi-Oyelere et al. (2020) zum Zusammenhang zwischen diversen Nährstoff- und Essmustern und postmenopausaler Osteoporose (häufigste Form).

Legende: (pm F = postmenopausale Frauen, J = Alter in Jahren, FFQ = diverse Arten von Ernährungsfragebögen, Zahl davor = abgefragte Lebensmittel/Nährstoffquellen, WS = Wirbelsäule, DEXA = Dual-Energie-Röntgen-Absorptiometrie, PTH = Parathormon, BAP = alkalische Phosphatase des Knochens)

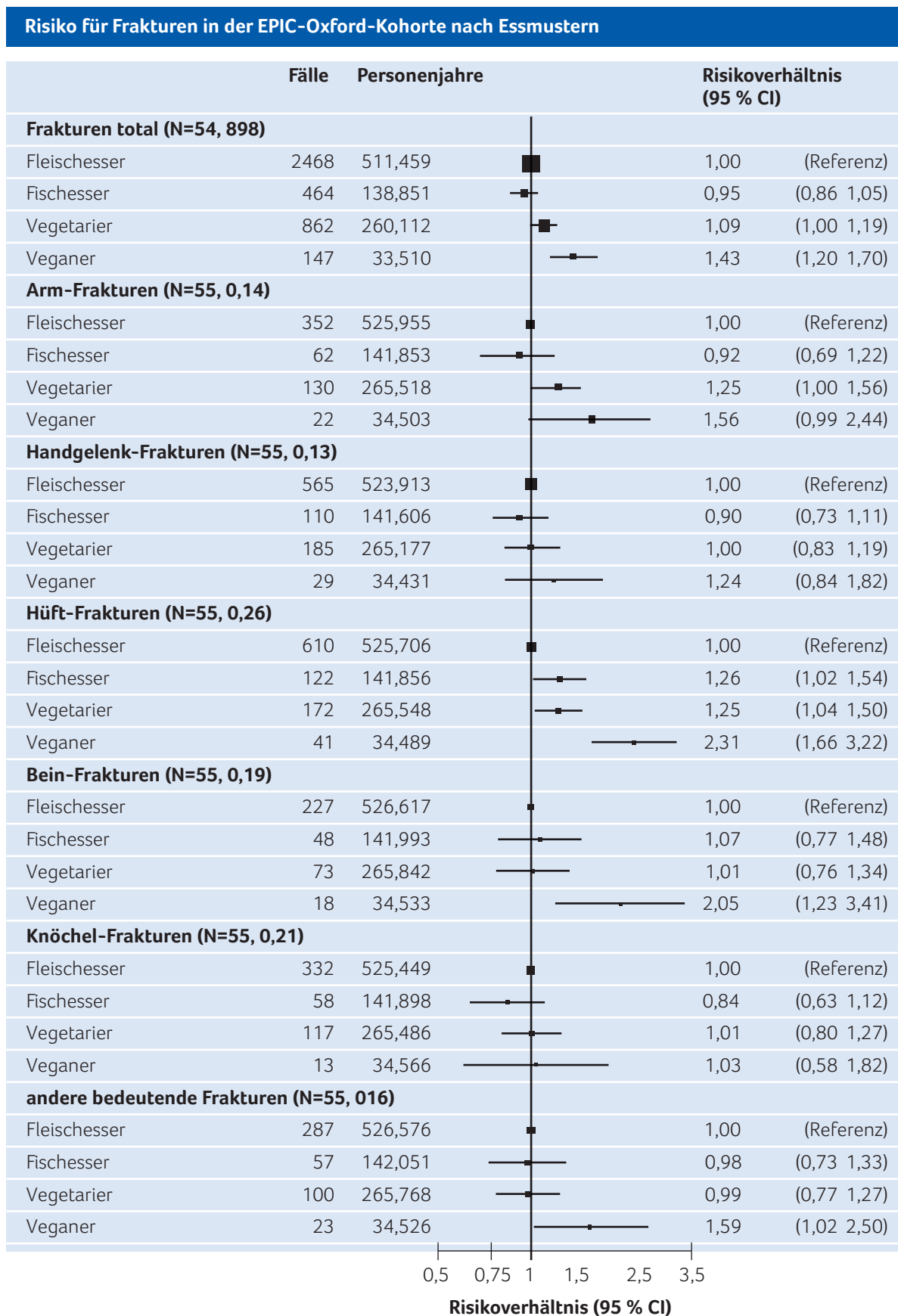
| Tabelle 7: Ernährungsmuster und Knochengesundheit bei postmenopausalen Frauen (und teils Männern) | | | | |
|---|---|--|--|---|
| Studie und Quelle | Teilnehmende | Erhebungsmethoden, Marker/Endpunkte | Ermittelte Ess-/Nährstoffmuster | Wichtigste Ergebnisse |
| BMD/BMC (Knochenmineraldichte und -gehalt) | | | | |
| Co-Zwillingsstudie, Querschnittstudie, Grossbritannien Fairweather-Tait et al., 2011 | 4928 pm F, 56 ± 12 J | 131 FFQ BMD Oberschenkelhals, Hüfte, Lenden-WS DEXA | 1. viel Obst/Gemüse 2. viel Alkohol 3. traditionell englisch 4. auf Diät 5. wenig Fleisch | Muster 3 korreliert invers mit BMD am Oberschenkelhals |
| Gesundheits-Check-up, Querschnittstudie, Japan Sugiura et al., 2011 | 293 pm F, 60 ± 6 J | modifizierter FFQ BMD am Unterarm (Speiche) DEXA | 1. reich an Karotin 2. reich an Retinol 3. reich an β-Cryptoxanthin | Muster 2 korreliert invers mit BMD Muster 3 korreliert positiv mit BMD |
| Iranische Frauen, Querschnittstudie, Iran Karamati et al., 2012 | 160 pm F, 50–85 J | 168 FFQ BMD gesamt, Lenden-WS, Oberschenkelhals DEXA | 1. reich an Folat, Ballaststoffen, Vit. B ₆ , A, C und K, Mg, Cu, Mn und β-Karotin 2. wenig Vitamin E, reich an Protein, Ca, P, Zn, Vitamin B ₁ , B ₁₂ und D 3. fettreich, kohlenhydrat- und Vit.-B ₁ -arm | Muster 1 korreliert positiv mit BMD an der Lenden-WS |
| Prospektive 2-Jahres-Querschnittstudie, China Chen et al., 2015 | 282 pm F, 50–65 J | 80 FFQ BMD gesamt, Hüfte, Lenden-WS DEXA | 1. reich an Reis u.a. Getreide, Frittiertem und Obst 2. reich an Milch und Wurzelgemüse | Muster 1 korreliert invers mit BMD Hüfte und Lenden-WS Muster 2 korreliert positiv mit BMD Hüfte |
| Osteoporose-Patientinnen, Querschnittstudie, Brasilien de Franca et al., 2016 | 156 pm F, ab 45 J, i.D. 68 ± 9 J | 3 Tage Ernährungs-Protokoll BMD gesamt, Lenden-WS, Oberschenkel DEXA | 1. gesundes Muster: viel Gemüse, Knollen, Obst und Säfte 2. viel rotes Fleisch und raffinierte Zerealien 3. viel fettarme Milch 4. viel Süssigkeiten, Kaffee, Tee 5. Western: Snacks, Pizza, Softdrinks, Fett | Muster 4 korreliert invers mit BMD gesamt und Oberschenkel |
| Biomarker Knochengesundheit | | | | |
| Aberdeen Prospektives Osteoporose-Screening, Querschnittstudie, Schottland Hardcastle et al., 2011 | 3225 F, 50–59 J | 98 FFQ diverse Marker für Knochenresorption und Knochenaufbau (P1NP) | 1. gesundes Muster: viel Obst und Gemüse 2. viel verarbeitete Produkte 3. viel Brot und Butter 4. Fisch und Pommes (Fish & Chips) 5. hoher Konsum von Snacks, Süssigkeiten, Nüssen, Knabbereien und Saucen | Muster 1 korreliert invers mit Markern der Knochenresorption |
| Multizentrische Langzeit-Osteoporose-Studie, Kanada Langsetmo et al., 2016 | 754 F, 318 M, 63 ± 11 J | FFQ Marker für Knochenresorption (CTx, PTH) und Knochenaufbau (BAP) | 1. vernünftiges Muster: viel Gemüse, Obst, Vollkorn und Hülsenfrüchte 2. Western: viel Softdrinks, Kartoffelchips, Pommes frites, Wurstwaren, Desserts | Muster 1 korreliert invers mit CTx bei Frauen und mit PTH bei Männern Muster 2 korreliert positiv mit BAP und CTx bei Frauen |
| Osteoporose | | | | |
| Gesundheits- und Ernährungserhebung (2008–2010), Querschnittstudie, Korea Shin & Joung, 2013 | 735 pm F, 64 ± 9 J | 24-Std.-Recall Osteoporose per BMD-T-Scores an Lenden-WS und Oberschenkel DEXA | 1. reich an Fleisch, Alkohol und Zucker 2. reich an Gemüse und Sojasauce 3. reich an weissem Reis, Kimchi, Algen 4. reich an Milchprodukten und Obst | Muster 3 korreliert positiv mit Osteoporose-Risiko Muster 4 korreliert invers mit Osteoporose-Risiko |
| Genom und Epidemiologie, Langzeitstudie, Korea Park et al., 2012 | 1464 pm F, 4 Jahre Beobachtungszeit | 103 FFQ Osteoporose-Inzidenz anhand bestimmter T-Scores | 1. traditionelles Muster: viel Reis, Kimchi und Gemüse 2. reich an Milch(produkten) und Grüntee 3. Western: viel Fett, Zucker und Brot | Muster 2 korreliert invers mit Osteoporose-Risiko Muster 1 und 3 korrelieren positiv mit Osteoporose-Risiko |
| Frakturen | | | | |
| Multizentrische Langzeit-Osteoporose-Studie, Kanada Langsetmo et al., 2016 | 3539 pm F, 67 ± 8 J, 1649 M, 64 ± 10 J | FFQ nichttraumatische Knochenbrüche | 1. nährstoffdichtes Muster 2. energiedichtes Muster (Western) | Muster 1 korreliert invers mit Frakturrisiko bei Frauen und Männern |
| Cluster-Analysen | | | | |
| Framingham Osteoporose-Studie, Querschnittstudie, USA Tucker et al., 2002 | 562 F, 345 M, 69–93 J | FFQ BMD an diversen Stellen Lunar-Absorptiometrie | 1. reich an Fleisch, Milch, Brot 2. reich an Fleisch und süssen Gebäcken 3. reich an süssen Gebäcken 4. reich an Alkohol 5. reich an Süssigkeiten 6. reich an Obst, Gemüse, Zerealien | Frauen: Cluster 5 korreliert im Vergleich zu Clustern 1, 2, 4, und 6 invers mit BMD am Unterarm (Speiche) Männer: Cluster 5 korreliert im Vergleich zu Cluster 6 invers mit BMD Cluster 6 korreliert im Vergleich zu Clustern 2–4 positiv mit BMD |
| In-CHIANTI-Studie, Langzeitbeobachtung, Italien Pedone et al., 2011 | 434 F, 65–94 J 75 ± 7 J | 236 EPIC-FFQ diverse BMD-Werte Verlauf über 6 Jahre | 1. geringe Energiezufuhr (30 kcal/kg Idealgewicht) und geringe Zufuhr knochenrelevanter Nährstoffe 2. hohe Energiezufuhr (44 kcal/kg Idealgewicht) und hohe Zufuhr knochenrelevanter Nährstoffe | Cluster 2 korreliert im Vergleich zu Cluster 1 positiv mit kortikaler BMD und invers mit Verlusten der kortikalen BMD über 6 Jahre |

Quelle: nach Ilesanmi-Oyelere, BL, Kruger, MC: Life 2020; 10: 220

Legende: (prem F = prämenopausale Frauen, pm F = postmenopausale Frauen, J = Alter in Jahren, FFQ = diverse Arten von Ernährungsfragebögen, Zahl davor = abgefragte Lebensmittel/Nährstoffquellen, WS = Wirbelsäule, DEXA = Dual-Energie-Röntgen-Absorptiometrie, PTH = Parathormon, BAP = alkalische Phosphatase des Knochens)

| Tabelle 8: Ernährungsmuster-Skala und Knochengesundheit bei postmenopausalen Frauen (und teils Männern) | | | | |
|--|---|--|--|--|
| Studie und Quelle | Teilnehmende | Erhebungsmethoden, Marker/Endpunkte | Ermittelte Ess-/Nährstoffmuster | Wichtigste Ergebnisse |
| BMD / BMC (Knochenmineraldichte und -gehalt) | | | | |
| Südspanische Frauen-Studie, Querschnittstudie, Spanien Rivas et al., 2013 | 100 prem F, 34 ± 7 J 100 pm F, 54 ± 6 J | semiquantitativer FFQ BMD DEXA | Skala für mediterrane Ernährung (MD-Score) | MD-Score korreliert bei allen positiv mit BMD |
| Iranische Frauen, Querschnittstudie, Iran Shivappa et al., 2016 | 160 pm F, 50–85 J | semiquantitativer FFQ BMD Oberschenkelhals und Lenden-WS DEXA | Skala für entzündliche Ernährung (Inflammatorische-Diät-Score, DII-Score) | DII korreliert invers mit BMD Lenden-WS |
| Rotterdam-Studie, Querschnitt- und Langzeitstudie, Niederlande De Jonge et al., 2015 | 2932 F, 2211 M, ab 55 J 61 ± 73 J | 170 semiquantitativer FFQ BMD Oberschenkelhals DEXA zu Studienbeginn und 3 späteren Besuchen | BMD-Ernährungs-Skala Gesunde-Ernährungs-Index (GEI) | BMD-Skala korreliert positiv mit BMD GEI korreliert positiv mit BMD, jedoch deutlich schwächer als BMD-Skala |
| WHI-Studie (Frauen-Gesundheits-Initiative), Langzeit- und Interventionsstudie, USA Orchard et al., 2017 | 160'191 F, 50–79 J | WHI-FFQ BMD gesamt, Hüfte und Lenden-WS DEXA | Skala für entzündliche Ernährung (Inflammatorische-Diät-Score, DII-Score) | weniger entzündliche Essmuster (geringer DII) korrelieren mit verringerten BMD-Verlusten bei postmenopausalen Frauen |
| Biomarker Knochengesundheit | | | | |
| NHANES (1999–2002), Querschnittstudie, national repräsentative Stichprobe, USA Hamidi et al., 2011 | 827 pm F, ab 45 J | 24-Std.-Recall Marker für Knochenaufbau (BAP) und Resorption (N-Telopeptid, Kreatinin) | Index für gesunde Ernährung (HEI = Healthy Eating Index) | kein Zusammenhang |
| Osteoporose | | | | |
| 5. Nationale Gesundheits- und Ernährungs-Erhebung, Querschnittstudie, Korea Go et al., 2014 | 847 pm F | 24-Std.-Recall Osteoporose und Osteopenie anhand von BMD-T-Scores | Skala für ausreichende Nährstoffzufuhr Skala für abwechslungsreiche Kost Kalzium-Quellen-Erhebung Lebensmittelgruppen-Essmuster | kein Zusammenhang; korreliert invers mit Risiken für Osteoporose und Osteopenie; Milch, Anchovis und Meerrettichsenf korrelieren invers mit Risiken für Osteoporose und Osteopenie; kein Zusammenhang |
| Frakturen | | | | |
| Fall-Kontroll-Studie, China Zeng et al., 2014 | 549 Patientinnen, 177 Patienten + jeweils gleich viele gleichaltrige Kontrollpersonen 55–80 J K | 79 FFQ Fälle mit Hüftfrakturen | Index für gesunde Ernährung (HEI = Healthy Eating Index) | HEI korreliert invers mit Frakturrisiko |
| 3-Städte-Studie, Langzeitbeobachtung, Frankreich Feart et al., 2013 | 932 F, 550 M, ab 67 J über 8 Jahre | FFQ und 24-Std.-Recalls Erfragung von Hüft-, Wirbel- und Hand-gelenksfrakturen alle 2 Jahre | Skala für mediterrane Ernährung (MD-Score) | kein signifikanter Zusammenhang |
| WHI-Studie (Frauen-Gesundheits-Initiative), Langzeitbeobachtung, USA Haring et al., 2016 | 90'014 pm F, 50–79 J 63 ± 7 J über 16–20 Jahre | WHI-FFQ Hüftfrakturen und alle Frakturen | alternative Skala für mediterrane Ernährung (aMD-Score) Healthy Eating Index 2010 (HEI 2010) alternativer Healthy Eating Index 2010 (aHEI 2010) DASH-Diät-Index | aMD-Score korreliert invers mit dem Risiko für Hüftfrakturen; kein signifikanter Zusammenhang; kein signifikanter Zusammenhang; kein signifikanter Zusammenhang |

Quelle: nach Ilesanmi-Oyelere, BL, Kruger, MC: Life 2020; 10: 220



Quelle: nach Tong, TYN et al.: Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. BMC Medicine 2020; 18: 353

Literatur- und Quellenverzeichnis

- (1) Huber, J: Der holistische Mensch. edition a, Wien 2017
- (2) Rizzoli, R, Biver, E: Are probiotics the new calcium and vitamin D for bone health? Current Osteoporosis Reports 2020, doi: 10.1007/s11914-020-00591-6
- (3) Thorning, TK et al.: Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. Am J Clin Nutr 2017; 105: 1033–1045
- (4) Unger, AL et al.: Harnessing the Magic of the Dairy Matrix for Next-Level Health Solutions: A Summary of a Symposium Presented at Nutrition 2022. Current Developments in Nutrition 2023; 7: 100105
- (5) <https://www.apotheken.de/krankheiten/hintergrundwissen/4444-aufbau-und-funktion-von-knochen-und-gelenken>, besucht am 16.8.2023
- (6) <https://flexikon.doccheck.com/de/Osteozyten>
- (7) <https://www.apotheken.de/krankheiten/hintergrundwissen/4444-aufbau-und-funktion-von-knochen-und-gelenken>, besucht am 16.8.2023
- (8) Weitzmann, MN, Pacifici, R: Estrogen deficiency and bone loss: an inflammatory tale. J Clin Invest 2006; 116: 1186–1194
- (9) Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei postmenopausalen Frauen und bei Männern, S3-Leitlinie des Dachverbands der Deutschsprachigen Wissenschaftlichen Osteologischen Gesellschaften: AWMF-Register-Nr.: 183/001, 2023
- (10) Sechster Schweizerischer Ernährungsbericht 2012. Bundesamt für Gesundheit, Bern 2012
- (11) van Dongen, LH, Sahni, S: Dairy Products, Vitamin D, and Bone Health, in: Weaver, CM et al. (Hrsg.): Nutritional Influences on Bone Health, https://doi.org/10.1007/978-3-319-98464-3_18
- (12) Moschonis, G et al.: Effect of vitamin D-enriched Gouda-type cheese consumption on biochemical markers of bone metabolism in postmenopausal women in Greece. Nutrients 2021; 13: 2985
- (13) Obermayer-Pietsch, B, Schwetz, V: Biochemische Marker des Knochenstoffwechsels und ihre Bedeutung. Z Rheumatol 2016; 75: 451–458
- (14) Rondanelli, M et al.: An update on magnesium and bone health. Biometals 2021; 34: 715–736
- (15) Groenendijk, I et al.: Impact of magnesium on bone health in older adults: A systematic review and meta-analysis. Bone 154 (2022) 116233
- (16) Walther, B et al.: Menaquinones, Bacteria, and the Food Supply: The Relevance of Dairy and Fermented Food Products to Vitamin K Requirements. Adv Nutr 2013; 4: 463–473
- (17) Elshaikh, AO et al.: Influence of Vitamin K on Bone Mineral Density and Osteoporosis. Cureus 2020; 12: e10816
- (18) Weaver, CM, Heaney, RP: Calcium in Human Health. Humana Press, Totowa (New Jersey) 2006
- (19) Schumann, L et al.: Calcium, Milch und Knochengesundheit. Behauptungen und Fakten. Ernährung im Fokus 2014; 14–11–12
- (20) Burckhardt, P.: The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review. Swiss Med Wkly 2016; 146:w14277
- (21) Caudarella, R et al.: Salt intake, hypertension, and osteoporosis. J Endocrinol Invest 2009; 32: 15–20
- (22) Weaver, CM, Heaney, RP: Calcium in Human Health. Humana Press, Totowa (New Jersey) 2006
- (23) Heaney, RP et al.: Calcium absorption varies within the reference range for serum 25-hydroxyvitamin D. J Am Coll Nutr 2013; 22: 142–146
- (24) Sirichakwal, PP et al.: Vitamin D status is positively associated with calcium absorption among postmenopausal Thai women with low calcium intakes. J Nutr 2015; 145: 990–995

- (25) Weaver, CM, Heaney, RP: Calcium in Human Health. Humana Press, Totowa (New Jersey) 2006
- (26) Rizzoli, R: Dairy products and bone health. *Aging Clinical Experimental Research* 2022; 34: 9–24
- (27) <https://www.netdokter.de/krankheiten/osteoporose/prophylaxe>
- (28) https://knospe.bio-suisse.ch/dam/jcr:216cf74e-1a0f-4f39-bd78-2a4010805d61/Bio_Suisse_Richtlinien_2025_DE_final.pdf
- (29) Bonjour, JP: Calcium and Phosphate: A Duet of Ions Playing for Bone Health. *J Am Coll Nutrition* 2011; 30: 438S–448S
- (30) Burckhardt, P.: The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review. *Swiss Med Wkly* 2016; 146: w14277
- (31) <https://www.bzfe.de>, Stichwort Herstellung von Schmelzkäse
- (32) Souci/Fachmann/Kraut (Hrsg.): Nährwert-Tabellen. 8. Auflage, MedPharm, Stuttgart 2016
- (33) Schumann, L et al: Calcium, Milch und Knochengesundheit. Behauptungen und Fakten. *Ernährung im Fokus* 2014; 14–11–12
- (34) Fenton, T, Lyon, W: Milk and Acid-Base Balance: Proposed Hypothesis versus Scientific Evidence. *J Am Coll Nutrition* 2011; 30: 471S–475S
- (35) Fenton, TR et al.: Phosphate decreases urine calcium and increases calcium balance: a meta-analysis of the osteoporosis acid-ash diet hypothesis. *J Nutr* 2009; 8: 41
- (36) <https://de.wikipedia.org/wiki/Knochengewebe>
- (37) Zittermann, A et al.: Protein intake and bone health: an umbrella review of systematic reviews for the evidence-based guideline of the German Nutrition Society. *Osteoporosis International* 2023, doi: 10.1007/s00198-023-06709-7
- (38) Rizzoli, R et al.: Benefits and safety of dietary protein for bone health – an expert consensus paper endorsed by the European Society for Clinical and Economical Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis, and Musculoskeletal Diseases and by the International Osteoporosis Foundation. *Osteoporosis Int* 2018; 29: 1933–1948
- (39) Zittermann, A et al.: Protein intake and bone health: an umbrella review of systematic reviews for the evidence-based guideline of the German Nutrition Society. *Osteoporosis International* 2023, doi: 10.1007/s00198-023-06709-7
- (40) Kirk, B et al.: Nutrients to mitigate osteosarcopenia: the role of protein, vitamin D and calcium. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2021; 24: 25–32
- (41) <https://kwk.blv.admin.ch/weblocation/grid5/tmpHTTP/bb617a310a7c6cbce269fc1da5811a58.pdf>
- (42) Kopf-Bolanz, KA, Walther, B: Proteinkonsum in der Schweiz – Auswertung des menuCH Datensatzes. *Schweizer Ernährungsbulletin* 2021
- (43) Weaver, CM et al.: Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 543S–548S
- (44) Baek, Y et al.: Reducing hip and nonvertebral fractures in institutionalized older adults by restoring inadequate intakes of protein and calcium is cost-saving. *Age and Ageing* 2023; 52: 1–7
- (45) Bu, T et al.: Milk proteins and their derived peptides on bone health: Biological functions, mechanisms, and prospects. *Compr Rev Food Sci Food Safety* 2021, doi: 10.1111/1541-4337.12707
- (46) Ilesanmi-Oyelere, BL, Kruger, MC: The Role of Milk Components, Pro-, Pre-, and Synbiotic Foods in Calcium Absorption and Bone Health Maintenance. *Frontiers in Nutrition* 2020; 7: 578702
- (47) Wallace, TC et al.: Dairy intake and bone health across the lifespan: a systematic review and expert narrative. *Crit Revs Food Sci Nutr* 2021; 61: 3661–1707
- (48) Rizzoli, R et al.: Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone* 2010; 46: 294–305
- (49) Chevalley, T et al.: Interaction between calcium intake and menarcheal age on bone mass gain: an eight-year follow-up study from prepuberty to postmenarche. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90: 44–51

- (50) Kouvelioti, R et al.: Effects of dairy consumption on body composition and bone properties in youth: a systematic review. *Curr Dev Nutr* 2017; 1: e001214
- (51) Goulding, A et al.: Children who avoid drinking cow's milk are at increased risk for prepubertal bone fractures. *J Am Diet Assoc* 2004; 104: 250–253
- (52) Konstantynowicz, J et al.: Fractures during growth: potential role of a milk-free diet. *Osteoporos Int* 2007; 18: 1601–1607
- (53) Josse, AR et al.: Dairy product intake decreases bone resorption following a 12-week diet and exercise intervention in overweight and obese adolescent girls. *Pediatr Res* 2020; 88: 910
- (54) Obermayer-Pietsch, B, Schwetz, V: Biochemische Marker des Knochenstoffwechsels und ihre Bedeutung. *Z f Rheumatol* 2016; 75: 451–458
- (55) Rumbold, P et al.: The potential nutrition-, physical- and health-related benefits of cow's milk for primary-school-aged children. *Nutr Res Rev* 2022; 35: 50–69
- (56) Rizzoli, R: Dairy products and bone health. *Aging Clinical Experimental Research* 2022; 34: 9–24
- (57) Kalkwarf, HJ et al.: Milk intake during childhood and adolescence, adult bone density, and osteoporotic fractures in US women. *Am J Clin Nutr* 20023; 77: 257–265
- (58) Feskanich, D et al.: Milk consumption during teenage years and risk of hip fractures in older adults. *JAMA Pediatr* 2014; 168: 54–60
- (59) Tabellarische Übersichten bei Rizzoli, R: Dairy products and bone health. *Aging Clinical Experimental Research* 2022; 34: 9–24
- (60) Hidayat, K et al.: The Effects of Milk Supplementation on Bone Health Indices in Adults: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Adv Nutr* 2022; 13: 1186–1199
- (61) Weaver, C et al.: How sound is the science behind the dietary recommendations for dairy? *Am J Clin Nutr* 2014; 99: 1217S–1222S
- (62) Michaëlsen, K et al.: Milk intake and risk of mortality and fractures in women and men: cohort studies. *BMJ* 2014; 349: g6015
- (63) Holvik, K et al.: Milk drinking and risk of hip fracture: the Norwegian Epidemiologic Osteoporosis Studies (NOREPOS). *Br J Nutr* 2019; 121: 709–718
- (64) van den Heuvel, EGHM et al.: Dairy products and bone health: how strong is the scientific evidence? *Nutrition Research Reviews* 2018; 31: 164–178
- (65) Skuladottir, SS et al.: Milk intake and hip fracture incidence in community dwelling old Icelandic adults. *Osteoporos Int* 2023, doi: 10.1007/s00198-023-06883-8, online publiziert am 10.8.2023
- (66) Schweizer Ernährungsempfehlungen für ältere Erwachsene, https://www.sge-ssn.ch/media/Ernahrungsempfehlungen_d_def.pdf
- (67) Feskanich, D et al.: Milk and Other Dairy Foods and Risk of Hip Fracture in Men and Women. *Osteoporos Int* 2018; 29: 385–396
- (68) Yuan, M et al.: Types of Dairy Foods and Risk of Fragility Fracture in the Prospective Nurses' Health Study Cohort. *Am J Clin Nutr* 2023; 118(6): 1172–1181
- (69) Gomes, JM et al.: Could the beneficial effects of dietary calcium on obesity and diabetes control be mediated by changes in intestinal microbiota and integrity? *Br J Nutr* 2015; 114: 1756–1765
- (70) Biver, E et al.: Fermented dairy products consumption is associated with attenuated cortical bone loss independently of total calcium, protein, and energy intakes in healthy postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2018; 29: 1771–1782
- (71) Laird, I et al.: Greater yogurt consumption is associated with increased bone mineral density and physical function in older adults. *Osteoporos Int* 2017; 28: 2409–2419
- (72) Tabellarische Übersichten bei: Rizzoli R, Biver, E: Effects of fermented milk products on bone. *Calcif Tissue Int* 2018; 102: 489–500
- (73) Michaëlsen, K et al.: Milk intake and risk of mortality and fractures in women and men: cohort studies. *BMJ* 2014; 349: g6015

- (74) Zhang, M et al.: Cheese consumption and multiple health outcomes: an umbrella review and updated meta-analysis of prospective studies. *Adv Nutrition* 2023, in press, doi: 10.1016/j.advnut.2023.06.007
- (75) Schepper, JD et al.: Probiotics in gut-bone signaling. *Adv Exp Med Biol* 2017; 1033: 225–247
- (76) Yang, W et al.: Changes in the composition of gut and vaginal microbiota in patients with postmenopausal osteoporosis. *Frontiers Immunology* 2022; 13: 930244
- (77) Huang, D et al.: Identifying microbial signatures for patients with postmenopausal osteoporosis using gut microbiota analyses and feature selection approaches. *Frontiers Microbiology* 2023; 14: 1113174
- (78) Cronin, O et al.: Role of the Microbiome in Regulating Bone Metabolism and Susceptibility to Osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 2022; 110: 273–284
- (79) Rizzoli, R, Biver, E: Are probiotics the new calcium and vitamin D for bone health? *Current Osteoporosis Reports* 2020, doi: 10.1007/s11914-020-00591-6
- (80) Savard, P et al.: Impact of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 and, *Lactobacillus acidophilus* LA-5-containing yoghurt, on fecal bacterial counts of healthy adults. *Int J Food Microbiology* 2011; 149: 50–57
- (81) Aoe, S: Milk, dairy products and bone health. Characteristics of calcium in milk. *Clin Calcium* 2018; 28: 493–498
- (82) Thorning, TK et al.: Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. *Am J Clin Nutr* 2017; 105: 1033–1045
- (83) Weaver, CM: Dairy matrix: is the whole greater than the sum of the parts? *Nutr Reviews* 2021; 79(S2): 4–15
- (84) Astrup, A et al.: Effects of Full-Fat and Fermented Dairy Products on Cardiometabolic Disease: Food Is More Than the Sum of Its Parts. *Adv Nutr* 2019; 10: 924S–930S
- (85) Lechner, K et al.: Ernährungsempfehlungen beim metabolisch-vaskulären Syndrom. *Aktuell Ernährungs-med* 2018; 43: 113–127
- (86) Geiker, NRW et al.: Impact of whole dairy matrix on musculoskeletal health and aging – current knowledge and research gaps. *Osteoporos Int* 2020; 31: 601–615
- (87) Bian, S et al.: Dairy product consumption and risk of hip fracture: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health* 2018; 18: Artikel Nr. 165
- (88) Unger, AL et al.: Harnessing the Magic of the Dairy Matrix for Next-Level Health Solutions: A Summary of a Symposium Presented at Nutrition 2022. *Current Developments in Nutrition* 2023; 7: 100105
- (89) Feeney, EL et al.: The cheese matrix: understanding the impact of cheese structure on aspects of cardiovascular health – a food science and a human nutrition perspective, *Int J Dairy Technol* 2021; 74: 656–670
- (90) Unger, AL et al.: Harnessing the Magic of the Dairy Matrix for Next-Level Health Solutions: A Summary of a Symposium Presented at Nutrition 2022. *Current Developments in Nutrition* 2023; 7: 100105
- (91) Geiker, NRW et al.: Impact of whole dairy matrix on musculoskeletal health and aging – current knowledge and research gaps. *Osteoporos Int* 2020; 31: 601–615
- (92) Michaëlson, K et al.: Milk intake and risk of mortality and fractures in women and men: cohort studies. *BMJ* 2014; 349: g6015
- (93) Michaëlsson, K et al.: Intake of Milk or Fermented Milk Combined With Fruit and Vegetable Consumption in Relation to Hip Fracture Rates: A Cohort Study of Swedish Women. *J Bone Mineral Research* 2017; 33: 449–457
- (94) Ulven, SM et al.: Milk and dairy product consumption and inflammatory biomarkers: An updated systematic review of randomized clinical trials. *Adv Nutr* 2019; 10: S239–S250
- (95) Kimball, JS et al.: Oxidative stress and osteoporosis. *J Bone Joint Surg Am* 2021; 103: 1451–1461
- (96) Muñoz-Garach, A et al.: Nutrients and Dietary Patterns Related to Osteoporosis. *Nutrients* 2020; 12: 1986
- (97) Ilesanmi-Oyelere, BL, Kruger, MC: Nutrient and Dietary Patterns in Relation to the Pathogenesis of Postmenopausal Osteoporosis—A Literature Review. *Life* 2020; 10: 220
- (98) Malmir, H et al.: Adherence to Mediterranean diet in relation to bone mineral density and risk of fracture: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Eur J Nutr* 2018; 57: 2147–2160

- (99) Andreo-López, MC et al.: The Influence of the Mediterranean Dietary Pattern on Osteoporosis and Sarcopenia. *Nutrients* 2023; 15: 3224
- (100) Martyniak, K et al.: Do polyunsaturated fatty acids protect against bone loss in our aging and osteoporotic population? *Bone* 2021; 143: 115736
- (101) Fabiani, R et al.: Dietary Patterns in Relation to Low Bone Mineral Density and Fracture Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutrition* 2019; 10: 219–236
- (102) Benetou, V et al.: Fruit and vegetable intake and hip fracture incidence in older men and women: The CHANCES project. *J Bone Min Res* 2016; 31: 1743–1752
- (103) Willett, W et al.: Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019; 393: 447–492
- (104) Zheng, Y et al.: The Hidden Dangers of Plant-Based Diets Affecting Bone Health: A Cross-Sectional Study with U.S. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) Data from 2005–2018. *Nutrients* 2023; 15: 1794
- (105) Iguacel, I et al.: Veganism, vegetarianism, bone mineral density, and fracture risk: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews* 2018; 77, doi: 10.1093/nutrit/nuy045
- (106) Webster, J et al.: Risk of hip fracture in meat-eaters, pescatarians, and vegetarians: results from the UK Women's Cohort Study. *BMC Medicine* 2022; 20: 275
- (107) Webster, J et al.: Risk of hip fracture in meat-eaters, pescatarians, and vegetarians: a prospective cohort study of 413,914 UK Biobank participants. *BMC Medicine* 2023; 21: 278
- (108) Tong, TYN et al.: Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. *BMC Medicine* 2020; 18: 353
- (109) Thorpe, DL et al.: Dietary patterns and hip fracture in the Adventist Health Study 2: combined vitamin D and calcium supplementation mitigate increased hip fracture risk among vegans. *Am J clin Nutr* 2021; 114: 488–495
- (110) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/388189/umfrage/umfrage-in-der-schweiz-zu-vegetarischer-ernaehrung/#:~:text=Der%20Anteil%20der%20Schweizerinnen%20und,2022%20bereits%200%2C7%20Prozent.>
- (111) Thorpe, DL et al.: Dietary patterns and hip fracture in the Adventist Health Study 2: combined vitamin D and calcium supplementation mitigate increased hip fracture risk among vegans. *Am J clin Nutr* 2021; 114: 488–495
- (112) Craig, WJ et al.: The safe and effective use of plant-based diets with guidelines for health professionals. *Nutrients* 2021; 13: 4144
- (113) <https://www.basica.com/de/Basische-Ernaehrung/Nahrungsmitteltabelle>
- (114) Fenton, T, Lyon, W: Milk and Acid-Base Balance: Proposed Hypothesis versus Scientific Evidence. *J Am Coll Nutrition* 2011; 30: 471S–475S
- (115) Weaver, CM et al.: Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 543S–548S
- (116) Fenton, TR et al.: Meta-analysis of the quantity of calcium excretion associated with the net acid excretion of the modern diet under the acid-ash diet hypothesis. *Am J Clin Nutr* 2008; 88: 1159–1166
- (117) Weaver, CM, Heaney, RP: Calcium in Human Health. Humana Press, Totowa (New Jersey) 2006
- (118) Schumann, L et al.: Calcium, Milch und Knochengesundheit. Behauptungen und Fakten. *Ernährung im Fokus* 2014; 14–11–12
- (119) Hayhoe, RPG et al.: Dietary acid-base load and its association with risk of osteoporotic fractures and low estimated skeletal muscle mass. *Eur J Clin Nutr* 2020; 74: S33–S42
- (120) Cao, JJ et al.: Increasing Vegetable Intake Decreases Urinary Acidity and Bone Resorption Marker in Overweight and Obese Adults: An 8-Week Randomized Controlled Trial. *J Nutr* 2021; 151: 3413–3420
- (121) Burckhardt, P.: The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review. *Swiss Med Wkly* 2016; 146: w14277

- (122) Garcia-Gavilán, JF et al.: U-Shaped Association between Dietary Acid Load and Risk of Osteoporotic Fractures in 2 Populations at High Cardiovascular Risk. *J Nutr* 2021; 151: 152–161
- (123) Chen, LR et al.: Nutritional Support and Physical Modalities for People with Osteoporosis: Current Opinion. *Nutrients* 2019; 11: 2848
- (124) De Rui, M et al.: Dietary strategies for mitigating osteosarcopenia in older adults: a narrative review. *Aging Clin Exp Res* 2019, doi: 10.1007/s40520-019-01130-9
- (125) Warensjö Lemming, E, Byberg, L: Is a healthy diet also suitable for the prevention of fragility fractures? *Nutrients* 2020; 12: 2642
- (126) Rizzoli, R: Dairy products and bone health. *Aging Clin Exp Res* 2022; 34: 9–24
- (127) Rice, BH et al.: Meeting and exceeding dairy recommendations: effects of dairy consumption on nutrient intakes and risk of chronic disease. *Nutrition Reviews* 2013; 71: 209–223
- (128) Ilesanmi-Oyelere, BL, Kruger, MC: Nutrient and Dietary Patterns in Relation to the Pathogenesis of Post-menopausal Osteoporosis—A Literature Review. *Life* 2020; 10: 220



Schweizer Milchproduzenten SMP
Swissmilk
Gesundheit & Genuss

Laubeggstrasse 68
CH-3006 Bern

+41 31 359 57 28
marketing@swissmilk.ch
www.swissmilk.ch

© Swissmilk 2025

Schweiz. Natürlich.

