



FACHDOSSIER: UPDATE MUSKELGESUNDHEIT

Der Beitrag von Milch und Milchprodukten zur Muskelgesundheit

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

Bern, im November 2025

swiss**milk**

Unter einem gesunden Muskel steckt ein gesunder Knochen. Hinter dieser Aussage verbirgt sich viel Wahres – und dennoch nennt sie nur die halbe Wahrheit. Sicher, eine ausreichende und kraftvolle Skelettmuskulatur ist die perfekte Ergänzung zu und der beste Anreiz für gesunde Knochen: Zusammen verhelfen sie uns zu Beweglichkeit und Standfestigkeit und halten uns im Gleichgewicht. Doch darüber hinaus tragen gesunde Muskeln mittelbar und unmittelbar zur Gesundheit insgesamt bei, und zwar im ganzen Körper und in jeder Lebensphase. So schützt uns eine gute Bemuskelung auch vor Übergewicht und Diabetes, die Muskeln senden Wachstumssignale an Nerven- und Gedächtniszellen, und sie heben die Stimmung. Was das mit Milch und Milchprodukten zu tun hat? Diese stellen mit ihrem Protein – und nicht nur damit – einen der besten Nähr- und Signalstoffe für gesunde Muskeln dar.



Inhaltsverzeichnis

4	Ein muskelzentrierter Blick auf die Gesundheit
5	Warum wir Muskeln brauchen – in jeder Lebensphase
5	Skelettmuskeln: Quergestreift für längere Gesundheit
7	Glukose-Senke und Signalschmiede
8	Sarkopenie
9	Alter und anabole Resistenz
11	Protein – wichtigster Nährstoff (nicht nur) für Muskelaufbau und -erhalt
13	Milchprotein
15	<i>Auch Kalzium, Phosphat, Vitamin D und Magnesium schützen die Muskeln</i>
16	Protein-Empfehlungen
17	Milch, Milchprodukte und Muskelgesundheit in der aktuellen Forschung
17	Status quo: tierische Lebensmittel als Proteinquellen überlegen
17	Neue Erkenntnisse: Sind pflanzliche Proteine doch ebenbürtig?
20	Seniorenalter: mehr Protein oder mehr Milchprodukte?
22	Matrix-Effekte
22	<i>Milchprodukte versus Proteinpulver</i>
22	<i>Verschiedene Milchprodukte</i>
24	Vom richtigen Zeitfenster, oder: Ist Timing wirklich alles?
26	<i>Milch und Milchprodukte als Teil «muskelgesunder» Essmuster</i>
28	Zusammenfassung
28	Blick über den Tellerrand
30	Literatur- und Quellenverzeichnis

Impressum

© Swissmilk 2025

Herausgeberin: Schweizer Milchproduzenten SMP, Swissmilk, Bern

Projektleitung: Susann Wittenberg, Oecotrophologin BSc, Swissmilk

Korrektorat: Markus Schütz, Bern, Rieke Krüger, Bern

Gestaltung: Stefan Aebi, Grafik & Illustration, Stettlen

Ein muskelzentrierter Blick auf die Gesundheit

Lange Zeit war es eher verpönt, mehr Muskeln anzustreben. Wer wollte schon wie Arnold Schwarzenegger aussehen oder «vor Kraft nicht laufen» können? Vor allem vom weiblichen Teil der Bevölkerung bekommen die Trainer und Trainerinnen in den Sportstudios bis heute eher Bedenken zu hören, wenn es darum geht, ein muskelförderndes Krafttrainingsprogramm zu etablieren. Dabei ist sich die Wissenschaft beim Thema Muskeln einig wie selten: Es ist ausgesprochen gut, genug davon zu haben und sie auch regelmässig zu nutzen – egal, wie alt man ist. Das hat einmal damit zu tun, dass aktive Muskeln auch Wachstumsreize an die darunter liegenden Knochen aussenden und sie stabilisieren. Das macht die Muskulatur so wertvoll zur Prophylaxe und Therapie der Osteoporose. Doch das ist eben noch lange nicht alles!

Einige aktuelle Sachbücher zeigen, dass sich mittlerweile ein völlig neuer Blick auf die Muskeln wie auch auf ihre Funktionen und Aufgaben im Körper entwickelt hat. Davon zeugen Buchtitel wie «Muskeln – die Gesundmacher» (1) oder «Forever Strong» (2) und Untertitel wie «Gesundheit aus Sicht der Muskeln» (3). Darin machen die Autoren deutlich, was die Wissenschaft in den letzten Jahren herausgefunden hat: dass gesunde Muskeln – sofern vorhanden und genutzt – auf verschiedensten Wegen zur Gesundheit des ganzen Körpers und zum gesunden Älterwerden, kurz zur Prophylaxe und Therapie vieler Erkrankungen, die die heutigen «modernen» Gesellschaften plagen, beitragen. Die amerikanische Ärztin und Autorin Gabrielle Lyon hat dazu in «Forever Strong» ein schönes Motto formuliert. Es lautet sinngemäss:

Wenn Sie Ihre Muskeln als Ziel für eine bessere Gesundheit anpeilen, bekommen Sie einen positiven Motivations-Kick, denn Sie können sich auf das fokussieren, was Sie zu gewinnen haben (und nicht auf das, was Sie verlieren müssten).

Um (genug) Muskeln aufzubauen, braucht es Energie, den richtigen Mix an Hormonen und anderen Signalstoffen, angemessene Bewegung bzw. Belastung als Wachstumsreiz und natürlich ausreichend Baustoffe. Gleiches gilt für den möglichst lebenslangen Erhalt einer ausreichenden und kraftvollen Muskulatur. Denn wie die Knochen und die meisten anderen Gewebe unseres Körpers, werden auch die Muskeln fortwährend auf-, um- und abgebaut. Wenn wir sie auch im Alter nicht (übermässig) verlieren und lebenslang von ihnen profitieren wollen, müssen wir dafür sorgen, dass der Auf- und Umbau in Gang bleibt und dass der Abbau nicht überhandnimmt.

Bei alledem spielt die Ernährung eine herausragende Rolle, vor allem die Proteine respektive deren Aminosäuren. Auch hierzu gibt es spannende neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft, beispielsweise zu den sinnvollen Mengen und den optimalen Zeitfenstern des Verzehrs. Manche Aminosäuren, etwa die verzweigtkettige Aminosäure Leucin, dienen den Muskeln als Baustoff und als Signalstoff. Das bedeutet für die Lebensmittelauswahl, dass es für eine gute, gesunde Muskulatur optimal ist, wenn ihr die richtigen Aminosäuren nicht nur in ausreichender Menge und gut verdaulich, sondern auch in einer optimalen Kombination zur Verfügung stehen. Milch und Milchprodukte können in Sachen lebenslanger Muskelgesundheit gleich auf mehreren Ebenen punkten. Wie und warum, das soll im Folgenden dargelegt werden. Da es sich bei diesem Dossier um ein Update handelt, wird es vorrangig um neuere Aspekte und Studien zum Thema gehen.

Warum wir Muskeln brauchen – in jeder Lebensphase

Mehr als 600 Muskeln besitzt der menschliche Körper, wobei der grösste Anteil von etwa 400 auf die **Skelettmuskulatur** entfällt. Sie steht im Mittelpunkt dieses Dossiers.* Skelettmuskeln verleihen unserem Körper Beweglichkeit und Standfestigkeit, sie ermöglichen die Atmung und halten uns im Gleichgewicht. Sie verfügen zudem über eine **hohe Anpassungsfähigkeit an Trainingsreize**, und das in jedem Alter (4).

Skelettmuskeln: quergestreift für längere Gesundheit

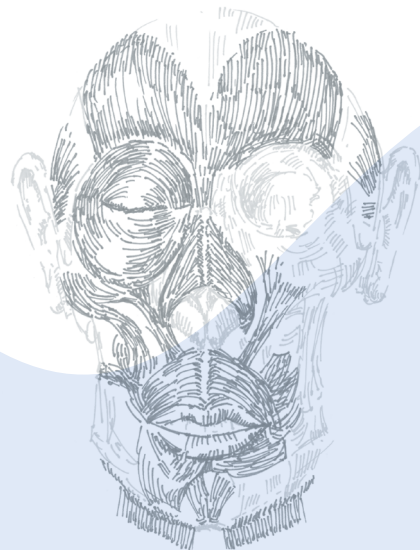
Skelettmuskeln bestehen zu knapp 80 % aus Wasser und zu 20 % aus **Protein**. Schon hier wird die grosse Bedeutung der Proteine deutlich. Die Skelettmuskeln machen durchschnittlich 40 bis 45 % der Körpermasse aus, was bei einem Körpergewicht von 60 kg immerhin 24 bis 27 kg entspricht. Bei einem Gewicht von 80 kg entfallen 32 bis 36 kg auf diese Muskeln.

Muskeln fürs Gewicht

Ein Kilogramm Muskelgewebe verbraucht in Ruhe etwa 15 kcal pro Tag, ein kg Fettgewebe nur 3 kcal. Bei 25 kg Muskeln kommen so schon 375 kcal zusammen, bei 35 kg Muskeln wären es 525 kcal, die dem **Ruheumsatz** zuzuordnen sind (5). Bei einer «normalen» Körperzusammensetzung mit rund 33 % (Frauen) bis 44 % (Männer) Muskelanteil verbraucht die Muskulatur damit einen ähnlich grossen Anteil der Ruhekalorien (ca. 20 bis 26 %) wie das Gehirn und die Leber. Das Fettgewebe bringt es bei einem Anteil von 37 % (Frauen) bzw. 20 % (Männer) nur auf 8 bzw. 4 % des Ruheumsatzes. Schon dieser Vergleich zeigt, warum ein höherer Muskelanteil dabei hilft, das **Gewicht zu halten** bzw. nicht so leicht zuzunehmen.

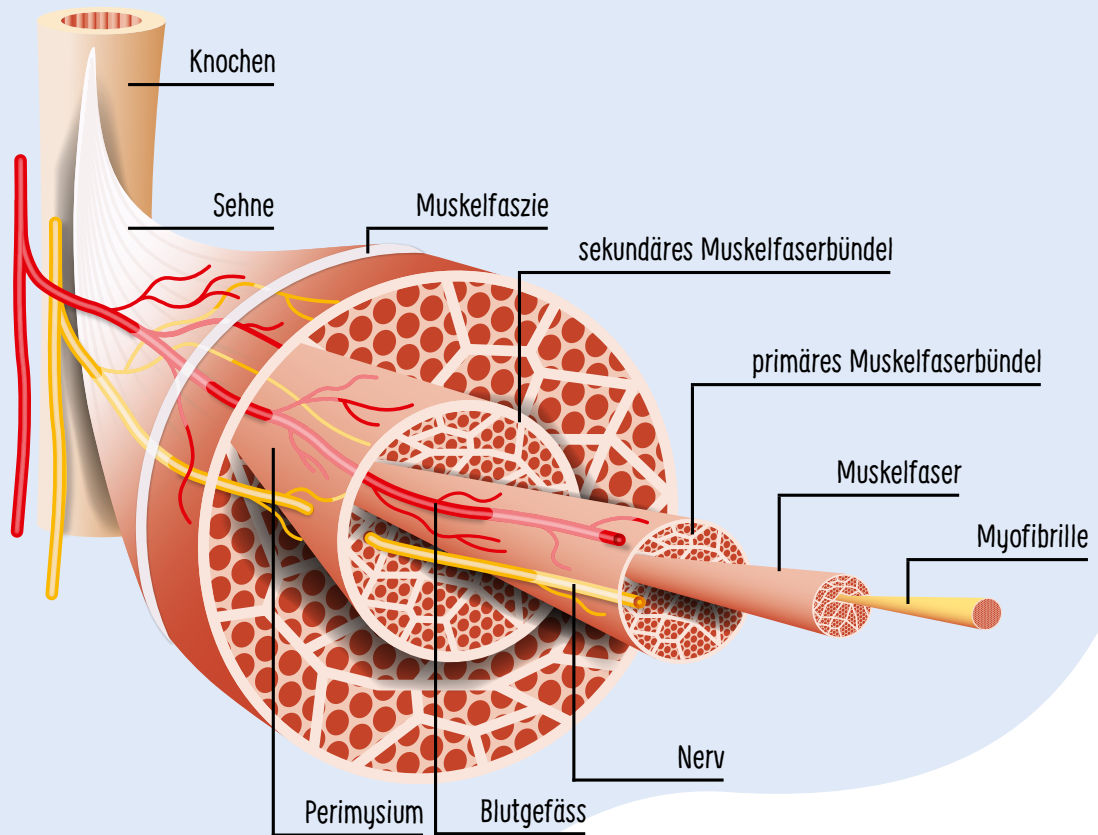
Neben der willkürlich aktivierbaren Skelettmuskulatur verfügen wir noch über den **Herzmuskel**, die Atemmuskulatur und das Zwerchfell sowie über die Muskulatur im Verdauungstrakt, im Urogenitaltrakt und in den Blutgefässen. Letztere zählt zur sogenannten **glatten Muskulatur**, die vegetativ innerviert ist. Sie wird autonom (nicht bewusst) gesteuert und bewegt sich unwillkürlich. Auch der Herzmuskel bewegt sich unwillkürlich, gehört jedoch aufgrund des Aussehens seiner Muskelfasern wie die Skelettmuskeln zur **quergestreiften Muskulatur**. Die folgende Grafik gibt einen schematischen Überblick über den Aufbau der Skelettmuskulatur: Man erkennt die Querstreifen, die durch die Zusammensetzung und die Anordnung von Myosin- und Aktinfilamenten in den Muskelfasern entstehen.

Muskelfasern können unterschiedlich zusammengesetzt sein, was sich auf ihre Funktionen auswirkt. So kennt man «weisse», schnell zuckende Fasern, die eine Vorliebe für die glykolytische Energiegewinnung aus Glukose haben, jedoch schnell ermüden. Sie werden als **Typ-II-Fasern** («fast twitch») bezeichnet und prädestinieren vor allem für Kraftübungen. Die sogenannten «roten», langsam zuckenden **Typ-I-Fasern** («slow twitch») bevorzugen dagegen die oxidative Energiegewinnung aus Fettsäuren. Sie ermüden nur langsam und prädestinieren daher insbesondere für Ausdauerleistungen. Diese beiden Muskelfasertypen finden sich bei beiden Geschlechtern, allerdings haben Frauen eher mehr langsame Typ-I-Fasern; sie sind auch die besseren Fettverbrennerinnen. Bei Männern finden sich dagegen tendenziell mehr schnelle Typ-II-Fasern (6).



* Sofern nicht anders angemerkt, sind mit dem Begriff «Muskeln» nachfolgend nur Muskeln der Skelettmuskulatur gemeint.

Schematischer Aufbau von Skelettmuskeln

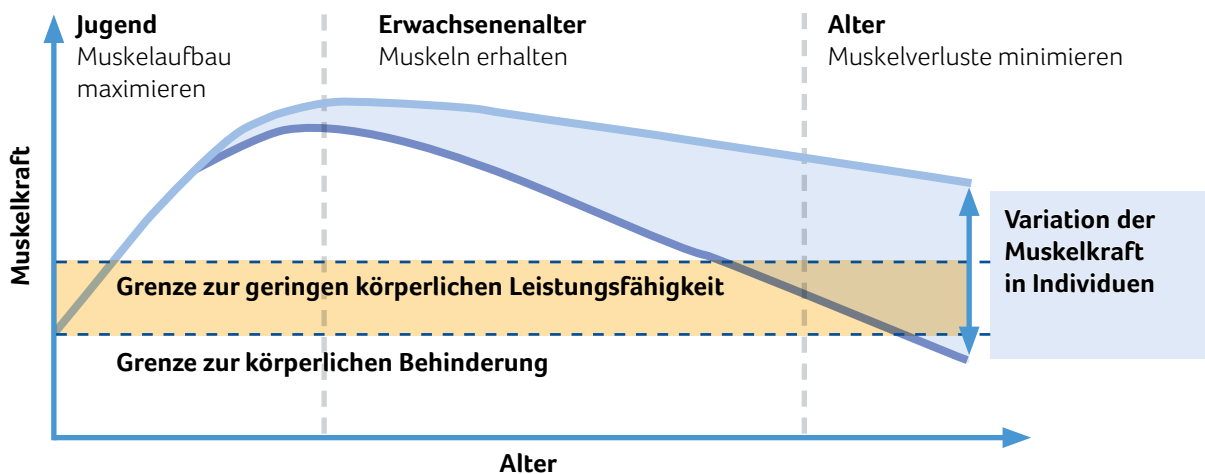


Quelle: <https://www.gesundheitsinformation.de/wie-sind-muskeln-aufgebaut-und-wie-funktionieren-sie.html>

Die **Muskelkraft** wird durch die Muskelmasse und deren Qualität bestimmt. Beides ist prinzipiell in jedem Alter ausbaubar, wenngleich es nach dem 75. Lebensjahr schwieriger wird (7, 8). Während Kindheit und Jugend, wenn der gesamte Organismus auf Wachstum geprägt ist, unterliegt auch das Muskelwachstum vorrangig hormonellen Einflüssen: Das in der Nacht während des Schlafens ausgeschüttete Wachstumshormon sorgt für die entsprechenden

Signalkaskaden, und in der Pubertät kommt das Testosteron dazu. In dieser anabolen Lebensphase reagieren die Muskeln maximal sensibel auf Bewegung und Proteine. Insofern benötigen Kinder und Jugendliche sehr viel weniger Protein pro Mahlzeit (z. B. 10 bis 15 g), um die Muskelproteinsynthese anzukurbeln (9). Für Erwachsene und vor allem ältere Personen genügen diese Mengen bei weitem nicht mehr.

Schema Muskelkraft im Lebenslauf



Quelle: modif. nach Cruz-Jentoft, AJ et al.: Age Ageing 2019; 48: 16–31

Um bis ins hohe Alter eine ausreichende und funktionsfähige Muskulatur zu erhalten, ist es ideal, in der Jugend eine möglichst gute Muskelkraft zu erzielen, diese im Lauf des Erwachsenenlebens möglichst gut zu erhalten und die Verluste im Alter so gering wie möglich zu halten. Je älter man wird, desto wichtiger wird dazu neben Bewegungsreizen die ausreichende Zufuhr hochwertiger Proteine. Die obige Grafik zeigt schematisiert die möglichen Verläufe. Sie zeigt auch, dass mithilfe einer funktionstüchtigen, kräftigen Muskulatur einer eingeschränkten körperlichen Verfassung ebenso vorgebeugt werden kann wie körperlicher Behinderung (10).

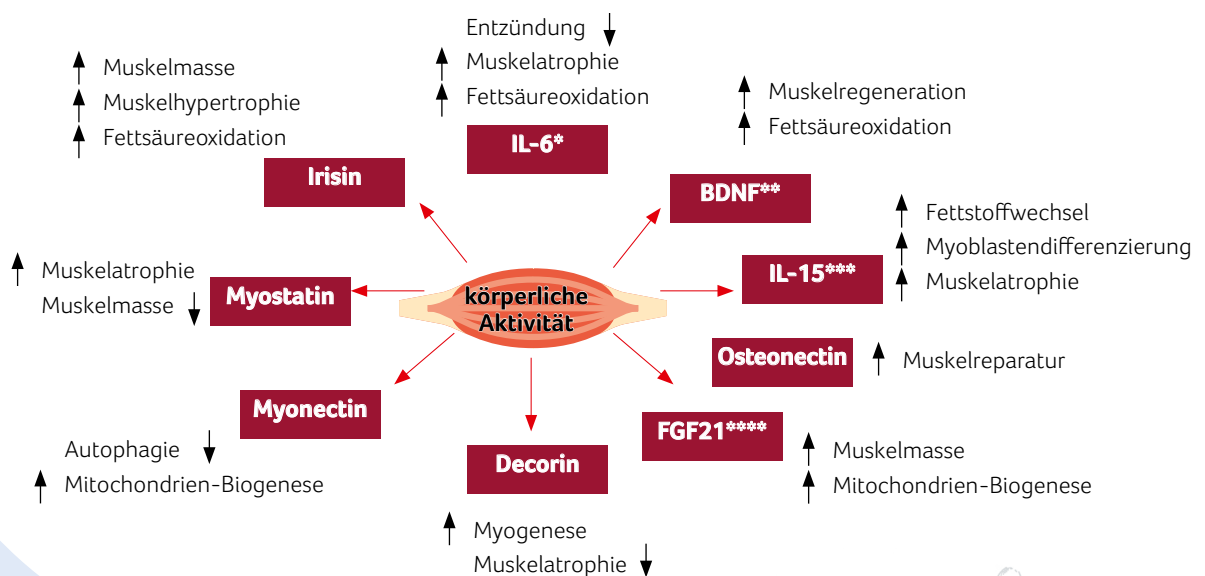
Glukose-Senke und Signalschmiede

Der Erhalt einer gesunden Muskulatur beugt nicht nur aus physikalischen Gründen Osteoporose, Stürzen, Frakturen, körperlicher Gebrechlichkeit und allerlei Zivilisationskrankheiten vor. Bei normaler

Körperzusammensetzung sorgen die Skelettmuskeln auch für bis zu 80 % der **insulinvermittelten Glukoseaufnahme** aus dem Blut. Zusätzlich sind bewegte Muskeln in der Lage, Glukose auch insulinunabhängig aufzunehmen (11). Damit wirken sie mittelbar und unmittelbar günstig gegen kardio-metabolische Erkrankungen, die mit Störungen des Zucker- und Insulinstoffwechsels einhergehen.

Zudem handelt es sich bei der Skelettmuskulatur um ein **sekretorisches Organ** – sofern sie genutzt wird: Ausgelöst durch Kontraktionen, produzieren die Skelettmuskeln eine lange Liste von **Myokinen**, von denen Myostatin und Irisin die bekanntesten sein dürften (12). Diese vom Muskel gebildeten und bei Kontraktion sezernierten Zytokine steuern und stärken lokal (autokrin) das Muskelwachstum und die Funktion der Muskelzellen sowie den Muskelab- bzw. -umbau (Myostatin).

Der Skelettmuskel als sekretorisches Organ – lokale Effekte diverser Myokine



* Interleukin 6 (IL-6)

** Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF = Hirn-Wachstumsfaktor)

*** Interleukin 15 (IL-15)

**** Fibroblasten-Wachstumsfaktor 21 (FGF21)

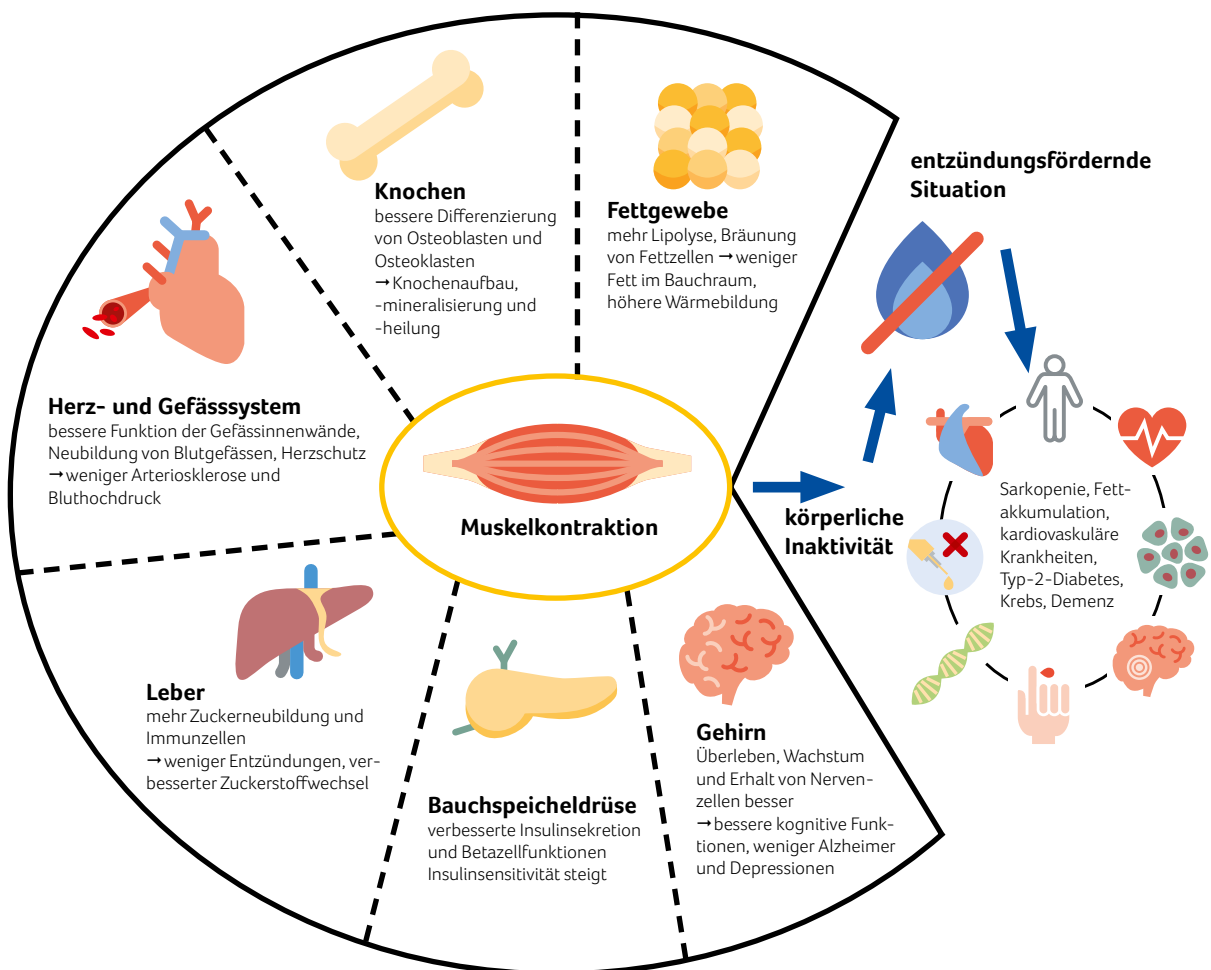
Quelle: modif. nach Lee & Jun: Frontiers in Physiology 2019; 10: 42



Darüber hinaus üben die Zytokine der Skelettmuskeln auch systemische (parakrine/endokrine) regulatorische Funktionen aus. Das heisst, dass sie auch auf benachbarte und entfernte Organe und

Gewebe steuernd einwirken. Auf diese Weise tragen sie zur Gesundheit des gesamten Körpers und Stoffwechsels bei. Die folgende Grafik gibt einen Überblick (13).

Der Skelettmuskel als sekretorisches Organ – systemische Effekte der Myokine



Quelle: modif. nach Lee, K et al.: Korean Journal of Radiology 2019; 20: 205–217

Sarkopenie

Die Sarkopenie bezeichnet ein Abnehmen der Muskeln (sarx = griech.: Fleisch, penia = griech.: Mangel [14]), wobei lange die abnehmende Muskelmasse als definierend galt. Dies änderte sich 2018, als es zu einer Neudefinition kam (15): Da die mit einer Sarkopenie einhergehenden gesundheitlichen Folgen vor allem mit nachlassender Muskelstärke korrelieren und weniger mit der Muskelmasse, steht die Muskelschwäche nunmehr im Mittelpunkt des Geschehens. Seither gilt die Sarkopenie als **Muskelinsuffizienz**, eine generalisierte, akute oder chronische Skelettmuskelerkrankung, die durch geringe Werte in drei Bereichen definiert ist:

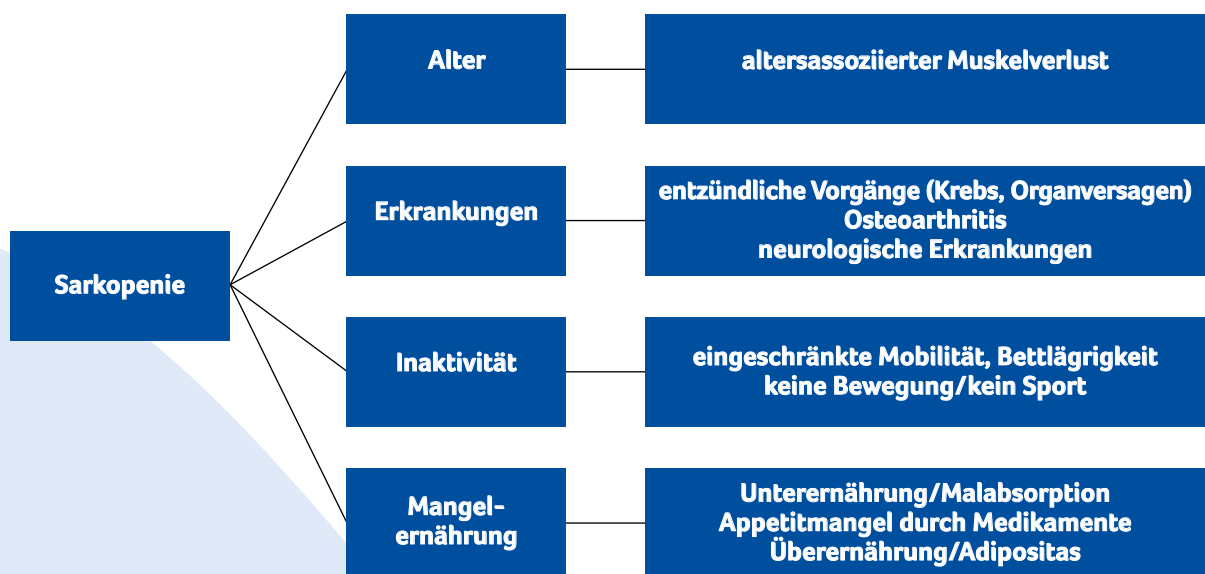
1. geringe Muskelstärke;
2. geringe Muskelmenge und/oder -qualität;
3. geringe körperliche Leistungsfähigkeit als Indikator ihrer Schwere.

Die Muskelstärke lässt sich einfacher bestimmen als die Muskelmasse und die Muskelqualität. Als Grenzwerte für eine Muskelschwäche gelten folgende Punkte: eine Handgriffstärke von 27 kg bei Männern und 16 kg bei Frauen sowie die Fähigkeit, innerhalb von 15 Sekunden fünfmal von einem Stuhl aufstehen und sich wieder hinsetzen zu können (16).

Bei einer Sarkopenie ist der Schutz der Knochen durch die Muskeln verringert. Dadurch erhöhen sich die Risiken für Stürze, Frakturen, körperliche Einschränkungen und frühzeitigen Tod. Eine Sarkopenie schränkt die Aktivitäten des täglichen Lebens und die Lebensqualität ein und kann zum Verlust der Unabhängigkeit führen. Da sie auch mit einer

Erhöhung des viszeralen Körperfetts einhergeht, begünstigt sie zudem chronisch-entzündliche Vorgänge, die das Risiko für Krankheiten des Herzens und der Gefäße, Diabetes Typ 2, Depressionen, Demenzen und Erkrankungen der Atemwege steigern. Dies kann in einer Art Teufelskreis in Gebrechlichkeit (engl.: Frailty) enden (17).

Faktoren, die eine Sarkopenie verursachen und verschlimmern

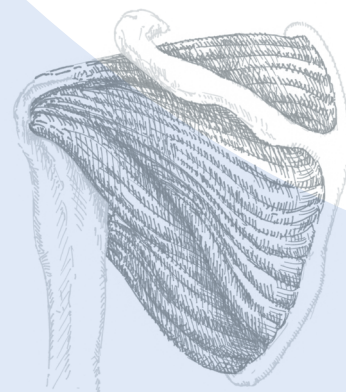


Quelle: nach Cruz-Jentoft, AJ et al.: Age Ageing 2019; 48: 16–31

Alter und anabole Resistenz

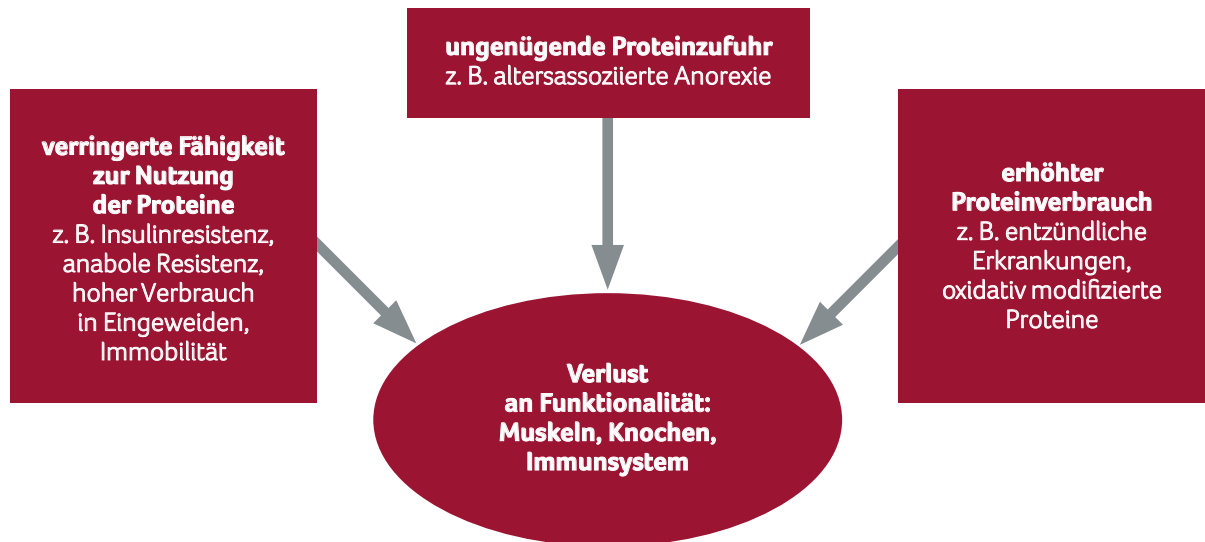
Das **Alter** gilt als primärer Risikofaktor für das Nachlassen der muskulären Kräfte und für den Schwund an Muskelmasse. Dabei nimmt die Muskelkraft meist schneller ab als die Muskelmasse. Da vor allem die schnellen Typ-II-Fasern untergehen, lässt die Schnellkraft stärker nach als die Maximalkraft. Üblicherweise gehen zwischen der dritten und der siebten Lebensdekade rund 40 % der Muskelfasern verloren (18). Dazu trägt neben einer Atrophie und einer Abnahme der für die Regeneration wichtigen Satellitenzellen* das Phänomen der **anabolen Resistenz** bei. Es bedeutet, dass es mit den Jahren schwieriger wird, die Muskelproteinsynthese auszulösen und die magere Körpermasse zu erhalten. Es wird dann mehr Protein dazu benötigt (s.u.). Zudem steigern entzündliche Erkrankungen den Proteinbedarf, und ein verminderter Appetit tut ein Übriges, um sowohl die Muskels als auch die Knochengesundheit und das Immunsystem zu kompromittieren (19). Dennoch stellt

das Alter kein unausweichliches Schicksal für eine gesunde Muskulatur bzw. ausreichend Magermasse dar. Mithilfe körperlicher Aktivitäten und einer «muskelgesunden» Ernährung können Verluste aufgehalten bzw. verringert und die körperliche Funktionsfähigkeit besser erhalten werden (20, 21), auch bei Krankheiten wie Diabetes Typ 2 (22).



* Satellitenzellen sind eine Art Stammzellen der Muskulatur: Aus ihnen können bei entsprechenden Reizen und bei ausreichender Proteinzufuhr neue Muskelzellen entstehen.

Altersassoziierte Ursachen für Probleme mit der Proteinversorgung/-nutzung und daraus folgende funktionelle Störungen



Quelle: zit. n. Rizzoli, R et al.: Maturitas 2014; 79: 122–132

Diese Zusammenhänge mögen verdeutlichen, dass eine angemessene Muskelmasse, -funktion und -stärke und deren möglichst langer Erhalt von entscheidender Bedeutung für die Gesunderhaltung des gesamten Organismus ist, einschliesslich der kognitiven Fähigkeiten (23). Die Muskulatur trägt entscheidend zu einer langen «Health Span» bei, also zu einem Älterwerden in guter Gesundheit. Dazu ist, neben Bewegungs- und Belastungsreizen, die Ernährung ein wesentlicher Grundpfeiler. So bestätigt eine aktuelle Querschnittstudie an gut 1000 Probanden im Grossraum Peking, dass die Prävalenz der Sarkopenie mit dem Alter steigt (von 5 auf 26,2 % bei den 50- bis über 80-Jährigen). Kommt Mangelernährung hinzu, steigt das relative Risiko um ein Mehrfaches an, ebenso durch eine überwiegend aus Gemüse bestehende Ernährung. Dagegen sinkt es signifikant, wenn täglich Obst, Nüsse oder Milchprodukte auf dem Speiseplan stehen (24).

Zwischenfazit:

Gesunde Muskeln können lebenslang gebildet und erhalten werden, auch wenn dies im Alter und bei Krankheit schwieriger wird. Da die Muskulatur auch ein sekretorisches Organ ist, trägt sie auf vielfältige Weise zur skelettalen und metabolischen Gesundheit bei.



Protein – wichtigster Nährstoff (nicht nur) für Muskelaufbau und -erhalt

Alle Körperproteine befinden sich in einem kontinuierlichen Ab- und Aufbau. Insgesamt setzt ein erwachsener Mensch rund 300 g Proteine pro Tag um. Schon daran ist zu erkennen, dass für den Protein- bzw. Aminosäurestoffwechsel erhebliche Mengen an Aminosäuren recycelt werden. Proteine fungieren sowohl als Baustoffe als auch als Signalstoffe. Von den 20 proteinogenen Aminosäuren sind 9 unentbehrlich (früher: essenziell), das heisst, lebens- und zu fuhrnotwendig: Wir müssen sie essen. Die anderen 11 Aminosäuren kann der Körper selbst herstellen, was jedoch keineswegs bedeutet, dass ihre Zufuhr über die Nahrung irrelevant wäre (25). So können neue Muskeln nur aufgebaut, Organe nur repariert werden und Knochen nur wachsen, wenn alle nötigen Aminosäuren (und genug Energie) dafür zur Verfügung stehen.

Häufig ist zu lesen, wir hätten keinen Protein-, sondern lediglich einen Aminosäurenbedarf. Das mag stimmen, wenn es ums reine Überleben geht. Nach dem Verzehr werden Proteine jedoch stufenweise verdaut und abgebaut, und zwar zunächst zu Peptiden, von denen einige bioaktive Wirkungen entfalten. Beispielsweise sind blutdrucksenkende und antibiotisch wirkende Milchpeptide bekannt (26). Würde man sich nur Aminosäuren zuführen, käme man nicht in den Genuss dieser Effekte. Letztlich werden jedoch auch diese Peptide in Aminosäuren verdaut.

Die Darmschleimhaut resorbiert die im Zuge der Verdauung anfallenden Aminosäuren und nutzt sie entweder direkt, z. B. für Immunzellen und Abwehrstoffe, was Vorrang vor den Bedürfnissen der Muskulatur hat, oder gibt sie ans Blut ab. Die Leber filtert rund 50 % der bei ihr ankommenden Aminosäuren heraus (First-Pass-Effekt). Der Rest gelangt in alle Organe und Gewebe, wo sich erneut entscheidet, was mit ihnen geschieht: Sie können dem Aufbau neuer Muskelproteine dienen, von Transport- oder Strukturproteinen (z. B. für die Bildung von Lipoproteinen oder zur Reparatur von Organgewebe, für Haare, Nägel, Wundheilung), für die Hormon- und Enzymsynthese und auch zur Energiegewinnung (z. T. nach Glukoneogenese) genutzt werden. Bei Letzterem, der Aminosäuren-Oxidation zur Energiegewinnung, fällt Stickstoff an, der aufwendig in Form von Harnstoff, Harnsäure oder Kreatinin ausgeschieden werden muss.

In Sachen Muskelaufbau gibt es Besonderheiten: Die **verzweigtkettigen Aminosäuren** Leucin, Isoleucin und Valin rührt die Leber kaum an (First-Pass-Effekt nur ca. 20 %), sondern leitet sie grösstenteils zur Muskulatur weiter, wo sie ihre anabolen Effekte ausüben. Die Proteinzufuhr mit der Nahrung und Kraftübungen sind die wichtigsten anabolen Reize für die Muskelproteinsynthese (MPS). Dabei sensibilisiert die Bewegung bzw. Belastung die Muskeln für die anabolen Eigenschaften der Proteine. Die Tauglichkeit bzw. Effizienz der Nahrungsproteine in Sachen MPS wird von ihrer Menge und Verdaulichkeit, ihrem Anteil an unentbehrlichen Aminosäuren sowie deren Absorption, dem Aminosäurestoffwechsel in den Eingeweiden (der gerne beim Bedarf vergessen wird), der postprandialen Insulinsekretion sowie von der Aminosäureaufnahme in die Muskeln und den nachfolgenden Signalkaskaden innerhalb der Muskelzellen beeinflusst (27).

Die MPS reagiert sehr sensibel auf Nahrungsproteine (und auf Bewegung und Insulin), allerdings mit zunehmendem Alter abnehmend. Sie benötigt eine Vielzahl proteinogener Aminosäuren als Baustoffe sowie die verzweigtkettigen Aminosäuren als Signalgeber (28). Darunter gilt das Leucin als wichtigster Aktivator des mTOR-Signalweges (siehe Kasten), der die MPS initiiert. Somit kann **Leucin als limitierende Aminosäure für die Muskelproteinsynthese** angesehen werden. Alle verzweigtkettigen Aminosäuren (Valin, Leucin, Isoleucin) stimulieren die Ausschüttung des insulinähnlichen Wachstumsfaktors 1 (IGF-1) in der Leber, der ebenfalls anabol auf das Knochen- und Muskelwachstum wirkt (29).



mTOR, der «Wachstumsschalter»

Die zellulären Abläufe des Stoffwechsels und des (Muskel-)Wachstums sind hochkomplex. Von den vielen Akteuren ist das mTOR ein ganz wichtiger. Hinter dieser Abkürzung* verbirgt sich ein Proteinkomplex, der im Körper in verschiedenen Varianten vorkommt. Seine Aufgabe ist es, eine gute Nährstoffversorgung wahrzunehmen und den Zellen zum Beispiel zu signalisieren, dass jetzt ein optimaler Zeitpunkt zum Wachsen wäre. mTOR sorgt also für anabole Abläufe.

Sein wichtigster Gegenspieler ist das Enzym AMPK**, das Energie- bzw. Nahrungsmangel wahrnimmt und die Zellen zum Sparen und Recyceln (Autophagie) auffordert. Essen aktiviert mTOR, Fasten aktiviert AMPK, sie verhalten sich wie Yin und Yang, wie Tag und Nacht zueinander und stehen in beständigem Wechsel, sofern mehrstündige Nahrungspausen eingehalten werden.

Die mTOR-Variante der Muskeln heisst mTOR1. Sie wird insbesondere durch Leucin (sowie durch Insulin) aktiviert und initiiert innerhalb von 30 Minuten nach einer proteinhaltigen Mahlzeit die Synthese von Muskelproteinen, die nach 60 bis 90 Minuten ihr Maximum erreicht (30).

Eine gute Versorgung mit hochwertigen Proteinen liefert den Muskeln also Baustoffe (Aminosäuren) und die nötigen Signale (Leucin) für die Bildung neuer bzw. den Erhalt vorhandener Muskeln. Ausreichend Energie und ein wenig Insulin sind ebenfalls nötig, wobei Insulin die Muskelproteinsynthese (MPS) disinhibiert: Insulin erlaubt dem Muskel sozusagen, sich aufzubauen und zu regenerieren, es ist unser wichtigstes anaboles Hormon. Es sind dazu jedoch keine zusätzlichen Kohlenhydratquellen nötig (Ausnahme Regeneration nach intensivem Sport), der kleine Insulinpeak nach Eiweiss- bzw. Milchprodukteverzehr genügt (31).

Unterstützt wird das Insulin durch den von der Leber gebildeten Insulinähnlichen Wachstumsfaktor 1 (IGF-1). Hier kommt auch ein erholsamer, ausreichender Schlaf ins Spiel, der für die nächtliche Bildung von Wachstumshormon im Gehirn sorgt, das am nächsten Morgen die Leber zur IGF-1-Bildung veranlasst. Insbesondere von bewegten Muskeln wird IGF-1 genutzt, um das Wachstum und den Erhalt der Muskeln zu steuern. Zudem ist IGF-1 wichtig für eine gute Knochendichte sowie für gesunde Bänder, Sehnen und Knorpel. Auch fürs Immunsystem, die Blutbildung, gesunde Blutgefässe und eine ausreichende Nierenfunktion (wichtig bei höherer Proteinzufuhr) ist IGF-1 hilfreich. Milch und Milchprodukte fördern die IGF-1-Bildung (32, 33).

Bei Frauen ist eine ausreichende Proteinzufuhr offenbar problematisch, denn viele, vor allem ältere Frauen erreichen die empfohlenen Proteinmengen mit ihrer üblichen Ernährung nicht (34). Ein altersassoziierter Muskelabbau kann dadurch überwunden werden, dass mehr und/oder hochwertigeres Protein verzehrt wird. Bei älteren Menschen wurde ein Schwellenwert von 30 bis 40 g Protein pro Mahlzeit zur Optimierung der MPS ermittelt (35). Insbesondere in Phasen verringerter Aktivität (beispielsweise krankheitsbedingte Bettruhe) ist nicht nur die Proteinmenge wichtig, sondern auch eine hohe Qualität. Hier schneiden Milch und Milchprodukte besonders gut ab, zumal sie auch Kalzium, Phosphat und Vitamin D liefern, die ebenfalls zur Erhaltung der muskulären Gesundheit im Alter beitragen (36).

Zwischenfazit:

Proteine sind die wichtigsten anabolen Makronährstoffe. In Sachen Muskelgesundheit kommt vor allem den verzweigtkettigen Aminosäuren (Valin, Isoleucin und Leucin) eine Schlüsselstellung zu. Leucin initiiert die Signalkaskade für die Muskelproteinsynthese.

* mTOR steht für das Englische mammalian/mechanistic Target of Rapamycin, die Abkürzung stammt aus der Pharmaforschung: Der Wirkstoff Rapamycin hemmt bei Säugetieren (mammalian) einen Proteinkomplex, dieser ist also sein Ziel (Target).

** Adenosinmonophosphat-aktivierte Proteinkinase, ein zelluläres Enzym, das bei sinkendem ATP-Spiegel durch die dann steigenden Spiegel an AMP aktiviert wird.

Milchprotein

Kuhmilch besteht zu rund 3,2 % aus Protein. Es handelt sich, wie bei der Milch anderer Säugetiere, um komplexe Proteingemische mit verschiedenen Funktionen. So wirkt beispielsweise das Laktoferrin (Teil des Molkenproteins), das auch in Muttermilch vorkommt, antimikrobiell und immunstimulierend (37, 38).

Andere Proteinfractionen (alpha-Lactalbumin, Glykomakropeptide) wirken sich günstig auf die Funktion des Magen-Darm-Traktes und die Darmflora aus, und bei der Verdauung der Proteine entstehen bioaktive Peptide (39). Hier zeigt sich bereits, dass der Konsum intakter Proteine andere Effekte haben muss als die Zufuhr von Isolaten oder Hydrolysaten*, bei denen die ursprünglichen Eiweissfraktionen ihre physiologischen Wirkungen eingebüsst haben.

Die beiden wichtigsten Fraktionen der Milchproteine sind **Molkenproteine** und **Kaseine**. Die in der Milch gelösten Molkeneiweisse (englisch: whey proteins) machen rund 20 % aus, die anderen 80 % entfallen auf die diversen Kaseine. Molkenproteine sind leichter resorbierbar und werden daher auch als «schnelle Proteine» bezeichnet. Die Kaseine liegen nicht als Einzelmoleküle in der Milch vor, sie sind zusammen mit Mineralstoffen (Ca, P, Mg) und Ziträt in Form von Mizellen organisiert. Dies führt dazu, dass sie länger im Magen bleiben und deutlich langsamer verdaut und resorbiert werden, weshalb sie auch als «langsame» Proteine bezeichnet werden. Aufgrund der längeren Magenverweildauer und der verzögerten

Resorption tragen sie jedoch auch erheblich zur Sättigung nach einer milchproteinreichen Mahlzeit bei. In Sachen Muskelproteinsynthese haben komplette Milchproteine den Vorteil, dass sie sowohl «schnelles» Molkenprotein als auch «langsames» Kasein liefern.

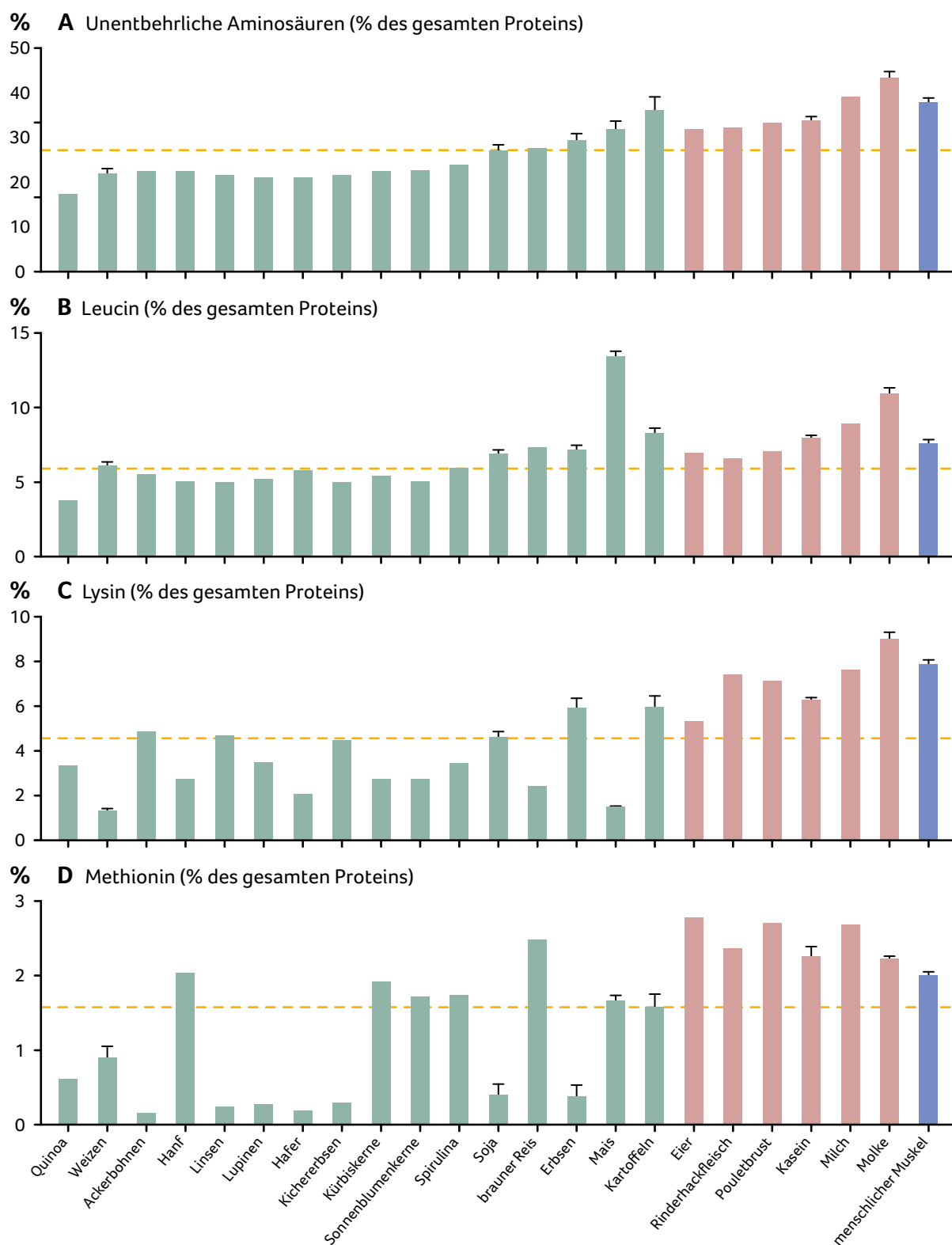
In der Molkenproteinfraction finden sich mehr unentbehrliche und verzweigtkettige Aminosäuren als in der Kaseinfraction. Insgesamt verfügt die Milch jedoch mit knapp der Hälfte ihres Proteinanteils über reichlich unentbehrliche Aminosäuren. Es sind 79 % mehr, als es die FAO für ein hochwertiges Referenzprotein zur Deckung des menschlichen Aminosäurebedarfs vorgibt (40). Milchprotein gilt als hochwertiges Protein mit einem DIAAS-Score von über 100. Das heisst, dass es auch «Aminosäure-Lücken» anderer Proteine ausgleichen kann. Weitere Informationen zur Wertigkeit der Proteine in Milch und Milchprodukten finden sich in diesem Dossier: Hülsenfrüchte in einer pflanzenbasierten Ernährung – Teil 1 (swissmilk.ch).



* Eiweiss-Isolate enthalten 90 bis 96 % Protein und weniger als 1 % Fette und Kohlenhydrate. Sie werden z. B. aus Protein-Konzentraten hergestellt, die nur 70 bis 80 % Protein enthalten sowie Fette und Kohlenhydrate. Hydrolysat bedeutet, dass ein Eiweiss enzymatisch in kurze Bruchstücke (Di- oder Tripeptide) und/oder einzelne Aminosäuren aufgespalten wurde. Ein Hydrolysat ist also eine Art «vorverdautes» Protein, das meist bitter schmeckt und keine bioaktiven Proteinbausteine mehr enthält. Bei Isolaten hängt der Gehalt an bioaktiven Peptiden vom Herstellungsverfahren ab.

Anteil an unentbehrlichen Aminosäuren Leucin, Lysin und Methionin am Eiweissgehalt im Vergleich zu humanem Muskelgewebe

(Achtung: Die Zahlen beziehen sich auf den Proteinanteil, nicht auf die Lebensmittelmenge)



Die positiven Einflüsse von Milch und Milchprodukten auf die Muskelmasse bzw. die magere Körpermasse in verschiedenen Altersgruppen sind vielfältig beschrieben worden. So korreliert Milchkonsum positiv oder direkt mit der mageren Körpermasse bei Kindern und Teenagern (41). Der Verzehr von 20 g Molken- oder Milchprotein genügte, um die MPS bei erwachsenen Männern zu stimulieren. Molke führt zu einem schnelleren Ansteigen der Aminosäuren im Blut, die dadurch initiierte MPS

unterscheidet sich jedoch nicht zwischen Molke- und Milchprotein. In den ersten zwei Stunden nach einem Krafttraining ist die MPS nach Magermilchkonsum ausgeprägter als nach magerem Rinderhackfleisch (beide mit 30 g Protein) (42). Zwei systematische Reviews fanden, dass der Konsum von Milch, Joghurt und Käse zum Erhalt der Muskelmasse und -stärke bei über 50-Jährigen beiträgt, was auch als Schutz vor Sarkopenie gilt (43, 44).

Tabelle 1: Energie- und Nährstoffgehalte pro 100 g verschiedener Milchprodukte

Milchprodukt	Energie (kcal)	Fett (g)	Kohlenhydrate (g)	Protein (g)
Vollmilch, pasteurisiert (3,5 %)	68	4	4,7	3,2
Joghurt, nature	66	3,6	4,5	3,9
Quark, nature, mager	61	0,2	4,2	10,6
Quark, nature, halbfett	99	5	4,1	9,4
Emmentaler	408	32,6	0	28,4
Berner Alpkäse	453	38,3	0	27,1

Quelle: Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV): Schweizer Nährwertdatenbank

Milchprotein wirkt jedoch nicht nur auf die Magermasse bzw. die Muskeln, sondern auch auf andere gesundheitsrelevante Parameter: So verbesserten Supplemente aus Milch- oder Molkenprotein den Zucker- und Insulinstoffwechsel Erwachsener (45). Ein milchproteinreicher Snack erhöhte im Vergleich zu einem milchfreien bei Senioren kurzzeitig das Insulin und senkte die Blutzuckerspiegel, was als gut für den Muskelproteinhaushalt angesehen wurde (46). Ein regelmässiger Konsum von Milch und Milchprodukten geht auch bei Erwachsenen mit einem geringeren Body Mass Index (BMI) und mit einem geringeren Risiko für bauchbetontes Übergewicht (abdominelle Adipositas) einher (47).

Auch Kalzium, Phosphat, Vitamin D und Magnesium schützen die Muskeln

Vitamin D fördert die Kalzium-Resorption; Kalzium ist ein wichtiger Regulator der Muskel- und Nerven-erregung, ebenso wie Phosphat, das in Form von ATP zudem die zelluläre Energieversorgung ermöglicht (48). Ältere Patienten mit Sarkopenie weisen häufig auch niedrige Vitamin-D- und Kalziumspiegel auf, während Supplemente mit beiden Nährstoffen helfen, den altersbedingten Muskelverlust zu verringern (49).

Magnesium trägt nicht nur zum Erhalt von Knochen, sondern auch von Muskeln bei. So fand eine Quer-

schnittstudie mit mehr als 156'000 Männern und Frauen eine positive Korrelation der Magnesiumzufuhr mit der fettfreien Körpermasse (wovon der grösste Teil auf die Muskulatur entfällt) und der Handgriffstärke, die als guter Indikator der Muskelstärke gilt (50).

Die Europäische Gesellschaft für klinische und ökonomische Aspekte der Osteoporose und Osteoarthritis (ESCEO) rät postmenopausalen Frauen, zum Erhalt ihrer muskuloskelettalen Gesundheit neben regelmässiger körperlicher Aktivität auf eine optimale Proteinzufuhr (1,0–1,2 g/kg Körpergewicht) zu achten und mindestens 20 bis 25 g eines hochwertigen Proteins zu jeder Hauptmahlzeit zu essen. Dazu genug Vitamin D, um die 25-Hydroxy-Vitamin-D-Spiegel über 50 nmol/l zu halten, sowie 1 g Kalzium täglich (51). Mit Milch und Milchprodukten lassen sich diese Empfehlungen leicht einhalten, zudem ist die Qualität der beiden Milchproteine Kasein und Molkenprotein einzigartig, vor allem in Kombination (52).

Mit Milch und Milchprodukten nehmen die Schweizerinnen und Schweizer nicht nur viel hochwertiges Protein auf (ca. ¼ der empfohlenen Menge), sondern auch den Löwenanteil ihres Kalziums. Darüber hinaus aber auch den Grossteil ihres Kaliums, Phosphors, Zinks, Jods, ihres Vitamin B₂ und ihrer Pantothen-

säure. Zudem sind diese Lebensmittel eine wichtige Quelle für die Vitamine A, D und B₁₂ sowie für die Mineralstoffe Magnesium, Natrium und Chlorid. Somit werden mit Milch und Milchprodukten viele knochen- und muskelrelevante Nährstoffe zugeführt – bei gleichzeitig moderater Energiezufuhr und relativ geringen Kosten (53).

Protein-Empfehlungen

Um den gemeinsamen Verlust von Muskel- und Knochenmasse (Osteosarkopenie) zu verringern, scheinen bei Personen über 65 Jahren Proteinzufuhr

von 1,2 bis 1,5 g/kg/Tag hilfreich zu sein (54). In diesem Bereich liegen auch die Empfehlungen des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) für ältere Menschen und für in Sachen Muskel- und Knochenabbau besonders Gefährdete (siehe Tabelle 2) (55). 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 (56). Dies ist hinsichtlich des Muskelerhalts und der Knochengesundheit besorgniserregend.

Tabelle 2: Referenzwerte für die Proteinzufuhr in der Schweiz

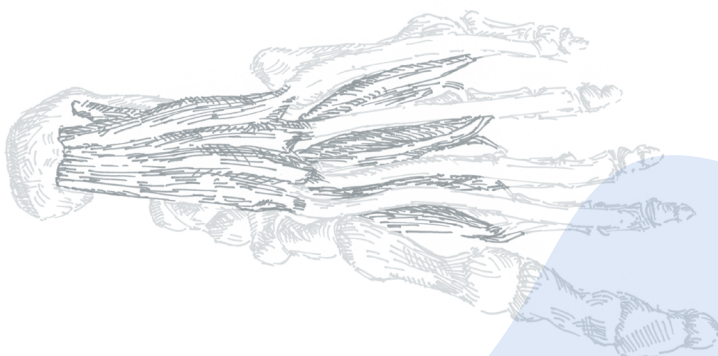
Alter und Gruppe	g/kg Körpergewicht/Tag
18–65 Jahre	0,8
ab 66 Jahre	1–1,2 (Gefährdete bis 1,5)
Schwangere	0,8 (1. Trimester + 1 g/Tag; 2. Trimester + 9 g/Tag; 3. Trimester + 28 g/Tag)
Stillende	0,8 (0–6 Monate post partum + 19 g/Tag; >6 Monate post partum + 13 g/Tag)

Quelle: nach Schweizer Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, BLV 2024

Mit ihren Protein-Empfehlungen für Ältere ist die Schweiz anderen voraus. So werden zum Beispiel in Deutschland pauschal 1 g Protein pro Kilogramm Körpergewicht empfohlen, ohne die Berücksichtigung von chronischen oder akuten Erkrankungen, die den Bedarf bis auf etwa 1,5 g/kg steigern können (57). Zwar gelten die allgemeinen Ernährungsempfehlungen nur für Gesunde. Dennoch sollten Erkrankungen, die in der älteren Bevölkerung häufiger vorkommen, Berücksichtigung finden. Doch auch die Protein-Empfehlung von 0,8 g/kg für bis zu 65-Jährige könnte unzureichend sein (58). So fand eine Interventionsstudie mit 55- bis 77-jährigen Probanden, dass der Konsum dieser Menge zu einer reduzierten Muskelmasse im mittleren Oberschenkel führt (59).

Zwischenfazit:

Milch und Milchprodukte tragen in der Schweiz rund ein Viertel zur Proteinzufuhr bei, in der gesamten westlichen Welt sind sie die bedeutendsten Eiweisslieferanten in der täglichen Ernährung. Milchprotein liefert nicht nur alle unentbehrlichen Aminosäuren für die Muskelproteinsynthese (MPS) in hoher Qualität und guter Kombination, die beiden Proteine der Milch (Kasein und Molke) ergänzen sich zudem ideal. Milch und Milchprodukte tragen ausserdem zur Versorgung mit weiteren für die Muskelgesundheit relevanten Nährstoffen bei. Proteinzuführen zur Optimierung der Muskelgesundheit liegen für etliche Bevölkerungsgruppen deutlich über 0,8 g/kg Körpergewicht.



Milch, Milchprodukte und Muskelgesundheit in der aktuellen Forschung

Milch und Milchprodukte erwiesen sich vielfach als effizient und hilfreich in der trainingsinduzierten Synthese von magerer Körpermasse bzw. Muskelproteinen. Dies gilt auch für ältere Menschen, wobei zusätzlich zur üblichen Kost 10 bis 15 g Milchprotein, kombiniert mit körperlichem Training, bereits ausreichen können und effektiver wirken als Molkenproteine allein. Für eine Steigerung der Muskelkraft bei den über 60-Jährigen waren mindestens 22 g Milchprotein nötig (60, 61). Bei japanischen Seniorinnen ging ein regelmässiger Konsum von Milch und Milchprodukten mit einer besseren Handgriffstärke und einem besseren Gangvermögen einher (62).

Status quo: Tierische Lebensmittel als Proteinquellen überlegen

Die Studien der letzten Jahre zeigen, dass eine Ernährung mit tierischen Proteinquellen in Sachen Magermasse (63) und Muskelmasse im Alter einer solchen mit pflanzlichen Quellen überlegen ist (64). Auch liessen Proteine aus Milch die Muskelproteinsynthese weiter ansteigen als etwa Proteine aus Sojabohnen. Man geht davon aus, dass dies der geringeren Verdaulichkeit der pflanzlichen Proteine sowie dem meist geringeren Leucingehalt der zu verzehrenden Portionen geschuldet ist (65). Andersherum gesagt: Von Milch und Milchprodukten benötigt man weniger zum Muskelaufbau als von pflanzlichen Proteinquellen. Um einen vergleichbaren anabolen Effekt zu erzielen, werden 0,25 g tierisches Protein pro Kilogramm Körpergewicht benötigt. Bei pflanzlichen Proteinen sind es 0,40 g/kg. Auf diese Weise tragen auch tierische Proteinquellen wie die Milch zur Nachhaltigkeit bei und helfen, die Versorgung mit kritischen Nährstoffen wie Eiweiss und Kalzium preiswert abzudecken.

Durch eine Steigerung der Zufuhrmengen (mind. 30 g Protein pro Mahlzeit) liessen sich die Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Proteinquellen jedoch ausgleichen, zumindest bei jungen, gesunden Personen (66). Aber: 30 g Pflanzenprotein sind auch mit mehr (hochglykämischen) Kohlenhydraten, einer höheren Energiezufuhr und enormen Volumina pro Mahlzeit verbunden, wie die folgende Tabelle und die Grafik auf Seite 19 zeigen. Bei älteren Menschen sind aufgrund ihrer anabolen Resistenz die erforderlichen Proteinmengen noch grösser, was die Nachhaltigkeit einer solchen Strategie zumindest in Frage stellt (67).

Zudem behindern Ballaststoffe und Antinutritiva die Verdaulichkeit und Absorption vieler pflanzlicher Proteine. Weil dem so ist, werden sie zunehmend aus den Pflanzen herausgelöst, um mit Konzentraten, Isolaten und Hydrolysaten (s. o.) neue, hoch verarbeitete Produkte oder Proteinpulver für Sportler zu erzeugen. Wer jedoch Wert auf «echte» Lebensmittel legt, kann eine für die Muskelproteinsynthese (MPS) ausreichende Proteinmenge und -qualität auch durch die im Alltag übliche und bewährte Kombination verschiedener Eiweissquellen in einer Mahlzeit erreichen. Milch und Milchprodukte sind, nicht nur aufgrund ihres hohen Gehaltes an unentbehrlichen Aminosäuren und an Leucin, dafür ideal, vor allem im Rahmen pflanzenbetonter Ernährungsformen. Sie ergänzen aufgrund ihrer Aminosäurekombination und -menge insbesondere Hülsenfrüchte sehr gut (68).

Neue Erkenntnisse: Sind pflanzliche Proteine doch ebenbürtig?

In jüngerer Zeit ist eine Reihe von Interventionsstudien erschienen, die den Eindruck erwecken, die MPS falle nach dem Verzehr pflanzlicher Proteine ebenso hoch aus wie nach der gleichen Menge Protein aus Milch oder Mischungen aus beiden Proteinquellen.

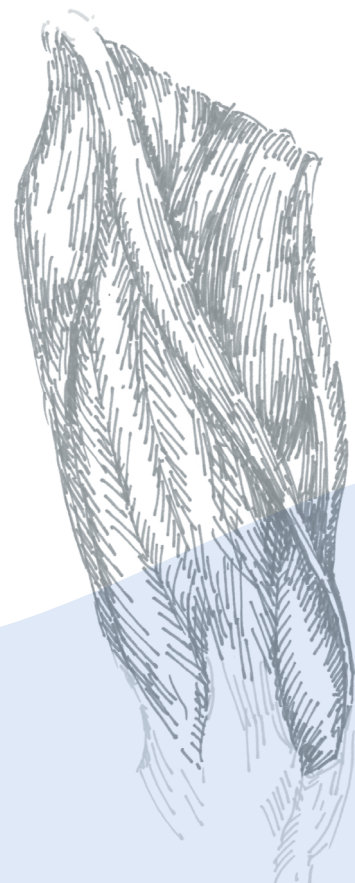


Tabelle 3: Verzehrsmengen, die nötig wären, um die MPS bei gesunden jungen Erwachsenen zu maximieren

Lebensmittel	Leucin in % des Gesamtproteins	Proteinmenge für ca. 3 g Leucin	entsprechende Menge des Lebensmittels
Tierische Proteine			
Molke	13,6	23 g	27 g
Milch	10,9	28 g	876 g
Kasein	10,2	30 g	35 g
Rindfleisch	8,8	35 g	164 g
Eier	8,5	36 g	5 Stück
Pflanzliche Proteine			
Mais	12,3	25 g	264 g
Reis	8,2	37 g	500 g
Sojabohnen	8,0	38 g	104 g
Linsen	7,9	39 g	150 g
Erbsen	7,8	39 g	180 g
Hafer	7,7	35 g	236 g
Quinoa	7,2	43 g	302 g
Hanf	6,9	45 g	121 g
Weizen	6,8	45 g	299 g
Kartoffeln	5,2	58 g	2891 g

Quelle: nach van Vliet, S et al.: J Nutr 2015; 145: 1981–1991

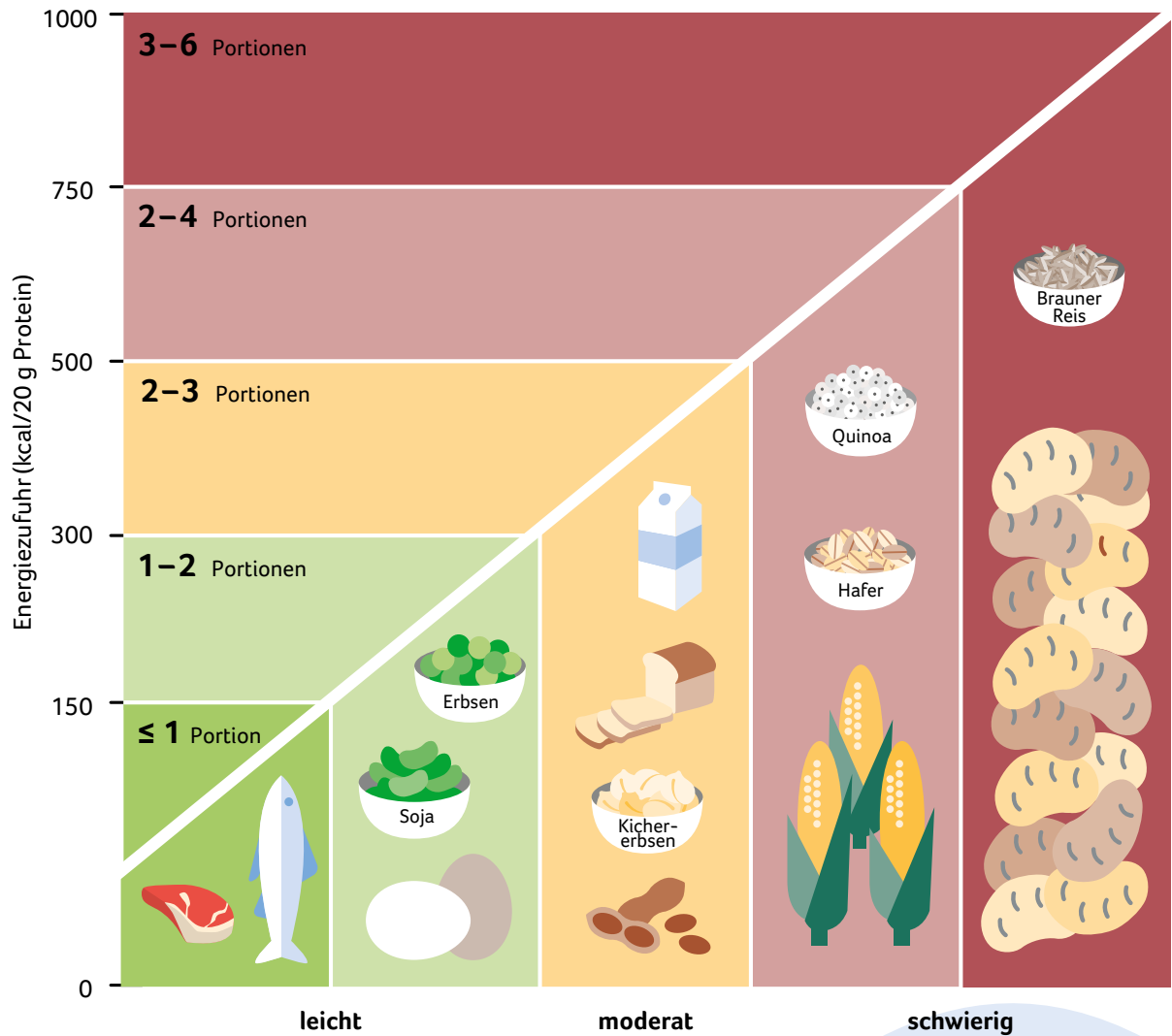
Untersucht wurden bislang Kartoffelprotein (69), Weizenprotein (70) und Maisprotein (71) sowie deren Eins-zu-eins-Mischung mit Milchproteinen. Meist wurde mit gesunden jungen Männern gearbeitet, manchmal auch mit Männern mittleren Alters oder mit älteren Probanden. In einigen Studien sollten die Teilnehmer mit einem Bein Übungen durchführen, während das andere Bein ruhte. So konnten die Veränderungen der MPS nach Proteinverzehr sowohl in Ruhe als auch nach Belastung gemessen werden. Andere Studien verglichen die MPS nach einer nächtlichen Fastenphase mit jener nach Proteinverzehr. Im Ergebnis zeigte sich in allen Studien, dass 30 g des jeweiligen Proteins sowie eine Mischung zu gleichen Teilen (je 15 g) mit Milchprotein die MPS im selben Ausmass erhöht wie Milchprotein allein.

Aus diesen Studien darf dennoch nicht geschlossen werden, dass Mais, Kartoffeln oder Weizen als Proteinquellen der Milch ebenbürtig seien. Denn in den Studien wurden die isolierten Proteine auf einer Gramm-zu-Gramm-Basis verglichen. Bei pflanzlichen Lebensmitteln ist die Konzentration an unentbehr-

lichen Aminosäuren und die Verdaulichkeit der Proteine jedoch deutlich geringer als bei Milch und Milchprodukten. Das bedeutet, dass die Aminosäuren aus pflanzlichen Proteinen weniger gut bioverfügbar sind und/oder einer aufwendigen Vor- und Zubereitung bedürfen, um Antinährstoffe zu reduzieren und die Aminosäuren zugänglicher zu machen (72, 73).

Wie erklären sich dann die aktuellen Studienergebnisse? Der «Trick» ist, dass hier ausschliesslich isolierte Proteine verwendet wurden. Isolierte Pflanzeneiweisse enthalten keine Antinährstoffe mehr und verfügen daher über eine ebenso gute Verdaulichkeit und Bioverfügbarkeit der Aminosäuren wie tierische Proteine. Ausserdem ist die Menge von 30 g wichtig: Wird so viel Eiweiss auf einmal zugeführt, reicht die Menge der postprandial anflutenden Aminosäuren zur MPS aus, auch wenn es sich um pflanzliche Proteine handelt. Bei Proteinportionen von 20 g schaffen das nur tierische Proteine (74).

Portionsgrößen und -anzahl verschiedener Lebensmittel, um auf 20 g Protein zu kommen



1 Portion entspricht hier: 100 g Fleisch/Fisch, 2 Eiern, 100 g Sojabohnen, 150 g Erbsen, 150 g Kichererbsen, 50 g Erdnüssen, 70 g (2 Scheiben) Weizenbrot, 2 dl Milch, 150 g Mais, 40 g Haferflocken, 75 g Quinoa (roh), 75 g braunem Reis (roh) und 175 g Kartoffeln

Aber: Diese Mengen berücksichtigen nicht die unterschiedliche Proteinqualität!

Quelle: nach Pinckaers, PJM et al.: Sports Medicine 2021; 51(Suppl 1): S59–S74

Schon um 20 g Weizen-, Mais- oder Kartoffelprotein mit üblichen Lebensmitteln zu sich zu nehmen, wären grosse Lebensmittelmengen nötig, wie die Abbildung zeigt (75). So enthalten Cornflakes gerade mal 2 g Protein pro Portion (à 30 g). Um auf 30 g Maisprotein zu kommen, wie in der oben genannten Studie verwendet, müsste man etwa 450 g Cornflakes essen. Damit wäre jedoch auch eine Energiezufuhr von 1700 kcal verbunden sowie eine Zufuhr von 378 g (hochglykämischen) Kohlenhydraten (76).

Die Aussagen der aktuellen Studien zur anabolen Wirkung pflanzlicher Proteine gelten folglich nur für Proteinpulver (Isolate und Konzentrate).

Eine andere Beobachtung aus diesen Studien ist ebenfalls bemerkenswert: Die MPS war nach den Pflanzenproteinen bzw. den Mischungen mit Milchprotein auch dann genauso hoch wie nach Milchprotein alleine, wenn die unentbehrlichen Aminosäuren im Blut nach dem Konsum nicht so ausgeprägt angestiegen waren wie nach Milchprotein. Beim Maisprotein könnte man dieses vergleichbare Ausmass der MPS noch über den deutlich höheren Leucingehalt erklären. Der Effekt zeigte sich jedoch auch nach Weizenprotein (weniger Leucin als Milchprotein) und Kartoffelprotein (gleich viel Leucin). Die Autoren gehen davon aus, dass die unterschiedlichen Aminosäurespiegel im Blut bei einer Gabe von 30 g des jeweiligen Proteins keine Rolle mehr spielen, weil der MPS mit dieser Menge insgesamt genug Aminosäuren zur Verfügung stehen.

Des Weiteren fiel auf, dass nach dem Konsum von Weizen- und Maisprotein der Lysinspiegel im Blut erwartungsgemäss nicht anstieg, da Getreide lysinarm sind und dies ihre limitierende Aminosäure darstellt. Gleiches fand sich beim Methioninspiegel nach Weizenprotein. Doch tut dies der MPS offensichtlich keinen Abbruch, zumindest nicht akut, bei Proteinportionen von 30 g und bei jungen Männern (77). Ob dies auch langfristig so bleibt, ob also die MPS ausreichend ist und der Körper in der Lage bleibt, Muskel(kraft)verluste zu verhindern, ist damit nicht belegt.

Ebenso ungewiss ist, ob die geringe Lysin- und/oder Methioninzufuhr an anderer Stelle fehlen wird. So wird Lysin unter anderem für die Bildung von Transportproteinen im Blut benötigt, für die Bildung von Antikörpern, Hormonen und Strukturproteinen wie Kollagen und zum Schutz vor Schäden in den Blutgefässwänden. Und last but not least fördert es die Kalziumaufnahme im Darm, was nicht nur den Knochen und Zähnen zugutekommt, sondern auch der Erregungsleitung in der Muskulatur. Methionin wird für die metabolisch äusserst wichtige Übertragung von Methylgruppen benötigt, zudem ist es eine Vorstufe von Cystein, Taurin und dem bedeutenden Antioxidans Glutathion (78).

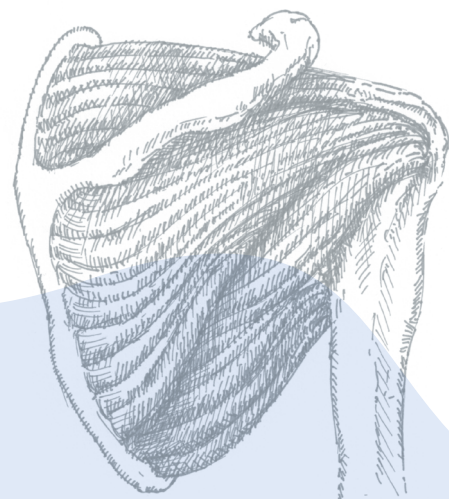
Die Ergebnisse der oben beschriebenen aktuellen Studien lassen sich nicht einfach auf Frauen übertragen und ebenso wenig auf Kranke oder Rekonvaleszente oder auf bewegungsarm lebende Personen. Bei älteren Männern weiss man dagegen schon, dass 30 g pflanzliche Proteine für die MPS nicht ausreichen (79).

Seniorenalter: Mehr Protein oder mehr Milchprodukte?

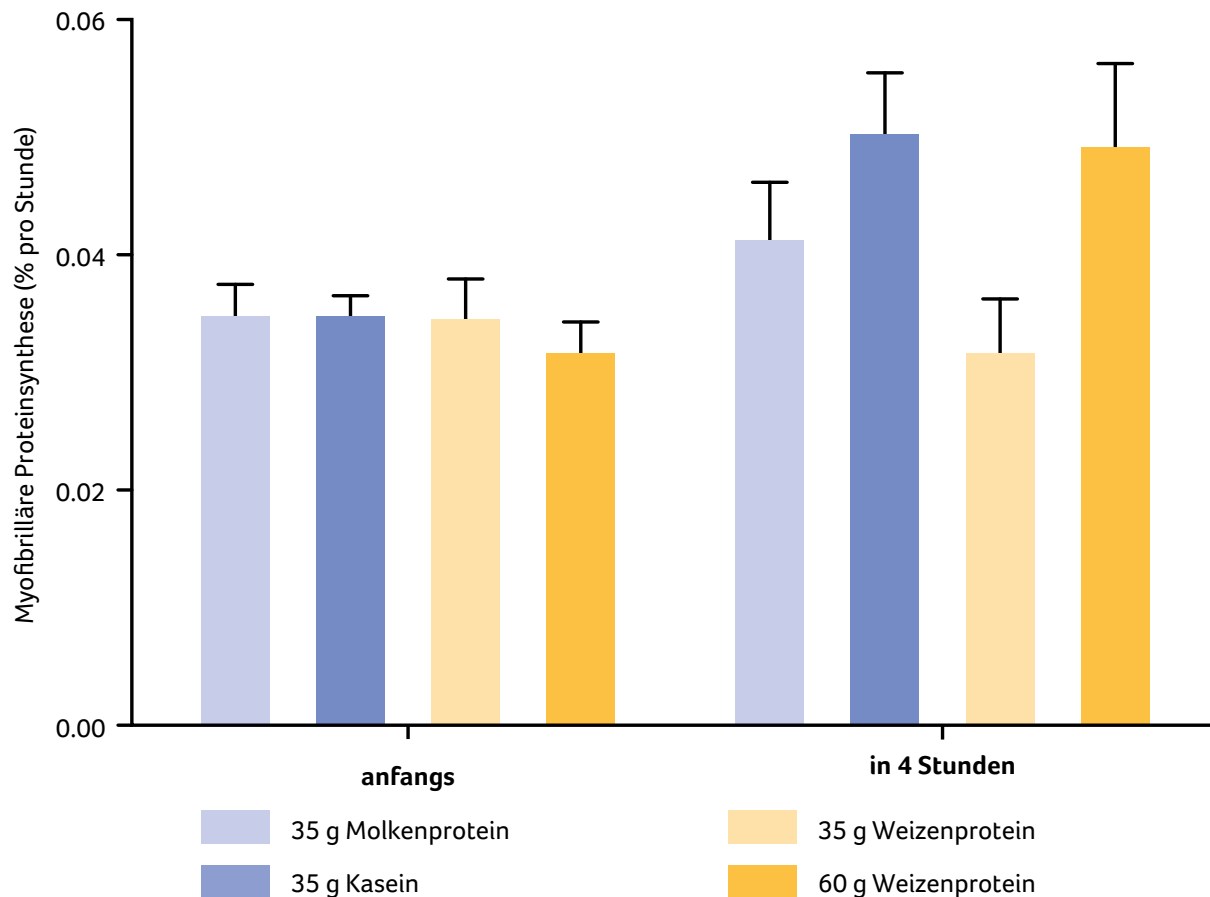
Im Alter lässt, wie oben bereits beschrieben, die Sensibilität der MPS nach (anabole Resistenz). Auch das ergaben Studien mit isolierten Proteinen. Doch wie sieht es bei echten Lebensmitteln aus? Die MPS kann durch mehr und/oder höherwertiges Protein stimuliert werden. Auch Kraftübungen vor der Proteinzufuhr sowie langkettige Omega-3-Fettsäuren potenzieren den anabolen Effekt der Proteine (80). Bei älteren Menschen scheint es zudem günstiger, wenn die Aminosäurespiegel im Blut länger erhöht bleiben, wie etwa nach der Zufuhr von Kasein bzw. Käse beobachtet. Seniorinnen und Senioren benötigen also mehr Protein pro Kilogramm Körpergewicht als jüngere Erwachsene (30 bis 40 g je Mahlzeit) (81). So liessen sich die Unterschiede in der MPS zwischen jüngeren und älteren Männern durch eine Steigerung der Proteinzufuhr von 0,78 auf 1,15 g/kg Körpergewicht ausgleichen (82).

Die Art der Proteine spielt im Alter ebenfalls eine Rolle. So waren bis zu 40 g Sojaprotein im Gegensatz zu Molkenprotein nicht in der Lage, die MPS bei Senioren zu stimulieren. Die Autoren führten dies auf die erhöhte Leucin-Oxidation aus Soja zurück (83). Dies zeigt, dass es nicht nur auf die Mengen der einzelnen Aminosäuren ankommt, sondern auch darauf, was der Körper mit ihnen macht.

Bei Verwendung von Weizenprotein musste die Proteinzufuhr gar auf 60 g hochgefahren werden, um einen dem Kasein vergleichbaren anabolen Effekt bei älteren Männern zu erzielen, wie die folgende Grafik zeigt (84). Dabei darf nicht vergessen werden, dass es sich hier wieder um isolierte Proteine handelt, deren Verdaulichkeit hoch ist.



Muskelproteinsynthese bei gesunden älteren Männern nach dem Konsum verschiedener Proteine



Quelle: nach Gorissen SHM et al.: J Nutr 2016; 146: 1651–1659

Sollten diese 60 g Protein in Form «echter» Lebensmittel aufgenommen werden, müssten zum Ausgleich der schlechteren Bioverfügbarkeit enorme Mengen an Weizenprodukten verspeist werden. Zudem liefern Weizenproteine in Form von Brot oder Nudeln sehr viel mehr Energie und Kohlenhydrate und weniger Mikronährstoffe als Milch und Milchprodukte. Idealer als die Betrachtung einzelner Proteinquellen wäre auch hier die alltägliche Kombination, etwa in Form von mit Käse oder Kräuterquark belegten Broten. Aufgrund ihres insgesamt hohen Anteils an unentbehrlichen Aminosäuren und ihrer hervorragenden Verdaulichkeit sind Milchprodukte ideale Ergänzungen sowohl zu Getreide- als auch zu Hülsenfruchtproteinen (85).

Eine Meta-Analyse aus 14 Interventionsstudien (1424 Probanden, 61 bis 81 Jahre alt) fand in 8 dieser Studien, dass Supplemente in Form von 14 bis 40 g verschiedener Milchproteine die Muskelmasse

in den Extremitäten mittelalter und älterer Personen steigern können. Allerdings fand sich kein Effekt auf die Muskelstärke, was daran liegen könnte, dass die körperliche Aktivität nicht berücksichtigt wurde, die einen erheblichen Effekt auf die Muskelstärke hat (86).

Zwischenfazit:

Seit Langem ist bekannt, dass die Zufuhr tierischer Proteine die Muskelproteinsynthese (MPS) besser bzw. stärker ankurbelt als pflanzliche Proteine. Selbstverständlich können sich beide Proteinquellen auch sehr gut ergänzen. Neuere Studien, die nahelegen, pflanzliche Proteine seien in Sachen MPS bzw. Muskelerhalt den tierischen gleichwertig, verwendeten (in teils hohen Mengen) Konzentrate und Isolate, bei denen einige Nachteile der Pflanzenproteine ausgeschaltet sind.

Matrix-Effekte

Die meisten der bisher vorliegenden Studien zum Thema MPS und (Milch-)Protein wurden mit Konzentraten und Isolaten durchgeführt. Doch damit wird die «Esswirklichkeit» der meisten Menschen, insbesondere der älteren, nicht abgebildet. Es fehlen die Interaktionen mit anderen Makronährstoffen und mit den physikalischen Eigenschaften der Lebensmittel bzw. Mahlzeiten. Man spricht hier von **Matrix-Effekten** und meint damit die Interaktionen zwischen Nährstoffen, bioaktiven Komponenten und der physikalischen Struktur. Erst seit Kurzem haben Wissenschaftler begonnen, übliche Milchprodukte oder übliche Mahlzeiten in Sachen MPS zu untersuchen. Daher gibt es noch nicht viele Studien dazu. Die wenigen, die es gibt, weisen auf wichtige Unterschiede im Vergleich zu «Pulver-Studien» und bei diversen Lebensmitteln hin.

Milchprodukte versus Proteinpulver

So verglich eine aktuelle Interventionsstudie bei gesunden, jungen Männern die Effekte von 30 g Milchprotein, entweder in Form von rund 100 g **Halbhartkäse** (holländischer Schnittkäse) oder 30 g **Milchproteinkonzentrat**, beide mit vergleichbarem Leucingehalt. Es zeigte sich, dass die Aminosäurespiegel im Blut (gesamt, unentbehrliche und Leucin) nach dem Konzentrat schneller und höher anstiegen, dass die Spiegel nach Käseverzehr jedoch länger erhöht blieben. Dies wird unter anderem durch die längere Magenverweildauer von Käse erklärt, der aufgrund seines Fett- und Kaseingehaltes langsamer verdaut wird. Es fand sich jedoch kein Unterschied im Ausmass der proteininduzierten MPS in den Biopsien der Beinmuskeln. Die MPS fiel wie erwartet im bewegten Bein höher aus als im ruhenden Bein, die Art der Proteinzufuhr und die unterschiedlichen Aminosäurespiegel-Verläufe beeinflussten sie jedoch nicht (87). Dies zeigt, dass sich das postprandiale Aminosäureprofil zwar unterscheiden mag, dass Milchprodukte aber dennoch ebenso gut in der Lage sind, die MPS zu steigern, wie Protein-Konzentrate. Sofern genug Protein verzehrt werden kann, braucht man daher nicht auf Konzentrate zurückzugreifen. Ist dies nicht der Fall, bieten sie jedoch durchaus Vorteile, zum Beispiel im (Hoch-) Leistungssport, bei postoperativen Zuständen, in der Rekonvaleszenz oder bei Mangelernährung mit eingeschränkter Proteinverdauungskapazität.

Verschiedene Milchprodukte

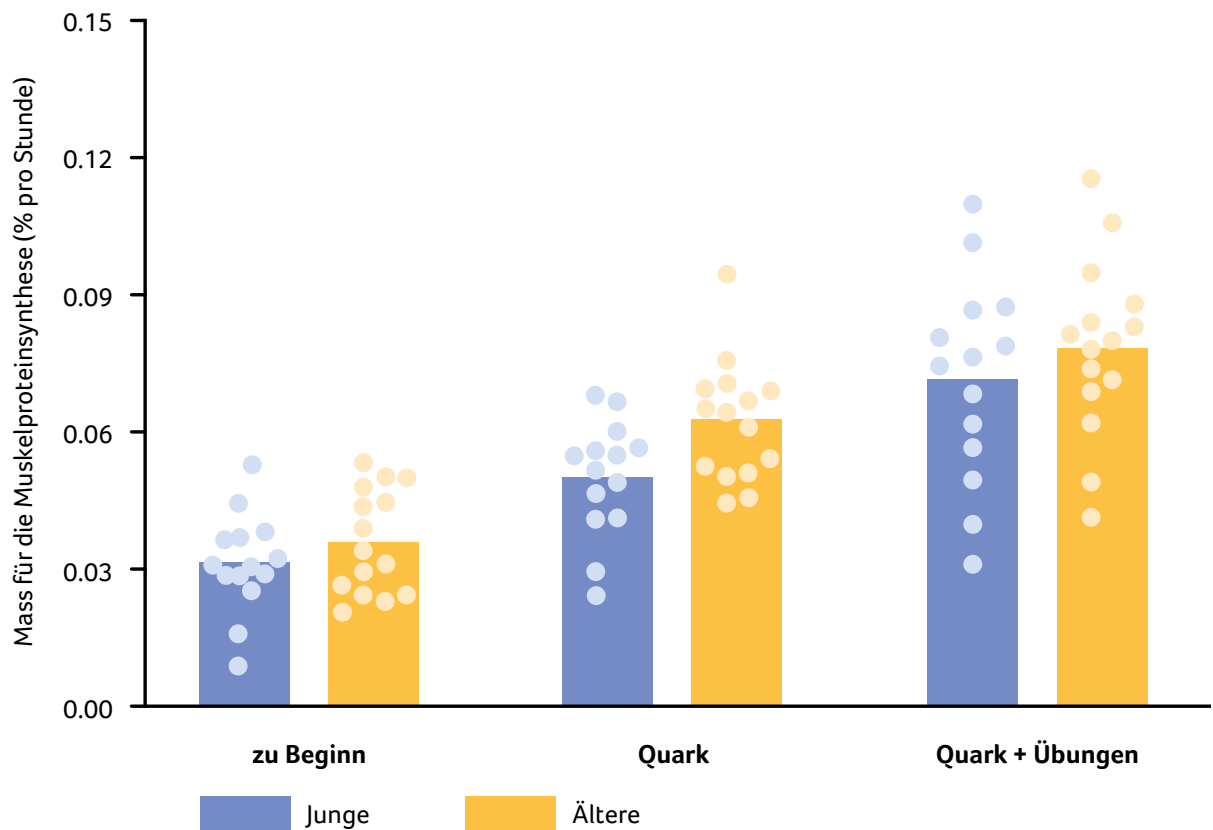
Milch und Milchprodukte unterscheiden sich zum Teil erheblich in ihrer physikalischen Struktur. Auch das hat Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und

Verwertbarkeit der Proteine sowie auf deren metabolische und gesundheitliche Auswirkungen (88). Dazu kommen Herstellungsprozesse wie das Fermentieren, das sich ebenfalls auf den Nährwert, die Proteinstruktur und -verwertbarkeit auswirkt. Beispielsweise wird das Protein aus fermentierten Milchprodukten wie **Joghurt** schneller verdaut als aus Milch, und es lässt die Aminosäurespiegel im Blut stärker ansteigen (89). In Joghurt liegen die Proteine im Gegensatz zur Trinkmilch in Form eines strukturierten Netzwerkes vor. Möglicherweise konnte Joghurt deshalb (in den wenigen dazu vorliegenden Studien) die mTOR-Signalkaskade und die MPS stärker aktivieren als Milch (90).

Käse wirkt sich auch anders auf die Aminosäurespiegel im Blut und auf die Muskelproteinsynthese aus als **Milch**. Dies ergab eine Studie an 24 jungen, normalgewichtigen Erwachsenen nach dem Verzehr von 65 g Cheddar-Käse im Vergleich zu 370 ml Milch. Beide Lebensmittel lieferten 20 g Protein und knapp 2 g Leucin. Postprandial stiegen die Spiegel an verzweigtkettigen Aminosäuren (vor allem Leucin) nach Käse langsamer an, blieben jedoch länger erhöht (Höhepunkt nach 2 Stunden) als nach Milch. Beide stimulierten die muskulären mTOR-Signalwege, wobei die Milch deutlicher wirkte, der Effekt beim Käse jedoch länger anhielt (91). Wie die beschriebenen Käsestudien zeigen, kompromittiert die Käse-Matrix die MPS nicht, auch wenn sich die Aminosäureprofile im Blut unterscheiden. Man nimmt an, dass dies auf die länger anhaltende Erhöhung der Aminosäurespiegel nach Käse zurückzuführen ist.

Aber gilt das auch für **ältere Menschen**, deren MPS ja nicht mehr so sensibel auf Nahrungsproteine reagiert? Eine erste Studie gibt darüber Auskunft. Darin wurden die Effekte von 30 g Protein in Form von **Quark** auf die MPS bei 14 jungen (18–35 Jahre) und 15 älteren (65–85 Jahre) gesunden Männern untersucht. Auch in dieser Versuchsanordnung waren die Probanden aufgefordert, ein Bein ruhen zu lassen und mit dem anderen gezielte Übungen zu absolvieren, damit sich die Effekte sowohl in Ruhe als auch während der Erholungsphase nach Belastung ermitteln lassen. Für die angestrebten 30 g Protein waren 291 g Magerquark nötig, die 16 g unentbehrliche Aminosäuren, davon 2,9 g Leucin, und 166 kcal lieferten. Interessanterweise fanden sich **keine Unterschiede zwischen den Altersgruppen**: Die Anstiege der Aminosäuren insgesamt und des Leucins im Blutplasma fielen gleich hoch aus, und die Muskelbiopsien ergaben gleich gute Steigerungen der MPS in beiden Gruppen (92).

«Echte» Lebensmittel bei Jung und Alt – kein Hinweis auf anabole Resistenz: 30 g Milchprotein aus Quark steigern die Muskelproteinsynthese bei gesunden Männern



Quelle: nach Hermans, WJH et al.: J Nutr 2023; 153: 66–75

Damit steht auch die in «Pulver-Studien» gefundene anabole Resistenz älterer Menschen wieder zur Diskussion, zumindest im Falle gesunder Senioren und bei ausreichend hoher Proteinzufuhr durch «echte» Lebensmittel, wie es in dieser Studie der Fall war. Möglich ist auch, dass die Verarbeitung der Milch zu Quark die MPS-stimulierende Wirkung der Proteine verstärkt (93). Leider liegen hierzu (noch) keine weiteren Daten vor, auch nicht zur Situation bei erkrankten Senioren sowie von Frauen.

Quark ist eine sehr preiswerte hochwertige, leucinreiche Proteinquelle, was insbesondere für (ältere) Personen mit schmalen Budget und eingeschränkter Zahngesundheit/Kaufähigkeit von Interesse ist. Zudem lässt er sich vielfältig zubereiten und sorgt so auch für Abwechslung auf dem «Muskel-Protein-Speiseplan».

Zwischenfazit:

Während die Matrix pflanzlicher Lebensmittel die Verwertbarkeit ihrer Proteine erheblich einschränken kann, ist dies bei der Matrix von Milch und Milchprodukten nicht der Fall. Dennoch zeigen sich auch bei Milchprodukten Unterschiede: So war die Muskelproteinsynthese (MPS) nach dem Konsum von Joghurt und Käse besser als nach dem Konsum von Milch, was unter anderem auf die Proteinstruktur und unterschiedliche Magenverweildauern zurückgeführt wird.

Vom richtigen Zeitfenster, oder: Ist Timing wirklich alles?

Um die MPS optimal zu unterstützen, wird üblicherweise empfohlen, die Proteinzufuhr möglichst gleichmässig über den Tag zu verteilen, weil dann die MPS um 25 % höher ist als bei ungleicher Verteilung (94). Wer morgens nur ein Brötchen mit Marmelade frühstückt, bekommt zu wenig Protein, um die MPS zu stimulieren, dies besonders nach der viele Stunden dauernden nächtlichen Nahrungspause. Insbesondere ältere Menschen sollten daher auf ein proteinhaltiges Frühstück achten (95). Als ideal für «Silver Ager» gelten 0,4 bis 0,6 g eines hochwertigen Proteins (z. B. aus Milchprodukten) pro Kilogramm Körpergewicht zu jeder Mahlzeit (96).

Körperliches Training verstärkt den anabolen Effekt der Aminosäuren. Eine aktuelle Meta-Analyse aus 116 Interventionsstudien mit 4711 Probanden kommt zu folgenden Schlussfolgerungen (97): Verglichen mit einem Placebo

- steigert eine Proteinzufuhr nach dem Training signifikant die fettfreie Körpermasse und die Skelettmuskelmasse;
- steigert die abendliche Proteinzufuhr (gemessen an Handgriffstärke und bei der Beinpresse) die Muskelmasse und -stärke am effektivsten;
- waren Milchproteine, ob in Form von Milch, Molkenprotein, Joghurt oder Kasein, effektive Stimulantien für Muskelmasse und -kraft – und sie waren bevorzugte Proteinquellen.

Auch beim Krafttraining wird empfohlen, kurz vor und bis zu etwa zwei Stunden nach den Übungen Protein (und ggfs. Kohlenhydrate) zu sich zu nehmen, um die MPS maximal anzuregen und die Regeneration zu optimieren. Nach zwei bis drei Stunden, so die verbreitete Sichtweise, lässt die MPS unwiderruflich nach (98). Alle Aminosäuren, die dann nicht in Proteine eingebaut wurden, sowie «überschüssig» zugeführte Aminosäuren würden dann zur Energiegewinnung oxidiert und seien damit für die Proteinsynthese verloren.* Auch wenn die Studienlage bis dato nicht einheitlich war, so gilt die MPS doch als sättigbarer Vorgang, der eine gezielte, über den Tag verteilte Eiweisszufuhr erfordert, um sie optimal zu unterstützen. Unter diesem Gesichtspunkt wäre auch intermittierendes Fasten für den Erhalt gesunder Muskeln kontraproduktiv.

Nach Einschätzung des renommierten Lebensmittel-, Ernährungs- und Proteinforschers Prof. Donald Layman von der Urbana-Champaign-Universität in Illinois (USA) gilt das Zeitfenster für die MPS aber nur für untrainierte Personen. Bei trainierten Sportlern halte die MPS viel länger an – bis zu 36 Stunden sind offenbar möglich (99). Da sie zum Muskelaufbau jedoch mehr Protein benötigen als Untrainierte, werden sie keine so langen Zufuhrpausen einlegen, denn alles benötigte Protein auf einmal zu verzehren, wäre unrealistisch und unpraktisch zugleich.

Eine aktuelle Arbeit sät ebenfalls Zweifel an der üblichen Sichtweise, dass es für die Proteinsynthese im Körper ein enges Zeitfenster gibt und dass der anabole Effekt der Nahrungsproteine bei etwa 25 g (bis 40 g bei Senioren) gedeckelt ist. Mithilfe Isotopenmarkierter Aminosäuren liessen sich in der holländischen Arbeit an 36 gesunden Männern (18–40 Jahre) die Wege der Aminosäuren nach dem Verzehr von 25 oder 100 g Milchprotein über 12 Stunden exakt nachvollziehen. Bevor sie die Milcheiweissdrinks zu sich nahmen, hatten die in ihrer Freizeit aktiven Probanden ein Ganzkörper-Krafttraining absolviert. Ihre Muskeln waren also maximal für die anabole Verwertung von Aminosäuren sensibilisiert. Die umfangreichen Analysen des Blutes, der Organe, des Bindegewebes und der Muskulatur in dieser randomisierten, doppelt-blinden, parallelen Interventionsstudie ergaben Folgendes (100):

- Eine höhere Proteinzufuhr (100 vs. 25 g) lässt die Aminosäurespiegel im Blut über mindestens 12 Stunden ansteigen.
- Eine höhere Proteinzufuhr (100 vs. 25 g) geht mit einer dauerhaften anabolen Verwertung der anflutenden Aminosäuren im ganzen Körper einher: Sie werden kontinuierlich in Blutproteine, Organproteine, Bindegewebe- und Muskelproteine eingebaut.
- Die höhere Proteinzufuhr steigerte die Aminosäureoxidation (und den zu entsorgenden Stickstoff) nur in einem vernachlässigbaren Umfang.
- Die MPS wird zwar über den Leucin-mTOR1-Weg angestossen, nach rund 4 Stunden läuft sie jedoch unabhängig von diesem Signalweg weiter, solange Aminosäuren über das Blut anfluten. Mit anderen Worten: Die zellulären, durch Leucin ausgelösten Signalkaskaden scheinen nur für die Initiierung der MPS wichtig, ihr Nachlassen nach

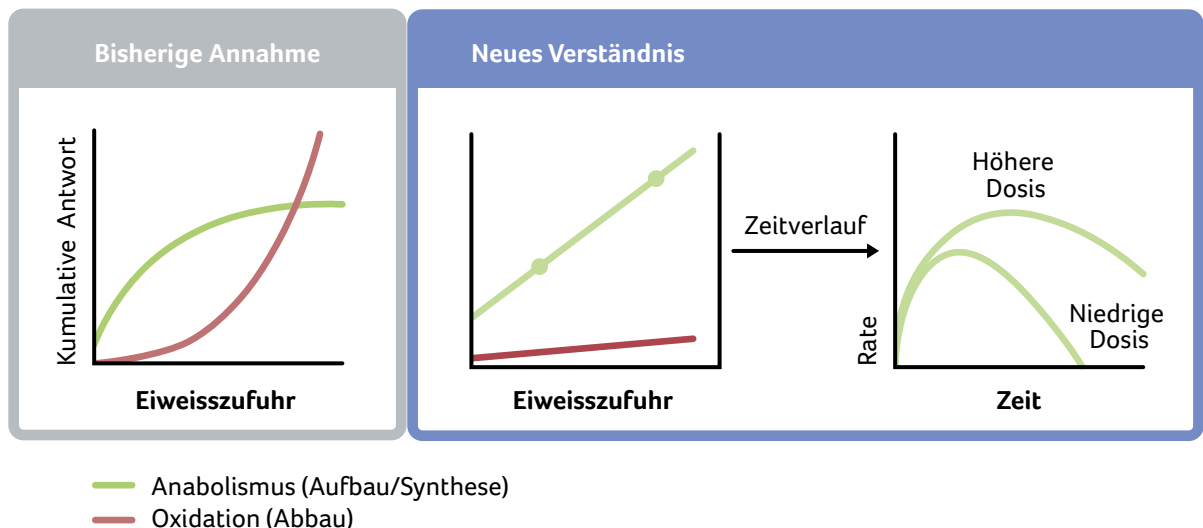
* Auf dieser Überlegung basiert das Konzept des Master Amino Acid Patterns (MAP): Die Gabe von ausschliesslich anabol wirkenden unentbehrlichen Aminosäuren in einer dem Menschen angepassten Zusammensetzung soll die Aminosäureoxidation und damit den Anfall von ausscheidungspflichtigem Stickstoff (Ammoniak) minimieren, was insbesondere für Nieren- und Leberkranke von Vorteil sein kann.

2 bis 4 Stunden begrenzt das zeitliche Ausmass der Proteinsynthese jedoch nicht. Die Autoren sprechen von einer Dissoziation von zellulären und metabolischen Effekten nach sehr hoher Proteinzufuhr.

- Die per Milcheiweiss-Getränk zugeführten Aminosäuren sind die wesentlichen Bausteine der neu gebildeten Proteine im ganzen Körper. Sie wirken additiv zum Recycling vorhandener Proteine.

- Die Autophagie (zellulärer Recyclingprozess, u. a. für fehlerhafte Proteine und Organellen, der als gesundheitsförderlich gilt) wird in den Muskelzellen wider Erwarten durch Proteinverzehr nicht gestört. Dies ist bedeutend, weil eine reduzierte Proteinzufuhr via Hemmung der mTOR-Signalkaskade als wichtiger positiver Effekt des intermittierenden Fastens gilt. Womöglich müssen Muskeln und andere Gewebe hier künftig getrennt betrachtet werden.

Alte und neue Erkenntnisse zu Dauer und Ausmass der anabolen Effekte nach (Milch-)Protein



Quelle: nach Trommelen, J et al.: Cell Reports Medicine 2023; 4: 101324

Was lässt sich aus den alten und neuen Erkenntnissen ableiten? Eine **grosse Menge an Milchprotein** (hier 100 g, bestehend aus «schnellem» Molkenprotein und «langsamem» Kasein) führt zu einer **lange anhaltenden Proteinsynthese im ganzen Körper**.

Ob dieser Effekt auch bei anderen, ausschliesslich «schnellen» Proteinquellen auftreten würde, ist damit nicht gesagt. Das heisst im Umkehrschluss: Wer intermittierend fasten oder nur zwei grössere Mahlzeiten täglich verzehren möchte, sollte vor allem vor längeren Fastenphasen reichlich Milchprotein (Milch, Joghurt, Käse) essen, das über einen hohen Anteil an langsamen Proteinen verfügt. Denn es ist wohl das langsam verdauliche Kasein, das für die anhaltend hohen Aminosäurespiegel für eine dauerhafte Proteinsynthese sorgt (101). Dies gilt insbesondere für Menschen, die an Insulinresistenz und/oder einem metabolischen Syndrom leiden, denn beides

fördert die Katabolie, also den Abbau von Muskeln, und senkt die Proteineffizienz, sodass mehr und/oder besseres Protein zum Muskelerhalt benötigt wird (es müssen aber keine 100 g sein) (102).

Bei untrainierten, kranken und älteren Personen sowie bei Sportlern, die nicht so viel Protein auf einmal (oder vor allem schnelles Molkenprotein) zu sich nehmen wollen oder können, ist es dagegen hilfreich, auf die Verteilung der Proteinzufuhr zu achten. Bei den Untrainierten und Älteren ist neben dem Frühstück (neuer Proteinkick nach der langen Nachtruhe) vor allem das Abendessen entscheidend (103). Denn wie oben bereits erwähnt, wirkt die abendliche Proteinzufuhr besonders effektiv (jedenfalls bei moderaten Proteinmengen). Die Muskelproteinsynthese kann also auch nachts aktiv sein, sofern genügend Aminosäuren im Blut zirkulieren.*

* Ob dies gesundheitlich wünschenswert ist (dauerhafte mTOR-Aktivierung in anderen Geweben) und auch dem Körper insgesamt guttut, ist damit nicht gesagt; hierzu sind weitere Untersuchungen nötig.

Das ist auch für die Muskelregeneration nach Kraftsport relevant. Eine zusätzliche Gabe langsamer Proteine vor dem Schlafengehen erwies sich hier als nützlich: Bei Kraftsportlern führten 40 g langfristig auch zu einem stärkeren Muskelmasse- und Muskelkraftzuwachs (104). Diese Effekte könnten auch bei Senioren genutzt werden, zum Beispiel in Form des alten Hausmittels (warme) Milch mit Honig als «Schlummertrunk». Damit sind zwar keine 40 g Protein erreichbar (es sei denn, man ergänzt mit Milchproteinpulver), doch liessen sich damit die Aminosäuren im Blut zumindest stabilisieren, sodass sich ein kleiner Beitrag zum Muskelerhalt ergeben dürfte.

Milch und Milchprodukte als Teil «muskelgesunder» Essmuster

Das, was wir essen, soll schmecken, gut bekömmlich sein und natürlich der Gesundheit und dem Wohlbefinden insgesamt dienen. Gesunde Muskeln tragen nicht zuletzt mithilfe ihrer Myokine dazu bei. Eine proteinreiche Ernährung mit Milch und Milchprodukten ist wiederum bedeutend für die Muskelgesundheit.

Das zeigt sich schon beim Frühstück: Wer milchproteinreicher frühstückt, fördert seine metabolische Gesundheit, und das nicht erst im Alter. So fand eine Interventionsstudie aus den Niederlanden, dass der Austausch von Kohlenhydratquellen (-2 Portionen) durch Milchprodukte (+2 Portionen) messbar günstige Effekte auf die glykämische Kontrolle, den Knochenstoffwechsel, die Sättigung und auf die Aminosäurespiegel (unentbehrliche gesamte und verzweigte Aminosäuren stiegen anhaltend an) im Blut ausübt. Zudem stieg das Inkretin GLP-1* nach zwei Portionen Milchprodukten an, was die Sättigung weiter verbesserte (105). Bei den Probanden handelte es sich um 20 junge, gesunde Männer und Frauen. Sollten sich diese Effekte auch bei Personen mit Adipositas und/oder metabolischem Syndrom zeigen, würde dies die Bedeutung von Milch und Milchprodukten (anstelle von kohlenhydratreichen Lebensmitteln) sowohl zur Unterstützung der Knochen- und Muskelgesundheit als auch für die metabolische Gesundheit insgesamt unterstreichen.

Da aktuell stark pflanzenbetonte bzw. rein pflanzliche Kostformen als gesund für die Menschheit und den Planeten propagiert werden (106), lohnt sich ein Blick auf deren Einfluss auf die Muskelgesund-

heit. Wie weiter oben schon beschrieben, erfordert eine für die MPS angemessene Proteinversorgung aus pflanzlichen Konzentraten/Isolaten grössere Zufuhrmengen, insbesondere bei älteren Personen (107, 108). Erst eine Studie hat die MPS nach dem Verzehr ganzer Mahlzeiten verglichen: Dazu verzehrten je 8 Männer und Frauen im Alter zwischen 65 und 85 Jahren einmal eine gemischte Mahlzeit aus Rinderhack, Bohnen, Kartoffeln, Kräuterbutter und Apfelsauce und eine vegane Mahlzeit aus Sojabohnen, Kichererbsen, dicken Bohnen, Quinoa und Sojasauce. Beide Mahlzeiten lieferten die gleiche Menge an Kalorien und Protein (0,45 g/kg Körpergewicht, 36 g pro Mahlzeit). Trotz ausreichender Proteinmengen und ähnlicher Aminosäuregehalte in beiden Speisen stiegen die Aminosäuren im Blut nach der Mahlzeit mit tierischem Protein deutlicher an. Auch die MPS fiel deutlich höher aus: plus 47 % im Vergleich zur veganen Mahlzeit (109).

Dies ist zwar nur eine akute Studie und sie umfasste keine Milchprodukte. Sie zeigt jedoch, dass sich die Effekte einer Mahlzeit auf die Muskelgesundheit nicht einfach anhand von errechneten Protein- und Aminosäuremengen vorhersagen lassen. Soweit es den Verzehr von Mahlzeiten betrifft, sind tierische Proteinquellen für die Muskelgesundheit von herausragender Bedeutung. Oder, um es mit den Worten der Autoren zu sagen: «Eine streng vegane Ernährung könnte daher die Fähigkeit zum Erhalt der Muskelmasse bei älteren Erwachsenen kompromittieren.»

Frühere Studien hatten bereits darauf hingewiesen, dass Veganer etwa ein Drittel weniger Leucin zu sich nehmen als Mischköstler (110) und dass ältere Menschen sowie klinisch Erkrankte bei höheren Anteilen tierischer Proteine in der Ernährung weniger Muskelmasse verloren. So wiesen langjährige ältere Vegetarierinnen im Vergleich zu Mischköstlerinnen einen schlechteren Erhalt der Muskelmasse auf, gemessen anhand einer geringeren mageren Körpermasse (111).

Auch darf nicht vergessen werden, dass eiweissreiche Lebensmittel meist eine ganze Reihe weiterer wichtiger Nährstoffe mitbringen. Bei pflanzlichen Eiweissquellen sind dies in erster Linie Kalium, Magnesium und Ballaststoffe, jedoch auch mehr oder weniger grosse Mengen an Kohlenhydraten und an Energie. Eine Interventionsstudie an 56 älteren Personen (i. D. 70 Jahre) über 12 Wochen ergab, dass mit einer Steigerung der Proteinzufuhr

* GLP-1-Analoga sind wirksame Abnehmhilfen (Produkte wie Wegovy oder Ozempic werden derzeit regelrecht gehypt): Im Gegensatz zu einer proteinreichen Ernährung mit geringem glykämischen Index, die den gleichen Effekt erzielt, haben sie jedoch teils erhebliche Nebenwirkungen.

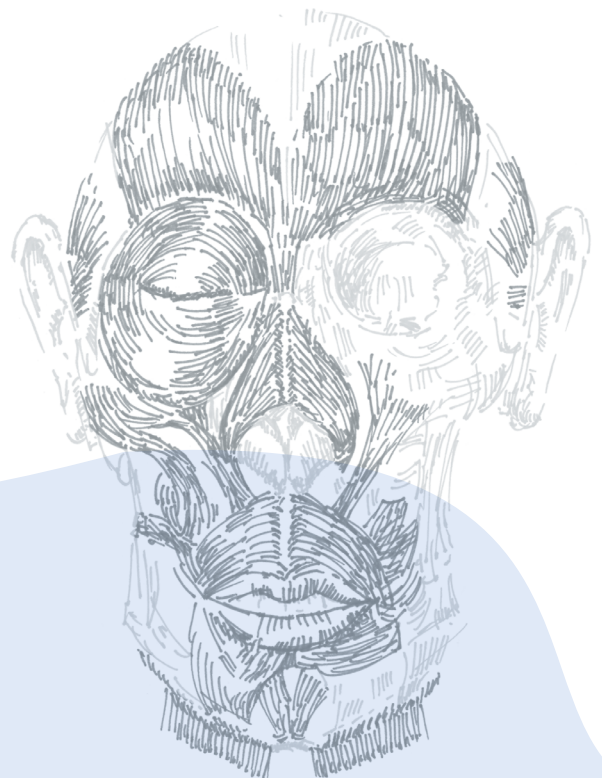
(von 1,0 auf 1,4–1,6 g/kg/Tag) auch die Zufuhr an B-Vitaminen, Selen und Jod signifikant steigt, sofern die Proteine überwiegend aus tierischen Grundnahrungsmitteln wie Fleisch, Fisch, Milchprodukten und Eiern stammen (112).

Schadet zu viel Protein Herz und Gefäßen?

Im Februar 2024 warf eine hochrangig publizierte Studie Bedenken hinsichtlich einer hohen Proteinzufuhr auf (ab 22 % über der täglichen Energiezufuhr bzw. 120 g/Tag) (113). Nach entsprechenden Proteingaben hatte man einen Leucin-vermittelten Anstieg von mTOR1 in Zellen des menschlichen Immunsystems (Makrophagen) gefunden. Doch was bedeutet das? Anhand von Fütterungsversuchen mit gentechnisch manipulierten Mäusen, die besonders schnell Herz- und Gefäßschäden erleiden, wurden die Beobachtungen aus den Zellstudien mit Herz- und Gefäßkrankheiten beim Menschen in Verbindung gebracht. Ob die Ergebnisse der Genmausstudien für die alltägliche Ernährung von Menschen relevant sind? Für das leucinreiche Milchprotein gibt es jedenfalls aus Studien mit Menschen keine Evidenz dafür, dass es Herz und Gefäßen schaden würde. Im Gegenteil: Man fand nach Milch- und Milchproduktekonsum (auch in den vollfetten Varianten) entweder neutrale oder gesundheitsförderliche Effekte (114).

Zwischenfazit:

Eine hohe Zufuhr von Milchproteinen (100 g) führt nach Krafttraining zu einer lange anhaltenden Proteinsynthese im ganzen Körper. Bei solchen Mengen scheint es kein Zeitfenster zu geben. Wer nicht so viel Protein auf einmal essen kann oder will, sollte seine Proteinzufuhr über den Tag verteilen, um für die Muskelproteinsynthese (MPS) jeweils ausreichende Mengen an Leucin zu erreichen. Die wichtigsten Mahlzeiten sind diesbezüglich das Frühstück und das Abendessen. Milchproteinhaltige Mahlzeiten bringen zudem Vorteile für die metabolische Gesundheit und zum Gewichtserhalt.



Zusammenfassung

Der derzeitige Kenntnisstand zu Milch, Milchprodukten und Muskelgesundheit lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Muskeln halten gesund, und gesunde Muskeln benötigen ausreichend Protein, denn sie werden (wie die Knochen) ein Leben lang auf-, ab- und umgebaut.
- Für eine lebenslang gute muskuläre Gesundheit bzw. den Erhalt von Muskelmasse und -stärke gilt es, die Muskelproteinsynthese (MPS) ausreichend zu fördern und den Abbau nicht überhandnehmen zu lassen. Neben körperlicher Aktivität ist dazu eine angemessene Ernährung nötig.
- Der wichtigste Nährstoff für eine ausreichende MPS ist Protein, wobei es sowohl auf die Menge als auch auf die Qualität (Verdaulichkeit, Absorbierbarkeit) ankommt, damit genügend Aminosäuren zur Verfügung stehen.
- In jungen Jahren überwiegt die Regulation der MPS durch Hormone wie Wachstumshormon (HGH), IGF-1 und Testosteron. Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene kommen daher auch mit weniger Protein pro Mahlzeit aus.
- Etwa ab der vierten/fünften Lebensdekade nimmt die Sensibilität der Muskelzellen für die anabolen Effekte der Proteine/Aminosäuren ab, gezeigt an isolierten Proteinen. Aufgrund dieser «anabolen Resistenz» werden dann pro Mahlzeit grössere Mengen hochwertiger Proteine (etwa 20 g, später 30 bis 40 g) für eine ausreichende MPS benötigt.
- Bei echten Lebensmitteln wie Milchprodukten und Käse scheint die anabole Resistenz älterer Menschen weniger ausgeprägt. Hierzu sind weitere Studien nötig.
- Die wichtigste anabole Aminosäure ist Leucin, das sowohl für die nötige (kleine) Insulinausschüttung sorgt als auch via mTOR-1 für die Initiierung der MPS. Pro Mahlzeit sollten ca. 2–3 g Leucin zugeführt werden, um die MPS anzuregen.
- Die Proteine in Milch, Milchprodukten und Käse und andere tierische Proteine sind reich an Leucin. Unter pflanzlichen Proteinen gibt es auch einige sehr gute Leucinquellen, wie jene aus Mais und Kartoffeln. Allerdings sind deren Proteingehalte gering.
- Bei rein pflanzlicher Ernährung fällt die Muskelproteinsynthese deutlich geringer aus als bei einer Mischkost mit tierischen Eiweissquellen.
- Milch und Milchprodukte ergänzen pflanzliche Proteinquellen wie Getreide und Hülsenfrüchte sehr gut, auch unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit (von pflanzlichen Proteinen allein

müsste mehr angebaut werden, was z. B. den Frischwasserverbrauch immens steigert [115]).

- Der hohe Kaseinanteil von Milch und Milchprodukten («langsames» Protein) kann die Proteinsynthese im Körper erheblich verlängern.
- Proteinpulver (Isolate/Konzentrate) können eine sinnvolle Ergänzung der Ernährung darstellen, falls eine ausreichende Zufuhr über echte Lebensmittel (z. B. alters- oder krankheitsbedingt) nicht möglich ist oder falls es darum geht, eine rein pflanzliche Ernährung mit ausreichend Protein zusammenzustellen.
- Die Proteinzufuhr sollte nicht in Form von Energieprozenten, sondern pro kg Körpergewicht angegeben werden: mindestens 0,8 g/kg für junge Erwachsene und 1 bis 1,5 g/kg für Ältere (ab 65 Jahre) oder Personen mit einem Mangelrisiko und 1–2 g/kg für Sportler.
- Weitere Studien mit echten Lebensmitteln, ganzen Mahlzeiten sowie die stärkere Berücksichtigung von Frauen sind nötig, um die noch vorhandenen Wissenslücken zu schliessen.

Milch und Milchprodukte sind also äusserst nützlich für lebenslang gesunde Muskeln – und damit für die Gesundheit insgesamt. Die Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE) empfiehlt täglich 2 bis 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. Damit lassen sich bereits rund 20 bis 40 g hochwertigstes, muskelaufbauendes, sättigendes Protein und rund 1,9 bis 4 g Leucin zuführen.

Blick über den Tellerrand

Wer (mehr als) die empfohlenen 2 bis 3 Portionen Milch und Milchprodukte täglich verzehrt, kann nicht nur seine Versorgung mit hochwertigem Protein und anderen wichtigen Nährstoffen sowie seine Muskel- und Knochengesundheit verbessern, sondern sich auch über geringere Risiken für Bluthochdruck, Herz- und Gefässkrankheiten sowie Typ-2-Diabetes freuen (116). Zudem passen Milch und Milchprodukte auch hervorragend in pflanzenbasierte und in kohlenhydratreduzierte Kostformen, die sich zur Prophylaxe und Therapie vieler Zivilisationserkrankungen bewährt haben.

Eine aktuelle Hypothese geht davon aus, dass die Galaktose aus Milch und Milchprodukten für einen Teil der anabolen Effekte verantwortlich ist, was

wiederum für komplette Lebensmittel anstelle von Isolaten spricht (117). Da Käse die MPS besonders lange und auch im Schlaf ankurbeln kann, bekommt die heiße Milch mit Honig als ideales «Bettmümpfeli» vor dem Schlafengehen nun durch Käsewürfel Konkurrenz.

Weil der Körper die Proteinversorgung priorisiert, helfen proteindichte Lebensmittel wie Milch und Milchprodukte dabei, eine kalorische Überernährung zu vermeiden, was zur Prävention und Behandlung von Übergewicht beitragen kann (118). Der Verzehr von Milch und Milchprodukten unterstützt den Erhalt eines normalen Körpergewichts und die Gewichtsabnahme bei gutem Erhalt der Muskelmasse (119) und einer guten glykämischen Kontrolle (120). Eine Interventionsstudie mit 30 g Protein pro Mahlzeit (0,8 vs. 1,2 g/kg/d) überwiegend aus Milch zum Muskelerhalt unter einer Reduktionsdiät bei älteren Adipösen läuft gerade (121).

Aktuell gibt es Bestrebungen, neue Qualitätsindizes für Proteine zu entwickeln, bei denen die unentbehrlichen Aminosäuren als individuelle Mikronährstoffe angesehen werden. Dies würde nicht nur eine exaktere Einschätzung der Qualität einzelner Proteinlieferanten ermöglichen (die derzeitigen Scores sind hier alle noch mangelhaft), sondern auch erlauben, ideale Lebensmittelkombinationen, etwa aus Milchprodukten und pflanzlichen Quellen, zusammenzustellen. Auch die obligatorische Deklaration von Lebensmitteln im Handel, die auf veralteten Vorgaben beruht und zum Beispiel die Proteingehalte von Milchprodukten unterschätzt, könnte mithilfe der neuen Indizes verbessert werden (122). Das Thema Milch, Protein, Muskeln und Gesundheit bleibt also spannend.



Literatur- und Quellenverzeichnis

Manche der genannten Studien wurden (teilweise) von der Milchwirtschaft finanziell unterstützt bzw. (teilweise) von deren Mitarbeitern durchgeführt. Insofern könnten Interessenkonflikte bestanden haben, worauf in den Originalarbeiten auch hingewiesen wird. Potenzielle Interessenkonflikte bestehen

natürlich auch bei manchen Studien, die pflanzliche Proteinquellen untersuchten bzw. deren Vorteile hervorheben, denn auch sie werden häufig von Firmen oder Vertretern vegetarischer/veganer Organisationen finanziell gefördert.

- (1) Froböse, I: Muskeln – die Gesundmacher. So bleiben wir fit, schlank und mental in Balance. Ullstein extra, Berlin 2023
- (2) Lyon, D: Forever strong. A new science-based strategy for aging well. Simon & Schuster, New York 2023
- (3) Krug, R: Eiweiss ganzheitlich betrachtet. Gesundheit aus Sicht der Muskeln. Kailo, Berlin 2023
- (4) Brandes, R et al. (Hrsg): Physiologie des Menschen. Springer, Berlin 2019, 32. Auflage, Seite 142
- (5) Bosy-Westphal, A et al.: Grade of adiposity affects the impact of fat mass on resting energy expenditure in women. *British Journal of Nutrition* 2009; 101: 474–477
- (6) Simoneau, JA, Bouchard, C: Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *American Journal of Physiology* 1989; 257: E567–572
- (7) Brandes, R et al. (Hrsg): Physiologie des Menschen. Springer, Berlin 2019, 32. Auflage, Seite 574
- (8) Ren, Y et al.: Nutritional Intervention Improves Muscle Mass and Physical Performance in the Elderly in the Community: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life* 2024; 14: 70
- (9) Layman, DK et al.: Defining meal requirements for protein to optimize metabolic roles of amino acids. *Am J Clin Nutr* 2015; 101(Suppl): 1330S–1338S
- (10) Cruz-Jentoft, AJ et al.: Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019; 48: 16–31
- (11) Merz, KE, Thurmond, DC: Role of Skeletal Muscle in Insulin Resistance and Glucose Uptake. *Compr Physiol* 2020; 10: 785–809
- (12) Lee, JH, Jun, HS: Role of Myokines in Regulating Skeletal Muscle Mass and Function. *Frontiers in Physiology* 2019; 10: 42
- (13) Lee, K et al.: Recent Issues on Body Composition Imaging for Sarcopenia Evaluation. *Korean Journal of Radiology* 2019; 20: 205–217
- (14) <https://de.wikipedia.org/wiki/Sarkopenie> (besucht am 20.2.2024)
- (15) Cruz-Jentoft, AJ et al.: Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019; 48: 16–31
- (16) Müller, T: Sarkopenie neu definiert. *Geriatric-Report* 2018; 13: 17
- (17) Lee, K et al.: Recent Issues on Body Composition Imaging for Sarcopenia Evaluation. *Korean Journal of Radiology* 2019; 20: 205–217
- (18) Schaupp, A et al.: Diagnostisches und therapeutisches Vorgehen bei Sarkopenie. *Z Gerontol Geriat* 2021; 14: 717–724
- (19) Rizzoli, R et al.: The role of dietary protein and vitamin D in maintaining musculoskeletal health in postmenopausal women: A consensus statement from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO). *Maturitas* 2014; 79: 122–132
- (20) Hengeveld, LM et al.: Prospective associations of protein intake parameters with muscle strength and physical performance in community-dwelling older men and women from the Quebec NuAge cohort. *Am J Clin Nutr* 2021; 113: 972–983

- (21) Hanach, NI et al.: The Impact of Dairy Protein Intake on Muscle Mass, Muscle Strength, and Physical Performance in Middle-Aged to Older Adults with or without Existing Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr* 2019; 10: 59–69
- (22) Phillips, SM et al.: Optimizing Adult Protein Intake During Catabolic Health Conditions. *Adv Nutr* 2020; 11: S1058–S1069
- (23) Cavalcante, BR et al.: «May the Force (and Size) Be with You»: Muscle Mass and Function Are Important Risk Factors for Cognitive Decline and Dementia. *J NutrHealth Aging* 2023; 27: 926–928
- (24) Wang, B et al.: Association of dietary patterns and sarcopenia in the elderly population: a crosssectional study. *Frontiers in Aging* 2023; 4: 1239945
- (25) Fuchs, CJ et al.: Branched-chain amino acid and branched-chain ketoacid ingestion increases muscle protein synthesis rates in vivo in older adults: a double-blind, randomized trial. *Am J Clin Nutr* 2019; 110: 862–872
- (26) Singh, A et al.: Milk-Derived Antimicrobial Peptides: Overview, Applications, and Future Perspectives. *Probiotics Antimicrob Proteins* 2023 Feb; 15: 44–62
- (27) Burd, NA et al. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *J Appl Physiol* 2009; 106: 1692–1701
- (28) Pinckaers, PJM et al.: The Anabolic Response to Plant-Based Protein Ingestion. *Sports Medicine* 2021; 51(Suppl 1): S59–S74
- (29) 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
- (30) Layman, DK et al.: Defining meal requirements for protein to optimize metabolic roles of amino acids. *Am J Clin Nutr* 2015; 101(Suppl): 1330S–1338S
- (31) Pinckaers, PJM et al.: The Anabolic Response to Plant-Based Protein Ingestion. *Sports Medicine* 2021; 51(Suppl 1): S59–S74
- (32) Halmos, T, Suba, I: The physiological role of growth hormone and insulin-like growth factors. *Orvosi Hetilap* 2019; 160: 1774–1783
- (33) Hidayat, K et al.: The skeletal safety of milk-derived proteins: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporosis International* 2023; 34: 1937–1949
- (34) Kopf-Bolanz, KA, Walther, B: Proteinkonsum in der Schweiz – Auswertung des menuCH Datensatzes. *Schweizer Ernährungsbulletin* 2021
- (35) Arentson-Lanz, EJ et al.: Important concepts in protein nutrition, aging, and skeletal muscle: Honoring Dr. Douglas Paddon-Jones (1969-2021) by highlighting his research contributions. *J Nutr* 2023; 153: 615–621
- (36) Du, Y et al.: Advantage of dairy for improving aging muscle. *J Obes Metab Syndr* 2019; 28: 167–174
- (37) Oshiro, S et al.: Antibodies against spike protein of SARS-CoV-2 variants in bovine whey IgG enriched fraction. *International Dairy Journal* 2022; 133: –105436
- (38) Givens, DI: Milk Symposium review: The importance of milk and dairy foods in the diets of infants, adolescents, pregnant women, adults, and the elderly. *J Dairy Sci* 2020; 103: 9681–9699
- (39) Auestad, N, Layman DK: Dairy bioactive proteins and peptides: a narrative review. *Nutr Rev* 2021; 79: 36–47
- (40) Food and Agriculture Organisation. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO expert consultation, 2011, FAO, Rome 2013
- (41) Kang, K et al.: Effects of milk and milk product consumption on growth among children and adolescents aged 6–18 years: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Advances in Nutrition* 2019; 10: 250–261
- (42) Gorissen, SHM, Witard, OC: Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society* 2018; 77: 20–31

- (43) Granic, A et al.: Myoprotective whole foods, muscle health and sarcopenia: A systematic review of observational and intervention studies in older adults. *Nutrients* 2020; 12: 1–32
- (44) Cuesta-Triana, F et al.: Effect of Milk and Other Dairy Products on the Risk of Frailty, Sarcopenia, and Cognitive Performance Decline in the Elderly: A Systematic Review. *Adv Nutr* 2019; 10(Suppl2): S105–S119
- (45) Mohammadi, S et al.: Effects of supplementation with milk protein on glycemic parameters: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis. *J Nutr* 2023; 22: 49
- (46) Törrönen, R et al.: Postprandial glycemic responses to a high-protein dairy snack and energy-enriched berry snacks in older adults. *Clin Nutr* 2022; 51: 231–238
- (47) Dougkas, A et al.: Associations between dairy consumption and body weight: A review of the evidence and underlying mechanisms. *Nutrition Research Reviews* 2011; 24: 72–95
- (48) Brandes, R et al. (Hrsg): *Physiologie des Menschen*. Springer, Berlin 2019, 32. Auflage
- (49) zit. n. Du, Y et al.: Advantage of dairy for improving aging muscle. *J Obes Metab Syndr* 2019; 28: 167–174
- (50) Welch, AA et al.: Dietary magnesium may be protective for aging of bone and skeletal muscle in middle and younger older age men and women: Cross-sectional findings from the UK Biobank cohort. *Nutrients* 2017; 9: 1189
- (51) Rizzoli, R et al.: The role of dietary protein and vitamin D in maintaining musculoskeletal health in postmenopausal women: A consensus statement from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO). *Maturitas* 2014; 79: 122–132
- (52) Phillips, SM, Martinson, W: Nutrient-rich, high-quality, protein-containing dairy foods in combination with exercise in aging persons to mitigate sarcopenia. *Nutr Reviews* 2018; 77: 216–229
- (53) Sechster Schweizerischer Ernährungsbericht 2012. Bundesamt für Gesundheit, Bern 2012
- (54) 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
- (55) <https://kwk.blv.admin.ch/webpublication/grid5/tmpHTTP/bb617a310a7c6cbce269fc1da5811a58.pdf>
- (56) Kopf-Bolanz, KA, Walther, B: Proteinkonsum in der Schweiz – Auswertung des menuCH Datensatzes. *Schweizer Ernährungsbulletin* 2021
- (57) Lonnie, M et al.: Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. *Nutrients* 2018; 10: 360
- (58) Morgan, PT et al.: Dietary protein recommendations to support healthy muscle ageing in the 21st century and beyond: considerations and future directions. *Proc Nutr Soc* 2023, doi: 10.1017/S0029665123003750
- (59) Campbell, WW et al.: The recommended dietary allowance for protein may not be adequate for older people to maintain skeletal muscle. *Journal of Gerontology* 2001; 56: M373–M380
- (60) Huang, LP et al.: Effects of Milk Protein in Resistance Training-Induced Lean Mass Gains for Older Adults Aged 60 y: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2021; 13: 2815
- (61) Nakayama, K et al.: Effects of low-dose milk protein supplementation following low-to-moderate intensity exercise training on muscle mass in healthy older adults: a randomized placebo-controlled trial. *Eur J Nutr* 2021; 60: 917–928
- (62) Miyazaki, R et al.: Associations between dairy consumption and the physical function in Japanese community-dwelling older adults: The Shimane CoHRE study. *Geriatric Nursing* 2023; 53: 19–24
- (63) Lim, MT et al.: Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* 2021; 13: 661
- (64) Domić, J et al.: Perspective: Vegan Diets for Older Adults? A Perspective On the Potential Impact On Muscle Mass and Strength. *Advances in Nutrition* 2022; 13: 1712–725
- (65) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991

- (66) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991
- (67) Gorissen, SHM, Witard, OC: Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society* 2018; 77: 20–31
- (68) Swissmilk-Dossier: Hülsenfrüchte (Teil 1)
- (69) Pinckaers, PJM et al.: Potato Protein Ingestion Increases Muscle Protein Synthesis Rates at Rest and during Recovery from Exercise in Humans. *Med Sci Sports Exerc* 2022; 54: 1572–1581
- (70) Pinckaers, PJM et al.: No differences in muscle protein synthesis rates following ingestion of wheat protein, milk protein, and their protein blend in healthy, young males. *Brit J Nutr* 2021; 126: 1832–1842
- (71) Pinckaers, PJM et al.: The muscle protein synthetic response following corn protein ingestion does not differ from milk protein in healthy young adults. *Amino acids* 2024; 56: 8
- (72) Swissmilk-Dossier: Hülsenfrüchte (Teil 1)
- (73) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991
- (74) Pinckaers, PJM et al.: The muscle protein synthetic response following corn protein ingestion does not differ from milk protein in healthy young adults. *Amino acids* 2024; 56: 8
- (75) Pinckaers, PJM et al.: The Anabolic Response to Plant-Based Protein Ingestion. *Sports Medicine* 2021; 51(Suppl 1): S59–S74
- (76) https://www.kelloggs.ch/de_CH/products/kellogg-s-corn-flakes-cereal.html
- (77) Pinckaers, PJM et al.: The muscle protein synthetic response following corn protein ingestion does not differ from milk protein in healthy young adults. *Amino acids* 2024; 56: 8
- (78) Forester, SM et al.: Perspective: Developing a nutrient-based framework for protein quality. *J Nutr* 2023; 153: 2137–2146
- (79) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991
- (80) Gorissen, SHM, Witard, OC: Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society* 2018; 77: 20–31
- (81) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991
- (82) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991
- (83) Gorissen, SHM, Witard, OC: Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society* 2018; 77: 20–31
- (84) Gorissen, SHM et al.: Ingestion of Wheat Protein Increases In Vivo Muscle Protein Synthesis Rates in Healthy Older Men in a Randomized Trial. *J Nutr* 2016; 146: 1651–1659
- (85) Swissmilk-Dossier Hülsenfrüchte (Teil 2)
- (86) Hanach, NI et al.: The Impact of Dairy Protein Intake on Muscle Mass, Muscle Strength, and Physical Performance in Middle-Aged to Older Adults with or without Existing Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr* 2019; 10: 1059–1069
- (87) Hermans, WJH et al.: Cheese Ingestion Increases Muscle Protein Synthesis Rates Both at Rest and During Recovery from Exercise in Healthy, Young Males: A Randomized Parallel-Group Trial. *J Nutr* 2022; 152: 1022–1030
- (88) Aoe, S: Milk, dairy products and bone health. Characteristics of calcium in milk. *Clin Calcium* 2018; 28: 493–498
- (89) Horstmann, AMH et al.: Postprandial blood amino acid concentrations in older adults after consumption of dairy products: The role of the dairy matrix. *Intl Dairy J* 2021; 113: 104890
- (90) Sumi, K et al.: Nutritional Value of Yogurt as a Protein Source: Digestibility/Absorbability and Effects on Skeletal Muscle. *Nutrients* 2023; 15: 4366

- (91) de Hart, NMMP, et al.: Acute Effects of Cheddar Cheese Consumption on Circulating Amino Acids and Human Skeletal Muscle. *Nutrients* 2021; 13: 614
- (92) Hermans, WJH et al.: Acute Quark Ingestion Increases Muscle Protein Synthesis Rates at Rest with a Further Increase after Exercise in Young and Older Adult Males in a Parallel-Group Intervention Trial. *J Nutr* 2023; 153: 66–75
- (93) Sumi, K et al.: Nutritional Value of Yogurt as a Protein Source: Digestibility/Absorbability and Effects on Skeletal Muscle. *Nutrients* 2023; 15: 4366
- (94) Marmerow, MM et al.: Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *J Nutr* 2014; 144: 876–880
- (95) Aoyama, S et al.: Distribution of dietary protein intake in daily meals influences skeletal muscle hypertrophy via the muscle clock. *Cell Reports* 2021; 36: 109336
- (96) Phillips, SM, Martinson, W: Nutrient-rich, high-quality, protein-containing dairy foods in combination with exercise in aging persons to mitigate sarcopenia. *Nutr Reviews* 2018; 77: 216–229
- (97) Zhou, HH et al.: Effects of Timing and Types of Protein Supplementation on Improving Muscle Mass, Strength, and Physical Performance in Adults Undergoing Resistance Training: A Network Meta-Analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2023; 34: 54–64
- (98) Layman, DK et al.: Defining meal requirements for protein to optimize metabolic roles of amino acids. *Am J Clin Nutr* 2015; 101(Suppl): 1330S–1338S
- (99) Interview mit Prof. Layman im Peter Attia Podcast Nr. 224 vom 6.9.2022, <https://www.youtube.com/watch?v=BqmG2y4IeY8> (angesehen im Februar 2024)
- (100) Trommelen, J et al.: The anabolic response to protein ingestion during recovery from exercise has no upper limit in magnitude and duration in vivo in humans. *Cell Reports Medicine* 2023; 4: 101324
- (101) Peter Attia Blogbeitrag zur Trommelen-Studie vom 27.1.2024, https://peterattiamd.com/protein-anabolic-responses/?utm_sou...1b8-%5BLIST_EMAIL_ID%5D&mc_cid=6a427ce767&mc_eid=8c7d3e3288
- (102) Raubenheimer D, Simpson, SJ: Protein appetite as an integrator in the obesity system: the protein leverage hypothesis. *Phil Trans R Soc B* 2023; 378: 20220212
- (103) Interview mit Prof. Layman im Peter Attia Podcast Nr. 224 vom 6.9.2022, <https://www.youtube.com/watch?v=BqmG2y4IeY8> (angesehen im Februar 2024)
- (104) Trommelen, J, van Loon, LJC: Pre-sleep protein ingestion to improve the skeletal muscle adaptive response to exercise training. *Nutrients* 2016; 8: 763
- (105) Hilkens, L et al.: Graded Replacement of Carbohydrate-Rich Breakfast Products with Dairy Products: Effects on Postprandial Aminoacidemia, Glycemic Control, Bone Metabolism, and Satiety. *J Nutr* 2024; 154: 479–490
- (106) Willett, W et al.: Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019; 393: 447–492
- (107) van Vliet, S et al.: The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. 2015; 145: 1981–1991
- (108) Gorissen, SHM, Witard, OC: Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society* 2018; 77: 20–31
- (109) Pinckaers, PJM et al.: Higher Muscle Protein Synthesis Rates Following Ingestion of an Omnivorous Meal Compared with an Isocaloric and Isonitrogenous Vegan Meal in Healthy, Older Adults. *J Nutr* 2023, doi 10.1016/j.tjn.2023.11.004
- (110) Dietrich, S et al.: Amino acid intake and plasma concentrations and their interplay with gut microbiota in vegans and omnivores in Germany. *Eur J Clin Nutr* 2022; 61: 2103–2114
- (111) Gorissen, SHM, Witard, OC: Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society* 2018; 77: 20–31
- (112) Hone, M et al.: Increases in protein intake, protein distribution score, and micronutrient intakes in older adults in response to a whole food-based dietary intervention. *Aging Clin Exp Res* 2022; 34: 927–934

- (113) Zhang, X et al.: Identification of a leucine-mediated threshold effect governing macrophage mTOR signalling and cardiovascular risk. *Nature Metabolism* 2024; 6: 359–377
- (114) Astrup, A et al.: Saturated Fats and Health: A Reassessment and Proposal for Food-Based Recommendations: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology* 2020; 76: 844–857
- (115) Dräger de Tean, T in WWF (Hrsg.): Wasserverbrauch und Wasserknappheit. Nach einer Ökobilanz-Studie von Eberle, U, Mumm, N von der corsus – corporate sustainability GmbH, Hamburg unter Mitarbeit von Meier, T, Institut für Nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft e. V. (INL), Halle/Saale
- (116) 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
- (117) Homolak, J et al.: D-galactose might mediate some of the skeletal muscle hypertrophy-promoting effects of milk—A nutrient to consider for sarcopenia? *BioEssays* 2023; 2300061
- (118) Raubenheimer, D, Simpson, SJ: Protein appetite as an integrator in the obesity system: the protein leverage hypothesis. *Phil Trans R Soc B* 2023; 378: 20220212
- (119) Mojtahedi, MC et al.: The Effects of a Higher Protein Intake During Energy Restriction on Changes in Body Composition and Physical Function in Older Women. *Journal of Gerontology* 2011, doi: 10.1093/gerona/glr120
- (120) Layman, KD, Walker, DA: Potential importance of leucine in treatment of obesity and the metabolic syndrome. *J Nutr* 2006; 136: 319S–323S
- (121) Miller, MG et al.: Rationale and design for a higher (dairy) protein weight loss intervention that promotes muscle quality and bone health in older adults with obesity: A randomized, controlled pilot study. *J Nutr Gerontol Geriatr* 2021; 40: 150–170
- (122) Forester, SM et al.: Perspective: Developing a nutrient-based framework for protein quality. *J Nutr* 2023; 153: 2137–2146



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.

