DOI: 10.4455/eu.2018.008

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!
Nutzung, Verbreitung und Weitergabe (auch auszugsweise) in allen Medienformen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

© Aamulya/iStock/Thinkstock

PROTEIN KONTRA

Das Proteinparadox: Viel oder wenig Nahrungsprotein – was ist besser für die Gesundheit?

Susanne Klaus, Andreas F. H. Pfeiffer, Heiner Boeing, Thomas Laeger, Tilman Grune

In Deutschland liegt der durchschnittliche Verzehr von Nahrungsprotein deutlich über der empfohlenen täglichen Mindestverzehrmenge, sodass wir uns über eine ausreichende Proteinversorgung eigentlich keine Gedanken machen müssten. Der Proteinverzehr wird allerdings in den letzten Jahren sehr kontrovers diskutiert. Einerseits wird eine Erhöhung der Proteinaufnahme im Rahmen von Restriktionsdiäten zum Abnehmen und ganz generell für Ältere empfohlen, andererseits geht der Trend zum vegetarischen und veganen Essen, das im Allgemeinen weniger proteinreich ist. Zudem legen epidemiologische Studien ein erhöhtes Krankheitsrisiko bei proteinreicher Ernährung nahe. Dieses „Proteinparadox“ wurde im Rahmen einer Klausurtagung von leitenden Wissenschaftlern des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung (DIfE) thematisiert.

Zitierweise:
Klaus S, Pfeiffer AFH, Boeing H, Laeger T, Grune T (2018) The protein paradox – how much dietary protein is good for health? Ernahrungs Umschau 65(2): 42–47

The English version of this article is available online:
DOI: 10.4455/eu.2018.008

Protein als Lieferant unentbehrlicher Aminosäuren

Protein (Eiweiß) ist ein wichtiger Makronährstoff, da wir einen Teil der Aminosäuren, aus denen das Protein besteht, nicht selbst synthetisieren können. Protein macht (nach Wasser) mit etwa 10 kg bei Erwachsenen den größten Anteil der menschlichen Körpermasse aus. Das Trockengewicht vieler Körperzellen besteht zu über 50 % aus Protein. Obwohl Protein neben Fetten und Kohlenhydraten zu den energieliefernden Makronährstoffen zählt, nimmt es eine Sonderstellung ein, da es nie primär als Energiespeicher im Körper eingelagert wird. Anders als Fette, die im Fettgewebe und Kohlenhydrate, die als Glykogen in

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!
Nutzung, Verbreitung und Weitergabe (auch auszugsweise) in allen Medienformen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

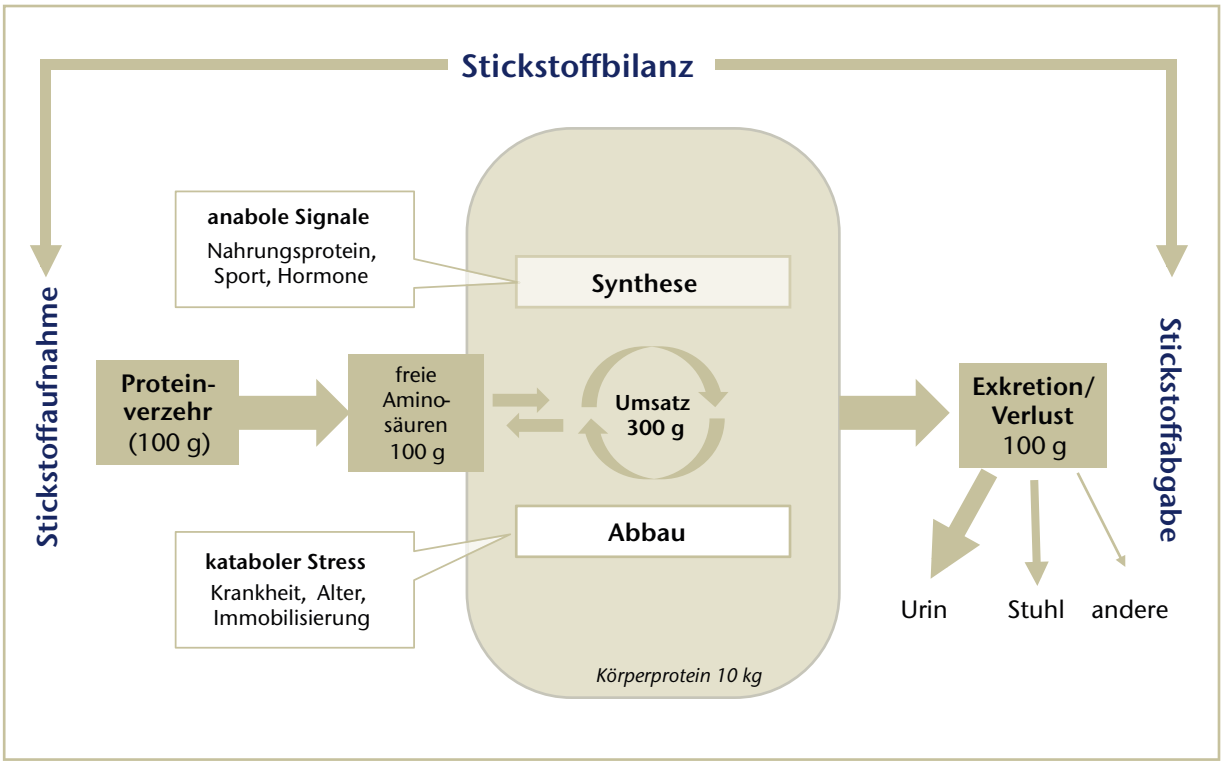

Abb. 1: **Täglicher Proteinstoffwechsel eines Erwachsenen bei ausgeglichener Stickstoffbilanz**
Bei einer ausgeglichenen Stickstoffbilanz wird genau die Menge Stickstoff ausgeschiedenen, die täglich in Form von Protein bzw. Aminosäuren aufgenommen wird. Von den etwa 10 kg Körperprotein wird ein kleiner Teil täglich erneuert, d. h. umgesetzt, wobei immer Stickstoff aus dem Abbau der Aminosäuren verloren geht, der durch die Proteinaufnahme ersetzt werden muss. Der Proteinumsatz wird bestimmt durch Synthese und Abbau, die durch anabole Signale bzw. katabolen Stress beeinflusst werden. Bei erhöhter Proteinaufnahme wird auch der Proteinumsatz erhöht. Da der Körper keine spezifischen Proteinspeicher besitzt, werden nicht benötigte Aminosäuren zur Energiegewinnung oxidiert und der Stickstoff v. a. in Form von Harnstoff ausgeschieden. Umgekehrt kann auch bei verringerter Proteinzufuhr, z. B. beim Fasten, der Proteinumsatz und damit die Stickstoffausscheidung reduziert werden. Jedoch wird beim Fasten immer auch eine gewisse Menge Körperprotein abgebaut, das zur Energieversorgung des Körpers notwendig ist.

der Leber und im Muskel gespeichert werden, haben körpereigene Proteine immer eine spezifische Funktion, sei es als Strukturelement wie im Muskel, als Katalysator für biochemische Reaktionen in Form von Enzymen oder als Rezeptor und Botenstoff für die Signalübertragung und Kommunikation von Organen und Zellen.

Das Körperprotein wird ständig umgesetzt (◆ Abbildung 1), etwa 300 g des Proteinpools werden täglich erneuert und zwischen 50 und 100 g davon gehen dem Organismus verloren und müssen daher durch Nahrungsprotein ersetzt werden. Dabei scheint der Körper sehr empfindlich auf einen Proteinmangel zu reagieren. Nach der sogenannten „Proteinhebel"-Hypothese ist die Regulation des Nahrungsverzehrs, d. h. des Appetits, vorrangig darauf ausgerichtet, genügend Protein aufzunehmen: Wenn Lebensmittel relativ proteinarm sind, ist der Appetit größer und es wird mehr verzehrt (und damit auch mehr Fett und Kohlenhydrate aufgenommen) als bei proteinreichen Lebensmitteln [1]. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass eine proteinreiche Nahrung sättigender ist als eine proteinarme, was letztendlich die Basis für den Erfolg von proteinreichen Diäten zur Gewichtsrestriktion ist.

Empfohlener täglicher Proteinverzehr

Die notwendige Mindestmenge der täglichen Proteinaufnahme ist schwierig festzulegen, da es natürlich große individuelle Unterschiede gibt. Der empfohlene tägliche Verzehr (*recommended daily allowance*, RDA) von 0,8 g pro kg Körpergewicht für Erwachsene sollte prinzipiell eine ausreichende Proteinversorgung für gesunde Erwachsene über 19 Jahren gewährleisten. Diese Empfehlung, die bereits seit mehreren Jahrzehnten existiert, beruht auf Studien zur Stickstoffbilanz. Aminosäuren – die Bausteine der Proteine – enthalten immer Stickstoff (N) in der namensgebenden Aminogruppe. Beim Abbau von Protein und Aminosäuren kann nur ein Teil dieses Stickstoffs wiederverwendet werden, der Rest wird v. a. als Harnstoff und Ammonium über den Urin ausgeschieden. Indem man versucht, den ausgeschiedenen Stickstoff möglichst quantitativ zu erfassen, lässt sich berechnen, welche Stickstoffaufnahme in Form von Protein nötig ist, um die Bilanz auszugleichen.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!
Nutzung, Verbreitung und Weitergabe (auch auszugsweise) in allen Medienformen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

Streng genommen stellt der RDA eine sichere, empfohlene Mindestverzehrmenge dar, was einen höheren Proteinverzehr, wie er in Industrieländern die Regel ist, nicht ausschließt. Ein Proteinanteil von 10–35 % an der täglichen Gesamtenergieaufnahme (En%) wird als akzeptabel angesehen (*acceptable macronutrient distribution range*, ADMR). Für einen Mann mit 80 kg Körpergewicht entspräche dies einem Proteinverzehr von 65–228 g pro Tag (bei einem angenommenen Energieumsatz von 2 600 kcal) während der RDA bei 64 g läge. Derzeit wird kontrovers diskutiert, ob einerseits der RDA angehoben werden müsste, insbesondere für ältere Personen, und ob andererseits ein zu hoher Proteinverzehr auf Dauer schädlich ist, da er die Nieren belasten könnte [2].

Das Proteinparadox

Man kann heute tatsächlich von einem „Proteinparadox" sprechen: Auf der einen Seite wurde klar gezeigt, dass eine Erhöhung des Proteinverzehrs anabole Wirkung hat, d. h. die Muskelmasse erhöht, und dass Diäten mit einem hohen Proteinanteil sehr effektiv sind bei der Prävention und Therapie von Adipositas und dadurch verursachte Stoffwechselstörungen [3]. Auf der anderen Seite wird die lebensverlängernde Wirkung einer energie- und proteinreduzierten Ernährungsweise propagiert. Studien legen nahe, dass Protein und Aminosäuren eine Insulinresistenz auslösen können, und erst kürzlich wurde in Tierstudien gezeigt, dass eine Restriktion von diätetischem Protein und Aminosäuren die Produktion von FGF21 (Fibroblasten-Wachstumsfaktor 21) in der Leber erhöht, einem Hormon, das positive Stoffwechseleffekte hat und sogar, zumindest bei Mäusen, lebensverlängernd wirkt [4].

Erklärungsansätze

Ein Teil dieses Paradoxes ist vielleicht dadurch zu erklären, dass in den verschiedenen Studien jeweils unterschiedliche Endpunkte betrachtet werden, die dann jeweils als gesundheitsfördernd oder gesundheitsbeeinträchtigend klassifiziert werden. Interessant dabei sind Untersuchungen an Insekten, bei denen die optimale Proteinversorgung im Hinblick auf den Fortpflanzungserfolg oder auf die Lebenserwartung untersucht wurde. Dort zeigte sich, dass ein hoher Proteinanteil den Fortpflanzungserfolg erhöhte, während ein niedriger Proteinanteil zwar zu weniger Nachkommen führte, aber das Leben verlängerte.
Nun zählt der Mensch nicht zu den Insekten, aber selbst an Mäusen wurde gezeigt, dass eine im Verhältnis zu Kohlenhydraten niedrige Proteinaufnahme die Lebenserwartung verlängerte [5]. Allerdings zeigen diese Studien auch, dass dies nur bei einer niedrigen Fettzufuhr der Fall war. Bei einer erhöhten Fettaufnahme war dieser Effekt hinfällig und eine Erhöhung der Proteinzufuhr bei gleichzeitiger hoher Fettzufuhr konnte sogar die Verringerung der Lebenserwartung durch die Hochfettdiät verhindern, wie unsere eigenen Studien an Mäusen belegen [6].

Dies zeigt sehr deutlich, dass die Proteinzufuhr nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern dass die Verhältnisse der einzelnen Makronährstoffe (Kohlenhydrate, Fett und Protein) zueinander von zentraler Bedeutung sind.

Den Einfluss des Proteinverzehrs auf die Lebenserwartung des Menschen direkt zu untersuchen, ist natürlich unmöglich, aber man kann gezielte Interventionsstudien über einen limitierten Zeitraum durchführen. Eine Metaanalyse, d. h. eine zusammenfassende Analyse von einer Reihe solcher Studien, kam zu dem Ergebnis, dass Hochproteindiäten (im Vergleich zu Niedrigproteindiäten) wahrscheinlich Übergewicht, den Blutdruck und die Blutfettwerte verbessern, diese Effekte aber eher klein sind [7]. Interessant ist dabei, dass Hochproteindiäten sättigender wirken und dadurch die Energieaufnahme verringern. Dadurch lässt sich sicherlich ein Teil der positiven Effekte erklären.
Im Hinblick auf die Mortalität ist im Jahr 2014 eine interessante epidemiologische Studie erschienen, die zeigte, dass ein niedriger Proteinverzehr mit einer verringerten Mortalität und Krebsrate bei Erwachsenen unter 65 Jahren assoziiert war, d. h., dass eine Proteinrestriktion durchaus positive Effekte auf die Gesundheit und die Lebenserwartung haben könnte. Allerdings kehrte sich dies bei über 65-Jährigen um: Je älter, desto vorteilhafter war ein

© valdum/iStock/Thinkstock

Das Proteinparadox: Eine Erhöhung der Proteinzufuhr zeigt meist in Interventionsstudien positive anabole Effekte, bspw. eine Erhöhung der Muskelmasse. Epidemiologische Studien dagegen zeigen meist einen Zusammenhang zwischen niedriger Proteinaufnahme und verbesserter Gesundheit.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!
Nutzung, Verbreitung und Weitergabe (auch auszugsweise) in allen Medienformen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

hoher Proteinverzehr [8]. Das unterstützt die aktuellen Bestrebungen, die Empfehlungen zum Mindestproteinverzehr für Ältere auf 1–1,2 g pro kg Körpergewicht zu erhöhen. So hat die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) 2017 die Referenzwerte für Nahrungsprotein überarbeitet und die Referenz- bzw. Schätzwerte für ältere Erwachsene ab 65 Jahren jetzt auf 1,0 g Protein pro kg Körpergewicht erhöht [9].

Proteinqualität: zentrale Bedeutung der Aminosäurezusammensetzung

Ein Faktor, der in der Diskussion des Proteinparadoxes nicht vergessen werden darf, ist die Proteinqualität. Da Protein per se ja nicht im Körper gespeichert werden kann, müssen wir täglich genügend Protein verzehren, um den Bedarf an unentbehrlichen Aminosäuren, die wir nicht selber herstellen können, zu gewährleisten. Die Nahrungsproteine haben eine unterschiedliche Zusammensetzung und die Wertigkeit der Nahrungsproteine wird anhand der jeweils limitierenden unentbehrlichen Aminosäure(n) errechnet.

Eine gängige Methode ist der PDCAAS *(protein digestibility-corrected amino acid score)*, wonach die Wertigkeit auf den Bedarf eines Kleinkindes bezogen wird mit hochwertigem Eiprotein als Referenzprotein. Allgemein haben dabei pflanzliche Proteine eine geringere Wertigkeit als tierische Proteine, die in ihrer Zusammensetzung unserem eigenen Aminosäureprofil ähnlicher sind, was seit langem bekannt ist. Die Vollwertigkeit der Proteinernährung mit ausschließlich pflanzlichen Proteinen, d. h. eine vegane Ernährung, kann daher nur durch geschickte Kombination verschiedener Proteinquellen realisiert werden. Bei einer einseitigen veganen Ernährung kann es zum Mangel an einzelnen unentbehrlichen Aminosäuren kommen.

Die optimale Zufuhr an den unentbehrlichen Aminosäuren wurde dabei bisher empirisch durch Fütterungsexperimente v. a. an Ratten bestimmt. Einen ganz neuen Ansatz hat eine kürzlich publizierte Studie aufgezeigt, in der die optimale Aminosäurenzusammensetzung des Nahrungsproteins *in silico* (= am PC) bestimmt wurde, d. h. berechnet als die Zusammensetzung, die sich ergibt, wenn man die gesamte, auf der DNA kodierte Erbinformation in Protein, d. h. Aminosäuresequenzen, übersetzt. Bei Fruchtfliegen reduzierte die Fütterung einer so zusammengesetzten Aminosäuremischung die Nahrungsaufnahme insgesamt und erhöhte den Fortpflanzungserfolg, ohne die Lebenserwartung zu vermindern. Auch bei Mäusen konnte ähnliches beobachtet werden. Durch die optimierte Aminosäurezusammensetzung konnte die Proteinzufuhr durch die Nahrung reduziert werden, ohne das Wachstum zu beeinträchtigen [10]. Die Übertragbarkeit solcher Forschungsansätze auf den Menschen ist jedoch noch völlig unklar, und daher ist eine mögliche Anwendung in der humanen Ernährung noch rein spekulativ.

Aminosäuren und die zelluläre Stressantwort

Aminosäuren fungieren nicht nur als Bestandteil von Proteinen, sondern können auch spezifische zelluläre Signalfunktionen haben. So aktiviert die unentbehrliche, verzweigtkettige Aminosäure Leucin einen zellulären Signalweg namens mTOR *(mechanistic Target of Rapamycin)*, der generell anabole Auswirkungen hat, d. h. das Zellwachstum und die Proteinsynthese stimuliert. Eine Aminosäurerestriktion, d. h. ein zellulärer Mangel an einzelnen Aminosäuren, stimuliert wiederum eine Kinase namens GCN2 *(general control nonderepressible 2)*, was zu einer globalen Unterdrückung der Aminosäuresynthese und des mTOR-Weges führt und interessanterweise die zelluläre Stressantwort aktiviert. Unter anderem wird dabei auch die Bildung des bereits erwähnten Fibroblastenwachstumsfaktors 21 (FGF21) induziert, der ins Blut sezerniert wird und hormonelle Wirkungen auf den Stoffwechsel hat. Wie bereits erörtert, werden diese Wirkungen als generell gesundheitsfördernd angesehen.

Die positiven metabolischen Effekte einer Proteinrestriktion scheinen in der Tat v. a. durch die Erhöhung von FGF21 vermittelt zu werden – und zwar unabhängig von einem Gewichtsverlust. Eine Proteinrestriktion könnte somit eine Alternative zu einer gewichtsreduzierenden Restriktionsdiät darstellen. Allerdings sind auch bei vielen Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus oder Fettleber die FGF21-Spiegel erhöht, wahrscheinlich als eine Art „Rettungssignal" des Körpers. Umgekehrt wird durch Hochproteindiäten die Produktion von FGF21 heruntergefahren. Eine kürzlich publizierte Studie des DIfE zeigte, dass die Erhöhung der Proteinzufuhr bereits nach 6 Wochen zu einer dramatischen Reduzierung der Fettleber und der Insulinresistenz bei übergewichtigen Diabetespatienten führte. Dieses ging mit stark verminderten FGF21-Blutspiegeln einher. Interessanterweise hatten tierisches und pflanzliches Protein dabei dieselbe Wirkung [3].

Die Bedeutung von FGF21 ist daher nicht ganz klar. Einerseits ist es bei Patienten mit Fettleber erhöht und nimmt parallel zur Reduktion der Fettleber ab, andererseits wurden ihm positive Stoffwechseleffekte nachgewiesen. Man könnte dies vielleicht so interpretieren, dass ein gesunder Organismus FGF21 „nicht nötig hat", bei Stoffwechselentgleisungen FGF21 jedoch die negativen Gesundheitsfolgen abpuffern kann.

Bei gesunden Menschen wird bei Überernährung FGF21 schnell und stark durch eine exzessive Kohlenhydrataufnahme, aber nicht durch Fette, stimuliert, und steigert dann die Insulinsensitivität im Muskel, sodass die Kohlenhydrate effektiver aus der Zirkulation eliminiert werden. Gleichzeitig steigen auch die

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!
Nutzung, Verbreitung und Weitergabe (auch auszugsweise) in allen Medienformen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

Blutfette an als Ausdruck der hepatischen Lipogenese und VLDL-Synthese [11]. Interessanterweise hemmt FGF21 die Präferenz für Kohlenhydrate bei Mäusen durch zentrale dopaminerge Mechanismen [12]. Polymorphismen im Bereich des FGF21-Genes wurden mit einer Präferenz für Kohlenhydrate assoziiert [13]. FGF21 könnte also die Balance vom Appetit auf Kohlenhydrate und Proteine steuern.

Interventionsstudien versus epidemiologische Studien

Humane Interventionsstudien wie die oben genannte zeigen in der Regel, dass bei übergewichtigen Patienten mit Stoffwechselstörungen die Erhöhung der Proteinzufuhr positive Effekte hat. Epidemiologische Studien dagegen zeigen meist einen Zusammenhang zwischen niedriger Proteinaufnahme und verbesserter Gesundheit [14]. Wie lässt sich diese Diskrepanz erklären? Dazu muss man sich klarmachen, dass Interventions- und epidemiologische Studien sehr unterschiedlich konzipiert sind.

In Interventionsstudien wird über einen definierten Zeitraum (in der Regel mehrere Wochen oder Monate) eine Diät mit einer anderen verglichen, so z. B. eine Hochproteindiät mit einer Niedrigproteindiät, wobei meist eine definierte Proteinquelle, z. B. Molkenprotein, verwendet wird. Die Anzahl der eingeschlossenen Probanden/Patienten ist dabei limitiert und es werden vor Beginn der Studie klare Ein- und Ausschlusskriterien definiert.

Bei prospektiven epidemiologischen Studien werden der Verzehr von Lebensmitteln bei einem möglichst großen, repräsentativen Personenkreis zu einem Zeitpunkt erhoben und Assoziationen mit dem Auftreten bestimmter Erkrankungen nach mehreren Jahren berechnet. Für die Abschätzung des Krankheitsrisikos durch einzelne Makronährstoffe (wie dem Protein) wird der Makronährstoffgehalt (in dem Fall: Protein) der verschiedenen Lebensmittel zugrunde gelegt. Das bedeutet, letztendlich wird nicht der Proteinverzehr erfasst, sondern die einzelnen Lebensmittel. Wir essen ja nicht Protein, Fett oder andere Makronährstoffe, sondern Lebensmittel pflanzlicher oder tierischer Herkunft, die eine komplexe Zusammensetzung an essenziellen und nichtessenziellen, verdaulichen und unverdaulichen, verwertbaren und nichtverwertbaren Bestandteilen haben.

So ist nachweislich der Verzehr von rotem Fleisch mit einem erhöhten Darmkrebsrisiko assoziiert. Das beweist jedoch noch keinen kausalen Zusammenhang und gibt auch keinen Hinweis darauf, woran das liegen könnte, ob der Proteingehalt, einzelne Aminosäuren oder ganz andere Bestandteile des Fleisches, z. B. Häm, dafür verantwortlich sind.

Ein anderes Beispiel ist pflanzliches Protein, das in epidemiologischen Studien oft positive Effekte bzw. weniger negative Effekte als tierisches Protein zeigt [15]. Pflanzen enthalten jedoch immer auch viele weitere Bestandteile wie sekundäre Pflanzeninhaltstoffe, mehr oder weniger komplexe Kohlenhydrate und Ballaststoffe, die jeweils unterschiedliche physiologische Effekte auf unseren Organismus haben können. Auch wissen wir noch zu wenig über die spezifischen Effekte einzelner Aminosäuren oder Peptide oder die spezifische Wirkung von Stickstoffmetaboliten des Aminosäureabbaus, z. B. von Ammonium (NH_4^+). Die endgültige Aufklärung des „Proteinparadoxes" wird daher die Ernährungswissenschaften sicher noch längere Zeit beschäftigen.

Fazit

Es besteht weitgehend Einigung darüber, dass eine relativ hohe Proteinzufuhr bei Älteren zur Erhaltung der Muskelmasse und Gesundheit vorteilhaft ist.

Bei gesunden Erwachsenen sind negative gesundheitliche Folgen eines hohen Proteinverzehrs nicht eindeutig belegt, und dieser hat durchaus positive Effekte bei Patienten mit Übergewicht und Fettleber.

Die spezifischen Mechanismen, wie Proteine oder einzelne Aminosäuren den zellulären und gesamten Stoffwechsel beeinflussen, sind jedoch noch nicht vollständig aufgeklärt, sodass es für konkrete Ernährungsempfehlungen noch zu früh ist.

Weiterhin ist natürlich dabei zu beachten, aus welchen Proteinquellen diese Vorschläge weltweit realisierbar sind, da hier auch ökonomische, ökologische und ethische Fragestellungen zunehmend eine Rolle spielen werden.

Prof. Dr. Susanne Klaus[1]
Prof. Dr. Andreas F. H. Pfeiffer[2]
Prof. Dr. Heiner Boeing[3]
Dr. Thomas Laeger[4]
Prof. Dr. Tilman Grune[5, 6]
Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIfE), Potsdam Rehbrücke
[1] Abteilung Physiologie des Energiestoffwechsels
[2] Abteilung Klinische Ernährung
[3] Abteilung Epidemiologie
[4] Abteilung Experimentelle Diabetologie
[5] Abteilung Molekulare Toxikologie
[6] scientific.director@dife.de

Interessenkonflikt
Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. *Simpson SJ, Raubenheimer D (2005) Obesity: the protein leverage hypothesis. Obes Rev 6: 133–142*
2. *Phillips SM (2017) Current concepts and unresolved questions in dietary protein requirements and supplements in adults. Front Nutr 8: 13*
3. *Markova M, Pivovarova O, Hornemann S et al. (2017) Isocaloric diets high in animal or plant protein reduce liver fat and inflam-*

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!
Nutzung, Verbreitung und Weitergabe (auch auszugsweise) in allen Medienformen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

mation in individuals with type 2 diabetes. Gastroenterology 152: 571–585

4. *Laeger T, Henagan TM, Albarado DC et al. (2014) FGF21 is an endocrine signal of protein restriction. J Clin Invest 124: 3913–3922*
5. *Simpson SJ, Le Couteur DG, Raubenheimer D (2015) Putting the balance back in diet. Cell 161: 18–23*
6. *Keipert S, Voigt A, Klaus S (2011) Dietary effects on body composition, glucose metabolism, and longevity are modulated by skeletal muscle mitochondrial uncoupling in mice. Aging Cell 10: 122–136*
7. *Santesso N, Akl EA, Bianchi M et al. (2012) Effects of higher- versus lower-protein diets on health outcomes: a systematic review and meta-analysis. Eur J Clin Nutr 66: 780–788*
8. *Levine ME, Suarez JA, Brandhorst S et al. (2014) Low protein intake is associated with a major reduction in IGF-1, cancer, and overall mortality in the 65 and younger but not older population. Cell Metab 19: 407–417*
9. *Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE). D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 2. Ergänzungslieferung (2017)*
10. *Piper MDW, Soultoukis GA, Blanc E et al. (2017) Matching dietary amino acid balance to the in silico-translated exome optimizes growth and reproduction without cost to lifespan. Cell Metab 25: 1206*
11. *Lundsgaard AM, Fritzen AM, Sjoberg KA et al. (2017) Circulating FGF21 in humans is potently induced by short term overfeeding of carbohydrates. Mol Metab 6: 22–29*
12. *Talukdar S, Owen BM, Song P et al. (2015). FGF21 regulates sweet and alcohol preference. Cell Metab 23: 344–349*
13. *Chu AY, Workalemahu T, Paynter NP (2013) Novel locus including FGF21 is associated with dietary macronutrient intake. Hum Mol Genet 22: 1895–1902*
14. *van Nielen M, Feskens EJ, Mensink M et al., InterAct Consortium (2014) Dietary protein intake and incidence of type 2 diabetes in Europe: the EPIC-InterAct Case-Cohort Study. Diabetes Care 37: 1854–1862*
15. *Vieira AR, Abar L, Chan DSM et al. (2017) Foods and beverages and colorectal cancer risk: a systematic review and meta-analysis of cohort studies, an update of the evidence of the WCRF-AICR Continuous Update Project. Ann Oncol 28: 1788–1802*

DOI: 10.4455/eu.2018.008

ERNÄHRUNGS UMSCHAU
Forschung & Praxis
www.ernaehrungs-umschau.de

Verlag: UMSCHAU ZEITSCHRIFTENVERLAG GmbH
Ein Unternehmen der ACM Unternehmensgruppe

Anschrift: ERNÄHRUNGS UMSCHAU im UMSCHAU ZEITSCHRIFTENVERLAG GmbH, Marktplatz 13, 65183 Wiesbaden, PF 5709, 65047 Wiesbaden, Tel.: 0611 58589-0, Fax: 0611 58589-269,
E-Mail: kontakt@ernaehrungs-umschau.de (Verlag), eu-redaktion@mpm-online.de (Redaktion)

Herausgeber:
Prof. Dr. Helmut Heseker (hes), Universität Paderborn

Ehrenherausgeber:
Prof. Dr. med. vet. Helmut F. Erbersdobler (he), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Objekt- und Redaktionsleitung:
Dr. Udo Maid-Kohnert (umk), mpm Fachmedien (V.i.S.d.P.), Tel.: 06403 63772, Fax: 06403 68442, E-Mail: kohnert@mpm-online.de

Redaktion:
Stv. Redaktionsleitung: Dr. Sabine Schmidt (scs), Stella Glogowski (stg)
Redakteurinnen: Dr. Caroline Krämer (ck), Dr. Lisa Hahn (lh), Tel.: 06403 63772, mpm Fachmedien, PF 11 03, 35411 Pohlheim; Online-Redaktion: Myrna Apel (mya), Tel.: 0611 58589-252, Susanne Paulini (Redaktionsassistenz), Tel.: 0611 58589-251, Dipl. oec. troph. Susanne Koch, Diätassistentin, Hamburg (Verband der Diätassistenten – Deutscher Bundesverband e.V. [VDD]) · Dipl. oecotroph. Astrid Donalies, Bonn (BerufsVerband Oecotrophologie e. V. [VDOE]) · Dipl. oec. troph. Antje Gahl, Dipl. oec. troph. Constanze Schoch (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. [DGE])

Supplement „Ernährungslehre & Praxis“:
Stella Glogowski, Dr. Udo Maid-Kohnert (verantwortlich), mpm Fachmedien, PF 11 03, 35411 Pohlheim

Redaktionsbeirat:
Prof. Dr. O. Adam, München · Prof. Dr. C. A. Barth, München · Prof. Dr. H. K. Biesalski, Stuttgart-Hohenheim · Prof. Dr. H. Boeing, Potsdam-Rehbrücke · Prof. Dr. Christine Brombach, Wädenswil/Schweiz Prof. Dr. H. Daniel, Freising · PD Dr. Thomas Ellrott, Göttingen · Prof. Dr. I. Elmadfa, Wien · Prof. Dr. H. Hauner, München/Freising · Prof. Dr. Angela Häußler, Heidelberg Prof. Dr. T. Hofmann, Weihenstephan · Prof. Dr. G. Jahreis, Jena · Prof. Dr. Dr. H.-G. Joost, Potsdam-Rehbrücke · Prof. Dr. M. Kersting, Dortmund · Dr. B. Kluthe, Freudenstadt/Freiburg · Prof. Dr. B. Koletzko, München Uta Köpcke, Bad Liebenzell · Prof. Dr. A. Kroke, Fulda · Prof. Dr. W. Langhans, Zürich Prof. Dr. I.-U. Leonhäuser, Gießen · Dr. H. Oberritter, Bonn · Dr.-Ing. K. Paulus, Wädenswil/Schweiz · Prof. Dr. Ulrike Pfannes, Hamburg Prof. Dr. U. Rabast, Hattingen · Prof. Dr. G. Rimbach, Kiel · Prof. Dr. Gabriele Stangl, Halle-Wittenberg · Prof. Dr. P. Stehle, Bonn Prof. Dr. B. Watzl, Karlsruhe · Prof. Dr. J. G. Wechsler, München · Prof. Dr. G. Wolfram, Freising · Kerstin Wriedt, Hamburg

Geschäftsführung: Carsten Augsburger

Verlagsleitung: Frank Wolfförster, Tel.: 0611 36098-134

Anzeigenleitung: Tanja Kilbert, Tel.: 0611 58589-201, Fax: 0611 58589-269, E-Mail: t.kilbert@uzv.de

Anzeigendisposition: Rüdiger Schwenk, Tel.: 0611 58589-230, Fax: 0611 58589-269

Preisliste Nr. 60 gültig ab 01. 01. 2018.

Anzeigenschluss am 20. des Vormonats. Für Stellenanzeigen am 27. des Vormonats.

Abo-/Leserservice: Albrecht König, Tel.: 0611 58589-262, Fax: 0611 58589-269, E-Mail: a.koenig@uzv.de

Gestaltung, Satz: Beatriz Castañón De Viciola

GOGREEN
Der CO_2-neutrale Versand

Druck: Druckerei Chmielorz GmbH, Ostring 13, 65205 Wiesbaden-Nordenstadt

Bezugsbedingungen:
Die ERNÄHRUNGS UMSCHAU erscheint monatlich, jeweils zur Monatsmitte. Jahresabonnement € 83,– zzgl. Versandkosten (Inland € 15,–, Ausland € 22,–), ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Diätassistenten € 64,– zzgl. Versandkosten (Inland € 15,–, Ausland € 22,–). Jahresabonnement im Kombi-Abonnement mit DGEInfo € 92,– zzgl. Versandkosten (Inland € 16,– Ausland € 24,–), ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Diätassistenten € 72,50 zzgl. Versandkosten (Inland € 16,–, Ausland € 24,–). Einzelheft-Verkaufspreis (ohne DGEInfo) € 10,00. Alle Preise verstehen sich jeweils inklusive 7 % Mehrwertsteuer. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres die Kündigung erfolgt. Erfüllungsort ist Wiesbaden. Für die Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Das Supplement DGEInfo liegt den Exemplaren der Ernährungs Umschau für die DGE-Mitglieder bei, der Bezug ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.
Bei Nichterscheinen infolge Streik oder Störung durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung.

Mitglied des Fachverbandes Fachpresse des VDZ.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Besprechungsexemplare etc. wird keine Haftung übernommen. Die mit Namen gekennzeichneten Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.

Der Anzeigenteil sowie die Rubriken „Kurz & bündig“, „Markt“ erscheinen außerhalb der Verantwortung der Redaktion, des Herausgebers, der Verbände und der Gesellschaften, deren Organ die Ernährungs Umschau ist. Anzeigen, PR-Beiträge und Fremdbeilagen stellen allein die Meinung der dort deutlich erkennbaren Auftraggeber dar. Die Rubrik „Mitteilungen“ repräsentiert ausschließlich die Meinung der Verbände und Gesellschaften und liegt außerhalb der redaktionellen Verantwortung.

Indexed Web of Knowledge, www.isiknowledge.com

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Erklärung gemäß § 5 des Hessischen Pressegesetzes:
UMSCHAU ZEITSCHRIFTENVERLAG, Wiesbaden

ISSN 0174-0008
UMSCHAU ZEITSCHRIFTEN-VERLAG GmbH, Wiesbaden