



Proteinzufuhr im Sport

Position der Arbeitsgruppe Sporternährung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE)

Daniel König, Anja Carlsohn, Hans Braun, Mareike Großhauser, Alfonso Lampen, Stephanie Mosler, Andreas Nieß, Klaus Schäbenthal, Alexandra Schek, Kiran Virmani, Rainer Ziegenhagen, Helmut Heseker

Abstract

Eine bedarfsgerechte und qualitativ hochwertige Zufuhr von Proteinen bzw. Aminosäuren ist für die Synthese körpereigener Strukturen wie Muskeln, Sehnen, Bändern und Knochen von großer Bedeutung. Darüber hinaus werden vielfältige metabolische und hormonelle Stoffwechselprozesse durch Proteine gesteuert bzw. beeinflusst. Entsprechend stimulieren oder hemmen Proteine bzw. Aminosäuren in unterschiedlicher Ausprägung anabole Signaltransduktionswege sowie die Synthese und Sekretion verschiedener Hormone wie Insulin, Wachstumshormon oder *Insulin like growth factor 1* (IGF-1).

Eine sportart- und belastungsspezifisch angepasste Proteinzufuhr kann daher den Trainingsprozess sinnvoll unterstützen und die Leistungsbereitschaft fördern. Dies beinhaltet unter anderem Erhalt oder Aufbau von Muskelmasse bzw. Muskelkraft, Vermeidung einer Stoffwechsellage mit Proteinkatabolismus sowie verbesserte Restitution in der Nachbelastungsphase.

Auch wenn die Bedeutung der Proteinzufuhr im Sport zunehmend bekannt ist, wird über Aussagen in Bezug auf Zufuhrmenge, Art der Proteinquelle, optimale Aminosäurezusammensetzung sowie Zeitpunkt der Zufuhr nach wie vor kontrovers diskutiert. Gerade in der Laienpresse bzw. kommerziell ausgerichteten Webseiten kursieren oft einseitige bzw. falsche Empfehlungen, die nicht durch wissenschaftliche Evidenz gestützt werden.

In dem vorliegenden Positionspapier werden aktuelle Erkenntnisse zu physiologischen Wirkungen der Proteinzufuhr im Sport, unter besonderer Berücksichtigung des Zufuhrmenge- bzw. des Dosis-Wirkungs-Aspekts, dargestellt.

Schlüsselwörter: Proteine, Sporternährung, Zufuhrempfehlungen, Muskelmasse, Regeneration

Zitierweise

König D, Carlsohn A, Braun H, Großhauser M, Lampen A, Mosler S, Nieß A, Schäbenthal K, Schek A, Virmani K, Ziegenhagen R, Heseker H: Proteins in sports nutrition. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE). *Ernährungs Umschau* 2020; 67(7): 132–9.

The English version of this article is available online:

DOI: 10.4455/eu.2020.039

Peer-Review-Verfahren

Begutachtet im Zuge der Erstellung

Positionspapiere unterliegen in der ERNÄHRUNGS UMSCHAU, wie auch in vielen anderen Fachzeitschriften, nicht dem Peer-Review-Verfahren, weil es sich bei Positionspapieren bereits um vielfach durch ExpertInnen (Peers) bewertete, diskutierte und auf breiter Basis konsenterte Texte handelt.

Korrespondierender Autor

Klaus Schäbenthal
schuebenthal@dge.de

Einleitung

Eine ausreichende Proteinzufuhr ist für den menschlichen Organismus von elementarer Bedeutung. Proteine sind wichtige Bausteine im Bau- und Strukturstoffwechsel von Muskeln, Knochen und Bindegewebe. Aber auch im Zellstoffwechsel, Hormonhaushalt, im Immun- und Gerinnungssystem sowie im Energiestoffwechsel spielen Proteine bzw. Aminosäuren eine wichtige Rolle [1–3]. In Hinblick auf mögliche Beeinflussungen im Sport werden wiederholt positive Effekte auf muskuläre Proteinbiosynthese, Muskelmasse und Muskelkraft, Verbesserung der Körperkomposition, Vermeidung einer katabolen Stoffwechsellage, Immunkompetenz und Sicherstellung einer optimalen Regeneration in der Nachbelastungsphase genannt [1, 4–6].

Zur Erreichung dieser Ziele ist neben einer quantitativ ausreichenden Proteinzufuhr auch eine qualitativ hochwertige Proteinzufuhr notwendig [3, 7]. Seit vielen Jahrzehnten wird daher im Sport neben der Quantität der Proteinzufuhr auch immer die Frage nach der Proteinquelle und der Aminosäurezusammensetzung gestellt. Obwohl in letzter Zeit verschiedene Meta-Analysen zu dieser Thematik publiziert wurden, sind immer noch nicht alle Fragestellungen abschließend beantwortet. Es wird zudem vermehrt darüber diskutiert, ob die Zusammensetzung hinsichtlich einzelner Aminosäuren für die Wirkung entscheidend ist oder ob auch Di-, Tri- oder Oligopeptide mit spezifischer Signalwirkung in der zellulären Regulation eine Rolle im muskulären Adaptationsprozess spielen [3, 8–10].

Es ist unbestritten, dass erst durch die Kombination von Training und Proteinzufuhr messbare Verbesserungen möglich sind [11, 12]. Durch eine alleinige Steigerung der Proteinzufuhr ohne Veränderung der Trainingsaktivität kann keine strukturelle oder metabolische Anpassung erwartet werden.

Darüber hinaus herrscht unter WissenschaftlerInnen weitgehend Konsens, dass eine aus-



gewogene Ernährung reich an hochwertigen Proteinen immer an erster Stelle der Proteinzufuhr stehen sollte [1, 3, 7, 12]. Obwohl viele Studien mit positiven Ergebnissen zur Proteinzufuhr im Sport mit Supplementen durchgeführt wurden, gilt das Primat, dass eine veränderte Proteinzufuhr primär über eine Optimierung der Ernährung erreicht werden sollte. Es gibt keine wissenschaftliche Evidenz aus kontrollierten Studien, dass physiologische Trainingsadaptationen nur durch Supplemente mit einer spezifischen Aminosäurezusammensetzung erzielt werden könnten [13]. Vielmehr werden Studien häufig aus methodischen Gründen mit Supplementen durchgeführt, da Lebensmittel bzw. komplette Mahlzeiten eine hinsichtlich Proteinmenge und Aminosäurezusammensetzung standardisierte Verabreichung ebenso wie randomisierte Doppelblindstudien erschweren. Es ist aber auch akzeptiert, dass in speziellen Fällen sinnvolle Anwendungen für die Proteinsupplemente bestehen [3, 9–11].

In der vorliegenden Position wird zunächst der Proteinbedarf von SportlerInnen dargestellt. Anschließend wird auf die Themen Art der Proteinzufuhr, Muskel- und Kraftaufbau, Regeneration sowie Timing der Proteinzufuhr näher eingegangen.

Proteinbedarf bei SportlerInnen

Für gesunde Erwachsene im Alter von 19 bis unter 65 Jahren beträgt der D-A-CH-Referenzwert für die empfohlene Proteinzufuhr 0,8 g/kg Körpergewicht (KG)/Tag [14]. Für Menschen über 65 Jahre wurde 2017 im Rahmen der Überarbeitung der D-A-CH-Referenzwerte für die Proteinzufuhr ein Schätzwert von 1,0 g/kg KG/Tag festgelegt, da bei älteren Personen aufgrund vielfältiger Einflussgrößen von einem höheren Proteinbedarf als bei jüngeren Erwachsenen ausgegangen wird [14]. Diese Sichtweise trifft auch für den Sport zu; viele, wenn auch nicht alle Untersuchungen, haben gezeigt, dass eine gesteigerte Proteinzufuhr strukturelle und metabolische Adaptationen im Trainingsprozess fördern kann [3, 7, 11, 15, 16]. Aufgrund der Dynamik der Anpassung ist es nicht zwangsläufig sinnvoll, den Proteinbedarf im Training nur an einer ausgeglichenen Stickstoffbilanz festzumachen, da der/die trainierende SportlerIn sich nicht in einem Gleichgewicht, sondern in einem anabolen Anpassungsprozess befindet. Dies gilt sowohl für alle Formen des Kraft- als auch des Ausdauertrainings im ambitionierten Breiten- und Leistungssport [12, 17, 18].

Zu betonen ist jedoch, dass dies für Trainingsvolumina von mind. fünf Stunden pro Woche und mehr gilt. Sportliche Betätigungen unterhalb von fünf Stunden pro Woche sind lediglich als Ausgleich für eine zumeist sitzende Tätigkeit zu betrachten [19].

Aktuell empfehlen die *International Society of Sports Nutrition* und das *American College of Sports Medicine*, dass die Proteinzufuhr im Sport in Abhängigkeit von Trainingszustand und Trainingsziel bei ca. 1,2–2,0 g/kg KG/Tag liegen sollte [3, 7]. Im Gegensatz zu früheren Empfehlungen ist die Proteinzufuhr nicht mehr als eine fixe Kenngröße im Ernährungsalltag der SportlerInnen zu verstehen, sondern sollte je nach Trainingsziel, Trainingsintensität und Trainingsumfang flexibel adaptiert werden [1, 7]. So kann, unabhängig von der Sportart, z. B. in Periodisierungsphasen des Kraft- oder Muskelaufbaus sowie auch bei gewünschter Fettreduktion, eine

Steigerung des Proteinanteils sinnvoll sein. Gerade zu Beginn eines neuen Trainingszyklus oder bei weniger trainierten SportlerInnen kann dabei der Proteinbedarf sogar höher als im adaptierten Zustand sein [3]. In einer aktuellen Meta-Analyse von Morton et al. wird allerdings darauf hingewiesen, dass in Studien mit Proteinsupplementen zur Steigerung der fettfreien Masse (FFM) keine weitere Zunahme der FFM bei Dosierungen über 1,6 g/kg KG nachweisbar war [9, 10]. Nach aktuellem Wissenstand ist daher davon auszugehen, dass höhere Dosierungen nur in besonderen Trainingssituationen für ein begrenztes Zeitintervall sinnvoll bzw. zu empfehlen sind [3]. Die EFSA hat keine tolerierbare Gesamtzufuhrmenge für Protein abgeleitet, eine Proteinzufuhr in doppelter Höhe des Referenzwerts wird für Erwachsene von der EFSA allerdings als sicher angesehen [19]. Allerdings kann ein schädlicher Effekt auf die Nierenfunktion bei einer Ernährungsweise mit einer Proteinzufuhr von ≥ 2 g/kg KG/Tag über einen langen Zeitraum nicht ausgeschlossen werden [20].

Einzelne Studienergebnisse weisen darauf hin, dass ExtremsportlerInnen, sowohl im Ausdauer- als auch im Kraftsportbereich, von noch höheren Proteindosierungen (bis 3 g/kg KG) profitieren könnten [3]. Aktuell ist die Datenlage jedoch nicht ausreichend, um diese extrem hohen Proteinmengen zu empfehlen. Darüber hinaus muss bei Proteinen – im Unterschied zu Kohlenhydraten und Fetten, die rückstandslos zu Wasser und Kohlendioxid abgebaut werden – die Aminogruppe der Aminosäuren als Harnstoff entgiftet und über den Urin ausgeschieden werden. Auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr muss geachtet werden. Obwohl aktuelle Studien nicht nachweisen konnten, dass eine gesunde Niere bei derartigen Proteinmengen geschädigt wird, belegen zahlreiche Publikationen, dass eine vorgeschädigte Niere (z. B. bei Diabetes mellitus) durch so hohe Proteinbelastungen längerfristig Schaden nehmen kann [21, 22]. Da es bislang nur wenige Untersuchungen mit geringer Fallzahl im Sport unter den hier vorliegenden besonderen Bedingungen (Dehydratation, reduzierter renaler Plasmafluss, Myozytolyse, Proteinurie etc. [23]) gibt, sollten derart hohe Dosierungen zumindest nicht ohne ärztliche Kontrolluntersuchungen über längere Zeit eingenommen werden. Dies verdeutlicht auch eine Stellungnahme des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR), in der aus gesundheitlichen Gründen Orientierungswerte für zu-



sätzliche tägliche Zufuhren an isolierten verzweigtkettigen Aminosäuren abgeleitet wurden (Erwachsene: 4,0 g Leucin/Tag, 2,2 g Isoleucin/Tag und 2,0 g Valin/Tag bzw. 8,2 g/Tag zusätzliche Gesamtmenge an isolierten verzweigtkettigen Aminosäuren) [24].

Proteinquellen

Proteine haben vielfältige Wirkungen im Organismus. In Hinblick auf die sportliche Leistungsfähigkeit sind die Effekte von Proteinen bzw. Aminosäuren in Bezug auf die Steigerung der muskulären Proteinbiosynthese nach Krafttraining am besten erforscht. Aus diesem Bereich liegen auch die meisten Untersuchungsergebnisse zu unterschiedlichen Proteinquellen bzw. Aminosäurezusammensetzungen vor [10, 11, 16, 25]. Hinsichtlich des physiologischen Wirkmechanismus haben bisherige Untersuchungen gezeigt, dass, in Kombination mit einer Insulinausschüttung durch Kohlenhydratzufuhr, verzweigtkettige Aminosäuren die muskuläre Proteinsynthese über die mTOR-Signalkaskade (mTOR = *mechanistic target of rapamycin*) stimulieren können [26]. Abgesehen von der Zufuhr isolierter Aminosäuren bzw. deren Gemische ist es ebenfalls von großem Interesse, ob es spezifische Vorteile bei der Zufuhr von Proteinen aus unterschiedlichen Quellen, z. B. aus Casein, Milch, Molke, Soja, Ei, Erbsen gibt.

Auch wenn es biochemisch-physiologisch nachvollziehbar ist, dass über eine vermehrte Zufuhr von Aminosäuren der sportinduzierte anabole Reiz auf die muskuläre Proteinbiosynthese, die Muskelmasse und die Muskelkraft gesteigert werden kann, haben nicht alle randomisiert-kontrollierten Studien diesen Trainingseffekt nachweisen können [9, 16]. Obwohl viele Meta-Analysen einen signifikanten Kombinationseffekt von Training und Proteinzufuhr auf die Zunahme der fettfreien Masse bzw. Muskelmasse letztendlich bestätigt haben (s. u.), konnte auch durch diese Studien die Frage nach der Art der Proteinquelle nicht abschließend beantwortet werden, da entsprechende Positiveffekte durch unterschiedliche Protein- bzw. Aminosäurequellen induziert wurden [9, 10, 16, 25, 27].

Ungeachtet der Unterschiede in der zeitlichen Bioverfügbarkeit und damit dem Zeitpunkt der Zufuhr unterschiedlicher Proteine (■ ■ ■ „Timing der Proteinzufuhr“), kann aktuell keine Proteinquelle als eindeutig überlegen für die Steigerung der muskulären Proteinbiosynthese angesehen werden [26, 28]. Dies gilt – bei deutlich geringerer Datenlage – auch für andere Bereiche der sportlichen Leistungsfähigkeit. Aufgrund der unterschiedlichen Aminosäurezusammensetzung der untersuchten Proteinquellen ist es daher vorstellbar, dass Proteine nicht ausschließlich über die mTOR-Signalkaskade, sondern auch über andere Wege sportinduzierte Anpassungsprozesse modulieren können [29, 30]. Zudem kann SportlerInnen empfohlen werden, verschiedene Proteinquellen im Speiseplan zu kombinieren, was am sichersten durch eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung gelingt.

Hinsichtlich der Empfehlungen zur Proteinqualität sollte möglichst auf die Zufuhr kompletter Proteine mit einem hohen Anteil an unentbehrlichen Aminosäuren geachtet werden [3, 7, 29].

Bei Zufuhr incompletter Proteinquellen sollte durch eine sinnvolle Kombination verschiedener Lebensmittel ein komplettes Aminosäurespektrum angestrebt werden. Dabei ist die Zufuhr der zu kombinierenden Lebensmittel über den Tag verteilt ausreichend, es muss nicht in einer Mahlzeit erfolgen. Unter Beachtung dieses Aspekts gibt es derzeit keine Evidenz, dass tierische Proteine einen eindeutigen Vorteil gegenüber pflanzlichen Proteinen bieten würden [31–33]. Ein höherer Anteil an pflanzlichen Proteinquellen ist auch vor dem Hintergrund der höheren Ballaststoff- und Vitaminzufuhr sowie einer erhöhten Zufuhr von Kohlenhydraten bei gleichzeitig reduzierter Zufuhr gesättigter Fettsäuren durchaus positiv zu beurteilen. Obwohl pflanzliche Proteine häufiger einen geringeren Anteil an unentbehrlichen bzw. verzweigtkettigen Aminosäuren aufweisen, hat dies zumeist nicht zu einem gravierenden Unterschied in den Studienergebnissen geführt [28].

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei der Proteinzufuhr neben der Zusammensetzung der Aminosäuren auch der Energiegehalt sowie der Anteil an Fett, Kohlenhydraten, Mikronährstoffen, bioaktiven Peptiden und sekundären Pflanzenstoffen sowie die Bioverfügbarkeit der verzehrten Lebensmittel berücksichtigt werden sollten. Nach aktueller Sichtweise ist wahrscheinlich eine Mischung verschiedener Proteinquellen mit unterschiedlicher Zusammensetzung und Resorptionskinetik die beste Wahl für SportlerInnen [3, 7, 28].

Im Ernährungsalltag der SportlerInnen gibt es keinen physiologischen Grund, warum die Proteinzufuhr durch Supplemente ergänzt werden müsste. Auch die Empfehlungen zur Pre- oder Post-Workout-Proteinzufuhr lassen sich durch eine geeignete Lebensmittelzusammenstellung erreichen. Lediglich bei Lebensmittelunverträglichkeiten, Notwendigkeit zur Energierestriktion oder besonders intensiven oder neuen Trainingsinhalten (s. o.), kann eine Supplementation sinnvoll sein. Wie in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben, gibt es auch hier keine Rationale, warum ein bestimmtes Protein bevorzugt werden sollte.

Ein erhöhtes Risiko für eine unzureichende Bedarfsdeckung mit Protein und unentbehrlichen Aminosäuren bei SportlerInnen könnte bestehen

– bei längerfristiger Einhaltung einer energiereduzierten Diät, um Körpergewicht zu

Lebensmittel bzw. Gericht (g)	Proteingehalt pro Portion
Ofenkartoffeln (250 g) mit Quark (150 g)	25 g
Bratkartoffeln (200 g) mit Ei (60 g)	19 g
Früchtequark oder Skyr (200 g)	16 g–19 g
Buttermilch (500 g)	17 g
fettarme Milch (500 g)	17 g
Haferflocken (50 g) mit Milch (250 mL)	15 g
belegtes Vollkornbrot (2 x 55 g) mit Schnittkäse (30 g) ¹	15 g
belegtes Vollkornbrot (2 x 55 g) mit Quark (50 g) ¹	14 g
Naturjogurt (250 g) mit Mandelkern (25 g)	14 g
vegane/milchfreie Varianten	
Vollkornbrot (2 x 55 g) mit Erdnussmus (25 g)	15 g
Sojajogurt (300 g)	12 g
Vollkornbrot (2 x 55 g) mit Kichererbsencreme (50 g) ¹	11 g
Haferflocken (50 g) mit Mandeltrunk (300 g)	10 g

Tab. 1: **Beispielhafte Lebensmittel und Portionsgrößen mit ca. 10–25 g Protein**

Berücksichtigt wurden vorrangig Proteinquellen mit einer hohen biologischen Wertigkeit, vgl. [47].

¹ Belegte Brote können zusätzlich mit Gemüse (z. B. Gurke, Tomate) belegt werden.

- verlieren (z. B. in gewichtssensiblen Sportarten wie Skispringen, Turnen, Tanzen),
- bei längerfristiger Eliminierung wichtiger proteinhaltiger Lebensmittelgruppen aus dem Speiseplan (z. B. aufgrund von Nahrungsmittelunverträglichkeiten oder -aversionen),
- bei einseitiger Ernährung mit hohem Verzehr von Lebensmitteln mit geringer Nährstoffdichte,
- bei Einhaltung von veganen Ernährungsformen, ohne auf die Ergänzungswirkung bestimmter pflanzlicher Proteinquellen zu achten.

Erhalt oder Veränderung der Körperkomposition

Der Erhalt bzw. die Veränderung der Körperkomposition ist in vielen Sportarten von großer Bedeutung für die Konstanterhaltung oder Verbesserung der Leistungsfähigkeit. Eine Veränderung der Körperkomposition beinhaltet z. B. eine Zunahme der Muskelmasse bei Erhalt bzw. Abnahme der Fettmasse oder primär eine Reduktion der Fettmasse bei Erhalt bzw. nur geringem Verlust der Muskelmasse.

Wie beschrieben, ist der additive Effekt von Krafttraining und Proteinzufuhr hinsichtlich der Zunahme von Muskelmasse und Muskelkraft durch einige Meta-Analysen belegt. Es gibt aktuell keine wissenschaftliche Evidenz, welche Proteinquellen den größten Einfluss auf die sportinduzierte Steigerung der Proteinbiosynthese haben [7, 28]. Zudem ist festzuhalten, dass der Effekt z. B. auf die Muskelmasse relativ gering ist. In der Meta-Analyse von Morton et al. mit insgesamt 49 randomisiert-kontrollierten Studien lag die durchschnittliche Zunahme der Muskelmasse nach 13 ± 8 Wochen Training nur bei 0,3 kg [9].

Aus der Studienlage zum Krafttraining lässt sich ableiten, dass zur Erhöhung der muskulären Proteinbiosynthese (MPS) zusätzlich ca. 0,25–0,3 g/kg KG entsprechend 15–25 g Protein/Tag zuge-

führt werden sollten (♦ Tabelle 1). Hierdurch sollten auch ca. 10 g unentbehrliche Aminosäuren zugeführt werden; darüber hinaus sollte die Zufuhr in zeitlichem Zusammenhang mit der Krafttrainingseinheit erfolgen (▣▣ „Ausdauertraining und Proteinzufuhr“). In der Meta-Analyse von Morton et al. wurde beschrieben, dass es aus kontrollierten Studien zur Proteinsupplementation wenig Evidenz gibt, dass Gesamtproteinmengen von mehr als 1,6 g/kg KG/Tag zusätzliche Effekte bringen. Dies sollte in der individuellen Proteinbilanzierung zur Steigerung der muskulären Proteinbiosynthese berücksichtigt werden [34].

Eine kurzfristige Steigerung der Proteinzufuhr kann z. B. im Rahmen einer geplanten Gewichtsabnahme (Fettmasse) durch Energiereduktion bei geringstmöglichem Verlust an Muskelmasse sinnvoll sein. Unter Hungerbedingungen, z. B. unter dem Anforderungsdruck des „Gewichtmachens“ im Leistungssport, wie auch unter extensiver Ausdauerbelastung, wird Körperprotein als Energiequelle herangezogen. Dabei bewirkt der Abbau von Protein und der Rückgriff auf freie Aminosäuren eine katabole Stoffwechsellage, die hinsichtlich des Abbaus der Muskelsubstanz unerwünscht ist. Hier kann es zielführend sein, trotz der Energiereduktion den Proteinanteil in der Ernährung zu steigern, damit der Organismus – trotz primär katabolem Zustand – eher die Fettreserven als die Proteinreserven verstoffwechselt [3].



Sowohl unter Berücksichtigung des Aspekts der Gewichtsreduktion als auch zur Verbesserung der Körperzusammensetzung bei Gewichtskonstanz wirken Proteinzufuhr und körperliche Aktivität synergistisch auf die Initiierung der Proteinsynthese, Erhöhung des Energieumsatzes und Steigerung der Fettverbrennung [7].

Ausdauertraining und Proteinzufuhr

Proteine sind keine primären Energieträger oder Energiereserven. Dennoch wird Protein über die Oxidation von Aminosäuren – im Ausdauersport v. a. nach Entleerung der Kohlenhydratspeicher – als Energieträger zur Energiebereitstellung herangezogen [35]. Dies kann im Training als Anstieg der Harnstoffkonzentration im Serum verifiziert werden. So werden zum Beispiel bei einem Marathonlauf etwa 20 g Aminosäuren energetisch verstoffwechselt; marathonspezifisches Training verbraucht ähnliche Mengen [36]. Der Proteinbedarf von LeistungssportlerInnen ist daher besonders im Ausdauersport erhöht. Vor allem für SportlerInnen im Ultralangstreckenbereich wird von einigen AutorInnen eine deutlich höhere Proteinzufuhr als 1,2–2,0 g/kg KG gefordert [37]. Wie bereits beschrieben, sind die Ergebnisse noch nicht ausreichend wissenschaftlich abgesichert, sodass hier keine Empfehlung zu derart hohen Proteinmengen ausgesprochen werden kann.

Bei Erstellung individueller Ernährungspläne sollte dabei das in der Regel deutlich niedrigere Körpergewicht von Ausdauerathleten verglichen mit KraftsportlerInnen berücksichtigt werden, sodass die absolute Proteinmenge deutlich unter der von KraftsportlerInnen liegt.

Gesichert ist jedoch, dass der Austausch von Kohlenhydraten durch Proteine während körperlicher Ausdaueraktivität keinen Leistungsvorteil erbringt. In vielen Untersuchungen zeigte sich sogar die Leistungsfähigkeit z. B. während eines Zeitfahrens vermindert, was die Rolle der Kohlenhydrate als wichtigste und schnelle Energiequelle im Sport unterstreicht. Ein isokalorischer Ersatz von Kohlenhydraten durch Proteine verbessert daher die akute Ausdauerleistungsfähigkeit nicht [38].

Wiederholt wurde auch untersucht, ob eine zusätzliche Proteingabe die Glykogenresynthese in der Muskulatur in der unmittelbaren Nachbelastungsphase (bis 2 Stunden nach Belastung) erhöht [3, 7]. Es gibt weitgehend Konsens, dass dies nur der Fall ist, wenn weniger als 1,2 g Kohlenhydrate pro kg KG/Stunde in der unmittelbaren Nachbelastung verabreicht werden [3, 7]. Wenn es aus trainingsphysiologischer Sicht sinnvoll ist, dass der Kohlenhydratanteil in der Nachbelastungsphase reduziert wird, dann kann dennoch eine höhere Glykogenresynthese durch eine isokalorische Erhöhung des Proteinanteils erreicht werden.

Timing der Proteinzufuhr

Es konnte gezeigt werden, dass der Zeitpunkt der Proteinzufuhr eine wichtige Bedeutung für positive Trainingseffekte haben kann.

In vielen aktuellen Zufuhrempfehlungen wird daher die Bedeutung des sog. Timings der Proteinzufuhr im Sport sehr betont [1, 3, 7].

Dementsprechend soll der günstigste Einfluss der Proteinzufuhr auf die muskuläre Proteinbiosynthese dann nachweisbar sein, wenn die Gabe in einem Zeitfenster bis zu 2 Stunden nach Belastung erfolgt [39]. Die Ergebnisse hierzu sind jedoch zum Teil kontrovers [3, 40, 41] und das Vorhandensein eines relativ kurzen, sog. anabolen Fensters in der Nachbelastungsphase (ca. 120 Minuten), wie es z. B. für die Kohlenhydrate beschrieben wurde, wird für die Proteine nicht mehr von allen AutorInnen unterstützt bzw. als relevant angesehen [15, 42]. Die muskuläre Proteinbiosynthese in der Nachbelastungsphase ist bis zu 24 Stunden oder länger erhöht. Es ist bisher noch nicht abschließend geklärt, ob die muskuläre Proteinbiosynthese oder weitere Anpassungseffekte tatsächlich stärker beschleunigt werden, wenn die Proteinzufuhr in der unmittelbaren Nachbelastungsphase (bis 120 Minuten nach Belastung) oder erst 3 oder 4 Stunden nach Belastung erfolgt [15, 42]. Auch die Fragestellung, ob Protein eher nach Belastung zugeführt werden soll oder ob ein Teil davon vor Belastung eingenommen werden soll, ist noch nicht ausreichend untersucht [3, 15, 42]. Einige Studien favorisieren die Nachbelastungszufuhr, während andere Arbeiten bessere Effekte bei Zufuhr vor oder auch während Belastung beschrieben haben [42].

In einer aktuellen Zusammenfassung kommen die AutorInnen zu dem Schluss, dass das Timing der Zufuhr nicht allzu dogmatisch gesehen werden sollte [42]. Unbestritten wäre die Notwendigkeit einer Proteinzufuhr in zeitlichem Zusammenhang zur Belastung zur Steigerung der muskulären Proteinbiosynthese – ob diese z. T. vor oder nach Belastung, 1–2 Stunden nach dem Sport oder 2–3 Stunden danach erfolge, wäre bei Betrachtung des für den/die SportlerIn wichtigen Endergebnisses im Sinne einer trainingsinduzierten Leistungsverbesserung wahrscheinlich nicht von wesentlicher Bedeutung [42]. Diese Sichtweise muss aber noch durch weitere Studien belegt werden.

Konsens besteht darin, dass in der Nachbelastungsphase vorwiegend gut verdauliche Proteine zugeführt werden sollten; langsamer verdauliche Proteine, z. B. Casein, sind eher in der späteren Phase, z. B. vor der Nachtruhe, geeignet. Hierdurch sollen auch noch Stunden nach Belastung durch eher langsam absor-



bierte Proteine Aminosäuren für die muskuläre Proteinbiosynthese bereitstehen. Nicht alle Studien können jedoch *in vivo* den physiologisch nachvollziehbaren Sinn eines sog. *Overnight-Proteins* bestätigen [1, 43].

Aufgrund des länger geöffneten metabolischen Fensters der Proteinbiosynthese sollten Proteine mehrmals am Tag (3–4 x/Tag) in Dosierungen bis zu 2 g/kg KG/Tag zugeführt werden. In Abhängigkeit von bestimmten Trainingsvorgaben (z. B. zu Beginn einer Krafttrainingsphase, bei extremen Trainingseinheiten oder bei geplanter Gewichtsreduktion unter Erhalt der Muskelmasse) kann die Zufuhr temporär auch etwas höher liegen. Es sollte hierbei jedoch zuvor die Nierenfunktion abgeklärt werden und auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr geachtet werden. Des Weiteren sollten stets die Zusammensetzung der Proteine, die Proteinquellen bzw. die hiermit zusätzlich zugeführten Nährstoffe und die Verdaulichkeit berücksichtigt werden.

Einfluss der Proteinzufuhr auf die muskuläre Regeneration

Die Regeneration nach erschöpfenden Belastungen ist für SportlerInnen sowohl im Trainingsprozess als auch in Wettkampfphasen von Bedeutung. Sehr häufig wird als Argument für eine Erhöhung des Proteinanteils in der Nachbelastung eine verbesserte „Regeneration“ angegeben. Dieser Begriff, physiologisch schwer zu fassen, kann zum einen mit einer geringeren muskulären oder immunologischen Belastungsreaktion oder einer verbesserten Leistungsfähigkeit bei nachfolgenden körperlichen Belastungen umschrieben werden. Eine unzureichende Proteinzufuhr in der Regenerationsphase kann aufgrund des belastungsbedingt erhöhten Muskelproteinstoffwechsels zu einer negativen Stickstoffbilanz führen, während eine ausreichend hohe Proteinzufuhr zu einer positiven Stickstoffbilanz führt. Daher könnte eine Proteinzufuhr in der Nachbelastungsphase die Reparatur von belastungsinduzierten Muskelschäden unterstützen und sich somit theoretisch günstig auf die Regeneration auswirken [44]. In einigen Studien wurde nach Zufuhr hoher Proteindosen zwischen 50–100 g eine schnellere Erholung der Muskelkraft nach exzentrischer Belastung beschrieben [7]. Allerdings konnte in vielen Studien keine Leistungssteigerung bei nachfolgenden Belastungen nach vorheriger Proteinzufuhr in der Nachbelastungsphase nachgewiesen werden [7].

Auch in Hinblick auf eine verminderte Muskel- und Ganzkörperstressreaktion sind die Ergebnisse nicht einheitlich. Eine Übersichtsarbeit bzw. Meta-Analyse sieht einen zwar geringen, aber signifikanten Positiveffekt nach Proteingabe [45], während andere AutorInnen dies nicht nachvollziehen können [44].

Bei detaillierter Analyse der Studienlage kann in Ausdauersportarten wie Radsport und Langstreckenlauf die Zufuhr von Proteinen bzw. Aminosäuren möglicherweise belastungsinduzierte Muskelschädigungen und/oder Muskelschmerzen reduzieren und die Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit begünstigen; nach exzentrischen Dauerbelastungen dagegen konnte eine ergänzende Proteinzufuhr weder Parameter der Muskelschädigung, des Mus-

kelschmerzes noch die Leistungsfähigkeit in der Regenerationsphase beeinflussen. Die gezielte Proteingabe nach Krafttraining mit oder ohne Fokus auf exzentrische Übungen reduziert bei Trainierten weder Indikatoren der muskulären Schädigung noch des Muskelschmerzes [46].

Zusammenfassend ist die Rolle von Proteinen für die Regeneration nach sportlicher Belastung wissenschaftlich weiterhin umstritten. Zwar gibt es verschiedene Studien, die den Effekt von Proteinen auf Marker der Regeneration nach sportlicher Belastung untersuchen, jedoch unterscheiden sich die initialen Belastungsprotokolle, die erfassten Parameter, die eingesetzten Protokolle zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit sowie Art, Dosierung und Zusammensetzung der verabreichten Supplemente, sodass die Studienergebnisse nicht vergleichbar sind [46].

Zusammenfassung

Eine sportart- und belastungsspezifisch angepasste Proteinzufuhr kann den Trainingsprozess sinnvoll unterstützen und die Leistungsbereitschaft fördern.

Aktuell wird empfohlen, dass die Proteinzufuhr im Sport in Abhängigkeit von Trainingszustand und Trainingsziel bei ca. 1,2–2,0 g/kg KG liegen sollte. Die Proteinzufuhr ist hierbei nicht mehr als eine fixe Kenngröße im Ernährungsalltag der SportlerInnen zu verstehen, sondern kann je nach Trainingsziel, Trainingsintensität und Trainingsumfang flexibel adaptiert werden.

Aufgrund eines im Vergleich zu Kohlenhydraten länger geöffneten metabolischen Fensters der Proteinbiosynthese sollten Proteine mehrmals am Tag (3–4 x/Tag) in Dosierungen bis zu 2 g/kg KG/Tag zugeführt werden.

Die Frage, ob es eine „optimale“ Protein- oder Aminosäurequelle gibt, kann derzeit nicht abschließend beantwortet werden, da entsprechende Positiveffekte durch unterschiedliche Protein- bzw. Aminosäurequellen nachgewiesen wurden. Bei Zufuhr inkompletter Proteinquellen sollte jedoch durch eine sinnvolle Kombination verschiedener Nährstoffe ein komplettes Aminosäurespektrum angestrebt werden. Bei der Proteinzufuhr sollten neben der Zusammensetzung der Aminosäuren auch der Energiegehalt sowie der Anteil an Fett, Kohlenhydraten, Mikronährstoffen, bioak-



tiven Peptiden und sekundären Pflanzenstoffen der als Proteinquellen verwendeten Lebensmittel berücksichtigt werden. Nach aktueller Sichtweise ist wahrscheinlich eine Mischung verschiedener Proteinquellen mit unterschiedlicher Zusammensetzung und Absorptionskinetik die beste Wahl für den/die SportlerIn.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanken sich die AutorInnen bei Dr. Margrit Richter vom Referat Wissenschaft der DGE.

Interessenkonflikt

Die AutorInnen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Korrespondierender Autor

Klaus Schäbethyl
schaebethyl@dge.de

Prof. Dr. Daniel König¹
Prof. Dr. Anja Carlsohn²
Hans Braun³
Dr. Mareike Großhauser⁴
Prof. Dr. Alfonso Lampen⁵
Dr. Stephanie Mosler⁶
Prof. Dr. Andreas Nieß⁷
Klaus Schäbethyl⁸
Dr. Alexandra Schek⁹
Dr. Kiran Virmani¹⁰
Dr. Rainer Ziegenhagen¹⁰
Prof. Dr. Helmut Heseke¹¹

¹ Institut für Sport und Sportwissenschaft
Arbeitsbereich Ernährung
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

² Fakultät Life Sciences/Department Ökotoxikologie
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

³ Institut für Biochemie
Deutsches Forschungszentrum für Leistungssport –
momentum; Deutsche Sporthochschule Köln

⁴ Olympiastützpunkt Rheinland-Pfalz/Saarland

⁵ Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)

⁶ Institut für Gesundheitswissenschaften
Abteilung Ernährung, Konsum und Mode
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Olympiastützpunkt Stuttgart

⁷ Abteilung Sportmedizin
Medizinische Klinik
Universitätsklinikum Tübingen

⁸ Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE)

⁹ Redaktion Leistungssport (DOSB)

¹⁰ Abteilung Lebensmittelsicherheit (Abt. 5)
Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)

¹¹ Institut für Ernährung, Konsum und Gesundheit
Fakultät für Naturwissenschaften
Universität Paderborn

Literatur

1. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, et al.: International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr* 2017; 14: 33.
2. Cintineo HP, Arent MA, Antonio J, Arent SM: Effects of protein supplementation on performance and recovery in resistance and endurance training. *Front Nutr* 2018; 5: 83.
3. Jager R, Kerksick CM, Campbell BI, et al.: International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2017; 14: 20.
4. Huecker M, Sarav M, Pearlman M, Laster J: Protein supplementation in sport: source, timing, and intended benefits. *Curr Nutr Rep* 2019; 8(4): 382–96.
5. Sale C, Elliott-Sale KJ: Nutrition and athlete bone health. *Sports Med* 2019; 49(Suppl 2): 139–51.
6. Trommelen J, Betz MW, van Loon LJC: The muscle protein synthetic response to meal ingestion following resistance-type exercise. *Sports Med* 2019; 49(2): 185–97.
7. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S: American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41(3): 709–31.
8. Miller PE, Alexander DD, Perez V: Effects of whey protein and resistance exercise on body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Coll Nutr* 2014; 33(2): 163–75.
9. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, et al.: Infographic. The effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength. *Br J Sports Med* 2019; 53(24): 1552.
10. O'Bryan KR, Doering TM, Morton RW, Coffey VG, Phillips SM, Cox GR: Do multi-ingredient protein supplements augment resistance training-induced gains in skeletal muscle mass and strength? A systematic review and meta-analysis of 35 trials. *Br J Sports Med* 2019; 54(10): 573–81.
11. Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK, et al.: The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism* 2005; 54(2): 151–6.
12. Poortmans JR, Carpentier A, Pereira-Lancha LO, Lancha A, Jr: Protein turnover, amino acid requirements and recommendations for athletes and active populations. *Braz J Med Biol Res* 2012; 45(10): 875–90.
13. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al.: IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med* 2018; 52(7): 439–55.
14. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (eds.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 2. Aufl., 5. aktual. Ausg., Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2019.
15. Aragon AA, Schoenfeld BJ, Wildman R, et al.: International Society of Sports Nutrition position stand: diets and body composition. *J Int Soc Sports Nutr* 2017; 14: 16.



16. Cermak NM, Res PT, de Groot LC, Saris WH, van Loon LJ: Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2012; 96(6): 1454–64.
17. Phillips SM: Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br J Nutr* 2012; 108(Suppl 2): S158–S67.
18. Hays NP, Kim H, Wells AM, Kajkenova O, Evans WJ: Effects of whey and fortified collagen hydrolysate protein supplements on nitrogen balance and body composition in older women. *J Am Diet Assoc* 2009; 109(6): 1082–7.
19. European Food Safety Authority (EFSA): Scientific and technical assistance on food intended for sportspeople. *EFSA Supporting Publications* 2015; 12(9): 871E.
20. Kalantar-Zadeh K, Kramer HM, Fouque D: High-protein diet is bad for kidney health: unleashing the taboo. *Nephrol Dial Transplant* 2020; 35(1): 1–4.
21. Bankir L, Roussel R, Bouby N: Protein- and diabetes-induced glomerular hyperfiltration: role of glucagon, vasopressin, and urea. *Am J Physiol Renal Physiol* 2015; 309(1): F2–23.
22. Wołyniec W, Kasprowicz K, Rita-Tkachenko P, Renke M, Ratkowski W: Biochemical markers of renal hypoperfusion, hemoconcentration, and proteinuria after extreme physical exercise. *Medicina (Kaunas)* 2019; 55(5): 154.
23. Wołyniec W, Kasprowicz K, Giebutowicz J, et al.: Changes in water soluble uremic toxins and urinary acute kidney injury biomarkers after 10- and 100-km runs. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(21): 4153.
24. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR): Nahrungsergänzungsmittel – isoliert verzweigt-kettige Aminosäuren können bei hoher Aufnahme die Gesundheit beeinträchtigen. Stellungnahme Nr. 052/2019 des BfR vom 20. Dezember 2019.
25. Hoffman JR, Falvo MJ: Protein – Which is Best? *J Sports Sci Med* 2004; 3(3): 118–30.
26. Kamei Y, Hatazawa Y, Uchitomi R, Yoshimura R, Miura S: Regulation of skeletal muscle function by amino acids. *Nutrients* 2020; 12(1): 261.
27. Phillips SM, Tang JE, Moore DR: The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *J Am Coll Nutr* 2009; 28(4): 343–54.
28. Paul GL: The rationale for consuming protein blends in sports nutrition. *J Am Coll Nutr* 2009; 28(Suppl 4): 64S–72S.
29. Wackerhage H, Ratkevicius A: Signal transduction pathways that regulate muscle growth. *Essays Biochem* 2008; 44: 99–108.
30. Reitelseder S, Agergaard J, Doessing S, et al.: Whey and casein labeled with L-[1-13C] leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2011; 300(1): E231–42.
31. Ciuris C, Lynch HM, Wharton C, Johnston CS: A comparison of dietary protein digestibility, based on DIAAS scoring, in vegetarian and non-vegetarian athletes. *Nutrients* 2019; 11(12): 3016.
32. Messina M, Lynch H, Dickinson JM, Reed KE: No difference between the effects of supplementing with soy protein versus animal protein on gains in muscle mass and strength in response to resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018; 28(6): 674–85.
33. Lynch HM, Wharton CM, Johnston CS: Cardiorespiratory fitness and peak torque differences between vegetarian and omnivore endurance athletes: a cross-sectional study. *Nutrients* 2016; 8(11): 726.
34. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, et al.: A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med* 2018; 52(6): 376–84.
35. Fritzen AM, Lundsgaard AM, Kiens B: Dietary fuels in athletic performance. *Annu Rev Nutr* 2019; 39: 45–73.
36. Kato H, Suzuki K, Bannai M, Moore DR: Protein requirements are elevated in endurance athletes after exercise as determined by the indicator amino acid oxidation method. *PLoS One* 2016; 11(6): e0157406.
37. Roberts BM, Helms ER, Trexler ET, Fitschen PJ: Nutritional recommendations for physique athletes. *J Hum Kinet* 2020; 71: 79–108.
38. McLellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR: Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: a systematic review. *Sports Med* 2014; 44(4): 535–50.
39. Manninen AH: Hyperinsulinaemia, hyperaminoacidaemia and post-exercise muscle anabolism: the search for the optimal recovery drink. *Br J Sports Med* 2006; 40(11): 900–5.
40. Friday E, Childs MT, Tsunehara CH, et al.: Elevated plasma glucose and lowered triglyceride levels from omega-3 fatty acid supplementation in type II diabetes. *Diabetes Care* 1989; 12: 276–81.
41. Hoffman JR, Ratamess NA, Tranchina CP, Rashti SL, Kang J, Faigenbaum AD: Effect of protein-supplement timing on strength, power, and body-composition changes in resistance-trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009; 19(2): 172–85.
42. Schoenfeld BJ, Aragon AA: Is There a postworkout anabolic window of opportunity for nutrient consumption? Clearing up controversies. *J Orthop Sports Phys Ther* 2018; 48(12): 911–4.
43. Beelen M, Tieland M, Gijsen AP, et al.: Coingestion of carbohydrate and protein hydrolysate stimulates muscle protein synthesis during exercise in young men, with no further increase during subsequent overnight recovery. *J Nutr* 2008; 138(11): 2198–204.
44. Pasiakos SM, Lieberman HR, McLellan TM: Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Med* 2014; 44(5): 655–70.
45. Lam FC, Khan TM, Faidah H, Haseeb A, Khan AH: Effectiveness of whey protein supplements on the serum levels of amino acid, creatinine kinase and myoglobin of athletes: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev* 2019; 8(1): 130.
46. Carlssohn A: Einfluss von Proteinen auf die körperliche Regeneration nach sportlicher Aktivität. *Dtsch Z Sportmed* 2016; 67(3): 59–63.
47. Schek A: Ernährungswissenschaft kompakt. Wiesbaden: Umschau Zeitschriftenverlag 2017.

DOI: 10.4455/eu.2020.039