

# Persönliche PDF-Datei für

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

Nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt.  
Keine kommerzielle Nutzung, keine Einstellung  
in Repositorien.

**Verlag und Copyright:**  
© 2013 by  
Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstraße 14  
70469 Stuttgart  
ISSN

Nachdruck nur  
mit Genehmigung  
des Verlags



Verantwortlicher  
CME-Herausgeber:  
Chr. Löser, Kassel



#### Schlüsselwörter

- ◉ Sportlernahrung
- ◉ Energiebereitstellung
- ◉ Wettkampfnahrung
- ◉ Sportanthropometrie
- ◉ ergogene Substanzen
- ◉ Essstörungen im Sport

#### Keywords

- ◉ sports nutrition
- ◉ energy supply
- ◉ nutrition in competition
- ◉ sports anthropometry
- ◉ ergogenic substances
- ◉ eating disorders in sport

#### VNR

2760512013141213497

#### Bibliografie

**DOI** <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1349460>  
Aktuel Ernährungsmed 2013; 38: 362–378  
© Georg Thieme Verlag KG  
Stuttgart · New York  
ISSN 0341-0501

#### Korrespondenzadresse

**PD Dr. Dr. Dr. Christoph Raschka**  
Institut für Sportwissenschaft,  
Universität Würzburg  
Judenbühlweg 11  
97082 Würzburg  
[christoph.raschka@uni-wuerzburg.de](mailto:christoph.raschka@uni-wuerzburg.de)  
de

# Sportlernahrung

## Sports Nutrition

C. Raschka, S. Ruf

### Zusammenfassung

Ein wesentliches Kennzeichen der Sportlernahrung ist der erhöhte Flüssigkeits- und Energiebedarf. Unter der Voraussetzung einer vollwertigen Mischkost ist der Mehrbedarf an Nährstoffen bei ausgeglichener Energiebilanz meistens gesichert. Zur Bewertung der Energiebilanz kann bei Wettkampfsportlern der spezifische Trainingsumsatz nach individueller Sportart herangezogen werden. In Abhängigkeit von der Belastungsdauer dominieren in der Energiebereitstellung initial ATP (Adenosintriphosphat)/KrP (Kreatinphosphat), dann anaerobe und aerobe Glykolyse und schließlich die Lipolyse. Gut Ausdauertrainierte können dank einer Optimierung ihrer „Fettverbrennung“ die Glykogenreserven länger schonen. Die Energieausbeute fällt unter Kohlenhydratnutzung im Vergleich zur „Fettverbrennung“ ökonomischer aus.

Für alle Belastungsintensitäten bis zu 1 Stunde Dauer eignet sich als Flüssigkeitsersatz kohlenstoffarmes, natriumreiches Wasser, für längere Belastungsdauer Saftschorle (3 Teile Wasser, 1 Teil Saft) oder isotonische Getränke. Bei einer Sportdauer von über 1 Stunde sollte möglichst alle 15–20 min 150–200 ml getrunken werden. Während intensiver Dauerbelastung über 1 Stunde wirkt die Aufnahme von 30–60 g Kohlenhydraten pro Stunde dem sogenannten „Hungerast“ entgegen.

Für das Kohlenhydratloading (Superkompensation) reduziert der Sportler 7 Tage vor dem Wettkampf nach einer intensiven Trainingseinheit die Trainingsbelastung auf ca. 75% der  $VO_2$ max. In den ersten 3 Tagen wird eine normale Mischkost beibehalten, für die letzten 3 Tage vor dem Wettkampf dann auf eine kohlenhydratreiche Kost (über 500 g pro Tag, 10 g/kg KG [Körpergewicht]) umgestiegen.

Bei Leistungssportlern kann die Versorgung mit den Vitaminen A, C, E und  $B_6$  (bei hohem Proteinkonsum) sowie den Mineralstoffen Kalzium, Magnesium, Eisen und Zink kritisch ausfallen. Potenziell ergogen wirksam können Koffein, Antioxidanzien, Kreatin und Natriumbikarbonat bzw. -zitrat in speziellen Belastungssituationen sein.

Typische Essstörungen bei Sportlern sind die vor allem bei Sportlerinnen anzutreffende Anorexia athletica und die eher bei Bodybuildern vorkommende inverse Anorexia.

### Abstract

Fluid and caloric needs are significantly increased in an athlete's dietary requirements versus a regular diet. If a balanced mixed diet is present, the increased demand for nutrients is guaranteed as long as the caloric balance is maintained. The sport specific caloric requirements can be used to determine an athlete's caloric balance for the day.

Initially ATP/KrP dominate the energy metabolism, followed by the anaerob and aerob glycolysis, and eventually lipolysis depending on the duration of the workload. The carbohydrate metabolism yields more energy over a short period of time compared to the fat metabolism. Well trained endurance athletes have an optimized fat metabolism, which helps them to retain some of their glycogen reserves for a longer period of time.

Institut für Sportwissenschaft, Universität Würzburg

During any and all workouts or competitions up to an hour the loss of fluid can be replaced by water without gas and a high content of sodium. A water/juice mix (ratio of 3:1 water: juice) or an isotonic sports drink are better suited for longer durations (> 1 hour). Optimal fluid intake would be 150–200 ml every 15–20 min for longer durations than 1 hour. During intensive training or competition loads over 1 hour it is recommended to take in 30–60 g of carbohydrates/hour to reduce the chance of “hitting the wall”.

In order to load carbohydrates pre-competition an athlete reduces their training intensity to about 75% of their  $\text{VO}_2\text{max}$  after one high intensity training 7 days prior to the event. During the first 3 days the athlete maintains a regular mixed diet, for the last 3 days prior to the event the athlete changes to a diet rich in carbohydrates (> 500 g/d, or 10 g/kg bodyweight/d).

Top athletes can be at risk to run low on vitamin A, C, E and  $\text{B}_6$  (high protein consumption) as well as minerals like calcium, magnesium, iron and zinc. Caffeine, anti-oxidants, creatine and sodium bicarbonate/-citrate can have ergogenic effects with specific workloads.

Eating disorders common in athletes are anorexia athletica and inverted anorexia (more common in bodybuilders).

## Allgemeine Aspekte

Das Wesentliche an der Sportlerernährung – verglichen mit der Ernährung eines wenig Aktiven – ist der erhöhte **Flüssigkeits-** und **Energiebedarf**.

Als **Basisernährung** ist unabhängig von der Sportdisziplin eine kohlenhydratbetonte (mind. 50%), fettkontrollierte (max. 30%), abwechslungsreiche, vollwertige Mischkost ideal, da unter Belastung die Energiebereitstellung durch Kohlenhydrate die limitierende Größe darstellt [1, 2]. Wird der Mehrbedarf an Energie über eine solche Mischkost gedeckt, ist auch der Mehrbedarf an Nährstoffen gesichert, da dieser **proportional** steigt. D.h. sowohl der entsprechend höhere Protein- und Kohlenhydratbedarf (absoluter Bedarf) als auch die Mikronährstoffe (Vitamine und Mineralstoffe) lassen sich über Lebensmittel aufnehmen [3].

Neben der Basisernährung sind für **Leistungssportler** je nach Sport- bzw. Belastungsart spezielle Anforderungen sinnvoll, wie supramaximal gefüllte Glykogenspeicher, kurze Regenerationszeiten, richtiges Essenstiming oder Gewichtsvorgaben.

Der Organismus hat zudem die Fähigkeit, durch Training die energiebereitstellenden Systeme effizient anzupassen und damit die Anteile der Energieträger (Kohlenhydrate, Fett) zu verändern – nicht jedoch die Energiemenge an sich [3].

Der **Freizeitsportler** hat indes lediglich auf eine adäquate Flüssigkeits- und Energiezufuhr vor, ggf. während und nach dem Sport zu achten.

## Energie

Eine **ausgeglichene Energiebilanz** ist das primäre Ziel des Athleten, denn ein Mangel kann sich eklatant auf die Leistung und längerfristig schließlich zudem negativ auf die Gesundheit auswirken: Mit eintretendem Gewichtsverlust wird auch Muskelmasse abgebaut, der Körper ist anfälliger für Krankheiten, Müdigkeit, benötigt längere Regenerationszeiten und die Knochendichte wird beeinträchtigt [4, 5].

Liegt das Körpergewicht konstant im empfohlenen Rahmen (bei abgeschlossenem Längenwachstum), kann von einer ausgeglichenen Energiebilanz ausgegangen werden [1].

Zur richtigen Bewertung des Gewichts ist der **Body-Mass-Index** (BMI in  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) für den Breitensportler geeignet (Normbereich Frauen: 19–24  $\text{kg}/\text{m}^2$ ; Männer: 20–25  $\text{kg}/\text{m}^2$ ; nach [1]). Beim muskulösen Athleten ergibt der BMI keine realistische Aussage mehr.

Eine annähernde Berechnung des individuellen **Energiebedarfs** kann wie folgt durchgeführt werden, indem das Körpergewicht und das Aktivitätsniveau einbezogen werden:

**Gesamtenergieumsatz = Grund- + Leistungsumsatz (Arbeit, Freizeit und Training)**

**Grundumsatz** (GU; Bedarf bei Körperruhe, Basal Metabolic Rate [BMR]; als Näherung zu verstehen):

1 kcal/kg KG/Stunde

Das **körperliche Aktivitätsniveau** (Physical Activity Level [PAL]) multipliziert den Grundumsatz um den Faktor, der für eine Tätigkeit (PAL-Wert Arbeit, Sport) notwendig ist:

**PAL** = GU × Grad der Arbeitsschwere (► **Tab. 1**)

Exakter wird die Berechnung, wenn der PAL-Wert auf die genaue Dauer der jeweiligen Tätigkeit bezogen wird, z. B. 8 Stunden Arbeit mit PAL 1,3 + 1 Stunde Sport mit PAL 2,0 etc.

- Ein wesentliches Kennzeichen der Sportlerernährung ist der erhöhte Flüssigkeits- und Energiebedarf.

- Der Mehrbedarf an Nährstoffen ist bei einer ausgeglichenen Energiebilanz in der Regel gesichert, vorausgesetzt der Sportler ernährt sich vollwertig.

- Bei zu geringer Energieaufnahme drohen dem Sportler Leistungseinbuße und negative Folgen für die Gesundheit.



**Tab. 1** Körperliches Aktivitätsniveau (nach [3]).

Tätigkeit/Belastung	PAL-Wert
Alltagsaktivitäten (Haushalt, kurze Gehstrecken)	1,0 – 1,39
niedrige Aktivität: Alltagsaktivitäten + 30 – 60 min moderate Aktivität (z. B. Gehen 5 – 7 km/h)	1,4 – 1,59
aktiv: Alltagsaktivitäten + 60 min moderate Aktivität	1,6 – 1,89
hohe Aktivität: Alltagsaktivitäten + 60 min moderate Aktivität + 60 min hohe Aktivität oder 120 min moderate Aktivität	1,9 – 2,5

**Tab. 2** Energieverbrauch für verschiedene Sportarten pro Stunde (modifiziert nach [1, 6]).

sportliche Belastungsart	Energieumsatz pro Stunde und kg Körpergewicht
<b>Laufen</b>	
Laufen 7 – 14 km/h	7 – 12 kcal/kg
Laufen 15 – 17 km/h	14 – 15 kcal/kg
Marathon 16,8 km/h (2,5 h)	18 – 20 kcal/kg
<b>Radsport</b>	
Radfahren 15 – 25 km/h	7 – 8 kcal/kg
Radfahren 25 – 35 km/h	9 – 12 kcal/kg
Radrennen 35 – 40 km/h (mäßige Anstiege)	14 – 15 kcal/kg
<b>weitere Sportarten</b>	
Fußball, Turnen, Judo, Wettkampfschwimmen, Wettkampfrudern/Kanu	13 – 15 kcal/kg
Schwimmen 3 km/h	11 – 12 kcal/kg
Krafttraining, Basketball, Hockey	8 – 9 kcal/kg
Tennis, Badminton, Tischtennis, Volleyball	7 – 8 kcal/kg
Wandern 4 – 6 km/h, Gymnastik, Schwimmen (< 50 m/min)	3 – 4 kcal/kg

Bei höheren Belastungsumfängen (Wettkampfsportler) sollte ein separater **Trainingsumsatz** nach **Sportart** hinzugerechnet werden, um einen realistischen, sportbedingten Richtwert zu erhalten [1]. Je nach Sportart und Intensität kann aus **Tab. 2** der entsprechende Energieumsatz gewählt werden.

**Trainingsumsatz:** kcal-Wert sportliche Belastung (z. B. Dauerlauf) – PAL-Wert (z. B. minus 1,6 → weil Sport anstatt der Alltagsaktivität durchgeführt wird) = kcal × kg × Std. Sport

### Grundbausteine der „sportlichen“ Ernährung (Hauptnährstoffe)

Grundsätzlich gelten bei der **Nährstoffverteilung** für Leistungssportler (durchschnittlich 1 – 3 Std. pro Tag, Energieverbrauch durch Sport: 1000 – 3000 kcal/Tag) die regulären D-A-CH-Referenzwerte (D: Deutschland, A: Österreich, CH: Schweiz) [7, 8].

Pauschale Energieprozentangaben lassen sich nur begrenzt auf Athleten übertragen, da sie von der Gesamtkalorienzufuhr abhängen und folglich bei Sportlern stark variieren [2]. Ein Athlet mit einer moderat hohen Energieaufnahme (z. B. 4000 kcal) schafft bereits mit einem 50%igen Kohlenhydratanteil die notwendige Menge von 500 g Kohlenhydraten pro Tag. Umgekehrt muss bei einer sehr geringen Energiezufuhr (< 2000 kcal) für eine optimale Kohlenhydratversorgung die Aufnahme über 60% liegen [3].

Wesentlich bei der Festlegung einer Nährstoffwertempfehlung ist deshalb, die **Belastungsintensität** (Leistungsniveau) und das **individuelle Körpergewicht** einzubeziehen (**Tab. 3**).

Kontrollieren lässt sich die Ernährung über ein 1-wöchiges **Ernährungsprotokoll**, das Ernährungsfachleute auswerten sollten [6].

### Energiequellen für verschiedene Belastungen

Welche Energiereserven der Körper in welchem Umfang verbrennt, bestimmen primär die **Intensität** und **Dauer** der sportlichen Belastung (**Tab. 4**). Weitere Einflussgrößen auf den Energiestoffwechsel sind die **Ernährungsweise** und der individuelle **Trainingszustand**.

### Intensive Belastungen

Bei intensiven Belastungen (Maximal- und Schnellkraft, Schnelligkeit/Schnelligkeitsausdauer, Kraftausdauer) ist **die Schnelle der Energiebereitstellung entscheidend**:

- Zur Bewertung der Energiebilanz kann die Schätzung des Gesamtenergieumsatzes (Summe aus Grund- und Leistungsumsatz) herangezogen werden, bei Wettkampfsportlern sogar der spezifische Trainingsumsatz nach individuell betriebener Sportart.

- Für die Nährstoffverteilungsempfehlung sollten Leistungsniveau und Körpermasse berücksichtigt werden.



**Tab. 3** Hauptnährstoffverteilung nach Belastungsintensität (Angaben als Energieprozent, vgl. [9]; modifiziert nach [3, 5]).

Trainingsintensität	Breitensport	moderat, intensives Training	hochintensives Training
<b>Trainingsumfang</b>	30–60 min/Tag, 3–4-mal/Woche	2–3 Std./Tag, 5–6-mal/Woche	3–6 Std./Tag in 1–2 Einheiten, 5–6-mal/Woche
<b>Kohlenhydrate</b>	50 % (4 g/kg/Tag*)	55–65 % (5–8 g/kg/Tag)	8–10 g/kg/Tag
<b>Fett</b>	30 % (max.)	30 % (max.)	30 % (max.)
<b>Protein</b>	12–15 % (0,8–1,0 g/kg/Tag)	15 % (1,0–1,5 g/kg/Tag)	1,5–1,7 g/kg/Tag

\* Gramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag

**Tab. 4** Vier Mechanismen der Energieverbrennung (fließende Übergänge) (modifiziert nach [2]; vgl. [9]).

Belastungsdauer	bis 10 Sekunden	bis 2 Minuten	3–90 Minuten	Stunden
<b>Belastungsart</b>	Maximal- u. Schnellkraft, Schnelligkeit	Kraftausdauer, Schnelligkeitsausdauer	Ausdauer	Ausdauer
<b>Beispiele</b>	100-m-Sprint Gewichtheben	Mittelstrecke: 400- bis 800-m-Lauf	Langstrecke: 5000-m-Lauf	Langstrecke: Marathonlauf
<b>Belastungsintensität</b>	am höchsten (supramaximal)	hoch (maximal)	geringer (submaximal, hoch)	am niedrigsten (submaximal, mittel)
	abnehmende Geschwindigkeit der Energiebereitstellung →			
<b>Sauerstoff</b>	<b>primär anaerob</b> (= ohne Sauerstoff)		<b>primär aerob</b> (= mit Sauerstoff, oxidativ)	
<b>Energiebereitstellung</b>	alaktazid, energiereiche Phosphate	laktazid, anaerobe Glykolyse: unvollständige Glukoseverbrennung zu Laktat	aerobe Glykolyse: vollständige Glukoseverbrennung	Lipolyse + Betaoxidation: Fettverbrennung
<b>primäre Energiequellen</b>	ATP + KrP	Kohlenhydrate	Kohlenhydrate	Fett*

\* Fett bzw. Fettsäuren werden immer parallel mit Kohlenhydraten bzw. Glukose verbrannt; ATP: Adenosintriphosphat; KrP: Kreatinphosphat

- ▶ Bei **hochintensiven Belastungen bis ca. 10 Sekunden** (z. B. 100-m-Sprint) bezieht der Körper die Energie primär **anaerob** im Muskel aus der Spaltung von **ATP** und indirekt über die Regeneration des ATP durch KrP.
  - ▶ Für hochintensive Belastungen von **2–3 Minuten** (z. B. 400- bis 800-m-Lauf) reicht der Kreatinphosphatspeicher nicht aus, denn unter muskulärer Höchstleistung kommt der Athlet damit ca. nur 9 Sekunden weit aus [10]. Der Organismus muss auf Blutzucker zugreifen, der wegen der hohen Bereitstellungsgeschwindigkeit nur bis **Laktat** abgebaut werden kann [1]. Dieser unvollständige, **laktazide** Glukoseabbau über die **anaerobe Glykolyse** liefert lediglich 5 % der Energie, die ein Glukosemolekül bei vollständiger aerober Verbrennung abgeben würde [2]. Der Körper kann jedoch nach 20 Sekunden der Belastung seine Sauerstoffaufnahme auf das 10-Fache anheben, sodass dann über 50 % der Energie **aerob** bereitgestellt werden [11].
- Nach der Belastung** wird das entstandene Laktat schließlich vollständig abgebaut und die muskuläre Erholung wird eingeleitet. Dieser Vorgang lässt sich durch „**aktive Erholung**“ beschleunigen, indem die intensive Belastung langsam z. B. „ausgelaufen bzw. ausgeradelt“ wird [10].

### Langandauernde Belastungen (Ausdauerbelastungen)

Der Organismus hat die beste Energieausbeute und „läuft“ ökonomisch, wenn ausreichend Sauerstoff zur Verfügung steht: **Glukose** wird vollständig zu Kohlendioxid und Wasser **oxidiert**, die gesamte Energie wird gewonnen [12]. Zu diesem Gleichgewicht (Steady State) zwischen Sauerstoffaufnahme und Bedarf kommt es bei „nicht“ ermüdender Arbeit nach 3–5 Minuten [11]. Die Dauerleistung kann so ca. **2–3 Stunden** (bei 75 %  $VO_2max$  = % der maximalen Sauerstoffaufnahme) über die **aerobe** Nutzung des Muskel- und anschließend des Leberglykogens durchgeführt werden. Bevor die Reserven gänzlich erschöpft sind, sollte rechtzeitig Nahrung zugeführt werden, damit der Körper nicht in die **Hypoglykämie** (Hungerast) abrutscht [2, 13].



- ▶ Entscheidende Energiequellen sind:
  - ATP und KrP für Belastungen bis ca. 10 s Dauer
  - anaerobe Glykolyse für Belastungen bis ca. 2 min Dauer
  - aerobe Glykolyse für Belastungen von 3–90 min Dauer
  - Lipolyse (zusätzlich zur aeroben Glykolyse) für stundenlange Belastungen
  
- ▶ Gut Ausdauertrainierte können dank einer optimierten „Fettverbrennung“ ihre wertvollen Glykogenreserven länger schonen.
  
- ▶ Kohlenhydrate werden ökonomischer verbrannt als Fette.
  
- ▶ Fett liefert als ideales Energiereservoir 2,5-mal mehr Energie als Kohlenhydrate.

Neben der Glykolyse steigt parallel nach ca. 30 Minuten der **Lipolyse**anteil an. Die Fettmobilisierung erfolgt langsam und erfordert obligat Sauerstoff. Entsprechend sinkt ihr Anteil an der Energiebereitstellung mit steigender Arbeitsintensität [12].

Zu etwa gleichen Teilen werden die Energieträger bei leichter bis mittelgradiger Belastung (50%  $VO_2\text{max}$ ) verbrannt. Steigt die Intensität auf 70–80%  $VO_2\text{max}$ , wird 80% der Energie aus der Glykogenutilisation beansprucht [2].

### Trainierter Stoffwechsel

▼ Gut Ausdauertrainierte können **Fett früher** und zu einem **größeren Anteil** verbrennen. Die Glykogenspeicher werden geschont, wodurch der Athlet länger in der Lage ist, die Belastungsintensität höher zu halten oder Reserven für einen Endspurt aufzusparen [14]. Je nach individueller Verträglichkeit kann der Fettstoffwechsel zusätzlich über ein moderates Nüchterntraining trainiert werden, indem mit leerem Magen (morgens) in der Trainingsphase gelaufen wird [6]. Regelmäßige Ausdauerbelastung und das Ernährungsverhalten ermöglichen auch, die **Speicherkapazität an Glykogen** in Muskulatur und Leber zu steigern [15].

Ein guter Trainingszustand befähigt den Sportler zudem, die **Dauerleistung** (aerobe Leistungsfähigkeit) auf einem höheren Belastungsniveau abzurufen, indem die sogenannte **aerob-anaerobe Schwelle** (Ausdauerleistungsgrenze), ab welcher der Körper zunehmend anaerob Energie gewinnen muss, verschoben wird. Dieser Wert drückt sich als **Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme**, als % der  $VO_2\text{max}$ , aus [2, 12].

### Kohlenhydrate

▼ Belastungsintensitäten ab 75%  $VO_2\text{max}$ , die eine typische Trainingsintensität in vielen Ausdauersportarten darstellen, erfordern überwiegend Kohlenhydrate als Energiequelle [14]. Kohlenhydrate stellen dem Körper die Energie schneller zur Verfügung (*Energieflussrate*) und benötigen zur Oxidation weniger Sauerstoff, als dies bei Fetten der Fall ist. Ihre Energieausbeute pro Liter Sauerstoff ist **um 7% ökonomischer**, verglichen mit Fett [2].

Voraussetzung für solch intensive und langandauernde körperliche Arbeit **über 90 Minuten** ist ein stabiler **Blutzuckerspiegel** und damit eine kohlenhydratreiche Ernährung mindestens 1 Tag vor dem Wettkampf.

### Fett

▼ Fett stellt ein ideales Energiereservoir dar. Es wird kompakt ohne bedeutsame Wassereinlagerung gespeichert und liefert 2,5-mal mehr Energie als Kohlenhydrate [16]. Die Fettspeicher des Körpers stellen für Ausdauerbelastungen auch fast unbegrenzt Energie zur Verfügung [10]. Ihr „Problem“ für den Sportler ist die Geschwindigkeit der Energiefreisetzung [2].

### Protein

▼ Der Arbeitskreis Sport und Ernährung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfiehlt für erwachsene **Sportler** eine Proteinaufnahme von **0,8 g pro kg KG** bzw. **12–15%** der Gesamtenergieaufnahme [17].

Bei **hochaktiven Athleten** ist nach Empfehlungen des American College of Sports Medicine (ACSM) grundsätzlich von einem leicht erhöhten Bedarf von **1,2–1,4 g** pro kg KG auszugehen [3, 18].

Der Grund ist: Bei langen intensiven Ausdauerbelastungen kann in der Endphase der Belastung der Anteil an Protein am Energieumsatz auf bis zu 15% ansteigen, sobald das im Muskel eingelagerte Glykogen zur Neige geht [2].

Für **Kraftathleten** (hoher Leistungsbereich) sind **1,2–1,7 g** Protein pro kg KG indiziert [3].

Entscheidend für die Ernährung im Kraftsport aus dem Bereich Bodybuilding und Gewichtheben ist eine relativ fettarme, kohlenhydratreiche (Proteinschutz) und im Proteingehalt qualitativ hochwertige Ernährung. Der Einbau von Protein in die Muskulatur ist von der Qualität (essenzielle Aminosäuren) abhängig, nicht von der Quantität.

Zudem kann der Sportler durch eine kohlenhydratreiche Ernährung sein **Muskelprotein schützen**. Hierfür sollte mit gefüllten Kohlenhydratspeichern trainiert und auch in Diätphasen noch



ausreichend Kohlenhydrate aufgenommen werden, damit der Körper zur Energiegewinnung keine körpereigenen Proteinreserven (Muskulatur) angreifen muss [2].

## Proteinsupplemente

Die isolierte Aufnahme von Proteinpräparaten hat im Vergleich zum intakten Protein im Lebensmittel diverse Nachteile. Sie gelangen rascher ins Blut, die Aminosäurekonzentration steigt dadurch stärker an und folglich nutzt der Körper die Aminosäuren verstärkt als Energiequelle anstelle zum Muskelaufbau. Auch fehlt das günstige anabole Hormonprofil (Insulin), welches durch Kohlenhydrate in einer gemischten Kost entstehen würde [19].

Problematisch ist weiterhin, dass Proteinpulver Obstipation begünstigt [20]. Neben diesem Risiko können durch einen stetig zu hohen Konsum von Eiweißpräparaten vermehrt Kalzium und Phosphat über den Urin ausgeschieden werden; dies beeinflusst auf Dauer die Knochendichte ungünstig. Es sei auch noch die appetitanregende und nicht sättigende Wirkung von Proteinpulvern genannt [2].

## Aminosäurepräparate

Neben dem klassischen Proteinpulver werden Sportlern auch einzelne Aminosäuren oder bestimmte Kombinationen von Aminosäuren angepriesen, die selektive Wirkungen versprechen. Hierzu gibt es zum einen keine Evidenz und zum anderen geht der Sportler nach aktuellem Wissensstand ein potenzielles Gesundheitsrisiko ein. Die Aufnahme größerer Aminosäuremengen sollte wie ein Medikament eingestuft werden, das ggf. Nebenwirkungen aufweist. Die selektive Aufnahme einzelner Aminosäuren kann andere wichtige Aminosäuren blockieren und ein Ungleichgewicht entstehen lassen [2, 19].

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden, dass auch Hochleistungssportler ihren Proteinbedarf problemlos über die Nahrung decken können und eine Aufnahme über 1,7 g pro kg KG keinen Sinn ergibt. Ist eine Supplementierung für den Muskelaufbau angebracht (Diätphase), sollte der Protein-Drink (Proteinpulver mit Vitamin B<sub>6</sub>, nicht einzelne Aminosäuren) mit einem Kohlenhydrat-Snack kombiniert werden [9].

## Flüssigkeitszufuhr

Untrainierte können ca. 0,8 l Schweiß, trainierte Athleten dagegen 2–3 l pro Stunde produzieren [21]. Ab einem Flüssigkeitsverlust von 2% des Gesamtkörperwassers tritt ein Leistungsabfall auf [22]: vorzeitiger Leistungseinbruch, Konzentrations- und Koordinationsstörungen sowie Überhitzung drohen (Abb. 1).

Das Durstgefühl ist kein ausreichender Marker für die benötigte Wasserzufuhr im Sport, sodass der Sporttreibende spontan nur etwa zwei Drittel des über den Schweiß verlorenen Wassers trinken würde. Außerdem variieren auch unter gleicher Umgebungstemperatur bei Läufern [23] die Schweißabgaben pro Stunde zwischen 0,5 und 1,7 l. Deshalb sollte die individuelle Schweißmenge über Gewichtskontrollen festgestellt werden. Wird während des Laufens etwas getrunken, muss diese Menge berücksichtigt werden. In der Regenerationsphase sollte die 1,5-fache Menge des Schweißverlusts zugeführt werden [22]. Für ein Sportlergetränk wird ein Salzgehalt von 1–2 g Kochsalz pro Liter empfohlen, wobei auch [2] über normal gesalzene Mahlzeiten hohe Salzverluste problemlos kompensiert werden können.

Kalium, Magnesium, Kalzium, Eisen, Kupfer und Zink sowie wasserlösliche Vitamine und Aminosäuren gehen über den Schweiß nur in geringen Mengen verloren, sodass mit 1 Glas Orangensaft schon der Kaliumverlust von 1 Liter Schweiß ersetzt werden kann.

Kohlensäurearmes, natriumreiches Wasser genügt für alle Belastungsintensitäten bis zu 1 Stunde Dauer. Geeignete Getränke für mehrstündige Belastungen sind die Saftschorle (3 Teile Wasser zu 1 Teil Saft; alternativ: Mineralwasser plus feste Nahrung) oder isotone Getränke (mit Maltodextrin).

Aufgrund des geringeren Fruchtsäureanteils im Vergleich zu Orangen- oder Grapefruitsaft eignen sich Apfel-, Trauben- oder Johannisbeersaftschorlen bzw. -nektarschorlen besser, um Magenreizungen zu minimieren. Zu große Mengen an Apfelsaftschorle können wegen des Fruktosegehalts auch leichten Durchfall induzieren. Vitaminzusätze oder Süßstoffe ergeben in Sportgetränken keinen Sinn.

- Das ACSM empfiehlt für hochaktive Athleten 1,2–1,4 g (bei Kraftsportlern bis zu 1,7 g) Eiweiß pro kg KG pro Tag.

- Es gibt keine Evidenz für die Aufnahme einzelner Aminosäuren oder von Aminosäuregemischen im Sport.

- Durst ist kein suffizienter Indikator für die benötigte Flüssigkeitsmenge im Sport.

- In der Regenerationsphase sollte die 1,5-fache Menge des Schweißverlusts zugeführt werden (Salzgehalt 1–2 g Kochsalz/l).

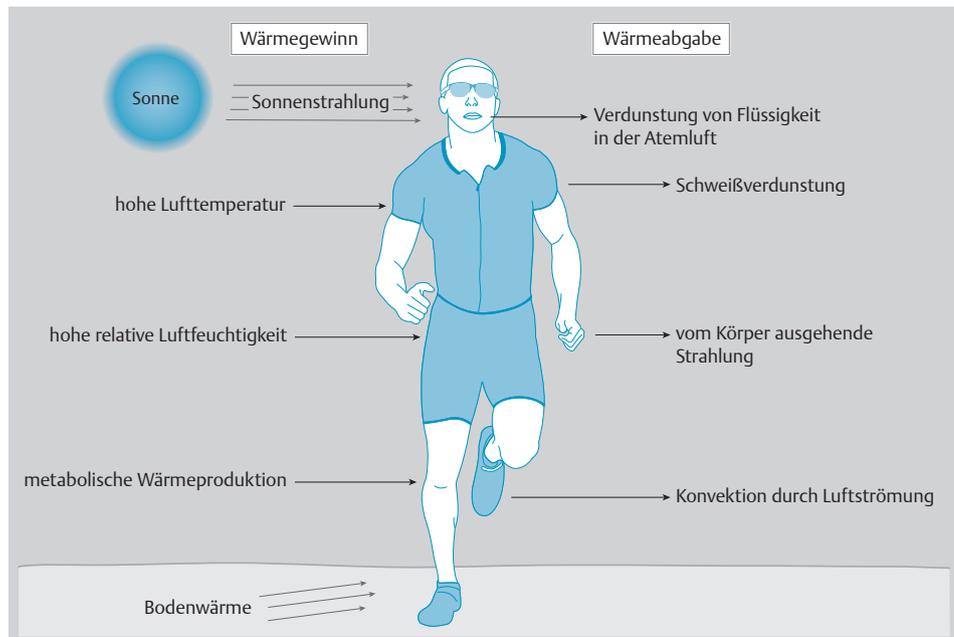


Abb. 1 Thermoregulationsmechanismen im Sport, modifiziert nach Williams [2].

Alle Trinkstrategien, Getränke und auch die Temperatur des Getränks sollten zwingend erst im Training auf die individuelle Verträglichkeit hin ausgetestet werden [9].

Energy Drinks eignen sich vor allem aufgrund ihrer hypertonen Konzentration und ihres defizitären Elektrolytgehalts nicht für den Einsatz vor und während des Sports. Eine vor Ausdauerwettkämpfen erwünschte Optimierung der Fettnutzung durch Koffein gelingt nach Applegate [24] erst mit 3 mg Koffein pro kg KG (ca. 2 Tassen Kaffee). Nach Armstrong [25] führen koffeinhaltige Getränke zu keinem erhöhten Flüssigkeitsverlust. Koffeinsensible Personen können allerdings mit Nervosität, Schwindel oder Kopfschmerzen u. a. Nebenwirkungen reagieren [26]. Das in bekannten Energy Drinks beworbene Taurin wirkt nach der Stellungnahme des DGE-Arbeitskreises (DGE: Deutsche Gesellschaft für Ernährung) Sport und Ernährung [27] nicht „beflügelnd“ bzw. leistungssteigernd. Die anregende Wirkung ist allein auf das Koffein zurückzuführen.

## Wettkampfernährung

### Vor der Belastung

Besonders für ausdauerbetonte Sportarten mit Belastungszeiten über 2 Stunden zahlt sich eine kohlenhydratreiche Vorwettkampfernährung aus [2].

Sind die Glykogenspeicher gut gefüllt und liegt die Belastungszeit **unter 90 Minuten** (bei 75%  $VO_{2max}$ ), dann ist eine Zuckerzufuhr vor dem Start nicht erforderlich. Bei längeren Wettkämpfen wirkt sich diese hingegen positiv auf die Leistung aus [2, 28].

Stets wichtig bei der Wettkampfverpflegung ist, diese zuvor im Training öfters auszuprobieren, zumal unter psychischer Anspannung Speisen unterschiedlich gut vertragen werden.

- ▶ Nicht nüchtern an den Start gehen!
- ▶ **3 Stunden vor dem Start** eine leicht verdauliche kohlenhydratreiche (200–300 g Kohlenhydrate), proteinmoderate, fett- und ballaststoffarme Mahlzeit einnehmen [3, 29].
- ▶ Die Nahrung soll gründlich zerkaut werden.
- ▶ **Trinken:** Nicht übermäßig trinken, aber den Körper ausreichend mit kohlen säurearmem Mineralwasser „aufladen“: Während 4 Stunden zuvor insgesamt 5–7 ml pro kg KG [22] auf Vorrat trinken (bei Hitze + 250 ml vor dem Start).
- ▶ **30 Minuten vor dem Start** ein leicht verdaulicher Kohlenhydratsnack vor langen Dauerbelastungen: Es empfiehlt sich nochmals **100–200 ml** eines kohlenhydrathaltigen Getränks.
- ▶ **Bei individueller Neigung zur Hypoglykämie:** 15–60 Minuten vor sportlichen Belastungen keine zu leicht resorbierbaren Kohlenhydrate (kein Maltodextrin-Drop) essen [15]. Alternativ: Bekömmlicher Sportriegel oder etwas Banane zu sich nehmen. Der Blutzuckerspiegel normalisiert sich jedoch bereits beim Aufwärmen unmittelbar [29].

- ▶ Für alle Belastungsintensitäten bis zu 1 Stunde Dauer eignet sich als Flüssigkeitsersatz kohlen säurearmes, natriumreiches Wasser.
- ▶ Für eine längere Belastungsdauer sind Saftschorle (3 Teile Wasser, 1 Teil Saft) oder isotonische Getränke ideal.



## Während der Belastung

### Flüssigkeitszufuhr

- ▶ **Sport bis max. 1 Stunde:** Vor und nach dem Sport Wasser zu trinken ist ausreichend (Ausnahme: Hitze, sehr hohe Belastungsintensitäten) [22].
- ▶ **Sport über 1 Stunde:** 400–800 ml/Std. [22], möglichst alle 15–20 min 150–200 ml trinken, je nach Verträglichkeit [1].
- ▶ Kohlenhydrat- und salzhaltige Getränke (isoton mit 500–700 mg Na/l oder leicht hypoton) werden vom Körper am schnellsten aufgenommen und animieren zum Trinken [22, 30]). Dies ist für sehr hohe Ausdauer- oder mehrstündige Intervallbelastungen bedeutsam. Empfohlen wird ein Kohlenhydratgehalt von 6–8% [3]. *Fruktose* sollte während der Belastung wegen evtl. auftretender gastrointestinaler Beschwerden nur in Maßen (<60 g) aufgenommen werden [31].

### Energiezufuhr

- ▶ Während intensiver Dauerleistung **über 1 Stunde:**  
~30–60 g Kohlenhydrate/Std. (z. B. 1 Banane + 250 ml Sportlergetränk) wirken einer vorzeitigen Ermüdung entgegen [3] und verhindern den „Hungerast“ (Hypoglykämie).
- ▶ Bei Intensitäten oberhalb von 90% der  $VO_2max$  tritt Erschöpfung hingegen schon vor der Entleerung der Speicher im Muskel ein.

## Nach der Belastung

Nach dem Sport sollte etwa die 1,5-fache Menge des Schweißverlusts an Flüssigkeit verteilt auf kleine, verträgliche Portionen aufgenommen werden [22].

Der Organismus befindet sich jetzt im günstigen, anabolen Nachbelastungsstoffwechsel, weshalb mit einer zeitnahen Kohlenhydratzufuhr (bspw. zu Beginn über Sportgetränke, nach 1 Stunde feste Nahrung) diese Phase optimal genutzt werden kann. Besonders geeignet für die Regeneration in den ersten 24 Stunden sind kohlenhydratreiche Lebensmittel mit mittlerem bis hohem glykämischen Index. Die resultierende Insulinsekretion verstärkt die Glukoseaufnahme in die Muskulatur [3, 19].

Nach sehr langen Belastungsumfängen (z. B. Marathon) sind trotz kohlenhydratbetonter Kost die Glykogendepots erst wieder nach 4–7 Tagen aufgefüllt [6].

Angenommen wird auch, dass die kombinierte Aufnahme von Kohlenhydraten mit etwas Protein (mindestens 8 g, entspricht 80 g Magerquark) zeitnah nach der Belastung die Muskelglykogen- sowie Proteinsynthese positiv beeinflusst. Dies ist für Athleten mit hohen Belastungsumfängen und kurzen Regenerationszeiten relevant [19, 32].

## Ernährungstechniken für den Wettkampf

### Kohlenhydratloading (Superkompensation) – Ernährungstechnik für Ausdauerbelastungen

Der Athlet reduziert 1 Woche vor einem Wettkampf und nach einer intensiven Trainingseinheit seine Trainingsbelastung auf 75% der  $VO_2max$ . Die ersten 3 Tage wird eine normale Mischkost (~350 g Kohlenhydrate pro Tag, 4 g/kg KG) beibehalten und dann für die weiteren 3 Tage vor dem Wettkampf auf eine sehr kohlenhydratreiche Kost (über 500 g pro Tag, 10 g/kg KG) umgestiegen. Dadurch kann der Glykogengehalt über den Normalwert hinaus angehoben bzw. superkompensiert werden. Diese Technik ist bei Wettkämpfen mit intensiver Ausdauerbelastung (>90 min, 65–85% der  $VO_2max$ ) sinnvoll [33].

### „Gewichtmachen“ – Technik bei Kampfsportarten und im Bodybuilding

In Sportarten mit Gewichtsklassen (z. B. Boxen, Ringen, Judo) wird vor dem Wettkampf eine Reduktion des Gewichts angestrebt, um in die leichtere Gewichtsklasse zu gelangen. Auch im Bodybuilding ist diese Methode verbreitet. Hier dient es der besseren Definition des Muskels. Die kurzfristige Gewichtsabnahme, vorwiegend über Flüssigkeitsrestriktion, wird als „Gewichtmachen“ („Abkochen“) bezeichnet. Es wird weniger getrunken, die Salzaufnahme wird reduziert und zugleich die Flüssigkeitsabgabe z. B. durch Training in warmer Kleidung, Sauna oder Diuretika (Doping!, Elektrolytverluste) gefördert. Das „**Abkochen**“ führt zur massiven Entwässerung des Körpers! Damit ist nicht nur die Gesundheit (Herzrhythmusstörungen, Hitzschlag), sondern auch die sportliche Leistung gefährdet [34].

In der Regel werden ausgehend vom Trainingsgewicht 5–10% weniger Gewicht angestrebt. Die Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) [35] hält maximal 3% Gewichtsverlust innerhalb von 5–7 Tagen für vertretbar. Das „schnelle“ Gewichtmachen sollte nicht praktiziert und dafür eine frühzeitige und realistische Gewichtsplanung etabliert werden [36].

- Bei einer Sportdauer über 1 Stunde sollten möglichst alle 15–20 min 150–200 ml getrunken werden.
- Während intensiver Dauerbelastung über 1 Stunde wirkt die Aufnahme von 30–60 g Kohlenhydraten pro Stunde dem sogenannten „Hungerast“ entgegen.
- Nach dem Sport unterstützt eine zeitnahe Kohlenhydrataufnahme die Regeneration.
- Für das Kohlenhydratloading reduziert der Sportler 7 Tage vor dem Wettkampf nach einer intensiven Trainingseinheit seine Trainingsbelastung auf ca. 75% der  $VO_2max$ .
- In den ersten 3 Tagen wird eine normale Mischkost beibehalten, für die letzten 3 Tage vor dem Wettkampf auf eine kohlenhydratreiche Kost (über 500 g pro Tag, 10 g/kg KG) umgestiegen.
- Zum Gewichtmachen („Abkochen“) sollte der Körpermassenverlust 3% innerhalb von 5–7 Tagen nicht überschreiten (DGSP-Empfehlung).

## Mikronährstoffe



Für Leistungssportler können die **Vitamine A, C, E** und **B<sub>6</sub>** (bei hohem Proteinkonsum) und die Mineralstoffe **Kalzium, Magnesium, Eisen** und **Zink** im Versorgungsstatus kritisch ausfallen. Unabhängig von der sportlichen Aktivität ist die **Jod**versorgung in Deutschland häufig noch suboptimal und wirkt sich auf den Sport bei Mangel als Leistungsknick aus [1].

## Vitamine



Prinzipiell besteht beim Sportler kein überproportionaler Bedarf an einzelnen Vitaminen, weil der höhere Bedarf durch die vermehrte Nahrungsaufnahme bei ausgewogener Mischkost eigentlich kompensiert sein sollte. Eine Ausnahme stellen hier vor allem die im Sport nicht selten anzutreffenden Spezialdiäten zur Gewichtskontrolle dar (z. B. Judo, Ringen usw.).

Grundsätzlich sollten Vitaminpräparate nicht mehr als 100% der Tagesempfehlung beinhalten. Bei unausgewogener Kost sind Multivitaminpräparate Einzelvitaminen vorzuziehen, wenn nicht ein spezifischer Mangel vorliegt [9].

## Mineralstoffe



Angesichts allgemein eher defizitärer **Kalzium**versorgung in Deutschland und des erhöhten Verlusts über den Schweiß droht vor allem bei Athleten, die sich längerfristig energiereduziert ernähren und nur wenig Milchprodukte verzehren, die Entwicklung einer „athletischen Osteoporose“. Als „Kalkräuber“ gelten auch größere Mengen von Eiweiß, beispielsweise über Proteinpulver in der Sportlerkost [37].

Wegen der erhöhten **Magnesium**ausscheidung über Schweiß und Urin wird für Leistungssportler nach Baron/Berg [37] eine zusätzliche Zufuhr über die regulär empfohlenen 350 mg pro Tag hinaus diskutiert. Auch ist nach Friedrich [6] vor allem bei Kraftsportlern wegen der hohen Proteinzufuhr mit einem vermehrten Magnesiumbedarf zu rechnen. Muskelkrämpfe sind jedoch nicht zwangsläufig beim Sportler auf Elektrolytmangel zurückzuführen, sondern können bei Athleten durchaus auch Zeichen lokaler Über- oder Fehlbelastungen sein. Ein anderes Symptom ist schnelles Ermüden.

Für einen erhöhten **Eisen**bedarf beim Athleten sind 4 Ursachen zu nennen [38]:

- ▶ Eisenverlust über den Schweiß (ca. 0,3–0,4 mg/l Schweiß)
- ▶ gesteigerter Eisenumsatz aufgrund der höheren Gesamtblutmenge
- ▶ Marschhämoglobinurie
- ▶ menstruationsbedingter Eisenverlust bei Sportlerinnen

Weitere Ursachen sind:

- ▶ negative Eisenbilanz infolge erhöhten Muskelaufbaus (bedingt durch die Zunahme von Myoglobin und eisenhaltigen Enzymen)
- ▶ Eisenverluste über den Urin als Hämolysefolge nach Prellungen, Stauchungen und sportinduzierter Körpertemperaturerhöhung
- ▶ Eisenverluste über den Stuhl infolge stressbedingter gastrointestinaler Blutungen
- ▶ erhöhte osmotische und mechanische Fragilität der Erythrozyten als Folge der belastungsinduzierten Azidose und des erhöhten Katecholaminspiegels

Als Folgen des Eisenmangels sind eine reduzierte Leistungsfähigkeit, die Tendenz zur vorzeitigen Laktatazidose, allgemeine Müdigkeit, Inappetenz, vasomotorische Störungen und Muskelkrämpfe zu beobachten [37].

Muskelschwäche und leichte Beeinträchtigungen wie allgemeine Unlust drohen ebenfalls bei Mangel von Kalium, das wie Magnesium im Schweiß eine ähnliche Konzentration wie im Blut aufweist.

Unter intensiver Belastung können pro Liter Schweiß 0,5–1 mg **Zink** verloren gehen. Auch die Zinkausscheidung im Urin ist dann erhöht, sodass der tägliche Gesamtverlust im Sport mit 3,5 mg berechnet wird. Sportler in intensiven Trainingsphasen sollten auf eine zinkreiche Ernährung achten [37].

Eine Kochsalzsubstitution hält das ACSM [22] beim Sport üblicherweise erst ab einer Belastungsdauer über 4–5 Stunden für indiziert (ca. 1,7 g NaCl pro Liter Getränk). Als Getränkeersatz können jedoch schon zuvor kleinere Mengen appliziert werden. Wird reines Wasser allein ersetzt, droht bei hoher Flüssigkeitsaufnahme eine symptomatische Hyponatriämie, die sich in leichter Form initial mit Unwohlsein, Erbrechen, leichten Kopfschmerzen und Müdigkeit manifestiert, später sogar Bewusstseinsstörungen und Lebensgefahr impliziert.

- ◉ Bei Leistungssportlern kann die Versorgung mit den Vitaminen A, C, E und B<sub>6</sub> (bei hohem Proteinkonsum) sowie den Mineralstoffen Kalzium, Magnesium, Eisen und Zink kritisch ausfallen.

**Tab. 5** Ergogene Substanzen (vgl. [9]; modifiziert nach [1, 2, 4, 24, 25, 27, 37, 39]).

Substanz	potenzielle Wirkung und Nutzen für Belastungsart	Beurteilung (für empfohlene Dosierung)
<b>wirksam für spezielle Belastungen</b>		
Koffein	1. anregend (Wachheitsgrad) → geistige Leistungsfähigkeit/psychomotorisch 2. Fettoxidation gefördert, positiv für trainierte <i>Ausdauerathleten</i> 3. kurzzeitige, hochintensive Belastungen von etwa 5 min: mögliche Leistungsverbesserung, indem die Ermüdung verzögert eintritt	wirksam und sicher
Antioxidanzien	Minimierung von belastungsbedingten Muskelschäden → verbesserte Trainingsfähigkeit	vielversprechend und bedeutsam für Trainierte, jedoch weiterer Studienbedarf
Kreatin	1. <i>Kraft- und Schnellkraftleistungen</i> : bei kurzzeitigen, intensiven Belastungen bis zu 30 s, mit wiederholenden Einheiten 2. <i>Bodybuilding</i> : Muskelmasse erscheint durch die Wassereinlagerung kurzfristig vergrößert	Wirksamkeit möglich: Responder und Nonresponder, Nebenwirkungen unwahrscheinlich, jedoch besteht Forschungsbedarf
Natriumbikarbonat/-zitat (Alkalisalze)	hochintensive, kurze Belastungen (~ 1–7 Minuten) mit Laktatanhäufung: Leistungssteigerung durch Neutralisation von Laktat im Blut	Wirkung subjektiv unterschiedlich
<b>nicht wirksam oder nicht nachweisbar</b>		
Glutamin (Aminosäure)	positiv für das Immunsystem → besonders für Ausdauerathleten oder Athleten in intensiven Trainingsphasen	Wirksamkeit nicht belegt, weitere Studien sind notwendig
β-Hydroxy-β-methylbutyrat (HMB)	muskelabbauender Effekt nach langen Belastungen wird reduziert → Untrainierte, die mit dem Training beginnen	Wirksamkeit vermutet, weitere Studien sind notwendig
Carnitin	1. erhöhte Fettoxidation → Ausdauersportler 2. Gewichtsverlust	nicht wirksam
Coenzym Q <sub>10</sub>	aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit: verbesserte Nährstoffverbrennung als Bestandteil der Atmungskette	nicht wirksam
Inosin	Kraftleistung und Ausdauer	nicht wirksam
Taurin	körperliche und geistige Leistungsfähigkeit	nicht wirksam
verzweigt-kettige Aminosäuren (BCAA; Leucin, Isoleucin, Valin)	1. positiv für das Immunsystem (evtl. zusammen mit Glutamin) für Athleten in einer intensiven Trainingsphase 2. Wirkung gegen vorzeitige Ermüdung	Wirksamkeit nicht belegt, weitere Studien sind notwendig

## Ergogene Substanzen

Potenzielle Leistungsverbesserer werden auch als ergogene Substanzen bezeichnet (gr. Ergon: Arbeit, genan: produzieren). Die ergänzende Verabreichung von Substanzen wird Supplementation genannt. **Tab. 5** gibt einen Überblick über verschiedene ergogene Substanzen: Problematisch ist die potenzielle Verunreinigung von Nahrungsergänzungsmitteln mit doping-ähnlichen Substanzen [40]. Grundsätzlich sicherer ist zwar die Nutzung von Supplementen von bekannten und namhaften Herstellern. Dennoch trägt das grundsätzliche Risiko der Sportler.

### L-Carnitin

Der körpereigene Wirkstoff L-Carnitin ist an der Fettoxidation im Muskel beteiligt, indem er langkettige Fettsäuren in die Mitochondrien transportiert. Gegen seinen Einsatz als „Fatburner“ sprechen folgende wissenschaftliche Argumente [9, 39]:

1. Weder die Kapazität des aeroben Enzymsystems, noch die Verfügbarkeit von Sauerstoff lassen sich durch exogene Carnitinzufuhr steigern.
2. Die Geschwindigkeit des carnitinabhängigen Fettsäuretransports läuft ohnehin maximal schnell ab.
3. L-Carnitin wird bei seiner Fettsäuretransportfunktion nicht verbraucht, sondern regeneriert, was eine Mehraufnahme überflüssig macht.
4. Die Zufuhr von Carnitin erhöht zwar den Blutcarnitinspiegel, nicht jedoch die Gesamtcarnitinkonzentration im Skelettmuskel.

### Koffein

Koffein kann neben der bekannten anregenden Wirkung auf das zentrale Nervensystem sowie das kardiovaskuläre System die „Fettverbrennung“ bei trainierten Sportlern verbessern. Im Jahr 2004 wurde es von der Welt Anti-Doping Agentur (WADA) von der Dopingliste genommen. Das ACSM empfiehlt als optimale Dosierung 1 Stunde vor der Belastung 3 bis maximal 6 mg Koffein pro kg KG. Dies entspricht etwa 3 mg bei 2 regulären Tassen Kaffee [9, 24, 25].

### Kreatin

Ziel einer Kreatinsupplementation ist, über einen erhöhten Kreatinwert im Muskel die ATP-Regeneration zu optimieren, sodass die maximale Kraftleistung länger aufrechterhalten werden kann und die Ermüdung hinausgezögert wird. Verschiedene Studien belegen den größten Einfluss einer Kreatinzufuhr bei kurzzeitigen, intensiven Belastungen (Kraft- und Schnellkraftleistungen) von bis zu 30 Sekunden Dauer, besonders bei wiederholenden Einheiten. Während Bodybuilder durch eine vergrößerte wirkende Muskelmasse infolge einer kreatinbedingten Wasseranlagerung profitieren, kann sich bei Läufern die wasserbedingte Gewichtszunahme aus biomechanischen Gründen eher negativ auswirken. Als Dosierung werden 0,03 g Kreatin pro kg KG/Tag (maximal 3 g/Tag) empfohlen. Nach der Supplementierungsphase sollte eine Pause eingelegt werden [4, 9, 24].

- ▶ Potenziell ergogen wirksam können Koffein, Antioxidanzien, Kreatin und Natriumbikarbonat bzw. -zitat in speziellen Belastungssituationen sein.

### Messung der Körperzusammensetzung

Unter Berücksichtigung der Aspekte Kosten-Nutzen-Relation, Strahlenexposition sowie Komfort eignen sich für die direkte Anwendung beim Patienten und Sportler eigentlich nur 3 Verfahren, die auch in sportmedizinischen Praxen und Instituten häufiger anzutreffen sind: **Infrarotinteraktanz**, **Kalipermetrie** (Anthropometrie) und **bioelektrische Impedanzanalyse** (BIA).

Das anthropometrische Hauptverfahren ist die Kalipermetrie (Calipometrie).

Von Ball, Altona und Swan wurde im Jahr 2004 [41] eine aktuelle Regressionsgleichung vorgestellt, die an Männern im Alter zwischen 18 und 62 Jahren entwickelt wurde und für Kaukasier, Afroamerikaner sowie Asiaten gleichermaßen geeignet ist:

$$\begin{aligned} \% \text{ Körperfett} &= 0,465 \\ &+ 0,180 (\Sigma 7 \text{ HFF}) \\ &- 0,0002406 (\Sigma 7 \text{ HFF})^2 \\ &+ 0,06619 (\text{Alter in Jahren}) \end{aligned}$$

HFF: Hautfettfalte

Dabei stellt  $\Sigma 7$  HFF die Summe der u. a. 7 Hautfettfalten (in mm) dar:

- ▶ Trizeps-HFF (am hängenden Oberarm in der Mitte zwischen Schulter und Ellenbogen längs)
- ▶ Subskapular-HFF (am Rücken unter dem unteren Schulterblattwinkel; quer in Richtung des Schulterblatts in einem 45°-Winkel zur Vertikalen)
- ▶ Suprailiakaal-HFF: über dem vorderen Darmbeinstachel in schräger Richtung parallel zum Rippenverlauf (Winkel von 45° zur Körperlängsachse)
- ▶ Abdominal-HFF (in vertikaler Richtung 2,5 cm rechts neben dem Bauchnabel)
- ▶ Brust-HFF (bei Männern Abnahme in diagonaler Richtung genau zwischen vorderer Axillarlinie und Brustwarze; bei Frauen am Ende des ersten Drittels der Verbindungslinie zwischen vorderer Axillarlinie und Brustwarze)
- ▶ Achselmitte-HFF (in vertikaler Richtung in der mittleren Axillarlinie auf Höhe des Schwertfortsatzes des Brustbeins)
- ▶ Oberschenkel-HFF (vertikal in der Mitte der Oberschenkelvorderseite zwischen Oberrand der Kniescheibe und der Leistenfalte parallel zur Beinlängsachse)

Ball, Swan und DeSimone entwickelten eine aktuelle Regressionsgleichung. Diese ist für Frauen im Alter zwischen 18 und 55 Jahren für Kaukasierinnen, Afroamerikanerinnen sowie Asiatinnen gleichermaßen geeignet [42]:

$$\begin{aligned} \% \text{ Körperfett} &= -6,40665 \\ &+ 0,41946 (\Sigma 3 \text{ HFF}) \\ &- 0,00126 (\Sigma 3 \text{ HFF})^2 \\ &+ 0,12515 (\text{Hüftumfang, in cm}) \\ &+ 0,06473 (\text{Alter in Jahren}) \end{aligned}$$

HFF: Hautfettfalten

Dabei stellt  $\Sigma 3$  HFF die Summe der 3 Hautfettfalten in mm dar: Trizeps-HFF, Suprailiakaal-HFF sowie Oberschenkel-HFF.

Lee u. Mitarb. stellten im Jahr 2000 eine elegante anthropometrische Methode für beide Geschlechter zur Bestimmung der **Skelettmuskelmasse** (in kg) vor, die an einem Kollektiv mit der



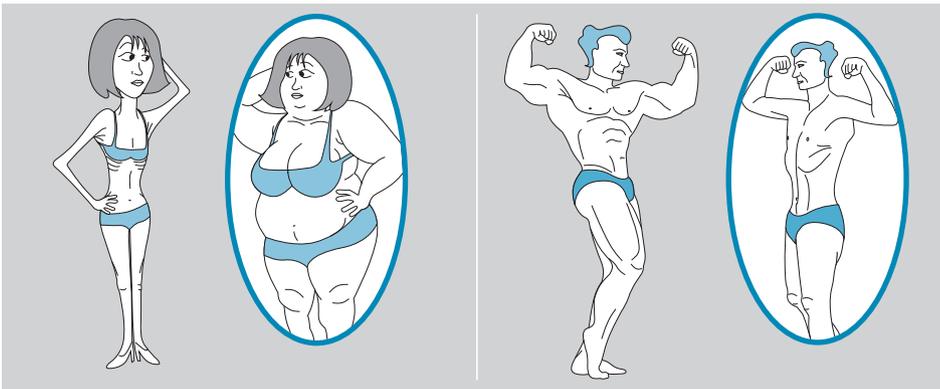


Abb. 2 Karikatur: links Anorexia nervosa, rechts inverse Anorexie.

Altersspanne von 20–81 Jahren entwickelt worden war und als geografische Konstitutionsvarianten Afroamerikaner, Asiaten und Kaukasier/Europäer einschließt [43].

**Skelettmuskelmasse** (in kg) = Körperhöhe (in cm) × [0,00587 × (Bizepsumfang in cm – π × Trizeps-HFF in cm)<sup>2</sup> + 0,00138 × (Oberschenkelumfang in cm – π × Oberschenkel-HFF in cm)<sup>2</sup> + 0,00574 × (Unterschenkelumfang in cm – π × Unterschenkel-HFF in cm)<sup>2</sup>] + 2,4 × Geschlechtsfaktor – 0,026 × Alter in Jahren + geografische Konstitutionskonstante + 4,4

Erläuterung der Konstanten und Faktoren:

1. Geschlechtsfaktor:

1: männlich

0: weiblich

2. geografische Konstitutionskonstanten:

–1,6: asiatische Konstitution

1,2: afrikanische/afroamerikanische Konstitution

0: kaukasische/europäische Konstitution

## Essstörungen im Sport

Essstörungen kommen vor allem bei Sportlerinnen häufiger als in der Allgemeinbevölkerung vor, wobei vor allem Athletinnen aus figurbetonten Disziplinen wie Eiskunstlauf, rhythmischer Sportgymnastik oder Kunstturnen stärker gefährdet sind. Aber auch das männliche Geschlecht ist betroffen, vor allem wenn ein niedrigeres Körpergewicht aus biomechanischen Gründen von Vorteil ist (Langstreckenlauf, Klettern, Skispringen u. a.).

### Anorexia athletica

Die Grenzen von der sportinduzierten Essstörung, der sogenannten Anorexia athletica, bis zur Anorexia nervosa und zur Bulimie können fließend verlaufen.

Die Anorexia athletica wird häufig noch nicht als psychische Erkrankung eingestuft, weil der Athlet in Abhängigkeit von der jeweiligen Trainingsphase sein Körpergewicht noch selbst bestimmen kann. Zwar stellt die Anorexia athletica noch kein Vollbild der Anorexia nervosa dar, kann jedoch als Übergangsform zur Magersucht oder Bulimie angesehen werden. 60% der essgestörten stationären Patienten einer Klinik hatten vor ihrer Erkrankung Leistungssport betrieben [44].

### Inverse Anorexie

Das in den 1990er-Jahren von der Arbeitsgruppe um den amerikanischen Psychiater Harrison Pope [45] erstmals beschriebene Krankheitsbild, das eher bei männlichen Athleten anzutreffen ist, wird im deutschen Sprachraum auch als „Adonis-Komplex“ bezeichnet. Weitere Synonyme sind Muskeldysmorphie, Muskelsucht, Bigorexia nervosa oder auch Machismo nervosa [46]. Die Betroffenen leiden unter dem Gefühl einer ungenügenden Ausprägung der eigenen Muskulatur, gemessen an persönlichen Idealvorstellungen. Während sich anorektische Patientinnen trotz Unterernährung häufig als zu dick erleben, empfinden sich die Muskeldysmorphen in Extremfällen trotz herkulischer Körper als zu schwächling, unmännlich, zu schmal und unmuskulös (Abb. 2).

Zur Bestimmung der Körperzusammensetzung eignen sich Infrarotinteraktanz, Bioimpedanzanalyse sowie Sportanthropometrie.

Bei der Sportanthropometrie kann mithilfe der Hautfettfaldendickenmessung (Kalipermetrie), der Messung von Körperhöhe und verschiedenen Umfängen Körperfettanteil und Skelettmuskelmasse berechnet werden.

Typische Essstörungen bei Sportlern sind die vor allem bei Sportlerinnen anzutreffende Anorexia athletica und die eher bei Bodybuildern vorkommende inverse Anorexie.

Bei inverser Anorexie empfinden sich die Betroffenen trotz massiv entwickelter Muskulatur als zu schwächling.

**Fazit für die Praxis****Kohlenhydrate und Fett**

- ▶ während intensiver Dauerleistung > 1 h: ~ 30–60 g Kohlenhydrate/h, z. B. über Sportgetränk mit 6–8 % Kohlenhydraten [3]
- ▶ Basisernährung Leistungssportler: 6–10 g Kohlenhydrate pro kg KG (nach [1] Ausdauerathlet  $\geq 55\%$ ) und 20–35 % Fett [3], Ausdauersportler  $\leq 30\%$  Fett [1].

**Protein**

- ▶ Breitensportler: 0,8 g Protein pro kg KG [17]
- ▶ hochaktiver Ausdauerathlet: 1,2–1,4 g pro kg KG [3]
- ▶ Kraftathleten (hoher Leistungsbereich): 1,2–1,7 g pro kg KG [3]

**Flüssigkeitszufuhr**

- ▶ 4 Stunden vor dem Sport: 5–7 ml pro kg KG [22]
- ▶ Training bzw. Wettkampf gut hydratisiert beginnen [22]
- ▶ **während des Sports**
  - ▶ **Sport bis max. 1 Stunde:** Vor und nach dem Sport Wasser zu trinken reicht aus [22].
  - ▶ **Sport über 1 Stunde:** 400–800 ml/h [22] möglichst 150–200 ml alle 15–20 min [1]. In der Trainingsphase die individuellen Schweißverluste messen ( $\rightarrow$  Gewicht), um die tatsächlich benötigte Trinkmenge einschätzen zu können.
  - ▶ **hohe Ausdauer- oder mehrstündige Intervallbelastungen:** 6–8 %iges kohlenhydrathaltiges Getränk und 500–700 mg Na/l  $\rightarrow$  Kohlenhydrat-Elektrolyt-Getränk [3, 22, 30]
- ▶ **nach dem Sport:** ~ 1,5 l pro kg Körpergewichtsverlust trinken [22]

**Supplementation**

- ▶ Eine potenzielle Wirksamkeit ist für Koffein, Antioxidanzien, Kreatin und Natriumbicarbonat bzw. -zitat in speziellen Belastungssituationen möglich. Bei allen übrigen Substanzen liegt keine ergogene Wirkung vor [1, 2, 4].
- ▶ Für Leistungssportler können die Vitamine A, C, E und B<sub>6</sub> (bei hohem Proteinkonsum) und die Mineralstoffe Kalzium, Magnesium, Eisen und Zink im Versorgungsstatus kritisch ausfallen. Zufuhr vorzugsweise über eine ausgewogene Kost [1].

**Fallbeispiel****Sportliche Belastung**

Marathon-Lauf (42 km)

**Sportler**

geübte Läuferin, 30 Jahre alt, 1,75 m, 59 kg, BMI 19,2 kg/m<sup>2</sup>

**Energiebedarf für Lauf**

Energieumsatz pro Stunde und kg KG:

Bei einem Marathonlauf mit 16,8 km/h (insges. 2,5 h) werden 18–20 kcal/kg KG verbrannt.

Berechnung:  $2,5 \text{ h} \times (18 \text{ kcal/kg} \times 59 \text{ kg}) \rightarrow 2,5 \text{ h} \times 1062 \text{ kcal} \rightarrow \mathbf{2655 \text{ kcal}}$

**Wettkampfvorbereitung**

Kohlenhydratbetonte Vorwettkampfernährung: Drei Tage vor dem Wettkampf sehr kohlenhydratreiche Kost (über 500 g pro Tag, 10 g/kg) aufnehmen und bei nur noch moderater Belastungsdauer (letzte 2 Tage 20 min, 1 Tag vor dem Wettkampf pausieren).

**Vor dem Start****Trinken:**

2 Std. zuvor: 500 ml hypotones Getränk (z. B. Wasser oder Schorle: 1 Teil Saft zu 3–5 Teilen Wasser) als Vorrat (bei Hitze: + 250 ml und ein natriumreiches Mineralwasser).

0,5 Std. zuvor: 100–200 ml kohlenhydrathaltiges Getränk z. B. Getränk + Maltodextrin-Pulver oder Mineralwasser + etwas Banane/bekömmliches Sportriegelstück (bei Hitze: 200–500 ml).

**Essen:**

3 Std. zuvor: leicht verdauliche kohlenhydratreiche (200–300 g Kohlenhydrate) Mahlzeit, z. B. Brötchen + Frischkäse + Bananenscheiben oder Nudeln + Tomatensoße.



**Während des Wettkampfs (2,5 Std.)****Trinken:**

alle 10–20 Minuten 150–200 ml (regelmäßige Intervalle)

Getränk: zu Beginn kohlenensäurearmes Wasser (Fettverbrennung „ankurbeln“), dann leicht hypotone oder isotone (6–8% Kohlenhydrate, z. B. 1 Teil Apfelsaft zu 2 Teilen natriumreiches (!) kohlenensäurearmes/stilles Mineralwasser) Getränke trinken (bei Hitze: 200–250 ml – individuelle Verträglichkeit berücksichtigen, Völlegefühl)

Summe:  $8 \times 150 \text{ ml} = 1200 \text{ ml}$  (250 ml Saftchorle + 750 ml isotonisches Sportgetränk + 250 ml stilles Wasser)

**Essen:**

~30–60 g Kohlenhydrate/h (z. B.  $\frac{1}{2}$  Banane + 250 ml Sportlergetränk oder 1 Energiegel + Wasser) (► **Tab. 6**)

Summe:  $40 \text{ g/Std.} \times 2,5 \text{ Std.} \rightarrow 100 \text{ g Kohlenhydrate (401 kcal)}$

**Regeneration****Trinken:**

1,5-fache Menge des Schweißverlusts (Gewichtskontrolle). Wenn die Athletin längere Zeit nach der Belastung Essen nicht gut verträgt, kann anstelle von fester Nahrung zuerst mit einem Sportgetränk gestartet werden.

**Essen:**

Kohlenhydratreiche Lebensmittel mit mittlerem bis hohem glykämischen Index kombiniert mit etwas Eiweiß. Das im Essen enthaltene Kochsalz unterstützt die Wasseraufnahme z. B. Roggenbrot + Quark + Marmelade.

**Tab. 6** Beispiel für die Versorgung mit Kohlenhydraten (KH) während des Marathons.

Lebensmittel (Portion)	30–60 g KH/h			75–150 g KH für 2,5h Lauf
	KH-Gehalt in Gramm			
	pro 100 g	pro Portion	Portion(en)	Summe in g KH
Energiegel (41 g)	63	41	1	41
Apfelschorle (1 Teil Saft : 2 Teilen stilles Wasser) (250 ml)	4	10	1	10
isotonisches Sportgetränk (250 ml)	6	15	3	45
				96

**Relevante Empfehlungen**

American College of Sports Medicine (ACSM), American Dietetic Association (ADA), and Dietitians of Canada (DC). Nutrition and athletic performance. Joint Position Statement. Med Sci Sports Exerc 2009; 41: 709–731.

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Stellungnahme des DGE-Arbeitskreises „Sport und Ernährung“: Proteine und Kohlenhydrate im Breitensport. Forschung, Klinik und Praxis 05/2001.

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH): Schriftreihen. In: Swiss forum for sport nutrition: [www.sfsn.ethz.ch/](http://www.sfsn.ethz.ch/)

Scientific Committee on Food (SCF): Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen: Protein and protein components. 50 S. European Commission (Hrsg): Health & Consumer Protection Directorate-General. Brüssel 28.02.2001. [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out64\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out64_en.pdf)

**Weblinks**

American College of Sports Medicine: [www.acsm.org/access-public-information/position-stands](http://www.acsm.org/access-public-information/position-stands)

Australian Government & Australian Sports Commission: [www.ausport.gov.au/ais/nutrition](http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition)

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH): [www.sfsn.ethz.ch](http://www.sfsn.ethz.ch)

Institut für Ernährungsinformation: Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (DEBInet): [www.ernaehrung.de/tipps/sport/](http://www.ernaehrung.de/tipps/sport/)  
 Olympiastützpunkt Rheinland: Produktdatenbank für auf Dopingsubstanzen getestete Nahrungsergänzungsmittel: [www.koelnerliste.com](http://www.koelnerliste.com)

### Interessenkonflikt

Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Artikel bestehen keine Interessenkonflikte für Christoph Raschka und Stephanie Ruf.

### Literatur

- 1 Schek A. Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung. Trainer Bibliothek 36. Deutscher Sportbund. Münster: Philippka; 2002
- 2 Williams MH. Ernährung, Fitness und Sport. Dt. Ausg. Rost R, Hrsg. 2. Aufl. Berlin: Ullstein Mosby; 1997
- 3 American College of Sports Medicine (ACSM), American Dietetic Association (ADA), and Dietitians of Canada (DC). Nutrition and athletic performance. Joint Position Statement. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 709–731
- 4 American College of Sports Medicine (ACSM). The physiological and health effects of oral Creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 31: 706–717
- 5 Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L et al. ISSN (International Society of Sports Nutrition) exercise & sport nutrition review: Research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr* 2010; 7: 1–43
- 6 Friedrich W. Optimale Sporternährung. Grundlagen für Leistung und Fitness im Sport. 2. Aufl. Balingen: Spitta; 2008
- 7 Schek A. Die Ernährung des Sportlers. Empfehlungen für die leistungsorientierte Trainingspraxis. *Ernährungs-Umsch* 2008; 6: 362–370
- 8 D-A-CH: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE), Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr (nach D-A-CH). 1. Aufl. Frankfurt/Main: Umschau Braus; 2012
- 9 Raschka C, Ruf S. Sport und Ernährung. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012
- 10 Stegemann J. Leistungsphysiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1991
- 11 Ulmer HV. Arbeits- und Sportphysiologie. In: Schmidt RF, Thews G, Lang F, Hrsg. Physiologie des Menschen. 26. Aufl. Berlin: Springer; 1995: 672–696
- 12 Kirsch K. Leistungsphysiologie. In: Klinker R, Silbernagl S, Hrsg. Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart: Thieme; 1994: 517–538
- 13 Costill DL, Hargreaves M. Carbohydrate nutrition and fatigue. *Sports Med* 1992; 13: 86–92
- 14 Maughan R. The athlete's diet. Nutritional goals and dietary strategies. *Proc Nutr Soc* 2002; 61: 87–96
- 15 Costill DL. Carbohydrate for exercise: Dietary demands for optimal performance. *Int J Sports Med* 1988; 9: 1–18
- 16 Astrand PO. Ausdauersport. In: Shephard RJ, Astrand PO, Hrsg. Ausdauer im Sport: Eine Veröffentlichung des IOC in Zusammenarbeit mit der FIMS. 1. Aufl. Köln: Dt. Ärzte; 1993: 22–29
- 17 Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Stellungnahme des DGE-Arbeitskreises „Sport und Ernährung“: Proteine und Kohlenhydrate im Breitensport. *Forschung, Klinik und Praxis*; 01.05.2001: Im Internet: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=283> (Stand: 22.7.2013)
- 18 Lemon PWR. Do athletes need more dietary protein and amino acids? *Int J Sport Nutr* 1995; 5: 39–61
- 19 Scientific Committee on Food (SCF). Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen: Protein and protein components. 50 S. European Commission, Hrsg. Health & Consumer Protection Directorate-General. Brüssel: 28.02.2001: Im Internet: [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out64\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out64_en.pdf) (Stand: 22.7.2013)
- 20 Maid-Kohnert U Red. Lexikon der Ernährung: In drei Bänden. Heidelberg: Spektrum; 2002
- 21 Konopka P. Sporternährung. Leistungsförderung durch vollwertige und bedarfsangepasste Ernährung. 9. Aufl. München, Wien, Zürich: BLV; 2002
- 22 American College of Sports Medicine (ACSM). Position stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 37: 377–390
- 23 Zapf J, Schmidt W, Lotsch M et al. Die Natrium- und Flüssigkeitsbilanz bei Langzeitbelastungen – Konsequenzen für die Ernährung. *Dtsch Z Sportmed* 1999; 50: 375–379
- 24 Applegate E. Effective nutritional ergogenic aids. *Int J Sport Nutr* 1999; 9: 229–239
- 25 Armstrong LE. Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2002; 12: 189–206
- 26 Schek A. Sportlergetränke – Anspruch und Realität. *Ernährungs-Umsch* 2000; 47: 228–234
- 27 Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Stellungnahme des DGE-Arbeitskreises „Sport und Ernährung“: Taurin in der Sporternährung. 01.08.2001: info 8. Im Internet: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=294> (Stand: 22.7.2013)
- 28 Hargreaves M, Costill DL, Fink WJ et al. Effect of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: 33–36
- 29 Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH). Swiss forum for sport nutrition: Ernährung vor Training & Wettkampf. 06 2006: Im Internet: [www.sfsn.ethz.ch/](http://www.sfsn.ethz.ch/) (Stand: 22.7.2013)

- 30 Brouns F, Saris W, Schneider H. Rationale for upper limits of electrolyte replacement during exercise. *Int J Sport Nutr* 1992; 2: 229 – 238
- 31 Coggan AR, Swanson SC. Nutritional manipulation before and during endurance exercise: Effects on performance. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 331 – 335
- 32 Niles E, Lachowetz T, Garfi J et al. Carbohydrate-protein drink improves time to exhaustion after recovery from endurance exercise. *J Exerc Physiol online* 2001; 4: 45 – 51 (01.01.2001). Im Internet: <http://faculty.css.edu/tboone2/asep/Niles1Col.PDF> (Stand: 22.7.2013)
- 33 Sherman WM, Jacobs KA, Leenders N. Carbohydrate metabolism during endurance exercise. In: Krieger RB, Fry AC, O'Toole ML, eds. *Overtraining and overreaching in sport: physiological, psychological and biomechanical considerations*. Champaign: Human Kinetics; 1998; 13: 289 – 307
- 34 Oppliger RA, Nelson Stehen SA, Scott JR. Weight loss practices of college wrestlers. *J Sport Nutr Exerc Metab* 2003; 13: 29 – 46
- 35 Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) e.V. Die Auswirkungen des „Gewichtmachens“ auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Kommission Leistungssport 2002. Im Internet: [http://tvk-essen.de/fileadmin/tvk/images/Sportarten/Rudern/News/2010/0000\\_Allgemein/Gewichtmachen.pdf](http://tvk-essen.de/fileadmin/tvk/images/Sportarten/Rudern/News/2010/0000_Allgemein/Gewichtmachen.pdf) (Stand: 22.7.2013)
- 36 Braumann K-M, Urhausen A. Standards der Sportmedizin: Gewichtmachen. *Dt Z Sportmed* 2002; 53: 254 – 255
- 37 Baron DK, Berg A. *Optimale Ernährung des Sportlers*. 3., überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart, Leipzig: Hirzel; 2005
- 38 de Marées H. *Sportphysiologie*. 9. Aufl. Köln: Sport & Buch Strauß; 2002
- 39 Australian Institute of Sport (AIS). AIS Supplement Group Classification. Im Internet: [www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/classification\\_test](http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/classification_test)
- 40 Corrigan B, Kazlauskas R. Medication use in athletes selected for doping control at the Sydney Olympics (2000). *Clin Sports Med* 2003; 13: 33 – 40
- 41 Ball SD, Altana TS, Swan PD. Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58: 1525 – 1531
- 42 Ball SD, Swan PD, DeSimone R. Comparison of anthropometry to Dual Energy X-Ray Absorptiometry: a new prediction equation for women. *Res Q Exerc Sport* 2004; 75: 248 – 258
- 43 Lee RC, Wang Z, Heo M et al. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 796 – 803
- 44 Hertzpertz-Dahlmann B, Müller B. Leistungssport und Essstörungen aus kinder- und jugendpsychiatrischer Sicht. *Monatsschr Kinderheilk* 2000; 148: 462 – 468
- 45 Pope HG, Phillips KA, Olivardia R. *Der Adonis-Komplex. Schönheitswahn und Körperkult bei Männern*. 1. Aufl. München: DTV; 2001
- 46 Raschka C. *Sportanthropologie. Leitfaden der modernen, vergleichenden Sportanthropologie, Sportanthropometrie und trainingsrelevanten Konstitutionsbiologie*. 1. Aufl. Köln: Sportverlag Strauß; 2006

## Impressum CME Aktuelle Ernährungsmedizin

© 2013 Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstr. 14, 70469 Stuttgart  
Unsere Homepage:  
<http://www.thieme.de>  
Printed in Germany  
Satz: Maisch, Ditzingen  
Druck: Grafisches Centrum Cuno,  
Calbe/Saale

Redaktionelle Mitarbeit:  
Sabine M. Rüdeshcim,  
Frechen-Königsdorf

Ansprechpartner:  
Dr. Claudia Fischer  
Redaktion  
Georg Thieme Verlag KG  
Klinik und Praxis  
E-Mail: [Claudia.Fischer@thieme.de](mailto:Claudia.Fischer@thieme.de)

## Wichtige Hinweise

Die CME-Beiträge der Aktuellen Ernährungsmedizin wurden durch die Nordrheinische Akademie für ärztliche Fort- und Weiterbildung anerkannt. Die Aktuelle Ernährungsmedizin ist zur Vergabe der Fortbildungspunkte für diese Fortbildungseinheit berechtigt. Diese Fortbildungspunkte der Nordrheinischen Akademie für ärztliche Fort- und Weiterbildung werden von den anderen zertifizierenden Ärztekammern sowie, gemäß der Novellierung der DFP-Richtlinien vom 30.6.2010 (§ 14 Ziff.3), auch von den österreichischen Ärztekammern anerkannt. Die Vergabe der Fortbildungspunkte ist nicht an ein Abonnement gekoppelt!

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und ggf. nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Beitrag abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.**



## CME-Fragen Sportlerernährung

### 1 Was ist charakteristisch für die Sportlernahrung?

- A Flüssigkeitsbedarf richtet sich nach dem Durstgefühl
- B Energiebedarf bleibt konstant, da sich die energiebereitstellenden Systeme des Sportlers anpassen können
- C niedriger Kohlenhydratbedarf
- D höherer Flüssigkeits- und Energiebedarf
- E Mikronährstoffbedarf (Vitamine und Mineralstoffe) steigt überproportional an

### 2 Welche Antwort zum Energiestoffwechsel ist richtig?

- A Belastungsintensitäten ab 75% VO<sub>2</sub>max erfordern überwiegend Fett.
- B Die Fettoxidation verbraucht weniger Sauerstoff.
- C Der Körper verbrennt aus Kohlenhydraten schneller Energie (Energieflussrate) als aus Fetten.
- D Kohlenhydrate sind der einzige Nährstoff für die aerobe Energiebereitstellung.
- E Proteine sind als Energieträger bedeutend.

### 3 Auf welchen Energieverbrennungsmechanismus greift der Körper vornehmlich bei einem Mittelstreckenlauf von 400–800 m (Belastung bis 2 Minuten) zurück?

- A Laktazid, anaerobe Glykolyse
- B alaktazide Energiebereitstellung
- C primär aerobe Glykolyse
- D Lipolyse
- E primär energiereiche Phosphate

### 4 Wann tritt ein „Steady-State-Zustand“ zwischen Sauerstoffaufnahme und -bedarf im Körper ein?

- A Sauerstoff steht ausreichend zur Verfügung.
- B wenn Glukose bis Laktat abgebaut wird
- C tritt bei hochintensiver Arbeit ein
- D wenn der Körper anaerob Energie gewinnt
- E 100-m-Sprint

### 5 Wie wirkt sich Ausdauertraining auf den Energiestoffwechsel aus?

- A Kohlenhydrate werden früher verbrannt.
- B Fett wird früher mobilisiert.
- C Fett wird später mobilisiert und geschont.
- D Glykogen wird schneller verbraucht.
- E Speicherkapazität für Glykogen lässt sich nicht verändern.

### 6 Welche Aussage ist falsch?

- A Gefüllte Kohlenhydratspeicher schützen die Muskulatur.
- B Auch für Hochleistungsathleten aus dem Kraftsportbereich sind 1,7 g Protein/kg KG ausreichend.
- C Für Breitensportler werden 0,8 g Protein pro kg KG empfohlen.
- D Proteinpräparate gelangen rascher ins Blut und fördern dadurch effektiver den Muskelzuwachs.
- E Bei Sport über 90 Minuten sollte möglichst alle 10–20 Minuten etwas getrunken werden (ca. 150 ml).

### 7 Was charakterisiert die Essstörung inverse Anorexie?

- A Gefühl, zu korpulent zu sein trotz ausgeprägter Kachexie
- B Gefühl, zu korpulent zu sein trotz gewaltiger Muskulatur
- C Gefühl, zu kachektisch zu sein bei ausgeprägter Kachexie
- D Gefühl, zu korpulent zu sein bei massiver Adipositas
- E Gefühl, zu kachektisch zu sein trotz gewaltiger Muskulatur

### 8 Welche Parameter der Körperzusammensetzung lassen sich anthropometrisch bestimmen?

- A Körperzellmasse
- B interstitieller Raum
- C extrazelluläre Masse
- D prozentualer Fettanteil
- E transzellulärer Raum

### 9 Welche Aussage zu ergogenen Substanzen bzw. Supplementen ist richtig?

- A Wirksamkeit ist bei Kreatin möglich.
- B Als wirksam und sicher leistungssteigernd gilt Inosin.
- C Als wirksam und sicher leistungssteigernd gilt Taurin.
- D Als wirksam und sicher leistungssteigernd gilt Carnitin.
- E Als unwirksam und sicher nicht leistungssteigernd gilt Kreatin.

### 10 Was ist keine Ursache für einen erhöhten Eisenbedarf bei Sportlern?

- A Eisenverlust über den Schweiß
- B höhere Gesamtblutmenge des Sportlers
- C Marschhämoglobinurie
- D hoher Proteinkonsum durch rotes Muskelfleisch
- E stressbedingter Eisenverlust über den Stuhl

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.