

The book cover features a central chalkboard with a light wood frame. The author's name 'Alexandra Schek' is written in white chalk at the top. Below it, the title 'TOP ERNÄHRT IM SPORT' is written in large, bold, white chalk letters. The chalkboard is surrounded by various items on a green grass background: a blue sneaker in the top left, a whole orange at the top, a sandwich with tomato and cheese in the top right, two yellow bananas on the right, a red tomato and a green apple in the bottom left, a kiwi and an orange at the bottom, and two dumbbells (one blue, one pink) in the bottom right.

Alexandra Schek

TOP
ERNÄHRT
IM SPORT

Wichtiger Hinweis:

Die ernährungswissenschaftliche und -medizinische Wissenschaft sind einem ständigen Wandel unterworfen. Die in diesem Buch gemachten Angaben zu Studienlagen, Dosis und Anwendung entsprechen nach sorgfältiger Prüfung durch den Verfasser dem derzeitigen Wissensstand. Dennoch sollte jeder Benutzer anhand der Beipackzettel evtl. verwendeter Präparate prüfen, ob die dort gemachten Angaben von denen des vorliegenden Buches abweichen. Verlag und Autor haften nicht für Fehler, die trotz sorgfältiger Bearbeitung möglich sind.

® TM Geschützte Warennamen wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Inhalt

Vorbemerkungen

Abkürzungen

1. Grundlegende Ernährungsempfehlungen

Nährstoffbedarf und -zufuhrempfehlungen

Quantitative Aspekte der Nahrungsaufnahme

Qualitative Aspekte der Nahrungsaufnahme

Praktische Umsetzung von Ernährungsrichtlinien

2. Ernährungsbedürfnisse im Trainingsalltag

Energie – die Lebensessenz

Wasser – die Lebensgrundlage

Kohlenhydrate – die wichtigsten Energielieferanten

Fette – die zusätzlichen Energielieferanten

Proteine – die Aufbaustoffe

Mikronährstoffe – die Regulatoren

Ergogene Hilfen – die Leistungsverbesserer?

3. Ernährungsrichtlinien für die Wettkampf-Saison

10 grundlegende Tipps

Kohlenhydrat-Superkompensation & Co

Gewichtsmanagement

4. Gestörtes Essverhalten und Essstörungen

Abnormes Verhalten vs. Krankheit

Anorexia athletica

Anorexia nervosa

Bulimia nervosa

Glossar

Literatur

Sachregister

Vorbemerkungen

„Sports nutrition is a constantly evolving field with hundreds of research papers published annually.” (Kreider et al., 2010)

Seit Veröffentlichung der ersten Auflage von „Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung“ (Philippka-Sportverlag 2002) sind 16 Jahre vergangen, seit der Veröffentlichung von „Ernährung im Top-Sport“ (Umschau Zeitschriftenverlag) fünf Jahre. Die Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen auf dem Gebiet der Sportlerernährung hat sich, wie bei anderen Fachrichtungen auch, exponentiell erhöht. Es wurde versucht, die Spreu vom Weizen zu trennen und den derzeitigen Kenntnisstand in einem wissenschaftlichen und gleichzeitig verständlich-kompakten Stil fortzuschreiben. Dabei liegt das Augenmerk auf **Meta-Analysen, Literaturübersichten und randomisierten kontrollierten Studien (RCT)**, die sich jeweils an Sportlern mit einem hohen Leistungsniveau und an dem Geschehen „auf’m Platz“ orientieren. Oder um es mit L. M. Burke (2008) zu sagen: *„(...) studies that (...) include the use of well-trained subjects, conditions that reflect actual practices in sport, and exercise protocols that simulate real-life events“.*

Dass es mit der Ernährung im Sport nicht zum Besten steht, verdeutlicht die Untersuchung von Braun et al. (2010) an 164 deutschen Elite-Athleten zwischen 10 und 25 Jahren, wovon 80 % mindestens ein Nahrungsergänzungsmittel – Mineralstoffe, Vitamine, Sportlergetränke, Kohlenhydratkonzentrate u. a. – verwendeten. Im

Durchschnitt wurden drei Präparate parallel eingenommen, was vermuten lässt, dass die Athleten nicht der Auffassung sind, ihre Ernährungsweise sei geeignet, um damit ausreichende Mengen an Nährstoffen zur Aufrechterhaltung von körperlicher Leistungsfähigkeit und Gesundheit zuzuführen. Dass dem tatsächlich so ist, zeigen die Ergebnisse einer weiteren Studie von Braun et al. (2018) an 32 Nachwuchs-Fußballspielerinnen: 53 % wiesen ein energetisches Defizit auf, 31 bzw. 34 % blieben unter der Zufuhrempfehlung für Kohlenhydrate bzw. Proteine und mehr als die Hälfte erreichten die Referenzwerte für die Zufuhr von Vitamin D, Folat, Eisen, Calcium, Vitamin B₁₂ und Vitamin A nicht.

Die in „Top ernährt im Sport“ vorgelegten Empfehlungen verfolgen im Wesentlichen das Ziel, über leistungsmindernde Ernährungsfehler aufzuklären. Sie richten sich an **wettkampforientierte Breiten- und Leistungssportler**¹. Diese beiden Personengruppen benötigen mehr Energie für ihre sportlichen Aktivitäten als Freizeitsportler, aber weniger als Extremsportler wie z.B. Tour-de-France-Fahrer. Angesprochen werden im Wesentlichen Personen, die (fast) täglich zwischen einer und vier Stunden intensiv Sport treiben und auch (gelegentlich) an Wettkämpfen teilnehmen. Die Empfehlungen gelten in aller Regel sowohl für **Erwachsene** als auch für Jugendliche und Kinder². Diese haben durch das Wachstum zwar einen erhöhten Nährstoffbedarf, aber die Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr beziehen sich auf den Energieumsatz, der gleichermaßen erhöht ist. Außer Energie benötigen Kinder und Jugendliche auch mehr Flüssigkeit pro Kilogramm Körpergewicht als Erwachsene.

Auf eine Differenzierung der Richtlinien nach einzelnen Sportdisziplinen wird weitestgehend verzichtet, weil die Ernährungsbedürfnisse nicht so unterschiedlich sind, wie

angenommen wird (Wardenaar et al., 2017 a, b). Nennenswerte Unterschiede bestehen lediglich zwischen **ausdauer- und kraftbetonten Sportarten**, wobei die Übergänge fließend sind. Wenn Ausdauer- und Kraftkomponenten sich die Waage halten (z. B. im Teamsport), sollte den Empfehlungen für Ausdauersportler der Vorzug gegeben werden.

Die einzelnen Kapitel bzw. Abschnitte dieses Buches sind so gegliedert, dass einleitend die **theoretischen Grundlagen** erläutert werden und anschließend auf die **praktische Umsetzung** eingegangen wird.

Im Vordergrund der Betrachtungen stehen die physiologischen Funktionen der Ernährung. Daneben spielen aber auch die psychischen und sozialen Funktionen eine Rolle. Lust und Genuss gehören ebenso zum Essen und Trinken wie Menschen, mit denen man die Mahlzeiten teilen kann. Im Folgenden wird eine Ernährungsweise vorgestellt, die dem Bedürfnis des Sportlers nach leistungsverbessernden Maßnahmen nachkommt, ohne dass die geschmackliche Akzeptanz aus den Augen verloren wird.

Mein herzlicher Dank gilt meinen Eltern für die Unterstützung bei diesem und weiteren Projekten sowie Werner Böwing und Lin Lütke-Glanemann für den Buchsatz während ihrer Freizeit.

**Dr. Alexandra Schek
im Juni 2018**

¹ Aus Gründen besserer Lesbarkeit wird in der Regel nur die männliche Form verwendet, die jedoch die weibliche einschließt.

² Vgl. Hoch et al. (2008), Käfer (2009), Schek (2014a) und Zanker (2006)

Abkürzungen

ACE	Provitamin A (β -Carotin), Vitamin C und Vitamin E
ALA	α -Linolensäure
ATP	Adenosintriphosphat
AIS	<i>Australian Institute of Sport</i> , eine Abteilung der <i>Australian Sports Commission</i>
BCAA	Verzweigtkettige Aminosäuren (<i>branched chain amino acids</i>)
BMI	Körpermasseindex (<i>body mass index</i>)
CLA	Konjugierte Linolsäuren (<i>conjugated linoleic acids</i>)
DEGS	Deutsches Gesundheitssurvey für Erwachsene
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DHA	Docosahexaensäure
DOSB	Deutscher Olympischer Sportbund
DSM-5	Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen (<i>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th edition</i>)
EAH	Sportassoziierte Hyponaträmie (<i>exercise-associated hyponatremia</i>)
EDNOS	Nicht näher spezifizierte Essstörung (<i>eating disorder not otherwise specified</i>)
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (<i>European Food Safety Authority</i> ; seit 2002)
En%	Energieprozent

EPA	Eicosapentaensäure
FFM	Fettfreie Körpermasse (<i>fat free mass</i>)
Gew.%	Gewichtsprozent
GI	Glykämischer Index
GL	Glykämische Last
HDL	Lipoproteine mit hoher Dichte (<i>high density lipoproteins</i>)
HMB	β -Hydroxy- β -Methylbutyrat
ICD-10	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (<i>International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems; 10th revision</i>)
IMTG	Intramuskuläre Triglyceride
IOC	Internationales Olympisches Komitee (<i>International Olympic Committee</i>)
LBM	Magermasse (<i>lean body mass</i>)
LDL	Lipoproteine mit geringer Dichte (<i>low density lipoproteins</i>)
MCT	Mittelkettige Triglyceride (<i>middle chain triglycerides</i>)
MET	Metabolisches Äquivalent (<i>metabolic equivalent of a task</i>)
N	Stickstoff
NEM	Nahrungsergänzungsmittel
NVS II	Nationale Verzehrsstudie II
PAL	Körperliches Aktivitätsniveau (<i>physical activity</i>)

level)

RED-S	Relatives Energiedefizit (<i>relative energy deficiency in sport</i>)
RQ	Respiratorischer Quotient
SCF	<i>Scientific Committee on Food of the European Commission</i> (1974 bis 1997)
UL	Tolerierbare obere Aufnahmemenge (<i>tolerable upper intake level</i>)
VLDL	Lipoproteine mit sehr geringer Dichte (<i>very low density lipoproteins</i>)
VO₂(max)	(Maximale) Sauerstoffaufnahme
WADA	Welt-Anti-Doping-Agentur (<i>World Anti-Doping Agency</i>)
WHO	Weltgesundheitsorganisation (<i>World Health Organization</i>)

1 Grundlegende Ernährungsempfehlungen

Nährstoffbedarf und -zufuhrempfehlungen

Nähr- und Wirkstoffe in der Nahrung

Die Nährstoffe, die wir neben **Wasser** zur Erhaltung aller Körperfunktionen benötigen, werden in energieliefernde und nicht-energieliefernde Nährstoffe unterteilt (Tab. 1). **Energie** liefern die **Makronährstoffe**, auch Hauptnährstoffe genannt, zu denen Kohlenhydrate (4 kcal/g), Fette (9 kcal/g) und Proteine (4 kcal/g) zählen, außerdem Alkohol (7 kcal/g) und Ballaststoffe (2 kcal/g). Die nicht-energieliefernden Nährstoffe werden auch **Mikronährstoffe** genannt. Hierzu zählen die Mineralstoffe – Mengen-, Spuren- und Ultraspurenelemente – sowie die Vitamine.

In neuerer Zeit gewinnen die **sekundären Pflanzenstoffe** an Bedeutung. Die Pflanzenwelt bildet schätzungsweise 400.000 solcher Stoffe (rund 100.000 sind bekannt) zur Abwehr gegen Schädlinge und Krankheiten, als Wachstumsregulatoren sowie als Farb-, Aroma- und Duftstoffe. Einige dieser Wirkstoffe sollen die Gesundheit des Menschen im Sinn einer Vorbeugung vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs fördern. Die wichtigsten Gruppen sekundärer Pflanzenstoffe sind Polyphenole, Carotinoide, Sulfide, Phytoöstrogene, Protease-Inhibitoren, Saponine, Glucosinolate, Phytosterine, Monoterpene, Lektine, Phytinsäure und Resveratrol. Hierauf wird an anderer Stelle

(Schenk, 2002b, 2017c) detailliert eingegangen. In Bezug auf hochintensive und langdauernde Belastungen wird ein positiver Einfluss eines gezielten Einsatzes sekundärer Pflanzenstoffe auf das Infektionsrisiko diskutiert (König et al., 2000).

Für den Menschen **essenziell** (unentbehrlich) sind Wasser, einige Amino- und Fettsäuren, die meisten Vitamine und alle Mengen- und Spurenelemente. Weil der menschliche Organismus zur Synthese dieser Stoffe nicht in der Lage ist, müssen sie unbedingt mit der Nahrung aufgenommen werden. Es besteht ein Bedarf.

Definition des Nährstoffbedarfs

Unter **Nährstoffbedarf** versteht man diejenige Menge eines Nährstoffs, die mit der Nahrung zugeführt werden muss, damit die Konzentration dieses Nährstoffs im Organismus ein Niveau erreicht, das genügt, um die Erfüllung aller Funktionen sicherzustellen. Der Nährstoffbedarf ist eine **individuelle Größe**, die überdies tägliche Schwankungen aufweist, denn er wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, wie z. B. Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand, Ernährungsstatus, Hormonstatus, Arbeitsschweregrad, besondere Leistungen (z. B. Sport), Klima usw. Weil die experimentelle Bestimmung sehr aufwendig ist, gibt es keinen Menschen, dem bekannt ist, welchen Bedarf an den einzelnen Nährstoffen er zu einem gegebenen Zeitpunkt tatsächlich hat.

Definition der Nährstoffzufuhrempfehlungen

Unter **Nährstoffzufuhrempfehlungen** werden Nährstoffmengen verstanden, von denen angenommen wird, dass eine Zufuhr mit der Nahrung in dieser Höhe ausreicht, um die **Bevölkerung** **vor**

Gesundheitsstörungen zu schützen, die aus einer Nährstoffunterversorgung resultieren könnten. Diese Empfehlungen werden auf der Basis von Bedarfsbestimmungen an homogenen Personengruppen erarbeitet.

Ableitung der Nährstoffzufuhrempfehlungen vom Bedarf

Der **durchschnittliche Nährstoffbedarf**, der bei einer homogenen Personengruppe bestimmt wurde, entspricht dem geschätzten mittleren Bedarf an diesem Nährstoff für denjenigen Teil der Bevölkerung, der der definierten Personengruppe hinsichtlich Alter und Geschlecht ähnlich ist ([Abb. 1](#)). Eine Nährstoffzufuhr in Höhe dieses Durchschnittsbedarfs deckt den geschätzten Bedarf von 50 % der entsprechenden Bevölkerungsgruppe. Durch Addition von zwei Standardabweichungen erhält man den **Gruppenbedarf**. Eine Nährstoffzufuhr in dieser Höhe würde den Nährstoffbedarf von 97,5 % der Bevölkerungsgruppe decken. Die **Nährstoffzufuhrempfehlungen** basieren ebenfalls auf dem Durchschnittsbedarf. Die Ableitung hiervon erfolgt durch einen Sicherheitszuschlag, der in seiner Höhe eine hypothetische doppelte Standardabweichung übersteigt. Diese Vorgehensweise trägt der Tatsache Rechnung, dass für die meisten Nährstoffe keine statistische Normalverteilung (Gaußsche Glockenkurve, [Abb. 1](#)) des Bedarfs vorliegt.

Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr

Referenzwerte ist der übergeordnete Begriff für Empfehlungen, Schätz- und Richtwerte für die Nährstoffzufuhr.

Empfehlungen werden immer dann ausgesprochen, wenn der Durchschnittsbedarf der entsprechenden

Nährstoffe bekannt ist und wenn der Sicherheitszuschlag mit großer Wahrscheinlichkeit allen physiologischen individuellen Schwankungen gerecht wird und ausreichende Nährstoffreserven im Körper sicherstellt. Empfehlungen gibt es für die essenziellen Fettsäuren, Proteine, acht Vitamine (Vitamin A, Vitamin C, Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin, Niacin, Folat, Cobalamin) und die Mineralstoffe Calcium, Magnesium, Phosphor, Eisen, Jod und Zink.

	Energieliefernde Nahrungsbestandteile:	
Organisch	Kohlenhydrate ¹⁾ (4 kcal/g)	v. a. Einfachzucker (Trauben-/Fruchtzucker), Zweifachzucker (Haushaltszucker) und Mehrfachzucker (Maltodextrine, Stärke, Glycogen)
	Fette ¹⁾ (9 kcal/g)	v. a. Neutralfette (aus Fettsäuren und Glycerol) und Cholesterin
	Proteine ¹⁾ (4 kcal/g)	v. a. Motor-, Stütz-, Gerüst- und Blut-Proteine (aus Aminosäuren)
	Alkohol (7 kcal/g)	v. a. Ethanol
	Ballaststoffe (2 kcal/g)	v. a. unverdauliche Mehrfachzucker und Nicht-Kohlenhydrat-Nahrungsfasern
Anorganisch	Nicht-energieliefernde Nahrungsbestandteile (Mikronährstoffe):	
	Vitamine	fettlösliche Vitamine: A, D, E, K wasserlösliche Vitamine: C, B-Komplex
	Mengenelemente ²⁾ (Elektrolyte)	Natrium, Chlorid, Kalium, Calcium, Phosphor, Magnesium, Schwefel
	Spurenelemente ²⁾	Eisen, Jod, Fluorid, Zink, Selen, Kupfer, Mangan, Chrom, Molybdän, Kobalt
	Ultraspurenelemente ²⁾	Nickel, Silicium, Vanadium, Aluminium, Thallium u. a.
	Wasser	

Tab. 1: Zusammensetzung der Nahrung (1) Makronährstoffe = Hauptnährstoffe, 2) Mineralstoffe)

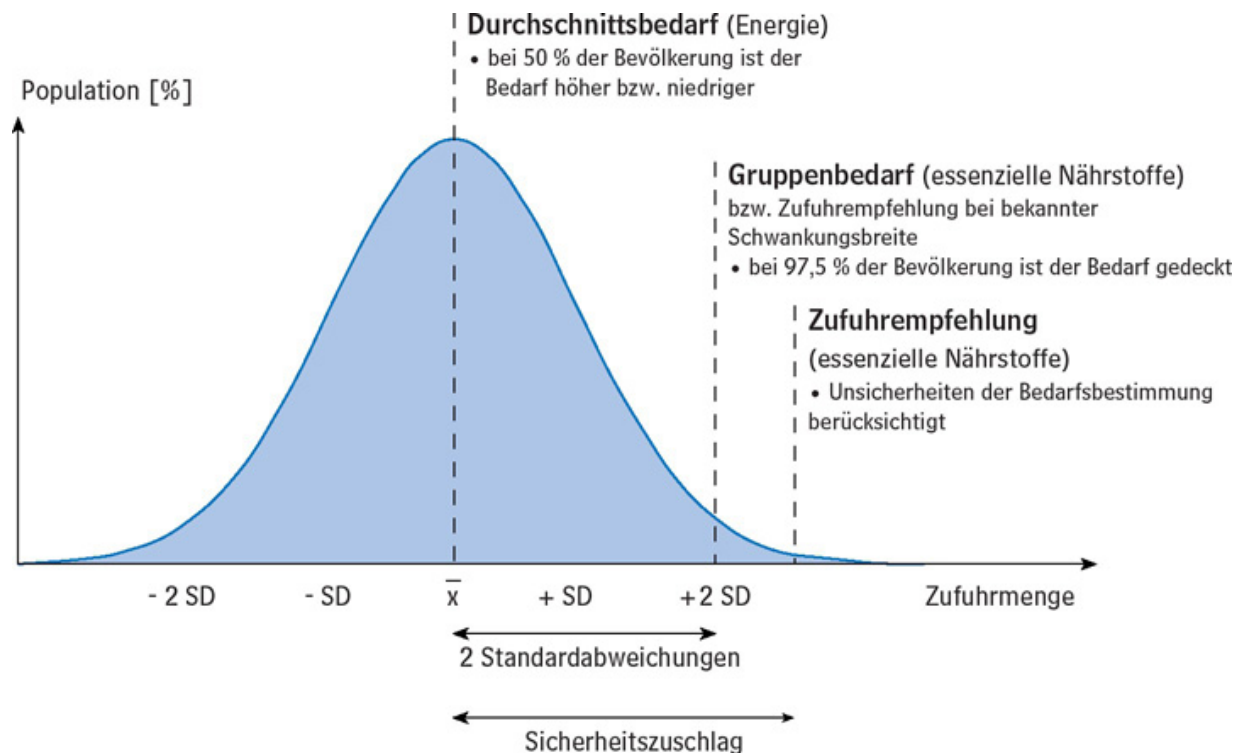


Abb. 1: Ableitung der Nährstoff-Zufuhrempfehlungen vom -bedarf (Schenk, 2017c) Legende: $\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert; SD = Standardabweichung

Schätzwerte werden festgesetzt, wenn der Durchschnittsbedarf noch nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit bestimmt worden ist. Die Werte sind zwar experimentell gestützt, aber noch nicht genügend abgesichert. Schätzwerte gibt es für die beiden sehr langkettigen ω 3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA), für das Provitamin A (β -Carotin), die Vitamine D, E, K, Pantothersäure und Biotin sowie für die Mineralstoffe Natrium, Kalium, Chlorid, Selen, Kupfer, Mangan, Chrom und Molybdän.

Richtwerte stellen Orientierungshilfen dar, die aus ernährungswissenschaftlicher und gesundheitspolitischer Sicht geboten erscheinen, auch wenn sie zum Teil nicht-essenzielle (entbehrliche) Nährstoffe betreffen. Mit ihrer Hilfe soll die Zufuhr innerhalb bestimmter Grenzen geregelt werden. Richtwerte gibt es für Energie, Wasser,

Kohlenhydrate, Fette, Cholesterin, Ballaststoffe, Alkohol, Speisesalz und Fluorid. Der Richtwert für die Energiezufuhr entspricht dem Durchschnittsbedarf, d. h. der Menge, die den Energiebedarf von 50 % der Bevölkerung decken würde.

Nährstoffdichte

Die Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr können als täglich zu verzehrende Nährstoffmengen oder als Nährstoffdichten angegeben werden. Das Konzept der Nährstoffdichte hat den Vorteil, dass die Werte auch dann gelten, wenn sich der Tagesenergiebedarf bedingt durch starke körperliche Beanspruchung deutlich vom Energiezufuhr-Richtwert für Personen mit überwiegend sitzender Beschäftigung unterscheidet. Definiert ist die Nährstoffdichte als **Quotient aus Nährstoff- und Energiezufuhr**. Im Fall der Referenzwerte werden die als empfohlen erachteten Zufuhrmengen der einzelnen Nährstoffe durch den Richtwert für die Energiezufuhr dividiert (s. u.).

Annahme (männlicher Bodybuilder):

Körpergewicht 87,3 kg, Proteinzufuhr **2,5 g/kg/d**, Energiegehalt von Proteinen 4 kcal/g*, Energiezufuhr 3280 kcal/d

- Proteinzufuhr in g/d = Körpergewicht in kg (87,3) × Proteinzufuhr in g/kg/d (2,5) = **218 g/d**
- Energiezufuhr in kcal/d = Proteinzufuhr in g/d (218) × Energiegehalt von Proteinen in kcal/g (4) = 872 kcal/d
- Proteinzufuhr in En% = Energielieferung der Proteine in kcal/d (872) : Energiezufuhr in kcal/d (3280) = **27 En%**

Tab. 2: Umrechnung der Nährstoffzufuhr von Gramm in Energie% (am Beispiel von Protein) * Der Energiegehalt von Kohlenhydraten beträgt

ebenfalls 4 kcal/g, der von Fetten dagegen 9 kcal/g und der von Alkohol 7 kcal/g.

Bei den nicht-energieliefernden Nährstoffen erfolgt die Angabe der Nährstoffdichte offiziell in Milligramm (mg) pro Megajoule (MJ). Weil die Kalorien als energetische Einheit jedoch immer noch gebräuchlicher sind als die Joules, werden die Referenz-Nährstoffdichten der Mikronährstoffe hier in mg/1000 kcal angegeben³. 1000 kcal entsprechen 4,2 MJ.

Bei den energieliefernden Nährstoffen wird die Nährstoffdichte in Prozent des Brennwertes, kurz **Energie%** (En%), angegeben. In diesem Fall muss das kalorische Äquivalent der Nährstoffzufuhr berechnet werden, bevor durch die Energiezufuhr dividiert wird. Das kalorische Äquivalent der Zufuhr an Hauptnährstoffen ergibt sich durch Multiplikation der Nährstoffmengen in Gramm mit dem Energiegehalt der jeweiligen Nährstoffe in Kilokalorien pro Gramm (diese für den menschlichen Organismus verfügbare Energie wird wissenschaftlich als „physiologischer Brennwert“ bezeichnet).

Tab. 2 zeigt ein Rechenbeispiel für Proteine. Das Konzept der Nährstoffdichte findet außerdem Verwendung bei der Beurteilung einzelner Lebensmittel hinsichtlich ihres Beitrags zur Versorgung mit bestimmten Nährstoffen bzw. zur Beurteilung der Wertigkeit der üblicherweise verzehrten Nahrung. In diesem Fall wird der Quotient aus der mit der Nahrung (einem Lebensmittel) zugeführten Menge eines Nährstoffs und dem Energiegehalt der Nahrung (des Lebensmittels) gebildet, und mit der Referenz-Nährstoffdichte verglichen.

Ernährungsprotokoll

Um die mit der Nahrung zugeführte Menge an Nährstoffen und Energie quantifizieren und daraus die entsprechenden

Nährstoffdichten ableiten zu können, bedarf es der Protokollierung der (auch außer Haus) über den ganzen Tag verteilt **verzehrt** **Lebensmittelmengen** in haushaltsüblichen Maßen über einen Zeitraum von bis zu sieben aufeinanderfolgenden Tagen. Ist der Erhebungszeitraum kürzer (mindestens jedoch drei Tage), ist darauf zu achten, dass auch an einem Samstag oder Sonntag protokolliert wird. Die Auswertung der Protokolle sollte durch Ernährungsfachkräfte erfolgen. Sie rechnen die Haushaltsmaße mit Hilfe von Normtabellen in Gewichtsmengen um und berechnen aus dem Verzehr an Lebensmitteln anhand von Nährwerttabellen die Zufuhr an Nährstoffen und Energie. Diese Daten wiederum bilden die Grundlage für die Berechnung der Nährstoffdichten in dieser als üblich zu bezeichnenden Kost.

Ernährungsstatus

Der Vergleich der anhand eines Ernährungsprotokolls ermittelten Nährstoffdichten (IST-Zufuhr) mit den Referenz-Nährstoffdichten (SOLL-Zufuhr) kann einen Hinweis auf den Ernährungsstatus, i. e. die **Versorgung einer Person mit Nährstoffen**, geben. Während jedes Überschreiten der Referenz-Nährstoffdichten auf eine gute Versorgungslage (z. B. mit Vitaminen) oder auch auf eine Überversorgung (z. B. mit Fett) schließen lässt, ist das Nicht-Erreichen eines vorgegebenen Werts nicht zwangsläufig mit einer Unterversorgung gleichzusetzen. Denn wie eingangs erläutert wurde, liegen die Empfehlungen bzw. Schätzwerte für die Nährstoffzufuhr bedingt durch den Sicherheitszuschlag höher als der durchschnittliche Bedarf.

Eine unzureichende Versorgung mit einem oder mehreren Nährstoffen kann nur mit Hilfe biochemischer Messgrößen zweifelsfrei ermittelt werden. Insofern sollten Nährstoffzufuhren, die die Referenzwerte um mehr als 20 %

unterschreiten, Anlass zu entsprechenden Blut- bzw. Urinuntersuchungen geben.

Quantitative Aspekte der Nahrungsaufnahme (Soll-Ist-Vergleich)

Was Daten zur **Energiezufuhr** betrifft, ist in aller Regel von einem *Underreporting* in Höhe von 10-45 % auszugehen (Burke et al., 2001; Hill & Davies, 2001; Magkos & Yannakoulia, 2003). D. h., die Energieaufnahme liegt in der Realität höher, als protokolliert wird, was sich daran erkennen lässt, dass das Gewicht der untersuchten Sportler sich über die Zeit nicht reduziert (Dwyer et al., 2012; Garcin et al., 2009; Drenowatz et al., 2012).

In Bezug auf die **Makronährstoffe** gelten für erwachsene Freizeitsportler, die täglich bis zu eine Stunde aktiv sind, im Allgemeinen die in [Abb. 2](#) grafisch dargestellten Prozentzahlen für ein ausgewogenes Verhältnis der Zufuhr von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten (DGE et al., 2017). Für Breiten- und Leistungssportler, die täglich mehr als eine Stunde intensiv trainieren, werden zunehmend die in [Tab. 3](#) aufgeführten Absolutzahlen des American College of Sports Medicine (Rodriguez et al., 2009; Thomas et al., 2016) oder der International Society of Sports Nutrition (Kreider et al., 2010) angegeben, weil diese besser mit dem tatsächlichen Verbrauch an Brennstoffen im Muskel korrelieren (Burke et al., 2004). Die Prozentwerte sind ungeeignet, sobald die Energiezufuhr entweder sehr gering oder sehr hoch ist, wie zwei Beispiele demonstrieren sollen: Werden weniger als 2000 kcal/d verzehrt, wie es z. B. in ästhetischen Sportarten der Fall ist, entspricht ein Kohlenhydratanteil in der Kost von 50-60 % einer Zufuhr in absoluten Zahlen von unter 250-300 g/d bzw. 5-6 g/kg/d bei einem Körpergewicht von 50 kg. Bei einer Energiezufuhr von mehr als 5000 kcal/d, wie sie z. B. bei Profi-Radrennen

üblich ist, und einem Proteinanteil von 12–15 Energie%, beträgt die Proteinzufuhr in absoluten Zahlen über 165–205 g/d bzw. 2,1–2,6 g/kg/d bei einem Körpergewicht von 80 kg.

Bei den **Mikronährstoffen** macht die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE et al., 2017) keinen Unterschied zwischen Nicht-sportlern und Sportlern. Es wird angenommen, dass der sportbedingt erhöhte Vitamin-/Mineralstoffbedarf im Rahmen einer vollwertigen Ernährung bedingt durch die entsprechend höhere Energiezufuhr gedeckt werden kann. In [Tab. 4](#) sind die Empfehlungen und Schätzwerte nach Umrechnung in Nährstoffdichten (mg oder µg Nährstoff bezogen auf 1000 kcal) angegeben.

Breitensportler

Die in [Tab. 5](#) (S. → f.) zusammengestellten Studienergebnisse machen deutlich, dass ambitionierte männliche und weibliche **Kraftsportler** aus Holland, die wöchentlich 5–10 Stunden Cross fit betreiben (Wardenaar et al., 2017a), sich im Vergleich zu Nichtsportlern aus Frankreich (Garcin et al., 2009) bzw. zum Durchschnitt der bundesdeutschen Bevölkerung⁴ (DGE, 2012) zu eiweißreich ernähren. Da auch der Fettverzehr zu hoch ist, liegt die Kohlenhydratzufuhr sowohl prozentual als auch absolut deutlich unter dem Soll-Wert.

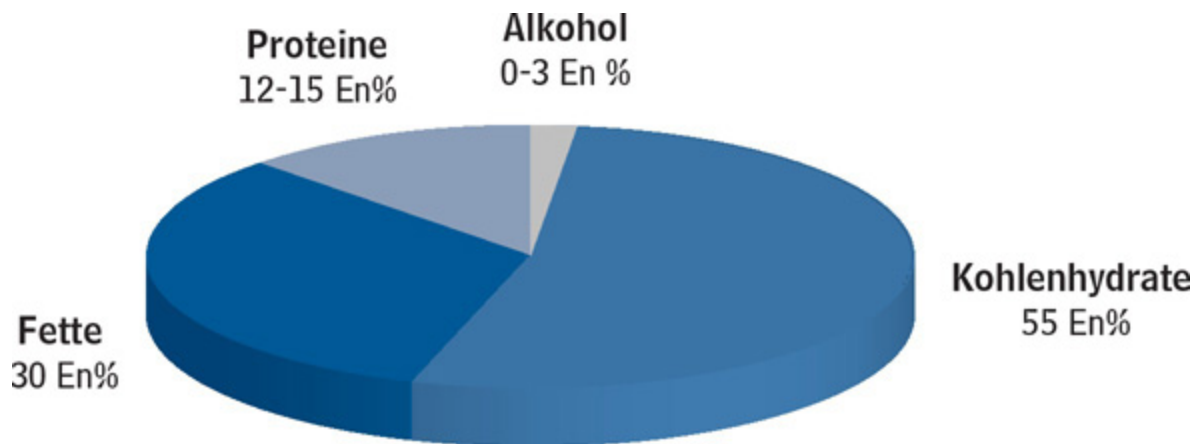


Abb. 2: Empfohlenes Verhältnis energieliefernder Nährstoffe in der Kost

Die Daten für ambitionierte männliche und weibliche **Ausdauersportler** sowohl aus Holland (Wardenaar et al., 2017a) als auch aus Kanada (Masson & Lamarche, 2016) zeigen auf den ersten Blick eine ausgewogene Nährstoffrelation. Zieht man jedoch die Richtwerte in absoluten Zahlen in Betracht, fällt auf, dass auch hier die Kohlenhydratzufuhr suboptimal ist. Die Kanadier nehmen ausreichend Ballaststoffe auf (36–50 g/d) und trinken akzeptable Mengen an Alkohol (4,2–6,6 g/d bzw. 0,8–1,9 Energie%). Die Flüssigkeitszufuhr der holländischen Frauen ist auffällig hoch.

Leistungssportler

Vergleicht man die in [Tab. 5](#) (S. → ff.) dargestellten Studienergebnisse aus Westeuropa – resp., wenn nicht verfügbar, aus Übersee – mit den empfohlenen Zufuhren, gelangt man zu folgenden Einsichten:

- **Leistungssportler kommen den Referenzwerten für Makro- und Mikronährstoffe näher als Personen mit überwiegend sitzendem Lebensstil** (Garcin et al., 2009). Der Kohlenhydratverzehr der Athleten lag mit durchschnittlich 5,1 g/kg/d allerdings an

der untersten Grenze der Empfehlung. Außerdem war die Zufuhr von Vitamin D, Vitamin E und Eisen (Frauen) kritisch.

Energieliefernde Nährstoffe	Ausdauersportler	Kraftsportler
Kohlenhydrate	1-3 h Sport/Tag: 6 -10 g/kg/d 4-5 h Sport/Tag: 8-12 g/kg/d	5-7 g/kg/d
Proteine	1,2-1,4 g/kg/d ¹⁾	1,2-1,7 (2,0) g/kg/d ²⁾
Fette	20-35 Energie%	30 Energie%

Tab. 3: Wünschenswerte Zufuhr an energieliefernden Nährstoffen für Ausdauer- und Kraftsportler (nach Burke & Deakin, 2006; Kreider et al., 2010; Maughan et al., 2004, Rodriguez et al., 2009; Thomas et al., 2016)

¹⁾ Frauen benötigen ca. 15 % weniger Eiweiß als Männer. ²⁾ Anfänger benötigen mehr Protein als langfristig Trainierende, Verletzte noch mehr.

Mikronährstoff	Referenzwert für die Nährstoffzufuhr pro 1000 kcal Energieumsatz		
	Männer		Frauen
Vitamin A		0,34 mg RÄ	
Vitamin D	6,8 µg		8,5 µg
Vitamin E		5 mg TÄ	
Vitamin K		25 µg	
Vitamin C		40 mg	
Thiamin (Vitamin B ₁)		0,44 mg	
Riboflavin (Vitamin B ₂)		0,47 mg	
Niacin		5,5 mg NÄ	
Pyridoxin (Vitamin B ₆)		0,5 mg	
Folat	0,10 mg FÄ		0,13 mg FÄ
Pantothensäure	2,0 mg		2,6 mg
Biotin	10–20 µg		13–26 µg
Cobalamin (Vitamin B ₁₂)	1,0 µg		1,3 µg
Natrium	510 mg*		640 mg*
Chlorid	780 mg*		980 mg*
Kalium	1360 mg		1700 mg
Calcium	340 mg		430 mg
Phosphor	240 mg		300 mg
Magnesium		130 mg	
Eisen	3,6 mg		6,4 mg
Jod	70 µg		85 µg
Fluorid		1,3 mg	
Zink	3,4 mg		3,0 mg
Selen		25 µg	
Kupfer	0,3–0,5 mg		0,4–0,6 mg
Mangan	0,7–1,7 mg		0,9–2,1 mg
Chrom	10–34 µg		13–43 µg
Molybdän	17–34 µg		21–43 µg

Tab. 4: Referenzwerte für die Mikronährstoffzufuhr für Personen zwischen 19 und 24 Jahren, berechnet als Nährstoffdichten (nach DGE et al., 2017)

1 mg RÄ (Retinol-Äquivalente) = 1 mg Retinol = 1,15 mg all-trans-Retinylnacetat = 6 mg all-trans-β-Carotin = 3333 I.E. Vitamin A
1 mg TÄ (Tocopherol-Äquivalente) = 1 mg RRR-α-Tocopherol = 1,49 mg all-rac-α-Tocopherylacetat = 1,49 I.E. Vitamin E
1 mg NÄ (Niacin-Äquivalente) = 60 mg Tryptophan
1 mg FÄ (Folat-Äquivalente) = 1 mg Nahrungsfolat = 0,5 mg synthetische Folsäure

* **Pro Liter Schweiß gehen im Durchschnitt 0,9 g Natrium und 1,35 g Chlorid verloren.**

- In den **ästhetischen (kompositorischen) Sportarten** ist die Energiezufuhr grenzwertig und in den meisten Fällen mit einer suboptimalen Zufuhr an Kohlenhydraten, Proteinen und Mikronährstoffen assoziiert (Dwyer et al., 2012; Wardenaar et al., 2017a).
- Im **Bodybuilding** imponiert die supplementationsbedingt übertriebene Proteinzufuhr sowohl in der Vorwettkampfphase (Gewichtsabnahme bei Muskelerhalt; Mäestu et al., 2010) als auch in der Trainingsphase (Muskelaufbau; Kim et al.; 2011). Trotz hoher Energieaufnahme ist der Kohlenhydratverzehr grenzwertig. Bei Frauen in der Vorwettkampfphase ist er bedingt durch die starke Energierestriktion zu gering (Chappell et al., 2018).
- **Die Unterschiede in der Nährstoff- und Flüssigkeitszufuhr zwischen Kraft-, Team- und Ausdauersportlern sind weniger ausgeprägt als erwartet** (Wardenaar et al., 2017a, b). Gemäß Erdman et al. (2013) ist die Kohlenhydratzufuhr im Allgemeinen grenzwertig (100 % der Athleten < 6 g/kg/d) und die Proteinzufuhr zu hoch (100 % der Athleten > 1,7 g/kg/d). In der Studie von Wardenaar et al. (2017a) erreichten 50–80 % aller untersuchten Athleten eine Kohlenhydratzufuhr von 5 g/kg/d nicht und nur 6 % kamen auf > 8 g/kg/d. Weibliche Ausdauersportler schnitten gut ab, womit die Ergebnisse von Heaney et al. (2010) bestätigt wurden. Auf den Richtwert von täglich mindestens 30 g Ballaststoffen kamen männliche und weibliche Teamsportler sowie weibliche Kraftsportler nicht (Wardenaar et al., 2017a). Die Referenzwerte für die Zufuhr von Vitamin D und Eisen (Frauen) wurden selten erreicht, selbst wenn Nahrungsergänzungsmittel (NEM) eingenommen wurden (Wardenaar et al., 2017b).

Gemäß IOC (Maughan et al., 2018) besteht das Risiko einer Unterversorgung mit Vitamin D, Eisen und Calcium, außerdem Jod (wenn kein Jodsalz verwendet wird), Folat (bei Frauen, die schwanger werden wollen) und Vitamin B12 (bei Veganern). Die Flüssigkeitszufuhr ist adäquat.

- Im **Kraftsport** ist die Kohlenhydratzufuhr bei beiden Geschlechtern unzureichend (Garcin et al., 2009; Heaney et al., 2010; Wardenaar et al., 2017), wobei Jugendliche besser abschneiden als Erwachsene (Aerenhouts et al., 2008).
- Im **Teamsport** gibt es altersabhängige Unterschiede. Bei erwachsenen Männer und Frauen gilt es, die Kohlenhydratzufuhr zu erhöhen, und zwar sowohl im Training (Garcin et al., 2009; Reed et al., 2014, Wardenaar et al., 2017) als auch im Wettkampf (Marsh et al., 2017). Männliche Jugendliche sollten darauf achten, im Training genügend Energie und Kohlenhydrate zuzuführen (Russell & Pennock, 2011) bzw. einen Teil der Proteine durch Kohlenhydrate zu ersetzen (Naughton et al., 2016; Smith et al., 2016). Weibliche Jugendliche dagegen sollten im Training besonderes Augenmerk auf die Energie-, Kohlenhydrat- und Proteinzufuhr legen (Braun et al., 2018).
- Im **Ausdauersport** muss ebenfalls der Kohlenhydratverzehr erhöht werden. Entsprechend gilt es, die Zufuhr an Proteinen (Heaney et al., 2010; Wardenaar et al., 2017a) und Fetten entsprechend zu reduzieren (Carlsohn, et al., 2011; Drenowatz et al., 2012).

Im Elite-Sport scheint der regelmäßige Konsum von **Alkohol** während intensiver Trainingsphasen vernachlässigbar zu sein (Aerenhouts et al., 2008; Brown et al., 2017; Heaney et al., 2010). Teamsportler, vor allem Männer, trinken nach

Spielen jedoch häufig alkoholische Getränke (Barnes, 2014; Burke et al., 2003). Eine Meta-Analyse zum Alkoholkonsum jugendlicher Deutscher zeigt, dass ein größerer Prozentsatz von gut trainierten als weniger gut trainierten Athleten Alkohol konsumiert (Diehl et al., 2012a). Repräsentative Daten aus Deutschland, an 14- bis 18-jährigen (942 „matched pairs“) erhoben, machen deutlich, dass 84,1 % der Elite-Sportler mindestens einmal im Leben Alkohol getrunken haben, während es bei den Nichtsportlern 91,6 % waren. Jeder dritte Athlet und jede fünfte Athletin haben Erfahrung mit „binge drinking“ (Diehl et al., 2014).

Sportarten	Training min/d	Alter Jahre	BMI kg/m ²	Energie kcal/d	Kohlenhydrate g/kg/d (En%)	Proteine g/kg/d (En%)	Fette g/kg/d (En%)	Wasser ml/kg/d	Land	Autoren
SOLL-Werte	60-180	> 15	19-25	> 1800	5-12 (50-65)	1,2-1,7 (12-15)	0,8-1,5 (20-35)	35-45	USA	ACSM, ISSN u. a.*
Kein Sport										
– 22 ♂ ♀	0	18,3	22,2	1792	3,0 (45,8)	0,9 (14,0)	1,2 (40,2)	24	FRA	Garcin et al. (2009)
Breitensport										
Cross fit 5 ♂	41	25,6	26,0	3308	3,4 (40,6)	1,8 (19,8)	1,6 (39,6)	37	NED	Wardenaar et al. (2017a)
6 ♀	90	31,5	22,6	2609	3,8 (41,2)	2,1 (20,3)	1,7 (38,5)	45		
Ultraausdauer 55 ♂	87	46,4	22,6	2681	4,5 (54,6)	1,3 (15,0)	1,2 (30,4)	39	NED	Wardenaar et al. (2017a)
12 ♀	86	44,3	21,5	2205	4,8 (54,6)	1,3 (14,3)	1,3 (31,1)	50		
Pentathlon 12 ♂ ♀	64	39,8	22,9	2739	5,5 (53)	1,6 (15)	1,5 (32)	–	CAN	Masson & Lamarche (2016)
Triathlon 22 ♂ ♀	111	37,4	23,7	2925	5,5 (53)	1,7 (16)	1,4 (31)	–		
Ironman 39 ♂ ♀	143	41,4	23,8	3703	7,3 (57)	2,1 (16)	1,6 (28)	–		
Leistungssport										
41 Sportarten 114 ♂	–	21,3	23,4	3055	5,6 (54)	2,1 (20)	1,3 (27)	–	CAN	Erdman et al. (2013)
201 ♀	–	20,5	22,4	2391	5,3 (56)	1,8 (19)	1,2 (27)	–		
Ästhetischer Sport										
Sportgymnastik 13 ♀	219	16,0	20,6	1566	3,8 (53,6)	1,4 (18,9)	0,9 (27,5)	32	NED	Wardenaar et al. (2017a)
Eiskunstlauf 36 ♀	–	16,0	19,8	1491	4,7 (61,6)	1,1 (14,6)	0,9 (23,7)	–	USA	Dwyer et al. (2012)
Tanzen 25 ♀	225	21	22,6	2428	5,0 (52)	1,3 (13)	1,5 (35)	–	GBR	Brown et al. (2017)
Kraftsport										
Bodybuilding 7 ♂	–	28,3	26,7	3687	5,8 (52)	2,7 (24)	1,1 (23)	–	EST	Mäestu et al. (2010)
8 ♂	–	21,5	30,7	5622	5,0 (34)	4,3 (30)	2,4 (36)	–	KOR	Kim et al. (2011)
15 ♂	–	36,1	26,9	3215	5,1 (52)	3,0 (30)	0,8 (19)	53	GBR	Chappell et al. (2018)
7 ♀	–	33,7	24,1	2001	3,7 (47)	2,7 (34)	0,7 (20)	68		
Judo 28 ♂	–	20,9	25,4	2965	4,5 (49)	1,8 (19)	0,9 (31)	28	POL	Ksiażek et al. (2014)
Rudern 34 ♂	89	21,6	23,1	3784	5,7 (54,8)	1,8 (17,4)	1,4 (27,8)	43	NED	Wardenaar et al. (2017a)
26 ♀	107	21,8	22,2	2909	5,1 (54,2)	1,6 (16,1)	1,4 (29,7)	46		
Sprint 12 ♂ ♀	–	19,5	20,3	2054	4,5 (53,5)	1,1 (13,4)	1,2 (33,1)	42	FRA	Garcin et al. (2009)
30 ♂	95	15,7	20,1	2643	6,0 (55,7)	1,5 (14,1)	1,5 (30,3)	41	BEL	Aerenhouts et al. (2008)
26 ♀	100	15,7	19,4	2007	5,1 (54,6)	1,5 (15,7)	1,3 (29,9)	40		
Sprint/Bob 4 ♂	75	21,5	24,9	2969	4,4 (52,5)	1,6 (17,6)	1,2 (29,9)	40	NED	Wardenaar et al. (2017a)
8 ♀	63	20,8	21,6	2269	4,7 (54,4)	1,4 (16,4)	1,2 (29,2)	40		
Leichtathletik 9 ♀	116	20,0	–	2131	4,1 (43,5)	1,5 (18,8)	1,1 (29,5)	–	AUS	Heaney et al. (2010)
Eisschnelllauf 15 ♂	97	18,8	21,7	2904	5,3 (54,2)	1,6 (15,8)	1,4 (30,0)	34	NED	Wardenaar et al. (2017a)
11 ♀	97	17,3	20,7	2224	4,7 (53,2)	1,4 (15,8)	1,3 (31,0)	36		
BMX 12 ♂	100	19,2	23,8	2639	4,9 (59,4)	1,4 (16,0)	1,0 (24,6)	33	NED	Wardenaar et al. (2017a)
Bahnrad 5 ♂	192	19,6	25,5	3212	4,5 (52,2)	1,7 (19,0)	1,1 (28,8)	31	NED	Wardenaar et al. (2017a)

Tab. 5 (Teil 1): Energie-, Nährstoff- und Flüssigkeitszufuhr in Westeuropa und Übersee (Studien Thomas et al. (2016) für ACSM; Kreider et al. (2010) für International Society of Sports Nutrition, von 2008-2018) * Rodriguez et al. (2009) für American College of Sports Medicine, ACSM; ISSN; Stellingwerf et al. (2011)

Sportarten		Training min/d	Alter Jahre	BMI kg/m ²	Energie kcal/d	Kohlenhydrate g/kg/d (En%)	Proteine g/kg/d (En%)	Fette g/kg/d (En%)	Wasser ml/kg/d	Land	Autoren
SOLL-Werte		60-180	> 15	19-25	> 1800	5-12 (50-65)	1,2-1,7 (12-15)	0,8-1,5 (20-35)	35-45	USA	ACSM, ISSN u. a.*
Team-Sport: Turnier											
Touch (4 Tage)	16 ♀	44	27,4	22,6	2394	4,4 (44)	2,0 (20)	1,6 (37)	–	GBR	Marsh et al. (2017)
Teamsport											
Rugby (Union)	31 ♂	–	15,8	25,6	3269	4,8 (50)	1,9 (20)	1,4 (31)	38	GBR	Smith et al. (2016)
	21 ♂	–	18,1	27,3	3412	4,7 (49)	2,3 (23)	1,3 (29)	46		
Fußball-Jugend	10 ♂	–	17	22,8	2831	5,9 (55)	1,7 (15)	1,5 (30)	47	GBR	Russell & Pennock (2011)
	21 ♂	67	13/14	17,9	1903	6,0 (55)	2,2 (20)	1,3 (26)	–	GBR	Naughton et al. (2016) ♂
	25 ♂	42	15/16	20,1	1927	4,7 (56)	1,6 (20)	0,9 (25)	–		
	13 ♂	45	18	21,7	1958	3,2 (45)	2,0 (29)	0,9 (27)	–		
	63 ♂	53	14,0	19,3	2275	5,5 (56,0)	1,5 (14,7)	1,4 (29,3)	33	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	16 ♀	61	15,8	20,6	1965	4,4 (54,2)	1,3 (15,8)	1,1 (30,0)	29		
	32 ♀	85	14,8	20,5	2262	5,4 (54,9)	1,4 (14,1)	1,4 (30,7)	44	GER	Braun et al. (2018)
Fußball-Profis	30 ♂	79	22,9	23,6	2841	4,4 (50,2)	1,7 (19,4)	1,2 (30,4)	45	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	15 ♀	–	19	22,5	2233	5,0 (52)	2,0 (17)	1,0 (31)	–	USA	Reed et al. (2014)
Handball	25 ♂ ♀	–	19,6	21,5	2441	4,9 (54,2)	1,3 (14,4)	1,3 (31,3)	32	FRA	Garcin et al. (2009)
	18 ♀	104	24,1	22,7	1955	3,1 (48,0)	1,3 (19,4)	1,0 (32,6)	39	NED	Wardenaar et al. (2017a)
Volleyball	18 ♀	134	18,1	21,3	1998	3,6 (55,6)	1,2 (17,8)	0,8 (26,6)	36	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	8 ♀	129	15,5	–	2574	4,1 (43,5)	1,6 (17,4)	1,5 (35,6)	–	AUS	Heaney et al. (2010)
Hockey	7 ♂	47	18,5	22,5	2566	3,7 (46,0)	1,5 (17,0)	1,4 (37,0)	29	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	11 ♀	77	18,5	21,5	2091	4,2 (52,9)	1,4 (17,5)	1,1 (29,6)	36		
Ausdauersport											
Laufen	26 ♂ ♀	–	19,6	20,2	2419	5,1 (52,0)	1,4 (14,8)	1,4 (33,1)	39	FRA	Garcin et al. (2009)
	8 ♂	86	19,1	20,0	2946	7,4 (59,3)	1,7 (15,4)	1,2 (25,3)	48	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	11 ♀	94	18,3	17,9	2299	5,6 (53,7)	1,8 (17,3)	1,4 (29,0)	46		
Berglaufen	6 ♀ ♂	–	–	–	3199	8,3 (63)	1,6 (12)	1,4 (24)	46	GER	Carlssohn & Müller (2014)
Schwimmen	1 ♂	–	19	20,4	4350	7,5 (52)	2,1 (14)	2,2 (34)	–	GER	Carlssohn et al. (2011)
	11 ♂	88	20,1	23,2	3067	5,0 (56,2)	1,6 (17,2)	1,1 (26,6)	32	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	9 ♀	105	16,9	20,9	2495	5,3 (56,8)	1,6 (17,2)	1,1 (26,0)	38		
Triathlon	15 ♂	> 120	23,6	22,0	2662	4,6 (50,6)	1,4 (16,5)	1,3 (33,0)	–	USA	Drenowatz et al. (2012)
+ Straßenrad	10 ♀	202	17,6	–	2821	6,7 (50,3)	2,3 (18,7)	1,5 (26,8)	–	AUS	Heaney et al. (2010)
Straßenrad	34 ♂	106	18,2	20,3	2735	5,5 (56,4)	1,7 (16,4)	1,3 (27,1)	36	NED	Wardenaar et al. (2017a)
	14 ♀	128	24,2	21,4	2127	4,2 (53,1)	1,5 (17,9)	1,1 (29,0)	49		
Profi-Radrundfahrten											
Tour Andalusia	6 ♂	171-214	25,5	21,8	5644	12,8 (62)	3,0 (15)	2,1 (23)	–	ESP	Sánchez-Muñoz et al. (2016)
Tour Southland	5 ♂	–	20	23,1	6528	12,9 (63,7)	2,9 (15,2)	1,5 (17,3)	–	NZL	Rehrer et al. (2010)
Extremausdauer											
RAAM	4 ♂	–	37	24,4	4918	9,0 (59)	3,8 (25)	1,1 (16)	64	GBR	Hulton et al. (2010)
RAAM	1 ♂	–	–	23,8	9437	24,8 (75)	4,6 (14)	1,6 (11)	– ¹⁾	AUT	Konrad (2010)

Tab. 5 (Teil 2): Energie-, Nährstoff- und Flüssigkeitszufuhr in Westeuropa und Übersee (Studien (2010) für International Society of Sports Nutrition, ISSN; Stellingwerf et al. (2011); von 2008-2018) * Rodriguez et al. (2009) für ACSM; Thomas et al. (2016) für ACSM; Kreider et al. ¹⁾ 800 ml/h wurden angestrebt; 80 % der Energie wurden in flüssiger Form aufgenommen

Extremsportler

Profi-Radrennfahrer, die z. B. an der Tour de France, dem Giro d'Italia, der Vuelta a España oder anderen Etappenrennen, die bis zu drei Wochen dauern, teilnehmen, sind dank der hohen Energiezufuhr ausreichend mit Makronährstoffen versorgt, absolut gesehen wird sogar zu viel Eiweiß aufgenommen (Rehrer et al., 2010; Sánchez-Muñoz et al.; 2016). Auch die Referenzwerte für die Zufuhr von Mikronährstoffen werden – außer für Vitamin K (zu 93 % erreicht) – überschritten (Sánchez-Muñoz et al.; 2016).

Ultra-Ausdauersportler, wie z. B. die Teilnehmer am Race across America (RAAM) oder dem Russia Coast to Coast, die 10 bzw. 20 Tage nahezu pausenlos aktiv sind, schaffen es meist nicht, den Energiebedarf zu decken, selbst wenn sie Flüssignahrung einsetzen (Hulton et al., 2010; Pfaff, 2017), sodass sie mit einem geringeren als dem Ausgangsgewicht ins Ziel kommen. Nichtsdestotrotz ist die Proteinzufuhr, absolut gesehen, zu hoch (Hulton et al., 2010; Konrad, 2010), was wegen der ausgesprochen hohen Flüssigkeitszufuhr (Hulton et al., 2010) jedoch kein Problem darstellen dürfte. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, die Kohlenhydratzufuhr nicht auf Kosten der Fette zu übertreiben, zumal sich die Belastungsintensität in Bereichen bewegt, wo mehr Fettsäuren oxidiert werden als Glucose (Schenk, 2010).

Dasselbe gilt für die Flüssigkeitszufuhr. Eine berichtete Menge von 30 l/d (Pfaff, 2017) ist exzessiv, selbst wenn berücksichtigt wird, dass die Energiezufuhr ausnahmslos in flüssiger Form erfolgte. Es ist anzunehmen, dass die häufig zu beobachtenden Magen-Darm-Beschwerden, wie Übelkeit, Erbrechen, Magenschmerzen, Darmkrämpfe und Durchfall, eine direkte Folge dieser Ernährungspraktiken sind (Schenk, 2005; Volek et al., 2015). Dabei ist nicht einzusehen, warum neben Trinknahrung, Glucose-Polymer-Lösungen, Gelen und Energieriegeln nicht vermehrt Graubrot mit Erdnussbutter, Obst-/Gemüseamus oder (Trink-) Joghurt angeboten werden, zumal die Sportler meist mehr feste Nahrung vertragen, als sie vermuten.

Die Vorbereitung auf ein Event wie das RAAM beginnt etwa 2–3 Monate im Voraus. Da es kein Vorteil ist, mit möglichst wenig Fettmasse am Start zu erscheinen, weil es im Verlauf des Rennens zu einer Gewichtsabnahme von ca. 0,5 kg/d kommt, hat eine ausreichende Energiezufuhr in der Vorbereitungszeit höchste Priorität. Außerdem sind die fettsäureoxidierenden Enzymsysteme zu „trainieren“. Andrea Clavadetscher beschreibt sein Ernährungsregime

während der Vorbereitung folgendermaßen (Pfaff, 2017): „Bei 2-12 Stunden Training pro Tag benötigte ich überdurchschnittliche Mengen an Kilokalorien und damit überdurchschnittliche Portionen an Frühstück, Mittag- oder Abendessen. Ich habe riesige Portionen an Nudeln, Reis und anderen Beilagen verzehrt, die jeweils mit hochwertigen Ölen kräftig „angereichert“ waren. D. h., über jede Mahlzeit, auf jedes Brötchen kam zusätzlich reichlich Oliven-, Raps- oder Leinöl. Hart war, dass ich während des Trainings selbst möglichst wenig essen sollte. So fuhr ich also beispielsweise morgens nüchtern rund 240 km (ca. 8 h) zu meinem Physiotherapeut und aß dabei nur Nüsse und trank einen Mix aus einem Teil Apfelsaft und einem Teil Öl. Ich fuhr also praktisch ohne Kohlenhydratzufuhr, wodurch es zu der Adaptation des Körpers an eine höhere Fettverbrennung kam. Das hatte mit der Zeit mehr mit Anstrengung als mit Freude am Essen zu tun.“

Qualitative Aspekte der Nahrungsaufnahme (Soll-Ist-Vergleich)

Betrachtet man neben den zugeführten Mengen an Kohlenhydraten und Fetten auch deren Art, wird offenkundig, dass es noch weitere Verbesserungsmöglichkeiten in der Ernährung gibt.

Im Vergleich zu den Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr (DGE et al., 2017) ist die Aufnahme an gesättigten Fettsäuren zu hoch (Aerenhouts et al., 2008; Braun et al., 2018), die an einfach und mehrfach ungesättigten ω 3-Fettsäuren dagegen tendenziell suboptimal. Um das **Fettsäuremuster** (s. S. →) zu optimieren, bietet sich als zentrale Maßnahme eine Verschiebung des Verzehrs von Schlachtfetten und Butter in Richtung pflanzlicher Fette und Öle an. Außerdem sollte mindestens eine Fleischmahlzeit durch Fisch ersetzt werden,