

Mineralstoffe und Vitamine im Sport

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

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

Abstract

Eine bedarfsdeckende Zufuhr an Mineralstoffen und Vitaminen ist für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von SportlerInnen essenziell. In Abhängigkeit von der Sportart, der Intensität und des Umfangs der Belastung sowie von individuellen Faktoren (z. B. Ernährungsverhalten, Schweißrate und -zusammensetzung) können SportlerInnen ein erhöhtes Risiko für eine suboptimale Versorgung mit einigen Mikronährstoffen aufweisen. Das Positionspapier gibt einen Überblick über potenzielle Ursachen (z. B. energieumsatzabhängig gesteigerte Bedarfe, sportassoziierte erhöhte Verluste, sport[art]spezifische Ernährungsweisen) für eine defizitäre Versorgung von AthletInnen mit Mikronährstoffen. Zudem werden belegte Auswirkungen einer unzureichenden Mikronährstoffversorgung auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit von SportlerInnen sowie deren Versorgungslage dargestellt. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass SportlerInnen bei ausgewogener, energiebedarfsdeckender Ernährungsweise die D-A-CH-Referenzwerte für Mikronährstoffe in der Regel problemlos erreichen. Jedoch lassen sich Eisen, Calcium, Natrium in besonderen Situationen (z. B. während Langzeitausdauerbelastungen oder Gewichtsreduktionen, bei einseitiger oder hypokalorischer Ernährung) und Vitamin D als möglicherweise für SportlerInnen kritische Nährstoffe identifizieren. Eine individuell bedarfsgerechte Ernährung kann auch bei hoher metabolischer Beanspruchung erreicht werden und reduziert das Risiko von Nährstoffdefiziten.

Schlüsselwörter: Sporternährung, Mineralstoffe, Vitamine, Mikronährstoffe, sportbedingte Mehrbedarfe, Versorgungslage, Leistungsfähigkeit

Zitierweise

Carlsohn A, Braun H, Großhauser M, König D, Lampen A, Mosler S, Nieß A, Oberritter H, Schäbenthal K, Schek A, Stehle P, Virmani K, Ziegenhagen R, Hesecker H (2019) Minerals and vitamins in sports nutrition. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE). Ernährungs Umschau 66(12): 250–257

The English version of this article is available online:
DOI: 10.4455/eu.2019.050

Peer-Review-Verfahren

Begutachtet im Zuge der Erstellung

Einleitung

Eine individuell bedarfsdeckende Zufuhr an Mineralstoffen und Vitaminen ist für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit essenziell. Für SportlerInnen ist von Interesse, ob sie aufgrund eines erhöhten Energieverbrauchs oder sportassoziiierter Verluste erhöhte Mikronährstoffbedarfe aufweisen und ob eine erhöhte Zufuhr die Leistungsfähigkeit beeinflusst. Da anthropometrische, physiologische, trainings- und geschlechterspezifische Parameter inter- und intraindividuell variieren, lassen sich mögliche Mehrbedarfe an Mikronährstoffen bei SportlerInnen kaum quantifizieren. Um dennoch spezielle Sportarten, Trainingsphasen oder Situationen identifizieren zu können, in denen SportlerInnen ein Risiko für eine defizitäre Mikronährstoffzufuhr aufweisen, werden im Folgenden **sportassoziierte Mikronährstoffverluste** (z. B. über den Schweiß), **sportbedingte Mehrbedarfe** (z. B. im Rahmen der Trainingsadaptation) sowie **kritische Versorgungsphasen** (z. B. aufgrund eingeschränkter Ernährung während Gewichtsreduktionsphasen) betrachtet.

Sportassoziierte Verluste an Mikronährstoffen

Mikronährstoffe können über den Schweiß, Urin oder Fäzes ausgeschieden werden. Wie der Schweiß zusammengesetzt ist und wie viel Mineralstoffe SportlerInnen über den Schweiß verlieren, hängt u. a. von der Belastungsdauer und -intensität, Umweltfaktoren, aber auch von individuellen Faktoren ab (z. B. Geschlecht, Trainingszustand, Körpermasse) [1]. In der Literatur finden sich Schweißraten bei Ausdauersportlern zwischen 0,4 und 1,8 L pro Stunde [1]. Der Mineralstoffgehalt im Schweiß variiert interindividuell sehr stark, beim Natriumgehalt etwa um den Faktor 10 [2]. Mit zunehmender Belastungsdauer und

Mineralstoff	Mineralstoffkonzentration im Schweiß bei ca. 60-minütiger Belastung [mg/L] (inter-individuelle Variation als Range in mg/L)	Geschätzter Verlust während 45 min Training bei einer Schweißrate von 0,8 L/Stunde* [mg/Stunde]
Calcium	18 (11–36)	11
Eisen	0,56 (0–1,12)	0,34
Natrium	874 (175–1512)	524
Kalium	196 (167–236)	117
Kupfer	0,11 (0,04–0,22)	0,07
Magnesium	1,43 (0,84–2,36)	0,86
Zink	0,65 (0,29–1,23)	0,39

Tab. 1: Übersicht der geschätzten, mittleren Mineralstoffverluste über den Schweiß

Daten nach [2] (für Calcium, Natrium, Kalium, Kupfer, Magnesium und Zink) bzw. nach [3] (für Eisen)
* nach [1] für eine 70 kg schwere Person bei einer Belastungsintensität von 10 km/h (Laufen, 15 °C Außentemperatur)

Hitzeakklimatisierung sinkt die Mineralstoffkonzentration im Schweiß [3]. Bei einer mittleren Schweißrate und sportartspezifisch moderatem Belastungsumfang können über den Schweiß relevante Mineralstoffverluste von Natrium, Kupfer und Zink auftreten (♦ Tabelle 1). Der schweißbedingte Eisenverlust kann – in Kombination mit anderen sportinduzierten Verlusten bzw. entsprechenden Mehrbedarfen – relevant zur Entwicklung eines Eisenmangels beitragen. Bei den weiteren Mineralstoffen sind die Verluste über den Schweiß eher zu vernachlässigen (♦ Tabelle 1).

Ob die Mineralstoffverluste über Urin und/oder Fäzes durch körperliche Aktivität erhöht sind, ist derzeit umstritten und hängt ggf. von der Belastungsintensität und dem Trainingsumfang ab. So zeigen ältere Studien eine relevant erhöhte Ausscheidung von Magnesium [4, 5] oder Zink [6]. In neueren Studien konnten diese Befunde nicht bestätigt werden. So zeigte sich bei männlichen Radsportlern während einer hoch-intensiven Trainingsphase keine erhöhte renale Ausscheidung von Magnesium, Eisen, Zink oder Kupfer [7].

Sportinduzierte Hyponatriämie

Vor dem Hintergrund der deutlich über den Referenzwerten liegenden Natriumzufuhr bei einem großen Anteil der Bevölkerung in Deutschland [8, 9] stellt der sportassoziierte Natriumverlust möglicherweise eine als gesundheitlich positiv zu bewertende Form der Elimination des Natriumüberschusses dar. In der Regel ist der Natriumverlust mit dem Schweiß daher als unproblematisch zu betrachten. Allerdings können bei sogenannten „Salty Sweater“ (erkennbar z. B. an sichtbaren Salzrändern an der Sportkleidung) hohe Natriumverluste (♦ Tabelle 1) während lang andauernder Belastungen (erhöhtes Risiko bei Belastungen über vier Stunden) zur klinischen Symptomatik der sportinduzierten Hyponatriämie führen [10, 11]. Ein Absinken der Natriumkonzentration im Blut unter 135 mmol/L (Hyponatriämie) wird bei 3–22 % der TeilnehmerInnen an Ausdauersportevents beobachtet [11]. Ursächlich für eine sportinduzierte Hyponatriämie ist neben individuell prädisponierenden Faktoren die Kombination aus erhöhten Natriumverlusten über den Schweiß und einer hohen Zufuhr natriumarmer Getränke. Betroffen sind vorrangig unerfahrene Personen, SportlerInnen mit langen Belastungszeiten über vier Stunden (z. B. während Marathon-, Triathlon- oder Ultraaus-

dauerveranstaltungen), Frauen sowie SportlerInnen mit niedrigem Body-Mass-Index (BMI) und exzessiver (natriumarmer) Flüssigkeitszufuhr [10]. Die zunächst unspezifischen Symptome wie Übelkeit, Kopfschmerz oder sinkende Leistungsfähigkeit können von unerfahrenen SportlerInnen möglicherweise als Symptome einer Dehydratation fehlinterpretiert werden. Ein Nachtrinken natriumarmer Getränke führt zum weiteren Absinken der Natriumkonzentration. In der Literatur wird von mehreren schweren Hyponatriämien, teilweise mit Todesfolge, bei (Massen-)Sportereignissen berichtet [10, 11]. Trotz der Relevanz einer adäquaten Natriumversorgung bei Langzeitausdauerbelastungen kennen etwa zwei Drittel der MarathonläuferInnen die Risiken einer sportinduzierten Hyponatriämie nicht [12]. Veraltete Trinkempfehlungen („as much as tolerable“) sind in der sporttreibenden Bevölkerung immer noch verbreitet. Zur Vermeidung einer sportinduzierten Hyponatriämie während Langzeitausdauerbelastungen sollten nach aktuellen Empfehlungen moderate Flüssigkeitsmengen mit einem Natriumgehalt von 400–1 100 mg/L konsumiert werden (vgl. auch Position der AG Sporternährung der DGE: Flüssigkeitsmanagement im Sport [13]) [14, 15]. Diese Angaben decken sich auch mit den Health Claims der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) für Kohlenhydrat-Elektrolytgetränke (460–1 150 mg/L) [16].

OrganisatorInnen von Marathons und anderen Langzeitausdauerveranstaltungen sollten auf ein entsprechendes Verpflegungsangebot achten (z. B. Bereitstellung von Bouillon, natriumreichen Sportgetränken, Salzgebäck). Bei adäquater Flüssigkeitszufuhr ist die Verwendung natriumreicher Getränke oder Snacks

nicht notwendig, da in der Regel ausreichend Natrium über die gewohnte Ernährung aufgenommen wird [8] und eine exzessive Flüssigkeitszufuhr als entscheidender Risikofaktor einer Hyponatriämie angesehen wird [17].

Sportassoziierte Mehrbedarfe an Mikronährstoffen

Am Energiestoffwechsel beteiligte Vitamine

Aufgrund des erhöhten Energieumsatzes ist bei einigen Vitaminen von einem sportbedingten bzw. energieumsatzabhängigen Mehrbedarf verglichen mit der moderat körperlich aktiven Allgemeinbevölkerung auszugehen. Dies betrifft u. a. die Vitamine Thiamin (Vitamin B₁), Riboflavin (Vitamin B₂) und Niacin (♦ Tabelle 2). Bei einer energiebedarfsdeckenden Ernährung werden diese Mehrbedarfe jedoch in der Regel über die höheren Verzehrmen gen gedeckt. Die D-A-CH-Referenzwerte für diese Vitamine werden unter Berücksichtigung des Richtwerts für die Energiezufuhr abgeleitet, sodass der jeweilige Referenzwert für die Zufuhr auch bei sportinduziert erhöhtem Energieumsatz berechnet werden kann [18]. Bei AthletInnen sollten demnach nicht alters- und geschlechterspezifische Referenzwerte herangezogen, sondern energieumsatzabhängige Werte berücksichtigt werden (♦ Tabelle 2).

Antioxidanzien

Körperliche Aktivität geht über verschiedene Mechanismen mit einer erhöhten Produktion reaktiver Sauerstoff- bzw. Stickstoffspezies (*reactive oxygen and nitrogen species*, RONS), sog. „Freier Radikale“, einher [19, 20]. Eine bedarfsdeckende Versorgung mit antioxidativ wirksamen Nährstoffen (z. B. Vitamin C, Vitamin E, β -Carotin) ist für Sporttreibende daher notwendig. Aufgrund der körpereigenen antioxidativen Mechanismen (s. u.) ist jedoch unklar, ob Zufuhrempfehlungen für die Allgemeinbevölkerung den Bedarf an antioxidativ wirksamen Nährstoffen bei SportlerInnen abdecken. Verschiedene Studien zeigen eine erhöhte endogene antioxidative Kapazität [21, 22] sowie erhöhte antioxidative Enzymaktivitäten infolge körperlicher Aktivität (z. B. Glutathionperoxidase, Superoxiddismutasen, Katalasen) [23–25]. Die Bedeutung reaktiver Spezies (RONS) für die muskuläre Trainingsadaptation und mitochondriale Biogenese ist inzwischen wissenschaftlich belegt [26–29]. Gesteigerte endogene antioxidative Abwehrmechanismen lassen sich bereits nach wenigen Trainingseinheiten [30,

31] sowie bei jugendlichen SportlerInnen [32] beobachten.

Einige Studien zeigen einen potenziell nachteiligen Effekt einer trainingsbegleitenden Antioxidanzien-supplementation auf die Trainingsadaptation bzw. die Leistungsentwicklung [29, 33] oder auf Surrogatparameter des gesundheitlichen Benefits bei FreizeitsportlerInnen [34].

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist SportlerInnen daher eine ausgewogene, antioxidanzienreiche Lebensmittelauswahl anzuraten, sodass diese die D-A-CH-Referenzwerte für Vitamin C, Vitamin E und β -Carotin sicher erreichen. AthletInnen, die sich aus individuellen Gründen für die Supplementation von Antioxidanzien entscheiden, sollten Tageshöchstdosen in Nahrungsergänzungsmitteln von 30 mg Vitamin E und 250 mg Vitamin C nicht überschreiten [35].

Vitamin D

Die Vitamin-D-Versorgung ist in der Allgemeinbevölkerung [18], aber auch bei SportlerInnen [36–38] jahreszeitabhängig als nicht ausreichend zu beurteilen. Aufgrund der Funktionen von Vitamin D im Knochenstoffwechsel [38] sowie zahlreichen anderen Effekten z. B. in der Skelettmuskulatur ist eine optimale Vitamin-D-Versorgung für SportlerInnen essenziell [36, 39]. Ob eine Vitamin-D-Gabe die sportliche Leistungsfähigkeit beeinflusst, ist derzeit unklar, zumindest defizitär versorgte AthletInnen scheinen von einer Vitamin-D-Supplementation zu profitieren [40].

Da die nutritive Zufuhr nur zu etwa 10 % zur Vitamin-D-Bedarfsdeckung beiträgt, sind SportlerInnen mit ausreichender UV-Exposition (z. B. während des Trainings) möglicherweise auch bei inadäquater Vitamin-D-Zufuhr über Lebensmittel gut versorgt [41].

Vitamin	D-A-CH Referenzwerte für 25- bis < 51-jährige Männer/Frauen	Berechnung für AthletInnen mit 60 kg Körpergewicht und Energiezufuhr von z. B. 2 000 kcal/Tag	Berechnung für AthletInnen mit 70 kg Körpergewicht und Energiezufuhr von z. B. 2 500 kcal/Tag	Berechnung für AthletInnen mit 80 kg Körpergewicht und Energiezufuhr von z. B. 3 500 kcal/Tag
Vitamin B ₁ [mg/d]	1,2/1,0	1,1	1,4	1,9
Vitamin B ₂ [mg/d]	1,4/1,1	1,2	1,5	2,1
Niacin [mg/d]	15/12	13,2	16,5	23,1

Tab. 2: Zufuhrwerte für Vitamine B₁, B₂ und Niacin in Abhängigkeit von der Energiezufuhr für SportlerInnen (Berechnungen nach DGE [18])

Ein erhöhtes Risiko für eine suboptimale Vitamin-D-Versorgung (30 bis \leq 50 nmol/L 25-Hydroxyvitamin D im Serum) oder einen Vitamin-D-Mangel ($<$ 30 nmol/L) weisen dagegen SportlerInnen aus Hallensportarten (z. B. SchwimmerInnen, TurnerInnen), SportlerInnen mit dunkler Hautfarbe, mit hohem Körperfettanteil oder mit ausgeprägten UV-Schutzmaßnahmen auf [15]. Während für die Allgemeinbevölkerung Hydroxyvitamin-D-Serumwerte von \geq 50 nmol/L als wünschenswert gelten, empfehlen einige AutorInnen für AthletInnen Werte zwischen 80 und 125 nmol/L als optimal [41, 42]. Ein entsprechender wissenschaftlicher Konsens besteht derzeit nicht [15].

Eisen und Eisenmangelanämie

Sportliches Training, welches u. a. zu einer erhöhten Vaskularisierung (Gefäßneubildung), Erhöhung der Erythrozytenkonzentration im Blut (Anstieg des Hämatokrits) und der Hämoglobinkonzentration führt, kann den Eisenbedarf steigern [43]. Hochintensive Belastungen oder der (regelmäßige) Gebrauch nicht-steroidaler antiinflammatorischer Medikamente (NSAID), wie es bei SportlerInnen vielfach beobachtet wird [44, 45], können zu Blutungen, zu gastrointestinalen Blutverlusten und/oder Blutverlusten des Harntrakts und damit zu einem Verlust an Eisen führen [46]. Der Eisenbedarf von AthletInnen ist schätzungsweise 70 % höher als der von NichtsportlerInnen [15].

Die Prävalenz des Eisenmangels ist bei SportlerInnen ähnlich hoch wie in der Allgemeinbevölkerung, jedoch gibt es sportart- und ernährungsabhängige Risikogruppen [47]. Dazu zählen u. a. AusdauersportlerInnen, VegetarierInnen oder SportlerInnen mit restriktiver Energiezufuhr (z. B. in ästhetischen Sportarten). Eine Eisenmangelanämie (Hämatokrit- und Hämoglobinkonzentrationen unterhalb der Normwerte) wirkt sich durch Verminderung des Sauerstofftransports leistungsmindernd aus. Möglicherweise ist auch ein nichtanämischer Eisenmangel nachteilig mit der sportlichen Leistungsfähigkeit assoziiert [15]. Bei nichtanämischem Eisenmangel steht zunächst eine Ernährungstherapie bzw. eisenreiche Ernährung im Vordergrund. Entsprechende Empfehlungen für eisenreiche Ernährung im Sport wurden an anderer Stelle bereits dargestellt [48].

Ein Eisenmangel von SportlerInnen sollte stets ärztlich diagnostiziert und therapiert werden, auch hierfür wurden bereits entsprechende

Standards veröffentlicht [49]. Aufgrund der gesundheitlichen Risiken einer langfristig überhöhten Eisensupplementation (z. B. gastrointestinale Beschwerden, pro-oxidative Effekte, diskutierte Risiken für kardiovaskuläre und Krebserkrankungen bei Eisenüberladung) ist SportlerInnen nachdrücklich von einer eigenständigen, nicht ärztlich begleiteten Eisensupplementation abzuraten [50].

Mikronährstoffe zur Infektprävention bei SportlerInnen

Für Erkrankungen der oberen Atemwege (z. B. virale Infektion, „Erkältung“) wurde wiederholt ein J-kurvenförmiger Dosis-Wirkungszusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und Erkrankungsrisiko beobachtet [51, 52]. Sowohl bei geringer körperlicher Aktivität als auch bei hohem Belastungsumfang und hoher Belastungsintensität steigt das Infektrisiko demnach an. Allerdings sind möglicherweise weniger gut trainierte SportlerInnen eher betroffen [51]. Bei LeistungssportlerInnen wird vermutet, dass in erster Linie eine Subgruppe anfälliger AthletInnen zu diesem beobachteten Zusammenhang beiträgt [53].

Vitamin C und Zink werden häufig als wirksame Mikronährstoffe für die Prävention und Therapie von Erkältungen vermarktet. Eine Cochrane-Analyse zeigt bei täglicher Einnahme von 200 mg Vitamin C keine Effekte auf die Inzidenz, den Schweregrad oder die Dauer der Erkrankung (Relatives Risiko [RR]: 0,97) [54]. Unter extremen Bedingungen (z. B. Arktiswanderung, Marathonlauf) kann eine entsprechende Vitamin-C-Zufuhr die Häufigkeit selbstberichteter infektypischer Symptome reduzieren (RR: 0,48) [54]. Ob Vitamin C dabei tatsächlich den Verlauf eines Virusinfekts günstig beeinflusst, bleibt unklar. Gleichwohl deckt sich das Ziel einer bedarfsgerechten Vitamin-C-Versorgung von Sporttreibenden mit Ergebnissen des entsprechenden EFSA-Panels, wonach Vitamin C zur Aufrechterhaltung einer normalen Immunabwehr beitragen kann [55].

Die Einnahme von Zinkpräparaten in pharmakologischen Dosen (\geq 75 mg/Tag) scheint in der Allgemeinbevölkerung die Inzidenz und Dauer einer Erkältungserkrankung zu reduzieren, nicht jedoch den Schweregrad [56]. Allerdings traten in den Interventionsgruppen (Zinkeinnahme deutlich über dem *Tolerable Upper Intake Level*) unerwünschte Nebenwirkungen weitaus häufiger auf als in den Placebogruppen. Zudem wurde die Qualität der Evidenz von den AutorInnen als niedrig bis sehr niedrig eingestuft [56].

Im Fall einer Supplementation sollten die Möglichkeit von Nebenwirkungen sowie die empfohlenen Tageshöchstmengen in Nahrungsergänzungsmitteln (Vitamin C: 250 mg/Tag; Zink: 6,5 mg/Tag) beachtet werden [35]. Die D-A-CH-Referenzwerte für die genannten Mikronährstoffe können bspw. durch den Verzehr einer mittelgroßen Paprika (ca. 190 mg Vitamin C) und zwei Scheiben Vollkornbrot mit Käse und einer großen Portion Brokkoli (ca. 9 mg Zink) über Lebensmittel erreicht werden.

Grundsätzlich steigt bei energiebedarfsdeckender, ausgewogener zusammengestellter Ernährung mit zunehmender Nahrungs- bzw. Energiezufuhr die Nährstoffzufuhr, sodass auch SportlerInnen ihren (möglicherweise erhöhten) Mikronährstoffbedarf unter diesen Voraussetzungen in der Regel problemlos decken können [57].

Kritische Mikronährstoffversorgung aufgrund sportartspezifischer Ernährungsweisen

SportlerInnen gelingt es aufgrund sportartspezifischer, teilweise periodisch variierender Ernährungsziele (z. B. akute Gewichtsreduktion, *Carboloading*, *Train Low*-Techniken usw.) nicht immer, sich bedarfsgerecht zu ernähren. Bei SportlerInnen gewichtssensitiver Sportarten (z. B. Ausdauer-, ästhetische oder technische Sportarten) wird häufig ein restriktives Essverhalten mit unzureichender Eisen- und Calciumzufuhr beobachtet [15]. Zudem kann die Lebensmittelauswahl bei AthletInnen phasenweise (z. B. während Trainings-/Wettkampfreisen, während Trainingsaufenthalten in Höhengcamps, in Phasen der Gewichtsreduktion) oder dauerhaft (z. B. bei Unverträglichkeiten; bei ethisch, religiös oder anderweitig motivierter Meidung von Lebensmitteln) eingeschränkt sein. Eine professionelle Ernährungsbetreuung von SportlerInnen durch sportspezifisch qualifizierte, zertifizierte ErnährungsberaterInnen kann hier sinnvoll sein, um individuelle Lösungsansätze zu entwickeln.

Eine vegetarische Ernährungsweise ist bei ausgewogener Lebensmittelzusammenstellung und regelmäßigem Screening kritischer Nährstoffe (z. B. der Eisenversorgung) auch für SportlerInnen als unproblematisch einzustufen [58]. Ob eine vegane Ernährung das Risiko für Nährstoffmängel erhöht oder mit gesundheits- und/oder leistungsförderlichen oder -hemmenden Effekten einhergeht, ist derzeit aufgrund der geringen Prävalenz veganer LeistungssportlerInnen und einer unzureichenden Studienlage nicht abzuschätzen. Grundsätzlich ist bei veganen SportlerInnen von ähnlichem gesundheitlichem Nutzen des Sporttreibens sowie ähnlichen kritischen Nährstoffen hinsichtlich der Versorgung wie in der Allgemeinbevölkerung auszugehen [59].

Aufgrund des „Mengen-Zeit-Problems“ (d. h. hoher Energiebedarf bei geringen zeitlichen Ressourcen für Nahrungszubereitung, Nahrungszufuhr und Verdauung vor dem Training) und des hohen Nahrungsvolumens bei möglicherweise individuell eingeschränkter Verträglichkeit vor dem Training, erreichen SportlerInnen häufig nicht die für die Allgemeinbevölkerung geltenden Empfehlungen für Gemüse und Obst [60]. Dies kann mit einer unzureichenden Versorgung z. B. mit Folat und einer niedrigen Zufuhr von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen einhergehen [61]. Eine individuelle Ernährungsberatung zu entsprechenden Alternativen (z. B. Verzehr gegarter, nicht blähender Gemüsesorten, Integration von Gemüse- und Obstsaften in den Speiseplan, Verzehr von Gemüse- oder Obstpürees, Anreicherung der Mahlzeiten mit Nüssen usw.) ist anzuraten.

Aktuelle Versorgungslage mit Mikronährstoffen bei AthletInnen

Orientierend an den D-A-CH-Referenzwerten (d. h. ohne Berücksichtigung möglicher Mehrbedarfe) ist bei SportlerInnen im Mittel von einer ähnlich guten Versorgungslage mit Mikronährstoffen wie in der Allgemeinbevölkerung auszugehen [62–64]. Bei (Leistungs-)SportlerInnen mit erhöhter Energiezufuhr zeigt die internationale Literatur

eine deutlich (120–365 % des nährstoffbezogenen *Recommended Daily Intake* [RDI]) die Zufuhrempfehlungen überschreitende Mikronährstoffzufuhr allein aus Nahrungsmitteln [57]. Die Sinnhaftigkeit einer zusätzlichen Supplementation ist dann zu hinterfragen bzw. mit verschiedenen Risiken assoziiert [57, 65].

Allerdings ist ein Rückschluss von Personengruppen auf die individuelle Versorgungslage eines Sportlers/einer Sportlerin nicht möglich. Insbesondere bei NachwuchsathletInnen, aber auch bei SportlerInnen in o. g. Risikokonstellationen (hypokalorische Kost, eingeschränkte Lebensmittelauswahl, Reisetätigkeit usw.) kann die Mikronährstoffversorgung individuell unterhalb der empfohlenen Zufuhrmenge liegen. Aktuelle Daten von deutschen Nachwuchsfußballerinnen zeigen beispielsweise, dass ein Großteil der Spielerinnen die D-A-CH-Referenzwerte für die Calcium- (59 %) oder Eisenzufuhr (69 %) sowie Folat- (75 %) und Vitamin-D-Zufuhr (100 %) nicht erreichen [61]. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei deutschen NachwuchsleistungssportlerInnen verschiedener anderer Sportarten für z. B. Calcium (47 % der Jungen und 63 % der Mädchen erreichten nicht die D-A-CH-Referenzwerte), Eisen (9 % bzw. 65 %), Vitamin D (86 % bzw. 93 %)¹ oder Vitamin E (38 % bzw. 34 %) [66]. Angemerkt werden muss an dieser Stelle jedoch, dass ein Nichterreichen der D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr nicht mit einem Mangel gleichzusetzen ist.

Mikronährstoffe als Nahrungsergänzungsmittel im Sport

Die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) birgt für AthletInnen gesundheits-, leistungs- und dopingrelevante Risiken (z. B. infolge von Verunreinigungen mit oder bewussten Beimengungen von unerlaubten Substanzen) [67–69]. Nach aktuellen Untersuchungen sind schätzungsweise 6–9 % der Dopingfälle auf NEM zurückzuführen [70]. Bei adäquat versorgten AthletInnen führt eine über den Bedarf hinausgehende Zufuhr von Mikronährstoffen nicht zu einer Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit. Dennoch ist die Prävalenz der NEM-Einnahme bei SportlerInnen verglichen mit der All-

¹ Im Gegensatz zu [61] wurden hier die 2009 geltenden D-A-CH-Referenzwerte von 5 µg/Tag Vitamin D zur Berechnung herangezogen.

gemeinbevölkerung deutlich erhöht [71–74]. Im deutschen Nachwuchsleistungssport variieren die Angaben je nach untersuchter Kohorte (z. B. Alter, Sportart, Kaderstatus) und in Abhängigkeit der Zuordnung von z. B. Sportgetränken zu NEM oder zu angereicherten Lebensmitteln zwischen 16 % [75] und 91 % [71]. Auch SeniorsportlerInnen greifen auf entsprechende Präparate zurück [76]. Vitamin- und Mineralstoffpräparate werden von AthletInnen am häufigsten konsumiert [77]. Als Gründe für die Einnahme werden Erwartungen an eine verbesserte Regeneration, die Optimierung des Gesundheitszustandes und eine verbesserte Leistungsfähigkeit genannt [67]. Andere AthletInnen nutzen NEM, um Krankheiten vorzubeugen oder wegen fehlender Zeit, ausgewogene Mahlzeiten zuzubereiten [77]. Entsprechende handlungsorientierte Ernährungsbildung von SportlerInnen sowie Bereitstellung gesundheitsförderlicher, auf den Bedarf von SportlerInnen abgestimmter Verpflegungsangebote in Einrichtungen des deutschen Spitzensports könnten demnach möglicherweise über Stärkung der *Food Literacy* von AthletInnen deren NEM-Konsum reduzieren. Der aktuelle Expertenkonsens des Internationalen Olympischen Komitee (IOC) betont, dass NEM eine unzureichende Ernährung und eine ungünstige Lebensmittelauswahl nicht kompensieren können [78]. AthletInnen, die sich nach gründlicher Risiko-Nutzen-Analyse für eine Supplementa-tion mit Mikronährstoffen entscheiden, sollten empfohlene Höchstmengen von Nährstoffen in Nahrungsergänzungsmitteln beachten, z. B. Höchstmengenempfehlungen des Bundesinstituts für Risikobewertung [35] (vgl. auch Position der AG Sporternährung der DGE: Sicherheitsaspekte bei Nahrungsergänzungsmitteln im Sport, eingereicht [79]).

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr auch für gesunde SportlerInnen als Grundlage für eine bedarfsdeckende Nährstoffzufuhr dienen. Bei ausgewogener, energiebedarfsdeckender Ernährungsweise erreichen oder überschreiten SportlerInnen im Mittel die D-A-CH-Referenzwerte für Mikronährstoffe. Jedoch lassen sich Eisen, Calcium, Natrium in besonderen Situationen (Langzeitausdauerbelastungen) und Vitamin D als möglicherweise kritische Nährstoffe bei SportlerInnen insbesondere in den Risiko-gruppen (SportlerInnen mit dauerhaften oder

wiederholten Nahrungseinschränkungen) identifizieren. Eine individuell bedarfsgerechte Ernährung kann mit Unterstützung von Ernährungsfachkräften auch bei hoher metabolischer Beanspruchung erreicht werden und reduziert das Risiko von Nährstoffdefiziten. Aufgrund gesundheits-, leistungs- und dopingrelevanter Risiken sollte eine durch Fachkräfte begleitete Supplementa-tion nur bei entsprechender medizinischer Diagnose und fehlender Möglichkeit bzw. fehlender Wirksamkeit einer Ernährungstherapie erwogen werden.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanken sich die AutorInnen bei Birte Peterson-Sperlich vom Referat Wissenschaft der DGE.

Interessenkonflikt

Die AutorInnen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Korrespondierender Autor:

Klaus Schäbethyl
schaebethyl@dge.de

Prof. Dr. Anja Carlsohn¹
Hans Braun²
Dr. Mareike Großhauser³
Prof. Dr. Daniel König⁴
Prof. Dr. Dr. Alfonso Lampen⁵
Dr. Stephanie Mosler⁶
Prof. Dr. Andreas Nieß⁷
Dr. Helmut Oberritter⁸
Klaus Schäbethyl⁹
Dr. Alexandra Schek⁹
Prof. Dr. Peter Stehle¹⁰
Dr. Kiran Virmani⁸
Dr. Rainer Ziegenhagen⁵
Prof. Dr. Helmut Hesecker¹¹

¹ Fakultät Life Sciences/Department Ökotrophologie Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

² Institut für Biochemie Deutsches Forschungszentrum für Leistungssport – momentum; Deutsche Sporthochschule Köln

³ Olympiastützpunkt Rheinland-Pfalz/Saarland

⁴ Institut für Sport und Sportwissenschaft Arbeitsbereich Ernährung Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

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

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

⁷ Abteilung Sportmedizin Medizinische Klinik Universitätsklinikum Tübingen

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

⁹ Redaktion Leistungssport (DOSB)

¹⁰ Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften Ernährungsphysiologie

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

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

Literatur

1. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER et al. (2007) American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 39: 377–390
2. Montain SJ, Chevront SN, Lukaski HC (2007) Sweat mineral-element responses during 7 h of exercise-heat stress. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 17: 574–582
3. Chilver TD, Kenefick RW, Chevront SN et al. (2008) Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Med Sci Sports Exerc* 40: 886–891
4. Deuster PA, Dolev E, Kyle SB et al. (1987) Magnesium homeostasis during high-intensity anaerobic exercise in men. *J Appl Physiol* 62: 545–550
5. Nuviola RJ, Lapieza MG, Bernal E (1999) Magnesium, zinc, and copper status in women involved in different sports. *Int J Sport Nutr* 9: 295–309
6. Deuster PA, Day BA, Singh A et al. (1989) Zinc status of highly trained women runners and untrained women. *Am J Clin Nutr* 49: 1295–1301
7. Dressendorfer RH, Petersen SR, Lovshin SE et al. (2002) Mineral metabolism in male cyclists during high-intensity endurance training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 12: 63–72
8. Johner SA, Thamm M, Schmitz R et al. (2015) Current daily salt intake in Germany: biomarker-based analysis of the representative DEGS study. *Eur J Nutr* 54: 1109–1115
9. Strohm D, Boeing H, Leschik-Bonnet E et al. for the German Nutrition Society (DGE) (2016) Salt intake in Germany, health consequences, and resulting recommendations for action. A scientific statement from the German Nutrition Society (DGE). *Ernährungs Umschau* 63(3): 62–70
10. Almond CS, Shin AY, Fortescue EB et al. (2005) Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N Engl J Med* 352: 1550–1556
11. Chiampas GT, Goyal AV (2015) Innovative operations measures and nutritional support for mass endurance events. *Sports Med* 45 Suppl 1: S61–S69
12. Brown S, Chiampas G, Jaworski C et al. (2011) Lack of awareness of fluid needs among participants at a midwest marathon. *Sports Health* 3: 451–454
13. Mosler S, Braun H, Carlsohn A et al. (2019) Fluid replacement in sports. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE). *Ernährungs Umschau* 66(3): 52–59
14. Kenefick RW, Chevront SN (2012) Hydration for recreational sport and physical activity. *Nutr Rev* 70 Suppl 2: S137–S142
15. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM (2016) American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 48: 543–568
16. EFSA (2011) Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to carbohydrate-electrolyte solutions and [...]. *EFSA Journal* 9: 2211. s. auch EU-Verordnung Nr. 432/2012
17. Hew-Butler T, Loi V, Pani A, Rosner MH (2017) Exercise-associated hyponatremia: 2017 Update. *Front Med (Lausanne)* 4: 21
18. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstr., 2. Aufl., 3. aktual. Ausg. (2017)
19. Davies KJ, Quintanilha AT, Brooks GA et al. (1982) Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem Biophys Res Commun* 107: 1198–1205
20. Sen CK, Atalay M, Häminnen O (1994) Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. *J Appl Physiol* 77: 2177–2187
21. Child RB, Wilkinson DM, Fallowfield JL et al. (1998) Elevated serum antioxidant capacity and plasma malondialdehyde concentration in response to a simulated half-marathon run. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1603–1607
22. Franzoni F, Plantinga Y, Femia FR et al. (2004) Plasma antioxidant activity and cutaneous microvascular endothelial function in athletes and sedentary controls. *Biomed Pharmacother* 58: 432–436
23. Quintanilha AT, Packer L (1983) Vitamin E, physical exercise and tissue oxidative damage. *Ciba Found Symp* 101: 56–69
24. Tauler P, Gimeno I, Aguiló A et al. (1999) Regulation of erythrocyte antioxidant enzyme activities in athletes during competition and short-term recovery. *Pflugers Arch* 438: 782–787
25. Jackson MJ, Papa S, Bolaños J et al. (2002) Antioxidants, reactive oxygen and nitrogen species, gene induction and mitochondrial function. *Mol Aspects Med* 23: 209–285
26. Andrade FH, Reid MB, Westerblad H (2001) Contractile response of skeletal muscle to low peroxide concentrations: myofibrillar calcium sensitivity as a likely target for redox-modulation. *FASEB J* 15: 309–311
27. Reid MB (2001) Invited Review: redox modulation of skeletal muscle contraction: what we know and what we don't. *J Appl Physiol* 90: 724–731
28. Nieß AM, Striegel H, Hipp A et al. (2008) Zusätzliche Antioxidanzgabe im Sport – sinnvoll oder unsinnig? *Dtsch Z Sportmed* 59: 55–61
29. Powers SK, Radak Z, Ji LL (2016) Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. *J Physiol* 594: 5081–5092
30. Svensson MB, Ekblom B, Cotgreave IA et al. (2002) Adaptive stress response of glutathione and uric acid metabolism in man following controlled exercise and diet. *Acta Physiol Scand* 176: 43–56
31. Rietjens SJ, Beelen M, Koopman R et al. (2007) A single session of resistance exercise induces oxidative damage in untrained men. *Med Sci Sports Exerc* 39: 2145–2151. Erratum in: *Med Sci Sports Exerc* 40: 591
32. Carlsohn A, Rohn S, Mayer F et al. (2010) Physical activity, antioxidant status, and protein modification in adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 42: 1131–1139
33. Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M et al. (2008) Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr* 87: 142–149
34. Ristow M, Zarse K, Oberbach A et al. (2009) Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106: 8665–8670
35. Weissenborn A, Bakhiya N, Demuth I et al. (2018) Höchstmengen für Vitamine und Mineralstoffe in Nahrungsergänzungsmitteln. *J Consum Prot Food Saf* 13: 25–39
36. Larson-Meyer DE, Willis KS (2010) Vitamin D and athletes. *Curr Sports Med Rep* 9: 220–226
37. Wolman R, Wyon MA, Koutedakis Y et al. (2013) Vitamin D status in professional ballet dancers: winter vs. summer. *J Sci Med Sport* 16: 388–391
38. Hesecker H, Stahl A, Strohm D (2012) Vitamin D – Physiologie, Funktionen, Vorkommen, Referenzwerte und Versorgung in Deutschland. *Ernährungs Umschau* 59(4): 232–239
39. Holick MF (2017) The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Rev Endocr Metab Disord* 18: 153–165
40. Schek A (2018) Vitamin D – ein unterschätzter