



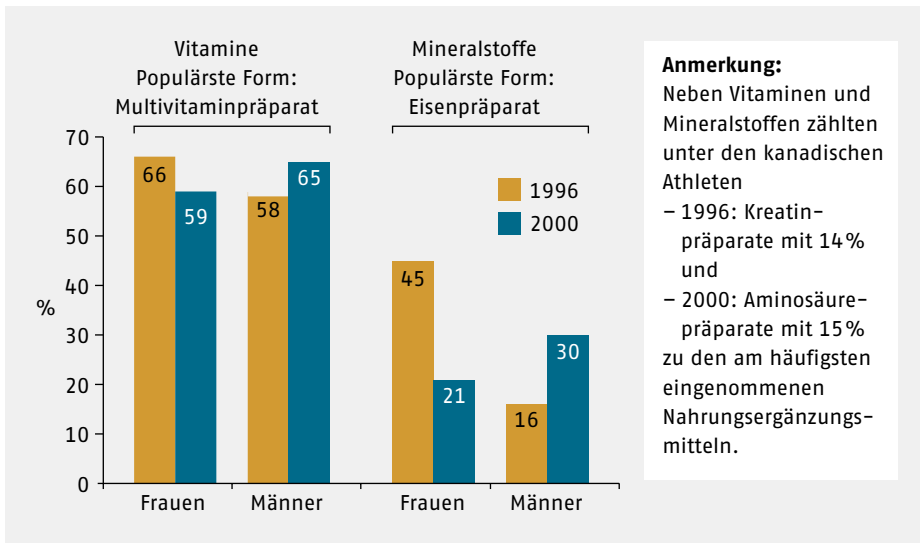
6 (Mikro-)Nährstoffe im Leistungssport

6.1 Motivation und Gründe

Heutzutage gibt es im Spitzensport kaum noch Athleten, die nicht regelmäßig ihren Stoffwechsel mit Mikronährstoffen zur Optimierung der körperlichen und mentalen Leistungsfähigkeit „tunen“ (Abb. 6.1). Erhöhte Trainingsintensitäten und -umfänge sowie verschärfte Dopingkontrollen sind die Hauptgründe, warum Nahrungsergänzungsmittel im Sport in immer stärkerem Umfang eingesetzt werden. Dementsprechend ist die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln im Leistungs- und Spitzensport weit verbreitet, und nicht selten verwenden Athleten mehrere Präparate gleichzeitig.

So wurden im Rahmen des deutschen Forschungsprojektes GOAL die Einnahmegewohnheiten von 1.138 Elite-Nachwuchssportlern untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass über 80 % der deutschen Athleten mindestens einmal im Monat (Mikro-) Nährstoffe in Form von Nahrungsergänzungsmitteln einnehmen und über 25 % sogar täglich (z. B. Magnesium, Vitamin D). Wie Untersuchungen aus dem internationalen Spitzensport mit Athleten aus den Niederlanden, Kanada oder Australien zeigen, supplementieren über 90 % der Leistungssportler regelmäßig (Mikro-)Nährstoffe.

Auch im ambitionierten Breitensport werden (Mikro-)Nährstoffe in Form von Supplementen immer häufiger eingenommen. Aus präventivmedizinischer Sicht ist dies durch-



● **Abb. 6.1** Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln von kanadischen Athleten während der Olympischen Spiele 1996 in Atlanta und 2000 in Sydney (nach Huang et al., 2006)

aus zu begrüßen. Denn auch Breitensportler zählen zu den Bevölkerungsgruppen, die ohnehin nicht immer eine gute Versorgungslage mit (Mikro-)Nährstoffen, wie Vitamin D, Omega-3-Fettsäuren, Magnesium, Eisen, Selen und Zink aufweisen. Gleichzeitig werden trainingsphysiologische Gesichtspunkte, Ruhe- und Regenerationsphasen im Breitensport oft zu wenig beachtet, was nicht selten in Überlastung, Funktions- und Gesundheitsstörungen mündet. Auch in diesem Zusammenhang ist eine optimale Versorgung mit Vitaminen, Mineralien und anderen (Mikro-)Nährstoffen wichtig.

Einnahme von (Mikro-)Nährstoffen – Gründe und Motivation (Auswahl):

- Unterstützung der Regeneration (> 70 %),
- Erhaltung der Gesundheit trotz hoher körperlicher Belastung (> 50 %): Stabilisierung des Immunsystems (z. B. Atemwegs-, Magen-Darminfekte), Prävention von Entzündungsprozessen,
- Leistungssteigerung (> 40 %): Optimierung der mentalen/physischen Belastbarkeit,
- Prävention von Krankheiten (> 30 %) und Sportverletzungen (z. B. Muskelschäden),
- Kompensation von Ernährungslücken (> 20 %).

6.2 Leistungssport – Risiken durch (Mikro-)Nährstoffdefizite

In Deutschland ereignen sich pro Jahr über 2 Millionen Sportunfälle. Bei Fußballspielen wird beispielsweise die durchschnittliche Verletzungsrate mit 6–10 pro

1.000 Spielstunden angegeben. Dabei treten Verletzungen im Spiel drei- bis zehnfach häufiger auf als im Training. Durchschnittlich verletzt sich ein Fußballspieler pro Saison ca. zwei- bis dreimal.

Etwa 20 % der Verletzungen führen zu einem Trainingsausfall von mehr als vier Wochen. Neben Verletzungen des Kapsel-Band-Apparates (z. B. Distorsionen, Bandrupturen, Luxationen), Prellungen, Frakturen zählen vor allem Muskelverhärtungen und -zerrungen zu den häufigsten Sportverletzungen. Häufig diagnostizieren die betreuenden Mannschaftsärzte bei Athleten auch Erschöpfungszustände, die einem Burnout ähneln und die sich auch durch eine hartnäckige Infektanfälligkeit manifestieren, sodass kein regelmäßiges Training möglich ist. Die Verletzungsanfälligkeit ist dabei ebenfalls erhöht, mit der Folge einer schnellen Übermüdung und deutlich niedrigerer Spitzenleistung. So machen **Ermüdungsbrüche oder Stressfrakturen** bis zu einem Fünftel aller Sportverletzungen aus.

Stressfrakturen treten meistens nach einer Belastungssteigerung auf. Besonders gefährdet sind unter anderem Läufer, Basketball-, Fußball-, Tennis-, Squashspieler, Skifahrer, Snowboarder, Eiskunstläufer, Balletttänzer. Neben der Sportart und Belastungssteigerungen zählen der Bodenbelag, eine schlechte Fitness sowie eine unzureichende Versorgung mit Omega-3-Fettsäuren (HS-Omega-3-Index® < 8 %), Vitamin D (25(OH)D < 32 ng/ml bzw. 80 nmol/l) oder Coenzym Q₁₀ (< 3,0 µg/ml) zu den Hauptursachen. Um lange Ausfallzeiten zu vermeiden, ist die **frühe Erkennung** und dementsprechend die **Prävention** bei der medizinischen Betreuung von Spitzen-, aber auch bei Breitensportlern von hohem Stellenwert.

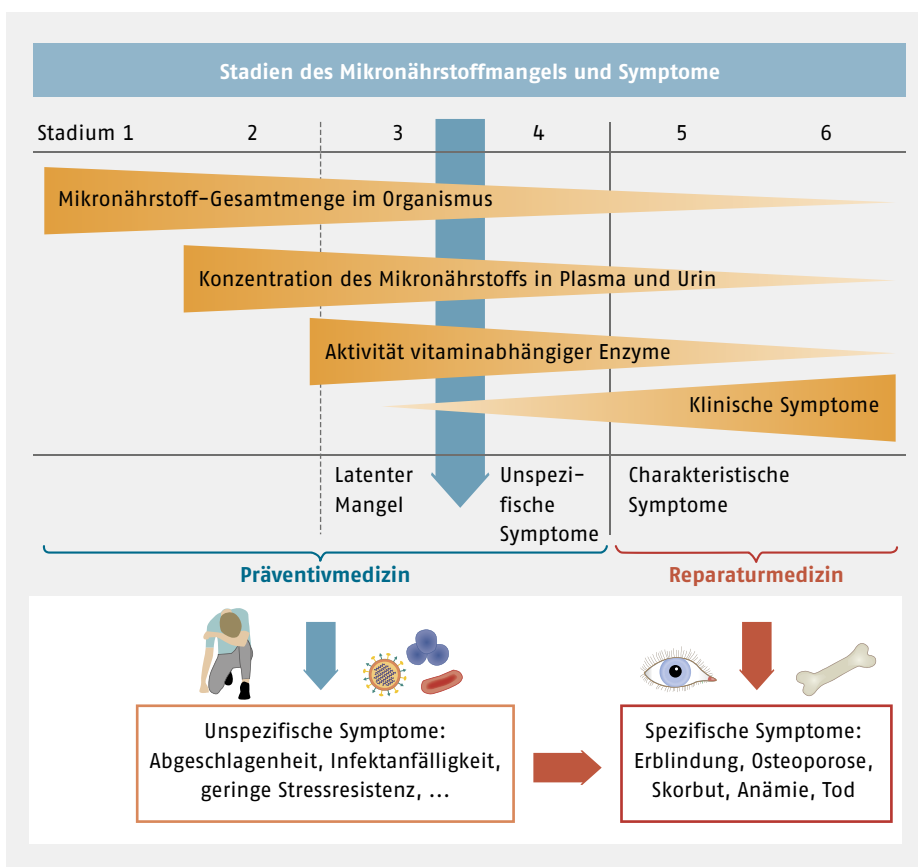
6.3 Nahrungsergänzungsmittel (NEM) – aus der Sicht des DOSB und IOC

Die Ernährung hat enormen Einfluss auf die körperliche und mentale Leistungsfähigkeit und ist daher für Leistungssportler eine wichtige trainingsbegleitende Maßnahme. Im Leistungssport sollte grundsätzlich gelten: Vollwertig essen fördert das sportliche Leistungs- und Regenerationsvermögen, hält gesund und steigert das Wohlbefinden des Athleten. Als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) werden Lebensmittel bezeichnet, die dazu bestimmt sind, die allgemeine Ernährung zu ergänzen. Grundsätzlich stehen die darin enthaltenen Vitamine, Mineralien, Amino-, Fettsäuren etc. nicht auf der NADA- bzw. WADA-Verbotsliste, da ihnen die verbotenen, gesundheitsgefährdenden Eigenschaften von Dopingsubstanzen fehlen. Die NADA warnt jedoch eindringlich vor der unreflektierten Einnahme von NEM, weil diese einen Einstieg in die Dopingmentalität fördern könnten.

Beim Thema NEM ist daher die Haltung des DOSB (Deutscher Olympischer Sportbund) im Jahr 2014 eher kritisch bis ablehnend und man vertritt im Allgemeinen die

Meinung, dass man im Leistungssport mit seltenen Ausnahmen auf die zusätzliche Supplementierung von Vitaminen, Mineralien und anderen Mikronährstoffen verzichten kann. Anders das *IOC-Konsensus-Statement*, das im Jahr 2018 von der *International Association of Athletics Federations* (IAAF) publiziert wurde und den Stellenwert unterschiedlicher Ernährungspraktiken inklusive Supplementierung von NEM seitens der Athleten zur Optimierung ihrer Leistungs- und Regenerationsfähigkeit, ihres individuellen Wohlbefindens und der Kompensation von Mikronährstoffmängeln akzentuiert wird. Dabei wird als Basis zur Abdeckung der benötigten energieliefernden und nicht-energieliefernden Nährstoffe eine ausgewogene und vollwertige Ernährungsweise empfohlen. Bemerkenswert ist allerdings die Erkenntnis, dass die Deckung spezifischer nutritiver Bedürfnisse von Leistungssportlern allein über die Nahrung häufig kaum möglich und die Supplementierung von NEM als adäquate Maßnahme zur Kompensation des leistungsbezogenen erhöhten Nährstoffbedarfs angesehen wird.

Ein latenter Mangel an Vitaminen und anderen (Mikro-)Nährstoffen kann komplexe metabolische Störungen auslösen auf deren Boden sich über Jahre handfeste



● Abb. 6.2 Stadien eines Mikronährstoffmangels und deren Gründe

Leistungs- und vitalitätsmindernde Beschwerden und Zivilisationserkrankungen entwickeln. Dabei durchlaufen (Mikro-)Nährstoffmängel verschiedene Stadien (Abb. 6.2), bevor sie klinisch eindeutig in Erscheinung treten.

Bereits im Stadium der suboptimalen Bedarfsdeckung oder einem latenten (Mikro-)Nährstoffmangel (Stadium 2 und 3) werden Enzymleistungen sowie immunologische Funktionen gestört. Dadurch wird einerseits der Immunstatus geschwächt, was zu einem vermehrten Auftreten von Entzündungen und Infektionskrankheiten führt. Andererseits steigt die Anfälligkeit für chronisch degenerative Krankheiten (z. B. Demenz, Diabetes, Krebs), da die körperliche und geistige Entwicklung sowie die allgemeine Leistungsfähigkeit deutlich vermindert werden (Tab. 6.1).

Unstrittig ist, dass leistungssportliches Training den (Makro- und Mikro-)Nährstoffbedarf erhöht, weil energieliefernde und stoffwechselregulierende Nährstoffe in größerem Umfang verbraucht und ausgeschieden werden. Leistungsbeeinträchtigende Engpässe in der Nährstoffversorgung sind die Folge. Im Leistungssport

Tab. 6.1 Symptome eines latenten Mikronährstoffmangels (Auswahl)

Mikronährstoff	Symptome
Vitamin B ₁	Muskelschwäche, Antriebslosigkeit, geringe Stressresilienz, Konzentrationsstörungen
Vitamin B ₂	Mitochondriale Dysfunktion, Mundwinkelrhagaden, Störungen im Eisenhaushalt
Vitamin B ₃	Abgeschlagenheit, mitochondriale Dysfunktion Mundwinkelrhagaden, Stimmungsschwankungen
Vitamin B ₆	Kopfschmerzen, Nervosität, Reizbarkeit, geringe Stressresilienz, Infektanfälligkeit
Vitamin B ₁₂	Abgeschlagenheit, kognitive Leistungseinbußen, depressive Verstimmung, Hirnatrophie
Folsäure	Antriebslosigkeit, mentale Defizite, depressive Verstimmung, geringe Stressresilienz
Vitamin C	Infektanfälligkeit, physische und mentale Leistungseinbußen, depressive Verstimmung, Reizbarkeit
Vitamin D	Infektanfälligkeit, Muskelschwäche, Muskelschmerzen, depressive Verstimmung (vor allem in den Wintermonaten), Abgeschlagenheit
Magnesium	Nervosität, Reizbarkeit, Spannungskopfschmerzen, Stressanfälligkeit, Abgeschlagenheit
Eisen	Mitochondriale Dysfunktion, Muskelschwäche, Infektanfälligkeit, Abnahme der aeroben Kapazität, vasomotorische Störungen, Arbeitsleistungsminderung (z. B. Ausdauerleistung)
Zink	Nachlassende Widerstandsfähigkeit gegenüber Infekten, Konzentrationsstörungen, Reizbarkeit, gestörte Wundheilung

sollte ein (Mikro-)Nährstoffmangel der häufigste Grund sein für die Anwendung von Supplementen oder Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) mit dem Ziel der Kompensation. Die rationale Supplementierung von Vitaminen und Mineralien ist in der Regel daher ein gezielter, individuell ausgerichteter Ersatz von Nahrungsinhaltsstoffen bei echten und damit auch labordiagnostisch objektivierbaren (Mikro-)Nährstoffmängeln (■ Tab. 6.2).

Ein klassisches und häufig vorkommendes Beispiel hierfür ist in der Sportmedizin der Eisenmangel. Leistungssportler haben durch erhöhten Muskelaufbau bzw. die Myoglobin-, Blutvolumenzunahme, Hämolysesteigerung, Resorptionsverminderung sowie stressbedingte gastrointestinale Blutungen einen erhöhten Eisenbedarf.

Der Eisenstatus kann im Rahmen einer Blutentnahme durch Bestimmung verschiedener Laborparameter (u. a. hs-CRP > 2, CRP, Leberfunktionsparameter (z. B. GGT > 40, GPT > 40, GOT > 25), Ferritin < 70 (120) µg/l, Transferrin-Sättigung, löslicher Transferrin-Rezeptor/sTfR) eindeutig objektiviert werden und sollte nach Rücksprache mit dem behandelnden Mannschaftsarzt durch die Supplementierung eines guten Magen-Darm-verträglichen Eisenpräparates (z. B. Eisenglycinat, -picolinat, Curryblatt-Eisen) kompensiert werden.

Bei einem schweren Eisenmangel mit Anämie kann es auch initial notwendig sein, Eisen parenteral zu applizieren (z. B. Eisencarboxymaltose: Eisen-(III)-hydroxid mit dem Komplexbildner Carboxymaltose). Eisencarboxymaltose hat gegenüber der Supplementierung von oralen Eisenpräparaten den Vorteil der besseren Magen-Darm-Verträglichkeit sowie des schnelleren Wirkeintritts und der geringeren Anwendungsdauer (z. B. 1–2 Injektionen). Nachteile sind jedoch höhere Kosten, da die Anwendung parenteraler Präparate nur unter ärztlicher Aufsicht und mit labordiagnostischen Kontrollen durchzuführen ist. Falls eine orale Eisentherapie einen unzureichenden Effekt bringt, besteht die Möglichkeit, parenterales Eisen langsam intravenös mittels einer Injektion zu verabreichen. Da zu jeder Zeit intravenöse Infusionen (z. B. Elektrolytinfusionen), auch Injektionen von insgesamt mehr als 100 ml innerhalb von 12 Stunden laut der geltenden NADA-Dopingliste verboten sind, kann eine Eiseninfusion umgangen werden, indem parenterales Eisen (z. B. Ferinject®) langsam intravenös mittels einer Injektion verabreicht wird (unverdünnt oder verdünnt mit 0,9 % NaCl bis zu 50 ml). Dabei ist die Verwendung eines Butterflys als Stechhilfe und das Durchspülen mit NaCl 0,9 %, zur Verifizierung, dass die Nadel korrekt platziert ist, empfehlenswert.

Eine unzureichende Versorgung mit (Mikro-)Nährstoffen äußert sich beim sportlich Aktiven vor allem in einer geringeren Leistungs- und Regenerationsfähigkeit sowie einer erhöhten Anfälligkeit für Entzündungsprozesse und Atemwegsinfekte (■ Tab. 6.1). Zahlreiche Athleten fallen sogar häufiger durch Krankheit oder Infekt aus als aufgrund von Verletzungen. Leistungssportler verlieren durch den hohen Energieumsatz, die vermehrte Schweißsekretion und Ausscheidung über die Nieren zum Teil

erhebliche Mengen an Elektrolyten (v. a. Natrium) und Spurenelementen. Bereits breiten sportliche Belastungen mit einer Schweißproduktion von etwa 1 l/h führen zu merklichen Verlusten an Natrium, Jod, Kupfer, Zink und Eisen. Nach intensivem Training oder nach Wettkämpfen kann es auch noch Tage später zu einer vermehrten Ausscheidung kommen. Körperliche Anstrengungen, Schweißverluste und oxidativer Stress können daher schnell in einem (Mikro-)Nährstoffengpass münden.

Aufgrund ihres erhöhten Energieumsatzes weisen vor allem Leistungssportler einen gesteigerten Bedarf an (Mikro-)Nährstoffen auf, der jedoch nicht immer durch eine leistungssportgerechte Ernährung abgedeckt wird. Im Leistungssport besteht zudem die Gefahr, dass (Mikro-)Nährstoffmängel durch die intensive physische und mentale Belastung noch verstärkt und verschleppt werden.

Zu den Problemgruppen unter den Leistungssportlern zählen vor allem solche, bei denen die Energie- und Nährstoffzufuhr unzureichend ist:

- Besonders häufig wird eine mangelhafte Zufuhr an Mineralien (z. B. Magnesium, Eisen) und Vitaminen (z. B. Vitamin D, Vitamin B₁₂) in Sportarten beobachtet, bei denen ein niedriges Körpergewicht eine wichtige Voraussetzung für eine hohe Leistungsfähigkeit darstellt. Dabei ist es nicht immer möglich, die verbrauchte Energie ausschließlich in Form einer bedarfsangepassten Ernährung aufzunehmen. Lebensmittel sind zudem voluminöser als Supplemente und auch die Kapazität des Magen-Darm-Trakts kann durch die hohen Trainingsumfänge begrenzt werden (z. B. Ballett, Eiskunstlauf, Langstreckenlauf, Skispringen, Turnen).
- In Sportarten mit unterschiedlichen Gewichtsklassen (z. B. Kampfsportarten), ist eine Reduktion des Körpergewichtes vor einem Wettkampf üblich und weit verbreitet. Dadurch wird der Start in einer niedrigeren Gewichtsklasse ermöglicht, was mit vermeintlich größeren Erfolgsaussichten verbunden ist. Allerdings besteht bei derartigen Gewichtsmanipulationen immer das Risiko einer unzureichenden Nährstoffversorgung, denn durch die Beschränkung der Makronährstoffzufuhr reduziert sich auch die Mikronährstoffaufnahme. Denn Makronährstoffe, wie Kohlenhydrate, Fette und Proteine sind ja die eigentlichen Träger von Mikronährstoffen. Neben den zu erwartenden Problemen im Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt werden bei diesen Sportarten immer wieder Defizite im Bereich von Eisen, Jod, Selen, Zink, Magnesium, B-Vitaminen und Mitocuticals wie Coenzym Q₁₀ und Antioxidanzien wie Vitamin E festgestellt.
- Athleten, die unter Lebensmittelunverträglichkeiten leiden, sich vegetarisch oder vegan ernähren, haben häufig ein Problem bei der diätetischen Versorgung mit Eisen, Vitamin B₁₂, Kalzium, Vitamin D oder L-Carnitin. Diese Athleten sollten ihren Mikronährstoffstatus 2 × pro Jahr vom betreuenden Mannschaftsarzt labordiagnostisch kontrollieren lassen und entsprechend kompensieren.
- Auch in anderen leistungsorientierten Disziplinen wie Schwimmen, Leichtathletik, Marathonlauf und im Fußball ist eine mangelhafte Versorgung mit (Mikro-)Nährstoffen häufig.

■ **Tab. 6.2** Rationalen für den Einsatz von (Mikro-)Nährstoffen im Leistungssport

Anwendungsrationale: Stoffwechsel-Optimierung (Metabolic Tuning)	(Mikro-)Nährstoffe (Auswahl)
Unterstützung des Elektrolyt-, Flüssigkeit- und Wärmehaushaltes	Elektrolyte/Makromineralien: Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium
Optimierung des Energie- und Substratstoffwechsels	Ergogene und mitochondriale Substanzen: Ubiquinon/Ubiquinol, Vitamin B ₁ , Vitamin B ₂ , NAD ⁺ , Eisen, Kupfer, Magnesium, Kreatin-Monohydrat, HMB (Beta-Hydroxy-beta-Methylbutyrat), Astaxanthin Vitamine: Vitamin D, Retinol (Vitamin A), Vitamin K ₂ , Vitamin-B-Komplex Vitaminsäuren: Ubiquinol, PQQ, R(+)-α-Liponsäure
Stärkung des Immunsystems	Vitamine: Vitamin D, Retinol, Vitamin E, Vitamin C, Vitamin-B-Komplex Vitaminsäuren: Ubiquinol, R(+)-α-Liponsäure, L-Carnitin Spurenelemente: Zink, Selen, Eisen, Kupfer Fettsäuren: Langkettige, mehrfach ungesättigte maritime Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) Aminosäuren: L-Glutamin, L-Arginin, N-Acetylcystein, L-Glutathion, Taurin
Optimierung des Körperfettanteils	Kreatin-Monohydrat, L-Carnitin, konjugierte Linolsäure (CLA)
Unterstützung des Muskelmasseaufbaus und Proteinstoffwechsels	Aminosäuren: L-Arginin, Beta-Alanin, L-Glutamin, L-Ornithin, VKAS (z. B. L-Valin, L-Isoleucin, L-Leucin) Antikatabole Substanzen: Kreatin-Monohydrat, HMB (Beta-Hydroxy-beta-Methylbutyrat) VKAS (z. B. Leucin), Beta-Alanin, CLA, Magnesium, Chrom Hormonmodulatoren (z. B. Cortisol, Testosteron, Thyroxin, Wachstumshormon): Vitamin D, Vitamin C, EPA/DHA, Phosphatidylserin, Zink, Selen Optimierung des zellulären Hydratationsstatus: L-Glutamin, Taurin, Kreatin-Monohydrat, Chondroprotektiva

■ **Tab. 6.2** Rationalen für den Einsatz von (Mikro-)Nährstoffen im Leistungssport

Anwendungsrationale: Stoffwechsel-Optimierung (Metabolic Tuning)	(Mikro-)Nährstoffe (Auswahl)
	Proteinarten: Whey-Protein Isolat, Casein Protein, Soja Protein Vitamine/Vitamineoide: Vitamin D, B-Vitamine, Ubiquinol, Acetyl-L-Carnitin, R(+)- α -Liponsäure
Verringerung von Entzündungsprozessen und oxidativem Stress	Vitamine: Vitamin D, Tocopherole/-trienole, Vitamin C Antioxidanzien, Polyphenole: Vitamin C, Tocopherole/-trienole, Ubiquinol, R(+)- α -Liponsäure, Selen, Zink, Astaxanthin, Curcumin, Fisetin, OPC, Quercetin, Pycnogenol, Resveratrol, ... Fettsäuren: Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA), Omega-6-Fettsäuren (z. B. GLA)
	Aminosäuren: L-Cystein (NAC), L-Glutathion, Taurin
Regeneration und Schutz körpereigener Strukturen bei hohen Belastungen sowie Verringerung des Verletzungsrisikos	Knorpel (Gelenk)- und Knochenstoffwechsel: Glucosaminsulfat, Chondroitinsulfat, Methylsulfonylmethan (MSM), Vitamin D, Vitamin K ₂ , Kalzium, Magnesium, Zink, Antioxidanzien, Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA), L-Arginin, L-Lysin, L-Prolin
Unterstützung des Neurotransmitterstoffwechsels (z. B. Dopamin, Serotonin)	Aminosäuren: S-Adenosylmethionin (SAM), L-Tryptophan, 5-HTP, L-Phenylalanin, L-Tyrosin, L-Glutamin, Taurin Vitamine: Vitamin B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₆ , B ₉ , B ₁₂ , Vitamin C, Phosphatidylserin, Vitamin D Mineralien: Eisen, Zink, Magnesium
Ausgleich des Säure-Basen-Haushaltes	Magnesium-, Kalzium-, Kalium-, Natriumcitrat, Natriumbicarbonat

(Mikro-)Nährstoffdefizite und ihre Folgen:

- Anfälligkeit für Atemwegsinfekte, gesteigerte Entzündungsbereitschaft
- Erhöhtes Risiko für Sportverletzungen (z. B. Verletzungen des Kapsel-Band-Apparates wie Distorsionen, Bandrupturen, Luxationen)
- Erhöhte Belastung mit oxidativem/nitrosativem Stress (ROS/RNS)
- Ausbleibende Trainingsfortschritte
- Physischer und mentaler Leistungsabfall, Motivationsverlust