

# Spezial - Substanzen zur Leistungssteigerung

Von Dr. med. Jürgen Zapf

## - Gibt es das?

**Die Suche nach leistungssteigernden (ergogenen) Substanzen, die dem Athleten einen Vorteil im sportlichen Wettkampf verschaffen sollen, ist wohl so alt wie der Sport selbst. Vielfache Gesundheitsschäden und sogar Todesfälle vor allem in den Ausdauersportarten dokumentieren die teilweise selbstzerstörerische Experimentierfreudigkeit des Sports in den vergangenen 100 Jahren, die zum Verbot der Einnahme zahlreicher Präparate und zur Dopingliste geführt haben.**

Dieser Beitrag bezieht sich mit Ausnahme des Koffeins ausschließlich auf Substanzen, deren Einnahme erlaubt ist und die ohne gesundheitsschädliche Nebenwirkungen auf direktem oder indirektem Weg der Leistungsstabilisierung oder Leistungssteigerung dienen sollen. In der Regel sind das Stoffe, die auch in der natürlichen Nahrung des Menschen vorkommen. Antioxidative Vitamine (z.B. Vitamin C und E), Mineralstoffe (Zink, Magnesium), Spurenelemente (Eisen, Chrom, Selen, Kupfer), Aminosäuren (Arginin, Ornithin, BCAA, Glutamin, Taurin), energiereiche Stoffwechselzwischenprodukte (Pyruvat, Aspartat, Ribose, Phosphatsalze), ungesättigte Fettsäuren und mittelkettige Fette (MCT), L-Carnitin, Kreatin, Coenzym Q sind nur eine kleine Auswahl aus einer kaum mehr überschaubaren Fülle von Substanzen, die dem Sportler die von ihm so sehr erhoffte Wirkung der Leistungssteigerung jenseits von körperlicher und mentaler Trainingsvorbereitung versprechen.

## **Kohlenhydrate — potentes Ergogenic**

Vielen Athleten ist sicher gar nicht klar, dass die im Ausdauersport zwischenzeitlich schon fast selbstverständliche Optimierung der Kohlenhydratzufuhr vor, während und nach Wettkampfbelastungen eine der am besten untersuchten und in ihrer Wirksamkeit nachgewiesenen leistungssteigernden (ergogenen) Ernährungsmaßnahmen darstellt. Eine ausreichende Verfügbarkeit von Kohlenhydraten ermöglicht einen höheren Energieumsatz pro Zeiteinheit und damit ein höheres Leistungsniveau. Der Sportler ermüdet einfach später, da der Abfall des Blutzuckerspiegels hinausgezögert wird. Die Ausschüttung von Stresshormonen fällt geringer aus, ebenso der Abfall der anabolen Hormone Insulin und Testosteron. Die erforderliche Rate der Glukoseneubildung aus freien Aminosäuren in der Leber ist niedriger. Dadurch werden auch die Ermüdungssubstanzen Ammoniak im Blut und Serotonin im Gehirn in geringerem Ausmaß gebildet. Die Regenerationsfähigkeit wird verbessert, indem der Körper nach Belastung rascher in eine anabole Stoffwechsellage kommt. Die belastungsbedingte Entzündungsreaktion fällt geringer aus, das Immunsystem wird gestärkt, so dass man sich weniger leicht Infektionen einfängt. Zahlreiche weitere ergogene Substanzen, die nachfolgend beschrieben werden, greifen ebenfalls in diese Stoffwechselvorgänge ein. Der Sportler hat davon nur einen Nutzen, wenn er auch auf eine ausreichende Kohlenhydratzufuhr geachtet hat.

## **Verbessern mittelkettige Fette den Fettstoffwechsel?**

Die Zufuhr herkömmlicher Fette, die überwiegend aus langkettigen Fettsäuren bestehen,

ist unmittelbar vor und während des Wettkampfes aus zahlreichen Gründen nicht sinnvoll. Langkettige Fettsäuren stehen praktisch unbegrenzt in den körpereigenen Fettspeichern (subkutanes und viszerales Fett) zur Verfügung. Nahrungsmittel mit hohem Fettanteil verzögern die Verdauung erheblich, so dass Wasser und Kohlenhydrate vermindert zur Verfügung stehen würden. Langkettige Fette werden nicht wie Kohlenhydrate und Wasser aus dem Darm direkt in die Blutbahn aufgenommen, sondern sie gelangen erst über einen komplexen Weg dorthin und stehen deshalb erst ca. drei bis vier Stunden nach dem Verzehr dem Muskel zur Verfügung. Mittelkettige Fette (MCT) kommen in der natürlichen Nahrung nur in sehr geringen Mengen vor und werden deshalb als künstliches Nahrungsergänzungsmittel angeboten. Sie besitzen gegenüber langkettigen Fetten einige wesentliche Vorteile: Sie sind wasserlöslich und bei Raumtemperatur flüssig. Sie werden schnell resorbiert. Sie gelangen ähnlich wie Kohlenhydrate direkt in die Blutbahn. Von dort können sie direkt von der Muskelzelle aufgenommen und unabhängig vom Carnitin ins Innere der Mitochondrien der Muskelzelle gelangen, wo sie schließlich oxidiert werden. Diese Eigenschaften der MCT haben zu der Annahme geführt, dass die Einnahme ausreichender Mengen von MCT die Ausdauerleistungsfähigkeit verbessern würde bzw. über eine Erhöhung des Fettverbrennungsanteils Muskelglykogen eingespart werden könnte. Bei einer Einnahme von MCT in verträglichen Mengen (ca. 25-30 g/Std) in Kombination mit einer ausreichenden Kohlenhydratzufuhr werden die MCT zwar zu etwa 70 Prozent verbrannt, jedoch in erster Linie im Austausch mit langkettigen Fetten. Im Vergleich zur alleinigen Kohlenhydrateinnahme ändern sich dabei weder die Gesamtfettverbrennung, noch wird in relevantem Ausmaß Glykogen eingespart. Auch die Ausdauerleistungsfähigkeit blieb in den meisten Untersuchungen weitgehend unbeeinflusst. Die Einnahme von MCT als Ergänzung zur Kohlenhydrat-Zufuhr während körperlicher Belastungen bringt deshalb nach gegenwärtigem Wissensstand keine Vorteile gegenüber der alleinigen Zufuhr von Kohlenhydraten. Werden größere Mengen MCT (mehr als 40- 50 g/Std) verabreicht, so muß mit erheblichen Magen-Darm-Beschwerden gerechnet werden, die die Leistungsfähigkeit bis zum Belastungsabbruch beeinträchtigen können.

### **Steigert L-Carnitin die Fettverbrennung?**

Die Substanz L-Carnitin besitzt eine zentrale Rolle in der Regulation des Energiestoffwechsels. L-Carnitin ist als Trägermolekül notwendig für den Transport langkettiger Fettsäuren in die Mitochondrien der Muskelzelle, wo die Fettverbrennung stattfindet. Aufgrund dieses Transportmechanismus war der Gedanke naheliegend, dass eine zusätzliche Zufuhr von L-Carnitin dessen Konzentration in der Muskulatur erhöhen würde und dadurch die Transportkapazität und die Fettverbrennung bei einer gegebenen Belastung gesteigert werden könnten. Die Durchsicht zahlreicher Untersuchungen zeigt allerdings, dass die Zufuhr von L-Carnitin auch in hohen Dosierungen von 2000-6000 mg/Tag (das entspricht dem 30-100-fachen der täglichen Zufuhr mit der Nahrung) beim gesunden Menschen mit normal gefüllten muskulären Gesamt-Carnitin-Speichern keine zusätzliche Erhöhung der Fettverbrennung oder der Leistungsfähigkeit bei Dauerbelastungen bewirkt. L-Carnitin besitzt neben seiner Eigenschaft als Transportmolekül noch eine weitere Funktion: Es dient als Puffersubstanz in der Zelle, indem es zellschädigende Bruchstücke von Fettsäuren bindet, aus der Zelle herausschleust und eine Stabilisierung des Glukosestoffwechsels bewirkt. Als kurzfristig im Blut verfügbarer Energieträger kann es von Zellen des Immunsystems aufgenommen werden und spielt eine wichtige Rolle bei deren Aktivierung. Dieses zellwandschützende, antioxidative und entgiftende Potential wird therapeutisch bei Erkrankungen genutzt, die mit einer Beeinträchtigung der Durchblutung (z.B. koronare Herzerkrankung), mit

Hirnleistungsstörungen (Alzheimersche Erkrankung) oder Immundefekten (AIDS) einhergehen. Untersuchungsergebnisse mit gesunden Sportlern sind zwar widersprüchlich, deuten aber darauf hin, dass eine Funktionsverbesserung über den Normalzustand des Gesunden hinaus nicht wahrscheinlich ist. Befindet sich der Sportler in einem Stresszustand (z.B. nach Wettkampfserien), so kann die Verabreichung von L-Carnitin in einer Dosierung von 1-4 Gramm pro Tag als Immunstimulans in Erwägung gezogen werden. Es liegen allerdings keine längerfristigen Beobachtungen zur Beeinflussung der Infektanfälligkeit und der Regeneration bei Sportlern durch diese Substanz vor. L-Carnitin ist fast ausschließlich in tierischer Nahrung enthalten (Fleisch, Wurstwaren, geringer auch in Milch und Milchprodukten). Da es aber ähnlich wie Kreatin in ausreichender Menge im Körper selbst hergestellt werden kann, ist das Risiko eines L-Carnitin-Defizites selbst beim streng veganisch lebenden Sportler gering. Für diese Personengruppe kann allerdings eine Nahrungsergänzung mit L-Carnitin in niedriger Dosierung (z.B. 100-300 mg/Tag) in Erwägung gezogen werden. In den genannten Dosierungen sind bislang keine gesundheitsschädlichen Wirkungen mit Ausnahme leichter, harmloser, selten auftretender Mißempfindungen im Magen-Darm-Trakt beschrieben worden.

### **Halten verzweigtkettige Aminosäuren die Ermüdung auf?**

Was passiert eigentlich, wenn der Sportler ermüdet? Wissenschaftler sind der Ansicht, dass der Anstieg des Neurotransmitters Serotonin im Gehirn für die Entstehung einer zentralen Ermüdung während körperlicher Belastung mit verantwortlich ist. Eine erhöhte Serotoninbildung im Gehirn kann dann auftreten, wenn die Blutspiegel der verzweigtkettigen Aminosäuren (BCAA) abfallen und vermehrt freie Fettsäuren in der Blutbahn auftauchen. Dies ist bei Langzeitbelastungen besonders dann der Fall, wenn gleichzeitig ein Kohlenhydratmangel besteht. Aber auch bei ausreichender Kohlenhydratzufuhr konnte ein Abfall der BCAA-Blutspiegel von 15-30 Prozent bei langen Belastungen beobachtet werden. Die Zufuhr relativ geringer Mengen BCAA (0,5 Gramm pro Stunde) z.B. als Zusatz in einem KH-Elektrolyt-Getränk kann die Konzentrationsabfälle im Blut bereits verhindern. Diese Befunde legen nahe, dass die Zufuhr von verzweigtkettigen Aminosäuren (BCAA) zusätzlich zu einer ausreichenden Kohlenhydratzufuhr während längerdauernder Belastungen die Entwicklung einer zentralen Ermüdung verzögern könnte. Bislang konnten durch diese Maßnahme allerdings keine sichtbaren Veränderungen der Ausdauerleistung, des subjektiven Belastungsempfindens oder bestimmter Funktionen beobachtet werden, die über den Effekt einer alleinigen Kohlenhydratzufuhr hinausgingen. Leider gibt es gegenwärtig noch keine Untersuchungen über den Einfluß einer BCAA-Supplementierung bei Ultrabelastungen. In höherer Dosierung muss bei der Zufuhr von verzweigtkettigen Aminosäuren während der Wettkampfbelastung mit Magen-Darm-Beschwerden und einem Anstieg der Ammoniakkonzentration im Blut gerechnet werden.

### **Glutamin, Hauptbestandteil des freien Aminosäurepools**

Die Aminosäure Glutamin stellt mit ca. 60 Prozent den Hauptanteil des freien Aminosäurepools des Muskels dar. Glutamin ist in der Muskelzelle am Eiweiß- und Zuckerstoffwechsel beteiligt. Es wird besonders von sich schnell teilenden Zellen (z.B. Immunsystem) verarbeitet. Nach körperlichen Langzeitbelastungen fallen die Glutaminspiegel im Blut ähnlich wie die der BCAA um ca. 20 Prozent ab. Auch wiederholte intensive Trainingseinheiten führen zu einem Abfall der Glutaminspiegel im Blut. Ein direkt

leistungssteigernder Effekt durch die Gabe von Glutamin vor oder während einer Wettkampfbelastung ist nicht nachgewiesen. Die Datenlage deutet allerdings daraufhin, dass belastungsabhängige Abfälle der Glutamin-Blutspiegel durch eine entsprechende Zufuhr verhindert werden können. Es ist noch nicht vollständig geklärt, ob die Gabe von Glutamin nach der Belastung zusammen mit ausreichend Kohlenhydraten dazu beiträgt, dass der Körper sich rascher erholen kann, die Infektanfälligkeit nach langen Belastungen (z.B. Marathonlauf) reduziert wird und ein Umschalten in die anabole Stoffwechsellage rascher erreicht werden kann.

### **Wirkt eine Zufuhr von Koffein – im erlaubten Rahmen – leistungsfördernd?**

Koffein ist im Sport eine „regulierte“ Droge, die auf der Dopingliste steht. Das bedeutet, der Athlet darf bis zu einer gewissen Grenze Koffein zuführen, da dieses natürlicherweise oder künstlich in zahlreichen Lebens- und Genußmitteln vorkommt (Kaffee, Softdrinks, Schokolade, Kakao). Übersteigt die Koffeinkonzentration im Urin allerdings einen bestimmten Grenzwert (12 µg/ml), so gilt der Befund als Doping positiv. Um solche Werte zu erreichen, müssen erhebliche Mengen Koffein (> 6-8 mg/kg Körpergewicht, das entspricht mindestens vier bis fünf Tassen schwarzen Kaffees oder drei bis vier Liter Cola) zugeführt werden, wobei es große individuelle Schwankungen gibt. In Laborversuchen konnten bei bereits viel niedrigeren Dosierungen (< 3 mg/kgKG) eindeutig leistungsfördernde Effekte vor allem bei Ausdauerbelastungen nachgewiesen werden, ohne dass die festgelegte Höchstgrenze im Urin überschritten wurde. Dabei wurde wiederholt beobachtet, dass das Koffein in natürlichen Lebensmitteln (z.B. Kaffee) deutlich weniger wirksam zu sein scheint als die gleich hohe Koffeinemenge in Tablettenform. Die stimulierende Wirkung des Koffeins mit einer Verbesserung von Antrieb, Stimmung, Reaktions- und Konzentrationsfähigkeit macht sich vor allem im ermüdeten Zustand bemerkbar und dürfte hauptsächlich für die Leistungssteigerung bei Langzeitbelastungen verantwortlich sein. Daneben werden auch eine verminderte Kaliumausscheidung aus der Muskelzelle und eine Verbesserung der Fettverbrennung und dadurch bedingte Glykogeneinsparung (allerdings nur in den ersten 15 Minuten einer Belastung nachweisbar) als leistungssteigernde Wirkmechanismen unter Fachleuten diskutiert. Es hat sich im Triathlon auf der Langdistanz eingebürgert, dass koffeinhaltige Cola-Getränke zumindest ab der Marathonstrecke angeboten und von den Athleten auch gerne und reichlich konsumiert werden. Da die Athleten zu diesem Zeitpunkt in der Regel bereits mehr oder weniger ermüdet sind, stellt sich die Frage, ob der geringe Koffeingehalt dieser Getränke in der Lage ist, in dieser Situation eine stimulierende, ermüdungsmindernde und damit leistungssteigernde Wirkung zu erzielen. Ein Liter Coca Cola enthält 128 mg Koffein. Das entspräche einer Zufuhr von etwa 2 mg/kg Körpergewicht und läßt eine leistungssteigernde Wirkung möglich erscheinen. Gegenwärtig gibt es allerdings noch keine Untersuchungen und auch keine gesicherten Hinweise, ob die Zufuhr von Cola-Getränken im Langzeitausdauerbereich über ihre Flüssigkeits- und Kohlenhydratkomponente hinaus einen leistungssteigernden Effekt bewirkt. Unter Dehydratationsbedingungen muß etwa ab einem Konsum von 2,5 - 3,5 Liter mit einem positiven Dopingbefund gerechnet werden. Es sei hier auch darauf hingewiesen, dass Coca Cola keinesfalls ein ideales Rehydratationsgetränk ist. Coca Cola ist durch seinen hohen Zuckergehalt von bis zu 130 mg/l stark hyperton und enthält nur geringe Mengen Natrium. Beim Genuss sehr großer Mengen, vor allem in unverdünnter Form, muß deshalb vermehrt mit auftretenden Störungen gerechnet werden. Koffein entfaltet eine ganze Reihe von Nebenwirkungen, die die geistige und körperliche Leistungsfähigkeit im Sinne einer Übererregung auch drastisch vermindern können. Schlaflosigkeit, Unruhe, Nervosität, Muskelzittern und -zucken, Herzrasen, Herzrhythmusstörungen, vermehrte

Wasserausscheidung und Magenbeschwerden sind nur einige davon. Allerdings ist es individuell sehr unterschiedlich, wie der einzelne Sportler darauf reagiert. Es muß hier nochmals eindringlich darauf hingewiesen werden, dass es sich bei der Einnahme von Koffein in Tablettenform nicht um eine Nahrungsergänzung, sondern einzig und allein um eine Manipulation im Sinne der Leistungssteigerung handelt. Werden dabei die Uringrenzwerte überschritten, so ist der Sportler Doping positiv und muß mit entsprechenden Sanktionen rechnen. Die Einnahme von Koffein in Tablettenform ist zumindest aus ethischer Sicht im Sport absolut abzulehnen!

### **„Modern Energy Drinks“ - was ist drin und dran?**

Neben Zucker sind die Hauptbestandteile sogenannter „Modern Energy Drinks“, Koffein und Taurin. Diesen Getränken dürfen bis zu 350 mg/l Koffein zugesetzt werden (das entspricht etwa der Menge von 3 Tassen Kaffee oder 3 Liter Coca Cola), so dass bei einem Konsum von mehr als 1 Liter bereits mit einem positiven Dopingbefund gerechnet werden muß. Die potentielle Leistungssteigerung ist in erster Linie auf den Kohlenhydrat- und Koffeingehalt dieser Getränke zurückzuführen, die Mechanismen wurden bereits ausführlich erklärt. Seriöse Untersuchungen zu einer leistungssteigernden Wirkung durch die Zufuhr der Aminosäure Taurin existieren kaum. Taurin spielt eine wichtige Rolle in der Volumenregulation der Zelle. Es besitzt in Verbindung mit Vitamin A eine antioxidative Schutzwirkung der Zellmembranen vor allem von Zellen des zentralen Nervensystems. Ein erniedrigter Gehalt von Taurin in der Muskelzelle, der im Tierexperiment z.B. bei alten Tieren beobachtet wird, führt zu einer Verschlechterung der elektrochemischen Muskelfunktion. Es ist gegenwärtig vollkommen hypothetisch, ob die Zufuhr von Taurin aufgrund der beschriebenen Funktionen die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit steigert bzw. einen Ermüdungseintritt verzögern kann.

### **Energiereiche Zwischenprodukte des Energiestoffwechsels**

Zu den Substanzen Pyruvat, Aspartat und neuerdings auch Ribose gibt es vereinzelte Arbeiten, die einen leistungssteigernden Effekt auch bei Ausdauerbelastungen feststellen. Die Datenlage dazu ist jedoch gegenwärtig sehr dünn und widersprüchlich. Eine endgültige Beurteilung erscheint zur Zeit nicht möglich.

### **Kreatin – Leistungssteigerung auch im Ausdauersport ?**

95 Prozent des Gesamtkreatingehaltes des Körpers sind als Kreatin oder Kreatinphosphat in der Muskulatur gespeichert. Diese Substanz versetzt den Muskel in die Lage, hochintensive Belastungen über kurze Zeit von einigen Sekunden Dauer zu bewältigen. Gleichzeitig ist Kreatinphosphat ein Puffer gegen die Übersäuerung des Muskels. Die Einnahme von Kreatin in einer täglichen Dosierung von ca. 0,3 g/kg Körpergewicht (das entspricht 20-30 g/Tag, also dem 20-30-fachen der Zufuhr mit der natürlichen Nahrung) über vier bis fünf Tage führt zu einer Vergrößerung der Muskelkreatinspeicher. Dieses erhöhte Niveau kann im weiteren Verlauf durch eine Erhaltungsdosis von ca. 0,03 g/kg Körpergewicht (2-3 g/Tag) gehalten werden. Die Leistungsfähigkeit vor allem bei hochintensiven, wiederholten Intervallbelastungen von einigen Sekunden bis einigen Minuten Dauer kann durch die Einnahme von Kreatin nachweislich gesteigert werden. Bei gleichmäßigen Ausdauerbelastungen, die länger als 30 Minuten dauern, läßt sich kein

leistungssteigernder Effekt erreichen. Die verbesserte Leistungsfähigkeit z.B. bei wiederholten Zwischensprints bleibt allerdings auch während oder nach einer Ausdauerbelastung offensichtlich erhalten. Mit der Erhöhung des Kreatingehaltes findet gleichzeitig eine Einlagerung von Wasser in die Muskelzellen statt. Dies führt zu einer Körpergewichtszunahme von ca. 2 kg innerhalb weniger Tage. Bei körpergewichtsbezogenen Sportarten muß dies berücksichtigt werden, da dies möglicherweise einen negativen Effekt auf die Leistungsfähigkeit entfaltet. Die vermehrte Wassereinlagerung scheint mittel- und langfristig die Eiweißsynthese im Muskel zu steigern, so dass längerfristig neben der Wassereinlagerung auch ein Muskelmassenzuwachs zur Körpergewichtserhöhung beiträgt. Es konnte gezeigt werden, dass sich bei einem Krafttraining sowohl die Maximalkraft als auch die maximale Wiederholungszahl einer Übung durch die Zufuhr von Kreatin über den alleinigen Trainingseffekt hinaus deutlich erhöhen lassen. Als Nebenwirkungen der Kreatineinnahme wurden wiederholt das vermehrte Auftreten von Muskelkrämpfen und unangenehmem Spannungsgefühl in der Muskulatur beschrieben. Neuere Untersuchungen konnten allerdings weder eine Häufung dieser Beschwerden noch eine erhöhte Verletzungsanfälligkeit während oder nach Kreatineinnahme bestätigen. Ähnlich wie L-Carnitin ist auch Kreatin ein natürlicher Bestandteil tierischer Nahrungsprodukte und kommt in größeren Mengen in rotem Fleisch und Fisch vor (3-5 g/kg). Die tägliche Aufnahme mit der natürlichen Nahrung liegt in der Regel bei gemischter Kost bei ca. 1 g/Tag. Mehr als 3-4 g pro Tag können mit der natürlichen Nahrung kaum zugeführt werden. Die körpereigene Kreatinproduktion sorgt dafür, dass auch beim vegetarisch lebenden Menschen ein Kreatinmangel praktisch nicht vorkommt. Kreatin gilt als Nahrungsergänzungsmittel, so dass selbst die Einnahme täglicher Mega-Dosierungen von 20-30 g (dazu wären ca. 7 kg Fleisch mit der natürlichen Nahrung erforderlich) erlaubt ist und nicht als Doping gilt. Da Kreatin und sein Abbauprodukt Kreatinin hauptsächlich über die Niere ausgeschieden werden, darf die Substanz bei Nierenfunktionsstörungen nicht eingenommen werden. Die Einnahme von ca. 2 Gramm pro Tag führt beim Gesunden auch längerfristig zu keinen gesundheitsschädlichen Nebenwirkungen. Für höhere Dosierungen über einen langen Zeitraum gibt es bislang noch keine ausreichende Erfahrung über mögliche schädliche Nebenwirkungen.

### **Mineralien, Spurenelemente, Vitamine – die i-Punkte bei den Ergogenics!**

Es würde den Rahmen dieses Beitrages weit sprengen, die vielfältigen Funktionen, die diese Stoffe im Körper haben, zu beschreiben. Sie sind unter anderem verantwortlich für das Milieu und die Flüssigkeitsverteilung innerhalb und außerhalb der Zellen, für die elektrischen Eigenschaften und die Stabilität der Zellmembranen. Sie fungieren als Ko-Faktoren wichtiger Enzymsysteme im Energiestoffwechsel, beim Sauerstofftransport und in der Atmungskette. Sie schützen Zellstrukturen vor freien Radikalen in ihrer Wirkung als Antioxidantien. Sie hemmen entzündliche Prozesse, fördern die Wundheilung, sind an der Zellvermehrung beteiligt und beeinflussen den Zustand des Immunsystems. Diese Eigenschaften unterstreichen die große Bedeutung, die diese Substanzen haben, wenn es darum geht, hohe geistige und körperliche Leistungen zu erbringen. Ein Mangel oder eine ungenügende Versorgung können zu entsprechenden Defiziten und damit zu einer Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit führen. Untersuchungen über die Ernährungsgewohnheiten von Sportlern zeigen, dass diese nicht optimal mit Mikronährstoffen, insbesondere mit den Vitaminen A, C, E, D, einigen B-Vitaminen (vor allem B1 und B6), Magnesium, Zink, Kupfer, Jod und Selen versorgt sind. Diese unzureichende Versorgung ist in der Regel sowohl auf ein schlechtes Ernährungsverhalten als auch auf den erhöhten Bedarf durch die sportliche Belastung zurückzuführen. Die

Empfehlung, kritische Mikronährstoffe zusätzlich zur täglichen Nahrung zuzuführen, ist deshalb immer dann sinnvoll, wenn der Sportler seine natürliche Nahrungszufuhr nicht verbessern kann oder will. Außerdem sollte er in Zeiten extrem hoher Energieumsätze oder in Situationen, wo die Zufuhr eines breiten Nahrungsangebotes nicht möglich ist (Etappenwettkämpfe, Höhenbergsteigen etc.), besonders die antioxidativen Vitamine C und E, B-Vitamine, sowie Magnesium, Zink, Kupfer und Selen zusätzlich einnehmen. Wird eine Unterversorgung individuell und gezielt mit diesen Substanzen ausgeglichen, dann kann dies mit einer entsprechenden Leistungssteigerung bzw. Stabilisierung beeinträchtigter Funktionen (Immunsystem, antioxidativer Zellschutz, Regenerationsverhalten) einhergehen. Diese Tatsache erklärt möglicherweise die Beobachtung, dass einzelne Athleten auf bestimmte Präparate sehr gut ansprechen, andere wiederum nicht, und dass Untersuchungen mit einer größeren Zahl von Versuchsteilnehmern zu recht widersprüchlichen Ergebnissen kommen. Eine direkte Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch Mega-Dosierungen einzelner Stoffe über den Zustand einer guten Versorgungslage hinaus konnte bislang für keine der Substanzen nachgewiesen werden. Es ist allerdings durchaus üblich und gefahrlos möglich, die Einnahme z.B. der antioxidativ wirkenden Vitamine C und E und der wasserlöslichen B-Vitamine einige Zeit vor und nach Extrembelastungen auf ein Vielfaches der normalen Tageszufuhr zu erhöhen und gleichzeitig den Mineralhaushalt durch entsprechende Präparate aufzufüllen. Wenngleich die Datenlage dazu umstritten ist, so deuten einige Untersuchungen darauf hin, dass durch eine solche Maßnahme die Infektanfälligkeit vermindert und die Erholungsfähigkeit verbessert werden können.

Anschrift des Verfassers:  
Dr. med. Jürgen Zapf  
Abt. Sportmedizin,  
Inst. für Sportwissenschaft  
Universität Bayreuth  
95440 Bayreuth