

Höher, weiter, schneller – Möglichkeiten und Grenzen der Sportlerernährung

Eine vielseitige und ausgewogene Ernährung unterstützt sportliche Leistungen

Zusammenfassung:

Häufig wird die Bedeutung der Ernährung für körperliche Leistungen auf den Energiestoffwechsel reduziert. Es gilt als unbestritten, dass in diesem Zusammenhang den Kohlenhydraten eine besondere Bedeutung zukommt. Dies gilt sowohl für den Aufbau entsprechender Energiereserven im Organismus vor als auch für die Kohlenhydratversorgung während der körperlichen Aktivität.

Der Beitrag der Ernährung für sportliche Leistungen ist aber wesentlich umfangreicher, und er betrifft nicht nur die aktuelle Leistungserbringung, sondern sowohl Vorbereitungs- als auch Erholungsphasen. Besonders berücksichtigt werden sollte die Fettbeschaffenheit, aber auch die Versorgung mit Nährstoffen, die in direktem Zusammenhang mit der Leistungserbringung stehen, wie z.B. Magnesium, Zink und Eisen. Das Immunsystem und die antioxidative Kapazität des Organismus können ebenfalls durch bestimmte Nährstoffe unterstützt werden.

Eine bedarfsgerechte Ernährung von Freizeit- und Breitensportlern erfolgt über eine vielseitige, genussreiche und ausgewogene Ernährung. Die zusätzliche Aufnahme von Nährstoffsupplementen ist maximal bei einigen wenigen Ausnahmefällen des Hochleistungssports erforderlich. Eine gute Abstimmung zwischen körperlicher Aktivität und bedarfsgerechter Ernährung ist eine wesentliche Grundlage für die Gesundheit und ist jedem Sportler anzuraten.

Professor Dr. Aloys Berg, Abteilung Rehabilitative und Präventive Sportmedizin, Universität Freiburg

Ernährung und sportliche Leistungsfähigkeit

Der Einfluss von Energieträgern, Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen auf die körperliche Leistungsfähigkeit ist seit langem Gegenstand sportmedizinischer Forschungen [1]. Insbesondere für Leistungssportler, aber auch für Breitensportler, gilt eine gezielte und optimierte Ernährung als anerkannte Grundlage zur Erlangung und Erhaltung sportlicher Leistungen. Dabei beeinflusst die Ernährung nicht nur die aktuellen Fähigkeiten, sondern ist auch für die Vorbereitungs- und Erholungsphase von herausragender Bedeutung [2]. Andererseits können Ernährungsfehler nicht nur die Leistungsfähigkeit, sondern auch die Regenerationsfähigkeit nach Training oder Wettkampf deutlich mindern.

Häufig wurde die sportliche Leistungsfähigkeit mit

Hilfe physikalischer Messgrößen ermittelt, die Rolle der Ernährung beschränkte sich in diesem Zusammenhang in der Regel auf eine Verbesserung des Energiestoffwechsels [3]. Neben den Kohlenhydraten wurden als weitere möglicherweise leistungsfördernde Nährstoffe die Mikronährstoffe Kalium, Magnesium, Eisen, Vitamin B₁, B₂, B₆, B₁₂, Niacin und Folsäure betrachtet. Inzwischen haben die Erkenntnisse zur Beziehung von Training, Regeneration und Trainingsreiz auch der Bedeutung der Sportlerernährung neue Dimensionen eröffnet. Das Ernährungsverhalten des Sporttreibenden hat – neben seiner Bedeutung für die Energieversorgung des Organismus – auch auf die muskelzelluläre und körperliche Stressreaktion vor,

während und nach der körperlichen Belastung großen Einfluss. Dabei ist nicht nur die quantitative, sondern auch die qualitative Verteilung von Proteinen, Fetten und Kohlenhydraten in der Nahrung für das Ausmaß der belastungsinduzierten Ganzkörper- und Entzündungsreaktion relevant. Des Weiteren werden hier sogenannte „Schutzstoffe“ genannt, zu denen insbesondere die Mineralstoffe Magnesium, Zink und Selen bzw. die Vitamine A, C, E und β -Carotin und die mehrfach ungesättigten Fettsäuren gehören.

Keine spezielle Ernährung für Freizeitsportler

Ob Sportler aus sportmedizinischer Sicht einer speziellen Ernährung bedürfen, muss individuell unterschieden werden. Für den Breitensportler, der sich als Ausgleich zum Berufsalltag körperlich betätigt, ohne die Höchstgrenzen der körperlichen Leistungsfähigkeit ausreizen zu wollen, gilt die allgemeine Empfehlung, sich ausgewogen und vielseitig zu ernähren. Bei Leistungssportlern wird der Ernährungsstatus differenzierter betrachtet: Neben dem Energieverbrauch, der für einzelne Sportarten sehr unterschiedlich ist, sind auch saisonale Unterschiede in der Trainingsintensität sowie bevorstehende Wettkämpfe etc. zu berücksichtigen. Durch die vermehrte körperliche Leistung kann ein erhöhter Verlust an Nährstoffen bzw. ihren Funktionsformen entstehen, dieser muss bekannt sein und durch entsprechende Maßnahmen ausgeglichen werden.

Nährstoffaufnahme des Sportlers

In verschiedenen Untersuchungen wurde die Aufnahme (leistungsrelevanter) Nährstoffe bei Sportlern mit den Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr der Deutschen Gesellschaft für Ernährung und anderer Fachgesellschaften verglichen. Es stellt sich

dabei heraus, dass häufig insbesondere die Versorgung mit Mikronährstoffen unzureichend ist [4,5]. Deutlich zeigt sich dies u.a. in chronischen Eisen-Unterversorgungszuständen, die bis zur Anämie (Blutarmut, Verminderung der Erythrocytenzahl) oder Amenorrhoe (Ausbleiben der monatlichen Menstruation) führen. Insbesondere Sportlerinnen in Disziplinen, für die ein niedriges Körpergewicht erwünscht ist, ernähren sich chronisch unterkalorisch: Energiemengen von 1.500 kcal/Tag, in Teilen sogar noch 20 – 30 % niedriger, sind keine Seltenheit. Hinsichtlich des engen Zusammenhangs zwischen Energie- und Mikronährstoffaufnahme ist eine Mangelversorgung nahezu zwangsläufig [6]. Dennoch ist auch bei Sportlern eine hohe Energiezufuhr nicht immer von einer ausreichenden Mikronährstoffzufuhr begleitet. Dies gilt insbesondere für die Nährstoffe Zink, Fluorid, Selen, Vitamin D und Folsäure [7, 8].

Kohlenhydrate sind die Energielieferanten

Die Energie für körperliche Aktivität sollte aus Kohlenhydraten stammen. Die Kohlenhydratspeicher des Organismus (Glykogen) sollten daher vor dem Training oder Wettkampf aufgefüllt sein, während der körperlichen Belastung sollten immer wieder geringe Mengen niedermolekularer Kohlenhydrate verzehrt werden, um Nachschub für den Energiestoffwechsel bereitzustellen. Optimal sollten 60 – 65 % der gesamten Energie aus Kohlenhydratquellen stammen. Zwar erfüllen diese Empfehlung auch nur wenige Leistungssportler, insgesamt zeigt sich aber, dass die Kohlenhydrataufnahme bei ihnen deutlich höher ist als in der sportlich nicht aktiven Bevölkerung.

Eine kohlenhydratreiche Ernährung sollte durch eine Bandbreite an Lebensmitteln erfolgen. Neben Getreide und Getreideprodukten sollten auch Kartoffeln, Hülsenfrüchte, Obst und Gemüse im Speiseplan stehen. Für einen Energieschub kurz vor und während der sportlichen Leistung eignen sich insbe-

sondere niedermolekulare Kohlenhydrate, z.B. aus Keksen oder Riegeln, und mit Kohlenhydraten angereicherte Getränke.

Die Fettaufnahme bei Sportlern

Obwohl Fett die höchste Energiedichte pro Gramm aufweist, ist es nicht die primäre Energiequelle für körperliche Arbeit. Zwar erhöht regelmäßiges Ausdauertraining die Fähigkeit der Muskulatur, während der Belastung Fettenergie zu nutzen, dies gilt allerdings nur für Profisportler. Für die Fettsäureoxidation im Energiestoffwechsel werden dann vornehmlich die mittelkettigen Fettsäuren (C12-C16) herangezogen.

Neben der Fettmenge, die auch bei Sportlern häufig über den von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung für Erwachsene empfohlenen 30 % der Gesamtenergie liegt, sollte auch die Fettbeschaffenheit beachtet werden. Insbesondere eine ausreichende und ausgewogene Aufnahme mehrfach ungesättigter, essentieller Fettsäuren sollte gewährleistet sein. Diese langkettigen Fettsäuren (C18-C24) erfüllen insbesondere als Botenstoffe und Strukturelemente ihre Aufgaben.

Ein Missverhältnis zwischen Arachidonsäure (vorwiegend enthalten in tierischen Fetten) einerseits und γ -Linolensäure und Eicosapentaensäure (vorwiegend enthalten in pflanzlichen Fetten bzw. Fischölen) andererseits führt zu Störungen im Eicosanoidstoffwechsel und bei Membran- und Rezeptorfunktionen.

Im Eicosanoidstoffwechsel werden aus den mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den meisten Geweben die Botenstoffe Prostaglandine, Thromboxane und Leukotriene synthetisiert. Sie regulieren Entzündungsprozesse, den Funktionszustand von Thrombocyten, Gefäßwänden und Bronchien. Aber auch für den Aufbau von Funktionseinheiten der ein-

zelnen Zellen kommt den verschiedenen Nahrungsfetten eine besondere Bedeutung zu: Je nachdem wie viele und welche Fettsäuren in Zell- und Organellwände eingebaut werden, ändern sich Funktionen wie Sauerstoff- und Ionentransportfähigkeit oder Membranstabilität. So werden über die Art der mit der Nahrung aufgenommenen Fette wichtige Eigenschaften im Organismus mitbestimmt, die wiederum Auswirkungen auf den belastungsabhängigen Stress haben. So konnte bei Triathleten festgestellt werden, dass schlecht verlaufende Muskelstress- und Entzündungsreaktionen mit niedrigen Konzentrationen an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und hohen Gehalten gesättigter Fettsäuren im Plasma verbunden waren [9].

Eiweiß – nicht zu viel

Für den Muskelaufbau und die intensive Muskelarbeit wird bei Sportlern ein erhöhter Eiweißbedarf postuliert. Dies gilt in erster Linie für Kraftsportarten und intensive Ausdauerbelastungen. Entsprechend der Stickstoffbilanz ist bei Bodybuildern der Proteinbedarf um 10 – 20 %, bei intensivem Ausdauertraining um 60 – 70 % gegenüber Normalpersonen (0,8 g/kg Körpergewicht/Tag) erhöht. So wird Sportlern häufig eine Proteinzufuhr von 1,4 g Protein/kg Körpergewicht/Tag empfohlen. Nicht vertretbar sind Empfehlungen von 2 und mehr g/kg Körpergewicht/Tag, da durch diese enormen Proteinmengen die Niere stark belastet wird. Eine ausgewogene, dem erhöhten Energiebedarf angepasste Ernährung deckt auch den Proteinbedarf von Hochleistungssportlern, den von Breitensportlern sowieso. Der zusätzliche Griff zu Proteinkonzentraten bietet keinen nachweislichen ernährungs- oder leistungsphysiologischen Vorteil. Auch der Einsatz von freien Aminosäuren oder Peptidpräparaten als rasch verfügbare Proteinquellen hat keinen Nutzen für die Ernährungspraxis [4].

Um die Fett-, Cholesterin- und Proteinaufnahme mit der Nahrung zu reduzieren, sollten nicht mehr als 40 – 50 % des Eiweißes mit tierischen Lebensmitteln und über 50 % mit pflanzlichen Lebensmitteln aufgenommen werden. Durch diese Maßnahme ergibt sich auch eine wünschenswerte Kohlenhydrat- und Ballaststoffaufnahme.

Mineralstoffe und Spurenelemente

Insbesondere für die Mineralstoffe bzw. Spurenelemente Magnesium, Eisen und Zink wurden bei Profisportlern gehäuft erniedrigte Serumspiegel gefunden; da insbesondere diese Nährstoffe in engem Zusammenhang mit der sportlichen Leistungsfähigkeit stehen, sind sie in ihrer Versorgung als besonders kritisch anzusehen.

Eine unzureichende Versorgung mit **Magnesium** äußert sich beim sportlich Aktiven durch verstärkte Muskelkrämpfe bzw. unspezifische muskuläre Beschwerden. Insbesondere der arbeitende Muskel nimmt aufgrund der überwiegenden Lokalisierung von Magnesium in den Zellen und seiner zentralen Bedeutung für die Reizübertragung und die Einbindung in Stoffwechselforgänge eine zentrale Rolle im Magnesiumstoffwechsel ein. Treten trotz optimierter Ernährungsgewohnheiten weiterhin Symptome eines Magnesiummangels auf, sollte dieser Mineralstoff adäquat supplementiert werden. Grundsätzlich sollte der Magnesiumbedarf aber durch magnesiumreiche Lebensmittel wie z.B. Getreide und Getreideprodukte, Hülsenfrüchte und Obst gedeckt werden.

Neben einer des öfteren unzureichenden Versorgung mit dem Spurenelement **Zink** bei Sportlern werden auch andere, möglicherweise leistungsfördernde Eigenschaften dieses Nährstoffes diskutiert, die eine Supplementation rechtfertigen könnten. Zink ist zent-

ral in die Proteinbiosynthese des Mus-

kels eingebunden, es ist an der Stabilisierung der Immunfunktionen und an antioxidativen Prozessen beteiligt. Die Versorgung mit Zink ist häufig auch in der Allgemeinbevölkerung nicht ausreichend; da es aber durch körperliche und psychische Mehrbelastungen in größeren Mengen mit dem Urin und Schweiß verloren geht, muss insbesondere bei sportliche aktiven Personen auf eine ausreichende Zufuhr geachtet werden. Gute Zinkquellen sind neben Weizenprodukten vor allem tierische Lebensmittel (Fleisch, Innereien), die dem Organismus auch gleichzeitig Eisen und Kupfer anliefern.

Aufgrund seiner zentralen Rolle beim Sauerstofftransport im Serum und in der Muskulatur, aber auch als Cofaktor für eine Reihe von Enzymen, sollte der **Eisen**status sporttreibender Menschen optimiert sein. Dies sollte aber möglichst nicht über die isolierte Gabe von Eisenpräparaten erfolgen, da sie die Resorption anderer essentieller zweiwertiger Kationen (Zink, Kupfer) mit der Nahrung behindern. Des Weiteren wird zunehmend darüber diskutiert, dass die übermäßige Belastung des Organismus mit Eisen das oxidative Gleichgewicht auf zellulärer Ebene stört.

Vitamindefizite?

Nur wenn zuvor eine Unterversorgung des Einzelnen mit einem oder mehreren Vitaminen vorgelegen hat, kann durch die zusätzliche Gabe dieser Nährstoffe eine Leistungssteigerung erreicht werden [10]. Ansonsten kann durch zusätzliche Vitamingaben keine Leistungssteigerung nachgewiesen werden. In aller Regel wird dem erhöhten Bedarf des Sportlers durch eine bedarfsangepasste und ausgewogene Ernährung Rechnung getragen. So ist insbesondere der leistungssteigernde Effekt von

Vitamin-Megadosierungen wissenschaftlich nicht nachgewiesen [4, 5].

Diese Tatsache gilt grundsätzlich auch für die antioxidativen Nährstoffe. Die antioxidative Kapazität des Organismus setzt sich aus enzymatischen und nicht-enzymatischen Mechanismen zusammen. Durch die Aufnahme der Nährstoffe Vitamin E und C, Karotinoide, Flavonoide, Polyphenole, Zink, Mangan und Selen werden diese Mechanismen exogen unterstützt. Aufgrund des erhöhten Energiestoffwechsels des Sportlers fallen vermehrt freie Radikale an. Bei unzureichender Anpassung kann es hier zu Störungen der antioxidativen Regulation kommen, die sich auch leistungsmindernd auswirken. Es wird allerdings angekommen, dass alle antioxidativen Mechanismen des Organismus „hochreguliert“ werden, so dass eine zusätzliche Aufnahme von Antioxidantien über das Maß, das auch durch die Ernährung abgedeckt wird, hinaus sehr kontrovers diskutiert wird [11].

Fazit

Im Freizeit- und Breitensport wird in aller Regel bereits durch die Zufuhr einer qualitativ und quantitativ ausgewogenen Ernährung dem möglichen sportbedingten Mehrbedarf an Nährstoffen Rechnung getragen. Der Konsum sogenannter „Sportlerpräparate“ führt zu keinem weiteren leistungssteigernden Nutzen. Bei Hochleistungssportlern sind im Individualfall Defizite an einigen Nährstoffen bekannt, die ausgeglichen werden müssen. Dies kann meist schon durch eine gezielte, bedarfsangepasste Ernährungsumstellung erreicht werden.

Neben einer ausreichenden Kohlenhydrataufnahme, die anerkanntermaßen positive Effekte auf die körperliche und mentale Leistungsfähigkeit hat, sollte ver-

mehrt die Fettbeschaffenheit betrachtet werden. Über den Verzehr mehrfach ungesättigter Fettsäuren ist eine Beeinflussung der leistungsbezogenen Sekundärphänomene (Muskelermüdung, Heilungsprozesse) möglich, die sich in der muskulären Belastbarkeit niederschlagen.

Der gesamte Lebensstil, dem der Einzelne folgt, beeinflusst seine Gesundheit. Dazu gehört insbesondere auch eine ausreichende, der individuellen Leistungsfähigkeit angepasste körperliche Aktivität. Sie hat Einfluss auf Organfunktionen wie die des Herzens, der Lunge, der Muskulatur und des Immunsystems. Über einen gesteigerten Energieumsatz hilft körperliche Leistungsfähigkeit, das Körpergewicht unter Kontrolle zu haben, des weiteren verbessert sie die Stimmungslage positiv. Über eine vielseitige, genussvolle und ausgewogene Ernährung kann sich der Sporttreibende fit halten. Dabei liefert ihm die Bandbreite der uns zur Verfügung stehenden Lebensmittel alle Nährstoffe, die er benötigt. Eine zusätzliche Einbindung spezieller Sportlerpräparate ist – von einigen Ausnahme im Hochleistungssport abgesehen – deshalb für den „normalen Sporttreibenden“ nicht notwendig.

Korrespondenzadresse

Professor Dr. Aloys Berg
 Universitätsklinikum Freiburg
 Abteilung Rehabilitative und Präventive
 Sportmedizin
 Postfach
 79095 Freiburg i. Br.
 e-mail: Berg@msm1.ukl.uni-freiburg.de

Literaturverzeichnis:

- [1] Coggan AR, Swanson SC (1992): Nutritional manipulations before and during exercise: ef-

- fects on performance. *Med Sci Sports Exerc* 24: 331-335
- [2] Williams MH (1985): *Nutritional aspects of human physical and athletic performance*: Charles C. Thomas Publisher Springfield Il.
- [3] Keul J, Haralambie G (1973): Die Wirkung von Kohlenhydraten auf die Leistungsfähigkeit und die energieliefernden Substrate im Blut bei langwährender Körperarbeit. *Dt med Wschr* 98: 1806-1811
- [4] Arbeitsgruppe „Fragen der Ernährung“, Lebensmittelchemische Gesellschaft, Untergruppe „Sportlerernährung“ (1991): *Sportlerernährung*. *Lebensmittelchem.* 45: 20-22
- [5] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (2000): *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Umschau-Verlag, Frankfurt
- [6] Berg A, Keul J (1990): Spurenelementversorgung beim Sportler. In: Wolfram G, Kirchgeßner M (Hrsg.): *Spurenelemente und Ernährung*. Wissenschaftl. Verlagsges. mbH, Stuttgart: 175-185
- [7] Bauer S, Berg A, Keul J (1993): Ernährungserhebung bei Ausdauersportlern. I. Energiezufuhr und Nährstoffrelation. *Akt Ernährmed* 18: 14-20
- [8] Bauer S, Berg A, Keul J (1993): Ernährungserhebung bei Ausdauersportlern. II. Vitamin-, Mineralstoff- und Spurenelementzufuhr. *Akt Ernährmed* 18: 279-285
- [9] Clemens MR, Weller HD (1987): Lipid peroxidation in enterocytes. *Chem Phys Lipids* 45: 251-268
- [10] Keul J, Jakob E, Berg A, Dickhuth H, Lehmann M, Huber C (1986): Performance in relation to vitamins, iron and sports anaemia. In: Shrimpton DH, Ottaway PB (eds). *Echo Press, London*: 24-45
- [11] Berg A, König D, Keul J (1996): *Sport und Ernährung 1996*. *Akt Ernährmed* 21: 315-322

Nahrung hält den Geist zusammen

Der Einfluss der Ernährung auf die mentale Leistungsfähigkeit und Stimmung

Zusammenfassung:

Der Einfluss der Ernährung auf die geistige Leistungsfähigkeit und Stimmung wird immer wieder öffentlich intensiv diskutiert. Wissenschaftliche Beweise für diesen Einfluss standen lange Zeit nur auf schwachen Beinen bzw. ihre Bedeutung wurde überinterpretiert.

Der direkte Effekt wird häufig durch die subjektive Erwartungshaltung bzw. vorangegangener Erfahrungen verfälscht. Ergebnisse verschiedener wissenschaftlicher Untersuchungen beweisen allgemein, dass sich ein Frühstück positiv auf die geistige Leistungsfähigkeit auswirkt, während z. B. Mittagsmahlzeiten eher gegensinnigen Einfluss ausüben.

Die Untersuchung des Einflusses der Nahrung und bestimmter Lebensmittelinhaltsstoffe auf die geistige Leistungsfähigkeit und Stimmungslage ist ausgesprochen komplex. Entsprechend empfindliche und spezifische Testmethoden müssen entwickelt und anwendbar gemacht werden, wobei der Einfluss der Ernährung häufig nur schwach ist.

Professor Dr. Joachim Westenhöfer, Fachbereich Ökotrophologie, Fachhochschule Hamburg

Essen bringt den Geist in Schwung

Aus eigener Erfahrung weiß jeder, dass die Mahlzeitaufnahme per se sowohl auf die Stimmungslage als auch auf die mentale Leistungsfähigkeit einen Einfluss hat. Essen bedeutet für viele Befriedigung und Belohnung in sozialer und persönlicher Hinsicht. Das Essen als eine Art Ritual spielt eine wichtige Rolle als soziale Plattform und Kommunikationsmöglichkeit. So ist es nicht verwunderlich, dass Mahlzeiten und Lebensmittel wichtige Quellen für eine gesteigerte Lebensfreude sind [1]. Umgekehrt ist seit langem bekannt, dass eine länger andauernde und nicht ausreichende Energieversorgung negative Auswirkungen auf die Stimmungslage und die mentale Leistungsfähigkeit hat [2].

Eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen belegt die Bedeutung der Nahrungs- bzw. Energieaufnahme auf die geistige Leistungsfähigkeit [3]. Zusammengefasst beweisen die Ergebnisse, dass eine

Reihe von Aufgaben, wie z.B. Reaktionsschnelligkeit, Erinnerungs- und Problemlösungsvermögen, logisches Denken und mathematische Tests, dann besser bewältigt werden, wenn vorab ein Frühstück verzehrt wird. Noch bessere Ergebnisse werden erreicht, wenn das Frühstück einen hohen Energiegehalt aufweist. Diese Ergebnisse wurden in Untersuchungen sowohl mit Erwachsenen als auch mit Kindern dokumentiert. Offensichtlich wirkt sich die Anhebung des Blutglucosespiegels positiv aus: je höher der Kohlenhydratanteil einer Mahlzeit ist, desto besser sind die kognitiven Leistungen.

Während das Frühstück positive Effekte auf geistige Leistungen hat, führen Mittagsmahlzeiten zu vermindertem Konzentrationsvermögen und reduzierter Reaktionsschnelligkeit. Dabei gilt: je größer die Mahlzeit, desto schlechter die Ergebnisse. Diese offenbar physiologische Reaktion des

Organismus wird auch als „post lunch dip“ bezeichnet. Welche Auswirkungen eine Abendmahlzeit auf Problemlösungsfähigkeiten hat, ist bisher noch nicht intensiv untersucht worden. Die wenigen vorliegenden Studienergebnisse sind zudem uneinheitlich.

Auch die Auswirkung von Zwischenmahlzeiten auf die geistige Leistungsfähigkeit ist nicht genau bekannt. Zwei Studien dokumentieren eine gesteigerte Leistungsfähigkeit, wenn energiereiche Zwischenmahlzeiten anstelle energiereicherer Diätgetränke verzehrt werden.

Der Serotonin-Effekt

Serotonin (5-Hydroxytryptamin, 5-HT) ist ein wichtiger Neurotransmitter des Gehirns, der die Stimmungslage (z.B. Depressionen) [4] und die Nahrungsaufnahme beeinflusst [5]. Seit Anfang der 80er Jahre hat die Hypothese, das serotonerge Neurotransmitter-System beeinflusse die Nahrungsaufnahme, viel Beachtung gefunden.

Basis dieser Überlegungen ist die Erkenntnis, dass die essentielle Aminosäure Tryptophan eine Vorläuferstufe des Neurotransmitters Serotonin ist. Da Tryptophan und andere, sogenannte neutrale Aminosäuren (z.B. Tyrosin, Phenylalanin, Leucin, Isoleucin und Valin) denselben Transportmechanismus für die Passage der Blut-Hirn-Schranke benutzen, konkurriert Tryptophan mit diesen anderen Aminosäuren um den Eintritt in den Gehirnstoffwechsel. Ist die Konzentration von Tryptophan im Blut gegenüber denen der anderen neutralen Aminosäuren groß, gelangt relativ mehr Tryptophan in den Gehirnstoffwechsel. Die Verfügbarkeit von Tryptophan ist der limitierende Faktor in der Serotonin-Synthese. Das bedeutet, dass die Serotonin-Produktion ansteigt, je mehr Tryptophan verfügbar ist.

Wurtman und Mitarbeiter [6] stellten als erste auf der Grundlage von Rattenstudien die Hypothese auf, dass das Verhältnis von Kohlenhydrat- und Proteingehalt der Nahrung die Konzentration der Aminosäuren im Blut beeinflusst. Insbesondere das Konzentrationsgefälle von Tryptophan zu anderen neutralen Aminosäuren wird beeinflusst. Kohlenhydratreiche Mahlzeiten führen zu einer gesteigerten Freisetzung von Insulin, welches wiederum die Aufnahme neutraler Aminosäuren – mit Ausnahme von Tryptophan – in die Muskulatur fördert. Damit steigt relativ die Konzentration von Tryptophan im Blut an, die Passage der Blut-Hirn-Schranke wird für Tryptophan erleichtert. Auf diesem Weg kann die Serotonin-Synthese gesteigert werden. Eine proteinreiche Ernährung hat den entgegengesetzten Effekt. Dabei kommt verstärkend hinzu, dass die meisten Nahrungsproteine nur wenig Tryptophan enthalten.

Trotz der großen Aufmerksamkeit, die diese Hypothese auf sich zog, muss sie kritisch hinterfragt werden. Eine spätere Studie zeigte, dass der Zusatz von nur 40 g Protein/kg Nahrung, d.h. also von 4 % Protein, den Tryptophan-Effekt aufhebt. Die meisten Mahlzeiten enthalten weit mehr als diese Menge Protein [7].

Einfluss von Tryptophan

Die Wirkungen von Tryptophan auf das Verhalten und die Psyche sind vielfach untersucht worden. Sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen ändern sich Einschlafzeitpunkt und Schläfrigkeitssymptome nach der gezielten Aufnahme von Tryptophan [8].

Direkte Effekte des Tryptophans auf die geistige Leistungsfähigkeit sind weniger offensichtlich nachzuweisen. Obwohl sich nach der Gabe von

Tryptophan sowohl das Schlafverhalten als auch die Intensität von Reaktionen änderten, konnten keine Effekte auf das Lösen von vier verschiedenen Aufgabenstellungen nachgewiesen werden [9]. In der Neurologie und Psychiatrie wird Tryptophan allerdings erfolgreich in der Behandlung von Depressionen und zyklusabhängigen Stimmungsschwankungen eingesetzt.

Zusammenhang zwischen Kohlenhydraten und Proteinen uneindeutig

Weniger eindeutig als der Einfluss von Tryptophan ist die Bedeutung des Kohlenhydrat- und Proteinanteils in der Nahrung auf das Verhalten. Eine Reihe von Studien zeigte, dass Kohlenhydrate in der Nahrung einen ausgeprägteren Einfluss auf die Konzentration von Tryptophan und anderen neutralen Aminosäuren im Blut haben als Proteine. Ein gleichzeitiger Zusammenhang zwischen Kohlenhydraten, Aminosäurekonzentration im Blut und dem Verhalten wurde aber nur in einer Studie entdeckt [10]. Andere Untersuchungen fanden ausschließlich einen Einfluss großer Tryptophanmengen auf die Aminosäurekonzentrationen im Blut. Wahrscheinlich ist aber der Einfluss der Kost auf den Aminosäurespiegel im Blut zu gering, als dass Änderungen des Verhaltens ausgelöst werden könnten. Wie schon erwähnt, setzt ein Proteingehalt von 4 % in der Nahrung den Tryptophan-Effekt aus. Kohlenhydrate scheinen aber für die geistige Leistungsfähigkeit aktivierend zu wirken. Andere Untersuchungen wiesen eine beruhigende Wirkung von Kohlenhydraten im Gegensatz zu Proteinen nach. Hohe Kohlenhydratmengen zur Mittagsmahlzeit verzehrt, führten z.B. zu verminderten Reaktionszeiten und Konzentrationsfähigkeiten.

Glucose und Koffein sind leistungssteigernd

Glucose und Koffein sind die Nährstoffe, deren Einfluss auf das Verhalten am besten untersucht ist. Sowohl in Untersuchungen mit Kindern, jungen Erwachsenen und älteren Menschen zeigte sich eine günstige Auswirkung von Glucose auf geistige Anforderungen [3]. Der Glucoseeffekt wird offensichtlich über den Blut-Glucose-Spiegel vermittelt und gilt für einen weiten Konzentrationsbereich. Es handelt sich also nicht nur um eine positive Beeinflussung hypoglycämischer Zustände. Höhere Blutglucosespiegel führen zu schnellerer Informationsverarbeitung, besserem Erinnerungsvermögen und weniger Fahrfehlern.

Koffein besitzt psychoaktivierende Effekte im zentralen Nervensystem [11]. Allgemein wird es als Psychostimulans bewertet und es verbessert die geistige Leistungsfähigkeit in verschiedener Hinsicht. In höheren Mengen aufgenommen, können bei empfindlichen Personen vermehrt Angstzustände ausgelöst werden. Der aktivierende Einfluss von Koffein ist i.d.R. nur von kurzer Dauer (einige Stunden).

Bei koffeingewöhnten Probanden führt der Verzicht auf Koffein zu negativen Allgemeinsymptomen wie Kopfschmerzen, Antriebslosigkeit und Schläfrigkeit. Da viele Untersuchungen im Hinblick auf den Koffeineffekt und auf die geistige Leistungsfähigkeit nach einer nächtlichen oder 24-stündigen Nüchternphase durchgeführt wurden, kann nicht immer genau unterschieden werden, ob die leistungssteigernden Effekte wirklich auf das Koffein zurückzuführen sind oder auf das Abfangen der negativen Erscheinungen nach Koffeinkarenz.

Einfluss anderer Nährstoffe unwahrscheinlich

Andere Nährstoffe, wie z.B. Cholin oder Vitamine und Mineralstoffe, wurden ebenfalls hinsichtlich ih-

res Einflusses auf die geistige Leistungsfähigkeit diskutiert. Der derzeitige Stand der Wissenschaft kann entsprechende Hypothesen nicht belegen. So konnte nur in einer von siebzehn Untersuchungen ein positiver Effekt von Cholin bzw. Lecithin auf die geistige Leistungsfähigkeit älterer Menschen nachgewiesen werden. Der Einfluss von Vitaminen und/oder Mineralstoffen auf den Intelligenzquotienten wurde in einer Studie nachgewiesen [12], konnte aber durch andere Forschergruppen nicht wiederholt werden. Bei ausreichender Vitaminversorgung der Probanden kann keine weitere Steigerung der geistigen Leistungsfähigkeit durch die Gabe von Supplementen erreicht werden [13].

Kindliche Hyperaktivität

Sowohl Zucker als auch andere Lebensmittelinhaltsstoffe wurden als Verursacher des hyperkinetischen Syndroms bei Kindern diskutiert. Keine wissenschaftliche Untersuchung konnte diese Hypothesen belegen.

Kohlenhydrathunger, Süßwaren und Schokolade

Während der vergangenen zehn Jahre ist der sogenannte „Kohlenhydrathunger“ (carbohydrate craving) zunehmend wissenschaftlich untersucht worden. Eine allgemein gültige Definition des Begriffes „Kohlenhydrathunger“ bzw. „carbohydrate craving“ gibt es nicht, allgemein wird er als eine „besonders intensive Vorliebe“ beschrieben. Der erhöhte Bedarf an Kohlenhydraten tritt periodisch auf und die betroffenen Person richten ihr Verhalten dahingehend aus, diesen Bedarf zu befriedigen [13]. Andere Experten beschreiben das „carbohydrate craving“ als einen besonderen Hunger auf bestimmte Lebensmittel.

Offensichtlich tritt dieses Phänomen vermehrt bei Stimmungsschwankungen auf. Sie sind häufig begleitet von einem besonderen Appetit auf Lebensmittel mit einem hohen Stärke- und insbesondere Zuckergehalt. Menschen mit einer negativen Gefühlslage oder depressiven Symptomen haben eine besondere Vorliebe für niedermolekulare Kohlenhydrate [14]. Diese Charakteristika betreffen sowohl „normale“ Menschen als auch Übergewichtige, Depressive, Menschen mit einer jahreszeitlich bedingten Depression oder Frauen, die an einem prämenstruellen Syndrom leiden. Vor der Aufnahme von Kohlenhydraten beschreiben sie sich meist als ängstlich und angespannt und als entspannt, wenn Kohlenhydrate verzehrt wurden.

Der beschriebene Kohlenhydrathunger wurde mit dem Kohlenhydrat-Serotonin-Effekt in Zusammenhang gebracht. Während der letzten Jahre ist die Diskussion um dieses Phänomen etwas stiller geworden. Eine Reihe von Studien konnte keinen erhöhten Kohlenhydratverzehr bei Personen nachweisen, die sich selbst als „kohlenhydrathungrig“ einstufen [15] bzw. Lebensmittel wie Schokolade, Eiscreme und andere Dessertspeisen bevorzugten, deren hauptsächlicher Energielieferant weniger Kohlenhydrate sondern Fett ist [16].

In mehreren Studien erwies sich Schokolade als das begehrteste Lebensmittel. Man geht derzeit davon aus, dass sie aufgrund ihres Geschmackserlebnisses entspannend wirkt, nicht jedoch wegen möglicher pharmakologischer Mechanismen. Diese Schlussfolgerung lassen auch die Ergebnisse einer Untersuchungsreihe zu, bei der Probanden, die sich als Schokoladenliebhaber bezeichnen, einer neutralen Kontrollgruppe gegenübergestellt wurden [17].

Fazit

Während eine Frühstücksmahlzeit die geistige Leistungsfähigkeit fördert, haben Mittagsmahlzeiten einen entgegengesetzten Effekt. Zum Einfluss von Abend- und Zwischenmahlzeiten liegen nur wenige Untersuchungsergebnisse vor, wobei für Zwischenmahlzeiten eine positive Beeinflussung der geistigen Problemlösungsfähigkeit gefunden werden konnte.

Die Gabe von Tryptophan führt zu einer verbesserten Stimmungslage, die offenbar über den Neurotransmitter Serotonin vermittelt wird. Ob die Zufuhr von Kohlenhydraten diesen Serotonineffekt hervorrufen kann, erscheint derzeit eher fraglich. Vielmehr hat der Verzehr von Kohlenhydraten offenbar einen aktivierenden Effekt. Glucose und Koffein sind die Nährstoffe, für die positive Einflüsse auf die mentale Leistungsfähigkeit am besten nachgewiesen sind.

Korrespondenzanschrift:

Professor Dr. Joachim Westenhöfer
 Fachhochschule Hamburg
 Fachbereich Ökotrophologie
 Lohbrügger Kirchstraße 65
 21033 Hamburg
 e-mail: Joachim.Westenhoefen@rzbd.fh-hamburg.de

Literaturverzeichnis:

- [1] Westenhoefen J, Pudal V (1993): Pleasure from food: Importance for food choice and consequences of deliberate restriction. *Appetite* 20: 245-249
- [2] Keys A, Brozek J, Henschel A, Mickelsen O, Taylor HL (1983): *The Biology of Human Starvation*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- [3] Bellisle F, Blundell JE, Dye L, Fantino M, Fern E, Fletcher RJ, Lambert J, Roberfroid M, Spector S, Westenhoefen J, Westerterp-Plantenga MS (1998): Functional food science and behaviour nad psychological functions. *Br J Nutr* 80 (Suppl 1): S173-S193
- [4] Heninger GR, Delgado PL, Charney DS (1996): The revised monoamine theory of depression: a modulatory role for monoamines, based on new findings from monoamine depletion experiments in humans. *Pharmacopsychiatry* 29: 2-11
- [5] Leibowitz SF, Shew-Posner G (1986): Hypothalamic monoamine systems for control of food intake: Analysis of meal patterns and macronutrient selection. In: Carruba MO, Blundell JE (eds.): *Pharmacology of Eating Disorders: Theoretical and Clinical Developments*. Raven Press, New York: 29-49
- [6] Wurtman JJ (1984): The involvement of brain serotonin in excessive carbohydrate snacking by obese carbohydrate cravers. *J Am Diet Ass* 84: 1004-1007
- [7] Teff KL, Young SN, Marchand L, Bolez MI (1989): Acute effect of protein or carbohydrate breakfasts on human cerebrospinal fluid monoamine precursor and metabolite level. *J Neurochem* 52: 235-241
- [8] Steinberg LA, O'Connell NC, Hatch TF, Picciano MF, Birch LL (1992): Tryptophan intake influences infants' sleep latency. *J Nutr* 122: 1781-1791
- [9] Lieberman H, Corkin S, Spring B, Growdon JH, Wurtman RJ (1983): Mood, performance and sensitivity; Changes induced by food constituents. *J Psychol Res* 17: 135-145

- [10] Goodwin GM, Fairburn CG, Cowen PJ (1987):
Dieting changes serotonergic function in women, not men: implications for the aetiology of anorexia nervosa? *Psychol Med* 17: 839-842
- [11] James JE (1991): *Caffeine and Health*. Academic Press, London
- [12] Benton D (1992): Vitamin-mineral supplements and intelligence. *Proc Nutr Soc* 51: 295-302
- [13] Hesecker H, Kuebler W, Pudel V, Westen-hoefer J (1995): Interaction of vitamins with mental performance. *Bibl Nutr Diet* 52: 43-55
- [14] Christensen L, Redig C (1993): Effect of meal composition on mood. *Behav Neurosci* 107: 346-353
- [15] Schlundt DG, Virts KL, Sbrocco T, Pope-Cordle J, Hill JA (1993): A sequential behavioural analysis of craving sweets in obese women. *Addict Behav* 18: 76-80
- [16] Drewnowski A (1990): Dietary fats: perceptions and preferences. *J Am Coll Nutr* 4: 431-435
- [17] Macdiarmid JI, Hetherington MM (1995): Mood modulation by food: An exploration of affect and craving in „chocolate addicts“. *Br J Clin Psychol* 34: 129-138