

Paolo C. Colombani, Christof Mannhart*

ETH Zürich, INW Ernährungsbiologie, D-AGRL, CH-8092 Zürich, * Sportwissenschaftliches Institut, Bundesamt für Sport, CH-2532 Magglingen, Swiss Olympic Association, CH-3000 Bern

Energie- und Nährstoffaufnahme im Schweizer Spitzensport – eine erste Bestandsaufnahme zu Beginn des zweiten Jahrtausends

Zusammenfassung

Das zweifelsohne wichtigste Kriterium der Ernährung im Spitzensport ist eine genügende Energiezufuhr. Dabei sollte eine Zufuhr von mindestens 6 g Kohlenhydraten pro Kilogramm Körpermasse ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ KM) erreicht werden. Im Durchschnitt wurde dieser Wert von Schweizer Spitzensportlern und -sportlerinnen im Zeitraum von 1996 bis 1999 mit 5.8 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ KM zwar nur knapp nicht erreicht. Dass aber dabei 53% der Sportler und 67% der Sportlerinnen die Mindestzufuhr unterschritten, ist als bedenklich einzustufen und kann als Hauptproblem der Ernährung im Schweizer Spitzensport bezeichnet werden. Als weitere Mängel konnten eine vermutlich zu geringe Flüssigkeitszufuhr und eine ungenügende Qualität des verzehrten Fettes erkannt werden. Auch wenn die absolute Fettzufuhr zufriedenstellend war, wurden zu viele gesättigte und zu wenige mehrfach ungesättigte Fettsäuren aufgenommen. Innerhalb der mehrfach ungesättigten Fettsäuren gab es zudem ein Ungleichgewicht zwischen den n-6 (Omega-6) und n-3 (Omega-3) Fettsäuren. Es wurden zu viele n-6 Fettsäuren im Vergleich zu den n-3 Fettsäuren aufgenommen. Bei den Mikronährstoffen war die durchschnittliche Zufuhr zufriedenstellend, es gab aber zu viele Sportler und Sportlerinnen, die entweder zu wenig oder gar zu viel eines Mikronährstoffes aufnahmen. So wurde im Extremfall des Eisens die maximal tolerierbare Zufuhr von 11% der Sportler und 30% der Sportlerinnen überschritten. Die beobachteten Mängel der Ernährung im Schweizer Spitzensport könnten alle mit einfachen Massnahmen behoben werden, was mittel- und langfristig zu einer besseren Leistungsfähigkeit wie auch Gesundheit führen würde.

Summary

The most important aspect of the nutrition in elite sports is without doubt to achieve an adequate energy intake, and a minimal intake of 6 g carbohydrates per kilogram body mass is thereby mandatory. The Swiss elite athletes missed to meet this recommendation only by a little when looking at the mean carbohydrate intake between 1996 and 1999. However, it must be considered as critical that 53% of the male and 67% of the female athletes did not accomplish to meet the minimal intake. The insufficient carbohydrate intake can therefore be regarded as the main shortcoming of the nutrition in Swiss elite sports. Other shortcomings were a probably inadequate fluid intake and an inadequate quality of the ingested fat. Even if the absolute fat intake was satisfactorily, the athletes consumed too many saturated and too little polyunsaturated fatty acids. Within the polyunsaturated fatty acids there was furthermore an imbalance between the n-6 and n-3 fatty acids. Too many n-6 fatty acids were consumed compared to the n-3 fatty acids. The micronutrient intake was generally satisfactorily when looking at the mean consumption. But too many athletes either had too low or too high intakes of a specific micronutrient. The upper limit for iron, for example, has been exceeded by 11% of the male and by 30% of the female athletes, respectively. The observed shortcomings of the nutrition in Swiss elite sports could all be sorted out easily, which would lead to a better performance and health on the medium and long term.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 51 (1), 7–16, 2003

Einleitung

Aufgrund der starken physischen Aktivität im Spitzensport ist sowohl eine genügend hohe Energiezufuhr als auch eine optimale Zusammensetzung der Nahrung von grosser Bedeutung, sofern Gesundheit und eine gute Leistungsfähigkeit nicht nur kurz-, sondern auch mittel- und langfristig angestrebt werden. Dank zahlreichen Untersuchungen in den letzten Jahren konnten immer mehr Fragen nach der «optimalen» Ernährung für Sportler beantwortet werden. So liegen zurzeit sogar offizielle Empfehlungen vom American College of Sports Medicine vor, die im «Position Paper on Nutrition and Athletic Performance» im Jahre 2000 veröffentlicht wurden [1]. Gemäss diesen für erwachsene Sportler geltenden Empfehlungen soll eine kohlenhydratreiche Ernährung mit einer täglichen Kohlenhydrataufnahme von 6 bis 10 Gramm pro Kilogramm Körpermasse ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ KM) betont werden. Zudem wird zu einer täglichen Proteinaufnahme von 1.2 bis 1.7 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ KM

sowie zu einer Fettaufnahme von 20 bis 25% der Energieaufnahme (En%) geraten. Solch eine obere Grenze von 25 En% bei den Fetten erachten wir jedoch als zu niedrig angesetzt. Je nach Sportart können 35 oder gar 40 En% durchaus sinnvoll sein, da sonst kaum genügend Energie aufgenommen werden kann.

Die eben erwähnten Empfehlungen des American College of Sports Medicine sind zwar für Erwachsene beider Geschlechter gedacht, abgeleitet wurden sie aber hauptsächlich aus Versuchen mit männlichen Sportlern. Zumindest indirekt wird dadurch impliziert, dass sowohl männliche Sportler wie weibliche Sportlerinnen den gleichen Nährstoffbedarf hätten. Dies kann jedoch durchaus hinterfragt werden, denn stoffwechselspezifische Unterschiede zwischen den Geschlechtern, unter anderem in der Energiebereitstellung während submaximaler Belastung, sind bekannt (vergleiche dazu den Artikel von Tarnopolsky [2] in diesem Heft).

Bei den Mikronährstoffen gibt es im Gegensatz zu den energieliefernden Makronährstoffen keine offiziellen Empfehlungen für

Sportler (und ebenso wenig für Sportlerinnen). Hier dürfte es aber auch schwieriger sein, zu einem Konsens zu gelangen, denn Untersuchungen zur Ermittlung des Mikronährstoffbedarfes sind meist sehr aufwändig, komplex und kostspielig. Zudem existieren noch nicht einmal für «Nicht-Sportler/innen» Empfehlungen für alle Mikronährstoffe [3]. Im Artikel von Zimmermann [4] in diesem Heft finden sich einigen Gedanken zur Thematik Mikronährstoffe im Sport.

Wie sieht nun aber die Ernährung der Spitzensportlerinnen und Spitzensportler in der Schweiz überhaupt aus? Entspricht die Zufuhr an Energie und Nährstoffen den aktuellen Empfehlungen, sofern diese vorhanden sind? Diesen Fragen wurde in einem gemeinsamen Projekt vom Sportwissenschaftlichen Institut in Mäglingen und von der Gruppe Ernährungsbiologie der ETH Zürich nachgegangen [5, 6]. Die wichtigsten Ergebnisse der Energie- und Nährstoffaufnahme der zwischen 1996 und 1999 untersuchten 79 Spitzensportler und 40 Spitzensportlerinnen (Tab. 1) sollen hier nun diskutiert werden. Eine Auswahl der zugrunde liegenden Daten ist zudem in den Tabellen 2 bis 5 sowie in den Abbildungen 1 bis 4 wiedergegeben.

Energiezufuhr und Energiebilanz

Eine genügende Energiezufuhr ist mittel- und langfristig betrachtet der wichtigste Aspekt der Ernährung von Erwachsenen im Sport, und dabei ist das primäre Ziel, eine ausgeglichene Energiebilanz zu erzielen. Ausgenommen von dieser Grundregel sind Situationen, in denen auf sinnvolle Weise Körpermasse auf- oder abgebaut werden soll, d.h. in der die Energiebilanz positiv beziehungsweise negativ ausfällt.

Die Energieaufnahme über die Nahrung muss sich unweigerlich nach dem gesamten Energieverbrauch einer Person richten. Letzterer ist zwar von mehreren Faktoren abhängig, der am einfachsten beeinflussbare Faktor ist aber mit Bestimmtheit die physische Aktivität. Der grösste Unterschied im Energieverbrauch von Spitzensportler/-sportlerinnen verglichen mit Nicht-Sportler/innen ist demnach auch der aktivitätsbedingte Verbrauch. Als wohl extremstes Beispiel sei hier der Ultramarathonläufer Kouros genannt, der bei seinem 24-Stunden-Weltrekordlauf 303 km hinter sich legte

[7]. Er verbrauchte dabei knapp 80 MJ, oder mehr als das Siebenfache des Energiebedarfes eines Mannes mit mehrheitlich sitzender Tätigkeit. «Gewöhnliche» Spitzensportler und Spitzensportlerinnen verbrauchen pro Tag weit weniger Energie als der Grieche Kouros, ihr Bedarf ist im Vergleich zu Personen mit sitzender Tätigkeit jedoch auch erhöht.

In der Schweiz lag der gesamte Energieverbrauch für die Spitzensportlerinnen bei täglich 12.3 MJ, für die Spitzensportler waren mit 13.1 MJ nur knapp mehr zu verzeichnen (Tab. 2). Die Zufuhr an Energie unterschied sich dagegen relativ stark zwischen den Geschlechtern. Mit täglich nur 9.9 MJ lagen die Frauen deutlich unter den 13.9 MJ der Männer. Daraus resultierte eine stark negative Energiebilanz von -2.4 MJ für die Spitzensportlerinnen, wogegen die Bilanz bei den Spitzensportlern mit +0.8 MJ positiv ausfiel.

Die Interpretation der Energiebilanzdaten fällt nicht einfach. Die bei den Spitzensportlerinnen vorgefundene negative Energiebilanz von -2.4 MJ pro Tag würde einem täglichen Körperfettverlust von 80 g beziehungsweise 30 kg pro Jahr entsprechen. Es ist daher unwahrscheinlich, dass es sich um eine echte negative Bilanz handelt. Die wahrscheinlichsten Erklärungen für die negative Bilanz bei den Frauen sind eine Unterbewertung der Energieaufnahme, eine zu geringe Energieaufnahme, eine Überbewertung der täglichen Aktivität (der durchschnittliche Energieverbrauch war um 20% höher als derjenige der Männer) oder eine Kombination dieser Faktoren. Eine weitere, jedoch kontrovers diskutierte Erklärung für die negative Energiebilanz könnte eine erhöhte Energieeffizienz sein. Eine erhöhte Energieeffizienz bedeutet, dass der Körper aufgrund einer «echten» negativen Energiebilanz versucht, den Energieverbrauch im Stoffwechsel zu drosseln und somit die zu wenig zugeführte Energie effizienter zu nutzen. In einigen Studien wurde die These einer erhöhten Energieeffizienz klar verworfen [8, 9], in anderen Studien kam man zum Schluss, dass energiesparende Anpassungen als Folge einer zu geringen Energieaufnahme stattgefunden haben [10, 11]. Falls eine erhöhte Energieeffizienz tatsächlich existiert, muss dies als Notreaktion des Körpers auf einen nicht zufriedenstellenden energetischen Zustand verstanden werden. In einem solchen Zustand können weder mittel- noch langfristig Gesundheit und Leistungsfähigkeit optimal erhalten werden.

Kategorie	N	Alter (Jahre)			Grösse (cm)		Masse (kg)		BMI (kg·m ⁻²)		Training (h·Woche ⁻¹)	
		MW	95 % CI	MW	95 % CI	MW	95 % CI	MW	95 % CI	MW	95 % CI	
Aerobe Ausdauer ¹	M	29	23	22-25	183*	181-186	74*	70-78	21.9*	21.2-22.6	14.5	12.3-16.7
Anaerobe Ausdauer ²	M	12	23	21-25	181*	178-184	74*	73-76	22.7*	22.0-23.4	11.2	8.8-13.7
Kraft ³	M	11	26	22-29	184*	181-188	93*	85-100	27.3*	25.3-29.2	10.2	8.2-12.3
Varia ⁴	M	27	26*	24-28	179*	177-181	73*	69-77	22.8	21.6-24.0	16.6	13.7-19.7
Total Männer	M	79	25	23-26	181*	180-183	76*	74-79	23.1*	22.4-23.8	14.1	12.6-15.6
Aerobe Ausdauer ¹	F	24	24	22-27	169	167-172	59	56-62	20.6	19.8-21.5	12.8	10.0-15.5
Anaerobe Ausdauer ²	F	4	24	21-26	171	164-179	58	51-66	19.9	18.3-21.5	9.5	2.9-16.1
Kraft ³	F	4	22	14-30	166	148-184	65	42-87	23.3	18.6-28.0	8.4	0.8-17.6
Varia ⁴	F	8	21	18-23	168	166-170	61	53-69	21.5	18.7-24.3	16.9	12.8-20.9
Total Frauen	F	40	23	22-25	169	167-171	60	58-63	21.0	20.2-21.8	12.8	10.8-14.9
TOTAL	M	119	24	23-25	177	176-179	71	68-73	22.4	21.8-22.9	13.7	12.5-14.8

Tabelle 1: Charakterisierung der Schweizer Spitzensportler und Spitzensportlerinnen

Die Werte sind als Mittelwerte (MW) mit 95% Vertrauensintervall (CI) angegeben. N = Anzahl Sportler.

* Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und derselben Kategorie (p < 0.05, ungepaarter t-Test).

¹ Laufen 800 m bis Marathon, Rennrad, Rudern, Triathlon, Mountain Bike, Schwimmen, Langlauf

² Laufen 100-400 m

³ Bob, Wurfdisziplinen, Dreisprung, Judo, Bodybuilding, Power Lifting

⁴ Laufen Deca- und Heptathlon, Polo, Pentathlon, Reiten, Behindertensport, Klassischer Tanz, Squash, Synchronschwimmen, Turmspringen, Klettern, Eishockey, Skispringen, Golf, Gymnastik, Fallschirmspringen, Motorradfahren, Kunstradfahren

	N	Energiezufuhr		Energieverbrauch		Energiebilanz	
		MW	95 % CI	MW	95 % CI	MW	95 % CI
Männer	79	13.9*	13.2-14.7	13.1	12.4-13.7	0.8*	-3.6 bis 1.7
Frauen	40	9.9	9.0-10.9	12.3	11.6-13.1	-2.4	-3.5 bis -1.3
TOTAL	119	12.6	11.9-13.3	12.8	12.3-13.3	-0.3	-0.9 bis 0.5

Table 2: Energiebilanz in MJ·d⁻¹ der Schweizer Spitzensportler und Spitzensportlerinnen (Umrechnung MJ zu kcal mit Division durch 4.2)

	N	Kohlenhydrate		Protein		Fett		
		MW	95 % CI	MW	95 % CI	MW	95 % CI	
Männer	g·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	79	5.9	5.5-6.2	1.7*	1.6-1.8	1.4*	1.4-1.5
	Energie %		53	52-55	16	15-16	29	27-30
Frauen	g·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	40	5.7	4.9-6.4	1.5	1.3-1.6	1.2	1.1-1.4
	Energie %		57	55-59	15	14-15	27	25-29
TOTAL	g·kg⁻¹·d⁻¹	119	5.8	5.5-6.1	1.6	1.5-1.7	1.4	1.3-1.5

Table 3: Makronährstoffaufnahme der Schweizer Spitzensportler und Spitzensportlerinnen

Die Werte sind als Mittelwerte (MW) mit 95% Vertrauensintervall (CI) angegeben. N = Anzahl Sportler.* Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern ($p < 0.05$, ungepaarter t-Test).

Makronährstoffe

Die Empfehlungen zur Makronährstoffaufnahme werden oft als Prozentsatz der Gesamtenergiezufuhr angegeben. Bei einer zu niedrigen Energieaufnahme kann daher eine zu niedrige absolute Aufnahme von einem oder mehreren Makronährstoffen nicht ausgeschlossen werden. Würden die Empfehlungen auf die Körpermasse bezogen, wäre eine minimale Aufnahme definiert. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, lauten die Empfehlungen für Sportler mindestens 6 g·kg⁻¹ KM Kohlenhydrate und 1.2 g·kg⁻¹ KM Protein [1]. Die Empfehlungen für die Kohlenhydrate und Proteine sind somit bereits auf die Körpermasse bezogen. Dasselbe sollte auch für die Fette eingeführt werden. Dann hätten wir für alle energieliefernden Nährstoffe etwas einfacher in die Praxis umsetzbare Angaben (die Nährwertdeklarationen von Lebensmittelverpackungen müssen in der Schweiz von Gesetz wegen in Gramm Nährstoff pro 100 g Lebensmittel angegeben werden und nicht als Energieprozente). Der Anteil von mindestens 20 En% in Form von Fett für Sportler [1] würde einer minimalen relativen Fettaufnahme von etwa 0.8 g·kg⁻¹ KM entsprechen, ein sinnvoller Bereich für Sportler und Sportlerinnen dürfte somit zwischen 0.8 und 2.0 g·kg⁻¹ KM liegen (sogar noch höhere Fettzufuhren machen unter speziellen Umständen Sinn). Von grösster Bedeutung ist aber dabei nicht primär die Quantität des zugeführten Fettes, sondern dessen «richtige» Qualität, d.h. das Fett muss ein «richtiges» Verhältnis der verschiedenen Fettsäuren aufweisen (siehe weiter unten Fett und Fettsäuren).

Gerade 42% der Schweizer Spitzensportler und -sportlerinnen hatten eine genügend hohe Aufnahme von allen drei Makronährstoffen, alle Übrigen hatten eine zu tiefe Aufnahme entweder von nur einem, von zweien oder sogar von allen dreien der Makronährstoffe. Am häufigsten wurde die Empfehlung für die Kohlenhydrataufnahme nicht erreicht, obwohl die Kohlenhydrate die bedeutendste Energiequelle im Sport darstellen: 53% der Männer und 67% der Frauen hatten eine niedrigere Kohlenhydrataufnahme als die empfohlenen 6 g·kg⁻¹ KM.

Kohlenhydrate

Die durchschnittliche Kohlenhydrataufnahme von 5.8 g·kg⁻¹ KM (Tab. 3) lag bei den Spitzensportlern und -sportlerinnen leicht unterhalb der minimalen Empfehlung und unterschied sich nicht zwischen den Geschlechtern. Die Tatsache, dass mehr als die Hälfte der Männer und beinahe 70% der Frauen die Mindestaufnahme an Kohlenhydraten nicht erreichten, ist als bedenklich einzustufen. In Anbetracht dessen, dass die Kohlenhydrate bei den

meisten Trainingseinheiten aller Sportarten eine bedeutende Energiequelle mit begrenzten Speichern darstellen, kann dies als Hauptproblem der Ernährung der Schweizer Spitzensportler und -sportlerinnen betrachtet werden. Eine optimale Regenerationsphase ist in diesem Zustand kaum zu bewerkstelligen.

Protein

Für die Sportler scheint es leichter zu sein, die Empfehlung für die Proteinaufnahme zu erfüllen als diejenige für die Kohlenhydrataufnahme. So erreichten 90% der Männer und 83% der Frauen die Empfehlung für die minimale Proteinaufnahme von 1.2 g·kg⁻¹ KM. Die obere Grenze von 1.7 g·kg⁻¹ KM wurde sogar von 45% der Männer und 28% der Frauen überschritten. Negative Effekte auf die Gesundheit dürften bei Einnahmen von bis zu 2.0 g·kg⁻¹ KM jedoch nicht zu erwarten sein.

Interessanterweise scheint Protein somit immer noch einen hohen Stellenwert im Spitzensport zu geniessen, auch wenn eine (üb)erhöhte Proteinaufnahme nicht mit einer verbesserten Leistungsfähigkeit oder gar einem erhöhten Wachstum der Muskelmasse einhergeht. Der Proteinbedarf im Sport ist zwar erhöht, es besteht aber kein Grund zu einer flächendeckenden Supplementierung mit Proteinpräparaten. Dies ist mitunter dadurch begründet, dass mit einer Steigerung der gesamten Energiezufuhr quasi automatisch der zusätzliche Proteinbedarf gedeckt wird, wie aus *Abbildung 1* ersichtlich wird. Im Einzelfall kann eine Supplementierung mit Protein jedoch sinnvoll erscheinen, insbesondere wenn, aus welchem Grund auch immer, eine sehr geringe Energiezufuhr vorhanden ist (und nicht auf einfache Weise verändert werden kann).

Auch wenn bei der absoluten Proteinzufuhr der generelle Status als sehr gut bezeichnet werden kann, sind noch nicht alle Aspekte einer optimalen Proteinzufuhr sichergestellt. Der Zeitpunkt der Zufuhr in Relation zu einer physischen Aktivität kristallisiert sich immer mehr als zentraler Aspekt heraus, insbesondere im Hinblick auf eine optimale Regenerationsphase. Dieser Aspekt wird von Décombaz in seinem Artikel in diesem Heft durchleuchtet [12].

Fett und Fettsäuren

Die Fettaufnahme von 1.4 g·kg⁻¹ KM bei den Spitzensportlern und 1.2 g·kg⁻¹ KM bei den Spitzensportlerinnen entspricht einem Anteil von etwa 28 En% (Tab. 3). Auch wenn die Fettaufnahme in Bezug auf die absolute Zufuhr zufriedenstellend war, so entsprach die Qualität des Fettes nicht den aktuellen Empfehlungen. Die Aufnahme an gesättigten Fettsäuren war mit knapp 12 En% als zu hoch und diejenige an mehrfach ungesättigten mit rund 4½ En% als zu niedrig einzustufen. Innerhalb der mehrfach ungesättigten Fettsäuren war zudem ein Ungleichgewicht zu verzeichnen: Die Zufuhr der n-6 (Omega-6) Fettsäuren war im Vergleich zur Zufuhr an n-3 (Omega-3) Fettsäuren zu hoch.

Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren der n-6 und der n-3 Familie stehen in direkter Konkurrenz für ihre Verstoffwechslung, unter anderem, zu potenten entzündungsfördernden (n-6) und -hemmenden (n-3) Substanzen, den so genannten Eicosanoiden [13]. Ein günstiges Gleichgewicht in der Verstoffwechslung der n-6 und n-3 Fettsäuren wird erreicht, wenn ihr Verhältnis zueinander 5:1 oder kleiner ist. Dieses Verhältnis wurde jedoch nur von 7% der Spitzensportler und 20% der Spitzensportlerinnen erreicht, was bedeutet: Es wurden zu viele n-6 Fettsäuren im Vergleich zu n-3 Fettsäuren aufgenommen. Die Ursache dafür liegt unserer Meinung nach einerseits in der allgemeinen Empfehlung, pauschal tierische Fette durch pflanzliche zu ersetzen und andererseits durch die Verwendung von n-6 reichen Pflanzenölen. Sonnenblumenöl, ein ausgesprochen n-6 reiches Öl, hat in der Schweiz mit rund 40% den grössten Marktanteil der Pflanzenöle [14]. Erfreulicherweise ist Rapsöl, ein n-3 reiches Öl mit einem guten n-6 : n-3 Verhältnis, mit rund 15 bis 20% des Marktanteiles bereits an zweiter Stelle. Bei der Auswahl der Pflanzenöle sollte für die kalte Küche vermehrt auf n-3 reiche Öle zurückgegriffen werden. Neben Rapsöl ist hier bestimmt auch Leinöl zu nennen. Falls mög-

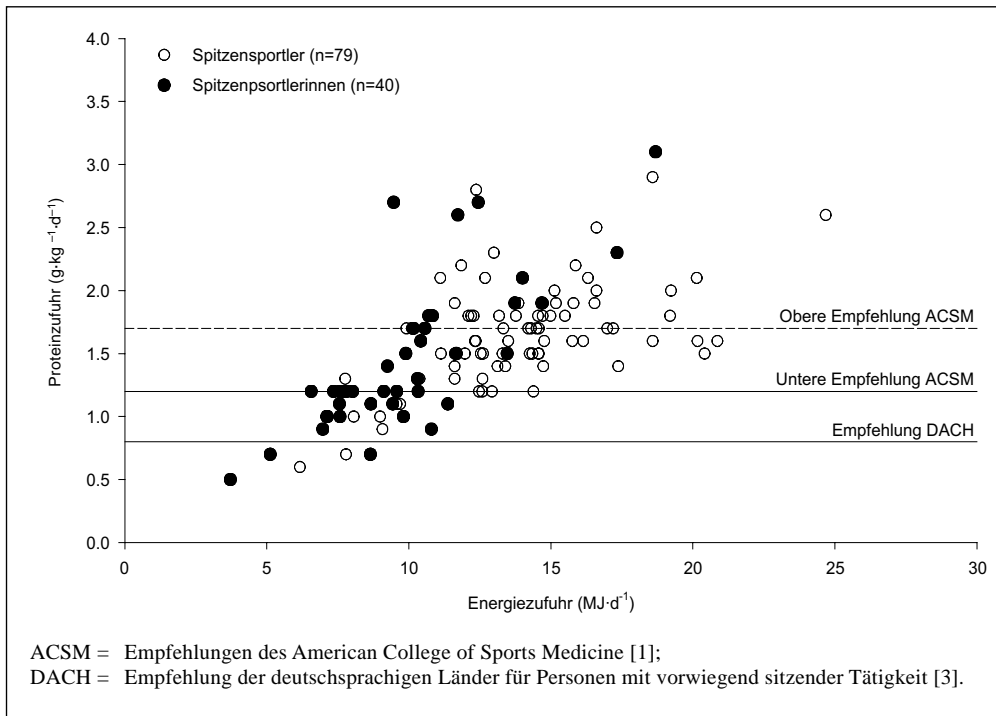


Abbildung 1: Proteinzufuhr der Schweizer Spitzensportler und Spitzensportlerinnen in Relation zur Energiezufuhr

lich, sollten zudem wöchentlich zwei Portionen fettreicher Fisch verzehrt werden (z.B. 200 bis 300 g Lachs oder Makrele), da dieser eine gute Quelle von zwei wichtigen n-3 Fettsäuren ist (Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA); allgemein auch als Fischöl bezeichnet). Die Senkung der Zufuhr an gesättigten Fettsäuren dürfte am ehesten mit einer Reduktion der Aufnahme von Vollfett-Milchprodukten erreicht werden, denn Milch und Milchprodukte (inkl. Butter) sind in der Schweiz mit über 50% die unangefochtene Hauptquelle der gesättigten Fettsäuren [15].

Unkorrekterweise werden oft die erwähnten negativen gesundheitlichen Effekte einer zu hohen Fettzufuhr pauschal nur der absoluten Zufuhr zugesprochen, obwohl die Qualität des zugeführten Fettes (d.h. die Art der Fettsäuren) die primäre Rolle spielt. Deshalb birgt eine Verbesserung der Fettqualität, selbst bei einer gleich bleibenden absoluten Fettzufuhr, ein grosses Potenzial zur längerfristigen Senkung des Risikos, an kardiovaskulären Krankheiten zu erkranken, wie auch der kurz- bis mittelfristig positiven Beeinflussung des Immun- und Entzündungsstoffwechsels.

Wasser

Empfehlungen zur Flüssigkeitsaufnahme werden nach wie vor mehrheitlich in Litern pro Tag angegeben. Allerdings kann die Annahme, dass ein 95 kg sportlicher Mann und eine 50 kg nicht besonders körperlich aktive Frau denselben Flüssigkeitsbedarf hätten, offensichtlich nicht richtig sein. Die Empfehlung zur Flüssigkeitsaufnahme in Bezug auf die Energieaufnahme ($\text{mL}\cdot\text{MJ}^{-1}$) zu setzen, wäre wissenschaftlich gesehen bestimmt sinnvoller. Das Ziel, die Empfehlung für jedermann einfach verständlich zu formulieren, würde somit jedoch komplett verpasst. Ausserdem würde der berechnete Flüssigkeitsbedarf bei einer zu niedrigen Energieaufnahme einen verfälscht tiefen Wert ergeben. Eine mögliche Lösung könnte die Empfehlung zur Flüssigkeitsaufnahme in Relation zur Körpermasse ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$) darstellen. Die Empfehlungen lauten bei dieser Betrachtung $35\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$ für Personen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit [3]. Für Sportler gibt es noch keine entsprechenden offiziellen Empfehlungen. Berücksichtigt man aber die schweissbedingten Verluste, die durchschnittlich einen Liter pro Stunde physischer Aktivität ausmachen, so ergibt dies einen zusätzlichen Bedarf von etwa $15\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$ pro Stunde Aktivität.

Die Flüssigkeitsaufnahme bei den Spitzensportlern betrug $51\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$ und bei den Spitzensportlerinnen $55\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$. Unter Berücksichtigung der knapp zwei Stunden täglichen Trainings der Spitzensportler und -sportlerinnen ergäbe sich ein Bedarf von 35 plus etwa $30\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$, und somit eine ungenügende Flüssigkeitsbilanz von 10 bis $15\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ KM}$ bzw. von einem halben bis ganzen Liter pro Tag. Auch wenn die Verluste bei dieser Hochrechnung etwas zu hoch angesetzt sein sollten, muss in Anbetracht dessen, dass schon eine geringe Dehydratation die Leistung negativ beeinträchtigen kann und eine etwas zu hohe Zufuhr keine negativen Auswirkungen mit sich bringt, die Flüssigkeitszufuhr im Schweizer Spitzensport als zu niedrig eingestuft werden.

Mikronährstoffe

Allgemeine Bemerkungen

Der menschliche Organismus kann Mikronährstoffe nicht oder nicht in genügender Menge selber herstellen, sie sind jedoch für seine Funktion lebensnotwendig: Vitamine und Mineralstoffe sind so genannte essenzielle Nährstoffe. Obwohl die Forschung über die Wirkung der Mikronährstoffe ihren Ursprung vermutlich im 18. Jahrhundert hat, kennen wir zu Beginn des zweiten Jahrtausends (noch) nicht von allen Mikronährstoffen den genauen Bedarf. Es darf deshalb nicht erstaunen, dass der Bedarf von Sportlern und Sportlerinnen auch nicht genau bekannt ist. Als «Notlösung» spricht man in solchen Fällen nicht von «Empfohlener Zufuhr», sondern von so genannter «Angemessener Aufnahme» eines Mikronährstoffes (Adequate Intake). Im Sport geht man generell davon aus, dass bei genügender Energieaufnahme und einigermaßen ausgewogener Ernährung auch die Zufuhr an Mikronährstoffen angemessen sei. Deshalb geht eine ungenügende Mikronährstoffzufuhr meist mit einer ungenügenden Energieaufnahme einher und dementsprechend ist das primäre Augenmerk von Korrekturmaßnahmen dann auf die Energie gerichtet.

Ganz allgemein betrachtet hatten die Schweizer Spitzensportler höhere absolute Grundaufnahmen beinahe aller Mikronährstoffe im Vergleich zu den Spitzensportlerinnen (Tab. 4 und 5). Dies ist ganz einfach durch die höhere Energiezufuhr bei den Männern zu erklären, denn die Grundaufnahme aller Mineralstoffe und

			Alle				SU				SU						
			N	MW	95 % CI	% DACH Wert MW 95 % CI	Nein	MW	95 % CI	% DACH Wert MW 95 % CI	Ja	MW	95 % CI	% DACH Wert MW 95 % CI			
Calcium (g·d ⁻¹)	Grundaufnahme	M	79	1.7*	1.5-1.8	163*	152-175	41	1.6*	1.5-1.7	154*	137-170	38	1.7*	1.6-1.9	174*	157-191
	Aufnahme über Supplemente	M	79	0.1	0.0-0.2	13	2-24						38	0.3	0.1-0.5	27	5-49
	Totale Aufnahme	M	79	1.8*	1.6-1.9	176*	162-191	41	1.6**	1.5-1.7	154**	137-170	38	2.0*	1.8-2.2	201*	178-223
Calcium (g·d ⁻¹)	Grundaufnahme	F	40	1.2	1.1-1.3	115	103-127	22	1.1	0.9-1.3	106	87-124	18	1.3	1.1-1.4	126	112-140
	Aufnahme über Supplemente	F	40	0.1	0.0-0.2	9	1-18						18	0.2	0.0-0.4	21	4-38
	Totale Aufnahme	F	40	1.3	1.1-1.4	124	108-141	22	1.1*	0.9-1.3	106*	87-124	18	1.5	1.2-1.8	147	119-175
Magnesium (mg·d ⁻¹)	Grundaufnahme	M	79	611*	573-648	163	152-173	27	560**	501-619	149	133-166	52	637	590-685	170	157-183
	Aufnahme über Supplemente	M	79	87	60-115	24	16-31			5			2	133	97-169	36	26-46
	Totale Aufnahme	M	79	698*	644-752	186	171-201	27	560**	501-619	149*	133-166	52	770	701-840	206	186-225
Magnesium (mg·d ⁻¹)	Grundaufnahme	F	40	495	439-551	160	141-179	20	414*	349-478	130*	110-151	20	577	496-657	190	163-216
	Aufnahme über Supplemente	F	40	69	36-102	23	12-33						20	138	87-189	45	29-62
	Totale Aufnahme	F	40	562	489-640	183	157-208	20	414*	349-478	130*	110-151	20	715	612-818	235	201-268
Kalium (g·d ⁻¹)	Grundaufnahme	M	79	4.6*	4.3-4.9	230*	215-245	37	4.6*	4.1-5.0	228*	204-252	42	4.6	4.3-5.0	232	213-252
	Aufnahme über Supplemente	M	79	0.1	0.0-0.1	5	2-7						42	0.2	0.1-0.3	9	4-14
	Totale Aufnahme	M	79	4.7*	4.4-5.0	235*	219-251	37	4.6*	4.1-5.0	228*	204-252	42	4.8	4.4-5.2	241	220-263
Kalium (g·d ⁻¹)	Grundaufnahme	F	40	3.6	3.2-4.0	181	162-200	24	3.3*	2.8-3.7	163*	142-183	16	4.2	3.5-4.8	209	175-242
	Aufnahme über Supplemente	F	40	0.0	0.0-0.1	2	1-3						16	0.1	0.0-0.1	5	2-7
	Totale Aufnahme	F	40	3.7	3.3-4.0	183	164-202	24	3.3*	2.8-3.7	163*	142-183	16	4.3	3.6-5.0	213	179-248
Eisen (mg·d ⁻¹)	Grundaufnahme	M	79	20*	19-21	193*	183-204	39	19*	18-21	187*	172-202	40	20	19-22	200*	185-215
	Aufnahme über Supplemente	M	79	11	6-17	113	58-168						40	22*	13-32	223	125-321
	Totale Aufnahme	M	79	31	25-37	306	247-366	39	19**	18-21	187**	172-202	40	42*	31-53	423	316-529
Eisen (mg·d ⁻¹)	Grundaufnahme	F	40	17	15-20	115	99-130	20	14*	12-16	90*	77-103	20	21	17-25	140	115-164
	Aufnahme über Supplemente	F	40	23	10-37	156	65-246						20	47	23-70	312	154-469
	Totale Aufnahme	F	40	41	26-55	271	173-369	20	14*	12-16	90*	77-103	20	68	43-92	452	287-617
Zink (mg·d ⁻¹)	Grundaufnahme	M	79	18*	17-19	177	167-187	44	17*	16-19	174	161-188	35	18*	17-19	181*	167-195
	Aufnahme über Supplemente	M	79	3	2-4	29	18-40						35	7	5-8	65	47-83
	Totale Aufnahme	M	79	21*	19-22	206	191-221	44	17**	16-19	174*	161-188	35	25	22-27	246	221-270
Zink (mg·d ⁻¹)	Grundaufnahme	F	40	13	11-14	179	159-198	26	11*	10-13	160*	139-180	14	15	12-18	214	176-252
	Aufnahme über Supplemente	F	40	2	1-3	28	8-49						14	6	2-9	81	29-132
	Totale Aufnahme	F	40	14	12-17	207	174-240	26	11*	10-13	160*	139-180	14	21	16-25	294	227-362

Tabelle 4: Mineralstoffaufnahme der Schweizer Spitzensportlern und Spitzensportlerinnen

Die Werte sind als Mittelwerte (MW) mit 95% Vertrauensintervall (CI) angegeben. N = Anzahl Sportler, DACH = Empfehlung für die deutschsprachigen Länder für Personen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit [3], SU = Einnahme eines Supplementes, M = Männer, F = Frauen.

* Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern derselben Kategorie ($p < 0.05$, ungepaarter t-Test).

° Signifikante Unterschiede zwischen Sportlern, welche Supplemente des jeweiligen Mineralstoffes genommen haben (SU Ja) und denjenigen, welche dies nicht getan haben (SU Nein) derselben Kategorie ($p < 0.05$, ungepaarter t-Test).

Vitamine korrelierte positiv mit der Energieaufnahme (Abb. 2). Bei (zu) geringer Energiezufuhr kann demnach durchaus eine ungenügende Zufuhr an Mikronährstoffen vorkommen. Je nach individueller Situation ist unter solchen Umständen eine Supplementierung mit einem Multivitamin- und Multimineralstoffpräparat angebracht.

Wie schon bei der Grundaufnahme war auch die totale Aufnahme (Grundaufnahme + Aufnahme durch Supplemente) der Mineralstoffe im Allgemeinen höher bei den Spitzensportlern als bei den Spitzensportlerinnen. Im Gegensatz dazu war die totale Vitaminaufnahme nicht höher bei den Männern als bei den Frauen, was auf eine vermehrte Supplementierung von Vitaminen im Vergleich zu den Mineralstoffen bei den Frauen schliessen lässt.

Den Mikronährstoffen wird sehr häufig eine hohe Bedeutung zugesprochen, und schnell wird zu einem Supplement gegriffen. Noch nicht allgemein bekannt ist aber, dass eine zu hohe Zufuhr an Mikronährstoffen das Risiko negativer gesundheitlicher Effekte massiv erhöhen kann. Die Verwendung von Mikronährstoffsupplementen sollte daher gut überlegt und zuvor eine Fachperson zu Rate herbeigezogen werden. Dass das Überschreiten der so genannten Upper Limits, den maximal tolerierbaren Zufuhrmengen, die kein gesundheitliches Risiko bergen, keine theoretische Sache ist, belegt die Tatsache, dass bis zu 35% der Schweizer Spitzensportler und -sportlerinnen das Upper Limit eines Mikronährstoff-

es überschritten. Zur Verdeutlichung dieser Problematik sind in den Abbildungen 3 und 4 als Beispiele die Zufuhr von Eisen und Folsäure jeweils über die Grundaufnahme alleine (ohne Supplement) der Gesamtzufuhr (mit Supplement) gegenübergestellt. Eine unüberlegte Supplementierung kann also problemlos zu einer bedenklichen Zufuhr eines Mikronährstoffes führen.

Eine wichtige Schlussfolgerung für den Schweizer Spitzensport ist somit bestimmt das Einschärfen des Bewusstwerdens, dass nicht nur zu tiefe, sondern auch zu hohe Zufuhren an Mikronährstoffen das Risiko negativer gesundheitlicher Effekte erhöhen.

Supplemente und Upper Limits

Die Grundaufnahme einiger Mikronährstoffe war bei denjenigen Sportlern höher, welche Supplemente des entsprechenden Mikronährstoffes zu sich nahmen im Vergleich zu denjenigen Sportlern, welche kein Supplement einnahmen. Es scheint somit, dass die Sportler mit einer bereits besseren Mikronährstoffzufuhr (weil besser auf Ernährung achtend?) eher Supplemente zu sich nahmen. Das ist problematischer, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Bis zu 35% aller Sportler hatten infolge der Einnahme von Supplementen eine Mikronährstoffaufnahme über den Upper Limit, während viele, welche ohnehin schon eine zu tiefe Aufnahme hatten, immer noch unter den Empfehlungen lagen.

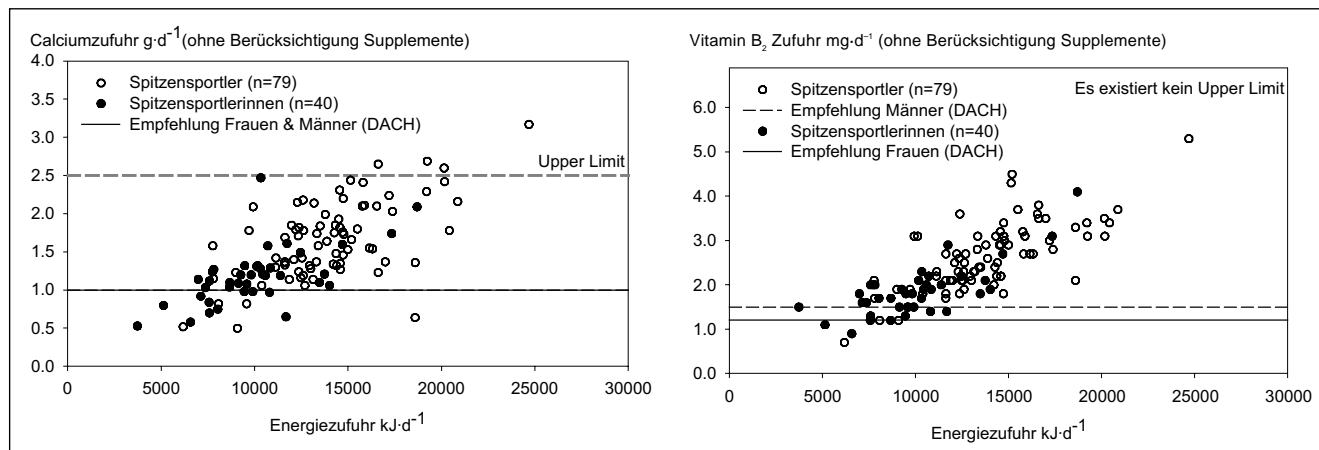


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Zufuhr eines Mikronährstoffes und Energiezufuhr am Beispiel von Calcium und Vitamin B2

Upper Limit = Höchste Zufuhr bei der keine negativen Effekte auf die Gesundheit zu erwarten sind [16,18,19];

DACH = Geschlechtsspezifische Empfehlung der deutschsprachigen Länder für die Zufuhr des entsprechenden Mikronährstoffes und für Personen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit [3].

Eine Überschreitung des Upper Limits war am häufigsten beim Eisen vorzufinden. 30% der Frauen und 11% der Männer hatten eine zu hohe Eisenaufnahme (Abb. 3). Der Mikronährstoff mit der höchsten Einnahme aus Supplementen war das Vitamin B12. Bei den Männern wurde eine durchschnittliche Vitamin-B12-Aufnahme über Supplemente von 40,5 mg·d⁻¹ erreicht, was 1348% der Empfehlungen entspricht. Das Überschreiten der Upper Limits bedeutet, wie oben erwähnt, dass langfristig gesehen negative gesundheitliche Folgen nicht mehr ausgeschlossen werden können. Entsprechend ihrer unterschiedlichen Funktionen im Stoffwechsel sehen die möglichen Folgen einer Überschreitung des Upper Limits für jeden Mikronährstoff anders aus. Eine Übersicht dazu findet sich in den aktuellen amerikanischen Empfehlungen zur Nährstoffzufuhr [16–19].

Mikronährstoffe und Knochenstoffwechsel

Für die Knochenentwicklung und die Erhaltung der Knochenmasse sind aus nutritiver Sicht vor allem Calcium, Phosphor, Vitamin D und Vitamin K wichtig [20]. Während 33% der Spitzensportlerinnen und 6% der Spitzensportler eine zu geringe Calciumaufnahme hatten, war die Aufnahme von Vitamin D bei 63% der Frauen sowie bei 45% der Männer zu niedrig. Dies lässt auf eine kritische Situation vor allem bei den Spitzensportlerinnen schliessen, welche schon von Natur aus einem höheren Osteoporoserisiko ausgesetzt sind [21]. Andere kritische Faktoren für die Entwicklung von Osteoporose sind Essstörungen und Amenorrhö, welche oftmals bei Spitzensportlerinnen vorkommen [20, 22]. Da eine negative Energiebilanz, wie sie scheinbar bei 75% der Schweizer Spitzensportlerinnen vorlag, mit einem erhöhten Risiko von Amenorrhö einhergeht [22], ist die Situation bezüglich eines optimalen Knochenstoffwechsels als relativ heikel zu bezeichnen. Die vom Körper benötigte Menge Vitamin D kann mit genügend direkter Sonneneinstrahlung gedeckt werden. Demnach ist die Vitamin D-Versorgung vor allem in den Wintermonaten oder für Sportler problematisch, welche hauptsächlich in Hallen trainieren. Um einem Verlust der Knochenmasse entgegenzuwirken, sollten eine ausgeglichene Energiebilanz und eine calciumreiche Ernährung betont werden. Eine gute Calciumquelle ist neben fettarmen Milchprodukten calciumreiches Mineralwasser, aus welchem Calcium entgegen anders lautenden Meinungen gut absorbiert wird [23].

Eisen

Für die Spitzensportler scheint eine adäquate Eisenaufnahme weniger problematisch zu sein als für die Spitzensportlerinnen, von denen 35% zu tiefe Eisenaufnahmen hatten (gegenüber 1% der

Männer). Eine zu tiefe Eisenaufnahme ist als noch problematischer zu bezeichnen, wenn auf Fleischverzehr verzichtet wird. Denn durch eine fleischlose Ernährung wird kein Hämeisen aufgenommen, welches im Vergleich zum Nicht-Hämeisen aus pflanzlichen Quellen besser absorbierbar ist [24]. Eine erhöhte Eisenzufuhr ist vermutlich auch dann angebracht, wenn Nicht-Hämeisen zusammen mit nahrungsfaserreichen Lebensmitteln verzehrt wird, da diese Substanzen enthalten, welche die Bioverfügbarkeit des Eisens verringern [25]. Eine ausführlichere Betrachtung vom Eisen (und den Antioxidantien) in Relation zum Sport ist im Artikel vom Zimmermann [4] in diesem Heft wiedergegeben.

Mikronährstoffe mit antioxidativen Eigenschaften

Die Aufnahme von Mikronährstoffen mit antioxidativen Eigenschaften war im Allgemeinen zufrieden stellend, mit Ausnahme der Folsäure. Durch die Einnahme von Supplementen lag die Gesamtzufuhr der Vitamine C, E und A im Durchschnitt zwischen 250 und 400% der Empfehlung für Leute mit sitzender Tätigkeit, und auch die Gesamtzufuhr von Kupfer und Zink lag jeweils bei über 200% der Empfehlung. Aus diesen Daten wird klar ersichtlich, dass durch Supplemente problemlos grosse Mengen an Mikronährstoffen eingenommen werden können, und dass je nach Mikronährstoff bald einmal die Upper Limits erreicht werden.

Folsäure

Die durchschnittliche Totalaufnahme an Folsäure von 414 µg·d⁻¹ entsprach ziemlich genau den Empfehlungen für Personen mit sitzender Tätigkeit und war um einiges höher als der durchschnittliche Verbrauch der Schweizer Bevölkerung von 312 µg·d⁻¹ [15]. Dennoch hatten über 65% der Spitzensportler und -sportlerinnen eine zu tiefe Aufnahme (Abb. 4). Diese ungünstige Situation wird zudem noch verschärft, da Folsäure während der Verarbeitung von Lebensmitteln sehr schnell zerstört wird und somit moderne Lebensmittel einen tiefen Folsäuregehalt aufweisen [26, 27]. Eine tägliche Aufnahme von Gemüse und Vollkornprodukten gemäss den Empfehlungen der Ernährungspyramide sollte daher betont werden.

Schlussbemerkungen

Diese erste Bestandsaufnahme der Energie- und Nährstoffzufuhr im Schweizer Spitzensport konnte einige Mängel aufdecken, deren Behebung kurzfristig eine messbare Verbesserung der Leistungsfähigkeit bewirken und mittel- bis langfristig eine bessere Gesundheit gewährleisten kann. Das grösste Defizit der Schweizer

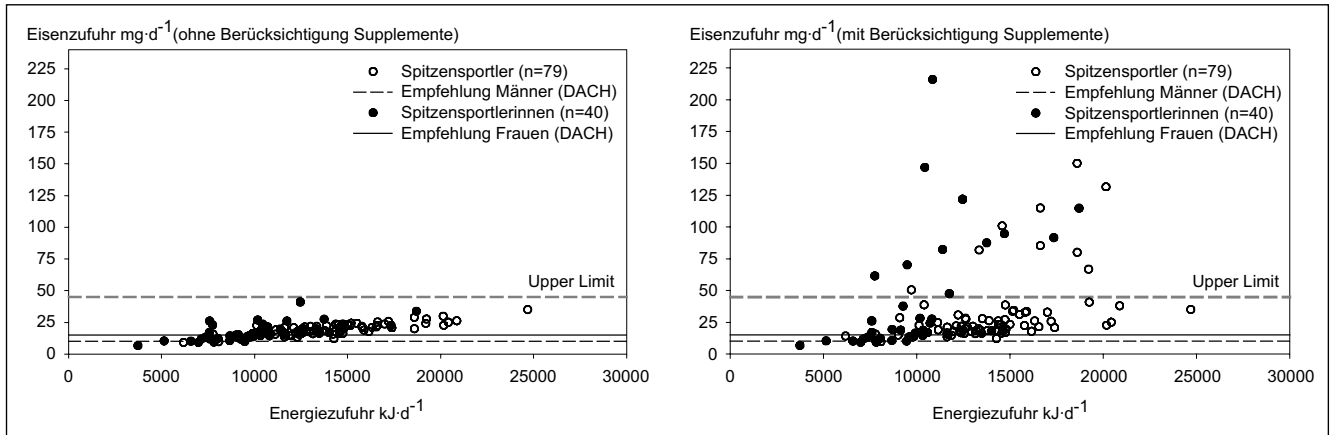


Abbildung 3: Eisenzufuhr der Schweizer Spitzensportler und Spitzensportlerinnen in Relation zur Energiezufuhr mit und ohne Berücksichtigung von Supplementen

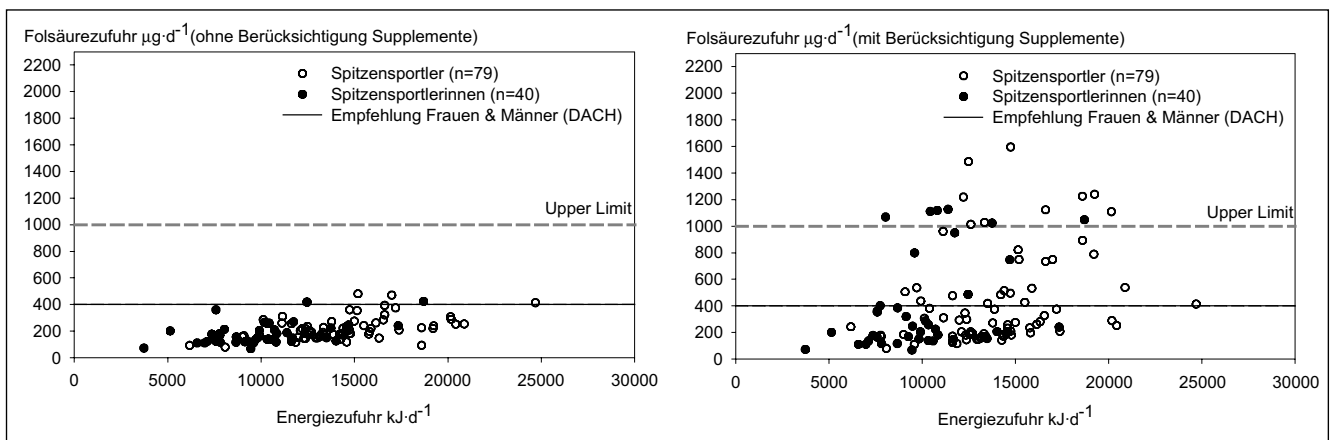


Abbildung 4: Folsäurezufuhr der Schweizer Spitzensportler und Spitzensportlerinnen in Relation zur Energiezufuhr mit und ohne Berücksichtigung von Supplementen

Upper Limit = Höchste Zufuhr bei der keine negativen Effekte auf die Gesundheit zu erwarten sind [16,18,19];
 DACH = Geschlechtsspezifische Empfehlung der deutschsprachigen Länder für die Zufuhr des entsprechenden Mikronährstoffes und für Personen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit [3].

Spitzensportler und -sportlerinnen war zweifelsohne die zu geringe Kohlenhydrataufnahme. Die minimale Zufuhr von 6 g·kg⁻¹ KM sollte von allen Spitzensportlern und -sportlerinnen erreicht werden. Dazu ist eine mehrmalige Aufnahme von kohlenhydratreichen Lebensmitteln pro Tag notwendig. Nur einmal pro Tag am Morgen ein Müesli oder zu Mittag einen Teller Teigwaren zu essen genügt nicht. Als nächster Punkt sind sowohl die zu niedrige Flüssigkeitszufuhr wie auch die ungünstige Fettqualität zu nennen. Ersterer kann bereits mit einem konsequenten und bewussten Trinkverhalten während und nach einem Training korrigiert werden. Informationen hierzu und zu Sportgetränken im Allgemeinen gibt die Übersicht von Shirreffs [28] in diesem Heft. Die Fettqualität der Nahrung kann ebenfalls leicht verbessert werden. Eine Reduktion der Verwendung von Vollfett-Milchprodukten sowie ein vermehrter Gebrauch von n-3 reichen Pflanzenölen wie Raps- oder Leinöl in der kalten Küche sind hier anzustreben. Falls Fische vertragen werden, gehören diese mit ein bis besser zwei Portionen pro Woche ebenfalls auf den Speiseplan eines Spitzensportlers.

Bei den Mikronährstoffen stehen in erster Linie die stark unterschiedlichen Zufuhrmengen hervor. Obwohl die durchschnittliche Aufnahme durchaus akzeptabel war, hatten relativ viele Sportler und Sportlerinnen entweder eine zu tiefe oder zu hohe Aufnahme einzelner Mikronährstoffe. Allgemeingültige Aussagen sind deshalb hier nicht angebracht, ausser der an die Spitzensportler und -sportlerinnen zu kommunizierenden Bemerkung, dass sowohl eine zu niedrige wie auch eine zu hohe Zufuhr negative gesundheitliche Folgen nach sich ziehen können. Es gibt einen sicheren

Bereich an Nährstoffzufuhren: Was darunter oder darüber liegt, erhöht das gesundheitliche Risiko.

Die in diesem Artikel gemachten Überlegungen und Empfehlungen basieren auf der allgemeinen mengenmässigen Deckung des Bedarfes an Energie und Nährstoffen (für einfach verständliche Richtlinien zur Lebensmittelauswahl kann auf die Schweizer Ernährungspyramide zurückgegriffen werden; konkrete Tagespläne sind im Artikel von Mannhart [29] zu finden). Nur am Rande erwähnt wurden jedoch Aspekte, die wir als «dynamisch» bezeichnen: Im Sport spielt der Zeitpunkt der Zufuhr an energieliefernden Nährstoffen eine nicht mehr zu vernachlässigende Bedeutung. Klar ersichtlich wird dies bei der Betrachtung der Regenerationsphase, wie Décombaz [12] in diesem Heft beschreibt.

Wenn nun all diesen statischen und dynamischen Aspekten genügend Beachtung geschenkt wurde, dann können Überlegungen zur Verwendung von erlaubten Supplementen angestellt werden. Einige grundsätzliche Überlegungen zur Verwendung von Supplementen sowie die detaillierte Besprechung ausgewählter Supplemente finden sich im Artikel von Mannhart [29] in diesem Heft.

Trotz allen möglichen Einflüssen auf die Leistungsfähigkeit, die von einer optimalen Ernährung ausgehen, sollte eines nicht vergessen werden. Ausschlaggebend für den Erfolg im Spitzensport ist eine Myriade von Faktoren verantwortlich. Die Ernährung ist dabei nicht mehr und nicht weniger als einer dieser vielen Faktoren.

Korrespondenzadresse:

Dr. P.C. Colombani, INW Ernährungsbiologie, ETH-Zentrum – LFW A 33, CH-8092 Zürich, paolo.colombani@inw.agrl.ethz.ch

Literaturverzeichnis

- 1 *American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, Dietitians of Canada*: Nutrition and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2000; 32, 2130–2145.
- 2 *Tarnopolsky M.A.*: Females and males: Should nutritional recommendations be gender specific? *Schweiz. Z. Med. Traumatol.*, 2003; 51, 39–46.
- 3 *DACH*: Die Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt: Umschau/Braus; 2000.
- 4 *Zimmermann M.B.*: Vitamin and mineral supplementation and exercise performance. *Schweiz. Z. Med. Traumatol.*, 2003; 51, 53–57.
- 5 *Colombani P.C., Strub I., Mannhart B., Mannhart C.*: Nutritional intake of Swiss elite athletes II: Micronutrients. Submitted, 2003.
- 6 *Colombani P.C., Strub I., Mannhart B., Mannhart C.*: Nutritional intake of Swiss elite athletes I: Energy and macronutrients. Submitted, 2003.
- 7 *International Association of Ultrarunners*: 24 h run best-of list. http://www.iau.org.tw/Main_iau/Statistics/index.htm, accessed 21–12–2002.
- 8 *Garby L., Kurzer M.S., Lammert O., Nielsen E.*: Effect of 12 weeks' light-moderate underfeeding on 24-hour energy expenditure in normal male and female subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1988; 42, 295–300.
- 9 *Wilmore J.H., Wambsgans K.C., Brenner M., Broeder C.E., Pajmans I., Volpe J.A., Wilmore K.M.*: Is there energy conservation in amenorrheic compared with eumenorrheic distance runners? *J. Appl. Physiol.*, 1992; 72, 15–22.
- 10 *Brownell K.D., Steen S.N., Wilmore J.H.*: Weight regulation practices in athletes: analysis of metabolic and health effects. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1987; 19, 546–556.
- 11 *Mulligan K., Butterfield G.E.*: Discrepancies between energy intake and expenditure in physically active women. *Br. J. Nutr.*, 1990; 64, 23–36.
- 12 *Décombaz J.*: Nutrition and the recovery of energy stores after exercise. *Schweiz. Z. Med. Traumatol.*, 2003; 51, 31–38.
- 13 *Simopoulos A.P.*: Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1999; 70, 560S–569S.
- 14 *Swiss Granum*: Jahresbericht 2001–2002. http://www.swissgranum.ch/pdf/1df3_D_Rapp_annuel02.pdf, accessed 31-12-2002.
- 15 *BAG, OFSP, UFSP, SFOPH*: Vierter Schweizerischer Ernährungsbericht. Bern: Bundesamt für Gesundheit (BAG); 1998.
- 16 *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine*: Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington, DC: National Academy Press; 2000.
- 17 *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine*: Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: National Academy Press; 2000.
- 18 *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine*: Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. Washington, DC: National Academy Press; 2000.
- 19 *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine*: Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC: National Academy Press; 2001.
- 20 *Anderson J.J.B., Stender M., Rondano P., Bishop L., Duckett A.B.*: Nutrition and Bone in Physical Activity and Sport. In Wollinsky I (ed). *Nutrition in Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press LLC; 1998:219–244.
- 21 *Boling E.P.*: Gender and osteoporosis: similarities and sex-specific differences. *J. Gend. Specif. Med.*, 2001; 4, 36–43.
- 22 *Ruud J.S., Grandjean A.C.*: Nutritional Concerns of Female Athletes. In: Wollinsky I (ed). *Nutrition in Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press LLC; 1998:431–447.
- 23 *Couzy F., Kastenmayer P., Vigo M., Clough J., Munoz-Box R., Barclay D.V.*: Calcium bioavailability from a calcium- and sulfate-rich mineral water, compared with milk, in young adult women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1995; 62, 1239–1244.
- 24 *Conrad M.E., Umbreit J.N.*: Iron absorption and transport-an update. *Am. J. Hematol.*, 2000; 64, 287–298.
- 25 *Sanders T.A.B.*: Iron status of vegetarians. In *The British Nutrition Foundation* (ed). *Iron. Nutritional and physiological significance*. London: Chapman & Hall; 1995:124–126.
- 26 *McMartin K.*: Folate and Vitamin B12. In Wollinsky I., Driskell J.A. (eds). *Sports Nutrition*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1997:85–96.
- 27 *Scott J.M.*: Folate and vitamin B12. *Proc. Nutr. Soc.*, 1999; 58, 441–448.
- 28 *Shirreffs S.M.*: The optimal sports drink. *Schweiz. Z. Med. Traumatol.*, 2003; 51, 25–29.
- 29 *Mannhart C.*: Aktuelle Leistungsförderer im Sport. *Schweiz. Z. Med. Traumatol.*, 2003; 51, 58–79.