

# Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

## 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

**SAMUEL METTLER**

Der 2. Teil dieser Übersicht beschäftigt sich mit der Problematik der ausreichenden Eisenversorgung bei Sport Treibenden. Der 1. Teil (Eisenstoffwechsel und Diagnostik) ist in AM 18/05 erschienen.

### 3. Ernährung und Eisen

#### 3.1. Bioverfügbarkeit

Eisen wird als zwei- beziehungsweise dreiwertiges Übergangsmetallion durchschnittlich nur zu etwa 5 bis 15 Prozent absorbiert (4, 41). Unter anderem daraus werden die täglichen Zufuhrempfehlungen im Bereich von 8 bis 10 mg beziehungsweise 15 bis 18 mg für den Mann respektive die Frau im reproduktiven Alter hergeleitet. Die Richtwerte für die Zufuhr eines Nährstoffs sind so gewählt, dass eine durchschnittliche tägliche Nahrungszufuhr des entsprechenden Elements bei nahezu allen Personen einer Population den Bedarf deckt und vor mangelbedingten Gesundheitsschäden schützt (6).

Die Annahme einer Bioverfügbarkeit von rund 10 Prozent beim Eisen ist aber nur eine grobe Abschätzung eines mittleren Werts für die Gesamtbevölkerung. Im Einzelfall kann die Bioverfügbarkeit wesentlich besser oder aber auch viel schlechter sein, weshalb aufgrund des Eisengehalts der Nahrung noch relativ wenig darüber

ausgesagt wird, wieviel Eisen der Körper tatsächlich absorbiert, beziehungsweise Risikoprofile für einen Eisenmangel aufgrund von Nährwertdaten können sich deutlich von der Eisenstatusbestimmung über biochemische Marker unterscheiden (104). Die Bioverfügbarkeit hängt unter anderem stark vom Eisenstatus eines Individuums ab (7, 105). Die Absorption von Eisen zeigt eine eindrucksvolle Adaptation an die Versorgungslage des Organismus (14).

Die Eisenabsorption ist aber auch von anderen Nahrungsbestandteilen abhängig. Hauptsächlich das freie Eisen ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) ist wesentlich von absorptionshemmenden (Inhibitoren) oder absorptionsfördernden (Enhancer) Faktoren abhängig (106). Die pH-Änderungen im Gastrointestinaltrakt sowie die Anwesenheit von reduzierenden Substanzen oder Komplexbildnern haben beträchtliche Auswirkungen auf die Verfügbarkeit des freien Eisens, währenddem das koordinativ porphyringebundene Hämeisen gegen Inhibitoren viel weniger anfällig ist (14).

Rund 80 Prozent des Nahrungseisens liegt in der schlechter verfügbaren dreiwertigen Form vor. Dieses ist bei pH-Werten über 3 unlöslich und damit im Darm nicht absorbierbar, wenn es nicht entweder zu  $\text{Fe}^{2+}$  reduziert oder komplexiert wird. Die Salz- und Ascorbinsäure im Magen spielt daher vermutlich eine wichtige Rolle: Ascorbinsäure reduziert  $\text{Fe}^{3+}$  zu  $\text{Fe}^{2+}$ , wobei dieser Prozess vom sauren pH im Magen abhängig ist (107). Zusätzlich bildet Ascorbinsäure lösliche monomere Chelate mit  $\text{Fe}^{3+}$  und verhindert damit ein Ausfällen. Auch dieser Bildungsprozess ist von einem pH unter 3 abhängig. Der Magensäure wird daher eine sehr wichtige Rolle im Absorptionsprozess des freien Eisens zugeschrieben. Zudem wird Ascorbinsäure aktiv mit dem Magensaft sezerniert, und es wird auf eine vermutlich sehr wichtige aber häufig unterschätzte Rolle des Magens im Absorptionsprozess von Eisen hingewiesen (107). Verschiedene Pathologien im Magenbereich können daher einen Eisenmangel oder sogar eine Anämie zur Folge haben (107). Antazida oder Säureblocker könnten damit ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Eisenabsorption haben und sollten in einer Ursachenevaluation bei einem Eisenmangel mitberücksichtigt werden.

### Zusammenfassung

Absorptionsfördernde Nahrungsbestandteile wie Fleisch oder Vitamin C und hemmende Substanzen wie Phytinsäure, Polyphenole oder pflanzliche Proteine können die Bioverfügbarkeit des Eisens beeinflussen. Sportlerinnen und Sportler müssen über mögliche Massnahmen, um die Eisenaufnahme und -absorption zu optimieren, Bescheid wissen.

niert, und es wird auf eine vermutlich sehr wichtige aber häufig unterschätzte Rolle des Magens im Absorptionsprozess von Eisen hingewiesen (107). Verschiedene Pathologien im Magenbereich können daher einen Eisenmangel oder sogar eine Anämie zur Folge haben (107). Antazida oder Säureblocker könnten damit ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Eisenabsorption haben und sollten in einer Ursachenevaluation bei einem Eisenmangel mitberücksichtigt werden.

#### 3.2. Eisen in der Nahrung

Das Hämeisen zeigt eine wesentlich bessere Bioverfügbarkeit als das  $\text{Fe}^{2+}$  und das  $\text{Fe}^{3+}$ . Fleisch, Leber, Geflügel oder Fisch enthält sowohl Hämeisen wie freies Eisen (41). Das Eisen in gekochtem Rind, Lamm, Schwein oder Geflügel liegt zu rund 60 bis 65 Prozent als Hämeisen vor, währenddem Leber und Fisch einen tieferen Anteil Hämeisen haben (rund 20–40%) (108, 109). Dagegen enthält pflanzliche Nahrung nur das freie Eisen. Obwohl das Hämeisen durchschnittlich nur etwa 10 bis 15 Prozent des Nahrungseisens darstellt, ist es wegen der hohen Bioverfügbarkeit ein bedeuten-

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

der Eisenlieferant. Demgegenüber ist das freie Eisen aus pflanzlicher Kost einerseits sehr anfällig auf Inhibitoren (absorptionshemmende Substanzen), andererseits sind diese Inhibitoren in diesen Lebensmitteln meistens auch noch direkt vorhanden, sodass die Bioverfügbarkeit deutlich unter 10 Prozent liegen kann (41). Die Einflüsse von verschiedenen Inhibitoren und Enhancern (absorptionsfördernde Substanzen) werden im Folgenden diskutiert und sind in *Tabelle 1* zusammengefasst.

Das Hämeisen ist zwar unbestritten viel weniger anfällig auf Inhibitoren, aber sowohl Peptide aus partiell verdaulichem Fleisch (Enhancer), wie auch Kalzium (als schwacher Inhibitor) können einen Einfluss auf die Absorption haben. Fleisch wirkt sich aber auch positiv auf die Bioverfügbarkeit des freien Eisens aus. So liefert Fleisch nicht nur das gut verfügbare Hämeisen, sondern steigert gleichzeitig auch die Absorption des Eisens aus anderen Nahrungsquellen (41). Ein weiterer effektiver Enhancer der Absorption von freiem Eisen ist Vitamin C (110, 111), wobei die Wirkung dosisabhängig ist (112). Vitamin C kann die negativen Einflüsse von Phytaten aus pflanzlicher Kost reduzieren oder aufheben (113, 114) und damit zu einer Verbesserung der Eisenaufnahme aus pflanzlichen Lebensmitteln beitragen. Allerdings scheint die Wirkung von Ascorbinsäure am ausgeprägtesten, wenn sie zusammen mit Eisenpräparaten oder einfachen Mahlzeiten aufgenommen wird. Der Effekt von Vitamin C auf die Eisenabsorption aus einer kompletten Diät oder generell auf den Eisenstatus scheint geringer zu sein (115, 116). Jedenfalls sollte das Vitamin C mehr oder weniger gleichzeitig mit dem Eisen konsumiert werden, um effektiv zu sein (77), was auch plausibel ist, da das Vitamin C direkt auf das Nahrungseisen treffen muss.

Enhancer wie Ascorbat reduzieren  $Fe^{3+}$  zu  $Fe^{2+}$  und binden es in lösliche Komplexe, die für die Absorption zugänglich sind (117). Auch das Vitamin A bildet vermutlich einen Eisen-Vitamin-A-Komplex, der das Eisen in Lösung und für die Absorption zugänglich hält (118).

Inhibitoren binden Eisen in Komplexe, die für die Absorption nicht mehr verfügbar

**Tabelle 1: Absorptionsfördernde (Enhancer) und -hemmende (Inhibitoren) Substanzen, die die Bioverfügbarkeit, hauptsächlich des freien Eisens, beeinflussen können**

(Nach: 9;22;41;106;110;117;118;127;181;228–231)

#### Enhancer

- Vitamin C (Zitrusfrüchte, Früchte und Fruchtsäfte, Salat und leicht gekochte Gemüse, oder supplementiertes Vitamin C)
- Peptide aus partiell verdaulichem Muskelgewebe fördern sowohl die Absorption des Hämeisens wie des freien Eisens. (Rind, Lamm, Schwein, Geflügel, Fisch, Leber usw.)
- Gegärte Lebensmittel (tiefer pH) wie z.B. Sauerkraut
- Organische Säuren (z.B. Malat, Citrat in Zitrus- und anderen Früchten)
- Möglicherweise Alkohol und Vitamin A,  $\beta$ -Karotin

#### Inhibitoren

- Phytate (Cerealien, Weizenkeime, Gemüse, Nüsse, Erdnussbutter, Samen, Kleie, Sojaprodukte, Sojaprotein)
- Oxalat (Spinat)
- Polyphenolverbindungen (Schwarztee und Kaffee, Kräutertee, Kakao, Rotwein, einige Gewürze wie z.B. Oregano)
- Peptide aus partiell verdaulichem pflanzlichen Proteinen (Sojaproteinisolate und Sojaprodukte) sowie Eialbumin und Casein.
- Kalzium inhibiert sowohl die Absorption des Hämeisens wie des freien Eisens, ist aber ein sehr schwacher Inhibitor von untergeordneter Bedeutung.
- Diverse divalente Ionen (spielt vermutlich nur eine bedeutende Rolle wenn Supplemente im Spiel sind)

sind. Die wichtigsten bekannten Inhibitoren sind Phytinsäure, Polyphenolverbindungen und gewisse (v.a. pflanzliche) Proteine (117, 119).

Phytinsäure (Inositol-Hexaphosphat) kommt in Getreide und Leguminosen vor und ist der Hauptfaktor für die tiefe Bioverfügbarkeit von Eisen aus diesen Nahrungsmitteln. Phytinsäure akkumuliert unter der Kleie und wird beim Schälen deutlich reduziert (117). Nahrungsfasern für sich beeinflussen die Eisenabsorption praktisch nicht. Der inhibitorische Effekt von faserreichen Nahrungsmitteln kann praktisch ausschliesslich auf den Phytinsäuregehalt zurückgeführt werden. Einige traditionelle Verarbeitungsmethoden wie Fermentieren, Keimen lassen oder Einweichen können Phytasen aktivieren und damit die Eisenabsorption verbessern (117). In Hülsenfrüchten (wie auch Soja) ist Phytinsäure im Proteinkörper des Endosperms vorhanden und wird sogar noch konzentriert, wenn das Protein isoliert wird. Die enzymatische Entfernung

von Phytinsäure steigert die Eisenabsorption aus Sojaproteinisolaten um das Vier- bis Fünffache (117, 120). Sojaprotein wirkt aber auch für sich allein, ohne Phytinsäure inhibitorisch (121). Auch aus Getreideprodukten lässt sich die Absorption von Eisen um ein Mehrfaches erhöhen, wenn die Phytinsäure enzymatisch abgebaut wird (122). Die absorptionshemmende Wirkung ist streng dosisabhängig (114). Phytinsäure inhibiert auch die Absorption von Kalzium, Zink und Magnesium (123).

Zu den Polyphenolen aus pflanzlicher Kost zählen Phenolsäure, Flavonoide und deren Polymerisationsprodukte. Die potentesten Inhibitoren stellen vermutlich die Tannine aus Schwarztee dar. Die Eisenabsorption aus einer Mahlzeit kann durch gleichzeitig konsumierten Schwarztee massiv herabgesetzt werden (117). Auch die Polyphenolverbindungen aus Kaffee, Rotwein oder Gemüse können die Eisenabsorption stark herabsetzen. Die absorptionshemmende Wirkung der Polyphenole ist ebenfalls

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

dosisabhängig und kommt durch Komplexbildung zustande (124, 125). Bezwoda et al. (126) fanden beispielsweise eine wesentlich schlechtere Eisenabsorption für eine bestimmte Eisenmenge, wenn Rotwein getrunken wurde anstatt Weisswein.

Gegenüber der Phytinsäure und den Polyphenolverbindungen ist Kalzium ein relativ schwacher Inhibitor, und Effekte können höchstens in einfachen kleinen Mahlzeiten beobachtet werden. In einer durchschnittlichen Mischkost ist die Wirkung von Kalzium gegenüber den viel potenteren Inhibitoren vernachlässigbar (127), sodass zum Beispiel Milchprodukte aus der Sicht der Eisenabsorption kein Problem darstellen (117, 128, 129). Roughead et al. (129) fanden beispielsweise keine absorptionsbeeinträchtigende Wirkung wenn zusätzlich Käse zu einer Mahlzeit mit hoher Bioverfügbarkeit gegessen wurde. Van de Vijver et al. (130) fanden eine schwach inverse Korrelation zwischen der Kalziumaufnahme und den Ferritinwerten. In Langzeitsupplementierungen mit Kalzium konnte aber kein negativer Einfluss auf den Eisenstatus gefunden werden (127, 131–134). Vielleicht sollten Eisensupplemente aber trotzdem sinnvollerweise von Kalziumsupplementen zeitlich getrennt eingenommen werden. Das Kalzium wird dabei idealerweise vor dem Zubettgehen eingenommen, sodass die Eisenabsorption aus den Mahlzeiten unter dem Tag möglichst nicht beeinträchtigt wird (5, 135). Sokoll und Dawson-Hughes (127) fanden allerdings selbst bei täglich 1000 mg Kalzium, das zu den Mahlzeiten eingenommen wurde, keinen Einfluss auf den Eisenstatus.

Die im Verdauungsprozess von Proteinen entstehenden Peptide können Eisen binden und damit seine Absorption beeinflussen. Dabei wirken Sojaprotein, Eialbumin und Kasein inhibitorisch (117), wobei Milch auch aus diesem Gesichtspunkt als problemlos beurteilt wird (9). Aber auch noch andere Leguminoseproteine wirken inhibitorisch (119). Andererseits ist schon lange bekannt, dass Muskelgewebe eine positive Wirkung auf die Absorption des freien Eisens hat. Dieser Effekt von Rind, Lamm, Geflügel, Fisch, Schwein, Leber und so weiter scheint auf den hohen Cysteingehalt

zurückführbar zu sein, wobei die SH-Reste das  $\text{Fe}^{3+}$  zu  $\text{Fe}^{2+}$  reduzieren können. Jedenfalls verschwindet der Effekt dieser Fleischlieferanten, wenn die Cysteinreste vor dem Essen oxidiert werden (117, 136, 137).

Zu einem gewissen Grad kann der Körper auf eine schlechte Bioverfügbarkeit reagieren und die Absorption hinaufregulieren oder bei einer guten Bioverfügbarkeit herunterregulieren, womit sich langfristig der Unterschied zwischen Ernährungsweisen mit gut oder schlecht bioverfügbarem Eisen zwar verkleinert, aber doch nicht verschwindet (138, 139).

#### 3.3. Gesunde Inhibitoren?

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass die im vorhergehenden Kapitel behandelten Inhibitoren nicht pauschal als «schädlich» abgestempelt werden dürfen. Phytinsäure, Polyphenole und viele andere organische Verbindungen gehören in die Klasse der sekundären Pflanzenstoffe. Die gesundheitlich relevanten Aspekte dieser Nahrungsbestandteile sind bisher nur unzureichend bekannt. Es ist aber unbestritten, dass diese Stoffe mit ihren antioxidativen und antikanzerogenen Wirkungen für die Gesundheit wichtig sind (140). Gerade die Polyphenole zeigen unter anderem diese Wirkung. Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, die sekundären Pflanzenstoffe und ihre vielfältigen Wirkungsweisen weiter zu behandeln, aber die Verknüpfung mit diesem Thema soll hier erwähnt sein. Denn praktisch immer ist es problematisch, eine Substanz nur aus einem Gesichtspunkt zu beurteilen. So wurde beispielsweise auch besprochen, dass sich das Vitamin C positiv auf die Absorption von Eisen auswirkt. Gleichzeitig scheint Vitamin C aber die Absorption von Kupfer zu beeinträchtigen, insbesondere wenn es in pharmakologischen Mengen über rund 500 mg/Tag eingenommen wird (93, 94, 141, 142). Man dreht sich also irgendwie im Kreis. Eine gesunde ausgewogene Ernährung bringt eine Vielzahl von Wechselwirkungen mit sich, die in ihrer Gesamtheit die Bedürfnisse des gesunden Organismus abdecken sollten. Risiken entstehen häufig dann, wenn eine einseitige Ernährung oder Supplemente dieses Gleichgewicht stören.

#### 3.4. Eisenversorgung und Bedarf bei Athleten

Weil Frauen durchschnittlich einen tieferen Energiebedarf haben, ist rein statistisch schon weniger Eisen in der Nahrung, währenddem ihr Bedarf grösser ist als bei den Männern. Dazu können weitere Risikofaktoren kommen, wie beispielsweise eine vegetarische Ernährungsweise. Damit wird das gut bioverfügbare Hämeseisen umgangen. Hinzu kommt, dass das vielfach als Proteinersatz konsumierte Sojaprotein bezüglich der Eisenaufnahme inhibitorisch wirkt (117). Eine bei Frauen in vielen Sportarten zu beobachtende, selbstauferlegte energiereduzierte Diät verschärft das Problem für diese Population noch mehr. Die Energieaufnahme in gewissen Sportarten liegt deutlich unter dem Energiebedarf der Durchschnittsbevölkerung. Dass speziell Frauen ihren Eisenbedarf über die Nahrung häufig nicht abdecken (16, 41, 143) ist daher nicht verwunderlich. Der Eisenbedarf für verschiedene Sportarten wurde bisher nicht bestimmt. Aber die Werte dürften variabel sein, wie im Folgenden diskutiert wird.

Gemäss dem 4. Schweizerischen Ernährungsbericht ist die Eisenzufuhr für Frauen und Männer durchschnittlich zwar gedeckt (144). Allerdings stützt sich diese Beurteilung nur auf Verbrauchswerte und auf die Durchschnittsbevölkerung. Eine amerikanische Untersuchung ermittelte für Frauen einen Median bei der Eisenaufnahme von rund 11–12 mg/Tag (145). Dies würde bedeuten dass ein Grossteil der Frauen die Zufuhrempfehlungen nicht erreicht. Weil davon ausgegangen werden muss, dass SportlerInnen teilweise einen höheren Eisenbedarf haben können, wird die Situation für Frauen zusätzlich heikel. Der tägliche Eisenverlust bei Ultraausdauerathleten wird von 1,5–1,7 mg bei Männern auf bis zu 2,3 mg bei Frauen geschätzt (146, 147). Bei einer angenommenen durchschnittlichen Bioverfügbarkeit von 10 Prozent ergibt das einen Bedarf von bis zu 23 mg/Tag. Höhere Bedarfswerte beziehungsweise eine schlechtere Eisenversorgung haben Schumacher et al. (21) hauptsächlich bei Läufern aber nicht bei Radfahrern gefunden.

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

Aus dem Vergleich verschiedener Sportarten wurde geschlossen, dass Ausdauerbelastungen an sich keinen höheren Eisenbedarf bedingen, wenn man mit Kraftsportarten oder Sportarten mit verschiedenen Belastungsarten vergleicht (21). Aus dem Vergleich unter verschiedenen Ausdauersportarten wurde jedoch geschlossen, dass die mechanisch traumatische Komponente des Rennens insbesondere an der Fusssohle (foot-strike hemolysis) oder durch explosive Muskelkontraktionen (Laufen, Schläge) eine erhöhte Zerstörung von Erythrozyten mit sich bringt. So wurden reduzierte Haptoglobinwerte hauptsächlich bei Läufern, nicht aber bei Radfahrern gefunden. Die erhöhte Hämolyse bedeutet zwar noch nicht direkt einen höheren Eisenverlust, da das frei werdende Hämoglobin durch das Haptoglobin gebunden und in der Leber rezykliert wird. Trotzdem wurde bei Läufern im Vergleich mit Radfahrern ein deutlich schlechterer Eisenstatus gefunden (21). Auch Ehn et al. (148) fanden bei Langstreckenläufern in einer Studie mit Radioeisen einen täglichen Eisenverlust im Bereich von 2 mg. Diese Athletenpopulation dürfte daher tatsächlich einen höheren Eisenbedarf haben. In der Studie von Schumacher et al. (21) wurden (logischerweise) nur Nichtsportler sowie Athleten vom Hobbysportler bis zum internationalen Profi berücksichtigt, die nicht supplementierten. Für die meisten Sportarten dürfte der Eisenbedarf im Bereich der oder höchstens leicht über den allgemeinen Empfehlungen liegen (41). Ausdauerläufer könnten über eine sinnvolle Ernährungsweise selbst einen erhöhten Eisen- oder allgemein Mineralstoffbedarf decken, da die wesentlich höhere Energieaufnahme nicht einmal eine höhere Nährstoffdichte der Nahrung verlangt (149). Doch genau aus diesem Gesichtspunkt werden viele Frauen den Eisenbedarf nicht decken, wenn oder weil sie sich selber eine energiereduzierte Diät auferlegen – eine nicht wenig verbreitete Untugend unter gewissen Athletinnenpopulationen. Es sollte daher auch erwähnt sein, dass eine zu tiefe Energieaufnahme die Leistungsfähigkeit zusätzlich und unabhängig von einem Eisenmangel beein-

trächtigt (150). Es wird ein hoher Anteil an Vegetarierinnen unter Athletinnen mit Amenorrhö beschrieben (151, 152), und Lloyd et al. (153) fanden eine höhere Verbreitung von unregelmässigen Menstruationszyklen unter vegetarischen Athletin-

nen, auch wenn sich diese im Gewicht von den Nichtvegetarierinnen nicht unterscheiden. Eine vegetarische Ernährung ist zwar kein Risikofaktor für die Female Athlete Triad (Essstörung – Amenorrhö – Osteoporose), kann aber zu einem Faktor wer-

Tabelle 2: **Risikofaktoren für tiefe Eisenspeicher**

Nach: (2;16;21;41;162)

- Weibliches Geschlecht (höherer Bedarf)
- Fleischarme Ernährung bzw. Vegetarier
- Sportarten mit tiefer Energieaufnahme und betont ästhetischem Ausdruck wie Kunstturnen oder Eiskunstlauf usw.
- Sportarten mit tiefer Energieaufnahme wegen Gewichtskategorien: Kampfsport, Rudern usw.
- Ausdauersport, hauptsächlich Laufen
- Die hohe Verbreitung von Essstörungen speziell bei Frauen in Ausdauersportarten oder Kunstturnen und Eiskunstlauf
- Adoleszenz (wobei hier tiefe Eisenspeicher physiologisch normal bzw. fast unvermeidbar sind)
- Tiefe Aufnahme von Vitamin C
- Tiefe Eisenaufnahme gekoppelt mit einer schlechten Bioverfügbarkeit

Tabelle 3: **Mögliche Massnahmen, um die Eisenaufnahme und -absorption zu optimieren**

- Adäquate Energieaufnahme.
- Regelmässiger Fleisch-, Geflügel- oder Fischkonsum (mind. drei bis viermal pro Woche).
- Vermeiden, übermässig viele inhibitorenreiche Nahrungsmittel zu essen.
- Möglichst häufig eine kleine Fleischbeilage oder eine Vitamin-C-reiche Beilage
- Statt Tee oder Kaffee ein Glas Orangensaft oder eine andere (Zitrus)Frucht zum Frühstück. Je tiefer der Eisenstatus desto wichtiger ist diese Massnahme.
- Bei vegetarischer Ernährungsweise besonders auf eine hohe Eisenzufuhr und eisenreiche Lebensmittel wie grüne Gemüse und Leguminosen u.a. achten und evtl. eine Ernährungsberatung einholen.
- Pflanzliche Nahrungsmittel mit hohem Phytatgehalt (z.B. Vollkornprodukte, vgl. übernächster Punkt) mit Vitamin-C-reichen Nahrungsmitteln kombinieren. Die Säuren in Zitrusfrüchten (Grapefruit, Zitrone, Orange, Limone, usw.) erhöhen die Bioverfügbarkeit zusätzlich zum Vitamin C.
- Mit Eisen angereicherte Frühstückscerealien verwenden.
- Vollkornprodukte verwenden (besonders bei tiefer Energieaufnahme) und diese möglichst zusammen mit absorptionfördernden Substanzen kombiniert essen. Der höhere Eisengehalt der Vollkornprodukte wiegt stärker, als der höhere Inhibitorengehalt. Zudem liefern Vollkornprodukte neben Eisen noch viele andere wertvolle Nährstoffe.
- Grüne Gemüse sind eine gute Eisenquelle mit tiefem Phytatgehalt.
- Eisensupplemente nur mit medizinischer Betreuung und niemals prophylaktisch einnehmen.

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

den, wenn eine Athletin wegen ihrer vegetarischen Ernährung eine Amenorrhö zeigt (154).

Erhöhte Eisenverluste im Sport ergeben sich beispielsweise über zusätzliche Schweißverluste, gastrointestinale Blutungen (insbesondere bei Langstreckenläufern) oder andere stumpfe oder offene Verletzungen mit entsprechenden Blutverlusten. Blutungen im Gastrointestinaltrakt stellen hauptsächlich bei Läufern einen bedeutenden Faktor für Eisenverlust dar (22, 155). Die meisten Läsionen werden dem Magen und dem Kolon zugeschrieben (16). Der Blutverlust kann mehrere Milliliter pro Tag erreichen und damit eine negative Eisenbilanz induzieren (22, 156). Ein nicht unbedeutendes Problem und Ursache von Magenschleimhautentzündungen (Gastritis) unter Athleten stellt der verbreitete Konsum von NSAID (nonsteroidal anti-inflammatory drugs) dar (16). Wie häufig

und intensiv die Blutungen im Gastrointestinaltrakt sind, hängt von Faktoren wie Intensität, Dauer, schockartige Einwirkungen auf Organe sowie dem erwähnten NSAID-Gebrauch ab (22).

Wie bedeutend die Eisenverluste über den Schweiß sind, ist umstritten. Die berichteten Verluste liegen im Bereich von 22,5 mg/l (157) bis 400 mg/l (22), wobei die letztgenannte Zahl vermutlich zu hoch ist. Die meisten Autoren berichten Werte deutlich unter 100 mg/l (157–159). Übereinstimmender ist die Beobachtung, dass die Eisenkonzentration invers mit der Zeit und der Schweißrate korreliert, was einen gewissen Eisenkonservierungsmechanismus vermuten lässt (158, 160, 161). Schweißverluste sind anderen Effekten wahrscheinlich untergeordnet (16), und gastrointestinale Blutungen dürften die Hauptursache des erhöhten Bedarfs bei Läufern sein (156).

Nicht zu unterschätzen ist das Risiko, das das Training an sich, beziehungsweise die damit verbundenen Umstände mit der Eisenaufnahme interagieren können. Die Essgewohnheiten können wegen des Trainings verändert sein beziehungsweise müssen um das Training herum angepasst werden. Das trifft je mehr zu, desto grösser der Trainingsumfang ist, der mehrere Einheiten pro Tag umfassen kann. Wenn dadurch die Zeit für das Essen knapp wird, wird vielleicht eher auf schnell zubereitbaren Fastfood oder auf Fertiggerichte zurückgegriffen, was meistens nicht eine optimale Mikronährstoffversorgung gewährleistet. Fleisch wird manchmal wegen seiner längeren Verdauungszeit im Vergleich zu (protein-, fett- und faserarmen) kohlenhydratreichen Lebensmitteln vermieden, was aus Sicht der Eisenversorgung nicht ideal, mit dem Bestreben gastrointestinale Probleme während der nachfol-

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

genden Belastung zu vermeiden, aber verständlich ist. Die von Sportlern sinnvollerweise angestrebte kohlenhydratreiche Ernährung ist mit einer optimalen Eisenversorgung nicht immer ganz kompatibel, weshalb Ausdauerläufer den erhöhten Bedarf über die höhere Nahrungsmenge trotzdem nicht immer erreichen. Eine zu tiefe Eisenaufnahme, speziell von Hämeisen, gekoppelt mit einer schlechten Bioverfügbarkeit wurde als verbreitete Ursache von Eisenmangel ausgemacht (162). Zwei Faktoren also, die ohne Supplementgebrauch beeinflusst werden könnten. *Tabelle 2* fasst verschiedene Risikofaktoren für eine schlechte Eisenversorgung zusammen, wobei als grösste Risikofaktoren die vier Begriffe weibliches Geschlecht, vegetarische Ernährung, tiefe Energieaufnahme und Langstreckenlauf herausgehoben werden können.

#### 3.5. Optimierung der Eisenaufnahme

Die wichtigsten Punkte um die Eisenaufnahme zu optimieren sind in *Tabelle 3* zusammengefasst. Wer ein hohes Risiko für einen schlechten Eisenstatus hat, sollte nicht nur darauf achten, dass in der Nahrung genügend Eisen vorhanden ist, sondern dass auch dessen Bioverfügbarkeit möglichst hoch ist. Insbesondere Frauen in Ausdauer- oder ästhetischen Sportarten, die sich gleichzeitig fleischarm ernähren, dürften ohne durchdachte Ernährung ein hohes Risiko haben, nicht genügend Eisen aufzunehmen. Obwohl in Zusammenhang mit Eisen immer wieder auf die Risiken einer vegetarischen Ernährung aufmerksam gemacht wird, soll hier bemerkt werden, dass eine abwechslungsreiche und gut durchdachte vegetarische Ernährungsweise mit erfolgreichem Sport absolut vereinbar ist, jedoch auch keine leistungs-

stimmenden Vorteile bringen dürfte (163). Das grundsätzliche Problem besteht darin, dass die Forschung der letzten Jahrzehnte, die sich mit vegetarischer Ernährung befasste, praktisch ausschliesslich den Gesundheitsaspekt berücksichtigt hat. Bezüglich sportlicher Leistungsfähigkeit gibt es praktisch keine Forschungsergebnisse, wohl aber «popular» und «anecdotal» Überzeugungen und Hypothesen im Überfluss (154).

Allerdings sollte das «gut durchdacht» nicht auf die leichte Schulter genommen werden, denn eine vegetarische Ernährung ist zu einem gewissen Grad eine einseitige Ernährung und daraus ergeben sich gewisse Problempunkte, insbesondere für den Leistungssportler (154). Mögliche problematische Nährstoffe bei einer vegetarischen Ernährung sind hauptsächlich Eisen und Zink (164, 165), aber auch das Protein und Kreatin, die Vitamine B<sub>12</sub>, B<sub>2</sub>, D sowie

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

Kalzium, wenn keine Milchprodukte gegessen werden (154, 164, 166-170). Die Beurteilungen variieren allerdings. Die allgemeinen Zufuhrempfehlungen können über eine vegetarische Diät grundsätzlich abgedeckt werden (171), es gibt aber praktisch keine diesbezüglichen Beurteilungen, wie es im Zusammenhang mit einem allenfalls erhöhten Bedarf für gewisse Mikronährstoffe im Sport aussieht. Die allgemeinen Empfehlungen bei einer vegetarischen Ernährung sind für die Durchschnittspopulation und nicht für Athleten formuliert (154). Eine Ernährung mit Fleisch dürfte sich bezüglich Eisenstatus tendenziell vorteilhafter auswirken als eine vegetarische Ernährung (172, 173). Haddad et al. (167) fanden tiefere Ferritinwerte bei Veganern

(kein Fleisch und keine Milchprodukte) trotz höherer Eisenaufnahme gegenüber Nichtvegetariern, was über eine schlechte Bioverfügbarkeit erklärbar ist.

Eisen ist in einer grossen Palette von Nahrungsmitteln vorhanden. Die mit Abstand besten Eisenslieferanten stellen Leber und rotes Fleisch dar. Die Fleischfarbe ist ein guter Indikator für den Eisengehalt: Je röter, desto mehr Myoglobin (das Eisen enthaltende Pigment) und damit mehr Eisen. Leber hat einen so hohen Eisengehalt, weil sie Eisen speichert. Bei Lyle et al. (174) war ein tägliches «Fleischsupplement» von rund 115–170 g bezüglich Ferritinstatus sogar effizienter als 50 mg Eisen pro Tag (als Eisensulfat).

Da Getreideprodukte quantitativ in we-

sentlich grösseren Mengen verzehrt werden, stellen sie trotz ihres gegenüber Fleisch tieferen Eisengehalts einen substanzialen Eisenslieferanten dar. Besonders Frühstückscerealien sind häufig zusätzlich mit Eisen angereichert. Vollkornbrot enthält fast doppelt soviel Eisen wie Weissbrot, wobei das vermehrte Vorkommen von Phytaten die Bioverfügbarkeit wieder reduziert. Ein Glas Orangensaft kann dieser Hemmung aber bereits deutlich entgegenwirken (114). Apfelsaft scheint nicht weniger geeignet als der Saft von Zitrusfrüchten bezüglich der Absorption von Eisen aus einer Mahlzeit (175). Auch kleine Fleischmengen (> 50 g) können die Eisenabsorption aus phytatreichen Lebensmitteln verbessern (176). Leguminosen sind gute

## Ferrum – ein Mineralstoff im Sport

### 2. Teil: Ernährung und Eisenaufnahme

Eisenquellen, die gleichzeitig Inhibitoren enthalten (Phytate und Sojapeptide). Trockenfrüchte, Mais oder grünes Gemüse wie Brokkoli sind gute Eisenquellen mit tiefem Phytatgehalt (41).

Etwas anders sieht die Situation aus, wenn man den Eisengehalt pro Energieeinheit betrachtet. Den mit Abstand höchste Eisengehalt pro Energieeinheit findet man in Gemüse, gefolgt von Getreide- und Fleischprodukten. Extrem schlecht schneiden diesbezüglich Pizza und Fastfood-Snacks wie Chips, Pommes Frites oder Popcorn ab (9). Auch Bier und Softdrinks enthalten praktisch kein Eisen, währenddem sie sehr viel Energie liefern und damit bezüglich Eisenzufuhr als sehr ungünstig zu beurteilen sind. Gerade beim Gemüse kann eine sinnvolle Auswahl, Zubereitung oder Kombination mit günstigen anderen Nahrungsmitteln die Absorption des pro Energieeinheit reichlich vorhandenen Eisens günstig beeinflussen. Dem gut organisierten Vegetarier steht in diesem Zusammenhang ein wesentliches Potenzial zur Verfügung. Es dürfte aber auch offensichtlich sein, dass es gar nicht möglich ist den

gesamten Energiebedarf über Nahrungsmittel mit einer so tiefen Energiedichte wie Gemüse zu decken, insbesondere, wenn man einen hohen Energieumsatz hat wie zum Beispiel im Ausdauersport.

Um die Bioverfügbarkeit, speziell des freien Eisens zu verbessern, kann der zeitgleiche Konsum von Lebensmitteln wie Tee (Polyphenole), Kaffee (Polyphenole) oder übermässige Mengen Kleie (Phytate) vermieden werden. Gleichzeitig kann eine kleine Fleischportion oder eine Vitamin-C-haltige Beilage (beispielsweise etwas Fleisch oder frischer Salat auf das Sandwich oder ein Orangensaft respektive eine Frucht zum Frühstück) die Eisenabsorption wesentlich verbessern. Ob ein Frühstück mit Tee (Reduktion um über die Hälfte) oder Orangensaft (bis 2,5-fache Erhöhung) konsumiert wird, hat einen deutlichen Einfluss auf die Bioverfügbarkeit des Eisens (177). Hauptsächlich bei einem schlechten Eisenstatus (wenn also die homöostatische Regulation bereits am Limit ist) wurde eine negative Korrelation zwischen Teekonsum und Eisenstatus gefunden (178), und es wird empfohlen in diesem Fall keinen Tee zu den

Mahlzeiten zu trinken und nach dem Essen mindestens eine Stunde zu warten (179). Bei einem guten Eisenstatus wird der Teekonsum aber als unbedeutend beurteilt (178, 179).

*Das umfangreiche Literaturverzeichnis kann beim Verlag angefordert werden, auch auf elektronischem Weg:  
info@rosenfluh.ch.*

**Korrespondenzadresse:**  
**Samuel Mettler**  
**INW Ernährungsbiologie**  
**ETH Zentrum – LFH A2**  
**8092 Zürich**  
**Tel. 044-632 73 84**  
**E-Mail: samuel.mettler@inw.agrl.ethz.ch**

Interessenkonflikte: keine

Nachdruck mit freundlicher Genehmigung aus «Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie», 2004; 52 (3): 105–114.