

## Eisen (Fe) & Eisenmangel im Sport

Dieses Infoblatt ist weit ausführlicher als die Infoblätter zu den anderen Mineralstoffen und Vitaminen. Es entstand als komplett überarbeitete Mischung des früheren *Infoblatt Eisen* und dem früheren *Hot Topic Eisen und Eisenmangel*. Entsprechend ist es sowohl unter den Infoblättern wie auch den Angewandten Aspekten als Hot Topic gelistet.

**Bei Müdigkeit im Sport denkt man sehr schnell an einen Eisenmangel als potenzielle Ursache und entsprechend oft wird der Wunsch nach einer Eisensupplementierung geäussert. Gleichzeitig denken aber nur vereinzelt an die negativen Auswirkungen eines Eisenüberschusses. Und Eiseninfusionen ab einem bestimmten Volumen verstossen gegen die Antidoping Bestimmungen. Der richtige Umgang mit diesem essenziellen Nährstoff bedarf deswegen besonderer Vorsicht.**

### Allgemeines

In wissenschaftlichen Fachzeitschriften wird Eisen immer mehr auf eine umfassendere Art und Weise diskutiert. Dabei kommen neben den Problemen bei einem Eisenmangel auch die möglichen Auswirkungen eines Eisenüberschusses zur Sprache<sup>1,2</sup>. Eine Supplementierung sollte daher gut überlegt sein und ein möglicher Nutzen stets gegenüber den potenziell nachteiligen Folgen abgewogen werden.

### Wo und wie kommt Eisen vor?

Während der ganzen Entwicklungsgeschichte gab es für die Menschen immer nur wenig verfügbares Eisen in ihrem Essen, dessen Abkürzung «Fe» von seinem lateinischen Namen (=Ferrum) herrührt. Der Mensch hat deswegen ein sehr wirksames System entwickelt, um mit dem einmal im Körper aufgenommenen Eisen möglichst haushälterisch umzugehen<sup>3</sup>. Ist Eisen einmal im Körper, kann es nicht mehr aktiv ausgeschieden werden – sofern man keine Blutungen hat. Dies ist der wesentliche Grund dafür, dass bei einer längeren (zu) hohen Eisenzufuhr das Problem der Überversorgung quasi vorprogrammiert ist.

Eisen kommt sowohl im Körper wie auch in der Nahrung im Wesentlichen in drei verschiedenen chemischen Formen vor. Das sogenannte Hämeisen ist in den roten Blutkörperchen im Eiweiss «Hämoglobin» und in der Muskulatur im Eiweiss «Myoglobin» eingebaut. Das Hämoglobin transportiert Sauerstoff im Blut, das Myoglobin transportiert ihn hingegen in den Muskeln. Hämeisen kommt daher ausschliesslich in tierischer Nahrung wie Fleisch, Fisch oder Leber vor. Das eisenreichste Nahrungsmittel überhaupt ist die Leber, weil sie Eisen speichert.

Neben dem Hämeisen spielt Eisen in Nahrung und Stoffwechsel auch in freier Form eine Rolle. Das freie Eisen kommt als zweiwertiges ( $\text{Fe}^{2+}$ ) und dreiwertiges ( $\text{Fe}^{3+}$ ) Eisen vor und wird auch «Nicht-Hämeisen» genannt. Pflanzliche Nahrung und Supplemente enthalten immer nur Nicht-Hämeisen. Nahrung tierischer Herkunft kann hingegen sowohl Hämeisen wie auch Nicht-Hämeisen enthalten.

### Funktion im Körper

Neben seiner wohl bekanntesten Funktion im Sauerstofftransport ist Eisen auch Bestandteil von vielen Enzymen und dadurch unter anderem an der Steuerung des Energiestoffwechsels beteiligt. Zudem wirkt Eisen aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit an der Übertragung von Elektronen in den Zellen mit und ist deswegen auch an Oxidationsreaktionen beteiligt.<sup>4</sup>

### Speicher im Körper

Erwachsene Männer haben durchschnittlich knapp 4 g Eisen im Körper, erwachsene Frauen etwas mehr als 2 g. Gut zwei Drittel des gesamten Eisens liegen in den roten Blutkörperchen als Hämoglobin vor. Daneben ist gut ein Viertel des gesamten Eisens quasi als Reserve in Form von Ferritin gespeichert, im Wesentlichen in Leber, Milz und Knochenmark. Dieser Speicher ist aber sehr variabel.<sup>4</sup>

### Transport und Steuerung im Körper

Muss Eisen über das Blut zu einem bestimmten Zielort transportiert werden, z.B. zur Leber, wird es an das Eiweiss Transferrin gebunden. Über den so genannten Transferrinrezeptor gelangt es dann am Zielort in die Zellen, wo es seine Funktionen ausübt. Die Regulation des Eisenbestandes im Körper erfolgt nur über die Aufnahme des Nahrungseisens auf Ebene des Darms und über das Hormon Hepcidin. Die Entdeckung des Hepcidins erfolgte erst im Jahre 2000 und ist ein weiteres Beispiel dafür, dass der Wissensstand in der Ernährung sich stetig und mitunter rasch verändert<sup>5</sup>. In Abhängigkeit des Ferritingehaltes in Blut und Leber erhöht oder senkt Hepcidin die Aufnahme des Nahrungseisens im Dünndarm. Dies funktioniert aber nur richtig, wenn in der Nahrung übliche Eisenmengen vorliegen. Supplemente können jedoch Eisenmengen enthalten, die in der Nahrung nie vorkommen würden. Deswegen können Supplemente die sonst funktionierende Regulation des Eisengehaltes im Körper über die Steuerung bei der Aufnahme ausser Kraft setzen. Zu hohe Eisengehalte im Körper mit entsprechenden negativen Auswirkungen können die Folge sein (→*Eisensupplemente: Nebeneffekte*).<sup>6</sup>

### Eisenverluste

Der Körper verliert jeden Tag etwas Eisen. Dies erfolgt mit dem Stuhlgang, über den Harn und dem Abfallen von Haut und Haaren. Insgesamt betragen diese Verluste gut 1-2 mg·d<sup>-1</sup>. Grössere Verluste treten nur bei Blutungen auf, weshalb bei der Frau der tägliche Eisenverlust durch die Menstruation etwa 0.5 mg höher ist. Dies kann nach Stärke der Monatsblutung schwanken.<sup>4</sup>

### Empfohlene Zufuhr

Referenz	Frauen	Männer	Upper Level
DACH	15 mg	10 mg	-
EFSA	16 mg	11 mg	-
LIV	14 mg		-
DRI	18 mg	8 mg	45 mg

Tab. 1. Richtwerte für die tägliche Zufuhr an Eisen für gesunde Erwachsene.

- DACH: Referenzwerte der deutschsprachigen Länder
- EFSA: Referenzwerte der European Food Safety Authority
- LIV: Referenzwert gemäss Schweizer Verordnung des EDI betreffend die Information über Lebensmittel (LIV)
- DRI: Amerikanischer Referenzwert
- Upper Level: Höchst tolerierbare längerfristige Zufuhr

Die empfohlene Eisenzufuhr berechnet sich aus den täglichen → *Eisenverlusten* und der sogenannten → *Bioverfügbarkeit*. Bei einer durchschnittlichen Bioverfügbarkeit von 10 % braucht es daher rund 10-20 mg·d<sup>-1</sup> Nahrungseisen, um den täglichen Verlust von 1-2 mg Eisen zu decken. Für die Frau im gebärfähigen Alter, bei einer Schwangerschaft oder beim Stillen liegt der Bedarf im oberen Bereich.

Die langfristig höchst tolerierbare Dosis liegt bei 45 mg·d<sup>-1</sup> (→ *Überdosierung*). Viele im Handel erhältliche Eisenpräparate überschreiten diese Menge aber bereits mit einer Dosis (→ *Eisensupplemente: Nebenwirkungen*). Eisen sollte daher nur unter Aufsicht einer im Eisenstoffwechsel versierten medizinischen Fachperson und nach Bestimmung eines Mangels supplementiert werden.

## Vorkommen in der Nahrung

In der Nahrung kommt wie oben erwähnt das Eisen als Hämeisen oder Nicht-Hämeisen vor. Während in tierischen Produkten wie Muskelfleisch, Leber oder Fisch beide Formen vorliegen (Anteil Hämeisen rund 20 bis 70 %<sup>4</sup>), enthalten pflanzliche Lebensmittel wie Gemüse und Getreide nur Nicht-Hämeisen. Wie viel Eisen aus der Nahrung überhaupt aufgenommen werden kann, hängt aber von vielen Faktoren ab, inkl. des individuellen Eisenstatus, und schwankt stark (→ *Bioverfügbarkeit*). Die nachfolgende Tabelle 2 zu den Eisenquellen muss daher mit grosser Vorsicht und unter Berücksichtigung der in der Tabelle 3 aufgeführten Informationen genossen werden.

Eisenquellen	mg/100 g	mg/Portion
Samen/Kerne	11	3 / 25 g
Kalbs-/Rindsleber	7	8 / 120 g
Nüsse	6	2 / 25 g
Spinat, essfertig	3	4 / 120 g
Fleisch	2-3	2-4 / 120 g

Tab. 2. Eisengehalt verschiedener Lebensmittel gemäss Schweizer Nährwertdatenbank, ohne Berücksichtigung von Substanzen, welche die Aufnahme hemmen oder fördern.

## Bioverfügbarkeit

Die Bioverfügbarkeit umschreibt, wie viel eines in einem Lebensmittel (oder Supplement) vorhandenen Nährstoffes überhaupt aufgenommen wird und im Körper seine Wirkung entfaltet. Beim Hämeisen liegt die Bioverfügbarkeit bei 15 bis 35 %, diejenige von Nicht-Hämeisen hingegen bei nur 5 bis 12 %. Entsprechend wird Eisen aus Nahrung tierischen Ursprungs besser verwertet als jenes aus pflanzlicher Nahrung. Im Gegensatz zum Hämeisen wird zudem die Aufnahme von Nicht-Hämeisen von diversen Stoffen beeinflusst (Tab. 3).<sup>7</sup>

Die Eisenaufnahme im Darm kann mit der gezielten Einnahme bestimmter Nahrung oder Substanzen gefördert werden. So ergeben bereits kleine Beilagen an Fleisch oder Fisch eine verbesserte Aufnahme des Eisens aus dem Gemüse der gleichen Mahlzeit. Rund 30 g Muskelfleisch haben dabei die gleiche fördernde Wirkung wie etwa 25 mg Vitamin C (z.B. in 1 dL Orangensaft enthaltend).<sup>7</sup>

Die Getränkewahl beeinflusst die Eisenaufnahme ebenfalls deutlich. Trinkt man bei einem Frühstück Kaffee, senkt sich die Eisenaufnahme bis zur Hälfte. Der Grund sind die im Kaffee enthaltenen Polyphenole, eine Gruppe von pflanzlichen Stoffen mit sonst schützender Wirkung gegen oxidativen Stress. Wird stattdessen ein Glas Orangensaft getrunken (Vitamin C + Fruchtsäuren = fördernd), erhöht sich die Eisenaufnahme um das Zwei- bis Dreifache. Statt Orangensaft können aber auch andere Fruchtsäfte getrunken werden. Apfelsaft beispielsweise

hat fast die gleiche Wirkung wie Orangensaft. Ungünstig (bezüglich Eisenaufnahme) ist wegen seines hohen Polyphenolgehalts lediglich Traubensaft (und Wein).<sup>7</sup>

Hemmende Wirkung auf die Eisenaufnahme	
	Vorkommend in / Bemerkungen
Phytinsäure	Getreideprodukte, Hülsenfrüchte, Soja.
Oxalsäure	Spinat, Rhabarber, Nüsse, Schokolade, Tee, Getreideprodukte
Polyphenole	Diverse Polyphenole, in allen Pflanzen vorkommend. Besonders: <b>Kaffee, Tee</b> , Rotwein, Trauben.
Pflanzliches Protein	Sojaprotein, allgemein pflanzliche Proteine.
Mineralstoffe	Diverse Mineralstoffe wie Kupfer, Zink oder Calcium. Dies spielt aber nur eine Rolle, wenn Supplemente im Spiel sind. In der normalen Ernährung sind diese Effekte vernachlässigbar.
Fördernde Wirkung auf die Eisenaufnahme	
Vitamin C	Zitrusfrüchte und Früchte allgemein, sowie deren Säfte (z.B. <b>Orangensaft</b> ). Frisches Gemüse oder supplementiertes Vitamin C.
Fleisch	Liefert nicht nur das sehr gut verfügbare Hämeisen, sondern verbessert auch die Eisenabsorption aus anderen Nahrungsbestandteilen.
Tiefer pH	Saure Lebensmittel verbessern grundsätzlich die Eisenabsorption.

Tab. 3. Substanzen mit hemmender oder fördernder Wirkung auf die Eisenaufnahme. Einige dieser Substanzen wie die Polyphenole haben gleichzeitig antioxidative Eigenschaften. Die Begriffe «gut» und «schlecht» haben wie häufig in der Ernährung also nur eine relative Bedeutung und sind, falls überhaupt, nur mit Vorsicht zu verwenden.

Die Bioverfügbarkeit wird zudem vom Eisengehalt im Körper beeinflusst. So betrug die gemessene Eisenaufnahme aus üblichen Mahlzeiten gemäss aller bis 2012 durchgeführten Studien 13 bis 23 % im Falle eines vorliegenden Eisenmangels, aber nur 2 bis 3 % bei einem hohen Eisenstatus im Körper<sup>8</sup>.

## Verdauung und Aufnahme

Die Aufnahme von Hämeisen und Nicht-Hämeisen erfolgt im Dünndarm und über verschiedene Transportwege. Der genaue Mechanismus ist aber noch nicht geklärt. Jedenfalls gelangt alles Eisen als Nicht-Hämeisen aus der Darmzelle ins Blut und wird dort zum Weitertransport an Transferrin gebunden. Die Menge des aufgenommenen Eisens hängt wie oben beschrieben von der → *Bioverfügbarkeit* ab.<sup>4</sup>

## Eisenmangel

Beim Eisenmangel gibt es verschiedene Formen. Für die Praxis ist die Unterscheidung zwischen einem Eisenmangel mit oder ohne Blutarmut (Anämie) relevant. Etwas kompliziert wird die Sache, da eine Blutarmut nicht immer einen Eisenmangel als Ursache haben muss (nur rund die Hälfte der Fälle an Blutarmut gehen mit einem Eisenmangel einher; Tab. 4). Die Blutarmut zeichnet sich durch einen Mangel an Hämoglobin aus.<sup>9,10</sup>

Zustand	Weltweit
Blutarmut (Anämie)	33 %
Eisenmangel	16 %
Eisenmangelanämie	12 %

Tab. 4. Häufigkeit Blutarmut/Eisenmangel

Etwas kompliziert wird die Sache, da eine Blutarmut nicht immer einen Eisenmangel als Ursache haben muss (nur rund die Hälfte der Fälle an Blutarmut gehen mit einem Eisenmangel einher; Tab. 4). Die Blutarmut zeichnet sich durch einen Mangel an Hämoglobin aus.<sup>9,10</sup>

Eisenmangel gilt als weltweit häufigster Ernährungsmangel. Entwicklungsländer sind generell häufiger betroffen als industrialisierte Länder und Frauen häufiger als Männer. Ein oft genannter Grund für das häufigere Vorkommen bei Frauen (im gebärfähigen Alter) ist, dass sie aufgrund der Eisenverluste mit der Monatsblutung einen höheren Bedarf haben als Männer und gleichzeitig ihr Energiebedarf niedriger ist und sie daher weniger (Eisen) essen.<sup>9,10</sup>

Die klinischen Symptome eines Eisenmangels umfassen Blutarmut (Anämie), Müdigkeit, Schlappeheit, beeinträchtigte körperliche Leistungsfähigkeit und Immundefizienz. Erhöhte Puls- und Laktatwerte können die Folge sein.

## Risikofaktoren für Eisenmangel

Es gibt einige Faktoren oder Verhaltensmuster, die das Risiko für einen Eisenmangel erhöhen können.<sup>9,10</sup>

- **Frauen** im gebärfähigen Alter haben häufiger Eisenmangel als Männer (s. oben), Frauen in der Schwangerschaft ebenfalls (da der Bedarf sich dann verdreifacht).
- **Blutverluste** (Monatsblutung oder im Verdauungstrakt) können das Risiko für einen Mangel genauso erhöhen wie regelmässige Einnahme von gewissen Medikamenten.
- **Malabsorption** – die verminderte Aufnahme von Nährstoffen im Darmtrakt. Die häufigsten Ursachen für eine verminderte Eisenaufnahme sind Zöliakie (die Unverträglichkeit gegenüber Gluten, einem Eiweiss in Getreide), Magenoperationen und ein Befall mit dem Bakterium *Helicobacter pylori*.
- **Andere Krankheiten.** Eisenmangel kann als Folge von Herzerkrankungen, Krebs, chronischen Nierenerkrankungen, Übergewicht oder chronisch entzündliche Darmerkrankungen auftreten.
- Bestimmte **genetische Erkrankungen** (aber eher selten).
- **Essstörungen** oder allgemein eine ungenügende Nahrungsaufnahme führen ebenfalls dazu, dass wegen der reduzierten Nahrungsmenge auch (zu) wenig Eisen aufgenommen wird. Grundsätzlich deckt eine dem Energieverbrauch angepasste und ausgewogene Ernährung aber auch den Eisenbedarf für die Frau im gebärfähigen Alter. Eine zu niedrige Nahrungsaufnahme ist jedoch in Sportarten mit einer grossen ästhetischen Komponente wie Rhythmische Sportgymnastik, Kunstturnen oder Eiskunstlauf, in Sportarten mit Gewichtsklassen sowie im (Ausdauer)Laufsport keine Ausnahme. Entsprechend sind Frauen in diesen Sportarten häufiger betroffen als andere Sportlerinnen.
- Eine **einseitige Ernährung** kann die Versorgung mit allen Mikronährstoffen, inklusive des Eisens verschlechtern.
- **Vegetarier/innen** und **Veganer/innen** haben ein erhöhtes Risiko für Eisenmangel, weil das sehr gut verwertbare Häm Eisen nicht in ihren Nahrungsmitteln vorkommt. Das häufig als Proteinersatz verwendete Sojaprotein wirkt zudem eher hemmend auf die Eisenaufnahme. Vegetarier/innen können das Risiko allerdings reduzieren, wenn sie sich des Problems bewusst sind und die oben genannten Möglichkeiten nutzen, um die Eisenversorgung des Eisens zu verbessern (→**Bioverfügbarkeit**). Ein hohes Risiko gehen sogenannten «Modevegetarier» ein, die aufgrund aktueller Trends auf Fleisch verzichten, ohne sich mit der vegetarischen Ernährung wirklich auseinanderzusetzen.

Bei einer Kombination der eben genannten Faktoren steigt das Risiko für einen Mangel. Vegetarierinnen im Spitzensport, die gleichzeitig abnehmen oder eine geringe Körpermasse haben und zudem noch viel Kaffee trinken, haben ein sehr hohes Risiko für einen Eisenmangel. Eine professionelle Ernährungsberatung wäre hier mehr wie angebracht.

Bei einem Eisenmangel im Sport kann man sicherlich auch an eine fachlich begleitete Supplementierung denken. Ideal wäre aber zuvor ein Versuch, den Mangel über die Optimierung der Ernährung zu korrigieren.

## Feststellen eines Eisenmangels

Für die Bestimmung des Eisenstatus können diverse Substanzen im Blut gemessen werden. Häufig wird hierfür das Ferritin analysiert, das Auskunft über den Speicherstatus des Körpers liefert. Der sinnvolle Bereich an Ferritin im Blut ist nicht ganz unumstritten, auch weil diverse Labors sehr hohe Werte als normal angeben (bis  $300 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  für Männer und bis  $150 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  für Frauen<sup>11</sup>). Solche Werte sind jedoch irrational hoch und dienen einzig dem Verkauf von Eisentherapien. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird damit die Gesundheit sogar gefährdet. Die Weltgesundheitsorganisation stuft nämlich Ferritinwerte von  $>200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  bereits als Eisen-Überladung des Körpers ein<sup>12</sup>. Üblicherweise werden erst Werte unter  $30 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  als Anzeichen für einen Eisenmangel interpretiert, weniger als  $10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  als Hinweis auf einen schweren Eisenmangel oder eine Eisenmangelanämie.<sup>9</sup> Das heisst eine Supplementierung ist nur angezeigt, wenn die Werte unter ca.  $30 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  fallen.

Wenn das Ferritin im normalen Bereich liegt (meist definiert als ca.  $30$  bis  $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), wird eine zusätzliche Eisenzufuhr in aller Regel keine positiven Effekte bewirken – auch nicht im Sport. Entsprechend finden sich kaum solide Hinweise dafür, die im Sport das Anstreben eines konstanten Ferritingehaltes von über  $30$  bis  $40 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  stützen würden – insbesondere ohne gleichzeitiges Vorkommen von Symptomen.

Im Sport sollte bei einem Eisenmangel stets nach den Ursachen gesucht werden. Hierfür ist die Einschätzung durch eine Fachperson in Sporternährung sicherlich von Vorteil und ergänzt den klinischen Befund.

## Behebung eines Eisenmangels

Die Massnahmen zur Verbesserung des Eisenstatus leiten sich aus den Risikofaktoren ab und wurden oben diskutiert (Zusammenfassung in Tab. 5). So ist eine genügende Nahrungsaufnahme ein zentraler Punkt. Deckt man den erhöhten Energiebedarf im Sport durch eine ausgewogene Lebensmittelwahl ab, stimmt grundsätzlich auch die Eisenzufuhr.

### Massnahmen zur Verbesserung der Eisenaufnahme

Adäquate Energieaufnahme. Wer genügend isst, hat einen grossen Risikofaktor ausgeschaltet.

Regelmässiger Fleisch-, Geflügel-, Fischkonsum (mind. 3-4x pro Woche).

Möglichst häufig kleine Fleischbeilage oder Vitamin C-reiche Beilage.

Statt Tee oder Kaffee ein Glas Orangensaft oder andere (Zitrus)Frucht zum Frühstück. Je tiefer der Eisenstatus desto wichtiger ist diese Massnahme.

Bei vegetarischer Ernährung besonders auf eisenreiche Lebensmittel wie grünes Gemüse und Vollkornprodukte oder Leguminosen achten und diese mit günstigen Nahrungsmitteln (reich an Vitamin C, Früchte) kombinieren.

Pflanzliche Nahrungsmittel mit hohem Phytatgehalt (z.B. Vollkornprodukte) mit Vitamin C-reichen Nahrungsmitteln kombinieren. Die Säuren in Zitrusfrüchten (Grapefruit, Zitrone, Orange, Limone, usw.) erhöhen die Bioverfügbarkeit zusätzlich zum Vitamin C.

Früchte enthalten zwar nicht sehr viel Eisen, aber sie können die Eisenaufnahme aus anderen Lebensmitteln wie Gemüse oder Getreideprodukten wegen ihren Fruchtsäuren und dem Vitamin C unterstützen.

Beispielsweise enthält Vollkornbrot rund doppelt so viel Eisen wie Weissbrot, aber auch viel mehr Absorptionshemmer (v.a. Phytate). Empfehlung: Vollkornprodukte verwenden (besonders bei tiefer Energieaufnahme) und diese möglichst zusammen mit absorptionsfördernden Substanzen kombiniert essen, weil damit die Wirkung der hemmenden Substanzen aufgehoben werden kann. Der höhere Eisengehalt der Vollkornprodukte wiegt dann stärker, als der höhere Gehalt an Absorptionshemmern. Zudem liefern Vollkornprodukte neben Eisen noch viele andere wertvolle Nährstoffe.

Mit Eisen angereicherte Frühstückscerealien verwenden.

Sehr wenig Eisen enthalten Fette und Öle, Milchprodukte, Softdrinks, Fast Food, Pizza, Bier und Alkohol. Diese Produkte liefern aber viel Energie. Der Energiebedarf kann also mit viel oder wenig Eisen gedeckt werden.

Tab. 5. Massnahmen zur Optimierung der Eisenversorgung

## Eisensupplemente: Generelles

Eine Zufuhr an Eisen über Supplemente sollte nur nach Abklärung des individuellen Eisenstatus erfolgen und stets sorgfältig bemessen werden. Die höchste tolerierbare Tagesdosis ist beim Eisen mit täglich 45 mg relativ niedrig angesetzt und kann mit einer handelsüblichen Eisentablette (80-120 mg Eisen) erheblich überschritten werden. Eine Supplementierung ohne Notwendigkeit kann die Gesundheit beeinträchtigen (→*Eisensupplemente: Nebeneffekte & →Eisenüberladung*). Bei einem Mangel ist eine Supplementierung hingegen absolut angezeigt. Unter medizinischer Betreuung ist es auch durchaus möglich für eine gewisse Zeit höhere Mengen (z.B. 60-100 mg/d) einzusetzen.

Bezüglich der Art und Weise der Supplementierung herrscht aber noch keine Einigkeit. Ein Streitpunkt ist insbesondere die Frage, ab welchen Grenzwerten eine Supplementierung anzusetzen ist. Im Sport muss man zudem stets berücksichtigen, dass jede Art von Infusionen mit einem Volumen von mehr als 50 mL gemäss Antidoping Richtlinien als verbotene Methode gelten. Mit einer Eiseninfusion riskiert man somit einen positiven Dopingtest.

Schliesslich muss man generell überlegen, ob ein Supplement die ideale Form für zusätzliches Eisen darstellt. Nebenwirkungen sind bei Eisensupplementen relativ häufig: je nach Art des Supplementes haben zwischen 4 und 47 % der Supplementnutzer/innen Probleme, meist im Magendarmbereich<sup>13</sup>.

## Eisensupplemente: Dosierung

Die durchschnittlich supplementierte Eisenmenge beträgt 80 bis 120 mg<sup>13</sup> und bei schwerem Eisenmangel bis 200 mg pro Tag<sup>14</sup>. Diese Mengen liegen um einiges über den Wert von 45 mg, der als täglich höchst tolerierbare Dosis gilt. Supplemente sollen daher nur kurzfristig zur gezielten Korrektur eines Mangels eingesetzt werden, der zuvor entsprechend ermittelt wurde. Liegt bei einer Supplementierung kein Mangel vor, können negative Effekte auf die Gesundheit entstehen (→*Eisensupplemente: Nebeneffekte & →Überdosierung*).

Die Korrektur eines Eisenmangels benötigt nicht zwingend eine hohe Dosierung. Bei Athletinnen und Athleten mit einem Eisenmangel konnten bereits Mengen ab 20 mg Eisen pro Tag den Eisenstatus verbessern<sup>15</sup>. Bei tieferer täglicher Dosierung kann man zudem weniger Nebenwirkungen bei gleichem erwünschtem Effekt erwarten. Es ist also auf keinen Fall zwingend immer mit hohen Eisendosierungen zu arbeiten. Gleichzeitig haben aktuelle Studien gezeigt, dass es bei Verwendung von hohen Dosierungen (>60 mg pro Tag) sinnvoller ist, diese nur alle 2 Tage zu nehmen. Der Grund ist, dass eine hoch dosierte Eisentablette das Hormon Hcpidin ansteigen lässt und die Absorption einer nachfolgenden Tablette am nächsten Tag behindert wird. Werden die Tabletten nur alle 2 Tage eingenommen, ist die "Eisenblockade" wieder aufgehoben und das Eisen wird viel besser absorbiert<sup>16-18</sup>. Das Gleiche gilt für eine wöchentliche gegenüber einer täglichen Supplementierung<sup>19</sup>.

Zu beachten ist auch, dass viele Lebensmittel wie auch Sportnahrung mit Eisen angereichert sind, und dass diverse Multivitamin-Mineralstoff-Präparate ebenfalls Eisen enthalten. Dieses Eisen muss bei einer Eisensupplementierung berücksichtigt werden, denn sonst kann die effektiv supplementierte Eisenmenge schnell grösser werden als eigentlich geplant.

Bei der Einnahme von Eisensupplementen sollte man stets an die →*Bioverfügbarkeit* denken. Substanzen oder Nahrungsmittel mit hemmender Wirkung auf die Eisenaufnahme sind 2 bis 3 Stunden vor und nach der Einnahme des Supplements zu

vermeiden. Und idealerweise kombiniert man die Einnahme des Supplements mit einem Glas Orangensaft, welches die Verwertung des Eisens fördert.

Eisentablettchen auf nüchternen Magen einzunehmen ist prinzipiell keine falsche Überlegung, da man dann keine absorptionshemmenden Nahrungsmittel im Magendarmtrakt hat. Falls aber unmittelbar danach ein Frühstück mit Nahrungsmitteln wie Kaffee oder Tee oder Müesli verzehrt wird, mutiert die gute zur falschen Überlegung. Denn solche Nahrungsmittel hemmen die Eisenaufnahme...

## Eisensupplemente: Nebeneffekte

Eine zu hohe Eisenzufuhr kann verschiedene harmlose oder auch schwere Nebeneffekte verursachen. Leider sind in der Praxis die möglichen negativen Auswirkungen noch immer weniger bekannt als die positiven Auswirkungen bei einem effektiven Eisenmangel. Auch wenn in der Wissenschaft schon früh auf die möglichen Gefahren einer zu hohen Zufuhr hingewiesen wurde (bereits 2004 erschien ein Fachartikel mit dem Titel «Eisen Supplementierung bei Athleten – Erstens, verursache keinen Schaden»<sup>2</sup>), hat man in der Praxis sehr lange nur über Eisenmangel gesprochen.

Die Nebeneffekte des Eisens sind auf seine chemische Beschaffenheit zurückzuführen. Es reagiert äusserst gerne mit anderen Stoffen und bei einem hohen Eisengehalt geraten diese Reaktionen schnell aus dem Ruder (z.B. kann es dann zu einem grösseren oxidativen Schaden kommen). Eisen kann auch die Aufnahme anderer Mineralstoffe negativ beeinflussen. Eine hohe Eisenzufuhr senkt möglicherweise die Aufnahme von Kupfer und Zink im Darm und könnte dadurch die Gefahr eines Mangels dieser beiden Mineralstoffe begünstigen. Ob dies bei einer ausgewogenen Ernährung aber wirklich relevant ist, muss noch bestätigt werden. Neben diesen unerwünschten Wirkungen im Stoffwechsel gibt es diverse Nebenwirkungen, die den Magendarmbereich betreffen (Durchfall, Verstopfung, schwarzer Stuhl)<sup>13</sup>. Schliesslich gibt es noch rund ein Dutzend Krankheiten, die im Körper eine Überladung mit Eisen fördern.

## Eisenüberladung: Zu viel Eisen im Körper

Die Überladung des Körpers mit Eisen kann entweder angeboren sein oder als Folge einer Krankheit auftreten. Die erblich bedingte Hämochromatose ist dabei die weitaus häufigste Form von Eisenüberladungen und bei Menschen aus nordeuropäischer Abstammung gar die häufigste Erbkrankheit<sup>20</sup>. Die Überladung erfolgt in der Regel aufgrund fehlender Regulation der Eisenaufnahme im Darm. Die Aufnahme wird bei genügendem Speicher nicht mehr wie bei den Gesunden gesenkt: Als Folge wird mit der Zeit mehr und mehr Eisen aufgenommen.

In Nord-Europa ist 1 von 200 Personen von der erblich bedingten Hämochromatose betroffen, wobei nicht alle Betroffenen zwingend zu viel Eisen im Körper speichern<sup>21</sup>. Bei einer erhöhten Zufuhr – so wie über Supplemente möglich – steigt aber auch bei den Betroffenen, die sonst keine Probleme hätten, die Gefahr von negativen Auswirkungen. Das Heimtückische ist dabei, dass die Schäden nicht unmittelbar auftreten. Sie entstehen erst im Laufe der Zeit. Supplemente sollten daher immer nur nach klinischer Ermittlung eines Eisenmangels eingenommen werden.

Eine hohe Eisenzufuhr wird auch in den Zusammenhang mit verschiedenen Krebserkrankungen gebracht. Dieser Zusammenhang ist aber eher bescheiden und falls effektiv vorhanden, dürfte die angeborene Überladung des Körpers mit Eisen

der Grund sein <sup>22</sup>. Das Gleiche gilt für die Zuckerkrankheit Diabetes <sup>23</sup>, Leberverfettung und Herzerkrankungen <sup>24</sup>.

## Überdosierung

Die maximal tolerierbare Tagesdosis beträgt für Eisen 45 mg. Solche und höhere Mengen erzielt man in der Regel nur, wenn mit Eisen angereicherte Lebensmittel und/oder Supplemente eingenommen werden. Mehr als 45 mg pro Tag sollte man nur bei einem klinisch ermittelten Eisenmangel einnehmen und nur so lange, bis der Mangel behoben ist. Da ohne entsprechende Fachpersonen weder der Eisenstatus ermittelt noch die Eisenzufuhr sauber beurteilt werden kann, sollte eine Supplementierung mit Eisen immer entsprechend begleitet und nach einer sinnvollen Zeit deren Effekte überprüft werden. Die Folgen einer Überdosierung wurden bereits oben diskutiert (→*Eisensupplemente: Nebeneffekte & →Eisenüberladung*).

## Mehr Eisen im Sport?

Ein echter Mehrbedarf an Nährstoffen besteht im Sport für die Makronährstoffe Wasser, Kohlenhydrate und Protein. Bei den Vitaminen und Mineralstoffen ist es prinzipiell so, dass falls überhaupt ein erhöhter Bedarf vorliegt, es für seine Deckung in der Regel keine höhere Zufuhr braucht als für Nicht-Sporttreibende. Der Grund hierfür ist, dass die empfohlene Zufuhr für Nicht-Sporttreibende bereits einen dermassen grossen Sicherheitszuschlag enthält, dass damit ein allfällig leicht erhöhter Bedarf bei Sportlerinnen und Sportlern bereits berücksichtigt wäre. Zudem: Selbst wenn der Bedarf an Vitaminen und Mineralstoffen im Sport gering erhöht wäre, würde dieser durch die zur Deckung des erhöhten Energiebedarfs im Sport notwendige Mehraufnahme an Nahrung mehr als kompensiert.

Auch beim Eisen ist der Bedarf im Sport nicht grundsätzlich im nennenswerten Ausmass erhöht. Zusätzliche Eisenverluste können prinzipiell durch Blutungen oder aufgrund des Schwitzens auftreten. Der Eisengehalt im Schweiß beträgt im Schnitt aber nur leicht mehr als 0.1 mg pro Liter. Pro Liter Schweiß würde dies die täglichen Verluste um rund 5 bis 10 % erhöhen. Dieser erhöhte Bedarf wird aber automatisch gedeckt, wenn man wie oben erwähnt aufgrund des zusätzlichen Energiebedarfs für den Sport auch mehr isst. Eine weitere mögliche Ursache für effektiv höhere Eisenverluste sind Mikroblutungen im Darm.

Im Magendarmtrakt können durch die ständigen Erschütterungen bei sehr langen Belastungen Mikroblutungen entstehen. Es ist aber schwierig, einen Mehrbedarf aufgrund solcher Mikroblutungen zu beziffern. Denn es gibt fast keine Daten dazu. In einer Studie aus den 1980er Jahren wurde ein zusätzlicher Blutverlust von 0.4 mL bei Marathonläufern beobachtet <sup>25</sup>, in einer zweiten Studie bei Läufern mit tiefem Eisenstatus gab es an Trainingstagen einen zusätzlichen Blutverlust von ca. 5 mL pro Tag <sup>26</sup>. Bei Einnahme von nicht-steroidalen Entzündungshemmern wie Voltaren oder Ibuprofen gab es zudem einen

rund doppelt so hohen Blutverlust. Der Grund ist, dass die Einnahme solcher Medikamente das Ausmass der Mikroverletzungen im Dünndarm während Laufbelastungen erhöhen <sup>27</sup>.

Diese Mikroblutungen als Folge intensiver Laufbelastungen würden einem zusätzlichen Eisenverlust von 0.2 oder 2.5 mg Eisen entsprechen, was einer Erhöhung des Bedarfs zwischen 10 und 250 % entspräche (im Vergleich zu den üblichen Verlusten von 1 bis 2 mg Eisen pro Tag). Da aber nicht alle Läufer effektiv Mikroblutungen nach Laufbelastungen haben (je nach Erhebung zwischen 8 und 80 % <sup>28</sup>), ist es praktisch unmöglich, einen allgemein gültigen Mehrbedarf für den Laufsport abzuleiten.

Als letzter oft genannter Grund für einen erhöhten Eisenverlust im Sport gäbe es noch die «Foot-strike-haemolysis», also das Zerdrücken von roten Blutkörperchen an der Fusssohle beim Laufen. Die Blutkörperchen werden zwar tatsächlich zerdrückt, das dabei aus den Blutkörperchen freigesetzte Eisen wird aber im Blut wieder gebunden, rezykliert und in neue Blutkörperchen eingebaut. Das Eisen geht nicht verloren und deswegen führt dieser Mechanismus nicht zu nennenswerten Eisenverlusten, was bei einem 60 km Lauf bestätigt wurde <sup>29</sup>.

Auch wenn im Sport keine echte Bedarfserhöhung für das Eisen vorliegt (mit Ausnahme vielleicht des Laufens), beobachtet man immer wieder einen niedrigen Eisenstatus bei Athlet/innen. Das Problem ist aber kaum ein allfällig höherer Bedarf im Sport, sondern die oben genannten →*Risikofaktoren für Eisenmangel*.

## Eisensupplemente: Leistungsfördernd im Sport?

Nein. Eisensupplemente sind wie Supplemente anderer Mineralstoffe oder Vitamine nicht prinzipiell leistungsfördernd. Falls aber ein Eisenmangel vorliegt, können Eisensupplemente zur Wiedererlangung der ursprünglichen Leistungsfähigkeit dienen, denn bei einem Eisenmangel ist die Leistungsfähigkeit klar beeinträchtigt <sup>30</sup>.

Da Eisenmangel, insbesondere bei Frauen, nicht selten ist und die Leistungsfähigkeit durch einen Eisenmangel beeinträchtigt wird, sollten Sportler/innen ihren Eisenstatus regelmässig kontrollieren, z.B. 1x pro Jahr. Bei einem guten Eisenstatus sind auch längere Kontrollabstände möglich (z.B. alle 2-3 Jahre).

Wie schon mehrfach erwähnt, muss man aber dringend vor einer Supplementierung mit Eisen ohne entsprechende klinische Diagnose abraten. Sogenannte «vorbeugend» eingesetzte Eisensupplemente sind strikte abzulehnen, da dann schwerwiegende Gesundheitsschäden nicht auszuschliessen sind.

Autoren: Dr. Samuel Mettler, Dr. Paolo Colombani,

Datum: November 2019, Version 4.4

Gültigkeit: November 2022

## Literatur

1. Hider RC, Kong X. Iron: effect of overload and deficiency. *Met.Ions Life Sci.* 2013; 13:229–94.
2. Zoller H, Vogel W. Iron supplementation in athletes - first do no harm. *Nutrition.* 2004; 20:615–9.
3. Ganz T. Systemic iron homeostasis. *Physiol.Rev.* 2013; 93:1721–41.
4. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iron. *EFSA J.* 2015; 13:4254.
5. Park CH, Valore EV, Waring AJ, Ganz T. Hcpidin, a urinary antimicrobial peptide synthesized in the liver. *J.Biol.Chem.* 2001; 276:7806–10.
6. Rishi G, Wallace DF, Subramaniam VN. Hcpidin: regulation of the master iron regulator. *Biosci.Rep.* 2015; 35.

7. Hurrell R, Egli I. Iron bioavailability and dietary reference values. *Am.J.Clin.Nutr.* 2010; 91:1461S-1467S.
8. Collings R, Harvey LJ, Hooper L, Hurst R, Brown TJ, Ansett J et al. The absorption of iron from whole diets: a systematic review. *Am.J.Clin.Nutr.* 2013; 98:65–81.
9. Camaschella C. Iron-deficiency anemia. *N.Engl.J.Med.* 2015; 372:1832–43.
10. Lopez A, Cacoub P, Macdougall IC, Peyrin-Biroulet L. Iron deficiency anaemia. *Lancet.* 2015; In Druck.
11. Rodenberg RE, Gustafson S. Iron as an ergogenic aid: ironclad evidence? *Curr.Sports Med.Rep.* 2007; 6:258–64.
12. World Health Organization, Centers for Disease Control and Prevention. Assessing the iron status of populations. 2007.
13. Cancelo-Hidalgo MJ, Castelo-Branco C, Palacios S, Haya-Palazuelos J, Ciria-Recasens M, Manasanch J et al. Tolerability of different oral iron supplements: A systematic review. *Curr.Med.Res.Opin.* 2013; 29:291–303.
14. Swiss Medical Board. Orale oder parenterale Behandlung des Eisenmangels, 2014. <http://www.medical-board.ch>. Zollikofen.
15. Hinton PS. Iron and the endurance athlete. *Appl.Physiol.Nutr.Metab.* 2014; 39:1012–8.
16. Moretti D, Goede JS, Zeder C, Jiskra M, Chatzinakou V, Tjalsma H et al. Oral iron supplements increase hepcidin and decrease iron absorption from daily or twice-daily doses in iron-depleted young women. *Blood.* 2015; 126:1981–9.
17. Moretti D. Neue Wege der Eisensupplementierung: Ist weniger mehr? *Schweiz.Z.Ernährungsmed.* 2018:12–5.
18. Stoffel NU, Zeder C, Brittenham GM, Moretti D, Zimmermann MB. Iron absorption from supplements is greater with alternate day than with consecutive day dosing in iron-deficient anemic women. *Haematologica.* 2019; In Druck.
19. Viteri FE, Casanueva E, Tolentino MC, Diaz-Francés J, Erazo AB. Antenatal iron supplements consumed daily produce oxidative stress in contrast to weekly supplementation in Mexican non-anemic women. *Reprod.Toxicol.* 2012; 34:125–32.
20. Siddique A, Kowdley KV. Review article: the iron overload syndromes. *Aliment.Pharmacol.Ther.* 2012; 35:876–93.
21. Rochette J, Le Gac G, Lassoued K, Férec C, Robson KJH. Factors influencing disease phenotype and penetrance in HFE haemochromatosis. *Hum.Genet.* 2010; 128:233–48.
22. Fonseca-Nunes A, Jakszyn P, Agudo A. Iron and cancer risk - A systematic review and meta-analysis of the epidemiological evidence. *Cancer Epidemiol.Biomarkers Prev.* 2014; 23:12–31.
23. Bao W, Rong Y, Rong S, Liu L. Dietary iron intake, body iron stores, and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine.* 2012; 10:119.
24. Steinbicker AU, Muckenthaler MU. Out of balance - systemic iron homeostasis in iron-related disorders. *Nutrients.* 2013; 5:3034–61.
25. Robertson JD, Maughan RJ, Davidson RJ. Faecal blood loss in response to exercise. *Br.Med.J.* 1987; 295:303–5.
26. Nachtigall D, Nielsen P, Fischer R, Engelhardt R, Gabbe EE. Iron deficiency in distance runners. A reinvestigation using Fe-labelling and non-invasive liver iron quantification. *Int.J.Sports Med.* 1996; 17:473–9.
27. van Wijck K, Lenaerts K, van Bijnen AA, Boonen B, van Loon, Luc J C, Dejong CHC et al. Aggravation of exercise-induced intestinal injury by Ibuprofen in athletes. *Med.Sci.Sports Exerc.* 2012; 44:2257–62.
28. Haymes EM. Iron. In: Wolinsky I, Driskell JA, (Hrsg.). *Sports nutrition: Vitamins and trace elements.* 2. Auflage. Boca Raton, FL: Taylor&Francis, 2005, pp. 203–216.
29. Lippi G, Schena F, Salvagno GL, Aloe R, Banfi G, Guidi GC. Foot-strike haemolysis after a 60-km ultramarathon. *Blood Transfus.* 2012; 10:377–83.
30. Buratti P, Gammella E, Rybinska I, Cairo G, Recalcati S. Recent advances in iron metabolism: Relevance for health, exercise, and performance. *Med.Sci.Sports Exerc.* 2015; 47:1596–604.