

Eisen

Vorkommen

Das Übergangselement Eisen existiert in mehreren Oxidationsstufen. Für den menschlichen Organismus sind nur das zweiwertige Eisen (Fe^{2+}) und das dreiwertige Eisen (Fe^{3+}) von Bedeutung.

Hinsichtlich der Nahrungsquellen für Eisen unterscheidet man Hämeisen, welches tierischen Ursprungs ist (Fleisch, Fisch), und Nicht-Hämeisen, welches pflanzlichen Ursprungs ist (Getreide, Soja, Blattgemüse, Nüsse).

Bei dem Hämeisen handelt es sich um Fe^{2+} , welches löslich ist und daher besser vom menschlichen Organismus aufgenommen wird.

Das Nicht-Hämeisen kann sowohl als Fe^{2+} und Fe^{3+} vorliegen, wobei es sich eher um die unlösliche dreiwertige Form handelt.

Da das lösliche Fe^{2+} spontan zu dem schwer löslichen Fe^{3+} reagiert, liegt es im Organismus meist gebunden an bestimmte Proteine vor. Zu diesen Proteinen zählen Hämoglobin, Myoglobin, Transferrin und Ferritin.

Ca. 70-80 % des Eisenbestandes eines Organismus liegen als Funktionseisen vor. Funktionseisen wird zum größten Teil für die Bildung der Erythrozyten (rote Blutkörperchen) benötigt. In diesem Falle ist Eisen an Hämoglobin gebunden. Weiter dient Funktionseisen für die Bildung von Myoglobin (roter Muskelfarbstoff) und für die mitochondriale Atmungskette.

Bei ca. 20 % des Eisenbestandes im Organismus handelt es sich um **Speichereisen** in Form von Ferritin und Hämosiderin in Leber, Milz, Darmschleimhaut und Knochenmark.

5-10 % des Eisens sind an weitere Enzyme gekoppelt und unterstützen deren Funktionen – Cytochrome (Atmungskette), Katalasen, Peroxidasen.

Begriffserklärungen

Hämoglobin

Eisenhaltiges, sauerstofftransportierendes Protein in den Erythrozyten; gibt dem Blut die rote Farbe.

Myoglobin

Eisenhaltiges und sauerstoffhaltiges Protein in Herz- und Muskelzellen; gibt den Muskelzellen die rote Farbe.

Transferrin

Protein, das freies Eisen im Serum bindet und zu den Zellen transportiert; besitzt 2 Bindungsstellen für Fe^{3+} .

Ferritin, Hämosiderin

Proteine, an welche Depoteisen gebunden wird und in Leber- und Milzzellen und Knochenmark gespeichert wird – „Speichereisen“.

Resorption

Die Eisenresorption erfolgt im Duodenum (Zwölffingerdarm) und Jejunum (Leerdarm).

Die Resorption von Hämeisen und Nicht-Hämeisen ist unterschiedlich.

Nicht-Hämeisen, überwiegend dreiwertiges Eisen (Fe^{3+})

Die Resorptionsrate von Nicht-Hämeisen, welches überwiegend in pflanzlichen Lebensmitteln vorkommt, ist mit 5 % eher gering.

Mit Hilfe von Magensäure wird Fe^{3+} zu Fe^{2+} reduziert.

Durch Ascorbinsäure (Vitamin C) und schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin, Cystein) aus der Nahrung wird Fe^{2+} in Lösung gehalten.

Mittels eines eisenbindenden Membranproteins wird es in die Mucosazelle aufgenommen. Dort wird es entweder als Ferritin kurzfristig gespeichert oder ins Plasma abgegeben.

Hier oxidiert es wieder zu Fe^{3+} , um an das Eisentransportprotein Transferrin gebunden zu werden. Transferrin transportiert Eisen zu allen Geweben, wo es in die Zellen aufgenommen wird.

Landet Fe^{3+} im oberen Dünndarm, wird es der Resorption entzogen, weil es in dessen schwach alkalischem Milieu nicht löslich ist.

Hämeisen, zweiwertiges Eisen (Fe^{2+})

In tierischen Lebensmitteln liegen 40-60% des Eisens als Hämeisen (Hämoglobin, Myoglobin) vor. Dieses weist für den menschlichen Organismus eine hohe Bioverfügbarkeit auf und wird zu 15-35% resorbiert.

Nach Abspaltung des Globinrestes wird es als Ganzes resorbiert und in die Mucosazellen des Dünndarms aufgenommen. Ab hier erfolgt die Resorption wie beim Nicht-Hämeisen beschrieben.

Der Eisenresorption förderlich sind:

- Schwefelhaltige Aminosäuren (Methionin, Cystein)
- Ascorbinsäure (Vitamin C)
- Vitamin A – schützt vor hemmenden Faktoren wie Phytinsäure
- Fructose
- Organische Säure (z. B. Zitronen-, Wein- und Milchsäure)

Wird Nicht-Hämeisen in Kombination mit diesen Substanzen aufgenommen, kann die Bioverfügbarkeit um das 3-4-fache gesteigert werden. Darauf sollten besonders Vegetarier und Veganer achten.

Der Eisenresorption hinderlich sind:

- Phytinsäure – in Getreide, Mais, Reis, Soja
- Ballaststoffe
- Oxalate – in Spinat, Rhabarber, Kakao
- Polyphenole – in Kaffee (Chlorogensäure), schwarzem Tee (Tannine), Hirse
- Soja- und Milchproteine (Caseine)
- Calciumsalze, Phosphate (in Ei)
- Salizylate

Die resorptionsfördernden und – hemmenden Faktoren wirken sich nur auf das Nicht-Hämeisen aus.

Regulation des Eisenhaushaltes

Der Eisenhaushalt wird nicht über die Ausscheidung von Eisen reguliert. Entscheidend sind:

- die Größe der Eisenspeicher - sind die Eisenspeicher leer, erhöht sich die Resorptionsrate; sind die Eisenspeicher voll, wird weniger Eisen resorbiert,
- die Erythropoeserate (Bildung roter Blutkörperchen) - müssen viele rote Blutkörperchen synthetisiert werden, erhöht sich die Eisenresorption,
- die Menge an aufgenommenem Eisen,
- resorptionsfördernde und - hemmende Stoffe aus der Nahrung,
- Alter,
- Erkrankungen - Sprue, Morbus Crohn, Colitis ulcerosa, chronisch atrophische Gastritis gehen mit ungenügender Eisenresorption einher.

Physiologische Funktionen

Die physiologischen Funktionen von Eisen beruhen auf dessen Fähigkeit, mit Sauerstoff zu reagieren und dessen Möglichkeit des Wertigkeitswechsels:

Sauerstofftransport und -speicherung

Als Baustein von Hämoglobin transportiert Eisen Sauerstoff in den Erythrozyten von der Lunge zu den Geweben.

Als Baustein von Myoglobin transportiert und speichert Eisen Sauerstoff im Muskelgewebe.

Elektronentransport

Eisen ist Bestandteil zahlreicher Enzyme und Coenzyme, die für den Elektronentransport unentbehrlich sind, so z. B. von Cytochrom, ein Coenzym der mitochondrialen Atmungskette, welches zudem wichtig für die ATP-Produktion (Energieproduktion) ist. Somit ist Eisen wichtig für den Energiestoffwechsel.

Oxidations- und Reduktionsvorgänge

In folgenden Bereichen ist Eisen an Oxidations- und Reduktionsvorgängen beteiligt:

- DNA-Synthese
- Zellwachstum
- Zentrales Nervensystem
- Entsorgung von Sauerstoffradikalen, Entgiftungsprozesse
- Citratzyklus
- Kollagensynthese (Aufbau und Regeneration von Knochen, Knorpel, Bindegewebe)

Eisenmangel

Durch eisenarme Ernährung, Unterernährung, Eisenverluste, chirurgische Eingriffe, bei starker Regelblutung und starken Blutungen durch Verletzungen, Magengeschwüren, Hakenwurmbefall, gestörter Eisenresorption (nach Magenresektion) und in erhöhten Bedarfssituationen (Schwangerschaft, Ausdauersport) kann es zu einem Eisenmangel kommen.

Symptome eines Eisenmangels:

- Blässe, Konzentrations- und Leistungsschwäche, Müdigkeit, Nervosität, Appetitlosigkeit,
- Deformierte Nägel, Mundwinkelrhagaden, Entzündungen der Mundschleimhäute,
- Anämie (deutlich verminderte Leistungsfähigkeit),
- Entwicklungsstörungen.

Eisenüberladung

Bei Stoffwechselgesunden und ausgewogener Ernährung ist eine Eisenüberladung unwahrscheinlich. Nach häufigen Bluttransfusionen und bei bestimmten Erkrankungen (Hämochromatose) kann es jedoch zu erhöhten Eisenkonzentrationen kommen. Eine dauerhaft erhöhte Eisenkonzentration kann zu Gewebeschäden v. a. in Leber, Pankreas und Herzmuskel führen. Eine erhöhte Serum-Ferritinkonzentration geht mit einem hohen KHK-Risiko (Koronare Herz-Kreislaufkrankungen) einher.

Eine dauerhafte Supplementierung von Eisen in hohen Konzentrationen ist daher nicht empfehlenswert.

Wissenswertes über Eisen-Blutwerte

Der Serum-Eisen-Wert ist wenig verlässlich, da er erst sinkt, wenn schon alle Speicher leer sind.

Normalwerte: 40-150 µg/dl

Ferritin

Obwohl sich das Speichereisen Ferritin innerhalb der Zellen befindet, ist die Serum-Ferritinkonzentration im menschlichem Blut aussagekräftig für den gesamten Eisenspeicher des Organismus.

Normalwerte

Männer: 34-310 µg/l, Frauen: 22-112 µg/l, Kinder: 7-142 µg/l

Transferrin

Die Höhe des Serum-Transferrins ist „invers korreliert“ mit der Höhe des Eisenspeichers: ist die Transferrinkonzentration hoch, sind die Eisenspeicher nicht gefüllt.

Normalwerte

Männer: 35-168 µg/dl, Frauen 23-165 µg/dl, Kinder 22-135 µg/dl

Angemessene Zufuhr (Empfehlung)

Jugendliche und Erwachsene: 15-10 mg/Tag

Kinder: 8-15 mg/Tag

Schwangere 30 mg/Tag

(Quelle: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE): D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Umschau Braus Verlag 2000)

Eisengehalt ausgewählter pflanzlicher Lebensmittel

Lebensmittel	Eisengehalt in mg/100 g
Getreide und Getreideprodukte	
Haferflocken (Vollkorn)	5,1
Hirse, Korn, entspelzt	6,9
Weizenkeime, getrocknet	8,5
Obst	
Aprikosen, getrocknet	4,4
Feige, getrocknet	3,2
Pfirsich, getrocknet	6,5
Gemüse und Hülsenfrüchte	
Portulak	3,6
Schwarzwurzel	3,3
Spinat	4,1
Topinambur	3,7
Bohnen, weiß, reif	6,1
Erbsen, reif	5,2
Kichererbsen	6,1
Limabohnen, reif	6,3
Linsen	8,0
Mungobohnen, reif	6,8
Sojabohne, reif	6,6
Sojamehl	12,1
Kräuter	
Basilikum	7,3
Petersilie	5,5
Rosmarin	8,5
Thymian	5,0
Pilze	
Pfifferling	6,5

Nüsse und Samen	
Haselnuss	3,8
Kürbiskerne	12,5
Leinsamen, ungeschält	8,2
Mandel, süß	4,1
Mohnsamensamen	9,5
Pinienkerne	5,2
Pistazienkerne	7,3
Sesamsamen	10
Sonnenblumenkerne, geschält	6,3

(Quelle: Prof. Dr. I. Elmadfa et. al.: Die große, GU Nährwert-Kalorien-Tabelle, GU-Verlag 2010/2011)

Wird kein Fleisch verzehrt, sollte die Aufnahme des pflanzlichen Eisens durch die Kombination mit Vitamin-C-reichen Lebensmitteln optimiert werden, z. B. Vollkornprodukte mit Obstsaft, Hülsenfrüchten mit Paprika, Spinat mit Kartoffeln. Nicht förderlich ist die Kombination mit Milchprodukten, Sojaprodukten, Rhabarber, Kaffee, schwarzem Tee, Kakao etc. (s. o.).

Eisengehalt ausgewählter tierischer Lebensmittel

Die Eisengehalte der tierischen Lebensmittel scheinen zunächst anhand der Zahl geringer. Da es sich aber um zweiwertiges Eisen handelt, ist die biologische Wertigkeit höher und somit auch die Resorptionsrate (Aufnahme).

Lebensmittel	Eisengehalt in mg/100 g
Fisch	
Sardine	2,5
Miesmuschel	5,1
Rotbarsch, geräuchert	4,7
Thunfisch, in Öl	1,2
Geflügel	
Ente, durchschnittlich	2,5
Huhn, durchschnittlich	1,8
Huhn, Leber	7,4
Pute, durchschnittlich	1,4
Hammel- und Lammfleisch	
Muskelfleisch	1,6
Kotelett	2,2
Keule	2,7
Leber	12,4
Kalbfleisch	
Muskelfleisch	2,1
Kotelett	2,1

Keule	2,3
Leber	7,9
Rindfleisch	
Muskelfleisch	2,2
Filet	2,3
Hackfleisch	2,4
Keule	2,6
Leber	6,5
Schweinefleisch	
Muskelfleisch	1,0
Kotelett	1,8
Schnitzel	1,7
Kasseler	2,5
Filet	3
Leber	15,8
Wild	
Hase	2,8
Reh	3
Wildschwein	1,8
Wurstwaren	
Cervelatwurst	1,7
Dosenwürstchen	2,7
Fleischwurst	1,7
Jagdwurst	2,9
Leberpastete	6,4
Leberwurst	5,5
Mortadella	3,1
Blutwurst	6,4
Salami	2,1
Kochschinken	2,5

(Quelle: Prof. Dr. I. Elmadfa et. al. : Die große, GU Nährwert-Kalorien-Tabelle, GU-Verlag 2010/2011)