



Bild: Kurt Michel, pixelio.de

Liebe Kolleginnen und Kollegen,  
ein Eisenmangel tritt auch in Deutschland relativ häufig auf. Die Symptome eines Eisenmangels werden meist mit der Eisen-Mangelanämie in Verbindung gebracht. Wenn man sich einmal näher mit Eisen beschäftigt, ist man erstaunt, welch große Bedeutung diesem Spurenelement im Organismus zukommt.

Ein Eisenmangel kann eine Vielzahl von Beschwerden hervorrufen, z.B. Erschöpfung, Depressionen, Energiemangel, ADHS, Restless-Leg-Syndrom, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Immunschwäche etc. Wir haben für Sie einmal zusammengestellt, welche Bedeutung Eisen im Stoffwechsel hat.

In unserem Eisen-Screening werden die wichtigsten Parameter für den Eisenstoffwechsel bestimmt. Das Ergebnis der Analyse ermöglicht es dann, mit einer gezielten Eisentherapie seine „Eisendepots“ wieder aufzufüllen. Dieses Eisen-Screening ist neu, und wir möchten es Ihnen gerne vorstellen. Zunächst aber einige wichtige fachliche Facts zum Thema Eisen.

H. G. Wegler

## Grundsätzliches über Eisen

Mit einer Konzentration von 4,7 Prozent ist Eisen nach dem Aluminium das zweithäufigste Metall in der Erdkruste. Man kann davon ausgehen, dass der innere Erdkern aus flüssigen und festen Eisen-Nickel-Legierungen besteht. Auf den ganzen Erdball bezogen ist Eisen deshalb mit einem Anteil von 35 Prozent das häufigste Metall. Eisen verbindet sich gerne mit Sauerstoff; in einer feuchten Atmosphäre zerfällt es sehr schnell zu dem Oxidationsprodukt Rost. Deshalb ist Eisen in reiner Form als Werkstoff nahezu unbrauchbar. Schon durch Zuführen geringfügiger Mengen anderer Elemente können die Eigenschaften des Eisens in einem breiten Bereich verändert werden. Die Legierungen des Eisens bezeichnet man als Stähle. Stahl ist nicht nur unentbehrlich, es ist auch der mit Abstand preiswerteste metallische Werkstoff. Weltweit werden heute jährlich 800 bis 900 Mio. Tonnen Rohstahl produziert. Es gibt praktisch keinen von Menschen gefertigten Gegenstand, der nicht Eisen enthält oder bei dessen Produktion nicht Werkzeuge aus Stahl zum Einsatz kommen. Es werden etwa 2.500 bis 3.000 verschiedene Stahl- und Gusseisensorten in Industrie und Handwerk eingesetzt. Wichtige Legierungszusätze sind z.B. die Metalle Nickel, Chrom, Molybdän, Wolfram, Titan, Niob und Vanadium.

Weltweit werden rund 1 Mrd. Tonnen Eisenerz pro Jahr abgebaut und zu Eisen und Rohstahl verarbeitet. Vermahlenes Eisenerz spielt auch eine wichtige Rolle als Pigment für Baustoffe, Keramik, Glas etc. Des Weiteren hat Eisen eine große Bedeutung für elektronische Anwendungen, z.B. in Form von Magnetbändern und Magnetplatten.



Eisen - das unterschätzte Spurenelement

Klären Sie Ihren Eisenstatus ab – mit dem DCMS-Eisen-Screening!

[www.diagnostisches-centrum.de](http://www.diagnostisches-centrum.de)

# Stoffwechselfunktion von Eisen

Die Eisenmangelanämie gehört zu den häufigsten Erkrankungen weltweit. Rund 1,5 Mrd. Menschen sind davon betroffen. Besonders ungünstig wirkt sich ein Eisenmangel in der frühesten Kindheit aus, weil dieser, wie man heute weiß, zu einer irreversiblen Beeinträchtigung der Hirnentwicklung führt. Eine ausreichende Eisenversorgung zu einem späteren Zeitpunkt kann diese Schäden nicht mehr reparieren.

Ein Eisenmangel wird meist mit dem Krankheitsbild „Eisenmangelanämie“ assoziiert. Eisen ist aber ein Spurenelement mit sehr vielfältigen Eigenschaften, deshalb können bei einer unzureichenden Eisenverfügbarkeit sehr viele Stoffwechselfunktionen beeinträchtigt sein.

Der Gesamteisenbestand des menschlichen Körpers beträgt etwa vier bis fünf Gramm. Wenigstens 2,1 Gramm sind in den Erythrozyten und ihren Vorläuferzellen verteilt. Bis zu 600 mg Eisen findet man in Makrophagen, ungefähr 300 mg befinden sich im Myoglobin der Muskelzellen. Die Leber ist ein wichtiges Eisenspeicherorgan und enthält rund ein Gramm Eisen. 20 bis 30 Prozent des Eisens werden in Form der Verbindungen Ferritin und Hämosiderin gespeichert. Eisen kann relativ leicht zwischen den Oxidationsstufen  $Fe^{2+}$  und  $Fe^{3+}$  wechseln und spielt deshalb eine wichtige Rolle bei Elektronenübertragungsreaktionen. Biochemisch werden verschiedene Eisenverbindungen unterschieden: Hämproteine, Eisen-Schwefel-Proteine, Transport-Speicher-Proteine sowie Nicht-Hämenzyme.

## Wozu wird Eisen im Organismus benötigt?

Rund 60 Prozent des Eisens befinden sich im **Hämoglobin**. Täglich werden etwa 300 Mrd. roter Blutzellen neu gebildet. Dazu ist eine Eisenmenge von 20 – 30 mg erforderlich, die überwiegend durch das Eisenrecycling der Makrophagen zur Verfügung gestellt wird. **Myoglobin** ist ein Muskelprotein, das eine sauerstoffbindende Hämgruppe enthält. Myoglobin spielt eine wichtige Rolle für den Sauerstofftransport innerhalb der Zelle.

Eisen ist für die **mitochondriale ATP-Synthese** essentiell. In der Atmungskette befinden sich mehrere eisenhaltige Verbindungen, z.B. Cytochrom-C, Cytochrom-C-Reduktase, die an der Elektronenübertragung beteiligt sind. Ein

Eisenmangel kann deshalb zu einer Beeinträchtigung der ATP-Synthese führen. Eisen ist auch Bestandteil der Aconitase und der Succinat-Dehydrogenase, zweier wichtiger Enzyme des **Citratzyklus**. Die Hämgruppe ist auch ein Cofaktor der **Cytochrom-P450-Proteine**, die für Biotransformation-Phase I-Reaktionen benötigt werden. Verschiedene CYP-Proteine sind auch am Steroidhormon-Stoffwechsel, an der Biosynthese der Gallensäuren, von Cholesterin, Prostacyclin und Thromboxan-A beteiligt.



© Rudolpho Duba / pixelio.de

Eisen ist ein Cofaktor für die **Carnitinsynthese**. Carnitin hat eine zentrale Rolle im mitochondrialen Energiestoffwechsel und für die Regulierung der Acetyl-CoA-Verfügbarkeit. Ein Carnitinmangel geht häufig mit Leistungsschwäche, schneller Ermüdbarkeit und muskulärer Schwäche einher.

Eisen ist Bestandteil der **Katalase** und der **Peroxidasen**, wichtiger Enzyme der antioxidativen Abwehr des Organismus. Eisen ist aber auch im Rahmen des respiratory burst der Granulozyten für die Bildung von ROS notwendig. Bereits ein geringer Eisenmangel kann zu einer Beeinträchtigung der zellulären Immunität und zu Störungen der systemischen Immunantwort führen, vor allem bei schwerkranken Patienten.

Die Bildung des Signalgases **Stickstoffmonoxid (NO)** erfolgt mit Hilfe der eisenhaltigen NO-Synthasen. NO spielt eine wichtige Rolle für die Endothelfunktion, für die Regulierung des Gefäßtonus, für die Verringerung der Thrombozytenaggregation etc. NO ist auch ein wichtiges Mediatormolekül für die Zellen des Immunsystems und dient als „Kampfgas“ zur Bekämpfung intrazellulärer Erreger. Im ZNS ist NO an der Neurotransmission beteiligt. Eisen ist auch für die **Signalübertragung** erforderlich. Die eisenhaltige Guanylatcyclase bildet das Signalmolekül cGMP, das eine ganze Reihe von Signalen im Stoffwechsel vermittelt, z.B. die Entspannung der Muskulatur, die Vasodilatation, den Ionentransport in Nieren und Darm, die Funktionsfähigkeit der Sehhäbchen und vieles mehr.

Eisen wird auch für den korrekten Aufbau der **Kollagene** benötigt und spielt daher auch eine Rolle für die Struktur und Funktionsfähigkeit von Bindegewebe, Knorpel, Knochen, Haut und Kollagenen.

Weitere eisenhaltige Enzyme bildet die **Xanthin-Oxidase**, die für den Harnsäureabbau benötigt wird, die Sulfid-Oxidase, die am Schwefelabbau beteiligt ist, die Alkoholdehydrogenase sowie die Cystein-Dioxygenase, die für die Taurinsynthese erforderlich ist.

Eisen ist von zentraler Bedeutung für die **Gehirnfunktion**. Es ist schon einige Zeit bekannt, dass ein Eisenmangel in der frühen Kindheit zu irreversiblen Hirnschäden führen kann - auch dann, wenn zu einem späteren Zeitpunkt eine ausreichende Eisenzufuhr sichergestellt ist. Eisen ist für die Energieproduktion der Nervenzellen notwendig, weil, wie bereits erwähnt, verschiedene mitochondriale Enzyme eisenhaltig sind. Bei einem Eisenmangel kommt es zu einer Verminderung der ATP-Synthese und des Stoffwechselumsatzes der Nervenzellen, wodurch verschiedene Aspekte der neuronalen Entwicklung und der Synapsenaktivität beeinträchtigt werden. Da Eisen auch für die DNA-Synthese benötigt wird, kann ein Mangel auch zu einer Beeinträchtigung der Genexpression und der Proteinsynthese im Gehirn führen. Bei einem Eisenmangel kommt es zu einer verminderten Bindung von BDNF. Letzteres ist ein Nervenzellwachstumsfaktor, der für die Struktur der Dendriten und für die synaptische Plastizität eine große Bedeutung hat. Bei einem Eisenmangel in der frühen Kindheit entstehen Defizite in der Morphologie der Dendrite und der synaptischen Plastizität. Für die Hirnentwicklung wird das Signalmolekül mTOR benötigt. Die mTOR-Signalgebung wird durch die Eisenverfügbarkeit beeinflusst. mTOR ist wichtig für die Bildung neuronaler Strukturen

.....**Studien**.....

## **Übergewicht und Eisen**

Auf der diesjährigen Jahresversammlung der amerikanischen „Pediatric Academic Societies“ wurde eine Studie vorgestellt, in der ein Zusammenhang zwischen Übergewicht und Eisenstoffwechsel bei schwangeren Frauen geprüft wurde. In der Studie wurden 281 Mütter mit ihren Neugeborenen untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass bei den Neugeborenen der adipösen Frauen vermehrt eine Störung des Eisenstoffwechsels vorlag.

### Referenz:

sciencedaily.com, May 1, 2011: Maternal obesity puts infants at risk of iron deficiency;

sowie für eine effektive Übertragung an den Synapsen. Besonders empfindlich hinsichtlich eines Eisenmangels ist der **Hippocampus** - die Hirnstruktur, die für die Gedächtnisbildung verantwortlich ist. Eisen ist ein wichtiger Cofaktor für die Bildung von Neurotransmittern wie Dopamin und Serotonin. Dopamin wiederum spielt eine wichtige Rolle für die Hypocampusfunktion. Darüberhinaus wird Eisen für die Myelinsynthese benötigt. Eine Störung der Myelinbildung gehört zu den bleibenden Schäden infolge eines frühkindlichen Eisenmangels.

Häufig ist nicht ausreichend bekannt, dass Eisen an sehr vielen Stoffwechselreaktionen beteiligt ist und die Eisenmangelanämie oftmals erst das spätere Stadium eines Eisenmangelsyndroms darstellt.

### Referenzen:

- Manuel Munoz et al.: Disorders of iron metabolism. Part 1: molecular basis of iron homeostasis; J Clin Pathol 2011; 64:281-286
- Wikibooks.org: Biochemie und Pathobiochemie: Eisen
- John Beard: Iron deficiency alters brain development and functioning; J Nutr. 133: 1468S-1472S, 2003
- Betsy Lozoff et al.: Long-lasting neural and behavioural effects of iron deficiency in infancy; Nutr. Rev. 2006 May; 64(5 Pt 2): S34-S91
- Stephanie J. B. Fretham: The role of iron in learning and memory; American Society for Nutrition. Adv. Nutr. 2: 112-121, 2011-08-04
- Cem Ekmekcioglu, Wolfgang Markt: Essentielle Spurenelemente; Springer

## **Eisen und Asthma**

Ein Eisenmangel während der Schwangerschaft könnte bei den Neugeborenen mit Problemen der Atemwege assoziiert sein. Dies sind jedenfalls die Ergebnisse einer Studie, die im März 2011 im „American College of Allergy, Asthma and Immunology“ publiziert wurde. Die Studie mit 597 Familien ergab, dass bei 12 Prozent der Mütter während der Schwangerschaft eine Anämie vorlag. Von ihren Kindern litten 22 Prozent im ersten Lebensjahr an einer Stenoseatmung, und 17 Prozent hatten im Alter von sechs Jahren Asthma.

### Referenz:

sciencedaily.com, Mar. 12m 2011: Pregnancy anemia linked to childhood wheezing and asthma

## DCMS-Eisen-Screening

Das DCMS-Eisen-Screening ist eine Laboranalyse, die eine umfassende Aussage über den Eisenstatus erlaubt.

### Eisen

Die Schwankungsbreite der Serum-Eisen-Konzentration ist relativ hoch. Das Serum-Eisen ist deshalb kein geeigneter Parameter zum Nachweis oder zum Ausschluss eines Eisenmangels. Die Eisenbestimmung ist aber zur Ermittlung der Transferrinsättigung notwendig.

### Transferrin

Transferrin ist das Transportprotein für Eisen, hat aber auch eine geringere Affinität zu anderen Spurenelementen. Transferrin wird in der Leber gebildet und ist im Gegensatz zu Ferritin ein Anti-Akutphasen-Protein, d.h. die Konzentration fällt bei Entzündungen, Infekten etc. ab. Eine isolierte Transferrinbestimmung hat eine eher geringere Aussagekraft. Die Transferrinbestimmung ist aber notwendig zur Berechnung der Transferrinsättigung.

### Transferrinsättigung

Die Transferrinsättigung wird aus der Konzentration von Eisen und Transferrin berechnet. Der Wert der Transferrinsättigung erlaubt eine Aussage über den Füllungszustand der Eisenspeicher des Körpers. Eine erniedrigte Transferrinsättigung spricht für einen Eisenmangel oder eine Eisenverteilungsstörung, eine erhöhte Transferrinsättigung für eine Eisenüberladung, Hämolyse etc. Der Normalwert der Transferrinsättigung liegt zwischen 16 und 45 Prozent.

### Ferritin

Ferritin ist ein Eisenspeicherprotein, das die Eisenversorgung des Organismus am besten widerspiegelt. Ferritin ist die wichtigste analytische Messgröße zur Beurteilung eines Eisenstatus. Es erlaubt das Erkennen einer Eisenspeicherentleerung, bevor eine Anämie manifest wird. Ein Nachteil ist, dass Ferritin ein Akutphasenprotein ist und deshalb die Ferritinkonzentration bei Akutphasenaktionen keinen Maßstab für die Eisenversorgung darstellt.

## hs-CRP

Die Bestimmung von hs-CRP erfolgt zur Beurteilung der Entzündungsaktivität des Stoffwechsels. CRP ist das klinisch wichtigste Akutphasenprotein. Die Bestimmung von hs-CRP liefert wichtige Informationen darüber, ob z.B. erhöhte Ferritinkonzentrationen entzündungsbedingt sein können oder nicht.

## Löslicher Transferrinrezeptor

Der lösliche Transferrinrezeptor ist ein Indikator für den Eisenbedarf der Zelle. Die Serumkonzentration von sTfR ist direkt proportional zur Rezeptorkonzentration auf den Zellmembranen. 80 bis 95 Prozent der Transferrinrezeptoren befinden sich auf den Zellen des blutbildenden Systems. Die sTfR-Konzentration steigt bei einer Minderversorgung des Funktionseisens an, noch bevor es zu einem Hämoglobinabfall kommt. Im Gegensatz zum Serum-Ferritin wird die Konzentration von sTfR kaum durch eine Akutphasen-Reaktion beeinträchtigt.

## Kupfer

Kupfer ist für den Eisenstoffwechsel nötig. Caeruloplasmin, ein kupferhaltiges Protein, katalysiert die Oxidation von  $Fe^{2+}$  zu  $Fe^{3+}$ . Caeruloplasmin ist auch am Eisentransport beteiligt. Eine ausreichende Kupferversorgung ist bei einem normalen Eisenstoffwechsel notwendig.

## Vitamin A

Ein Vitamin-A-Mangel verschlechtert die Eisenmobilisierung aus den Speichern. Es wurde eine direkte Korrelation zwischen der Serumkonzentration von Retinol und dem Hämoglobin beobachtet. Bei kombinierter Supplementation von Vitamin A und Eisen wurde bei Mädchen ein signifikanter Hämoglobinanstieg festgestellt als bei einer Monotherapie mit Eisen.

Foto Anzeige: © vege - Fotolia.com



Diagnostisches  
Centrum für  
Mineralanalytik und  
Spektroskopie GmbH

Der Spezialist für Mikronährstoffanalysen  
und Schwermetallanalysen

### Impressum:

Diagnostisches Centrum für Mineralanalytik  
und Spektroskopie DCMS GmbH  
Löwensteinstraße 9  
D-97828 Marktheidenfeld  
Tel.: 0049/ (0) 9394/ 9703-0  
E-Mail: diagnostisches-centrum@t-online.de