

# Spurenelemente - ihre Bedeutung für Pflanze und Tier

2., unveränderte Auflage  
Nachdruck der 1. Auflage von 1961

Dr. Günter Zahn



Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 272

Westarp Wissenschaften · Hohenwarsleben · 2010

Mit 20 Abbildungen, 4 Formeln und 12 Tabellen

Umschlagbild:

Pfirsichblatt mit Manganmangelsymptomen, gesunde Kuh des Tief-  
landschlages

(aus STIER, Unser Lebensmittel Milch)

2., unveränderte Auflage

Nachdruck der 1. Auflage von 1961

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere die der  
fotomechanischen Vervielfältigung oder Übernahme  
in elektronische Medien, auch auszugsweise.

© 2010 Westarp Wissenschaften-  
Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben  
<http://www.westarp.de>

Gesamtherstellung: Westarp, Hohenwarsleben

## Inhalt

I. Einführung . . . . .	3
II. Allgemeiner Teil . . . . .	3
1. Definition der Spurenelemente und Abgrenzung zu den Makro- nährstoffen . . . . .	3
2. Methoden zur quantitativen Bestimmung von Spurenelementen und zur Feststellung ihrer physiologischen Wirksamkeit . . . . .	5
3. Physiologische Bedeutung der Spurenelemente . . . . .	7
4. Vorkommen und Verbreitung der Spurenelemente . . . . .	9
5. Kurzer geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der Spuren- elementforschung . . . . .	11
III. Spezieller Teil . . . . .	13
1. Die Bedeutung der Spurenelemente für den pflanzlichen Organismus . . . . .	13
a) Eisen . . . . .	13
b) Mangan . . . . .	16
c) Zink . . . . .	24
d) Kupfer . . . . .	29
e) Bor . . . . .	32
f) Molybdän . . . . .	38
g) Andere Spurenelemente . . . . .	41
2. Die Bedeutung der Spurenelemente für den tierischen Organismus	43
a) Eisen . . . . .	43
b) Jod . . . . .	46
c) Kupfer . . . . .	48
d) Kobalt . . . . .	50
e) Zink . . . . .	53
f) Mangan . . . . .	54
g) Andere Spurenelemente . . . . .	55
IV. Schlußwort . . . . .	57
V. Literaturhinweise . . . . .	58
VI. Erklärung der Fremdwörter . . . . .	59

## I. EINFÜHRUNG

Sowohl pflanzliche als auch tierische Lebewesen weisen unter bestimmten Bedingungen eine Reihe von Krankheitserscheinungen auf, die nicht durch mechanische Verletzungen, Infektionen oder andere Faktoren verursacht werden, sondern durch das Fehlen bestimmter Nährstoffe, insbesondere von Mineralstoffen.

Es bedarf keiner weiteren Erläuterung mehr, daß zur Erzielung eines normalen Pflanzenwachstums und damit hoher Ernteerträge eine Düngung des Bodens mit bestimmten Mineralstoffen notwendig ist. Jeder, der sich mit Landwirtschaft, Garten- oder Obstbau beschäftigt, weiß von der Wichtigkeit einer richtigen Bodendüngung. Es ist aber nicht allgemein bekannt, daß außer den in den handelsüblichen Düngern enthaltenen Mineralstoffen, wie Kalium, Kalzium, Stickstoff, Schwefel und Phosphor, noch andere Mineralstoffe eine außerordentliche Bedeutung für das Pflanzenwachstum besitzen. Das hat seine Ursache darin, daß diese anderen Mineralstoffe mengenmäßig kaum in Erscheinung treten, weswegen sie auch Spurenelemente genannt werden. Doch hat das Fehlen eines Spurenelementes im Boden genauso weitgehende Folgen für das Pflanzenwachstum wie das Fehlen eines im Dünger enthaltenen Hauptnährstoffes: Es kommt in der Regel zu charakteristischen Krankheitserscheinungen, deren Symptome davon abhängig sind, welches Element der Pflanze nicht zur Verfügung steht.

Aber nicht nur bei Pflanzen, auch bei Tieren und dem Menschen sind Krankheitserscheinungen bekannt geworden, die durch das Fehlen eines Spurenelementes in der Nahrung bedingt wurden.

## II. ALLGEMEINER TEIL

### 1. Definition der Spurenelemente und Abgrenzung zu den Makronährstoffen

Die Spurenelemente sind dadurch gekennzeichnet, daß sie in lebenden Organismen in der Regel nur in sehr geringen Mengen, nämlich in Spuren, vorkommen (vgl. Tabellen im spez. Teil). Nach ihrer Bedeutung für Pflanze und Tier lassen sie sich in drei Gruppen teilen:

### III. SPEZIELLER TEIL

#### 1. Die Bedeutung der Spurenelemente für den pflanzlichen Organismus

##### a) Eisen (Fe)

Das Eisen ist überall im Boden und in den Pflanzen vorhanden. Die Verteilung dieses Elementes innerhalb der Pflanze ist ziemlich gleichmäßig, nur die Vegetationspunkte enthalten etwas mehr als die übrigen Organe. Interessant ist die Verteilung des Eisens in den Blattzellen: 82 % finden sich in den Chloroplasten, 5 % im Cytoplasma gebunden, und 13 % sind wasserlöslich. Über den Eisengehalt verschiedener Pflanzen unterrichtet uns Tabelle 3.

Beim Fehlen von Eisen entwickeln die Pflanzen charakteristische Mangelsymptome. Diese äußern sich vor allem in dem Auftreten von Chlorosen an den Blättern der betroffenen Pflanzen. Nur die ersten Blätter entwickeln sich normal grün, die darauffolgenden sind meist schon stark chlorotisch bzw. ganz farblos (Abb. 1 u. 2).



Abb. 1, Eisenmangel an  
Hafer (nach Wallace)



Abb. 2. Eisenmangel an Süßkirschen (nach Wallace).

Eisenmangel kann bei vielen Kulturpflanzen auftreten, ist aber in den meisten Fällen nicht darauf zurückzuführen, daß der Boden, in dem die Pflanzen wachsen, eisenarm ist, sondern daß das Eisen in einer für die Pflanze nicht aufnehmbaren Form vorliegt. Besonders stark wird die verfügbare Eisenmenge eingeschränkt durch hohe Phosphatgaben und hohe pH-Werte (Kalkung des Bodens). Es bilden sich wasserunlösliche Eisenphosphate und -hydroxyde.

Unter den in der Praxis auftretenden Eisenmangelerscheinungen sind die durch übermäßige Kalkung des Bodens verursachten am häufigsten. Bekannt ist das Problem der Kalkchlorose an gelben Lupinen (*Lupinus luteus* L.) und an anderen Pflanzen (z. B. Obstbäume). Abhilfe kann hier beispielsweise geschaffen werden durch Bespritzen der Blätter mit Eisensulfatlösung. Um eine Festlegung des Eisens im Boden durch zu hohe Phosphatgaben und starke Kalkung zu verhindern, ist man neuerdings dazu übergegangen, das Eisen in Form von organischen Komplexen der Pflanze zu geben. Besonders erfolgreich verliefen in dieser Hinsicht die Versuche mit den wasserlöslichen Eisenkomplexen der Äthylendiamintetraessigsäure.

Eisenüberschuß ist an Pflanzen in Nährlösung untersucht worden. Hier zeigen sich keine Chlorosen, sondern die Blattfärbung wird intensiv dunkelgrün, das Wachstum wird gehemmt, und die Wurzeln zeigen bräunliche Verfärbungen.

Nicht nur für die höhere Pflanze ist Eisen wichtig zum normalen Wachstum, auch eine Reihe von niederen Pflanzen scheint dieses Element zur Entwicklung zu benötigen. So wird Eisen von *Clostridium perfringens* Veillon u. Zuber, *Nitrobacter winogradskyi* Winslow et al., und *Clostridium lactoacetophilum* Bhat u. Barker zum Wachstum gebraucht. *Bacterium prodigiosum* Lehmann u. Neumann und *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula benötigen Eisen zur Farbstoffbildung. Von Pilzen, die auf Eisen angewiesen sind, seien *Aspergillus niger*, *A. fumigatus* Fresenius und *A. oryzae* (Ahlburg) Cohn erwähnt.

Was die physiologische Bedeutung des Eisens anbelangt, so ist in erster Linie seine Beteiligung an der Synthese des grünen Blattfarbstoffs (Chlorophyll) zu erwähnen. Wie diese Beteiligung im einzelnen erfolgt, ist noch nicht bekannt. Fest steht, daß Eisen nicht im Chlorophyllmolekül enthalten ist (vgl. Hämoglobin, S. 44). Da bei Eisenmangel nicht nur die Chlorophyllsynthese, sondern auch die Synthese der übrigen Farbstoffe im Chloroplasten, wie Carotinoide, beeinträchtigt wird und gleichzeitig eine Hemmung der Eiweißsynthese auftritt, nimmt man an, daß das Eisen den Aufbau der Chloroplasten insgesamt, und zwar über den Eiweißhaushalt der Pflanze, beeinflußt.

Von besonderer Bedeutung ist das Eisen durch seine Beteiligung am Aufbau der die Sauerstoffatmung regulierenden Atmungsenzyme, der Cytochromoxydasen. Es sind Enzyme, bei denen Eisen im Porphyrinkern eingebaut die prosthetische Gruppe bildet. Diese Enzyme ermöglichen die Oxydation von Kohlehydraten, Fetten und Eiweißen, wobei die freiwerdende Energie zur Aufrechterhaltung des Lebensgetriebes dient. 90 % der Atmung von Pflanze und Tier sind an Eisen gebunden. Die Konzentration des Enzymeisens ist sehr gering: Auf 10 000 kg Zellsubstanz wird nur 1 g benötigt.

Weitere Enzyme, die Eisenproteide mit einer prosthetischen Gruppe aus eisenhaltigen Protoporphyrinen darstellen, sind die Peroxydasen und die Katalase. Die Peroxydase macht aus Peroxyden aktiven Sauerstoff frei und überträgt ihn auf andere Substrate oder Zwischenkatalysatoren. Die Katalase spaltet das bei Atmungs- und Assimilationsprozessen entstehende giftige Wasserstoffperoxyd in Wasser und Sauerstoff.

Zu erwähnen wäre noch das Vorkommen eines eisenhaltigen Farbstoffes, der dem Hämoglobin der Tiere sehr nahe steht und als Leghämoglobin bezeichnet wird, weil er in den stickstoffbindenden Bakterienknöllchen der Schmetterlingsblütler (Ordnung *Leguminosales*) vorkommt. Dieser Farbstoff, der 0,34 % Eisen enthält, wird zur Bindung des Luftstickstoffs durch die Bakterien benötigt.

Auf die Wechselwirkung zwischen Eisen und anderen Spurenelementen, insbesondere Mangan, werden wir an anderer Stelle noch zurückkommen.

### b) Mangan (Mn)

Einen Überblick über die Mangangehalte verschiedener Pflanzen und Pflanzenfamilien vermitteln uns Tabellen 2 und 3.

Besonders manganreich sind die Rosen-, Nelken- und Hahnenfußgewächse, manganarm dagegen die Kreuzblütler.

Wasserpflanzen sollen im Gegensatz zu Landpflanzen mehr Mangan speichern. Unter den Gehölzen sind besonders die Nadelhölzer manganreich.

Die Notwendigkeit des Mangans für das Pflanzenwachstum konnte durch eine Reihe von Versuchen eindrucksvoll bestätigt werden. Die Manganmengen, die für den normalen Ablauf des physiologischen Geschehens benötigt werden, sind bei den einzelnen Pflanzenarten unterschiedlich. So kann sich Roggen (*Secale cereale* L.) beispielsweise bereits normal entwickeln, wenn das Mangan in einer Verdünnung von

Tabelle 2. Mangangehalte einzelner Pflanzenfamilien (nach Bertrand und Silberstein, 1954, 1955)

Familie	Zahl der untersuchten Arten	Mn in % der Trockensubstanz
Hahnenfußgewächse ( <i>Ranunculaceae</i> )	23	0,010
Kreuzblütler ( <i>Cruciferae</i> )	26	0,004
Nelkengewächse ( <i>Caryophyllaceae</i> )	21	0,011
Rosengewächse ( <i>Rosaceae</i> )	13	0,013
Doldenblütler ( <i>Umbelliferae</i> )	14	0,006
Korbblütler ( <i>Compositae</i> )	34	0,006
Borretschgewächse ( <i>Boraginaceae</i> )	10	0,007
Nachtschattengewächse ( <i>Solanaceae</i> )	11	0,007
Lippenblütler ( <i>Labiatae</i> )	26	0,006
Knöterichgewächse ( <i>Polygonaceae</i> )	11	0,006
Gräser ( <i>Gramineae</i> )	35	0,008