



豬



蛋雞



魚



長毛兔



柞蠶



Nützliche Elemente

Silvia Haneklaus

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde (FAL)

種類	豬	肉雞	蛋雞	魚	長毛兔	柞蠶
方法	拌入預混料或全價配合飼料	拌入預混料或全價配合飼料	拌入預混料或全價配合飼料	與配合飼料混合均勻制成顆粒料	每日晚喂一次加入精料中	浸卵或葉面噴施 浸卵時間2小時
用量	每噸飼料加133克	每噸飼料加100克	每噸飼料加100克	每噸飼料加166克	每公斤體重加150毫克	配製藥劑 0.03—0.05%
效果	提高增重率 5—15%	提高增重率 5—13.4%	提高產蛋量 4—8%	提高增重 10—15%	提高產毛率 7.9—18.8%	增產幅度 10—15%

Definitionen

Lebensnotwendigkeit (Arnon & Stout 1939)

1. Das Element muß für die Vollendung des Lebenszyklus notwendig sein.
2. Das Element muß spezifische Funktionen haben und spezifische Mangelsymptome hervorrufen, die nur durch Zufuhr des betreffenden Elementes behoben werden können.
3. Das Element muß in der Ernährung eine direkte Rolle einnehmen.

Nützlichkeit

1. Elemente, die Wachstum und/oder Ertrag fördern.
2. Elemente, die die Funktion lebensnotwendiger Elemente übernehmen können.
3. Elemente, die die natürliche Resistenz gegenüber (a)biotischem Streß erhöhen.

"Nützliche Elemente"

Periodensystem der Elemente

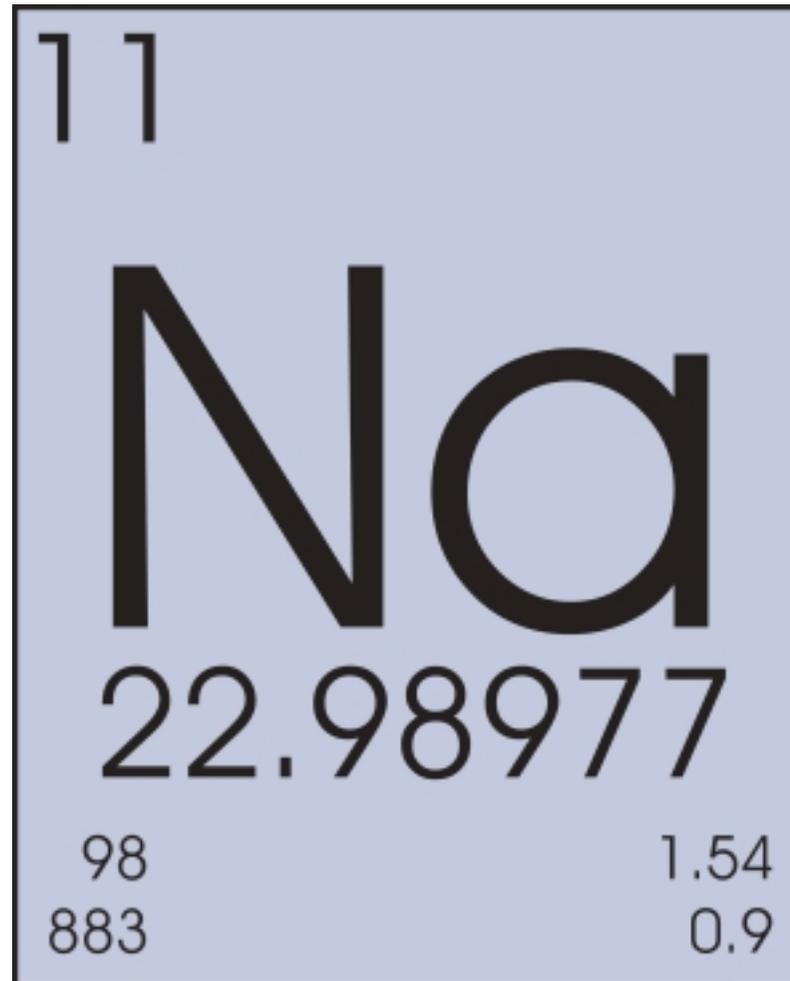
(rot = nützliche Elemente)

	1																	18	
1	H																		He
2	Li	Be																	
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq		Uuh			Uuo

	6 Lanthanide	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
	7 Actinide	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

"Nützliche Elemente"

Natrium



Physiologische Effekte von Natrium in Halophyten



- Na substituiert Kalium bei unzureichender K-Versorgung.
- Na reguliert den Wasserhaushalt: reduzierter Wasserverbrauch durch schnelleres Schließen der Stomata¹.
- Na senkt zwar den Chlorophyllgehalt pro Flächeneinheit, aber Blattfläche und Anzahl Spaltöffnungen nehmen zu¹.
- Na stimuliert den Assimilattransport in die Wurzel¹.

"Nützliche Elemente"

Kritische Nährstoffgehalte in jungen Blättern von Zuckerrüben zu Reihenschluß für
Rüben- und Zuckerertrag (Haneklaus & Schnug 1998)

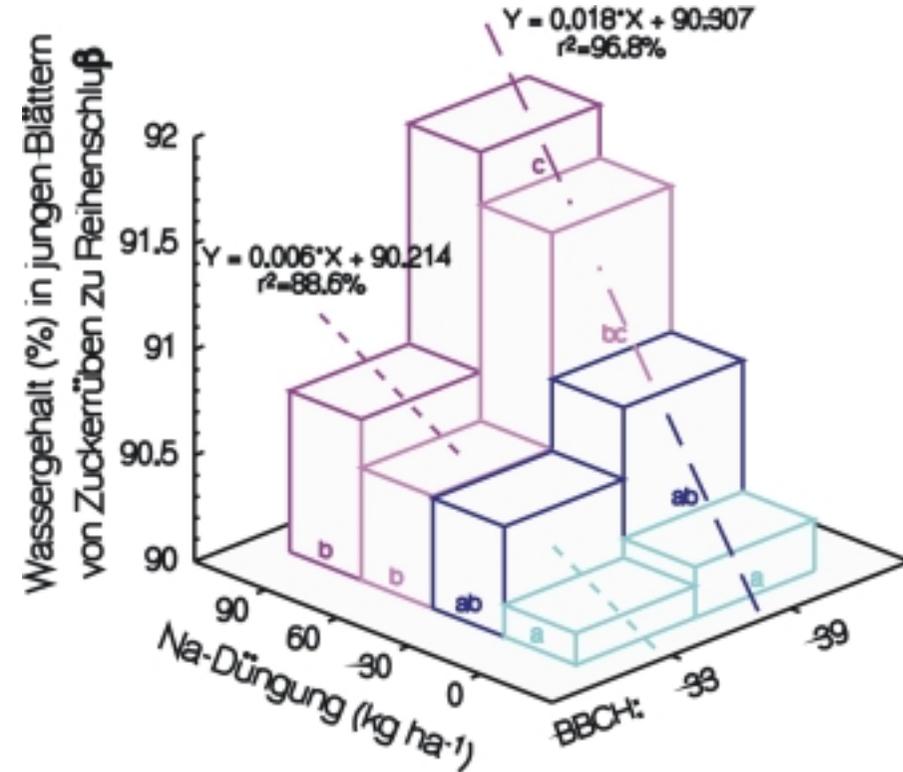
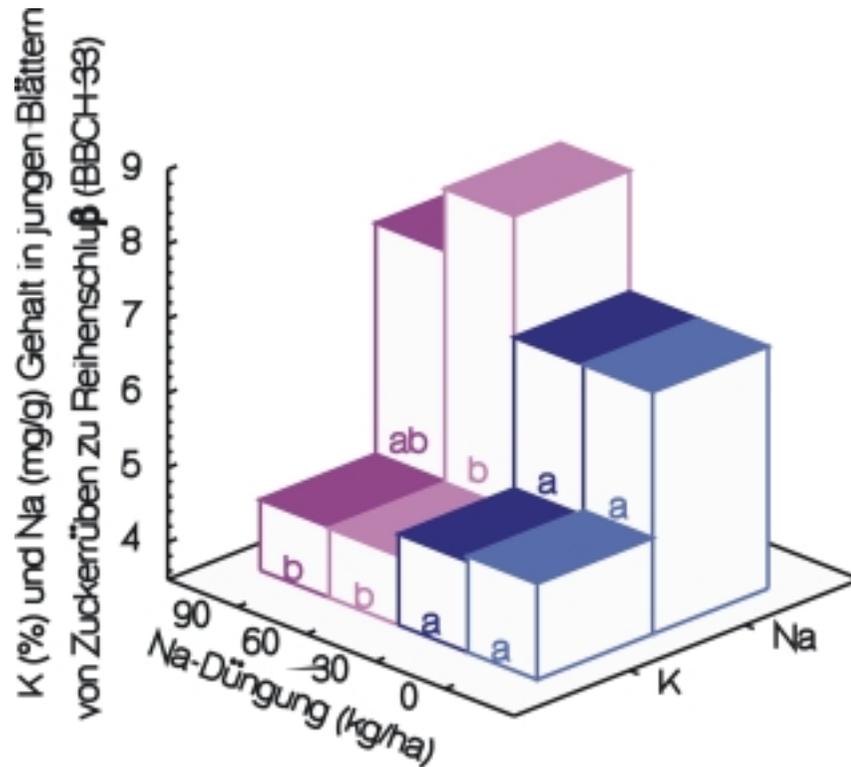
Optimaler Nährstoffversorgungsbereich

(B – C)

Element (mg g⁻¹)	Ertrag	Zuckerertrag
K	36 - 60	40 - 60
Na ¹	2 - 7	4 - 6.5
K:Na	5 - 18	8 - 19

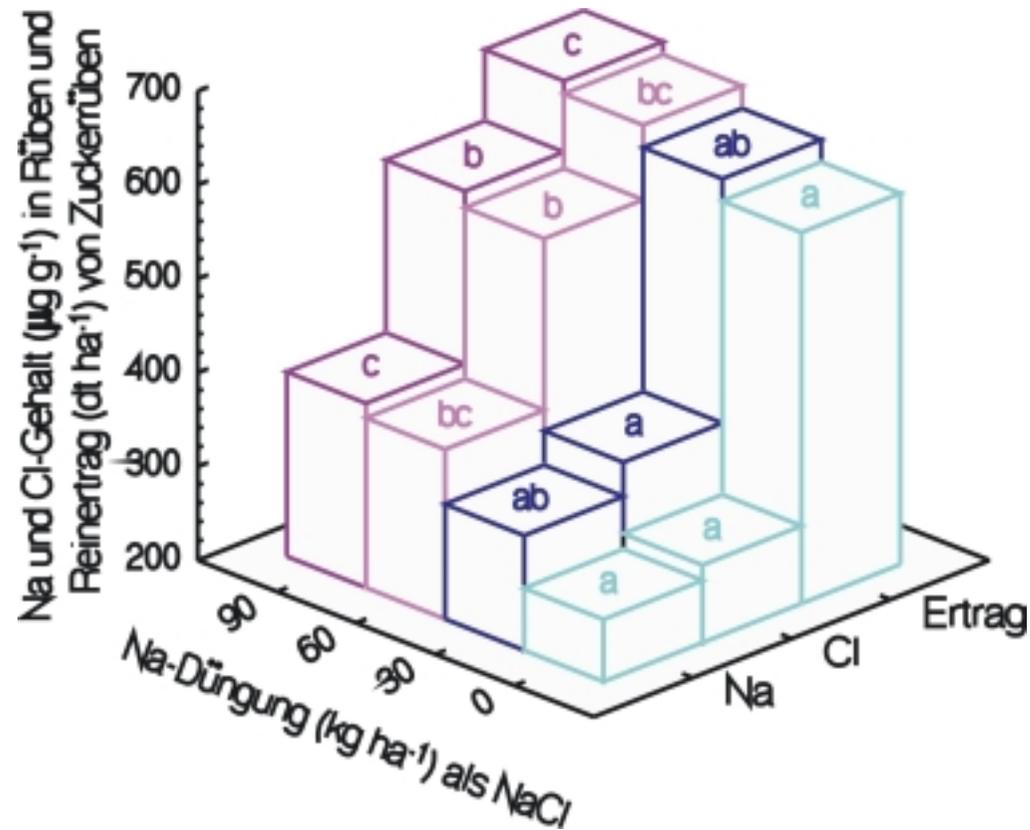
¹falls die K-Gehalte zwischen 36 - 60 mg g⁻¹ variieren

"Nützliche Elemente"



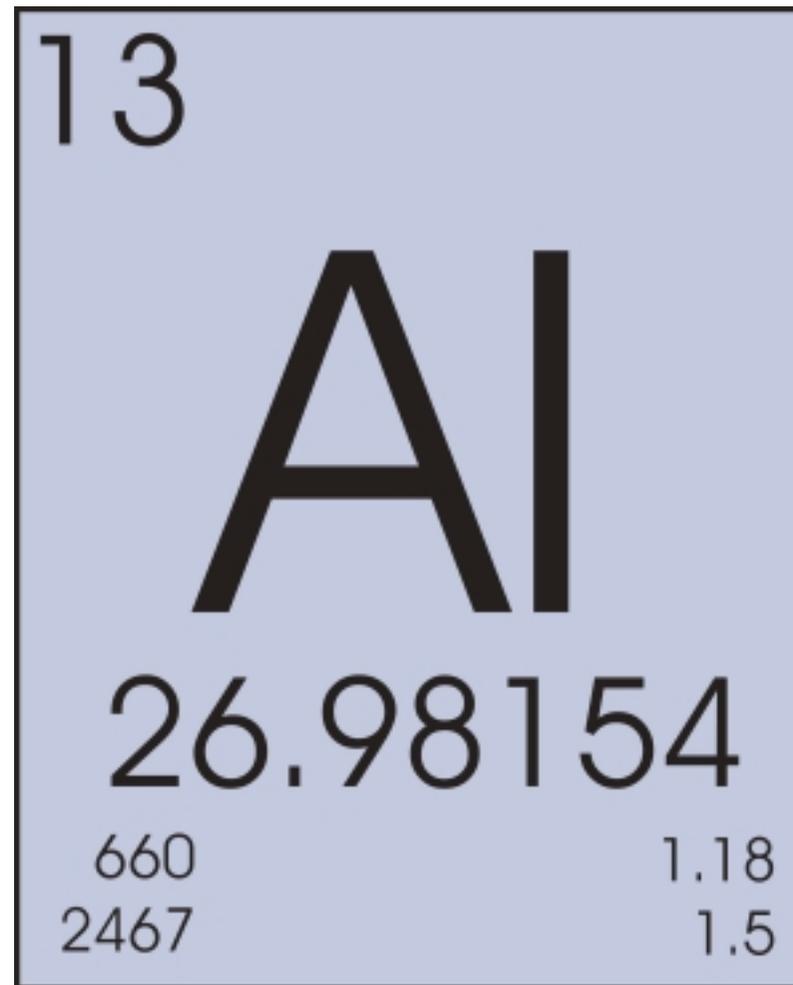
Einfluß gesteigerter Na-Zufuhr auf den Kalium- und Natriumgehalt (links) und Wassergehalt (rechts) in jungen Blättern von Zuckerrüben zu Reihenschluß (Haneklaus et al. 1998)

"Nützliche Elemente"



Einfluß gesteigerter Na-Zufuhr auf den Na und Cl-Gehalt sowie Reinertrag von Zuckerrüben (Haneklaus & Schnug 1998)

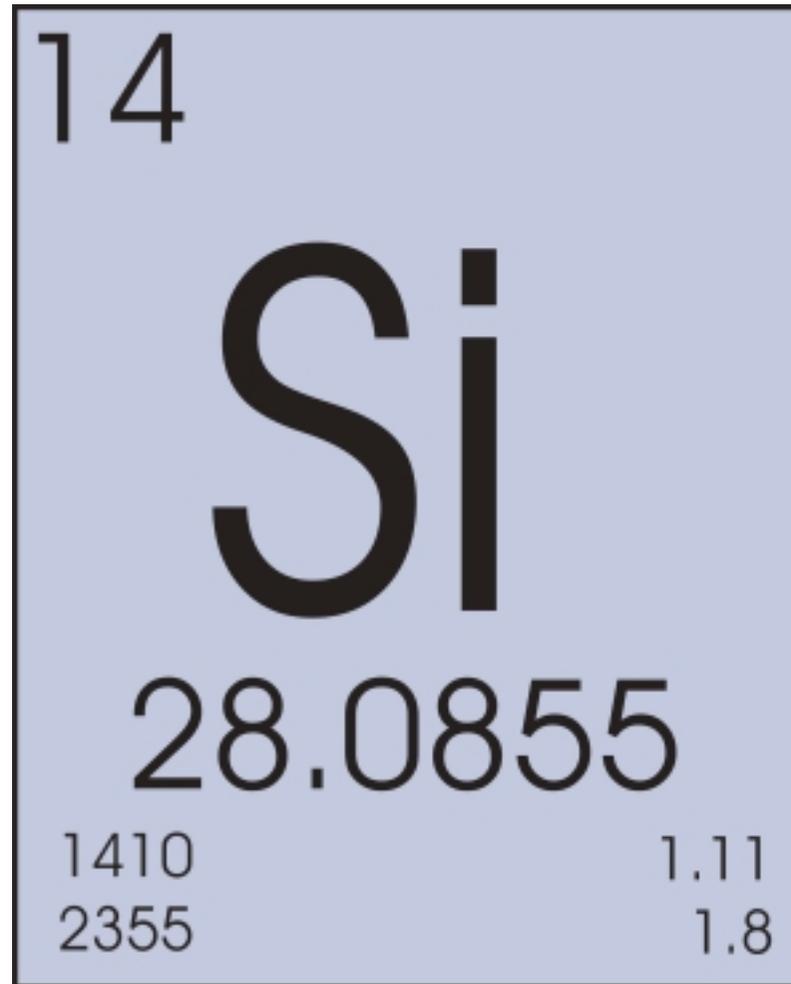
Aluminium



Physiologische Wirkung von Aluminium

- Für die meisten Pflanzen ist Al toxisch.
- Positive Effekte von Al beruhen oftmals auf Sekundäreffekten wie z.B. der Minderung von Cu-Toxizität³.
- In Al-freien Kultursubstraten wirkte die Zufuhr geringer Mengen an Al (1.9 – 5.0 mg) zu Zuckerrüben wachstumsfördernd, während dieser Effekt bei Tee auch noch bei Konzentrationen bis zu 173 mg auftrat^{1,2}.
- Tee akkumuliert Al (380 (junge Blätter) bis 6870 (alte Blätter) $\mu\text{g Al g}^{-1}$) und Al fördert die Biomasseproduktion^{4,5}.

Silizium



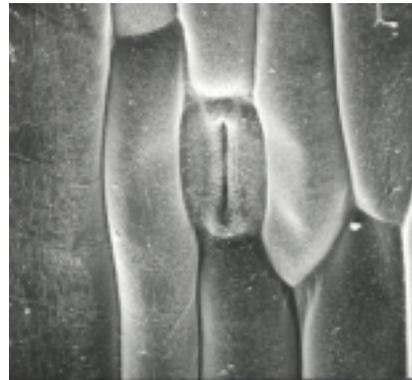
Physiologische Effekte von Silizium

- Si hatte wachstums- und ertragsfördernde Wirkung bei Reis (in der generativen Phase), Getreide, Zuckerrohr, Tomaten, Gurken Sojabohnen und Erdbeeren¹.
- Erhöhung der natürlichen Resistenz gegenüber (a)biotischem Stress durch:
 - Einlagerung von Si (amorphes $(\text{SiO}_2)_m \cdot n(\text{H}_2\text{O})$) in Zellwände und interzelluläre Räume schützt vor pilzlichen und tierischen Schaderregern und bietet Verdunstungsschutz².
 - Stimulierung der Synthese von Phytoalexinen³.
 - Förderung der Synthese phenolischer Komponenten⁴.
- Interaktionen von Si mit Mn und Fe mindern Mn- und Fe-Toxizität⁵.
- Erhöhungen der Salztoleranz durch stabilere Plasmamembranen, die die Permeabilität verringern und so Elektrolytverluste reduzieren; Reduzierung der Na-Aufnahme⁶.

Quellen: ¹Marschner 1995; ²Schnug & von Franck 1984; ³Rodrigues et al. 2004; ⁴Carver et al. 1998; ⁵Lewin & Reimann 1969; ⁶Liang 1999

Silizium und Pflanzenkrankheiten

- Gegen Echten Mehltau, *Septoria tritici* und *Fusarium* an Weizen bei Zufuhr über den Boden (Rodgers- Gray & Shaw 2000)



Stabilisierung von Zellwänden
durch Einlagerung von Si

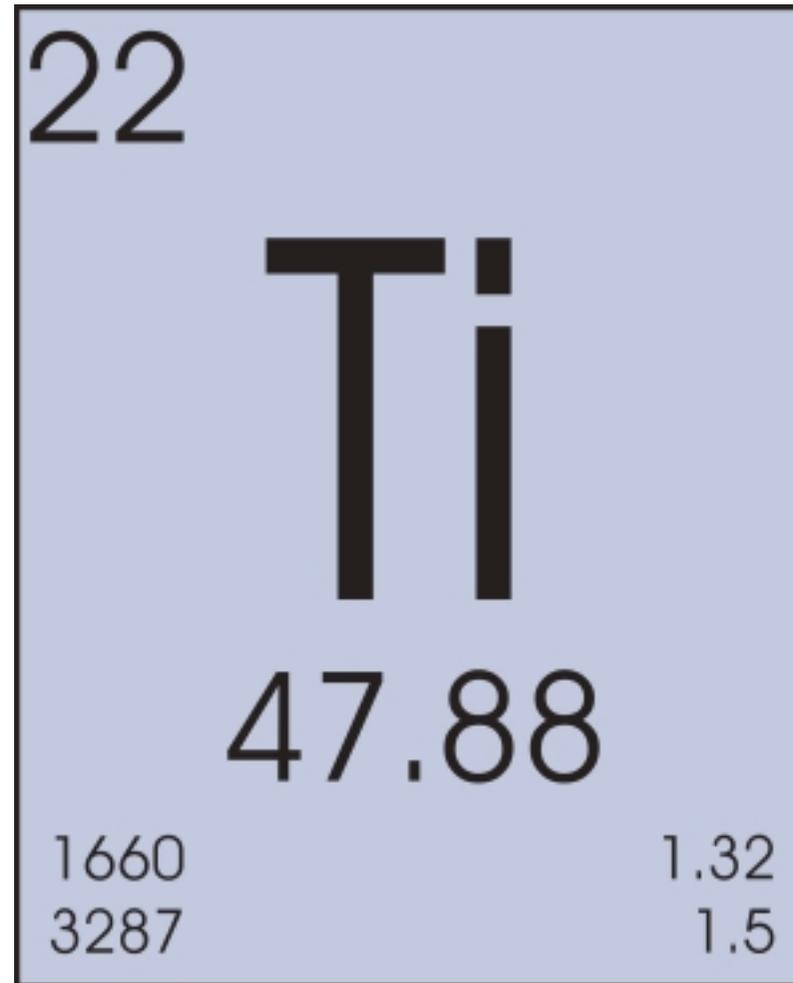
- Gegen pilzliche Infektionen an Raps über Blattapplikation (Schnug & von Franck 1984)



Alkalisierung des Wassers in
Verzweigungen

"Nützliche Elemente"

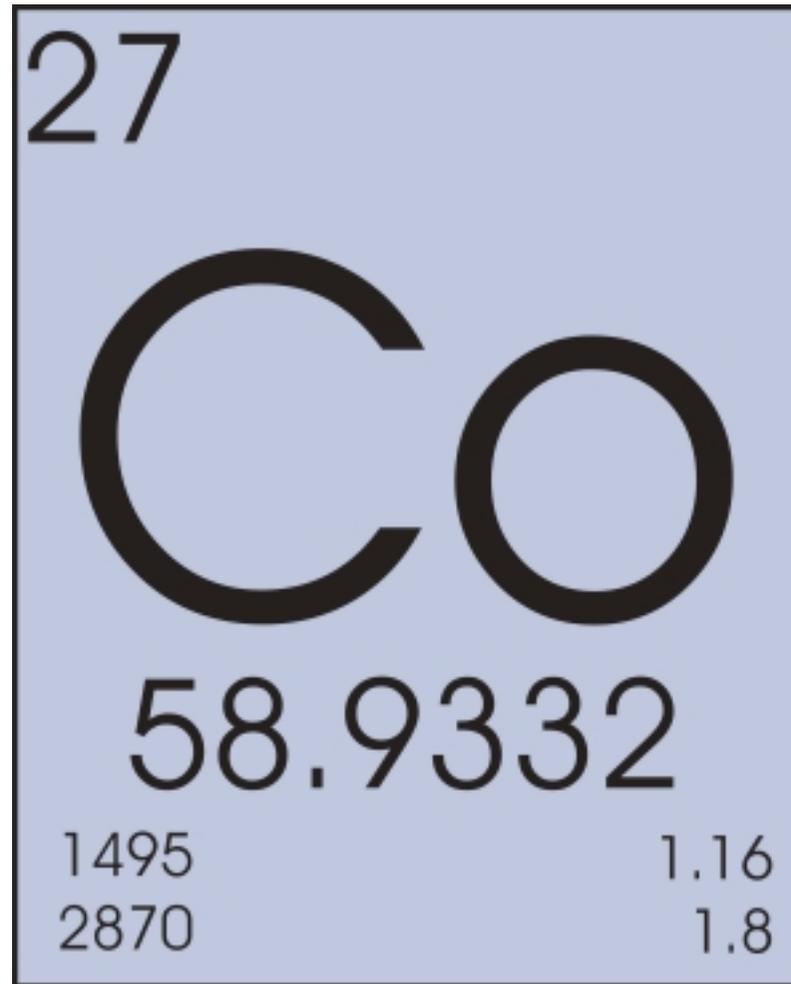
Titan



Physiologische Wirkung von Titan

- Ti-Blattapplikationen (10 mg Ti pro Baum) erhöhten das Fruchtgewicht von Pflaumen und verbesserten die Lagereigenschaften¹.
- Ti-Blattapplikationen führten zu einem signifikanten Anstieg der Ca, Fe, Cu und Zn-Gehalte in Fruchtfleisch und Schalen¹.
- Ti-Blattdüngung erhöhte den Ertrag im Mittel um 10 – 20%².
- Ti erhöhte die Aktivität von Catalase, Peroxidase sowie Nitratreduktase in Mais und Weizen² und die Malatkonzentration in Paprika³.
- Ti erhöhte den Chlorophyllgehalt von Paprika³.

Kobalt

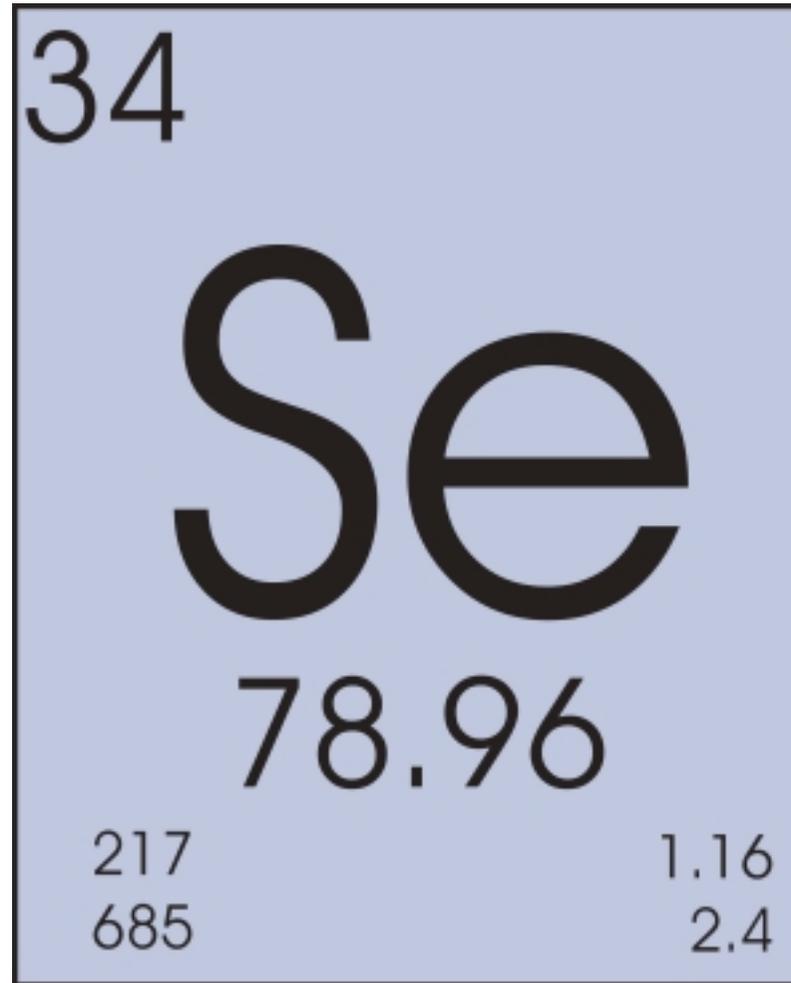


Physiologische Wirkung von Kobalt

- Co ist Bestandteil von Enzymen und Co-Enzymen¹.
- Co ist essentiell für Leguminosen² und als Bestandteil von Vitamin B₁₂ sowie eines Coenzym an der Fixierung von N₂ in den Wurzelknöllchen beteiligt¹.
- Co-Zufuhr fördert das Wachstum von Pflanzen bei geringer Pflanzenverfügbarkeit im Boden^{3,4,5}.
- Co verzögert durch Hemmung der Ethylenbiosynthese die Seneszenz von Pflanzen, erhöht die Trockenheitsresistenz in Samen, reguliert die Alkaloidanreicherung in Medizinalpflanzen¹.

"Nützliche Elemente"

Selen



Physiologische Wirkung von Selen

- Se ist Bestandteil von Enzymen wie der Glutathion-Peroxidase (GSH-PX).
- Se wirkt antioxidativ durch die Erhöhung der GSH-Px Aktivität bei niedriger Se-Zufuhr, während es bei hoher Zufuhr zu Ertragsdepressionen durch Förderung oxidativer Prozesse kommt¹.

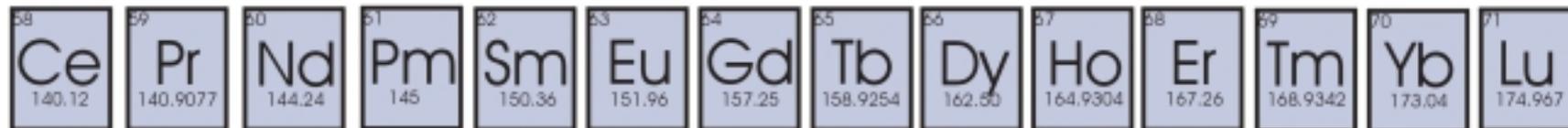
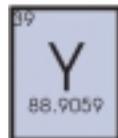
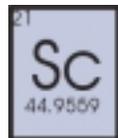
Selen in Pflanzen

- Kruziferen reichern Se ohne negative Wirkung auf das Wachstum an¹.
- Für Luzerne sind bereits $< 100 \mu\text{g Se g}^{-1}$, für Weizen $< 10 \mu\text{g Se g}^{-1}$ toxisch².
- Für Tiere sind $0.1 - 0.3 \mu\text{g Se g}^{-1}$ im Futter notwendig, um den Bedarf zu decken³, jedoch sind bereits $1 - 5 \mu\text{g Se g}^{-1}$ toxisch².

"Nützliche Elemente"

Seltene Erden

Sc, Y, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu



Physiologische Effekte Seltener Erden

- Aufnahme-Synergismen mit N, P, K
- Interaktionen mit Calcium
- Cytoplasmatische Membranen
- Photosynthese
- Hormonsynthese
- Enzymaktivität
- Wasserhaushalt

"Nützliche Elemente"

Interaktionen mit Calcium

- Seltene Erden ersetzen Ca in Enzymen.
- La ähnelt Ca am stärksten ("Super-Calcium").
- La polarisiert Zellmembranen stark, und mindert so die Translokation von Ca.
- Ca-Mangelsymptome werden durch La geschwächt.

Cytoplasmatische Membranen

- Seltene Erden erhöhen die Stabilität von Zellmembranen.
- Seltene Erden vermindern das Eindringen von Elektrolyten in die Zellen und erhöhen so die Resistenz gegenüber Trockenheit und niedrigen Temperaturen.
- La und Ce erhöhen den Gehalt an polaren und apolaren Fetten, wodurch sich die Seneszenz der Blätter verzögert.
- La bindet freie Radikale und begrenzt die Oxidation von Fetten in Membranen.
- La und andere Seltene Erden verringern die Permeabilität von Membranen.

"Nützliche Elemente"

Photosynthese

- Seltene Erden erhöhen bei Blattapplikation die Photosyntheserate.
- Seltene Erden erhöhen die Translokation von Photosynthese-Produkten in die Wurzel.

Hormonsynthese

- Seltene Erden erhöhen die Synthese von Indoleessigsäure, Auxinen und Gibberellinsäure.
- Seltene Erden vermindern den Abbau von Indoleessigsäure.
- Seltene Erden vermindern die Aktivität von Peroxidasen, Amylasen und deren Iso-Enzymen.

Enzymaktivität

- Seltene Erden erhöhen die Nitratreduktase-Aktivität.
- Seltene Erden erhöhen die Nitritreduktase-Aktivität.

Wasserhaushalt

- Seltene Erden erhöhen die Resistenz gegenüber Trockenheit.
- Seltene Erden erhöhen den Prolingehalt.

"Nützliche Elemente"

**Ertragssteigerungen bei verschiedenen Kulturen (relativ zur Kontrolle)
nach Ausbringung seltener Erden**

Kulturart	Land	Ertragsanstieg (%)	Kulturart	Land	Ertragsanstieg (%)
Zuckerrübe	Bulgarien	17 - 24	Gerste	Australien	18 - 19
Zuckerrübe	China	7	Erdnuß	China	8 - 12
Weizen	China	6 - 17	Tabak	China	8 - 10
Raps	China	4 - 48	Gummi	China	8 - 10
Kartoffel	China	5 - 6	Zuckerrohr	China	10 - 15
Sojabohne	China	8 - 9	Kohl	China	10 - 20
Baumwolle	China	5 - 12	Litschi	China	14 - 17
Reis	China	7	Trauben	China	8 - 12
Mais	China	9 - 103			

Quelle: Hu et al. 2004

"Nützliche Elemente"

Seltene Erden (Oxide)	Gehalt (%)	Verbindung	Gehalt (%)
La ₂ O ₃	25 - 28	H ₂ O	17.0
CeO ₂	49 - 51	NO ₃	49.6
Pr ₆ O ₁₁	5 - 6	Cl	4.41
Nd ₂ O ₃	15 - 17	Ca	1.54
Sm ₂ O ₃	<0.3	Mg	0.33
Eu ₂ O ₃	<0.1	Mn	0.040
Gd ₂ O ₃	<0.1	Fe	<0.002
Tb ₄ O ₇	<0.1	Cu	<0.002
Dy ₂ O ₃	<0.1	Co	<0.002
Ho ₂ O ₃	<0.1	Zn	0.0047
Er ₂ O ₃	<0.1	Mo	0.019
Tm ₂ O ₃	<0.1	B	0.013
Yb ₂ O ₃	<0.1	Ni	<0.002
Lu ₂ O ₃	<0.1	P	<0.002
Y ₂ O ₃	<0.1	S	<0.002

Zusammensetzung des
Blattdüngers CHANGLE
(Seltene Erden + Nitrat)

(Quelle: Xiong et al. (2000) und Brown (1990))



Quelle: Hu et al. (2004)

"Nützliche Elemente"

Düngung mit nützlichen Elementen in der Landwirtschaft

Element(gruppe)	Ja	Nein
Natrium	XXX	
Aluminium		XXX
Silizium	XXX	
Titan		XXX
Kobalt	XXX ¹	
Selen	XXX ¹	
Seltene Erden	XXX	

¹im Hinblick auf die Tier- bzw. Humanernährung