



## Was ist ein Schwermetall?

Viele verschiedene Definitionen in der Literatur!  
Zur Gruppe von Schwermetallen werden (abhängig von Dichte, Atomgewicht, Toxizität u. a. Kriterien) neben den Edelmetallen relativ willkürlich folgende Metalle gezählt (die Liste ist unvollständig!):

- Antimon
- Arsen
- Bismut
- Blei
- Cadmium
- Chrom
- Eisen
- Kobalt
- Kupfer
- Nickel
- Plutonium
- Quecksilber
- Thallium
- Uran
- Zink
- Zinn



## Giftig?

Öffentlichkeit: Schwermetall = toxisch (umwelt- und gesundheitsschädlich)



Galenit (Quelle: ppt-cliparts)

Manche dieser Metalle sind in kleinen Mengen (als Spurenelemente) essentiell für Mensch, Tier und Pflanze. Die gleichen Elemente können jedoch in geringfügig höheren Dosierungen oder als andere chemische Verbindung bereits toxisch sein. Beispiele dafür sind: Kupfer (Cu), Chrom (Cr), Selen (Se), Zink (Zn).

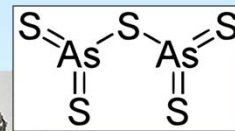
Manche als Schwermetall bezeichnete Substanzen sind für Tiere essentiell, für Pflanzen aber giftig (Nickel z. B.).

## Schwermetalle im Boden Bsp. Arsen (As)

- Böden bestehen aus organischen und anorganischen Komponenten.
- In jedem Boden (und auch z. B. im Meerwasser) ist von Natur aus ein gewisser Arsenanteil vorhanden.
- Das natürlich vorkommende Arsen ist meist als Sulfid (Arsenopyrit) gebunden.
- Durch den Menschen ausgebrachtes Arsen in Pflanzenschutzmitteln kommt hinzu.
- Bindungsform, Verweilzeit und Mobilität im Boden hängen von der jeweiligen Bodenart ab.



## Arsen im Boden 1



Arsensulfid

Großen Einfluss auf das Verhalten des Arsens im Boden haben der pH-Wert, das Redox-Potenzial und der Grad der Wassersättigung.

Die Gesamtkonzentration an Arsen im Boden ist für die Abschätzung von Risiken ungeeignet:



- **Unlösliche** Verbindungen (Eisen-III-Arsenat oder Arsensulfid) sind **biologisch nicht verfügbar**.
- **Lösliche** Arsenverbindungen (Alkaliarsenit, Arsenitoxid) können **toxische Reaktionen** verursachen.

Köck & Semmelrock (1993): Tonminerale fungieren als Speicher von Arsenverbindungen im Boden, aber auch organische Stoffe, die durch den Abbau von pflanzl. Material entstanden sind. Sandige Böden (wenig Eisenhydroxid und wenig organisches Material) können Arsenverbindungen kaum speichern, binden und damit biologisch unschädlich machen. Daher wirkt hier schon eine geringe Gesamtarsenkonzentration phytotoxisch. Die Arsenverbindungen werden ausgewaschen und sinken in tiefere Bodenhorizonte (bis ins Grundwasser?) ab.

Ist Arsen als Arsenat an organische Bestandteile des Bodens gebunden, wird es nur durch den oxidativen Abbau des organischen Materials freigesetzt – also durch mikrobiologische Reaktionen. Es kann aber durch Eisen-, Mangan- und Aluminiumhydroxide/oxide adsorbiert werden und dadurch wieder zu bio-unwirksamem Arsenat werden.

Die Vorgänge sind sehr komplex.

## Phosphatdüngung



Phosphatdüngung kann das **Arsen im Boden „verdrängen“** und dadurch das im Boden vorhandene Arsen **freisetzen!**

- Dadurch erhöht sich die Konzentration des löslichen Arsens im Boden und es kann zu **phytotoxischen Effekten**, zum Transport des Arsens in **tieferen Bodenschichten** oder sogar ins **Grundwasser** kommen.



## Arsen im Boden 2

Bodenproben enthalten meist folgende (natürliche oder eingebrachte) Verbindungen:

- Arsenit
- Arsenat
- Methylarsonsäure
- Dimethylarsinsäure

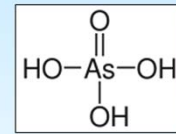


Der Arsengehalt in Böden wird in 3 Schritten bestimmt:

1. Bestimmung der Gesamtarsenkonzentration
2. Identifizierung und Quantifizierung der vorhandenen Arsenverbindungen
3. Feststellung der Bodenkomponenten, mit denen die As-Verbindungen assoziiert sind und WIE letztere an erstere gebunden sind

Der genauere Vorgang ist äußerst komplex (bei Köck/Pichler-Semmelrock 1993 (ab p. 51) nachzulesen).

## Beispiele für Arsenverbindungen menschlichen Ursprungs

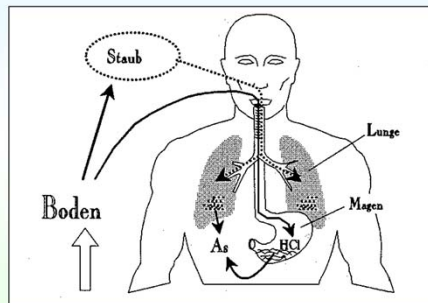


Arsenik

- Kalziumarsenat, Bleiarsenat (Schädlingsbekämpfungsmittel)
- Natriummethylarsonat, Natriumdimethylarsinat (Herbizide)
- Arsentrioxid (Arsenik) aus Verhüttungsprozessen
- Aromatische Arsonsäuren (Futtermittelzusatz)
- Arsenhaltige Kampfstoffe



## Pfade des im Boden enthaltenen Arsens in den Körper



- Boden → Grundwasser → Mensch
- Boden → Arsine in der Luft → Lunge (geringes Risiko)
- Arsenverbindungen im Staub → Lunge (Lungenkrebsanfälligkeit!)
- Kontakt von Staub/Boden mit der Haut (unwahrscheinlich)
- Verschlucken von Staub/Boden (Kinder!)

## Arsenkonzentration im Boden



Die Gesamtkonzentration von Arsen im Boden ist **nur ein Anhaltspunkt** zur Beurteilung von Belastungen.

Ob jedoch toxikologisch relevante Mengen Arsen von den Nutz- und Futterpflanzen aufgenommen werden und auf diesem Weg in die Nahrungskette gelangen, kann nur durch die **Bestimmung der Arsenkonzentration in den Pflanzen** der jeweiligen Standorte beurteilt werden.

*Köck & Pichler-Semmelrock (1993: 60)*

## Kupfer (Cu)

Anthropogen bedingte **Kupferbelastungen in Böden** finden sich

- in der Nähe von Kupfererz verarbeitenden Betrieben oder
- Nach jahrelanger Anwendung von Cu-hältigen Pflanzenschutzmitteln (Hopfen- und Weinanbau) (bis zu 600 mg/kg)



Bei hoher Cu-Belastung des Bodens steigen auch Löslichkeit und Verfügbarkeit des Kupfers in diesen Böden.

Die Cu-Konzentrationen in Pflanzen liegen meist bei 2-20 mg/kg.

## Kupfer ist essentiell für Mensch/Tier und Pflanze, aber....

- ... bei einem **Überschuss** treten **toxische Wirkungen** auf. Besonders empfindlich sind Wiederkäuer (speziell Schafe!). Bei Pflanzen Schädigung des Wurzelwachstums, Wirkung auf Enzyme.
- **Für Bakterien und Viren** ist Kupfer neben Cadmium und Zink das toxischste Metall!



## Nickel (Ni)



Ni ist relativ stark phytotoxisch → Ertragsminderungen können durch Aufkalken auf pH 7 vermieden werden.

*Köck & Pichler-Semmelrock (1993: 60)*

## Quecksilber (Hg)



- Hg-hältige Fungizide steigern den Gehalt im Boden.
- Durch geringe Löslichkeit kaum pflanzenverfügbar – d.h. auch auf kontaminierten Böden zeigen Pflanzen kaum erhöhte Hg-Konzentrationen.

Moose gelten als Schwermetallakkumulatoren!

## Zink (Zn)



- Unentbehrliches Spurenelement
- Geogene Grundgehalte der Böden sind sehr unterschiedlich.
- Toxische Wirkung auf Pflanzen ab ca. 200 mg/kg Tr.S. (artspezifisch)
- Für Mensch und Tier kaum giftig – wird leicht wieder ausgeschieden. Eher tritt Mangel auf.

Moose gelten als Schwermetallakkumulatoren!

## Bedeutung wichtiger persistenter Schwermetalle u. a. Spurenelemente im System Boden/Pflanze



Vorrangig für Mensch und Tier schädlich	Vorrangig für Pflanzen schädlich
Cd	Zn
Pb	Cu
As	Ni
Hg	Cr
Tl	

Aus: Köck & Pichler-Semmelrock (1993: 77)



## Bodenbelastung und Bodenschutz

(Köck & Pichler-Semmelrock, 1993: 74 ff)



- Stoffeinträge erkennen, verringern, vermeiden
- Schwermetallkonzentrationen richtig beurteilen (Bindungsformen!) hinsichtlich ökologischer und biologischer Relevanz (oberste Bodenschicht!)
- Frage des Transfers der Schadstoffe vom Boden oder aus der Luft in die Pflanze (Wurzel, Blatt, Frucht) und weiter zu Tier/Mensch
- Kriterien der Human-, Zoo- und Phytotoxizität
- Persistenz der Stoffe → Anreicherung und Verbreitung

Anthropogene Schwermetallkonzentrationen sind meist oberflächennah und durch Immissionen angereichert.

Abhängig von Pflanze und Schwermetall werden menschlich verursachte Einträge bis zu 4x stärker aufgenommen als lithogene Schwermetalle. Die Herkunft der Schwermetalle im Boden ist daher von Bedeutung!

## Quellen:

- ✓ Köck, M. und F. Pichler-Semmelrock (1993): Schwermetalle in steirischen Böden. Ursachen und Auswirkungen erhöhter Schwermetallkonzentrationen in steirischen Böden. Gutachten der Landeshygieniker für Stmk., Informationszentrale für Umweltschutz im Auftrag der Stmk. Landesregierung, Graz
- ✓ <http://www.chemie.de/lexikon/Schwermetalle.html>
- ✓ <http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/luft/luftschadstoffe/schwermetalle/>