



Oktober 2020

Arsen

Arsen gehört zu den Halbmetallen und ist Bestandteil einer grossen Anzahl organischer oder anorganischer Verbindungen. Anorganische Arsenverbindungen sind hauptsächlich geologischen Ursprungs, gelangen aber zusätzlich über industrielle Prozesse in die Umwelt. Organische Arsenverbindungen hingegen sind primär in marinen Organismen zu finden. Einst wurde Arsen für medizinische Zwecke oder als Mordgift verwendet, später war es weit verbreitet als Schädlingsbekämpfungsmittel in der Land- und Holzwirtschaft. Heute ist Arsen für solche Anwendungen nicht mehr zulässig. Anorganische Arsenverbindungen sind akut toxisch und eine Einnahme kann zu Störungen des Herzkreislauf- und Nervensystems führen und schlussendlich tödlich sein. Eine chronische Exposition gegenüber Arsen korreliert stark mit einem erhöhten Krebsrisiko. Deshalb sind heutzutage viele Anwendungszwecke massiv eingeschränkt und Arsengehalte in Lebensmitteln reguliert.



Arsen - Medizin und Mordgift zugleich

Bereits im klassischen Altertum war die Existenz von Arsen den Gelehrten bekannt. Bestimmte Arsenverbindungen fanden ihren Einsatz als Malerfarbe und Enthaarungsmittel oder auch als Arzneimittel zur Behandlung von Lungenkrankheiten. Im 18. Jahrhundert hat man Lavendelwasser mit Kaliumarsenit vermischt und als Fiebermittel, zur Therapie von Migräne, Malaria, als Mittel gegen Diabetes oder gegen Asthma eingesetzt. Zudem war seit der Spätantike Arsen in Form von Diarsentrioxid das mit Abstand am meisten verwendete Mordgift. Noch um 1840 waren über 90 Prozent aller erkannten Giftmorde auf den Einsatz von Arsen zurückzuführen. Wenige Milligramm des geruchlosen und gut wasserlöslichen Diarsentrioxid genügen, um jemanden zu töten. Jahrhundertlang liess sich Arsen chemisch nicht nachweisen. Wenn der Mörder die richtige Dosis verwendete, war ihm der Mord kaum nachzuweisen. Lange war man der Annahme, dass auch Napoleon einer Arsenvergiftung zum Opfer gefallen war. Jedoch ist die nachgewiesene Arsenkonzentration in den getesteten Haarproben derart hoch, dass das gefundene Arsen kaum auf einen Mord, sondern eher auf die postmortale Behandlung mit Arsen zwecks Leichenkonservierung zurückzuführen ist.



Natürliches Vorkommen und industrielle Nutzung

In der Erdkruste findet man ein grosses Spektrum von anorganischen Arsenverbindungen, welche in Form von über 300 verschiedenen Mineralien auftreten können.



Durch Verwitterung oder vulkanische Aktivitäten kann Arsen in Sedimente, Wasser und Luft gelangen. Neben diesen natürlichen Prozessen kann der Stoff auch über industrielle Aktivitäten wie Bergbau, Metallaufbereitung und Verbrennung in die Umwelt gelangen.

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts war die industrielle Nutzung insbesondere in Form von arsenhaltigen Bioziden oder Holzbehandlungsmitteln verbreitet. Gegenwärtig ist die Verwendung in Industrie stark geregelt und in der Landwirtschaft verboten.

Zudem ist auch die Entsorgung von arsenbelasteten Abfällen über entsprechende Grenzwerte geregelt wodurch das Risiko für eine erhöhte Arsenbelastung in der Umwelt gering ist.

Arsenexposition durch Lebensmittel

Heutzutage ist die Bevölkerung hauptsächlich über Lebensmittel exponiert.

Bei Lebensmitteln mit terrestrischem Ursprung sind hauptsächlich anorganische Arsenverbindungen von Bedeutung. Dabei gelangt Arsen über kontaminiertes Wasser und Böden in die Nahrungsmittelkette.

Aus einer Untersuchung der 'European Food Safety Authority' 2014 geht hervor, dass die tägliche anorganische Arsenaufnahme aus Lebensmitteln für einen 60 kg schweren Erwachsenen bei ungefähr 5-23 µg pro Tag liegt. Der grösste Anteil stammt aus Getreide, Reis, Milch und Milchprodukten sowie Trinkwasser. 2017 hat das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV, sowie die Europäische Union, Höchstwerte für Reis und bestimmte Reisprodukte festgelegt. Zudem empfiehlt das BLV, bei Säuglingen und Kleinkindern Reis und

Reisprodukte nur in moderaten Mengen als Nahrungsmittel zu verwenden und auf gewisse Produkte wie Reissdrinks komplett zu verzichten.

Für eine Arsenbelastung im Quellwasser sind in gewissen Regionen Prozesse wie Verwitterungsreaktionen und Mineralauflösungen von arsenhaltigem Gestein verantwortlich. Betroffen sind vor allem bestimmte Berggebiete. Der für das Trinkwasser festgelegte Höchstwert für Arsen liegt in der Schweiz bei 10 µg/l und richtet sich nach den Empfehlungen der WHO.

Arsenexposition durch Tierpräparate

Die bioziden Eigenschaften von Arsen hat man sich auch bei der Herstellung von Tierpräparaten zu Nutze gemacht. Bis in die 80er-Jahre wurde bei der Herstellung von Tierpräparaten Diarsentrioxid und andere Biozide verwendet, um die Präparate vor Insektenfrass zu schützen. Hierzu wurde beispielsweise 40 g reines Diarsentrioxid mit 100 g lauwarmem Wasser gemischt und anschliessend auf die Rückseite des Felles oder der Vogelhaut gestrichen. Über die Zeit diffundiert das Arsen an die Oberfläche der Präparate und kontaminiert zudem den anhaftenden Staub. Bei der Handhabung von präparierten Pelztieren und Vögeln kann deshalb der mit Arsen kontaminierte Staub in die Luft freigesetzt werden und sich in der Umgebung absetzen.





Expositionsstudie zur Arsenbelastung bei Handhabung von Tierpräparaten

Um die Arsenbelastung bei der Handhabung von Tierpräparaten genauer zu ermitteln, wurde vom kantonalen Laboratorium Bern eine Studie durchgeführt. Damit sollte sichergestellt werden, dass der Gesundheitsschutz von Lehrern und Schülern gewährleistet werden kann. Es wurde der Arsengehalt an den Präparaten direkt gemessen, sowie der Arsengehalt im Liegestaub.



An den Präparaten selbst wurde ein Arsengehalt von 100 bis 50'000 mg/kg Trockenmasse festgestellt. Der Liegestaub auf den Tablaren der Aufbewahrungsregale zeigte Höchstwerte von 432 mg/kg Staub und war somit mehr als doppelt so hoch belastet wie der Liegestaub, der ausserhalb der Aufbewahrungsregale gemessen wurde. Um eine mögliche Arsenexposition von Lehrern und Schülern nachzustellen, hat man diverse Simulationsversuche durchgeführt. Dabei wurden Pelztiere und/oder Vögel über einen bestimmten Zeitraum auf einem Präsentationstisch platziert und manipuliert und die daraus resultierende Staubbelastung im Raum gemessen. Basierend auf der Staubbelastung kann eine maximale Aufnahme von 0.22 µg Arsen pro Person und Vorführung abgeleitet werden. Dieser Wert liegt immer noch das 40-fache unter der aufgenommenen Arsenmenge, die ein Erwachsener im Durchschnitt pro Tag über Nahrungsmittel zu sich nimmt.

Man kann davon ausgehen, dass der aufgewirbelte Staub nicht zu einer Gesundheitsbelastung durch Arsen führt. Nichtsdestotrotz ist die Arsenbelastung an den Präparaten selbst beträchtlich, und erfordert entsprechende Vorsichtsmassnahmen beim Umgang (Siehe Kasten).

Verhaltensregeln für den Umgang mit Tierpräparaten

Aufbewahrung der Tierpräparate:

- ✓ In verschlossenen Vitrinen und Schränken

Präsentation der Tierpräparate im Schulunterricht:

- ✓ Die Lehrperson stellt die ausgewählten Tierpräparate für den Unterricht vor Eintreffen der SchülerInnen im Unterrichtsraum auf.
- ✓ Das Berühren der Präparate durch Schüler soll ausgeschlossen werden
- ✓ Nach dem Unterricht werden die Präparate von der Lehrperson wieder weggeschlossen.
- ✓ Die Präparate werden beim Transport nicht direkt berührt, sondern nur an den Montagesockeln gehalten.

Reinigung der Tierpräparate und der Aufbewahrungseinrichtungen (Vitrinen/Schränke):

- ✓ Zur Reinigung muss eine Atemmaske (Typ FFP2) und Handschuhe (Nitril) getragen werden.

Weitere Empfehlungen

- ✓ Die Präparate und der Aufbewahrungsort sind regelmässig professionell von Staub zu reinigen.



Toxizität von anorganischen Arsenverbindungen

Die Toxizität von Arsen wird durch die chemische Form und den Oxidationszustand bestimmt. Arsen kann die Oxidationsstufen -3, 0, +3 und +5 annehmen, wobei anorganische Arsenverbindungen in dreifach oder fünffach geladener Form am weitesten verbreitet sind (z.B. Diarsentrioxid oder Arsenpentoxid). Die höchste akute Giftigkeit weist das flüchtige Arsin auf, eine Verbindung von Arsen mit Wasserstoff. Unter den Salzen gilt das dreiwertige Arsenit als unmittelbar giftiger als das fünfwertige Arsenat. Anorganische Arsenverbindungen haben bei oraler und inhalativer Aufnahme eine hohe akute und chronische Toxizität.

Beim Menschen führt eine akute Diarsentrioxid Vergiftung zu Erbrechen, Durchfall, Taubheit der Extremitäten, Muskelkrämpfe und in extremen Fällen zum Tod. In der Literatur wird für einen 60 kg schweren Erwachsenen eine akute letale Dosis nach Verschlucken von bereits 60-300 mg Diarsentrioxid beschrieben. Im Gegensatz dazu liegt der LD50 Wert nach oraler Gabe bei Tierexperimenten deutlich höher bei 0.6-13 g Arsen und ist letztlich für die Einstufung der akuten Toxizität relevant. Folglich sind Ergebnisse aus Tierexperimenten für die Ableitung von toxikologischen Schwellenwerten und die Bewertung gesundheitlicher Risiken beim Mensch nur schlecht geeignet. Anorganische Arsenverbindungen weisen eine grosse Variabilität im Metabolismus und in der Toxikokinetik zwischen unterschiedlichen Spezies, Populationen und Individuen auf.

Die Bioverfügbarkeit hängt unter anderem von der Löslichkeit der jeweiligen Arsenverbindung ab. Gut wasserlösliche anorganische Arsenverbindungen werden nach oraler Aufnahme bis zu 95 % im Magen-Darm-Trakt resorbiert. Inhalativ ist die Aufnahme geringfügig tiefer und hängt von den jeweiligen physikalisch-chemischen Eigenschaften ab. Die dermale Resorption liegt bei anorganischen Arsenverbindungen unter 1%. Aufgenommene Arsenverbindungen werden durch eine Reihe von Reduktions- und Methylierungsprozessen metabolisiert und verteilen sich schnell in die Organe.

Eine Anreicherung der aufgenommenen Arsenverbindungen findet besonders in Leber, Niere und Lunge statt.

Heutzutage ist für die breite Bevölkerung eher die chronische Toxizität von Bedeutung, welche vorwiegend durch den Konsum von Lebensmitteln zustande kommt. Epidemiologische Studien haben ergeben, dass bei einem 60 kg schweren Erwachsene mit einer Arsenaufnahme von 18-480 µg pro Tag ein erhöhtes Risiko für Lungen-, Haut- und Blasenkrebs besteht. Arsen und seine Verbindungen wurden deshalb von diversen Organisationen als Humankarzinogene eingestuft (komplette Einstufung von Diarsentrioxid siehe unten).

Gesetzliche Regelung von anorganischen Arsenverbindungen

Nach der schweizerischen Chemikalien Verordnung (ChemV Anhang 5 Ziffer 1.1) gehört Arsen zu den Gruppe 1 Chemikalien und ist auf der Liste der Zulassungspflichtigen Stoffen aufgeführt (ChemRRV SR 814.81). Somit ist der Gebrauch von Arsenverbindungen nur noch in Ausnahmefällen unter klar definierten Bedingungen möglich (Details siehe Kasten).



Gesetzliche Regelung von Arsen

Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen: (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV)

Die ChemRRV verbietet die Inverkehrbringung von Arsen(As) und Arsenverbindungen in Holzschutzmitteln, Mitteln zum Schutz von Brauchwasser, in Anstrichfarben und Lacken, Rodentiziden und Antifoulings. Holzwerkstoffe dürfen nicht mehr als 25 ppm As enthalten. Insbesondere das Inverkehrbringen von Diarsentrioxid (CAS-Nr. 1327-53-3) und Diarsenpentaoxid (CAS-Nr. 1303-28-2) und ihren Zubereitungen ist verboten.

Zudem sind Grenzwerte für Arsen und Arsenverbindungen in diversen weiteren Vorordnungen festgelegt. Dies sind unter anderem:

- **Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen** (Abfallverordnung, VVEA)
- **Gewässerschutzverordnung** (GSchV)
- **Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen** (TBDV)
- **Verordnung des EDI über die Höchstgehalte für Kontaminanten** (Kontaminantenverordnung, VHK): Sie legt unter anderem den Höchstgehalt an anorganischem Arsen in Lebensmitteln fest.

Einstufung

Diarsentrioxid (CAS#1327-53-3, 7440-38-2) hat nach der CLP-Verordnung harmonisierte GHS-Einstufungen für folgende Gefahrenklassen:

- Acute Tox. 2
- Skin Corr. 1B
- Carc. 1A
- Aquatic Acute 1
- Aquatic Chronic 1
- Gefahrenpiktogramm: GHS05, GHS06, GHS08, GHS09



Signalwort: Gefahr

H300 Lebensgefahr bei Verschlucken.

H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H350 Kann Krebs erzeugen.

H400 Sehr giftig für Wasserorganismen

H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

Zusätzliche Angaben:

Nur für gewerbliche Anwendung



Quellen

- *Kantonales Laboratorium Bern; Schlussbericht «Arsen in Tierpräparaten»*
- <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaerhung>
- <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20143406/index.html>
- <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaerhung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/arsen.html>
- <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaerhung/lebensmittelsicherheit/verantwortlichkeiten/sicheres-trinkwasser.html>
- <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20141858/index.html>
- *Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population ; EFSA 2014 ;*
<https://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/3597>
- *Toxicological Profile for Arsenic; ATSDR 2007*
- *Arsenic and Arsenic Compounds; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C*
- *Arsen in Reis und Reisprodukten; BfR, 2014*
- <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.014.075>



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG

Direktionsbereich Verbraucherschutz