

Der Vorschlag, anorganisches Arsen als Gift des Monats zu wählen, kam vom Arbeitskreis Kanzerogenese

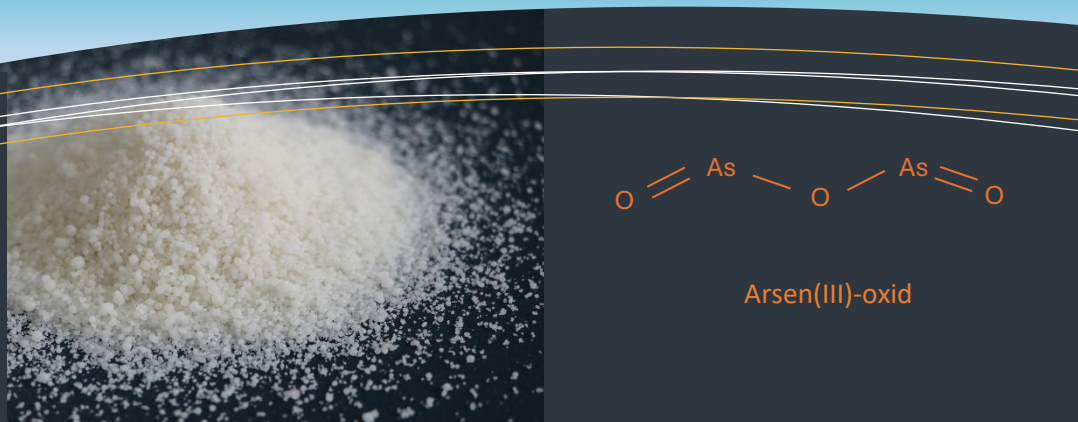
... weil es, wie kaum eine andere Stoffgruppe, historische Toxikologie und moderne Krebsforschung verbindet und exemplarisch zeigt, wie unterschiedlich die toxische Wirkung eines Elements abhängig von chemischer Form, Oxidationsstufe und Expositionsdauer sein kann.

Der Marsh-Test – Arsen macht Forensikgeschichte

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war der sichere Nachweis von Arsen in biologischem Material noch schwierig. Das zeigte sich 1832 im Fall John Bodle: Der Chemiker James Marsh konnte zwar Arsen als Gift in einem Mordprozess nachweisen, der Niederschlag war jedoch nicht stabil und hatte sich bis zum Prozess verändert. Bodle wurde mangels überzeugender forensischer Beweise freigesprochen.

Marsh entwickelte daraufhin ein empfindlicheres Verfahren, das er 1836 veröffentlichte. Dabei werden Arsenverbindungen zunächst in gasförmiges Arsin (AsH_3) überführt. Beim Erhitzen zerfällt dieses, wobei sich elementares Arsen als charakteristischer dunkler, stabiler Arsenspiegel abscheidet.

Wie bedeutend das Verfahren für die forensische Toxikologie wurde, zeigte sich schon 1840 im Prozess gegen Marie Lafarge, die beschuldigt wurde, ihren Ehemann mit Arsen vergiftet zu haben. Der Toxikologe Mathieu Orfila konnte Arsen im Körper des Verstorbenen nachweisen, weshalb Lafarge wegen Mordes verurteilt wurde.



Anorganisches Arsen - Vom Mordgift zum Umweltkarzinogen

Kaum ein Stoff ist so eng mit der Geschichte der Toxikologie verbunden wie anorganisches Arsen. Historisch erlangte Arsen(III)-oxid (As_2O_3), das sogenannte Arsenik, traurige Berühmtheit als Mordgift. Das weiße, nahezu geruchs- und geschmacklose Pulver war vergleichsweise leicht verfügbar und zunächst nur schwer zuverlässig nachzuweisen. Eine akute Vergiftung äußerte sich typischerweise durch heftige gastrointestinale Beschwerden mit Erbrechen, Bauchschmerzen und Durchfällen. Bei hoher Dosis konnten Kreislaufversagen, neurologische Störungen und schließlich Multiorganversagen, und damit der Tod, folgen.

Im 19. Jahrhundert war anorganisches Arsen nicht nur als akut wirksames Gift von Bedeutung, sondern wurde in Form arsenhaltiger Verbindungen auch in Alltagsprodukten eingesetzt, etwa im intensiv grünen Pigment Schweinfurter Grün, das unter anderem für Tapeten und Farben verwendet wurde. Dadurch kam es zu längerfristigen, oft unbemerkten chronischen Expositionen in niedrigen Konzentrationen. So exponierte Menschen litten unter unspezifischen Beschwerden wie Schwäche und Magen-Darm-Störungen, bei länger anhaltender Belastung aber auch unter charakteristischen Hautveränderungen, peripheren Nervenschädigungen und Beeinträchtigungen weiterer Organsysteme.

Die zahlreichen Vergiftungsfälle mit Arsen trieben aber auch die Entwicklung der forensischen Toxikologie voran. Mit zunehmend empfindlicheren Nachweisverfahren wurde es schließlich möglich, Arsen auch in biologischem Material zuverlässig zu identifizieren, was ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur modernen gerichtlichen Toxikologie war.

Heute steht toxikologisch vor allem die Aufnahme anorganischer Arsenspezies aus natürlichen arsenhaltigen Mineralen in Böden und Gesteinen im Vordergrund, aus denen Arsen ins Grundwasser freigesetzt und über belastetes Trinkwasser oder Lebensmittel wie z. B. Reis und



Arsen ist nicht gleich Arsen – warum die Spezies entscheidet

Arsen ist ein besonders anschauliches Beispiel dafür, dass die toxikologische Wirkung eines Elements wesentlich davon abhängt, in welcher chemischen Form, also als welche Spezies, es vorliegt. Anorganische und organische Arsenspezies unterscheiden sich deutlich in Bioverfügbarkeit, Metabolismus, Reaktivität und toxischer Potenz. Bei der Biotransformation von anorganischem Arsen können durch Methylierung besonders reaktive Zwischenprodukte entstehen. Dreiwertige methylierte Arsenspezies können unter anderem DNA-Reparaturprozesse beeinträchtigen und so zur Toxizität beitragen. Diese Zusammenhänge gelten auch für andere Elemente.

Wie Elementspezies Aufnahme, Verteilung, Stoffwechsel und Wirkung bestimmen, steht seit vielen Jahren im Mittelpunkt der Forschung von Prof. Dr. Tanja Schwerdtle, Präsidentin des Max Rubner-Instituts und Trägerin des GT-Toxicology Award 2026. Ihre Arbeiten zeigen zudem, dass Unterschiede in Aufnahme und Metabolismus dazu führen können, dass experimentelle Modelle die Toxizität einzelner Elementspezies beim Menschen nur unzureichend erfassen.

Für eine belastbare Risikobewertung ist daher nicht allein entscheidend, wie viel eines Elements vorhanden ist, sondern auch, in welcher Form es vorliegt.

Reisprodukte aufgenommen werden kann. Global zählt anorganisches Arsen zu den bedeutendsten chemischen Kontaminanten des Trinkwassers und ist von der IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung) als kanzerogen beim Menschen eingestuft und der Gruppe 1 zugeordnet.

Für die toxische Wirkung anorganischen Arsens sind Oxidationsstufe und chemische Spezies entscheidend. Toxikologisch relevant sind vor allem die Oxidationsstufen As(III) („Arsenit“) und As(V) („Arsenat“). As(III) besitzt eine hohe Affinität zu bestimmten Proteinen und beeinträchtigt dadurch unter anderem zentrale Schritte des mitochondrialen Energiestoffwechsels. As(V) kann aufgrund seiner Ähnlichkeit mit Phosphat in den Energiestoffwechsel eingreifen und dadurch die Bildung von Adenosintriphosphat (ATP), dem zentralen Energieträger der Zelle, beeinträchtigen. Beide Formen können bei hoher Exposition schwere systemische Vergiftungen hervorrufen, wobei As(III) in der Regel deutlich toxischer ist als As(V).

Die langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen führt zu einem anderen toxikologischen Bild. Typisch sind Pigmentveränderungen und Hyperkeratosen der Haut. Vor allem aber ist anorganisches Arsen ein etabliertes Humankarzinogen. Langfristige Exposition ist mit Haut-, Lungen- und Harnblasenkrebs verbunden. Arsen wirkt dabei nicht primär als direkt DNA-reaktives Kanzerogen, sondern fördert die Krebsentstehung unter anderem über oxidativen Stress, veränderte Genregulation und eine Beeinträchtigung der DNA-Reparatur.

Da die toxikologische Bedeutung von Arsen wesentlich von seiner chemischen Form abhängt, kann eine Bewertung allein anhand des Gesamtarsengehalts die tatsächliche gesundheitliche Relevanz einer Exposition nicht abbilden. Dies stellt eine große Herausforderung für die Risikobewertung dar.

Text: Ute Haßmann

Literatur und links:

- [Arsenic - an overview | ScienceDirect Topics](#)
- [Arsenic](#)
- [Visible Proofs: Forensic Views of the Body: Galleries: Cases: Toxicology on trial: Mathieu Orfila and the Lafarge murder case](#)
- [Clinician Brief: Arsenic | Environmental Health and Medicine Education | ATSDR](#)
- Reichl, Franz-Xaver. Taschenatlas der Toxikologie. Substanzen, Wirkungen, Umwelt. 3. Auflage (2009) ISBN: 9783131089731
- Foto von [XRD Chemical](#) auf [Unsplash](#)

