

Vergiftungen durch Schwermetalle

Vorwissenschaftliche Arbeit verfasst von

Paula Anna Mayer

Klasse: 8A

Schuljahr: 2020/2021

Betreuerin: Mag. Martina Wolny

Bundesgymnasium 13

Fichtnergasse 15

1130 Wien

Wien, Februar 2021

Abstract

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Vergiftungen, welche durch unterschiedliche Schwermetalle entstehen. Es wird ein genereller Überblick über Schwermetalle gegeben. Dabei handelt es sich um Metalle und Halbmetalle mit einer Dichte über 5 g/ml. Die Arbeit zeigt auch, wo die Gefährlichkeit eines Stoffes beginnt und wie mit beispielsweise dem MAK- Wert Vergiftungen vermieden werden können.

Es werden die drei Schwermetalle Blei, Arsen und Quecksilber als Beispiele herangezogen und genauer erörtert, da sie nur in ihrer Behandlung mit Chelatbildnern genau gleich sind. Das Vorkommen, die Verwendung, die Wirkung im Körper und die Symptome sind hingegen unterschiedlich. Blei wurde früher als Wundbehandlung und Schminkepigment benutzt, Quecksilber in Thermometern, während Arsen bewusst als Mordgift eingesetzt wurde. Die Verwendung von Schwermetallen im Alltag ist stark zurückgegangen, seitdem man von der Gefährdung weiß und bessere Alternativen gefunden hat.

Weiters wird im geschichtlichen Teil über Vergiftungen in der Vergangenheit und Gegenwart berichtet. Unter den Vergifteten sind berühmte Persönlichkeiten wie Ludwig van Beethoven und Napoleon. Zu den gegenwärtigen Tragödien gehören die Minamata Krankheit in Japan und die mit Arsen verseuchten Brunnen in Asien.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
2 Schwermetalle	5
3 Vergiftungen	6
4 Blei	8
4.1 Vorkommen in der Natur und Verwendung im alltäglichen Leben	8
4.2 Vergiftungen in der Geschichte	9
4.3 Absorption und Stoffwechsel	11
4.4 Symptome	12
4.5 Behandlung	12
5 Arsen	14
5.1 Vorkommen in der Natur und Verwendung im alltäglichen Leben	14
5.2 Vergiftungen in der Geschichte	15
5.3 Absorption und Stoffwechsel	17
5.4 Symptome	18
5.5 Behandlung	19
6 Quecksilber	20
6.1 Vorkommen in der Natur und Verwendung im alltäglichen Leben	20
6.2 Vergiftungen in der Geschichte	21
6.3 Absorption und Stoffwechsel	22
6.4 Symptome	23
6.5 Behandlung	24
7 Chelat-Behandlung	25
8 Schluss	26
Literatur	28
Internetquellen	30

1 Einleitung

Vergiftungen durch Schwermetalle entstehen dadurch, dass Schwermetalle wie Blei, Quecksilber, Thallium oder Palladium von dem Körper aufgenommen werden. Die Reaktion des Körpers, die sich in unterschiedlichen Krankheitssymptomen äußert, ist dabei je nach Schwermetall sehr verschieden. In dieser Arbeit werden deshalb drei Schwermetalle exemplarisch behandelt. „Für die toxische Wirkung von Schwermetallen ist aber in vielen Fällen ihre Fähigkeit zur Komplexbildung mit Proteinen verantwortlich.“¹ Zur Therapie von Schwermetallvergiftungen kommen deshalb vorwiegend Chelatbildner, welche mit den Metallionen Komplexe bilden, zum Einsatz. Das wird im letzten Kapitel genauer ausgeführt.²

¹ <https://flexikon.doccheck.com/de/Schwermetallvergiftung>, 20.2.2021.

² vgl. <https://flexikon.doccheck.com/de/Schwermetallvergiftung>, 20.2.2021.

2 Schwermetalle

Der Begriff Schwermetall ist in der Wissenschaft nicht eindeutig definiert. Es gibt viele Definitionen, wobei manche sich auf die Dichte, andere auf die Ordnungszahl, das Atomgewicht oder sogar die Toxizität beziehen. Meist werden jedoch die Metalle und Halbmetalle gemeint, welche eine Dichte über 5g/ml haben, welche in der Abbildung 1 farblich markiert sind. Zu diesen zählen beispielsweise Quecksilber, Cadmium, Blei und Arsen. Die Elemente wie Natrium, Kalium und Magnesium, welche mit ihrer Dichte unter diesem Wert liegen, werden hingegen Leichtmetalle genannt.^{3,4} Viele Menschen verwenden die Begriffe Schwermetall und Toxizität im gleichen Kontext. Das stellt ein Problem dar, weil es Schwermetalle gibt, welche wesentlich für den Stoffwechsel sind. Diese wie z.B. Zink, Nickel und Kupfer sind daher oftmals nur in höheren Konzentrationen giftig, während bei nicht-essenziellen Schwermetallen oftmals schon eine geringe Dosis eine Vergiftung verursacht.

Die natürlichen Vorkommen von Schwermetallen sind Mineralien und Erze, wobei der Schwermetallgehalt in Mineralien meist nur sehr gering ist, während manche Erze wie Bleiglanz oder Arsenkies fast zur Gänze aus den Schwermetallen bestehen. Die natürlich vorkommenden Schwermetalle können durch Verwitterung in Böden und Gewässer gelangen. Die größte Schwermetallbelastung stammt jedoch aus anthropogenen Quellen. Diese Quellen sind meist Emissionen aus verschiedenen Bereichen, beispielsweise der Industrie, Kraftfahrzeuge oder Dünger. Um die Qualität der Böden zu erhalten, wurden deshalb Vorschriften erlassen, in welchen bestimmte nicht zu überschreitenden Werte festgelegt wurden.⁵

³ vgl. https://www.chemie.de/lexikon/Schwermetalle.html#_note-nickelmag/, 5.1.2021.

⁴ vgl. Rassow, Joachim / Hauser, Karin / Netzker, Roland / Deutzmann, Rainer: Biochemie. 4.Auflage. - Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2016, S.744.

⁵ vgl. Reineke, Walter / Schlömann, Michael: Umweltmikrobiologie. 3.Auflage. - Berlin: Springer-Verlag, 2020. S.346 f.

3 Vergiftungen

Eine Vergiftung ist die Schädigung des menschlichen Organismus durch die Aufnahme von Substanzen, die unter bestimmten Bedingungen negativen Einfluss auf den Körper haben. Die Giftigkeit der Stoffe ist dabei abhängig von verschiedenen Faktoren, wie der Dosis, der Art der Verabreichung, dem Gift selbst, der Einnahmehäufigkeit und dem körperlichen Zustand des Vergifteten.

Es kommt natürlich darauf an, welche Substanz man genau nimmt, da keine in ihrer Löslichkeit, Molekülgröße und anderen Eigenschaften gleich ist. Das hat auch einen großen Einfluss auf die Art der Verabreichung und der Aufnahme in den Körper. So wirken oftmals wasserlösliche Stoffe bei oraler Aufnahme giftiger, da der Körper mehr des Giftes absorbiert und fettlösliche Substanzen bei der Resorption über die Haut. Weiters kommen Stoffe auch durch Inhalation und Injektion in den Körper, wobei letztere Aufnahme am wirkungsvollsten ist, da die Substanz auf diesem Weg direkt die Blutbahn erreicht.

Die Latenzzeit eines Giftes gibt an, wieviel Zeit zwischen Verabreichung und dem Auftreten der ersten Symptome liegen und kann je nach Stoff Minuten, Stunden oder Tage dauern. Hierbei ist es aber auch wichtig zwischen akuten und chronischen Vergiftungen zu unterscheiden. Eine akute Vergiftung bemerkt man durch die schnell auftretenden Symptome, welche von einer einmaligen Aufnahme einer höheren Dosis Gifts stammen. Bei chronischen Vergiftungen hingegen wird das Gift häufiger mit einer geringeren Dosis aufgenommen und macht sich erst nach längerer Zeit bemerkbar. Diese Unterscheidung ist auch in den verschiedenen Krankheitsbildern erkennbar.

Ob und wie schwer jemand erkrankt, hängt weiters vom Vergifteten selbst ab.^{6,7} „Jeder Mensch hat seine individuelle Giftempfindlichkeit (Disposition), die außerdem je nach der generellen körperlichen Verfassung, dem Alter, dem Geschlecht und der ethnischen Herkunft schwankt.“⁸

⁶ vgl. Mortimer, Charles E. / Müller, Ulrich: Chemie. Das Basiswissen der Chemie. 13. Auflage. - Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2019, S.631-633.

⁷ vgl. Wirth, Ingo / Schmeling, Andreas: Rechtsmedizin. Grundwissen für die Ermittlungspraxis.- Heidelberg: C.F. Müller GmbH, 2020, S.195-199.

⁸ Mortimer / Müller, 2019, S.631

Das wichtigste, wovon die Giftigkeit abhängt, ist die Dosis. Bereits 1538 im Buch *Septem Defensiones* meinte der berühmte Arzt Paracelsus:⁹

„Wenn ihr jedes Gift wollt recht auslegen,

was ist, das nit Gift ist?

Alle Ding sind Gift und nichts ohn Gift.

Allein die dosis macht, das ein Gift kein Gift ist“¹⁰

Laut ihm macht also die Dosis das Gift. Heutzutage ist die Dosis die Menge eines Medikaments, welche von Ärzten durch die anderen, bereits erwähnten Faktoren bestimmt wird.

Es gibt verschiedene Werte, welche versuchen zu beschreiben ab welcher Dosis ein Stoff tödlich oder schädlich ist. Der LD₅₀- Wert gibt beispielsweise an, ab welcher Dosis 50% der Versuchstiere gestorben sind.¹¹ Der NOAEL- Wert zeigt uns hingegen, ab welchem Wert man bei einem der Versuchstiere schädliche Wirkungen sehen konnte. Ein Hundertstel dieses Wertes wird deshalb oftmals genommen, um die gesetzlichen Grenzwerte festzulegen.¹² Die maximale Konzentration eines Stoffes, welcher man am Arbeitsplatz ausgesetzt sein darf, zeigt uns der MAK-Wert. Das Einhalten diese Wertes ist wichtig, damit es zu keinen chronischen Vergiftungen bei den Arbeitenden kommt.¹³

⁹ vgl. Schwedt, Georg: *Chemische Elemente und ihre Spezies. Mobilität, Bioverfügbarkeit, Toxizität und Analytik.* - Bonn: Springer Spektrum, 2018, S.31.

¹⁰ Schwedt, 2018, S.31

¹¹ vgl. Schwedt, 2018, S.31

¹² vgl. Mortimer / Müller, 2019, S.632

¹³ vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/mak-wert/40803>, 21.2.2020.

4 Blei

Das Schwermetall Blei wird im Periodensystem mit dem Buchstaben Pb abgekürzt. Die Abkürzung stammt vom lateinischen Wort Plumbum ab. Seine Ordnungszahl ist 82, die Dichte $11,34 \text{ g/cm}^3$ und die Atommasse beträgt 207,2 u. Es wird schon seit der Zeit der Römer verwendet, weil es leicht verformbar ist und einen niedrigen Schmelzpunkt hat.¹⁴ Blei ist reaktionsträger als andere Elemente in der 4. Hauptgruppe, da schwerlösliche Oberflächenschichten es schützen. Manche Verbindungen (z.B. Bleidioxid, PbO_2) sind aber thermisch instabil. Das Metall hat zwei Oxidationsstufen +II und +IV, wobei die letztere Oxidationszahl eher selten vorkommt.¹⁵

4.1 Vorkommen in der Natur und Verwendung im alltäglichen Leben

Der Bleigehalt in der Erdkruste beträgt 0,0018%, doch man findet Blei dabei oftmals nicht in seiner reinen Form, sondern in Bleierzen, meistens als Bleisulfid (Galenit). Aus den über 514 bekannten Bleimineralien, welche bis über 90 % Bleigehalt haben können, wird heute das meiste nicht recycelte Blei gewonnen. Aber vor allem heutzutage werden sehr viele alte Bleiprodukte zu Sekundärblei aufgearbeitet und dadurch wiederverwendet. Durch bleihaltige Stäube von zum Beispiel bleihaltigen Kraftstoffen findet man Blei heute auch schon in der Luft. Weiters kommt es, wenn es regnet in Gewässer, in den Boden und infolgedessen auch in die Lebensmittel des Menschen.¹⁶

In früheren Zeiten gab es sehr viele Bleiprodukte in unserem Leben. Wasserleitungen, Geschirr Munition und Schmuck waren aus Blei oder es war in ihnen enthalten.¹⁷ Außerdem verwendete man Blei auch als Schädlingsbekämpfungsmittel in der Landwirtschaft, Mennige als Rostschutzanstrich und bleihaltige Farben wie Bleiweiß, Chromgelb und Neapelgelb. In medizinischer und kosmetischer Hinsicht verwendete man es auch für Wundbehandlung in der Medizin und als Bleipigment in Schminke. Doch da man heute von der toxischen Wirkung von Blei weiß, wurden viele alte

¹⁴ vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Blei.html>, 13.12.2020.

¹⁵ vgl. Mortimer / Müller, 2019, S. 468 f.

¹⁶ vgl. <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/blei/>, 30.10.2020.

¹⁷ vgl. <https://www.allum.de/stoffe-und-ausloeser/blei/vorkommen-und-verwendung>, 30.10.2020.

Bleiprodukte verboten.¹⁸ Trotzdem findet man noch heute Blei noch in vielen alltäglichen Gegenständen wie Auto Batterien, Gewichten, Schmuck, Lötzinn und als Strahlenschutz bei Röntgengeräten.¹⁹

4.2 Vergiftungen in der Geschichte

Schon in der Zeit der Römer gab es Bleivergiftungen, welche vielleicht auch unter anderem ein Grund für den Untergang des römischen Reiches waren. Die Römer liebten es ihren Wein und Speisen mit Sapa, einem süßen Sirup aus Weintrauben zu süßen. Bei der Produktion dieses Sirups erhitzten sie Traubensaft in Bleikesseln.²⁰ Dabei löste sich aus den Bleikesseln oder der Bleiauskleidung der Kessel Bleizucker, welcher den Sirup süßte und konservierte aber auch sehr giftig ist. Dadurch gelangten bei einem reichen Römer oftmals 250 Mikrogramm Blei pro Tag in den Körper, was zu einer Bleivergiftung und infolgedessen zu Schäden im Gehirn führte.²¹ Das war aber nicht die einzige Aufnahmequelle von Blei bei den Römern. Zusätzlich speisten sie aus bleihaltigem Geschirr, tranken Wasser, welches durch Bleirohre zu ihnen gelangte und vergifteten sich so weiter unbewusst.²²

Im 18 Jhd. verwendete man die bleihaltige und giftige Farbe Bleiweiß in Bleiweißcremen und anderen Make-up Produkten. „Es war ein fragiler, leicht sinnlicher Look, der in der britischen Hauptstadt überaus populär war – denn das Blei verlieh den Frauen ein elfenhaftes Aussehen.“²³ Noch bis ins 19 Jhd. wurden in den USA Beautyprodukte verkauft, in welchen das weiße Bleikarbonat enthalten war. Erst 1977 wurde zum Bedauern von vielen Künstlern das tödliche Bleiweiß in den USA verboten.

Ein sehr bekanntes Opfer, welches wahrscheinlich an einer Bleivergiftung starb, war Ludwig van Beethoven. Man fand bei der Analyse von mehreren seiner Haare heraus, dass er eine sehr hohe Bleikonzentration im Körper hatte und die Aufnahme des Bleis unregelmäßig war. Dadurch konnte man auch die frühere Annahme, dass der mit

¹⁸ vgl. Fuhrmann, Günter Fred / Aigner, Achim / Büch, Thomas / Legrum, Wolfgang / Steffen, Christian: Toxikologie für Naturwissenschaftler. Einführung in die Theoretische und Spezielle Toxikologie. - Wiesbaden: B.G.Teubnerverlag, 2006, S.207.

¹⁹ vgl. <https://www.allum.de/stoffe-und-ausloeser/blei/vorkommen-und-verwendung>, 30.10.20.

²⁰ vgl. Schwarcz, Joe: Warum krümeln Kekse? -Neues vom Leben auf Molekülbasis. - Reinbek: Rowohlt Taschenbuchverlag, 2002, S.164 f.

²¹ vgl. Fuhrmann / Aigner / Büch / Legrum / Steffen, 2006, S.170-172

²² vgl. Schwarcz, 2003, S.165

²³ Finlay Victoria: Colours. Die Geschichte der Farben. - Darmstadt: Theiss Verlag, 2015, S.58.

Bleizucker gesüßte Wein an seinen Tod schuld sei, verwerfen. Stattdessen aber bemerkte der Gerichtsmediziner Christian Reiter durch die genauen Aufzeichnungen von Beethoven und seinem Arzt, dass der Bleigehalt in den Haaren zu der Zeit erhöht war, als Beethoven medizinisch behandelt wurde. Ein Peak im Blei Diagramm ist zu der Zeit als Beethoven wegen einer Lungenentzündung mit Bleisalzen behandelt wurde. Was sein Arzt Andreas Wawruch dabei nicht wusste war, dass er eine Leberzirrhose hatte und sich diese wegen der Zunahme des Bleis verschlechterte, sodass sich Flüssigkeit im Bauchraum ansammelte. Diese Flüssigkeit wurde in den Wochen vor seinem Tod 4-mal abgelassen, wobei man genau an diesen Tagen wieder erhöhte Bleiwerte in der Analyse sehen konnte. Diese erhöhten Werte führt Christian Reiter auf bleihaltige Pasten zurück, welche nach den Punktionen zum Desinfizieren und Verschließen der Einstiche verwendet wurden. Man wusste zwar damals schon, wie giftig das Schwermetall war, doch kannte man damals noch keine anderen Antibiotika. Bleiverbindungen waren einerseits ein Medikament für Beethovens früheren Tod.²⁴

Ein Grund für die Zunahme des Bleigehalts in der Luft und infolgedessen der Zunahme von Bleivergiftungen war die Entdeckung von Thomas Midgley im Jahr 1921, dass die Beimengung von Tetraethylblei in Benzin die Leistungsfähigkeit der Motoren verbessert.²⁵ Man wusste über die Giftigkeit des als Antiklopfmittel verwendeten Bleis Bescheid, dennoch wurde es in den kommenden Jahren immer mehr produziert. Die Höchstproduktion in den USA war im Jahr 1971 mit 377 000 Tonnen. Schon bei der Produktion wurden viele Menschen vergiftet und es starben auch einige von ihnen. Auch nach dem Gebrauch als Antiklopfmittel bei Autos wurden kleinste Bleipartikel als Abgas in die Luft ausgestoßen, sodass 1973 90% des Bleigehaltes der Luft von Autoabgasen kamen. Beim Einatmen dieser Luft setzte sich dann das Blei in die Lungenbläschen ab und wurde so vom Körper aufgenommen. Nachdem Kinder mehr Blei aufnehmen als Erwachsene waren es vor allem sie, welche später mit den Folgen der Bleivergiftungen leben mussten. Die USA verhängte deshalb zuerst das Gesetz, dass der Tetraethylblei Gehalt in Benzin nicht höher als 0,7g /Liter und später nicht

²⁴ vgl. <https://www.sueddeutsche.de/leben/toedliche-pflaster-beethoven-von-seinem-arzt-vergiftet-1.769789>, 12.12.2020.

²⁵ vgl. Emsley, John: Sonne, Sex und Schokolade. Mehr Chemie im Alltag. 2.Auflage.- Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2006, S.252.

höher als 0,15g/ Liter sein darf. Diese Gesetze wurden aber 1976 hinfällig, als in jedem Auto ein Katalysator eingebaut werden musste. Das Blei beschädigte bei der katalytischen Nachverbrennung den Katalysator und konnte somit nicht mehr als Antiklopfmittel verwendet werden. Diesen Umstieg auf bleifreie Antiklopfmittel machte sich vor allem auch an den Blutwerten, welche eine deutliche Absenkung des Bleis im Blut zeigten, bemerkbar.^{26,27}

Setzer und Stereotypeure waren früher besonders gefährdet an einer Bleivergiftung zu erkranken. Buchsetzer setzen aus den verschiedenen Bleilettern Drucksetze zusammen und Stereotypeure machten daraus dann Druckplatten. Dabei wurden beim Setzen die Letter mit den Fingern aus den Setzkästen genommen, in welchem sich besonders viel Bleistaub befand. Die Arbeiter atmeten so die Bleistäube täglich ein. Dazu kam noch, dass in den Buchdruckereien nicht oft gelüftet wurde, es an Hygiene mangelnde und somit viele Setzer und Stereotypere sich mit Blei vergifteten. Heutzutage ist der Beruf des Schriftsetzers so gut wie ausgestorben, da nun Maschinen diese Arbeit übernehmen.^{28,29}

4.3 Absorption und Stoffwechsel

Elementares kompaktes Blei kann nicht von der Haut nicht absorbiert werden, sondern nur die hochgiftigen Organobleiverbindungen. Auch wirken Bleistäube und gelöste Bleiverbindungen toxisch auf den Körper.³⁰ Normalerweise absorbiert ein Mensch 1-10% des Bleis, doch bei Eisenmangel und Calciummangel kann die Absorptionsrate höher sein. Kinder können sogar bis zu 60 % des zugeführten Bleis in den Körper aufnehmen. Wenn bleihaltige Luft in die Lunge kommt bleibt 30-50% des Bleis in dieser zurück. Somit wird die tägliche Bleiaufnahme auf 100-300 µg und der Körperbestand auf 40-400mg geschätzt, wobei mit dem Alter die Bleikonzentration steigt. Weiters reichert sich das absorbierte Blei vorwiegend in Geweben und Knochen an. Das nicht

²⁶ vgl. Fuhrmann / Aigner / Büch / Legrum / Steffen, 2006, S.173-175

²⁷ vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/antiklopfmittel/620>, 21.2.2021.

²⁸ vgl. http://www.drucker-marken.de/images/druck/pdf/Buch_92_Berufskrankheiten.pdf, 21.2.2021.

²⁹ vgl. <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.ausgestorbenes-handwerk-diese-berufe-gibt-es-nicht-mehr.80fb57b0-4147-4c83-8f7f-c7bad650c1f8.html>, 21.2.2021.

³⁰ vgl. <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/blei/>, 13.12.2020.

absorbierte Blei wird hauptsächlich über die Galle als Kot ausgeschieden und das absorbierte über den Urin.³¹

4.4 Symptome

„Typisch für eine akute Bleivergiftung ist das Vorherrschen gastro-intestinaler Symptome wie Erbrechen, Leibschmerzen, Darmkrämpfe, Obstipation und Proteinurie.“³² Weiters zeigt sich eine aschgraue Färbung der Haut und vor allem bei Kindern neurologische Symptome, wie Kopfschmerzen Schwindel sehr selten schwere neurologische Schädigungen. Die meisten dieser Symptome sind durch die Kontraktion der glatten Muskulatur in diversen Bereichen zu erklären. Die chronische Bleivergiftung hat Großteils nur unspezifische Symptome, wie z.B. Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Schwäche, Blässe und Koliken. Deshalb ist es schwierig diese zu erkennen. Typisch aber nicht immer auftretende Merkmale sind der Bleisaum, ein Schwarzer Saum am Zahnfleischrand (siehe Abb.2), das Bleicolorid, eine fahle blassgraue Gesichtsfarbe, sowie die im Labor festgestellte Bleianämie, eine Verminderung der roten Blutkörperchen. Weiters kann es auch hier zu neurologischen Störungen kommen. Die Ursachen hierbei sind einerseits die bereits beschriebene Wirkung auf die glatte Muskulatur, andererseits die Störung der Synthese des Hämoglobins.^{33,34,35}

4.5 Behandlung

„Die akute Vergiftung wird präferenziell mit Na₂-Ca-Edetat behandelt.“³⁶ Bei diesem Medikament wird das Blei im Körper durch Calcium ersetzt und das Metall wird dann durch die Nieren im Harn ausgeschieden. Das Natriumcalciumedetat wird dabei als Infusion mit „10–20mg/kg pro Tag in 200ml 5%iger Glucoselösung über 2h an 3

³¹ vgl. Elmadfa, Ibrahim / Leitzmann Claus: Ernährung des Menschen. 5.Auflage. - Stuttgart: Eugen Ulmer, 2015, S.352.

³² Fuhrmann / Aigner / Büch / Legrum / Steffen, 2006, S.209

³³ vgl. Fuhrmann / Aigner / Büch / Legrum / Steffen, 2006, S.209

³⁴ vgl. Wirth / Schmeling, 2020, S.213

³⁵ vgl. Elmadfa, 2015, S.352

³⁶ Freissmuth, Michael / Offermanns, Stefan / Böhm, Stefan: Pharmakologie und Toxikologie. Von den molekularen Grundlagen zur Pharmakotherapie. 3.Auflage. - Berlin: Springer-Verlag, 2019, S.982.

aufeinanderfolgenden Tagen.³⁷ verabreicht. Diese Therapie kann bis zu 10-mal gemacht werden, wobei man jeweils dazwischen 3 Tage warten muss.³⁸

Dimercaptopropansulfonsäure (DMPS) kann stattdessen auch bei einer chronischen Vergiftung durch Blei verwendet werden.³⁹ Diese bildet mit ihren Sulfhydryl-gruppen und dem Metall im Körper stabile Komplexe, welche mit dem Harn aus dem Körper kommen. DMPS kann durch eine Infusion oder oral eingenommen werden, wobei die Dosierung bei einer langzeitigen Vergiftung pro Tag 3 mal 100 mg und bei einer akuten pro Tag 1200-2400 mg beträgt.⁴⁰

Die genannten Therapien wirken aber nur bei anorganischen Bleiverbindungen und nicht bei organischen zu welchen z.B. Bleitetraethyl zählt.⁴¹

³⁷ Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.987

³⁸ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.986 f.

³⁹ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.987

⁴⁰ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.986

⁴¹ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.982

5 Arsen

Das Element Arsen ist im Periodensystem unter der Abkürzung As und der Ordnungszahl 33 zu finden. Es ist ein Halbmetall, steht in der 5.Hauptgruppe und seine Atommasse beträgt 74,92 u. Die Dichte ist je nach Modifikation unterschiedlich, während graues Arsen eine Dichte von 5,72 g/cm³ hat, hat gelbes Arsen nur eine Dichte von 1,97 g/cm³.⁴² Arsen kommt in praktisch allen organischen Geweben vor, aber man findet das Halbmetall auch in anorganischen Formen. Außerdem kann es die Oxidationsstufen +V, +III und –III haben.⁴³ "Beim Arsen gibt es [...] mehrere Modifikationen. Einmal existiert das instabile gelbe Arsen (As₄) und zum anderen das stabile graue oder metallische Arsen. Weiterhin gibt es noch das schwarze Arsen [...]"⁴⁴ Man kann das Schwermetall durch verschiedene Proben nachweisen, wie beispielsweise der Bettendorfschen Probe mittels SnCl₂ oder der Marshschen Probe, welche meist als forensischer Nachweis dient. Bei dem zuletzt erwähnten Nachweis wird die zu analysierende Substanz mit Salzsäure, Kupfersulfat und einem Zinnstück vermischt und daraus entsteht Arsenwasserstoff, wenn Arsen in der Substanz enthalten ist. Ein Metallspiegel wird an der Unterseite eines Porzellanstückes sichtbar, wenn man darunter nun dieses Arsenwasserstoff verbrennt.^{45,46}

5.1 Vorkommen in der Natur und Verwendung im alltäglichen Leben

Arsen ist in der Erdkruste mit einem Gehalt von 1,8ppm enthalten, wobei es selten in gediegener Form (Scherbenkobalt) vorkommt, sondern vorwiegend in sulfidischen Erzen. Außerdem findet man es mineralisch etwa als Kobaltglanz, Speiskobalt und Arsenkies. Doch durch den Bergbau und verschiedene geologische Verhältnisse, wie Vulkanausbrüche oder natürliche Verwitterung, landet es im Grundwasser und dadurch später auch im Trinkwasser.^{47,48} Zudem geraten Arsenverbindungen durch das

⁴² vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Arsen.html>, 29.1.2021.

⁴³ vgl. Schwedt, 2018, S. 103 f.

⁴⁴ Böhme, Uwe: Anorganische Chemie für Dummies. 3.Auflage. - Weinheim: Wiley-Vch Verlag, 2019, S.107.

⁴⁵ vgl. Gerdes, Eberhard: Qualitative Anorganische Analyse. Ein Begleiter für Theorie und Praxis. 2.Auflage. - Berlin: Springer Verlag, 1998, S. 67-70.

⁴⁶ vgl. https://www.chemie.de/lexikon/Marshsche_Probe.html, 21.2.2021.

⁴⁷ vgl. Reineke, 2020, S.356 f.

⁴⁸ vgl. Gerdes, 1998, S.67

Rösten und die Aufarbeitung von Erzen als Staub in die Luft und schließlich Spuren davon in die Nahrungsmittel von Menschen und Tieren.^{49,50}

„Arsenverbindungen sind in Industrie und Landwirtschaft weit verbreitet, so als Pflanzenschutzmittel, Konservierungsmittel für Felle und Häute, Beiz- und Brüniermittel sowie in der Glas-, Porzellan-, Textil- und Halbleiterindustrie.“⁵¹ Arsenik (Arsentrioxid) wurde bis ins 19. Jahrhundert noch in kleinen Mengen als Medizin verabreicht und war schon seit der Römerzeit eines der bekanntesten Gifte. Erst durch die Marshsche Probe konnte man die Giftmorde durch Arsenik zuverlässig nachweisen.⁵²

5.2 Vergiftungen in der Geschichte

Bereits in der Antike gab es Arsenvergiftungen. Arsenhaltige Mineralien wurden damals zum Kupfer hinzugefügt, damit Arsenbronze entsteht. Um eine wirkliche Bronze zu erzeugen, mussten die Schmiede aber die verschiedenen Metallanteile verhämmern. Bei diesem Prozess bildeten sich Arsenwolken, welche die Schmiede einatmeten und sich dabei vergifteten. Die möglichen Folgen dieser Arsenvergiftung haben die früheren Völker auch in ihren Darstellungen Götter des Schmiedens einfließen lassen. „Unabhängig vom Kulturkreis beschreiben ihn die Mythologien nahezu identisch: Er hinkt oder fällt durch Lähmungserscheinungen an verschiedenen Körperteilen auf.“⁵³ Erst im Laufe des dritten Jahrtausends v. Chr. wurde Arsen dann durch andere Kupferzusätze wie Zinn oder Blei ersetzt.⁵⁴

Arsen war außerdem als ein sicheres Gift für Morde bekannt. Im Mittelalter brachten so Adelsfamilien ihre Rivalen um und im 17. Jhd. konnte man sogar als Giftmischer berühmt werden, wie Signora Toffana. Sie verkaufte ihr arsenhaltiges Aqua Toffana als Heilmittel und brachte damit auf Anfrage auch viele Menschen um, bis sie selbst wegen ihrer Morde zum Tode verurteilt wurde.⁵⁵ Arsenverbindungen waren eines der

⁴⁹ vgl. Mortimer / Müller, 2019, S.410 f.

⁵⁰ vgl. Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.355

⁵¹ Wirth / Schmeling, 2020, S. 209.

⁵² vgl. Wawra, Edgar / Dolznig, Helmut / Müllner, Ernst: Chemie erleben. Anorganische, organische und analytische Chemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. 2.Auflage. - Wien: Facultas, 2010, S.61.

⁵³ Reitz, Manfred: Auf der Fährte der Zeit. Mit naturwissenschaftlichen Methoden vergangene Rätsel entschlüsseln. - Weinheim: Wiley-vch Verlag, 2003, S.66.

⁵⁴ vgl. Reitz, 2003, S.64-67

⁵⁵ vgl. Schwarcz, 2003, S.155 f.

beliebtesten, aber auch gefürchtetsten Gifte, da man es einfach erhielt, man nur eine kleine Dosis brauchte, die Symptome anderen Krankheiten ähnelten und es für eine lange Zeit nicht nachweisbar war. Deswegen gab es in Frankreich, Deutschland und Italien bereits im 14. Jhd. verschiedene Apothekenverordnungen, sodass nicht jeder berechtigt war Arsen zu kaufen.⁵⁶

Eine berühmte Person, die an einer Arsenvergiftung gestorben oder geschwächt worden sein soll, war Napoleon. Als man eine Haarlocke von ihm erforschte, fand man Spuren von Arsen und deswegen glaubte man lange Zeit, dass ihn jemand vergiftet hatte. Dies konnte man aber 1980 widerlegen, als ein Stück der Tapete auftauchte, welches einst in Napoleons Schlafzimmer auf St. Helena hing. Auf der Tapete war ein grünes Lilienmuster mit der giftigen Farbe Scheeles Grün gemalt. Die arsenhaltige Farbe soll daher auch mitverantwortlich an Napoleons Tod im Jahr 1821 gewesen sein.⁵⁷

„Die Steiermark war bis in die 1970er-Jahre ein Hotspot der `Arsenesser`“⁵⁸ Viele Steirer konsumierten früher Arsen, weil sie glaubten, dass es gesundheitsfördernd ist und stärker macht. Zudem glänzten nach der Einnahme des Arsens die Haare mehr und man hatte eine schönere Haut. Andere aßen es, da Arsen sie in einen Rausch brachte und ihre körperliche Leistung steigerte. Die Gesamtdosis an Arsen, die Arsenesser zu sich nahmen, war aber oft so hoch, dass man laut Forschern die Einnahme nicht überleben sollte. Erst 1875 fand ein Arzt heraus, dass Arsenesser durch ständig steigenden Konsum eine Arsentoleranz aufbauen konnten und ihnen somit eine eigentlich tödliche Dosis nichts ausmachte.^{59,60}

Leider verwendete man Arsen auch im ersten Weltkrieg als Waffe. Die Kampfstoffe Blaukreuz und Lewisit bestehen jeweils aus Arsenverbindungen und brachten den Gegnern sehr starke Schmerzen beim Kontakt mit der Haut und beim Einatmen.

⁵⁶ vgl. Lewin, Louis: Die Gifte in der Weltgeschichte. Aktualisierte und bearbeitete Neuausgabe. - Wien: Tosa, 2007, S.154-158.

⁵⁷ vgl. Finlay, 2015, S.90 f.

⁵⁸ Müller, Walter: <https://www.derstandard.at/story/2000071486186/arsen-das-kokain-der-steirischen-bauersleut>, 30.1.2021.

⁵⁹ vgl. Müller, Walter: <https://www.derstandard.at/story/2000071486186/arsen-das-kokain-der-steirischen-bauersleut>, 30.1.2021.

⁶⁰ vgl. Schwarcz, 2003, S.156 f.

Zusätzlich schädigte es die Haut und die Lunge. Das Kampfmittel Blaukreuz wurde auch oft Maskenbrecher genannt, weil das Gift durch die Atemschutzmasken der Gegner drang und diese sich die Masken runterrissen.^{61,62}

Auch noch heute gibt es viele Arsenvergiftungen. In Asien steht 140 Millionen Menschen nur Arsen verseuchtes Trinkwasser zu Verfügung. In den letzten 30 Jahren wurden über 18 Millionen Rohrbrunnen allein in Indien erbaut, damit die Bevölkerung nicht das von der Industrie verschmutzte Oberflächenwasser benutzen muss. Doch das Grundwasser ist nicht besser, da es einen natürlichen Arsenanteil hat. In über 30 verschiedenen Ländern vergiftet Arsen das Grundwasser. Man versucht daher weitgehend das Arsen mit Filtern aus dem Wasser zu holen oder Grundwasser aus tieferen Erdschichten zu bekommen. Ein Problem ist jedoch, dass in ärmeren Ländern die Filter oftmals nicht regelmäßig gereinigt werden und daher versagen und kein Geld für tiefere Bohrungen in arsenfreie Schichten zur Verfügung steht. Weiters ändern sich die Grundwasserströmungen wegen des steigenden Wasserverbrauchs, sodass saubere Brunnen auch verseucht werden und daher noch mehr Menschen an einer Arsenvergiftung leiden müssen.⁶³

5.3 Absorption und Stoffwechsel

Elementares und organisch gebundenes Arsen wird vom Körper gut absorbiert und über den Harn ausgeschieden ohne, dass im Körper viel davon zurückbleibt. Es wird vor dem Ausscheiden in Arsenobetain verwandelt. Anorganisches Arsen hingegen ist hochgiftig, weil es im Körper chemische Reaktionen auslöst. Die Wasserlöslichkeit bestimmt hierbei auch die Giftigkeit der Arsenverbindungen. „So wirken zum Beispiel wasserlösliche Arsenite [oder andere Arsen (III)-Verbindungen] bei oraler Aufnahme stark giftig; Arsen(III)-oxid, das von Wasser schlecht benetzt wird und sich nur langsam löst, wirkt schwächer, und Arsen(III)-sulfid, das sehr schwerlöslich ist, ist praktisch unwirksam.“⁶⁴ Nachdem die anorganischen Verbindungen weitgehend über die Nieren ausgeschieden werden, kann man eine Vergiftung anhand des Arsengehalts im Urin

⁶¹ vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Arsen.html#Vorkommen>, 30.1.2021.

⁶² vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Blaukreuz.html>, 30.1.2021.

⁶³ vgl. Daigle, Katy: Arsen vergiftete Brunnen. In: Spektrum der Wissenschaft / Spezial Biologie, Medizin, Hirnforschung Nr. 04/2017, S.16-25.

⁶⁴ Mortimer / Müller, 2019, S.632

bestimmen. Weiters findet man Spuren in Haaren, Haut und Nägeln. In unserem Körper haben wir eine Arsenkonzentration von 0,005-0,1 mg/kg und eine tägliche Zunahme von 10-50 Mikrogramm. Man weiß nicht genau ab welcher Dosis Arsen tödlich ist, doch man schätzt es zwischen 60-300 Milligramm ein.^{65,66}

Man nimmt heutzutage an, dass Arsen für den menschlichen Körper lebensnotwendig ist. Doch es gibt für die Funktionen des Arsens noch keine genauen wissenschaftliche Berichte in den verschiedenen Bereichen, wie der Biochemie und der Physiologie fest.⁶⁷

5.4 Symptome

Eine akute Vergiftung äußert sich recht uncharakteristisch und wird oft mit einer natürlichen Darmerkrankung oder einer Cholera Infektion verwechselt. Die Symptome hierbei sind Kopfschmerzen, Erbrechen, Durchfall und starke Bauchkrämpfe. Zusätzlich kann es wegen des Elektrolyt- und Wasserverlusts zu Nierenversagen, Bewusstlosigkeit und Herz-Kreislauf-Versagen kommen. Infolge der schweren Kapillarschädigung kommt es außerdem zu Flüssigkeitsansammlungen. Wenn man eine akute Arsenvergiftung, welche sehr selten vorkommen, überlebt, bleiben oftmals langzeitige Nervenleiden zurück.

Die chronische Arsenvergiftung kann Symptome in verschiedenen Organen verursachen.^{68,69} „Die Kapillarschädigung im Bereich der Schleimhäute führt zu Diarrhö und vermehrtem Sekretfluss in Atem- und Speisewegen.“⁷⁰ Auf der Haut zeigt sich eine stärkere Verhornung (Arsenkeratose) und Verfärbung (Arsenmelanose). Daneben können sich auch Mees-Nagelbänder bemerkbar machen, welche Querstreifen auf den Finger und Zehennägeln sind (siehe Abb. 3). Nach einer Zeitverzögerung von 10 bis 20 Jahren können zudem Krebserkrankungen auftreten.^{71,72}

⁶⁵ vgl. Wirth / Strauch, 2020, S.209

⁶⁶ vgl. Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.355

⁶⁷ vgl. Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.355

⁶⁸ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.984

⁶⁹ vgl. Wirth / Schmeling, 2020, S.210

⁷⁰ Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.984

⁷¹ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.984

⁷² vgl. Wirth / Schmeling, 2020, S.210

5.5 Behandlung

Alle Arsenvergiftungen werden, wie die Bleivergiftungen mit der Dimercaptopropansulfonsäure (DMPS) behandelt. Die Dosierung ist hierbei auch exakt gleich zu der der Therapie der Bleivergiftung. Zusätzlich dazu müssen die Elektrolyt- und Wasserverluste, welche entstanden sind, ausgeglichen werden (symptomatische Behandlung).⁷³

⁷³ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.984

6 Quecksilber

Im Periodensystem der Elemente erscheint Quecksilber mit dem Elementsymbol Hg, der Ordnungszahl 80 und einer relativen Atommasse von 200,59 u. Seine Dichte beträgt bei 293,15 K $13,546 \text{ g/cm}^3$ und es zählt somit zu den Schwermetallen. Das Elementsymbol kommt von dem lateinischen Wort Hydrargyrum. Es hat einen griechischen Ursprung und bedeutet im Deutschen flüssiges Silber.⁷⁴ Quecksilber steht nach der IUPAC Zählweise in der zweiten Nebengruppe und zählt zu den Übergangsmetallen. Der Schmelzpunkt ist so niedrig, dass es als einziges Metall bei Raumtemperatur flüssig ist. Zusätzlich bildet Quecksilber relativ leicht Dämpfe, die toxisch wirken und ist reaktionsfreudig. Das Schwermetall tritt in Verbindungen mit den Oxidationsstufen +I und +II auf.^{75,76}

6.1 Vorkommen in der Natur und Verwendung im alltäglichen Leben

Quecksilber tritt mit der Durchschnittskonzentration von 0,05 ppm eher selten in der Erdkruste auf, am häufigsten findet man es dabei im Zinnober, Quecksilbersulfid und anderen Erzen.⁷⁷

„Die stark angestiegene industrielle Verarbeitung in den letzten Jahrzehnten führte zu einer wachsenden Kontamination der Biosphäre. Toxikologisch höchst bedeutsam ist in der Folge die Umwandlung von anorganischem Quecksilber in Methylquecksilber durch Mikroorganismen sowie die starke Anreicherung dieser Verbindung in der Nahrungskette vom Meeresplankton über Fische und zusätzlich über Fischmehle als Tierfutter hin zu weiteren tierischen Nahrungsmitteln des Menschen.“⁷⁸

Im alltäglichen Leben kann man Quecksilber nicht nur in physikalischen Geräten, wie zum Beispiel Barometern, Thermometern und Lampen entdecken, sondern auch bei der Chloralkali-Elektrolyse als Kathode, in der Zahnmedizin als Füllung (Amalgam) und bei der Goldgewinnung als Extraktionsmittel. Früher wurden Quecksilberverbindungen

⁷⁴ vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Quecksilber.html>, 4.2.2021.

⁷⁵ vgl. Mortimer / Müller, 2019, S.470

⁷⁶ vgl. Gerdes, 1998, S.43 f.

⁷⁷ vgl. Reineke / Schlöman, 2020, S.349-353

⁷⁸ Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.353

auch noch in Salben verwendet, heute sucht man jedoch aufgrund der Toxizität des Schwermetalls quecksilberfreie Alternativen in den verschiedenen Bereichen.^{79,80}

6.2 Vergiftungen in der Geschichte

Im 17. und 18. Jhd. versuchten viele Alchemisten Gold aus Blei oder Quecksilber zu erzeugen. Einer von ihnen war Johann Friedrich Böttger. Goldgierige Fürsten und Könige nahmen ihn in seiner Jugend gefangen und erst nach 13 Jahren erlangte er seine Freiheit zurück. Böttger schaffte es in dieser Zeit zwar nicht Gold aus Quecksilber herzustellen, erfand dafür aber das erste Porzellan in Europa. Nur fünf Jahre nach seiner Freilassung verstarb er an den Folgen des jahrelangen Einatmens von Quecksilberdämpfen bei seiner Forschung.⁸¹

Quecksilber verwendete man für die Behandlung der Geschlechtskrankheit Syphilis. Ärzte rieten zu dem inneren und äußeren Gebrauch des Schwermetalls gegen die geschwüre- und narbenbildende Krankheit, welche im Spätstadium sogar tödlich war. Quecksilber heilte die Menschen aber nicht von Syphilis, sondern brachte ihnen stattdessen den Tod durch eine Vergiftung.⁸²

Im März 1809 retteten die englischen Schiffe HMS Triumph und HMS Phipps ein spanisches Schiff und brachten die Besatzung und das Quecksilber des spanischen Schiffs auf die englischen Schiffe. Die Holzbehälter des Schwermetalls wurden jedoch undicht und das Quecksilber gelangte in das untere Deck. Innerhalb der nächsten drei Wochen wurden die Besatzungen der beiden Schiffe mit Quecksilber vergiftet, sodass am 22. April ein Krankenschiff über 200 Menschen vor allem von der HMS Triumph abholen musste. Es verstarben einige von ihnen an der Quecksilbervergiftung und selbst nach der Reinigung der HMS Triumph kam es noch zu weiteren leichteren Quecksilbervergiftungen.⁸³

⁷⁹ vgl. Böhme, 2019, S.233

⁸⁰ vgl. Gerdes, 1998, S.43

⁸¹ vgl. Wuketits, Franz M. / Wuketits, Maria: Der Tod der Madame Curie. Forscher als Opfer der Wissenschaft. - München: Beck, 2003, S.73-76.

⁸² vgl. <https://www.spektrum.de/wissen/die-7-absurdesten-heilmethoden-der-geschichte/1257830>, 5.2.2021.

⁸³ vgl. https://www.huffpost.com/entry/a-mercurial-toxin_b_10590340?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly9kdWNrZHVja2dvLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAKcsbQi9NK7qJ9yE0PoESeopqC7CpLgSzUcvmmiMNmslwASJKKzBq0NQL6QK3qf3u6t0nV1ld

Der Ausspruch „mad as a hatter“⁸⁴ und die verrückte Darstellung von Hutmachern in beispielsweise Alice im Wunderland hat wahrscheinlich teilweise seinen Ursprung durch die Folgen des Gebrauchs von Quecksilber. Im 18. und 19. Jhd. verwendeten viele Hutmacher das toxische Quecksilber als Kleber und Formungsmittel für Filzhüte aus Hasenfell. Die Vergiftung zeigte sich bei den Hutmachern mit neuromotorischen und psychologischen Schäden wie einer Paranoia, wobei die Vergifteten dabei häufig auch aggressives und verrücktes Verhalten aufwiesen.⁸⁵

Anfang der 1950er Jahre kam es in Japan zu einer Katastrophe mit Quecksilber, welche sich unter dem Namen Minamata Krankheit verbreitete. Die Umgebung um den Shiranui-See wurde dabei über 15 Jahre lang von den quecksilberhaltigen Abwässern einer Chemiefabrik verseucht. Zuerst starben Tiere wie Fische, Vögel und Katzen. Bald darauf machten sich auch Symptome bei den Menschen bemerkbar, welche die verseuchten Fische aus dem Gebiet aßen.⁸⁶ „Bisher starben in den betroffenen Gebieten mindestens 2000 Personen an den Folgen einer chronischen Quecksilbervergiftung. Die Gesamtzahl der Betroffenen wird heute auf bis zu 30.000 geschätzt.“⁸⁷

6.3 Absorption und Stoffwechsel

Durch elementares Quecksilber, welches oral eingenommen wurde, werden kaum Vergiftungen hervorgerufen, da es fast nicht vom Körper absorbiert wird. Die eingeatmeten, metallischen Quecksilberdämpfe sind hingegen höchst toxisch. Die übermäßige Anlagerung und somit Giftigkeit des Schwermetalls variiert in seinen verschiedenen Verbindungen.⁸⁸ „Quecksilberchlorid wird von Menschen nur zu 2% absorbiert, Phenylquecksilber zu etwa 50% und Methylquecksilber zu mehr als 90%. Letzteres wird auch stärker retiniert und führt zu höheren Quecksilberkonzentrationen

peC-PfbviU3x6TZEc4MBbSiVII8yZkCUG8CJKT631cbPGcFCzYLPNfO25006-JJq6cYz-a04yr7G_jvcD-vLnrRSjl7EOwKFFvo, 5.2.2021.

⁸⁴ <https://www.nationalgeographic.com/news/2016/10/dress-hat-fashion-clothing-mercury-arsenic-poison-history/>, 5.2.2021.

⁸⁵ vgl. <https://www.nationalgeographic.com/news/2016/10/dress-hat-fashion-clothing-mercury-arsenic-poison-history/>, 5.2.2021.

⁸⁶ vgl. <https://www.welt.de/wissenschaft/article1273071/Die-verheimlichte-Giftkatastrophe.html>, 5.2.2021.

⁸⁷ <https://www.welt.de/wissenschaft/article1273071/Die-verheimlichte-Giftkatastrophe.html>, 5.2.2021.

⁸⁸ vgl. Wirth / Schmelting, 2020, S.213

im Gehirn als die übrigen Quecksilberverbindungen; [...]“⁸⁹ Quecksilber lagert sich in den Nieren und der Leber und über den Mutterkuchen auch im Gehirn des Fötus ab. Nachweisen kann man es im Urin, Blut und den Haaren.⁹⁰

6.4 Symptome

Man muss bei einer Quecksilbervergiftung differenzieren, ob sie durch eine organische Quecksilberverbindung oder durch gediegenes Quecksilber und Quecksilbersalze entstanden ist, da sich in den beiden Fällen verschiedene Symptome bemerkbar machen.

Bei einer akuten Vergiftung mit einer organischen Quecksilberverbindung, wie beispielsweise Methylquecksilber, kommt es hauptsächlich zu Schädigungen im zentralen Nervensystem. Diese zeigen sich in psychischen und neurologischen Erscheinungen, wie Krämpfen, Lähmungen, Bewegungsbehinderungen und Wahrnehmungsschwierigkeiten.^{91,92} Bei pränatal vergifteten Neugeborenen kommt es zu einem schweren Schaden der körperlichen und geistigen Entwicklung oder massiven Lähmungserscheinungen.⁹³

Das Krankheitsbild einer akuten Vergiftung durch Quecksilbersalze und gediegenes Quecksilber äußert sich in Verätzungen der Schleimhäute, mit Entzündung der Lunge, des Mundes und der Speiseröhre. Daneben kann es zu Bauchmerzen, Übelkeit, Erbrechen und blutigen Durchfällen kommen. Durch den Flüssigkeitsverlust kann ein akutes Nierenversagen auftreten.

Die chronische Vergiftung sowohl mit organischem als auch anorganischem Quecksilber schädigt primär das Gehirn. Die Symptome hierbei sind zum Beispiel Schreckhaftigkeit, Angststörungen und Reizbarkeit. Außerdem haben viele Quecksilbervergifteten eine Zitterschrift, Zahnausfall, Quecksilbersäume am Zahnfleischrand und Lähmungserscheinungen an Händen und Füßen (siehe Abb.4).^{94,95}

⁸⁹ Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.354

⁹⁰ vgl. Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.354

⁹¹ vgl. Wirth / Schmeling, 2020, S.214

⁹² vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.982-984

⁹³ vgl. Elmadfa / Leitzmann, 2015, S.354

⁹⁴ vgl. Wirth / Schmeling, 2020, S.214

⁹⁵ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.982-984

6.5 Behandlung

Die Therapie bei einer Vergiftung mit Quecksilbersalzen und gediegenem Quecksilber ist, wie bei den anderen Schwermetallen, DMPS. Zusätzlich wird die Vergiftung symptomatisch, beispielsweise mit Schmerz- und krampflösenden Mitteln, behandelt.

Bei organischen Quecksilbervergiftungen, wie der Methylquecksilbervergiftung kommt ebenfalls DMPS zum Einsatz, doch wird es hier mit einer Hämodialyse kombiniert, um die Ausscheidung bei geschädigter Niere zu gewährleisten.⁹⁶

⁹⁶ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.982-984

7 Chelat-Behandlung

Vergiftungen durch verschiedene Metalle werden oftmals mit Chelatbildnern behandelt. Zu den Chelatbildnern zählt beispielsweise die bereits erwähnte Dimercaptopropansulfonsäure (siehe Abb.5), welche vor allem bei Vergiftungen durch Blei, Arsen und Quecksilber sehr gut wirkt. Chelatbildner sind organische Verbindungen, deren Liganden sich mit hoher Affinität mit Metallionen der Schwermetalle binden. Dabei entstehen stabile und wasserlösliche Chelatkomplexe, welche mit dem Harn aus dem Körper entfernt werden. Man muss jedoch bei den Behandlungen mit Chelatbildnern darauf achten, dass man diese gut dosiert. Bei einer Überdosierung könnten die Chelatbildner sich ansonsten mit körpereigenen Metallen verbinden und selbst als Gift wirken.^{97,98}

⁹⁷ vgl. Freissmuth / Offermanns / Böhm, 2019, S.985

⁹⁸ vgl. Mortimer / Müller, 2019, S.483 f.

8 Schluss

Vergiftungen durch Schwermetalle sind heutzutage eher selten. Nur in Entwicklungsländern kommt es noch häufiger wegen fehlender Vorkehrungen zu Vergiftungen mit beispielsweise Arsen. Wir versuchen heute die meisten Schwermetalle im Alltag, welche zu Vergiftungen führen können durch andere Stoffe zu ersetzen. Die Geschichte hat gezeigt, dass es zu vielen versehentlichen Vergiftungen gekommen ist. Von meinen drei Beispielen wurde lediglich Arsen gezielt als Mordgift eingesetzt.

Die Symptome bei Vergiftungen durch Blei, Arsen und Quecksilber sind größtenteils unspezifisch. Eine asch-graue Gesichtsfarbe oder ein schwarzer Zahnfleischrand sollten jedoch an eine Bleivergiftung denken lassen. Ebenso weisen eine Verhornung und Verfärbung der Haut auf eine Arsenvergiftung hin. Für manche Quecksilbervergiftung sind Zahnausfall oder Lähmungen typisch.

Die Therapie ist fast immer mit Chelatbildern, wie DMPS. Nur bei Vergiftungen mit organischen Bleiverbindungen wirkt diese Behandlung nicht. Es wäre interessant hierzu den genauen Grund zu erforschen und neue Therapiemöglichkeiten zu finden.

Anhang

Literatur

Böhme, Uwe: Anorganische Chemie für Dummies. 3.Auflage. - Weinheim: Wiley-Vch Verlag, 2019.

Daigle, Katy: Arsen vergiftete Brunnen. In: Spektrum der Wissenschaft / Spezial Biologie, Medizin, Hirnforschung Nr. 04/2017.

Elmadfa, Ibrahim / Leitzmann Claus: Ernährung des Menschen. 5.Auflage. - Stuttgart: Eugen Ulmer, 2015.

Emsley, John: Sonne, Sex und Schokolade. Mehr Chemie im Alltag. 2.Auflage.- Weinheim: Wiley-vch Verlag, 2006.

Finlay Victoria: Colours. Die Geschichte der Farben. - Darmstadt: Theiss Verlag, 2015.

Freissmuth, Michael / Offermanns, Stefan/ Böhm, Stefan: Pharmakologie und Toxikologie. Von den molekularen Grundlagen zur Pharmakotherapie. 3.Auflage. - Berlin: Springer-Verlag, 2019.

Fuhrmann, Günter Fred / Aigner, Achim / Büch, Thomas / Legrum, Wolfgang / Steffen, Christian: Toxikologie für Naturwissenschaftler. Einführung in die Theoretische und Spezielle Toxikologie. - Wiesbaden: B.G.Teubnerverlag, 2006.

Gerdes, Eberhard: Qualitative Anorganische Analyse. Ein Begleiter für Theorie und Praxis. 2.Auflage. - Berlin: Springer Verlag, 1998.

Lewin, Louis: Die Gifte in der Weltgeschichte. Aktualisierte und bearbeitete Neuauflage. - Wien: Tosa, 2007.

Mortimer, Charles E. / Müller, Ulrich: Chemie. Das Basiswissen der Chemie. 13. Auflage. - Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2019.

Rassow, Joachim / Hauser, Karin / Netzker, Roland / Deutzmann, Rainer: Biochemie. 4.Auflage. - Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2016.

Reineke, Walter / Schlömann, Michael: Umweltmikrobiologie. 3.Auflage. - Berlin: Springer-Verlag, 2020.

Reitz, Manfred: Auf der Fährte der Zeit. Mit naturwissenschaftlichen Methoden vergangene Rätsel entschlüsseln. - Weinheim: Wiley-vch Verlag, 2003.

Schwarcz, Joe: Warum krümeln Kekse? -Neues vom Leben auf Molekülbasis. - Reinbek: Rowohlt Taschenbuchverlag, 2002.

Schwedt, Georg: Chemische Elemente und ihre Spezies. Mobilität, Bioverfügbarkeit, Toxizität und Analytik. - Bonn: Springer Spektrum, 2018.

Wawra, Edgar / Dolznig, Helmut/ Müllner, Ernst: Chemie erleben. Anorganische, organische und analytische Chemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. 2.Auflage. - Wien: Facultas, 2010.

Wirth, Ingo/ Schmeling, Andreas: Rechtsmedizin. Grundwissen für die Ermittlungspraxis.-Heidelberg: C.F. Müller GmbH, 2020.

Wuketits, Franz M. / Wuketits, Maria: Der Tod der Madame Curie. Forscher als Opfer der Wissenschaft. - München: Beck, 2003.

Internetquellen

<https://flexikon.doccheck.com/de/Schwermetallvergiftung>, 20.2.2021.

https://www.chemie.de/lexikon/Schwermetalle.html#_note-nickelmag/, 5.1.2021.

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/mak-wert/40803>, 21.2.2020

<https://www.chemie.de/lexikon/Blei.html>, 13.12.2020.

<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/blei/>,
30.10.2020.

<https://www.allum.de/stoffe-und-ausloeser/blei/vorkommen-und-verwendung>,
30.10.2020.

<https://www.sueddeutsche.de/leben/toedliche-pflaster-beethoven-von-seinem-arzt-vergiftet-1.769789>, 12.12.2020.

<https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/antiklopfmittel/620>, 21.2.2021.

http://www.drucker-marken.de/images/druck/pdf/Buch_92_Berufskrankheiten.pdf,
21.2.2021.

<https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.ausgestorbenes-handwerk-diese-berufe-gibt-es-nicht-mehr.80fb57b0-4147-4c83-8f7f-c7bad650c1f8.html>, 21.2.2021.

<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/blei/>,
13.12.2020.

<https://www.chemie.de/lexikon/Arsen.html>, 29.1.2021.

https://www.chemie.de/lexikon/Marshsche_Probe.html, 21.2.2021.

Müller, Walter: <https://www.derstandard.at/story/2000071486186/arsen-das-kokain-der-steirischen-bauersleut>, 30.1.2021.

<https://www.chemie.de/lexikon/Arsen.html#Vorkommen>, 30.1.2021.

<https://www.chemie.de/lexikon/Blaukreuz.html>, 30.1.2021.

<https://www.chemie.de/lexikon/Quecksilber.html>, 4.2.2021.

<https://www.spektrum.de/wissen/die-7-absurdesten-heilmethoden-der-geschichte/1257830>, 5.2.2021.

https://www.huffpost.com/entry/a-mercurial-toxin_b_10590340?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly9kdWNrZHVja2dvLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAKcsbQi9NK7qJ9yE0PoESeopqC7CpLgSzUcvmmiMNmslwASJKkzBq0NQL6QK3qf3u6t0nV1ldpeC-PfbviU3x6TZEc4MBbSiVII8yZkCUG8CJKT631cbPGcFCzYLPNfO25006-JJq6cYz-a04yr7G_jvcD-vLnrRSjl7EOwKFFvo, 5.2.2021.

<https://www.nationalgeographic.com/news/2016/10/dress-hat-fashion-clothing-mercury-arsenic-poison-history/>, 5.2.2021.

<https://www.welt.de/wissenschaft/article1273071/Die-verheimlichte-Giftkatastrophe.html>, 5.2.2021.