

Arsen

Chemische Formel:

As

Beschaffenheit:

Arsen ist ein Halbmetall, das in schwarzer, grauer und gelber Form vorkommt. Das stabile, metallische (graue) Arsen ist eine stahlgraue, glänzende, spröde Masse. Arsen ist leitfähig und legierbar.

Atomgewicht: 74,82; Dichte: 5,73 kg/l; Wertigkeit: +5, +3, +1, 0, -1, -3; Arsen sublimiert bei 613 °C, ohne zu schmelzen.

Arsenverbindungen:

- Arsen verbrennt an der Luft zu Arsentrioxid (Arsenik As_2O_3), eine porzellanartige, geschmacklose Masse, die in Alkohol, Salzsäure und Alkalien gut löslich ist.
- Arsensäure und deren Salze, die Arsenate (V)
- Arsenige Säure und deren Salze, die Arsenate (III)
- Arsenorganische Verbindungen
- Arsenwasserstoff (Arsin AsH_3), ein farbloses, knoblauchartig riechendes, sehr giftiges Gas.

Vorkommen:

Arsen ist ein relativ seltenes Element. Gediegen kommt es als Scherbenkobalt vor, als wesentlicher Bestandteil in vielen Mineralien, das wichtigste davon ist Arsenkies. Arsen wird als Nebenprodukt der Kupfer- Blei- und Goldschmelze gewonnen.

Arsen ist ubiquitär. In normalem Boden sind durchschnittlich 0,1-20 mg Arsen/kg, in kontaminierten Gebieten bis zu 2500 mg Arsen/kg (→ [Dickerson](#)).

Kohle enthält 5-45 mg Arsen/kg, Flugasche bis zu 440 mg/kg, Abwasser 0,1-8,6 mg/kg, Erdöl 0,26 mg/l, Benzin 0,0015 mg/l (→ [Fowler](#), 1983), Meerwasser 3,7 µg/l (→ [Bowen](#)), Flußwasser 1,7 µg/l, Trinkwasser (BRD) maximal 0,5 mmol/m³ = 40 µg Arsen/l, Mineralwasser enthält 1-190 µg/l (→ [Fowler](#), 1983).

Luft in Europa enthält durchschnittlich 16 ng Arsen/m³ (→ [Bowen](#)). Die tägliche Nahrungszufuhr beträgt 10,8 (0,1-720) µg (in Belgien) (→ [Buchet](#)), bzw. 19 µg (in den USA) (→ [Fowler](#), 1979).

Einige Arsenkonzentrationen in Nahrungsmitteln:

- Arsen ist sehr phytotoxisch, daher enthalten Pflanzen nur wenig Arsen: Landpflanzen 0,02-7 mg/kg, Gemüse 0,01-1,5 mg/kg, Getreide 0,04 mg/kg Trockensubstanz (→ [Bowen](#)). Ausnahme: Rote Rüben und Auberginen bis zu 20 mg/kg Trockensubstanz.
- Fleisch und Fisch enthalten ebenfalls nur wenig Arsen: Fleisch durchschnittlich 0,03 (0-0,38), Süßwasserfisch 0,152-0,380 µg/kg Frischgewicht (→ [Fowler](#), 1983).
- Hohe Konzentrationen sind in Meeresfrüchten: Einige Algenarten enthalten über 100 mg Arsen/kg Trockensubstanz (→ [Matsuto](#)), Muscheln 14-17, Garnelen 63-80, Seefisch 43-188 mg Arsen/kg Trockensubstanz (→ [Förstner](#)).
- Milch enthält durchschnittlich 0,015 (0-0,152) mg/l, Wein je nach Herkunft, im allgemeinen jedoch weniger als 0,1 mg/l (→ [Fowler](#), 1983).

Die mit der Nahrung täglich aufgenommene Menge hängt vor allem vom Anteil an Meeresfrüchten und von den Getränken (Mineralwasser, Wein) ab.

Arsen in Thermalwasser:

In Bad Dürkheim (Weinstraße) wurde im Thermalwasser Arsen gefunden.

Dies ist jedoch beileibe keine Erkenntnis, die erst in jüngster Zeit gewonnen wurde. Im Gegenteil, die "Dürkheimer Maxquelle" hat den Ruf des Bades begründet, weil sie, zusammen mit den Quellen von Kudowa und Liebenwerda, eine der stärksten Arsenquellen Europas ist.

Arsenhaltige Wässer wurden lange Zeit therapeutisch als Trinkkur vor allem zur Anregung des erythropoetischen Systems und - aufgrund der Hemmung oxidativer Prozesse und damit verbundener Einschränkung des Eiweißabbaues - bei vermehrtem Fettansatz zur trophotropen Umstellung bis hin zu "Mastkuren" bei chronischer Magersucht verwendet.

Arsen kommt biologisch in allen Lebewesen vor. Im menschlichen Körper findet man es angereichert in Leber, Nieren, Haut, Haaren und Nägeln.

Die Verträglichkeit von Arsen ist nicht so schlecht, wie man vielleicht zunächst vermuten würde. Dies beweisen die "Arsenik-Esser", die ansteigende, schließlich hochtoxische Arsenmengen einnehmen.

Inzwischen weiß man mehr über die Toxizität des Arsens, insbesondere bei länger anhaltender Verabreichung. Besonders gefürchtet ist der Arsenpemphigus mit Hyperkeratosen, Haarausfall, Tracheobronchitis bis hin zu Polyneuritis, Motilitätsstörungen und schlaffen Lähmungen. Des weiteren wird durch die mit der Beeinflussung des Zellstoffwechsels verbundene Mitosehemmung auch eine erhöhte Disposition für maligne Tumoren

befürchtet.

Dies hat zum Umdenken bezüglich der arsenhaltigen Heilwässer geführt. Speziell in Bad Dürkheim hat die Gemeinde die "Maxquelle" schon im Jahre 1960 aufgrund einer Verordnung des Gesundheitsministeriums Rheinland-Pfalz nicht mehr zu Kurzwecken verwendet. Deshalb wurde eine neue Quelle erbohrt, die jetzige "Fronmühlquelle", deren Arsengehalt jedoch immer noch 0,88 mg/l beträgt.

Seit Ende 1986 gelten - bundeseinheitlich geregelt - für Trink-Badekuren sowie Inhalationen die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (Arsen: 0,04 mg/l). Entsprechend wurde eine Entarsenisierungsanlage gebaut. Durch dosierte Zugabe von Eisen-3-Chlorid wird das Arsen ausgeflockt und in Kiesfeldern aufgefangen. Es gelang so, die "Fronmühlquelle" bis auf Werte um 0,02 mg/l zu entarsenisieren und dennoch alle anderen Mineralien und Bestandteile des Quellwassers zu erhalten.

Da die Trinkwasserverordnung bei der Festlegung der Grenzwerte von einem ständigen Gebrauch des Wassers als Trinkwasser ausgeht, und dies bei einer gelegentlichen Trinkkur in Bad Dürkheim ja nicht der Fall ist, kann nach heutigem Stand der Kenntnis eine Gefährdung der Patienten weitgehend ausgeschlossen werden. Das gilt erst recht für therapeutisch verabreichte Wannenbäder.

Bei intakter Haut findet ohnehin so gut wie keine Resorption von Arsen durch die Hornhautbarriere statt. Nur an Schleimhäuten und Wundflächen werden lösliche Arsenverbindungen vermehrt aufgenommen, was jedoch bei den oben angegebenen Grenzwerten ebenfalls vernachlässigt werden kann.

Thermalbadekuren, die aufgrund anderer Überlegungen in Bad Dürkheim indiziert sind, brauchen wegen des Arsengehaltes der dortigen Quellen mit Sicherheit nicht abgesagt zu werden. (AP 83/88)

Arsen im Grundwasser:

Am 12. Jan. 1995 meldete die SZ unter der Überschrift "Arsenquelle - Kläranlage soll verseuchtes Grundwasser säubern":

Jörg Schröder, Abfallreferent der Regierung von Schwaben, läßt bei einem Ortstermin auf dem schneebedeckten Hausmüllberg in Gallenbach (Landkreis Aichach-Friedberg) keine Zweifel aufkommen: "Im Sommer wird definitiv mit den Arbeiten zur Erfassung und Reinigung des arsenverseuchten Grundwassers, das aus der Müllhalde sickert, begonnen." Rund vier Millionen Mark wird das Vorhaben kosten, das Bürgerinitiativen, Behörden, Kommunalpolitiker, Landtag und Umweltministerium schon seit Jahren beschäftigt. Wie notwendig die Maßnahme ist, verdeutlicht eine schlichte, aber dennoch erschreckende Zahl. Seit 1988 konnten mit einer provisorischen Kläranlage, die nur einen Teil des belasteten Wassers erfaßt, sage und schreibe 1,5 Tonnen Arsen aus dem Grundwasser herausgefiltert werden. Zeitweilig wurden Spitzenwerte von vier Milligramm Arsen pro Liter Grundwasser gemessen. Zum Vergleich: Der zulässige Grenzwert für Arsen im Trinkwasser liegt derzeit bei 0,04 Milligramm je Liter.

Im Frühjahr 1991 wurde die private Hausmülldeponie, deren Betreiber die Firma Großraum-Mülldeponie Gallenbach GmbH & Co. KG ist, geschlossen. 20 Jahre lang wurde auf dieser Abfallhalde der Müll aus den Landkreisen Aichach-Friedberg, Augsburg und Starnberg abgeladen. Inzwischen ist die Sanierung und Rekultivierung der Großdeponie weitgehend abgeschlossen. Eine ein Meter dicke Lehmschicht hüllt die 2,5 Millionen Kubikmeter Abfall ein, das Oberflächen- und Sickerwasser wird in getrennten Systemen gesammelt und gereinigt. In Bälde soll auch das Gas, das bei der Zersetzung des Mülls entsteht, nicht länger abgefackelt, sondern mit Hilfe dreier Gasturbinen zur Stromerzeugung genutzt werden. Rund acht Millionen Mark haben sich Deponiebetreiber und die drei Landkreise bislang die Sanierung kosten lassen.

Das Kernproblem der stillgelegten Müllhalde ist jedoch nach wie vor das arsenbelastete Grundwasser, das erstmals 1979 entdeckt wurde. Doch auch in jahrelangen Nachforschungen ist es den Fachbehörden nicht gelungen, der Ursache für die munter sprudelnde Arsenquelle zweifelsfrei auf die Spur zu kommen. Die Mutmaßungen reichten von ungenehmigt eingelagertem Sondermüll bis zu einem natürlichen (geogenen) Arsenvorkommen im Untergrund, das möglicherweise durch aggressive Sickerwässer mobilisiert werde. Besorgte Bürger und Kommunalpolitiker drängten all die Jahre auf eine rasche Beseitigung des Problems, auch wenn die Behörden eine direkte Gefahr für die Bevölkerung verneinten. „Die Trinkwasserversorgung der nahegelegenen Stadt Aichach war und ist durch den Arsenausfluss ins Grundwasser nicht in Gefahr“, sagt

Regierungsdirektor Franz Mittelmaier.

Auf Anordnung der Regierung von Schwaben hat die Firma Großraum-Mülldeponie Gallenbach GmbH & Co. KG inzwischen jedoch eine Detailplanung für die Erfassung und Reinigung des verseuchten Grundwassers vorgelegt. Danach soll im Westen der Abfallhalde eine zehn Meter tiefe Spundwand gezogen werden, die auf einer Breite von 40 Metern den arsenverseuchten Grundwasserstrom auffangen soll. Von dort wird das Wasser dann in eine neue Reinigungsanlage gepumpt. Konnten mit der provisorischen Ausfällanlage bislang 250 Kilogramm Arsen pro Jahr aus dem Grundwasser herausgefiltert werden, so sollen dies künftig bis zu 400 Kilo sein. „Wir sind sicher, dass wir damit das aus dem Müllberg ausgeschwemmte Arsen komplett erfassen werden“, betonen die Regierungsvertreter.

Ungeklärt ist freilich noch, wer die Maßnahmen zur Sanierung des Grundwassers bezahlen muss. Paul Mannert, Geschäftsführer der Großraum-Deponie GmbH & Co. KG, fordert eine faire Lösung und verweist auf seine finanziellen Grenzen: „Die Deponiegesellschaft hat keine Einnahmen mehr und irgendwann sind die Rückstellungen für die Sanierung aufgebraucht.“

Das bayerische Umweltministerium will deshalb auch die drei Landkreise, die früher nach Gallenbach entsorgt haben, an der Grundwassersanierung beteiligen – doch die Gebietskörperschaften lehnten bislang ab. Der Beginn der Arbeiten im Sommer ist trotz dieses Streits aber nicht in Gefahr. „Die Sanierung wird kommen, unabhängig von der Leistungsbereitschaft und -fähigkeit der Beteiligten“, betont Regierungssprecher Jörg Schröder.

Am 11.9.2000 erschien, ebenfalls in der SZ, der Artikel „77 Millionen Menschen droht Arsen-Vergiftung“:

Die Bevölkerung von Bangladesch wird laut einer Studie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von der größten Massenvergiftung in der Geschichte der Menschheit bedroht. 33 bis 77 Millionen der 125 Millionen Bewohner seien durch arsenhaltiges Trinkwasser gefährdet, heißt es in dem Bericht des Mediziners Allen Smith von der kalifornischen Universität Berkeley. Die Zahl der von Arsen verursachten Krankheiten wird laut Smith in den kommenden Jahren deutlich steigen. Neben Haut- und Herzkrankheiten zählen dazu vor allem Blasen-, Nieren-, Lungen- und Hautkrebs. Der Studie zu Folge wurde das Arsenproblem durch den Bau von Millionen von Brunnen in den letzten 20 Jahren verursacht. Arsen sei damals im Brunnenbau für ungefährlich gehalten worden. Die gesundheitlichen Folgen davon seien schlimmer als die Umweltkatastrophen im indischen Bhopal 1984 oder von Tschernobyl 1986. Auch in Argentinien, Chile, China, Indien, Mexiko, Taiwan, Thailand und in den USA sei das Grundwasser teilweise mit Arsen verseucht. 1993 hatte Bangladesch erstmals auf das Problem aufmerksam gemacht. Die Weltbank und das UN-Kinderhilfswerk (Unicef) haben dem Land mehr als 34 Millionen Dollar bereitgestellt, um andere Wasserquellen zu erschließen.

Verwendung:

Arsen findet überwiegend in Form von *Arsentrioxid* Verwendung als Legierungsbestandteil (z.B. mit Blei oder Kupfer), als Halbleiter, als Lösungsmittel (*Arsenbutter*), als Fluoridierungsmittel (*Arsenfluorid*), in der Glas- und Keramikindustrie als Oxidans.

Kupfer-, Blei- und Kalziumarsenate wurden früher als Schädlingsbekämpfungsmittel im Weinbau, im Waldbau und in der Landwirtschaft verwendet. Sie sind heute in der BRD und in den meisten anderen Ländern verboten, da es beim Ausbringen durch Inhalation sowie durch Rückstände auf Früchten und vor allem im Wein zu Vergiftungen und Todesfällen gekommen war.

Arsentrioxid wird seit langem als Mäuse- und Rattengift verwendet. Seit dem Mittelalter war es als klassisches Mordgift bekannt. Seit 1836 wurde es leicht nachweisbar. Seither nahmen die Mordfälle ab, kommen aber immer noch vor (→ [Pirl](#)).

Arsenhaltige Arzneimittel sind obsolet (früher zur Therapie von Syphilis, Protozoenerkrankungen, Leukämie, als Dermatika und Roborantien).

Arsenwasserstoff wird zum Dotieren von Halbleitern verwendet.

Organische Arsenverbindungen wurden als Kampfstoffe eingesetzt, z.B. Lewisit, das zur Entwicklung von Dimercaprol (BAL = British Anti Lewisit) als Antidot führte (→ [Fowler 1979](#); → [Stockinger](#)).

Arsen wurde bis vor einigen Jahren zur Behandlung der Wurzelkanäle von toten Zähnen verwendet. Es wird im umliegenden Knochen irreversibel gespeichert. Im DMPS-Test wird es jahrelang erhöht ausgeschieden. Je nachdem, in welchem Herdbereich es eingepflanzt wurde, kann es zur Krebsbildung kommen (s. *Kasuistik*, 1. Fall).

Wirkungscharakter:

Arsen blockiert SH-Gruppen und hemmt SH-abhängige Enzyme, Substrate und Intermediärprodukte. Eine wichtige Wirkung ist die Hemmung der Pyruvatoxidation (→ Schiller). Arsen ist ein Ätz-, Kapillar- und Zellgift, zumindest die anorganischen Verbindungen wirken mutagen (→ Fowler 1983; → Hansen), teratogen, kanzerogen (→ Browning; → Fowler, 1979, 1983; → Stockinger) und auch immunsuppressiv.

Lokale Wirkung auf die Haut:

Arsen wirkt reizend, auch sensibilisierend. Hautkrebs war eine häufige Spätfolge der medizinischen Arsenanwendung in der Dermatologie oder in der Zahnheilkunde als Wurzelfüllmaterial.

Vergiftung nach oraler Aufnahme:

- Akut schädigt Arsenik vor allem den Magen-Darm-Trakt und das ZNS. Wird die akute Intoxikation überlebt, kann sich eine Polyneuritis, eine Dermatitis und eine Leberschädigung anschließen (→ Browning; → Fowler, 1979, → Godman, → Stockinger).
- Die chronische Vergiftung manifestiert sich vor allem an der Haut (typisch sind Hyperkeratose und irreversible Arsenmelanose, Haar- und Nagelveränderungen) und am peripheren Nervensystem (Arsenpolyneuritis, Arsenzephalopathie: die Ursachen sind Nekrosen der grauen und weißen Gehirnschicht durch Gefäßschädigung). Nach oraler Zufuhr befällt der Arsenkrebs vorwiegend die Haut (oft multipel: die Hyperkeratose gilt als Präkanzerose), seltener Lunge und Leber. Ferner werden beobachtet: Hypo- und hyperchrome Anämie, Agranulozytose, Thrombopenie, aplastische Anämie (irreversibel), degenerative Leberschäden (Verfettung, Nekrose, Atrophie), als Spätfolge Leberzirrhose und Gangrän der Extremitäten (→ Browning; → Fowler, 1979; → Godman; → Stockinger). Die nach Arsen erhobenen Leberbefunde werden gewöhnlich als postnekrotische, toxische Zirrhose, auch Pseudozirrhose bezeichnet. Diese unterscheidet sich von der portalen Zirrhose, welche ein fortschreitender, irreversibler Prozess ist, während die Arsenzirrhose oft zurückgeht, wenn die weitere Giftzufuhr eingestellt wird. Bei mehreren Winzern, bei denen klinisch Leberschäden festgestellt worden waren, fand sich bei der Leicheneröffnung keine Zirrhose. Die Leberschädigung war also nach Beendigung der Arsengefährdung abgeheilt (→ Liebegott, → Roth). In einer Studie von Calmus et al. (1982) wurde ein erhöhter Arsen- und Kupfergehalt der Leber bei chronischen Lebererkrankungen festgestellt. Die Arbeit bestätigt frühere Publikationen, in denen gezeigt wurde, dass bei chronischen Lebererkrankungen (Leberzirrhose) ein erhöhter Kupfer- und Arsengehalt in der Leber nachgewiesen werden kann. Es ist nicht festzustellen, ob dieser erhöhte Gehalt auf der Behandlung der Rebkulturen mit Spritzmitteln beruht oder ein rein zufälliger Zusammenhang besteht, oder ob die erkrankte Leber diese Stoffe vermehrt aufnimmt und schlechter ausscheidet.

Vergiftung nach Inhalation:

- Akute Schäden durch arsenhaltigen Rauch oder Staub sind selten.
- Die häufigere chronische Schädigung durch Inhalation erzeugt neben lokaler Reizung von Haut und Schleimhäuten resorptive Erscheinungen. Die Lungenkrebsmortalität ist stark erhöht (→ Lee-Feldstein, → Stockinger).

Autoimmungift:

Bei genetischer Disposition führt dieses Gift nach langem oder intensivem Kontakt zur Allergie, oft verbunden mit einer Speicherung in Organen. Oft kommen Giftabbaustörungen hinzu (z.B. Glutathion-S-Transferase-Mangel), was die körpereigene Vergiftung beschleunigt. Zahnherde bestimmen den Ort der Organschädigung. Autoimmunteste beweisen, welches Organ geschädigt wird, z.B. Nerven, Herz, Nieren, Blutbildung, Fortpflanzung u.a. Bei einer Autoimmunerkrankung zerstört sich das jeweilige Organ durch den Immunschaden selbst. Es gibt mehrere hundert Autoimmunerkrankheiten, von denen am bekanntesten sind: Multiple Sklerose,

Rheuma, Diabetes, Krebs.

Unbehandelt führen Autoimmunkrankheiten nach Jahren zum Tode. Patienten mit Autoimmunkrankheiten müssen alle Autoimmungifte meiden, am bekanntesten sind Amalgam und Gold. Aus dem Körper müssen alle Giftnerster entfernt werden: verschluckte Gifte aus den Nieren und der Leber mit Gegengiften, eingeatmete Gifte operativ aus dem Kieferknochen.

Arsenwasserstoff:

Nach Inhalation steht die intravasale Hämolyse im Vordergrund. Diese kann sofort durch Hyperkaliämie, bei linderndem Verlauf zum hämolytischen Ikterus und durch Oligo- und Anurie zum Tode führen (Verstopfung der Harnkanälchen durch Hämoglobinzylinder). Bei nichttödlicher Vergiftung schließt sich eine schwere Anämie an. Herz- und Leberschädigung kommen vor.

Unverdünntes Arsenrichlorid und die Arsenkampfstoffe wirken ätzend und führen zu schmerzhaften Entzündungen und Nekrosen von Haut und Schleimhäuten, toxischer Pneumonitis und Lungenödem.

Natürliches Arsen in Form löslicher Arsenverbindungen scheint das bedeutendste Cancerogen zu sein, das im Brunnen- und Leitungswasser vorkommt, und zwar häufig in ziemlich hohen Konzentrationen (→ [Smith](#)).

Die Erkenntnis, dass bereits kleine Mengen Arsen in der Umwelt Hautkrebs auslösen können, veranlasst zur Zeit viele Regierungen, über neue Höchstwerte für das giftige Element im Trinkwasser nachzudenken. Die WHO will die gesetzliche Höchstgrenze von Arsen im Trinkwasser bei 10 ppb festsetzen, was nur noch einem Fünftel der zur Zeit geltenden Höchstgrenzen innerhalb der Europäischen Gemeinschaft entspricht.

Untersuchungen in Taiwan verweisen auf den Zusammenhang zwischen Arsen und einem erhöhten Krebsrisiko, insbesondere für Hautkrebs. Eine Beziehung zwischen Arsen in der Umwelt und Hautkrebs oder anderen Krebsarten sei auch in Untersuchungen in der Bundesrepublik und in Mexiko nachgewiesen worden, heißt es im New Scientist.

Einzig in den USA und Großbritannien wurden solche Untersuchungen noch nicht durchgeführt. Dies ist nach Ansicht des New Scientist nicht weiter verwunderlich, da man z.B. in Kalifornien oder Utah eine Arsenkonzentration im Leitungswasser von 500 ppb findet. Noch schlimmer fällt die Arsenexposition im englischen Cornwall aus. Durch den Abbau von Pyrit im letzten Jahrhundert wurden in Flusssedimenten und im Boden von Gärten und Bauernhöfen Werte bis zu 900 000 ppb gemessen. Außerdem wurde Arsen im Hausstaub und an den Händen der Kinder nachgewiesen.

Die tödliche Wirkung von Arsen ist zwar hinlänglich bekannt, dennoch herrscht noch keine einhellige Meinung unter den Wissenschaftlern in Bezug auf den kausalen Zusammenhang zwischen Krebserkrankungen und Arsen. Skeptiker der These verweisen auf Ungarn, wo Teile der Bevölkerung sehr hohen Konzentrationen von Arsen ausgesetzt sind, aber bis jetzt noch keine erhöhte Zahl von Krebserkrankungen festgestellt werden konnte.

(Quelle: New Scientist, 30. Oktober 1993)

Tab. 1: Arsenbedingte Hauttumoren (→ [Schmähl](#))

Gesamtzahl	185
Psoriatiker	115
<i>Lokalisation</i>	
Stamm	106
Extremitäten	144
Kopfregion	38
Genitalien	26
<i>Tumor-Typ</i>	
Basaliom/Karzinom	1:1
Bowen-Typ	25%

Stoffwechselverhalten:

Aufnahme:

- Anorganische und organische Verbindungen werden zu 80% vom Magen-Darm-Trakt, vor allem vom Dünndarm aus resorbiert. Andere organische Verbindungen werden schlechter resorbiert (→ Goodman). Bei Arsenikpulver hängt die Resorptionsquote vom pH des Magensafts und der Partikelgröße ab (→ Fowler, 1979).
- Inhalierbare lösliche Arsenverbindungen werden innerhalb weniger Tage zu 80% resorbiert, andere Arsenverbindungen bleiben aber jahrelang deponiert.
- Arsenchlorid und Arsensäure werden auch über die Haut aufgenommen.

Verteilung:

Resorbiertes Arsen verschwindet rasch aus dem Blut. Es verteilt sich rasch in alle Gewebe und passiert die Plazenta. In den ersten Tagen haben Leber und Niere die höchste Konzentration, später Haare, Nägel und Haut. Die Konzentrationen im ZNS sind niedrig (→ Fowler, 1979; → Stockinger)

Ausscheidung:

Der größte Teil wird rasch im Urin (dreiwertiges Arsen zu 60–80%, fünfwertiges Arsen zu 40–50% in einigen Tagen), ein Teil über Haare, Nägel, Haut und Schweiß, ein geringer Teil auch biliär ausgeschieden. Anorganisches Arsen wird zu weniger giftigen Stoffen metabolisiert, dreiwertiges Arsen zum Teil zu fünfwertigem oxidiert. Die organischen Chemotherapeutika werden zu anorganischen Verbindungen metabolisiert (→ Fowler, 1983; → Goodman; → Lovell).

Toxizität:

Normalwerte:

im Blut: 4 µg/l

im Urin: bis 15 µg/l bzw. µg/g Kreatinin

in Haaren: 0,46 (0,02–8,18) mg/kg

Toxische Werte:

Arsenik: 0,01–0,05 g per os LD 0,1 g. Bei chronischer Einnahme werden bis zu 1g/Tag vertragen.

Arsenige Säure: LD > 0,12g (ohne Therapie). Ein Patient überlebte 1,5 g durch Therapie mit Hämodialyse.

Arsenwasserstoff:

3,1 ppm für 6 Stunden wurden ohne Schaden vertragen. Bei einstündiger Exposition sind 30 ppm noch toxisch. LD: 250 ppm innerhalb 1 Stunde. 1550 ppm sofort. MAK-Wert: 0,05 ml/m³.

Dreiwertige Arsenverbindungen sind toxischer als fünfwertige, diese toxischer als die meisten organischen Verbindungen.

Metallisches Arsen und Arsensulfide sind an sich ungiftig, jedoch oft verunreinigt mit Arsenik.

Arsentrioxid, Arsenpentoxid, arsenige Säure, Arsensäure und ihre Salze sind als krebserzeugende Arbeitsstoffe eingestuft, daher existieren keine MAK-Werte (→ Fowler, 1979, 1983; → Lasch; → Lovell; → Stockinger).

Chronische orale Toxizität:

Vergiftungen wurden durch Brunnenwasser hervorgerufen, das 2 mg As/l (Wertigkeit unbekannt) enthielt. In einer Gegend Taiwans, in der die Raynaud'sche Gangrän endemisch und Blasen-, Nieren-, Haut-, Lungen-, Leber- und Kolonkarzinom gehäuft auftreten, enthält das Brunnenwasser im Mittel 0,78 mg As/l (→ Chen). Die Sojasauce, die in Japan Massenvergiftungen hervorrief, enthielt, wahrscheinlich als Calciumarsenat, 100 mg As/l, wovon 2 bis 3 Wochen lang täglich etwa 3 mg aufgenommen wurden. Das Bier, das in England zu Vergiftungen führte, enthielt 1 bis 3 mg As/l; der tägliche Konsum lag bei 1 bis 8 l (→ Fowler). Das für die Morinaga-Epidemie verantwortliche Milchpulver enthielt 15 bis 24 mg fünfwertiges As/kg; die Kinder nahmen damit 1,3 bis 3,6 mg Arsen täglich auf; nach insgesamt ca. 80 mg traten Symptome auf; 1% der Kinder starben (→ Fowler).

Chronische inhalative Toxizität:

Nach chronischer Inhalation kommt es neben lokaler Reizung von Haut- und Schleimhäuten resorptiv zu Erscheinungen wie bei chronischer oraler Vergiftung. Arbeiter, die Durchblutungsstörungen aufwiesen, hatten durchschnittlich 23 Jahre lang arsenhaltigen Staub eingeatmet und aus diesem insgesamt durchschnittlich 4 g (bis maximal 20 g) Arsen resorbiert (→ Lagerkvist). Die Lungenkrebsmortalität der Arsenarbeiter ist stark erhöht (→ Chen, → Stockinger).

Chronische dermale Toxizität:

Auf die Haut wirken Arsenverbindungen vor allem lokal reizend, außerdem können sie sensibilisieren; Dermatitis kann bei Arbeitern nach weniger als einer Woche oder erst nach jahrelanger Beschäftigung auftreten (→ **Browning**), auch noch lange nach Aufgabe der Arsenarbeit (→ **Fowler**), und ist dann ein Symptom chronischer systemischer Vergiftung.

Karzinogenität:

Arsenkrebs entwickelt sich mit einer Latenz von bis zu 50 Jahren bevorzugt auf dem Boden einer Hyperkeratose der Haut oder einer chronischen Bronchitis, beide Symptome sowohl der lokalen als vor allem der resorptiven chronischen Arsenvergiftung (→ **Groetschel**). Hautkrebs war eine häufige Spätfolge der medizinischen Arsenanwendung in der Dermatologie: Von 262 Patienten, die innerhalb von 6 bis 26 Jahren 76 mg bis 19,6 g Arsen in Form von Fowler'scher Lösung eingenommen hatten, erkrankten 40% an Hyperkeratose und 8% an Hautkrebs, wobei eine Dosisabhängigkeit erkennbar war (→ **Fowler**). Der bei Arsenarbeitern gehäuft auftretende Lungenkrebs wird aber durch zusätzliche Faktoren wie Zigarettenrauch oder Inhalation anderer Metalle oder Reizgase mitverursacht (→ **Stockinger**).

Symptome:

Akute Vergiftung:

- Nach oraler Giftaufnahme: Hohe Dosen können innerhalb einer Stunde unter Erbrechen und starken Kopfschmerzen zum Tod durch Kreislaufschock führen. Bei linderem Verlauf werden innerhalb einiger Stunden Rachenschmerzen, Schluckbeschwerden, Magenschmerzen, unstillbares Erbrechen, reiswasserartige Durchfälle, blutiger Stuhl, Exsikkose, Muskelkrämpfe, Albuminurie, Hämaturie, akutes Nierenversagen und neurologische Symptome beobachtet. Nach 12–48 Stunden tritt der Tod unter Schock, Krämpfen und Koma ein. Bei Überleben können sich Polyneuritis, exfoliative Dermatitis oder Leberschäden anschließen.
- Nach inhalativer Giftaufnahme: Es kommt zu Husten, Brustschmerzen, Atemnot, Schwäche, Übelkeit, Fieber, Leukozytose, neurologischen Ausfällen, Gefäßspasmen und zu einer Gastroenteritis, jedoch milder und später als bei der akuten, oralen Intoxikation.

Chronische Vergiftung (→ Browning; → Fowler, 1979; → Goodman, → Stockinger):

Allgemeinsymptome sind Appetitlosigkeit, Gewichtsabnahme, Schwäche, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall oder Obstipation. Auch Gastritis und Bronchitis werden beobachtet.

Frühsymptome sind Lid- und Knöchelödeme durch Gefäßwandschädigung.

Haut- und Schleimhautveränderungen sind: Entzündungen im Nasen-Rachen-Raum, Husten, Heiserkeit, Geschwüre im Rachenraum und an Rektum, Vagina und Magen; Dermatitis oder chronisches Ekzem („Hüttenkrätze“); symmetrische Hyperkeratose mit Verhornungen (Arsenwarzen) und Rhagaden vor allem an Handinnenflächen und Fußsohlen; Arsenmelanose mit kleinfleckigen, schmutzigen, graubraunen Verfärbungen an Augenlidern, Schläfen, Nacken, Brustwarzen und Achselhöhlen, in schweren Fällen am ganzen Körper (die Schleimhäute sind frei); ferner Hyperhidrosis, diffuser oder feinfleckiger Haarausfall, brüchige Fingernägel („Meer'sche Bänder“, Zonen erhöhten Arsengehalts).

Die Arsenpolyneuritis befällt zuerst Beine, dann Arme. Sie schreitet von distal nach zentral fort und zeigt sich in Parästhesien, Schmerzen, motorischen Lähmungen, Muskelatrophien und Kontrakturen. Auch Hirnnerven können betroffen sein (evtl. Erblindung).

Die Arsenzephalopathie führt zu Kopfschmerzen, Fieber, Krampfanfällen und Koma.

Die Sternalpunktion zeigt eine Steigerung der Erythropoese mit pathologischen Kernteilungsformen.

Blutbildveränderungen, Leberschäden und Spätschäden wurden unter Wirkungscharakter beschrieben.

Vergiftung mit Arsenwasserstoff:

- akut: Beobachtet werden Benommenheit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Bauchschmerzen, Erbrechen, Fieber, Zeichen der Hämolyse: Rot-, später Braunfärbung des Urins, später Ikterus, Hyperkaliämie als frühe Todesursache, Anurie als späte Todesursache.
- chronisch: Es kommt zu vielfältigen Allgemeinsymptomen, Anämie und Skleralikerus. Die Atemluft riecht knoblauchartig.

Nachweis:

Der Nachweis erfolgt üblicherweise im Hydridsystem des Atomabsorptionsspektrophotometers nach Reduktion mit Natriumbor-Hydrid (3 ng bzw. 0,15 µg/l) (→ **lnnat**, → **Welz**) sowie auch in der Graphitrohrküvette (10 µg) (WELZ). Die Neutronenaktivierungsanalyse ist hochempfindlich (0,1–1 ng) (→ **Hamilton**). Der Marsh-Test (seit 1836) ist ein hochempfindlicher, halbquantitativer Nachweis. Für Felduntersuchungen sind Teststäbchen geeignet (z.B. Merckoquant-Arsen-Test). Die Zahl in Klammern gibt jeweils die Nachweisgrenze an.

Epicutantest:

Die ca. 1%ige Verdünnung des Salzes wird auf einem speziellen Pflaster (Fa. HAL, Düsseldorf) in einem Lösemittel wie Paraffinöl gebunden, sieben Tage lang auf die Haut geklebt. Am besten hat sich dafür der Oberarm bewährt.

Eine positive Allergie sieht man ca. 1 Std. nach Abheben des Pflasters an einer Rötung (bis Pusteln) im Bereich des Pflasters.

Die Beschwerden sind umso beständiger, je mehr von dem allergisierenden Gift im Körper gespeichert ist.

Gespeicherte Allergene führen zu Autoimmunkrankheiten.

Tab. 2: Nachweis und Grenzwerte für Arsen

Probenmaterial		Methode	Nachweisgrenze	Grenzwerte
Serum	2 ml	AAS	2,0 µg/l	< 10 µg/l
Harn	10 ml		1,0 µg/l	< 25 µg/l
Trinkwasser	10 ml		1,0 µg/l	ZHK: 50 µg/l
Lebensmittel	0,5 g		50 µg/kg	Pflanzenmaterial NW: 0,01 mg/kg Blattgemüse-RW: 0,177 mg/kg Wurzelgemüse-RW: 0,065 mg/kg Kernobst-RW: 0,05 mg/kg Kartoffel-RW: 0,05 mg/kg
Hausstaub	0,5 g		50 µg/kg	< 7,8 mg/kg
Luft			TRK: 0,2 mg/m ³	
Boden	1 g		50 µg/kg	HGK: 29 mg/kg
Haar	1 g		2 µg/kg	< 2 µg/kg Letale Dosis: 0,15–0,3 g/kg

Therapie:

Akute orale Vergiftung:

- Sofort Erbrechen auslösen
- Magenspülen, Instillation von Kohle und Natriumsulfat
- Kontrollierte Flüssigkeitsbilanz (viel Plasma und Expander)
- Chelatbildnertherapie baldmöglichst mit DMPS (Dimaval), nur falls nicht vorhanden mit Dimercaprol (Sulfactin)
- Der Arsen-DMPS-Komplex (bzw. Arsen-Dimercaprol-Komplex) ist nierengängig und gut dialysabel. Daher stellt eine gestörte Nierenfunktion bei Arsenvergiftung eine Indikation zur Hämodialyse dar.
- Bei Darmkoliken als Analgetikum Morphin

Operative Magenentfernung nach vorherigem Röntgen (Metallschatten), da durch Magenspülung keine ausreichende Giftelimination möglich ist.

Chronische Vergiftung:

Therapie mit DMPS (Dimaval)

Nach Inhalation von Arsenwasserstoff: Chelatbildnertherapie ist nur wirksam vor Einsetzen der Hämolyse (circa 4–5 Stunden). Nach Eintritt der Hämolyse Therapie durch Austauschtransfusionen und kontrollierte alkalische Diurese, die die Hämoglobinausfällung in den Harnkanälchen verhindert. Arsen ist an das Hämoglobin gebunden und daher nicht dialysabel. Cave: Kaliumhaltige Infusionslösungen.

Bei lokalen Verätzungen und nach Inhalation von Arsenreiz- und Arsenkampfstoffen:

- Haut entgiften
- Bei hohen Konzentrationen DMPS (Dimaval), auch lokal
- Prophylaxe eines Reizgaslungenödems mit Dexamethason-Spray (Ventolair[®] -Dosier-Aerosol)

Prognose: Kommt es bei schwersten Vergiftungen nicht innerhalb von 48 Stunden zum Tod, beginnt die Prognose günstiger zu werden, obgleich Todesfälle bis zu 30 Tagen (→ **Locket**) beobachtet wurden. Kommt es innerhalb von 48 Stunden nicht zur Anurie, ist die Prognose relativ gut.

BAL erhöht den Arsen⁷⁴-Gehalt im Kaninchenhirn:

Der As⁷⁴-Gehalt im Gehirn von mit Natriumarsenit vorbehandelten Kaninchen war nach Verabreichung von BAL (2,3 dimercapto-1-propanol) doppelt so hoch wie bei der Kontrollgruppe ohne BAL-Behandlung.

DMPS (2,3-dimercapto-1-Propansulfanidsäure-Natriumsalz) jedoch erniedrigte die Arsenkonzentration im Kaninchenhirn.

Die Empfehlung von BAL als Mittel der Wahl zur Behandlung einer Arsenvergiftung sollte mit Vorsicht gestellt und neu überprüft werden.

Alternative: DMPS, DMSA

Quelle: HOOVER, T.D., APOSHIAN, H.V.: Toxicol. Appl. Pharmacol. 70 160-162 (1983)

Kasuistik:

1. Fall:

F.T., 48 Jahre, m.

Noxen:

0 Amalgamfüllungen

0 Kunststofffüllungen

einige Goldinlays/-kronen

Anamnese:

- 1973 Zahn 13 mit Arsen gefüllt
- brauner Tumor (Osteosarkom)
- Metacarpale re., Hüftspan
- ständig Kopfschmerzen, Müdigkeit, Gelenkschmerzen, Infektanfälligkeit

Trotz einer Arsenfüllung waren an der Zahnwurzelspitze 13 Staphylococcus aureus und Candida albicans nachweisbar.

Symptome und Befunde:

Müdigkeit/Antriebslosigkeit, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Muskel-, Gelenkschmerzen, Infektanfälligkeit.

Laborwerte:

Urin II

Quecksilber 14 µg/g Krea.

Zinn 18,7 µg/g Krea.

Methylquecksilber 6,9 µg/g Krea.

Kupfer 719,4 µg/g Krea. (Kreatinin 1,99 g/l)

Blut

Palladium 0,4 g/l

Tumor (Objtr.)

Arsen 1 g/kg

Zink 718 g/kg

Zahn 16

Arsen 616 g/kg

Zink 1.900.000 g/kg

Zahn 13

Arsen 494 g/kg

Blei 60.800 g/kg

Zink 40.7000.000 g/kg

Schnittpräparate

Quecksilber	8,0 g/l
Büro-Luft/Berlin	
n-Undecan	82,7 g/cm
Toluol	20,3 g/cm
Dichlormethan	108 g/cm

Es wurden nur auffällige Werte angegeben.

Diagnose:

Arsen-Osteosarcom (re. Handgelenk), Lösungsmittelintoxikation, Palladium-Belastung, Leberbeteiligung

Therapie:

Expositionsstop gegenüber exogener Noxen (Zahnherde), Entfernung von Metallen aus dem Kieferbereich, Metallantidotgabe (DMPS).

2. Fall:

G.G., 58 Jahre, w.

Noxen:

3 Amalgamfüllungen, 10 sehr helle Goldinlays

Anamnese:

Frau G. fütterte mit eingeweichem altem Brot Enten im benachbarten Weiher. Zuletzt (Oktober 1990 bis April 1991) bekam sie Brot von Nachbarn. Seitdem (ab November) traten die u.a. Beschwerden auf. Gefütterte Enten und mitfressende andere Tiere verendeten unter Lähmungserscheinungen.

Zur selben Zeit, Anfang 1991, nahm Frau G. plötzlich 10 kg an Gewicht ab. Sie stellte Entenkot und Brotreste sicher.

Beim Zerkleinern des Brotes bekam sie Hautreizerscheinungen und ging zur Abklärung ins Krankenhaus. Dort wurden Schleimhautschäden im Magen, Wechsel von Verstopfung und Durchfällen sowie ein Blut-hochdruck festgestellt.

Die Gewichtsabnahme dauerte fort und beträgt nach einem halben Jahr 28 kg. Bei einer stationären Durchuntersuchung in der Medizinischen Hochschule Hannover wurde ein Tumor ausgeschlossen. Die Behandlung wurde von der Patientin vorzeitig abgebrochen. Sie stellte sich bei uns am 04.11.1991 zur toxikologischen Untersuchung vor.

Befund:

kachektische, blasse Patientin, schlaffer Hautturgor.

Laborwerte:

Urin nach
Mobilisation mit
DMPS:

Arsen	6 µg/g Kreatinin (Norm bis 25)
Cadmium	0,7 µg/g Kreatinin (Norm bis 5)
Quecksilber	10,4 µg/g Kreatinin (Norm bis 50)
Kupfer	804 µg/g Kreatinin (Norm um 500)
Palladium	44,3 µg/g Kreatinin (Norm 0)

Blut bzw. Serum:

gamma- Hexachlor- cyclohexan (Lindan)	0,03 g/l (Norm bis 0,1)
Pentachlorphenol	5,6 g/l (Norm bis 15)

Hausstaub

Quecksilber	1.650 g/kg (Durchschnittsw. 20)
Cadmium	568 g/kg (Durchschnittsw. 20)
Kupfer	90.398 g/kg (Durchschnittsw. 50)
Arsen	1.275 g/kg (Tierfelle im Raum)

Speichel

Quecksilber	2,8 g/kg (Norm 2,7)
Palladium	59,3 g/kg (Norm 0,5)

Stuhl spontan

Pentachlorphenol	2,7 g/kg (Norm 2)
Quecksilber	9,3 g/kg (Norm 2)

nach Mobilisation

Quecksilber	21,3 g/kg (Norm 5)
-------------	--------------------

Asserviertes Brot

Arsen	58 g/kg (Durchschnittsw. 2)
Cadmium	28 g/kg (Durchschnittsw. 2)
Quecksilber	31 g/kg (Durchschnittsw. 2)

Entenkot

Pentachlorphenol	16,7 g/kg
Quecksilber	7,8 g/kg

Verlauf:

Kontinuierliche Verschlechterung trotz DMPS-Therapie.

3. Fall:

Eine zwanzigjährige Pharmaziestudentin schluckte in einem Suizidversuch ca. 5 g eines nicht näher bezeichneten Arsensalzes. Der Notarzt, der noch von ihr selbst herbeigerufen werden konnte, spritzte ihr das Gegengift Sulfactin. Nach Einlieferung in die Klinik wurde die Patientin an eine künstliche Niere angeschlossen und das Gegengift Dimal verabreicht. Einen Tag später war sie außer Lebensgefahr.

4. Fall:

Elisabeth Frederiksen ist zum zweitenmal schuldig gesprochen worden. Schuldig des Mordes an einem siebenjährigen Mädchen, ihrer eigenen Nichte Anna. Am letzten, dem 19. Verhandlungstag, hat sie noch einmal an die drei Richter und die beiden Schöffen appelliert: „Ich stehe hier unschuldig. Ich habe Anna sehr geliebt. Auch ich bin hier ein Opfer, dem man zwar nicht das Leben, aber einige Jahre davon geraubt hat. Sprechen Sie mich frei! Rehabilitieren Sie mich!“ Die Entscheidung war in diesem Augenblick schon gefallen. Das Schwurgericht Heilbronn hat Elisabeth Frederiksen zu einer lebenslangen Freiheitsstrafe verurteilt. Das Gericht ist davon überzeugt, dass die Angeklagte am 20. Januar 1993 ihrer Nichte eine tödliche Dosis Arsen in eine Portion Pistazieneis gemischt hat, in der Absicht, das Kind zu töten.

Elisabeth Frederiksen könnte es getan haben, das zumindest steht außer Zweifel. Sie hatte die Gelegenheit dazu. Die heute 43jährige Tochter eines Stuttgarter Apothekerehepaares war am Abend der Tat zu Gast im Haus ihres Bruders Ernst-Rudolf und dessen Ehefrau Benedikte, den Eltern Annas. Kurz vor acht Uhr verlassen die Eltern das Haus in der schwäbischen Kleinstadt Tamm, um sich einen Vortrag in ihrer Kirchengemeinde anzuhören. Kurz danach serviert die Tante dem Kind eine Portion Pistazieneis der Marke Oetker, das sie am Nachmittag in einer Filiale der Handelskette Nanz gekauft hatte. Anna gießt sich reichlich Schokoladensoße aus einer schon angebrochenen Flasche über ihre Portion. Elisabeth Frederiksen isst auch von dem Eis, aber ohne Schokosoße. Gegen neun Uhr bringt sie das Mädchen ins Bett. Eine Stunde später kommen die Eltern zurück, der Vater fährt noch einmal weg, um Pizza zu holen. Kurz nach zehn Uhr kommt Anna aus ihrem Zimmer: Sie habe spucken müssen, weil sie zuviel Eis gegessen habe. Sie darf noch eine Stunde bei den Erwachsenen sitzen, geht dann wieder ins Bett, erbricht sich aber noch einmal. Nach Mitternacht setzen die Symptome massiv ein: Erbrechen und Durchfall in viertelstündigem Abstand. Von zwei Uhr an werden die Intervalle größer, von fünf bis sechs Uhr morgens schläft Anna. Kurz vor sieben Uhr bricht Anna im Badezimmer zusammen. Vater, Mutter und Tante bringen sie gemeinsam in die Kinderklinik in Ludwigsburg. Der Zustand des Kindes ist Besorgnis erregend. Die Ärzte bekommen den Schockzustand nicht unter Kontrolle. Anna wird auf die Intensivstation gebracht. Dort stirbt sie wenige Stunden später. Eine chemische Analyse von Blut und Magenflüssigkeit ergibt: Anna wurde mit Arsen vergiftet.

Am 3. November 1995 verurteilte das Landgericht Stuttgart Elisabeth Frederiksen zu lebenslanger Freiheitsstrafe. Am 31. Juli 1996 hebt der Bundesgerichtshof das Urteil auf mit einer Begründung, die den Richtern in den Ohren klingen muss: „Insgesamt“, schreiben die Bundesrichter, „ist der Tatrichter bei seiner Beweiswürdigung zwar frei. Seine Feststellungen dürfen sich aber nicht so sehr von einer festen Tatsachengrundlage entfernen, dass sie letztlich bloße Vermutungen sind, die nicht mehr als einen, sei es auch schwerwiegenden Verdacht begründen. Das ist hier der Fall.“ Die Mordsache Anna B. wird zur Neuverhandlung an das Landgericht Heilbronn verwiesen.

Die Sachverständigen, die Münchner Toxikologen Gustav Drasch und Max von Clarmann, lassen keinen Zweifel daran, dass Anna das Gift im Haus der Eltern bekommen haben muss. Die Zeit zwischen der Giftaufnahme und dem Auftreten der ersten Symptome beträgt nicht mehr als zwei Stunden. Allerdings, stellt Clarmann fest, könne das erste, leichte Erbrechen auch durchaus eine Folge des übermäßigen Eisgenusses gewesen sein. Dann wäre denkbar, dass das Gift erst zwischen zehn und elf Uhr, also nach Rückkehr der Eltern, verabreicht wurde.

Es bleiben nach menschlichem Ermessen nur drei Möglichkeiten: Es war die Tante. Es war der Vater oder die Mutter. Es war ein Unbekannter, der das Eis vergiftet hat, ehe es verkauft wurde. Die drei Möglichkeiten muss das Gericht gegeneinander abwägen. Findet es für keine der drei Tatversionen einen Beweis, kann es keine davon zweifelsfrei ausschließen, dann muss es die Angeklagte freisprechen.

Es *müsste* freisprechen. Aber es verurteilt. Der Grundsatz „im Zweifel für den Angeklagten“ bindet den Richter nur in Bezug auf seine eigene Überzeugung. Das Schwurgericht Heilbronn unter dem Vorsitz von Jürgen Vogt hat kein Motiv finden können, aus dem heraus Elisabeth Frederiksen ihre Nichte hätte töten sollen. Es hat keinen tatsächlichen Beweis für ihre Schuld. Trotzdem ist es von der Täterschaft der Angeklagten überzeugt. „Die Gesamtumstände“, sagt der Vorsitzende Richter, „sind eindeutig“.

Mit den „Gesamtumständen“ verhält es sich so: Als das Kind in der Obhut der Klinikärzte war, hat Elisabeth Frederiksen das Krankenhaus verlassen und einen ihrer Hunde zum Tierarzt gebracht – deshalb war sie eigentlich gekommen. Vom Tierarzt fuhr sie zurück ins Haus des Bruders, duschte, zog sich um, telefonierte mit ihrem Mann und schaltete die Geschirrspülmaschine ein. Dann fuhr sie wieder ins Krankenhaus. Dort teilte ihr der Bruder mit, Anna sei soeben gestorben. Elisabeth F. sagte darauf: „Mein Gott, und ich habe gerade was

völlig Verrücktes gemacht. Ich habe die Spülmaschine eingeschaltet, obwohl sie erst halb voll war.“

Hätte sie das nicht gesagt, dann wäre sie jetzt frei. In der Spülmaschine befand sich die Eisschale vom Vorabend. Für das Gericht steht fest: Die Täterin wollte ein Beweismittel beseitigen. Die deplatzierte Bemerkung im Krankenhaus könnte nur eines bedeuten: In einer Art Vorwärtsverteidigung wollte Elisabeth F. diese scheinbar sinnlose Handlung rechtfertigen. Zwei renommierte Psychologen haben auf Fragen der Verteidigung erklärt, wie seltsam und scheinbar gefühllos Menschen manchmal auf das Überbringen einer Todesnachricht reagieren. Darüber setzt sich das Gericht hinweg.

Weitere Indizien: Wie kann die Tante einfach zum Tierarzt fahren, während ihre Nichte mit dem Tode ringt? Ein Beweis, sagt das Gericht, dass ihr Verhältnis zu Anna doch nicht so innig war, wie sie behauptet. Allerdings hat auch der Vater ausgesagt, er habe an Entwarnung geglaubt, als Anna mit einer Infusion im Arm davongerollt wurde. „Verständlicher Zweckoptimismus“, sagt das Gericht. Die Tante dagegen habe es besser wissen müssen. Sie kenne sich doch aus mit Intensivstationen, hatte sie doch gerade einen lebensbedrohenden Lymphdrüsenkrebs überstanden.

Was spricht noch gegen Elisabeth F.? Sie habe bei Annas Beerdigung flapsige Bemerkungen gemacht. Eine Lehrerin Annas hat das jedenfalls so empfunden. „Völlig unverständlich, wenn die Tante ihre Nichte wirklich geliebt hätte“, sagt Richter Vogt. Annas Mutter hat in einem Telefongespräch mit ihrer Schwester eine wirklich flapsige Bemerkung über die schnelle Wirkungsweise des Gifts gemacht – der Tonbandmitschnitt wurde angehört. „Das lässt keinen Rückschluss auf einen Verdacht gegen die Mutter zu“, sagt Richter Vogt. Weiter: Die Mutter habe „keinerlei Belastungseifer“ gegen ihre Schwägerin an den Tag gelegt – „ein gewichtiges Indiz, dass sie nicht von ihrer eigenen Rolle ablenken wollte“. Elisabeth F. hat auch keinen Belastungseifer an den Tag gelegt, im Gegenteil. Dem Vernehmungsbeamten sagte sie, sie schließe eine Täterschaft des Bruders oder der Schwägerin „absolut aus“. Ein gewichtiges Indiz für ihre Unschuld? Keineswegs.

Annas Mutter leidet seit der Geburt des Kindes an Multipler Sklerose. Bei dieser Krankheit, erläutert der psychiatrische Sachverständige Klaus Foerster, kann es zu psychischen Veränderungen bis hin zu einer auch schubweise auftretenden Psychose kommen. Eine psychiatrische Untersuchung hat die Mutter abgelehnt. Es gibt also keinen konkreten Anhaltspunkt für eine psychische Erkrankung. Das spricht für die Mutter, sagt das Gericht. Elisabeth F. ist umfassend psychiatrisch und psychologisch untersucht worden.

Hermann Wegener, der Nestor unter den forensischen Psychologen in Deutschland, hat nicht die Spur irgendeiner Auffälligkeit gefunden. „Wenn da etwas wäre, ich hätte es gespürt“, sagt er. Das Gericht ist nicht beeindruckt. „In einen intelligenten und beherrschten Menschen kann auch der klügste Professor nicht hineinschauen.“

Nachdem es diese überwältigende Indizienkette geknüpft hat, verfolgt das Gericht den Gedanken an eine theoretisch denkbare Produktvergiftung nicht weiter, zumal es „zur damaligen Zeit keinen zuordenbaren Fall von Erpressung gegen die Firmen Oetker und Nanz“ gegeben habe. Das ist falsch, und das Gericht weiß es. Am 28. Januar 1993, eine Woche nach Annas Tod, ging bei der Firma Oetker in Bielefeld ein Erpresserbrief ein: 80.000 Mark, sonst würden Oetker-Produkte vergiftet. Der Brief war in Stuttgart abgestempelt. Der Absender wurde nicht ermittelt.

Im Zweifel für die Angeklagte? Wenn ein Gericht sich entschlossen hat, keine Zweifel zu haben, dann hat es eben keine. Dann spricht es schuldig.

Autor: 1998 hat der BGH zum zweitenmal das Urteil aufgehoben, da nachgewiesen wurde, dass auch in einem anderen Fall nachträglich nach einer ernstesten Produktvergiftung (die gefunden wurde) ein Erpresserbrief gefunden wurde. Die Tante wurde aus dem Gefängnis entlassen.

Literatur:

Bowen, H.J.M.: Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London/New York/Toronto/Sydney/San Francisco (1970)

Browning, E.: Toxicity of Industrial Metals, Butterworths, London, S. 34–52 (1961)

Buchet, J.P., Lauwerys, R., Vandevorode, A., Pycke, J.M.: Oral daily intake of cadmium, copper, chromium, mercury, calcium, zinc and arsenic in Belgium: a duplicate meal study. Food Chem. Toxicol 21, S. 19–24 (1983)

Calmus, Y., Poupon, R., Brijnen, M.B., Renaudeau, C., Darnis, F.: Arsenic et cuivre au cours des maladies chroniques du foie. Gastroent. clin. biol. 6, 910 (1982)

Chen, C.-J., Chuang, Y.-C., Lin, T.-M., Wu, H.-Y.: Malignant neoplasms among residents of a blackfoot disease-endemic area in Taiwan: high-arsenic artesian well water and cancers. Cancer Res. 45, 5895–5899 (1985)

Dickerson, O.B.: Arsenic. In: Waldron, H.A. (Ed.) – Metals in the Environment. Academic Press, London/New York/Toronto/Sydney/San Francisco, S. 1–24 (1980)

Forstner, U., Wittmann, G.T.W.: Metal Pollution in the Aquatic Environment, 2nd Revised Edition. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York/Tokio (1983)

Fowler, B.A., Ishinishi, N., Tsuchiya K., Vahter, M.: Arsenic. In: Friberg, I., G.F. Nordberg, V.B. Vouk (Eds.) – Handbook of the Toxicology of Metals. Elsevier, North Holland Biomedical Press, Amsterdam/New York/Oxford, S. 293–319 (1979)

Fowler, B.A. (Ed.): Biological and Environmental Effects of Arsenic. Topics in Environmental Health, Vol. 6. Elsevier North Holland Biomedical Press, Amsterdam, New York/Oxford (1983)

Gebert, F.: Über die Reaktion zwischen Arsenwasserstoff und Hämoglobin. Biochem. Z. 293, S. 157 (1937)

Goodman, L.S., Gilman, A.: The Pharmacological Basis of Therapeutics, 3rd Edition. The Macmillan Company, New York/London/Toronto, S. 944–951 (1965)

Groetschel, H.: Arsenvergiftung. In: Baader, E.W. (Hrsg.) – Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin. Band II/2. Urban & Schwarzenberg, Berlin/München/Wien, S. 176–196 (1961)

Hamilton, E.I.: The Chemical Elements and Man. Charles C. Thomas, Springfield/Ill. (1979)

Hansen, K., Stern, R.M.: A survey of metal-induced mutagenicity in vitro and in vivo. J. Am. Coll. Toxicol. 3, S 381–430 (1984)

Ihnat, M., Miller, H.J.: Acid digestion, hydride evolution atomic absorption spectrophotometric method for determining arsenic and selenium in foods: collaborative study, Part. I. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 60, S 1414–1433 (1977)

Lasch, F.: Erfolgreiche Behandlung einer akuten schweren Arsenvergiftung. Med. Klin. 2, S. 62 (1961)

Lee-Feldstein, A.: Arsenic and respiratory cancer in humans: follow-up of copper smelter employees in Montana. J. Natl. Cancer Inst. 70, S. 601–609 (1983)

Liebegott, G.: Über die Beziehungen zwischen chronischer Arsenvergiftung und malignen Neubildungen. Zbl. Arbeitsmed. 2, S. 15 (1952)

Locket, S., Grieve, W.S.M., Philips, L.: Arsine poisoning: A review with description of a fatal case. Trans. Ass. industr. med. Off. 2, S. 14 (1952)

Lovell, M.A., Farmer, J.G.: Arsenic speciation in urine from humans intoxicated by inorganic arsenic compounds. *Human Toxicol.* 4, S. 203–214 (1985)

Matsuto, S., Kasuga, H., Okumoto, H., Takahashi, A.: Accumulation of arsenic in blue-green alg. *Phormidium* sp., *Comp. Biochem. Physiol.* 78, S. 377–382 (1984)

Merian E.: *Metalle in der Umwelt*, Chemie, Weinheim (1984)

Pirl, J.N., Townsend, F., Valattis, A.K., Grohlich, D., Spikes, J.J.: Death by arsenic: a comparative evaluation of exhumed body tissues in the presence of external contamination. *J. Anal. Toxicol.* 7, S. 216–219 (1983)

Roth, F.: Arsen – Leber – Tumoren. *Z. Krebsforsch.* 61, S. 468 (1957)

Schiller, C.M., Fowler, B.A., Woods, J.S.: Effects of Arsenic on Pyruvat Dehydrogenase Activation. *Environmental Health Perspectives* 19, S. 205–207 (1977)

Seeger, R., Neumann, H.G.: Arsen. *Deutsche Apotheker Zeitung* 35, S. 1741–1746 (1985)

Smith, A.H., Hopenhayn-Rich, C., Bates, M., Goeden, H., Hertz, I., Allen H., Wook, R., Kosnett, M., Smith, M., unveröffentlicht.

Stocken, L.A., Thompson, R.H.S.: Reactions of British Anti Lewisit and other Metals in Living Systems. *Physiol. Rev.* 29, S. 168–194 (1949)

Stockinger, H.E.: The Metals, Arsenic, As. In: Clayton, G.D., F.E. Clayton (Eds.) – *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, 3rd Revised Edition. Vol. 2A. John Wiley & Sons, New York/Chichester/Brisbane/Toronto, S. 1517–1531 (1981)

Welz, B.: *Atomic Absorption Spectroscopy*. Verlag Chemie, Weinheim/New York (1976)