



Humanbiomonitoring im Bevölkerungsschutz

Michael Müller, Katharina Schmiechen



16



Humanbiomonitoring im Bevölkerungsschutz

FORSCHUNG IM
BEVÖLKERUNGSSCHUTZ
BAND 16



Humanbiomonitoring im Bevölkerungsschutz

Michael Müller, Katharina Schmiechen

16



Herausgeber:

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

Postfach 18 67, 53008 Bonn

Fon: 0228 . 99 550-0, Fax: 0228 . 99550-1620, www.bbk.bund.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Name: PD Dr. rer. nat. Michael Müller, Katharina Schmiechen

Institut: Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universitätsmedizin
Göttingen

Straße, Ort: Waldweg 37, D-37073 Göttingen

E-Mail: mmuelle3@gwdg.de

© 2012 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

ISBN-13: 978-3-939347-39-2

Der vorliegende Band stellt die Meinung der Autoren dar und spiegelt nicht grundsätzlich die Meinung des Herausgebers wider.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist nur in den Grenzen des geltenden Urheberrechtsgesetzes erlaubt. Zitate sind bei vollständigem Quellenverweis jedoch ausdrücklich erwünscht.

Dieses Werk darf ausschließlich kostenlos abgegeben werden. Weitere Exemplare dieses Buches oder anderer Publikationen

des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe können Sie gern beim Herausgeber kostenfrei anfordern.

Gestaltung, Layout und Satz:

Naumilkat – Agentur für Kommunikation und Design
40210 Düsseldorf, www.naumilkat.com

Titelbild: Dr. Michael Müller

Druck: MedienHaus Plump GmbH
Rolandsecker Weg 33
53619 Rheinbreitbach, www.plump.de

Inhalt

Vorwort		9
1	Allgemeiner Teil	13
1.1	Definition und Bedeutung des Humanbiomonitoring	15
1.2	Anwendung im Bevölkerungsschutz	17
1.3	Praxis in einem CBRN-Szenario	19
1.4	Probenahme nach einem CBRN-Einsatz	21
1.4.1	<i>Arbeitsschritte</i>	21
1.4.2	<i>Analyt und Matrices</i>	22
1.4.3	<i>Material zur spezifischen Probengewinnung und Logistik</i>	25
1.4.3.1	<i>Blutproben</i>	25
1.4.3.2	<i>Urinproben</i>	27
1.4.3.3	<i>Stuhlproben</i>	28
1.4.3.4	<i>Speichelproben</i>	28
1.4.3.5	<i>Transport</i>	29
1.4.4	<i>Weitere Hinweise zur Durchführung</i>	32
1.4.5	<i>Stoffe ohne HBM-Standardanalysemethode</i>	35
1.5	HBM zur Steuerung der Antidotgabe	36
1.6	Besonderheiten der Probenahme bei biologischen Agenzien	38
1.6.1	<i>Entnahmematerialien</i>	39
1.7	Mikrobiologische Nachweisverfahren	42
1.7.1	<i>Mikroskopische Verfahren</i>	42

1.7.2	<i>Kultur/Anzucht von Erregern</i>	42
1.7.3	<i>Polymerase-Kettenreaktion (PCR)-Analyse</i>	42
1.7.4	<i>Antigennachweis</i>	43
1.7.5	<i>Antikörpernachweis</i>	43
1.8	Humanbiomonitoring von radioaktiven Metallisotopen	44
2	Spezieller Teil	47
2.1	Stoffprofile	49
2.1.1	<i>Aufbau der Stoffprofile</i>	49
2.1.2	<i>Liste der Stoffbezeichnungen und Synonyma</i>	51
2.1.3	<i>Stoffe</i>	54
2.1.3.1	<i>Stoffprofil Acrylnitril</i>	54
2.1.3.2	<i>Stoffprofil Amiton</i>	56
2.1.3.3	<i>Stoffprofil Ammoniak</i>	58
2.1.3.4	<i>Stoffprofil Arsenwasserstoff</i>	59
2.1.3.5	<i>Stoffprofil Benzol</i>	61
2.1.3.6	<i>Stoffprofil Blausäure</i>	63
2.1.3.7	<i>Stoffprofil Bortrichlorid</i>	65
2.1.3.8	<i>Stoffprofil Bortrifluorid</i>	66
2.1.3.9	<i>Stoffprofil Botulinumtoxin</i>	67
2.1.3.10	<i>Stoffprofil Brom</i>	68
2.1.3.11	<i>Stoffprofil Bromwasserstoff</i>	69
2.1.3.12	<i>Stoffprofil BZ (Benzilsäureester)</i>	70
2.1.3.13	<i>Stoffprofil Carbamate</i>	71
2.1.3.14	<i>Stoffprofil Chlor</i>	73
2.1.3.15	<i>Stoffprofil Chloroform</i>	74
2.1.3.16	<i>Stoffprofil Chlorpikrin</i>	76
2.1.3.17	<i>Stoffprofil Diboran</i>	77
2.1.3.18	<i>Stoffprofil Dioxin</i>	78
2.1.3.19	<i>Stoffprofil Ethylenoxid</i>	80
2.1.3.20	<i>Stoffprofil Fluor</i>	82
2.1.3.21	<i>Stoffprofil Fluorwasserstoff</i>	84
2.1.3.22	<i>Stoffprofil Furan</i>	86
2.1.3.23	<i>Stoffprofil Kohlendisulfid</i>	88
2.1.3.24	<i>Stoffprofil Kohlenmonoxid</i>	90

2.1.3.25	Stoffprofil Lewisit	91
2.1.3.26	Stoffprofil Methylisocyanat	93
2.1.3.27	Stoffprofil N-Lost	95
2.1.3.28	Stoffprofil Organophosphate	97
2.1.3.29	Stoffprofil Parathion	99
2.1.3.30	Stoffprofil Perfluorisobuten	100
2.1.3.31	Stoffprofil Phenol	101
2.1.3.32	Stoffprofil Phosgen	102
2.1.3.33	Stoffprofil Phosphortrichlorid	103
2.1.3.34	Stoffprofil Phosphorylchlorid	104
2.1.3.35	Stoffprofil Rizin	105
2.1.3.36	Stoffprofil Salpetersäure	106
2.1.3.37	Stoffprofil Salzsäure	107
2.1.3.38	Stoffprofil Sarin	108
2.1.3.39	Stoffprofil Saxitoxin	110
2.1.3.40	Stoffprofil Schwefeldioxid	111
2.1.3.41	Stoffprofil Schwefelsäure	112
2.1.3.42	Stoffprofil Schwefelwasserstoff	113
2.1.3.43	Stoffprofil Senfgas	115
2.1.3.44	Stoffprofil Soman	117
2.1.3.45	Stoffprofil Stickstoffoxide	119
2.1.3.46	Stoffprofil Tabun	121
2.1.3.47	Stoffprofil Tetrachlorethan	123
2.1.3.48	Stoffprofil Tetrachlormethan	124
2.1.3.49	Stoffprofil Vinylchlorid	126
2.1.3.50	Stoffprofil VX	127
2.2	Liste der HBM-Laboratorien	129
2.3	Liste der Giftinformationszentren	132
2.4	Fragebogen zur Expositionsermittlung bei Unfällen mit Gefahrstoffen	134
2.5	Einwilligung in die Humanbiomonitoring-Untersuchung	135

Anhang	137
Abkürzungsverzeichnis	139
Publikationsverzeichnis	141

Vorwort

Die Freisetzung von CBRN-Agenzien schafft besondere Gefahrenlagen, die mit einer möglichen Exposition von Einsatzkräften und der Bevölkerung einhergehen können. Für die Betroffenen stellen sich Fragen wie: Bin ich exponiert gewesen? Habe ich ein oder mehrere Agenzien in meinen Körper aufgenommen? Was bedeutet das für meine Gesundheit aktuell und in der Zukunft?

Dabei können Messverfahren zur äußeren Exposition – wenn sie denn in einem CBRN-Geschehen rechtzeitig verfügbar sind und umfassend eingesetzt werden – nur orientierende Daten liefern. Die tatsächlich aufgenommene und damit biologisch wirksame innere Dosis kann für C-Stoffe durch Humanbiomonitoring (HBM), für B- und RN-Stoffe durch spezielle Messverfahren für den einzelnen Betroffenen bestimmt werden.

Das vorliegende Kompendium beschreibt in einem allgemeinen Teil die Probenahme für C-Agenzien, B-Agenzien und radioaktive Metallisotope und geht vertieft auf die Durchführung des Humanbiomonitoring für C-Stoffe ein, in einem speziellen Teil werden die vorliegenden Beurteilungswerte und die vorhandenen HBM-Analysemethoden für eine Auswahl bevölkerungsschutzrelevanter Gefahrstoffe dargestellt und bewertet.

Das Kompendium kann unmittelbar von den Einsatzleitungen, Fachberatern und medizinischem Personal (z. B. Durchgangsärzte) genutzt werden und erlaubt insbesondere die schnelle und qualitätsgesicherte Probenahme nach einem CBRN-Ereignis für die beteiligten Einsatzkräfte. Listen mit Ansprechpartnern (HBM-Laboratorien, Giftinformationszentren) und praxisrelevante Formblätter (Fragebogen zur Expositionsermittlung, Einwilligungserklärung in die HBM-Untersuchung) runden das Kompendium ab. Die recherchierte und zitierte Literatur kann als erster Einstieg zur Bewertung der toxischen Wirkungen der Stoffe und der Ergebnisse des Humanbiomonitoring unter besonderer Berücksichtigung der Exposition von Einsatzkräften dienen.

Erfolgreich umgesetzt – so der Wunsch der Verfasser – kann das Kompendium einen Beitrag dazu leisten, die medizinische Nachsorge für die Einsatzkräfte nach einem CBRN-Ereignis im Zusammenspiel mit der Krisen- und Risikokommunikation und mit einer psycho-sozialen Betreuung der Betroffenen weiter zu optimieren.

1

Allgemeiner Teil

1.1 Definition und Bedeutung des Humanbiomonitoring

Beim Humanbiomonitoring in der arbeits- und umweltmedizinischen Toxikologie handelt es sich genuin um eine Maßnahme der Individualprävention. Ihr Zweck ist es, das Ausmaß der Fremdstoffbelastung des Menschen und die daraus resultierende gesundheitliche Beanspruchung abzuschätzen. Neben dem deutschen Ausdruck Humanbiomonitoring wird auch die Bezeichnung Biological Monitoring, die aus dem angelsächsischen Sprachraum stammt, wo sie seit ca. 50 Jahren gängig ist, im Deutschen benutzt.

Das Humanbiomonitoring ergänzt bei der Expositionserfassung die Schadstoffmessung in der Luft (Ambient Monitoring) bzw. Messungen in den Umweltmedien (z. B. Holz, Staub, Baustoffe etc.). Dabei ist der entscheidende Vorteil des Humanbiomonitoring, dass es eine Aussage ermöglicht, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß das Individuum bei einer vorliegenden messtechnisch erfassten Fremdstoffexposition den Fremdstoff aufgenommen hat. Kenntnisse über die aufgenommene Stoffmenge werden bereits seit ca. 1890 für die Risikoprävention im Arbeitsschutz eingesetzt. So werden in Betrieben mit Bleiexposition Blut- und Harnbleibestimmungen durchgeführt, um die Arbeiter vor den gesundheitlichen Folgen wie z. B. einer Bleikrise zu bewahren. Weitere klassische Beispiele für das Humanbiomonitoring sind der in den 50er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts etablierte Trichloressigsäurenachweis im Harn bei Trichlorethenexposition (Fujiwara-Methode) und die Bestimmung der Acetylcholinesterase-Aktivität im Blut beim Umgang mit Organophosphaten.

Bereits bei ihrer Gründung im Jahre 1955 hatte die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) die Möglichkeiten, die Bedeutung und den Wert des Humanbiomonitoring erkannt und in den Vorbemerkungen der ersten MAK (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen)-Werte-Liste erwähnt. Da das Biological Monitoring untrennbar mit der Neu- und Weiterentwicklung spezieller chemisch-analytischer Bestimmungsmethoden verbunden ist, wurde seit 1975 die Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ zusätzlich zur bereits

seit Etablierung der Senatskommission vorhandenen Arbeitsgruppe „Luftanalysen“ aufgebaut. Seit 1976 erscheinen von der Arbeitsgruppe erarbeitete Methoden in einer fortgesetzten Ringbuchsammlung (Deutsche Forschungsgemeinschaft, Analysen in biologischem Material (1976 – 2010)). 1979 wurde eine weitere Arbeitsgruppe „Aufstellung von Grenzwerten in biologischem Material“ gegründet, für deren Arbeit die durch das Humanbiomonitoring erhaltenen Daten eine wesentliche Grundlage darstellen. Als „Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte“ (BAT) werden diese Grenzwerte seit 1982 in einer gemeinsamen Liste zusammen mit den MAK-Werten von der DFG veröffentlicht und mit ausführlichen wissenschaftlichen Begründungen (Deutsche Forschungsgemeinschaft, BAT-Werte und EKA, Arbeitsmedizinisch-toxikologische Begründungen (1983 – 2009)) versehen. Im Jahre 2002 wurde mit den „Biologischen Leitwerten (BLW)“ eine weitere Kategorie von biologischen Werten eingeführt. 2008 folgten die „Biologischen Arbeitsstoff-Referenzwerte“ (BAR). Die Einhaltung der aufgestellten Grenzwerte kann durch ein Humanbiomonitoring überwacht werden. Bestimmte BAT-Werte sind als biologische Grenzwerte (BGW, Definition: Gefahrstoffverordnung § 2 Abs. 8) nach ihrer Anerkennung durch den Ausschuss für Gefahrstoffe rechtlich verbindlich. Ihre Überwachung regelt die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV § 6, Abs. 2). In Ergänzung zur Arbeit der DFG-Senatskommission evaluiert die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes Grenz- und Referenzwerte für die Schadstoffbelastung der Allgemeinbevölkerung. Ein bedeutender Aspekt der Überwachung von Grenzwerten in biologischem Material im Rahmen eines Humanbiomonitoring ist die externe Qualitätssicherung. Diese wird durch die Deutsche Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin (DGAUM) seit 1982 in Form von Ringversuchen für arbeitsmedizinisch-toxikologische Analysen wahrgenommen. Die hier kurz dargestellte Entwicklung hat dazu geführt, dass das Humanbiomonitoring in Deutschland in Anwendung und Forschung eine weltweit anerkannte Rolle einnimmt.

1.2 Anwendung im Bevölkerungsschutz

Die Frage nach einer möglichen Exposition infolge eines C-Ereignisses und den gesundheitlichen Folgen einer aufgenommenen Dosis eines Schadstoffes ist für Personen der ungeschützten Bevölkerung, für ungeschützte Einsatzkräfte oder für geschützte Einsatzkräfte nach Beschädigung ihrer persönlichen Schutzausrüstung von höchster Bedeutung. Luftmessverfahren – auch auf der individuellen Basis eines Passivdiffusionssammlers – können nur orientierende Daten liefern. Die tatsächlich aufgenommene und damit biologisch wirksame innere Dosis kann nur durch Humanbiomonitoring für den einzelnen Betroffenen bestimmt werden. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe 710 (TRGS 710) empfehlen im arbeitsmedizinischen Kontext Humanbiomonitoring ausdrücklich nach „unfallartigen Expositionen, insbesondere dann, wenn Luftmessungen nicht vorliegen“.

Humanbiomonitoring-Daten können bei der Aufarbeitung eines C-Ereignisses im Rahmen der Risikokommunikation auf Gruppenbasis sowie der medizinischen Nachsorge und der psychosozialen Unterstützung für den Einzelnen genutzt werden. Dabei ist die Bewertung des individuellen Datensatzes im Hinblick auf vorliegende biologische Werte von entscheidender Bedeutung, um beispielsweise eine Exposition sicher ausschließen zu können. Humanbiomonitoring – richtig durchgeführt und kommuniziert – kann einen entscheidenden Beitrag zur schnellen Bewältigung C-Ereignis-induzierter Traumata sowohl für die Bevölkerung als auch für die Einsatzkräfte leisten.

Während aktuelle Untersuchungen nach einem Gefahrgutunfall zeigen, daß beim weitaus größten Anteil potentiell Exponierter eine biologisch wirksame innere Dosis nicht oder nur in sehr geringem Umfang nachweisbar ist und somit entwarnt werden kann, können Humanbiomonitoring-Ergebnisse bei definitiv Exponierten zur Beweissicherung und Begutachtung von Spätfolgen herangezogen werden. Dies kann insbesondere für die Einsatzkräfte im Hinblick auf spätere mit dem Einsatz in Verbindung gebrachte Krankheiten und Dienstunfallanzeigen entschädigungsrelevant sein.

Neueste Entwicklungen zeigen, dass Humanbiomonitoring auch zur Therapieunterstützung und -steuerung bereits während eines akuten C-Ereignisses, in diesem Fall nach Freisetzung eines Acetylcholinesterasehemmers, gewinnbringend eingesetzt werden könnte. So wurde eine Bestimmung des Cholinesterase-Status als automatisiertes Verfahren am Institut für Pharmakologie und Toxikologie (InstPharmTox) der Bundeswehr etabliert, stellt aber zur Zeit noch kein Routine-Laborparameter dar. Das Verfahren erfasst die Aktivität der Erythrocyten-Acetylcholinesterase, ihre Reaktivierbarkeit sowie die Plasmabutyrylcholinesterase-Aktivität und die Hemmaktivität des Patientenplasmas. Damit werden alle erforderlichen Informationen zur effizienten Steuerung einer Oximtherapie erhoben. Ein mobiles, vor Ort verwendbares Testsystem für den Cholinesterase-Status wurde entwickelt und ist seit kurzem kommerziell erhältlich (www.securetec.net).

1.3 Praxis in einem CBRN-Szenario

Beim Humanbiomonitoring von Chemikalien unterscheidet man heute zwischen dem Dosismonitoring, dem biochemischen Effektmonitoring und dem biologischen Effektmonitoring. Das Dosismonitoring umfasst die Bestimmung von Fremdstoffen bzw. ihrer Metabolite in Körperflüssigkeiten. Biochemisches Effektmonitoring beinhaltet die Quantifizierung von Reaktionsprodukten mutagener Substanzen mit der Erbsubstanz. Hierbei werden auch Proteine (Hämoglobin und Serumalbumin) bzw. deren Bindungsprodukte mit mutagenen Substanzen (Addukte) als Surrogat für die DNA herangezogen. Im Rahmen eines biologischen Effektmonitorings werden Reaktionen des Körpers auf die Fremdstoffbelastung erfasst, z. B. die Veränderung von cytogenetischen und immunologischen Parametern. Im Bezug auf die gesundheitlichen Auswirkungen steigt die prädiktive Bedeutung vom Dosismonitoring über das biochemische Effektmonitoring zum biologischen Effektmonitoring an.

Diese klassische Einteilung des Humanbiomonitorings wird in den letzten Jahren durch den neu eingeführten Begriff der Suszeptibilität (Empfindlichkeit) ergänzt. Damit trägt man der Beobachtung Rechnung, dass es abweichend vom klassischen Dosis-Wirkungs-Prinzip bei vergleichbarer äußerer Exposition zum Teil zu erheblichen interindividuellen Unterschieden bei der inneren Belastung und bei den biochemischen und biologischen Effekten kommen kann. Verantwortlich für diese Unterschiede können zum einen eine vorhandene genetische Disposition, zum anderen erworbene Dispositionen (z. B. die Vorschädigung eines Organsystems) sein.

Probenmatrices für das Humanbiomonitoring sind in erster Linie Urin und Blut, gegebenenfalls auch Speichel. Die korrekte Probenahme, gegebenenfalls Lagerung und der Transport in das analysierende Labor haben immense Bedeutung im Hinblick auf ein valides Ergebnis der Messung, deshalb wird im allgemeinen Teil dieses Kompendiums im Detail darauf eingegangen.

Neben einer bestätigten C-Einsatzlage können auch unklare Lagen mit einer möglichen Exposition gegenüber RN-Stoffen und B-Stoffen vorliegen. Aus diesem Grund sieht dieses Kompendium auch Hinweise für die parallele Probenahme für die Bestimmung von RN-Stoffen und/oder B-Agenzien vor, insbesondere vor dem Hintergrund, die physischen und psychischen Belastungen für die Betroffenen zu minimieren und eine optimale messtechnische Vergleichbarkeit der jeweiligen potentiellen Expositionen herzustellen.

Im speziellen Teil des Kompendiums werden vorhandene Analysemethoden für das Humanbiomonitoring und vorliegende Beurteilungswerte für einzelne Stoffe bzw. Stoffgruppen dargestellt. Grundlage für die getroffene Auswahl ist die Liste der Studie „Gefahrenpotentiale von chemischen Kampfstoffen und toxischen Industriechemikalien – das Punktesystem“ (Schriften der Schutzkommission Band 1 (2009)).

1.4 Probenahme nach einem CBRN-Einsatz

1.4.1 Arbeitsschritte

Die Abklärung einer möglichen Exposition gegenüber einem Gefahrstoff durch die toxikologische Analyse von Humanproben wird durch die Abfolge vieler einzelner Arbeitsschritte ermöglicht (Schema 1). Die präanalytische Phase umfasst alle Arbeitsschritte, die dem eigentlichen Messen vorangehen. Das sind die Auswahl des zu untersuchenden Analyten, die Auswahl des Probenmaterials, der Zeitpunkt der Probenahme, die Entnahmetechnik, die Vorbehandlung der Probe und ihre Lagerung sowie der Transport zum Labor. Abweichungen von den Regeln, die sich während einem dieser Schritte ergeben, können das Messergebnis in unvorhersehbarer Weise beeinflussen. Dieses Kompendium beschäftigt sich daher im Folgenden mit der Präanalytik und soll Hilfestellung zu einer systematischen Probenahme geben. Die analytische Phase besteht aus der Probenaufbereitung, der Messung, der Datenerfassung und der Qualitätssicherung. Daran schließt sich die postanalytische Phase mit der Bewertung der Ergebnisse an. Durch die ärztliche Bewertung wird das Analyseergebnis zu einem medizinischen Befund. Bei dieser Bewertung müssen Einsatzbedingungen, Stoffcharakteristika und in der Anamnese ermittelte individuelle Faktoren wie Ernährung, Lebensgewohnheiten, Alter etc. berücksichtigt werden. Die Anamnese hat in der Regel große Bedeutung für die Ermittlung der Herkunft des nachgewiesenen Schadstoffes. Schließlich wird das Messergebnis zu Beurteilungswerten in Beziehung gesetzt, um eine Entscheidung über die konkrete Gesundheitsgefährdung und weitere erforderliche Maßnahmen zu fällen.

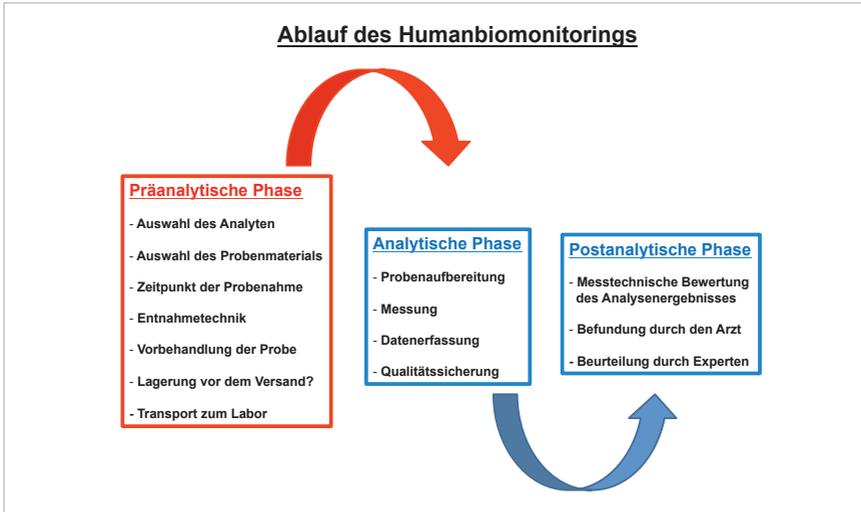


Abb. 1 Schema 1: Arbeitsschritte des Humanbiomonitorings

1.4.2 Analyt und Matrices

In der präanalytischen Phase kommt der Auswahl des Probenmaterials große Bedeutung zu. Der durchführende Arzt sollte den fraglichen Gefahrstoff durch eine Auswertung des Einsatzgeschehens und/oder Anamnesegespräche so eng wie möglich eingrenzen und den zu bestimmenden Analyten (Parameter) festlegen. Dann kann er die Matrix, in der der Analyt am günstigsten untersucht werden kann, auswählen.

Als Matrices kommen bei einem CBRN-Ereignis in Frage:

- Blut
- Urin
- Stuhl
- Speichel
- Abstriche von Schleimhäuten oder Wunden
- Haare
- Punkttate

- Liquor
- Sputum
- Atemluft

Die meistverwendeten Matrices sind Blut und Urin (siehe Tabelle 1). Nicht-invasiv gewonnene Probenarten haben den Vorteil, dass der Betroffene die Probenahme in der Regel selbstständig durchführen kann und dabei wenig psychisch und physisch belastet wird. Voraussetzung hierfür ist eine genaue Anweisung zur korrekten Durchführung. Bei invasiven Verfahren darf nur entsprechend ausgebildetes medizinisches Fachpersonal die Proben gewinnen.

Da die optimalen Bedingungen zur Probenahme nicht immer eingehalten werden können, sollte man besonderen Wert auf ihre Dokumentation legen. Außerdem sollte bei einer größeren Gruppe von Betroffenen, die derselben Exposition ausgesetzt waren, möglichst der gleiche Zeitpunkt zur Probenahme gewählt werden, um die Messwerte untereinander vergleichen zu können.

Eingriff	Matrix	Probenart
Invasiv	Vollblut – meist venös	Serum: flüssiger Anteil des Blutes nach Gerinnung und Abtrennung der festen Bestandteile
		Plasma: flüssiger Anteil des Blutes mit Zusatz eines Gerinnungshemmers, nach Abtrennung der festen Bestandteile
		Erythrozyten: zellulärer Anteil des Blutes, isolierte und lysierte Erythrozyten ohne Plasma
	Kapillarblut – arterialisiert	Kleinstmenge aus Fingerkuppe oder Ohr läppchen mit Kapillare oder Stick entnommen, zur sofortigen Analyse bestimmt
Nichtinvasiv	Urin	Spontanurin: Einzelprobe von ca. 50 ml, meist Mittelstrahl
		24h-Sammelurin: Sammlung allen Urins innerhalb 24 Stunden in einem Gefäß, Zusatz von Stabilisatoren, Probenahme nach Durchmischen
	Stuhl	Einzelprobe: haselnussgroße Menge

Tab. 1 Die am häufigsten genutzten invasiven und nichtinvasiven Probenarten

Bei der Auswahl der Matrix gilt es, den Zeitpunkt der Probenahme in Relation zur Stoffaufnahme zu beachten, denn der zu untersuchende Analyt findet sich nach unterschiedlichen Zeiträumen in der jeweiligen Matrix wieder. Dabei sind die Eigenschaften des Stoffes in Wechselwirkung mit dem menschlichen Organismus zu beachten. Die Aufnahme eines Stoffes nach der Exposition kann, je nach Eintrittspforte in den Körper, schnell oder langsam erfolgen. So ist die Resorption nach oraler Aufnahme meist langsam, da erst die Magen-Darm-Passage vonstatten gehen muss. Nach der Resorption aus dem Darm passieren alle Stoffe die Leber, wobei sie hier schon verstoffwechselt werden können („First-Pass-Effekt“). Dabei ändert sich das Verhältnis zwischen nichtmetabolisiertem und metabolisiertem Stoff. Die Resorption über die Haut und Schleimhäute, beispielsweise nach Inhalation in der Lunge, kann wesentlich schneller erfolgen und hat keinen First-Pass-Effekt zur Folge, da hier die resorbierten Stoffe von den haut- und schleimhautnahen Blutgefäßen direkt im Organismus verteilt werden können. Nach der Resorption in den Organismus spielt die Verteilung eine wichtige Rolle. Stark lipophile Substanzen werden sich bevorzugt in Fettgewebekompartimenten einlagern, während stärker hydrophile Substanzen in den wässrigen Kompartimenten des Organismus verteilt werden. Das sind vor allem das Blut und der Urin, sodass in der Folge die hydrophilen Substanzen meist zügig über die Nieren ausgeschieden werden. Andere Stoffe werden an molekulare Strukturen wie z. B. Proteine, Hämoglobin oder DNA angelagert (sogenannte Addukte; z. B. Acrylnitril an Hämoglobin) oder bei großer Ähnlichkeit mit physiologischen Bausteinen sogar eingebaut.

Alle Faktoren der Aufnahme, Resorption, Verteilung, Metabolisierung und Ausscheidung bestimmen die biologische Halbwertszeit (HWZ) eines Stoffes und damit den günstigsten Zeitraum der Probenahme (Tabelle 2). Stoffe mit einer kurzen HWZ von wenigen Stunden werden rasch metabolisiert und ausgeschieden. Für ihren Nachweis muss also die Probenahme frühzeitig erfolgen, d. h. noch am gleichen Tag, möglichst nach Beendigung des Einsatzes, spätestens aber an den nächsten 1–2 Folgetagen. Hat ein Stoff eine HWZ von mehreren Tagen bis Wochen, kann er entsprechend längere Zeit nach dem Ereignis in verschiedenen Matrices wie Blut oder Urin nachgewiesen werden; so kann man z. B. Pentachlorphenol noch nach 14 Tagen im Urin feststellen. Manche Stoffe besitzen die Eigenschaft, sich in bestimmten Kompartimenten wie z. B. dem Fettgewebe einzulagern. Deshalb kann man sie noch Monate oder Jahre nach dem Ereignis in entsprechenden Probenmatrices wie Blut(-fett) oder Fettgewebeproben analysieren. Als Beispiele seien hier Metalle oder lipophile Organochlorverbindungen wie z. B. das DDT genannt.

Analyt	Zeitfenster (Tage nach der Exposition)
Metabolit im Urin	1-2
Albumin-Addukte	1-10
DNA-Addukte	1-20
Hämoglobin-Addukte	1-60 (maximal 120)

Tab. 2 Überblick über geeignete Zeitfenster zur Probenahme für HBM-Untersuchungen nach einem akuten Ereignis

1.4.3 Material zur spezifischen Probengewinnung und Logistik

Zur Probengewinnung wird unterschiedliches Material benötigt, das an die technischen Anforderungen in der Probenaufbereitung und Analytik angepasst sein muss. Es ist empfehlenswert, eine größere Menge an Probenahmegefäßen, Sammelbehältern und des für die Probenahme benötigten Arbeitsmaterials bereitzuhalten. Denkbar wäre eine ständige Vereinbarung mit einem kooperierenden Labor, Krankenhaus oder einer Apotheke, um im Bedarfsfall die schnelle Beschaffung des benötigten Materials zu sichern. In jedem Fall gilt es, vor Beginn der Probenahme mit einem Labor die Details der Probengewinnung, das benötigte Material, die anschließende Aufarbeitung und den Versand abzusprechen. Die wichtigsten Proben und die benötigten Materialien werden im Folgenden dargestellt.

1.4.3.1 Blutproben

Meist wird venöses Blut benötigt. Dazu braucht man ein passendes Blutröhrchen (z. B. Vacutainer® oder Monovetten®), entweder ohne oder mit Antikoagulationszusatz (Abbildungen 1–4). Mögliche Zusätze sind Heparinsalze, EDTA, Zitrat oder Natriumfluorid. Röhrchen ohne Zusatz werden zur Serumgewinnung benötigt, aus den anderen Röhrchen wird Plasma gewonnen. Da in vielen Methoden EDTA als Antikoagulans vorgegeben wird, ist es sinnvoll, sich mit EDTA-Röhrchen und Serumröhrchen zu bevorraten. Ferner werden zur Gewinnung ein Hautdesinfektionsmittel, ein Stauschlauch, ein passendes Entnahmebesteck (Punktionsnadel) (Abbildung 5), Tupfer, Pflaster und ein Entsorgungsbehälter benötigt. Diese Materialien finden sich in den meisten Einrichtungen des Rettungsdienstes oder des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (ÖGD).



Abb. 1 EDTA-Monovette®



Abb. 2 Heparin-Monovette®



Abb. 3 Serum-Monovette®



Abb. 4 Serum-Gel-Monovette®

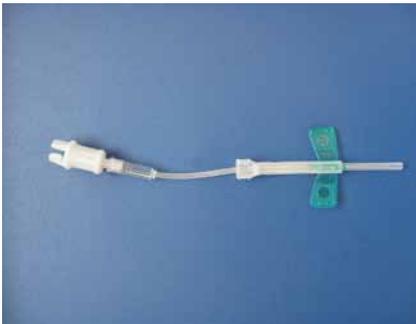


Abb. 5 Safety Multifly®-Kanüle



Abb. 6 Headspace-Gefäß

Die Headspace-Analytik erfordert eine besondere Probengewinnung: da leicht flüchtige organische Substanzen gemessen werden sollen, darf zur Hautdesinfektion nur 3%ige Wasserstoffperoxidlösung verwendet werden. Zur Entnahme nutzt man handelsübliche 5 ml-Einmalspritzen und -kanülen. Das entnommene Blut wird damit in Headspace-Gefäße überführt: das sind 20ml-Stechampullen mit Gummistöpsel und EDTA-Zusatz, die meist vom analysierenden Labor zur Verfügung gestellt werden (Abbildung 6).

1.4.3.2 Urinproben

Für Spontanurin eignen sich dichtschießende Polyethylen (PE)-Weithalsgefäße von 100 ml oder mehr. Es sollten mindestens 50 ml Urin gelassen werden. Die Bevorratung mit Uringefäßen ist sinnvoll, da Urin sehr häufig zur Analytik genutzt wird. Urin für die Headspace-Analytik wird in einen Einmalbecher gelassen, dann werden sofort 2 ml mit einer Einmalspritze in die oben beschriebenen Headspace-Gefäße überführt (Abbildung 7).



Abb. 7 Urin-Monovette®

Sammelurin wird in einem sauberen Weithalsschraubgefäß von ausreichendem Volumen (2-3 Liter) gesammelt, und zwar in einem definierten Zeitraum, kühl und dunkel aufbewahrt. Die Sammlung beginnt morgens nach dem ersten Wasserlassen, danach wird für 24 Stunden jede Blasenentleerung aufgefangen. Es ist üblich, den Sammelurin mit 5 ml Eisessig zu stabilisieren: Er wird dem Sammelgefäß vor Beginn der Sammlung zugesetzt. Diesen oder andere Zusätze sollte man aber vorher mit dem analysierenden Labor absprechen bzw. sich geeignete Gefäße vom Labor zur Verfügung stellen lassen. Vom Sammelurin

wird nach Durchmischen und Notieren der Gesamtmenge die benötigte Probenmenge abgenommen. Soll der Urin für mikrobiologische Untersuchungen gewonnen werden, muss man sterile Gefäße verwenden.

1.4.3.3 Stuhlproben

Hierfür wird ein Stuhlröhrchen mit integriertem Entnahmespatel eingesetzt (Abbildung 8). Nach vorheriger Blasenentleerung setzt der Patient seinen Stuhl in das gespülte Toilettenbecken oder ein Steckbecken. Mithilfe des Spatels füllt er das Röhrchen zu einem Drittel mit Stuhl.



Abb. 8 Stuhlröhrchen

1.4.3.4 Speichelproben

Speichel wird durch Einlegen von Watteröllchen oder Tupfern in die Mundhöhle gewonnen, die danach in ein Sammelröhrchen ausgepresst oder zentrifugiert werden. Empfehlenswert sind fertige Systeme wie z. B. die Salivette®.

Die Proben sollten unverzüglich ins Labor versendet werden, sodass die Analytik im Idealfall innerhalb von 24 Stunden nach der Probenahme starten kann. Ist dies nicht möglich, so kann eine Zwischenlagerung bei +4° C im Kühlschrank für einige Tage bei den meisten Probenmatrices in Kauf genommen werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Plasma oder Serum möglichst bald nach der Probengewinnung von den zellulären Blutbestandteilen

abgetrennt werden müssen. Ist dies vor Ort nicht möglich, muss der unverzügliche Transport ins Labor organisiert werden. Urinproben können problemlos vor Ort abgefüllt und tiefgefroren für längere Zeit zwischengelagert werden. Jedoch muss man bei gekühlten oder gefrorenen Proben die jeweilige Temperatur während des Transports konstant einhalten. Die Kontrolle der Transporttemperatur ist mit sogenannten Temperaturloggern möglich: Das sind Temperatursensoren mit programmierbarer Langzeitmessfunktion, elektronischer Datenspeicherung und einer Möglichkeit zum Auslesen der Daten am PC.

Es ist empfehlenswert, für den Einzelfall die korrekte Zwischenlagerung mit dem analysierenden Labor abzusprechen. Orientierende Lagerungshinweise finden sich auch in den einzelnen Stoffbeschreibungen dieses Buches.

1.4.3.5 *Transport*

Zur präanalytischen Phase gehört der rasche und sachgerechte Transport der Proben. Wenn vorhanden, sollte man auf den Fahrdienst des beauftragten Labors zurückgreifen. Man kann aber auch z. B. kommerzielle Kurierdienste, spezialisierte Gefahrgut-Transportunternehmen oder die Deutsche Post AG damit beauftragen. Es sind die geltenden Bestimmungen zum Transport von medizinischem Untersuchungsmaterial über öffentliche Verkehrswege zu beachten. Hier ist als Erstes das Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) zu nennen. Des Weiteren werden durch die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) bzw. die Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID) in der jeweils gültigen Fassung in nationales Recht umgesetzt. Für den Luftverkehr sind die International Air Transport Association-Dangerous Goods Regulations (IATA-DGR) maßgeblich. Die Deutsche Post AG hat eigene Regelungen für die Beförderung von ansteckungsgefährlichen Stoffen im Briefdienst Inland als Teil ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen implementiert.

In den aufgeführten Bestimmungen werden die verschiedenen medizinischen Untersuchungsmaterialien nach ihrer Gefährlichkeit, d. h. Infektiosität oder Pathogenität, kategorisiert (Tabelle 3).

Transport-kategorie	Beschreibung	
Gefahrgutklasse 6.2 Ansteckungs- gefährlich	Stoffe, von denen bekannt oder anzunehmen ist, dass sie Krankheitserreger enthalten, die bei Mensch oder Tier Krankheiten hervorrufen können	Kategorie A: Erreger lebensbedrohender oder tödlicher Infektionskrankheiten gemäß Absatz 2.2.62.1.4.1 ADR Beispielliste
		Kategorie B: Krankheitserreger, die nicht Kategorie A zuzuordnen sind
Freigestellt	Stoffe, die keine Krankheitserreger enthalten, oder bei denen nur eine minimale Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie bei Mensch oder Tier Krankheiten hervorrufen (unterliegen nicht dem Gefahrgutrecht)	
Gefahrgutklasse 6.1 Giftige Stoffe	Stoffe, von denen bekannt oder anzunehmen ist, dass sie nach dem Einatmen, Verschlucken oder Berühren mit der Haut bei einmaliger oder kurzer Einwirkung zu Gesundheitsschäden oder dem Tod eines Menschen führen können; Toxine aus Pflanzen, Tieren oder Bakterien, die keine ansteckungsgefährlichen Stoffe oder Organismen enthalten	

Tab. 3 Kriterien der Transport-Kategorien für biologische Untersuchungsmaterialien nach ADR

Kategorie	Kennzeichnung	UN-Nr.	Verpackungs-vorschrift
Ansteckungs- gefährlich Kategorie A	„Ansteckungsgefährlicher Stoff, gefährlich für Menschen“; Gefahrzettel für Klasse 6.2; Tel.-Nr. verantwortliche Person	2814	P 620
	„Ansteckungsgefährlicher Stoff, nur gefährlich für Tiere“; Gefahrzettel für Klasse 6.2; Tel.-Nr. verantwortliche Person	2900	P 620
Ansteckungs- gefährlich Kategorie B	„Biologischer Stoff, Kategorie B“; Gefahrzettel für UN-Nr. 3373; Tel.-Nr. verantwortliche Person	3373	P 650
Freigestellt	„Freigestellte medizinische Probe“	–	Dreiteilige Verpackung

Tab. 4 Kennzeichnung und Verpackungsvorschrift der Transport-Kategorien nach ADR

Patientenproben definiert das ADR als direkt von Mensch oder Tier entnommenes Material, das zu Diagnose-, Forschungs- oder sonstigen Untersuchungszwecken befördert wird. Ihre Transport-Kategorie wird maßgeblich durch ihre

Infektiosität bestimmt; die Toxizität der eventuell im Probenmaterial enthaltenen Giftstoffe oder Metaboliten dürfte in den meisten Fällen aufgrund der geringen Menge vernachlässigbar sein. Da im Rahmen des HBM, wie es in diesem Buch vorgestellt wird, auch isolierte Toxinproben kaum relevant sind, wird auf die Klasse 6.1 „Giftige Stoffe“ nicht weiter eingegangen. Die Zuteilung obliegt letzten Endes dem die Probe entnehmenden Arzt, da er aufgrund der Anamnese und Symptome des Patienten sowie der konkreten Situation beurteilen muss, ob ein Infektionsrisiko von der Probe ausgeht oder nicht. Im Zweifelsfall sollte er sie als potentiell infektiös, also mindestens als UN-Nr. 3373 klassifizieren, da er dem Patienten z. B. eine frisch erworbene HIV-Infektion nicht ansehen kann. Aus der zugeteilten Kategorie resultieren die Verpackung und die Kennzeichnung des Untersuchungsmaterials (Tabelle 4). Weiterführende Informationen können dem Handbuch „Biologische Gefahren I“ entnommen werden.

Die fachgerechte Verpackung sollte unbedingt ernst genommen werden, da sie sowohl den Schutz der Probe vor äußeren Einflüssen als auch den Schutz des Transporteurs und des Empfängers vor Kontamination gewährleistet. Die den Verpackungsvorschriften entsprechenden Bestandteile (Abbildungen 9, 10) kann man bei verschiedenen Herstellern beziehen und bevorraten. Ihnen allen gemeinsam ist der dreiteilige Aufbau aus:

- einem flüssigkeitsdichten Primärgefäß (z. B. Blutröhrchen)
- einer flüssigkeitsdichten Sekundärverpackung (z. B. Schraubgefäß) und
- einer ausreichend festen Außenverpackung (z. B. Versandhülle oder Pappkarton)



Abb. 9 Transportschraubgefäß

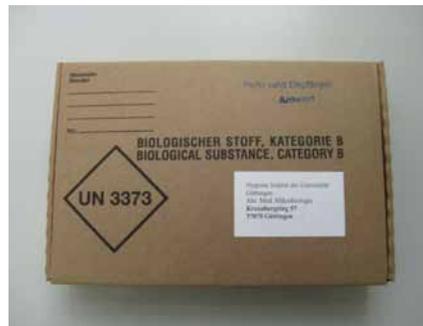


Abb. 10 Versandstück UN-Nr. 3373

Zwischen Primär- und Sekundärverpackung muss polsterndes und (bei flüssigen Proben) saugfähiges Material eingesetzt werden. Unterschiede bestehen in den Anforderungen und Dimensionen der Sekundär- und Außenverpackungen: Bei P 650 muss eine von beiden starr sein und mindestens 100 x 100 mm in einer Fläche messen, bei P 620 muss die Außenverpackung starr sein und mindestens 100 mm in jeder Dimension messen. Außerdem gelten bestimmte Anforderungen bezüglich der Temperatur- und Druckbeständigkeit.

Fachgerecht verpackte freigestellte Proben und Proben der Kategorie B können so von normalen Kurierdiensten etc. befördert werden. Proben der Kategorie A unterliegen beim Transport den vollen Beförderungsvorschriften des ADR und erfordern die Beauftragung eines für Gefahrguttransporte speziell zugelassenen Transportunternehmens sowie die Bestellung eines Gefahrgutbeauftragten. Allerdings kommen sie sehr selten vor, sodass es ausreichend erscheint, sich auf den Versand von Proben bis zur Kategorie B vorzubereiten.

Wird ein eiliger Probentransport zur Rettung menschlichen Lebens oder zum Schutz der Umwelt notwendig, kann bezüglich der Beförderungsdurchführung von den Bestimmungen des ADR abgewichen werden. Dies wäre z. B. bei einem vermuteten bioterroristischen Anschlag der Fall, wenn, wie derzeit üblich, Polizei- oder Rettungskräfte Probenahme und Transport übernehmen. Trotzdem muss die verantwortliche Stelle sich auf eine solche Notfallbeförderung vorbereiten, um ihre möglichst sichere Durchführung gewährleisten zu können (z. B. Schulung der Einsatzkräfte, Bevorratung von Verpackungsmaterial).

1.4.4 Weitere Hinweise zur Durchführung

Die Entscheidung über die Durchführung von HBM für Einsatzkräfte hängt von den konkreten Bedingungen des stattgefundenen Einsatzes und von den Eigenschaften des beteiligten Gefahrstoffes ab. Um das nötige Fachwissen einfließen zu lassen, kann man sich an Fachberater wenden, die es für die verschiedenen Gefahrenlagen gibt (z. B. Chemiefachberater, Gefahrgutbeauftragte, Beauftragte für biologische Sicherheit). Sie können ausführlich über die am Unfall beteiligten Stoffe und die von ihnen ausgehenden Gefahren beraten und so auch den sinnvollen Einsatz von HBM unterstützen. Ihre Einbindung in die Einsatzplanung und die Nutzung ihrer Beratung wird in den Dienstvorschriften der Feuerwehren (FwDV 100, 500) empfohlen.

Vor der Einleitung der Probenahme muss klargestellt sein, wer der verantwortliche Auftraggeber für die HBM-Maßnahme ist. Hier sollte sich der Einsatzleiter gegebenenfalls mit den Partnern des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (ÖGD) abstimmen und dabei auch abklären, wer der für die Probenahme und die Befundung verantwortliche und durchführende Arzt ist. In der Regel wird dies der für die Einsatzkräfte zuständige Betriebsarzt des Arbeitsmedizinischen Dienstes sein. Sollte eine Einsatzkraft allerdings den Einsatz mit unmittelbar auftretenden gesundheitlichen Beschwerden beenden, ist ein Durchgangsarzt der Gesetzlichen Unfallversicherung zu konsultieren.

Dann muss ein geeignetes Labor kontaktiert werden. Im Anhang findet sich eine Liste mit ausgewiesenen HBM-Laboratorien, die einen schnellen Einstieg in die Laborsuche bieten soll. Kommt die Auftragsvergabe zustande, müssen die Proben angemeldet, die Laborkapazitäten abgeklärt und Besonderheiten, die bei der Probenahme und dem Transport zu beachten sind, abgestimmt werden. Der unmittelbare Transport oder eine mögliche Zwischenlagerung des Probenmaterials sollte zu diesem Zeitpunkt organisiert werden. Nicht zuletzt muss jetzt auch schon die Krisenkommunikation eingeleitet werden. Dazu gehören sowohl die Information der Öffentlichkeit als auch die Aufklärung der betroffenen Einsatzkräfte. Zu diesem Aufgabenbereich gibt es vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) herausgegebene fundierte Handlungsempfehlungen (www.bbk.bund.de).

Eine Eigengefährdung für die Durchführenden muss ausgeschlossen werden. Das heißt, die zu untersuchenden Einsatzkräfte müssen vor der Probenahme eine Dekontamination durchlaufen haben, wenn sie vorher im Gefahrenbereich tätig gewesen sind. Die Durchführenden müssen die üblichen Anforderungen an hygienisches und sicheres Arbeiten sicher beherrschen und angemessene Schutzkleidung tragen.

Ein Aufklärungsgespräch ist ein unverzichtbarer Teil der Durchführung der Probenahme, da HBM als Ausübung der Heilkunde den Bestimmungen des ärztlichen Berufsrechts unterliegt. Der Betroffene muss über die Notwendigkeit der HBM-Maßnahme aufgeklärt und die dazu erforderlichen Informationen müssen gegeben werden. Er muss sein ausdrückliches Einverständnis zu der HBM-Maßnahme erteilen, wenn er daran teilnehmen will. Hierzu findet sich im Anhang ein Formular für eine solche Einverständniserklärung, das dem durchführenden Arzt als Kopiervorlage dienen kann.

Zum Zeitpunkt der Probenahme sollte idealerweise schon ein Folgetermin vereinbart werden, an dem der Betroffene sein Ergebnis erfahren und mit dem Arzt besprechen kann. Ist dies nicht möglich, sollte mindestens eine Kontaktstelle genannt werden, über die die weitere Krisenkommunikation zu dem Ereignis koordiniert wird. Diese Stelle übernimmt dann auch die Information bezüglich der HBM-Maßnahme.

Die Probenahme sollte eine allgemeine Anamnese zu Lebensgewohnheiten wie Rauchen, Medikamenteneinnahme und Ernährung beinhalten. Alter und Geschlecht sollten ebenfalls protokolliert werden. In den Stoffbeschreibungen finden sich Hinweise auf relevante Faktoren, wie z. B. der Verzehr von Fisch oder Meeresfrüchten kurz vor der Bestimmung inkorporierter Arsenverbindungen. Hilfreich ist es außerdem, die Tätigkeiten des Betroffenen während des Einsatzes zu erfragen, um bei der Interpretation der Messergebnisse die Gesamtsituation besser beurteilen zu können. Zur Protokollierung ist ebenfalls im Anhang ein Formular als Kopiervorlage zu finden.

Generell ist darauf zu achten, dass die Proben und die Protokolle dem Betroffenen eindeutig zugeordnet werden können und eine Verwechslung ausgeschlossen ist. Sie sollten mit dem Namen des Betroffenen oder idealerweise mit einer Code-Nummer, seinem Geburtsdatum, der Art der Probenmatrix, eventuell dem Geschlecht und dem vorgesehenen Analyseauftrag gekennzeichnet werden. Man muss daher bei der Beschaffung der Probengefäße auch Klebeetiketten oder vorgedruckte Namensfelder auf den Gefäßen und wasserfeste Stifte mit einplanen. Viele Laboratorien stellen ihren Auftraggebern das Material selbst zur Verfügung, dazu gehören dann oft vorbereitete Barcode-Etiketten zur automatisierten Identifizierung.

Die HBM-Kommission des Umweltbundesamtes empfiehlt die Bestimmung des Kreatiningehalts zur orientierenden Beurteilung der Urinprobe, zusätzlich sollten weitere Normierungsparameter wie Osmolalität, Dichte oder elektrische Leitfähigkeit hinzugezogen werden. So lässt sich der Einfluss unterschiedlich konzentrierten Urins auf das Messergebnis besser einschätzen.

1.4.5 Stoffe ohne HBM-Standardanalysemethode

Nicht immer wird sich die Idealsituation einstellen, in der man die Identität des freigesetzten Stoffes sofort feststellen und die passende HBM-Methode auswählen kann. Möglicherweise wurde ein unbekanntes Stoffgemisch freigesetzt, dessen Identifizierung durch Interferenzen oder begrenzte Detektionsmöglichkeiten verzögert wird. In dem Fall kann mit der Probenahme nicht auf Klarheit über die freigesetzten Stoffe gewartet werden, da die Metabolisierung und Ausscheidung der Stoffe bereits nach kurzer Zeit einsetzen kann und sie sich so dem analytischen Nachweis entziehen. Oft hat man es auch mit einem Stoff zu tun, zu dem es noch keine validierte HBM-Methode gibt. Bei den in diesem Kompendium vorgestellten Stoffen findet sich dann ein entsprechender Hinweis.

Auch in diesem Fall empfiehlt sich eine frühzeitige Probenahme, um im Sinne der Beweissicherung Material zur Verfügung zu haben, zu dem man nun eine geeignete Methode entwickeln kann. Da es sich hier um eine Probenahme „auf Verdacht“ handelt, kann man sich initial auf Spontanurinproben beschränken. Der Vorteil ist hier die nichtinvasive, einfache Probenahme. Die Proben kann man problemlos bis zur Klärung der weiteren Untersuchungen tiefrieren (idealerweise bei -80°C).

Blutproben sind unter ethischen Gesichtspunkten als problematisch anzusehen, da es sich um eine invasive Probengewinnung handelt. Daher sollte man nur dann Blutproben entnehmen, wenn man sie einer sinnvollen Untersuchung zuführen kann. Dies gilt es vorher mit einem erfahrenen Toxikologen oder Analytiker abzuklären.

1.5 HBM zur Steuerung der Antidotgabe

HBM hat nicht nur zum Ziel, die reine Exposition zu dokumentieren, sondern verfolgt auch die Absicht, die Behandlung und Therapiesteuerung eines akut erkrankten Patienten zu unterstützen. So gibt es zum Beispiel schon lange die Möglichkeit, die Blutspiegel von verschiedenen Arzneistoffen zu kontrollieren (engl. „Therapeutic Drug Monitoring“, TDM). Anhand der TDM-Daten kann man anschließend die Dosis patientenindividuell anpassen, um unerwünschte Arzneimittelwirkungen zu vermeiden und den Therapieerfolg sicherzustellen. Zur Therapie von Vergiftungen mit Gefahrstoffen wäre es ebenfalls wünschenswert, die tatsächlich zirkulierende, aktive Menge des Giftes bzw. die Metabolisierungskapazitäten des Organismus in Echtzeit beobachten und zur Optimierung der Antidotgabe heranziehen zu können. Bei einem Großschadensfall mit vielen vergifteten Patienten würde ein vor Ort einsetzbarer Schnelltest helfen, die vorhandenen Antidot-Vorräte effizienter zu verwenden. Im Gegensatz zu TDM-Verfahren verbieten sich jedoch aus ethischen Gründen klinische Studien mit Probanden zur Entwicklung von Monitoring-Verfahren für Gifte und ihre Antidota. Zur Optimierung nutzt man bisher Fallstudien, Tierexperimente und In-Vitro-Untersuchungen an Gewebeprobe, die die Basis für die Entwicklung mathematischer Modelle bilden. Eine Validität, die der von etablierten TDM-Verfahren vergleichbar wäre, konnten diese Modellrechnungen bisher nicht erreichen.

Neue Ansätze zur Spezialdiagnostik verschiedener Giftstoffe werden derzeit sowohl im militärischen als auch zivilen Sektor verfolgt. Eine vielversprechende Methode der therapiebegleitenden Diagnostik von Organophosphat-Vergiftungen ist die Bestimmung des Cholinesterase-Status, die bisher als automatisiertes Verfahren am Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Bundeswehr etabliert werden konnte, aber noch keinen Routine-Laborparameter darstellt. Sie beinhaltet die Aktivität der Erythrozyten-Acetylcholinesterase, ihre Reaktivierbarkeit, die Plasma-Butyrylcholinesterase-Aktivität und die Hemmaktivität des Patientenplasmas. Damit werden alle erforderlichen Informationen zur effizienten Steuerung der Oximtherapie erhoben.

Ein mobiles, vor Ort verwendbares Testsystem für den Cholinesterase-Status wurde bereits entwickelt und ist seit kurzem kommerziell erhältlich (www.securetec.net).

1.6 Besonderheiten der Probenahme bei biologischen Agenzien

Biologische Agenzien können aufgrund von Naturkatastrophen, Laborunfällen, Havarien, kriminellen oder militärischen Operationen oder durch pandemische Seuchengeschehen Großschadenslagen auslösen. Die Herausforderung liegt in der großen Zahl denkbarer Szenarien und daran beteiligter Agenzien: Das Spektrum reicht von Bakterien, Rickettsien, Chlamydien, Pilzen und Viren bis hin zu gentechnisch veränderten Organismen (GVO). Sie können human- oder tierpathogen sein. Toxine werden zwar aus Mikroorganismen gewonnen, führen aber zu einer Vergiftung, nicht zu einer Infektionskrankheit; sie sind daher unter einsatzstrategischen Gesichtspunkten den chemischen Gefahrstoffen zuzuordnen. Im zweiten Teil dieses Kompendiums wird beispielhaft auf Botulinustoxin, Saxitoxin und Rizin näher eingegangen.

Die Probenahme bei Verdacht auf eine biologische Gefahrenlage weist einige Besonderheiten auf, sowohl bei der Gewinnung von Umwelt- als auch von Humanproben. Der bedeutendste Unterschied ist die Unsicherheit über die tatsächliche Kontamination, da ein verlässlicher Nachweis eines biologischen Gefahrstoffes direkt vor Ort zur Zeit noch nicht möglich ist. Bei radioaktiven Substanzen ließe sich deren Strahlung feststellen, und für Chemikalien existieren verschiedene Detektionsverfahren und -geräte unterschiedlicher Spezifität. Man kann also im Einsatz nur anhand von bereits aufgetretenen Symptomen bei Betroffenen oder anderen Begleitumständen (z. B. ein biologisches Sicherheitslabor als Unfallort, polizeiliche Erkenntnisse) die Notwendigkeit für eine Untersuchung auf stattgefundene Exposition der Einsatzkräfte ableiten. Manchmal kann das Vorliegen einer biologischen Gefahrenlage erst einige Zeit nach dem Einsatzereignis durch Surveillance-Instrumente (infektionsepidemiologische Beobachtung und Meldung ungewöhnlicher Krankheitsgeschehen) aufgedeckt werden.

Da B-Großschadenslagen durch die Weiterverbreitung der Erreger eine Eigen-dynamik entwickeln, können sie bei weiten Teilen der Bevölkerung, aber auch bei den beteiligten Einsatzkräften Ängste hervorrufen. Die kompetente Krisenkommunikation durch den ÖGD ist daher besonders wichtig: Es gilt, Betroffene

zu ermitteln, zu beraten und gegebenenfalls zu behandeln; Gesunde müssen über die tatsächlich vorhandene Gefährdung und Präventionsmaßnahmen aufgeklärt werden.

Die Probenahme beginnt mit der Organisation der erforderlichen Laborkapazitäten. Zu beachten ist die Eignung des Labors: die biologischen Gefahrstoffe werden in vier Risikogruppen eingeteilt, die sich nach der möglichen Schwere der Erkrankung, dem Infektionsrisiko, dem Ausbreitungsrisiko und den Therapiemöglichkeiten richten. Für die Diagnostik von Erregern aus der höchsten Risikogruppe 4 (z. B. Ebola- oder Marburg-Virus) existieren derzeit zwei Referenzlaboratorien in Deutschland. Die Diagnostik der niedrigeren Risikogruppen ist in zahlreichen weiteren Einrichtungen möglich. Gemäß den gesetzlich geregelten Melde- und Anzeigepflichten (Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG)) muss bei Bekanntwerden einer biologischen Gefahrenlage das zuständige Gesundheitsamt informiert werden. Dies ist zugleich ein kompetenter Partner für die Organisation der Probenahme. Das Robert-Koch-Institut in Berlin ist ebenfalls ein geeigneter Ansprechpartner für Fragen zur Koordination der Probenahme und Diagnostik; dort wird auch eine Liste mit Nationalen Referenzlaboratorien vorgehalten (www.rki.de, Tel.: 030/18754-0).

Mit dem Labor oder dem zuständigen Gesundheitsamt ist weiterhin abzuklären, ob wiederholte Probenahmen erforderlich sind (z. B. müssen bei Verdacht auf eine Exposition mit Anthraxsporen in den Folgetagen mehrfache Nasen-Rachen-Abstriche gewonnen und untersucht werden).

Als geeignete humane Probenmatrices spielen neben Blut und Urin verstärkt auch Sekrete, Stuhl, Erbrochenes und Abstriche von Schleimhäuten eine große Rolle. Teils kann auch die Entnahme von Liquor (Lumbalpunktion) oder eine Biopsie vonnöten sein; diese Verfahren eignen sich aber nur bedingt zur Durchführung von Reihenuntersuchungen und sollten nur nach ärztlicher Indikation vorgenommen werden.

1.6.1 Entnahmematerialien

Durch die Verwendung sterilen Entnahmematerials trägt man nicht nur der Tatsache Rechnung, dass durch das Fehlen fremder Keime die Stabilität und

Lagerfähigkeit der Probe erhöht wird, sondern gewährleistet im Fall einer mikrobiologischen Fragestellung entscheidend die Qualität des Untersuchungsergebnisses.

Wird eine Probe eines bereits Erkrankten eingesandt, kann die Information des Labors über aufgetretene Symptome und die Krankheitsgeschichte die Auswahl spezifischer Analyseverfahren unterstützen und so die zielgerichtete Diagnostik beschleunigen.

Es wird empfohlen, jeweils vier Teilmengen einer Probe zu gewinnen: eine für eine einfache, orientierende Schnelluntersuchung wie z. B. Mikroskopie, die drei weiteren für spezialisierte Analyseverfahren wie z. B. Kulturversuche, immunologische Verfahren oder PCR-Analyse.

Zusätzlich zu den bereits im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Entnahmematerialien werden für mikrobiologische Untersuchungen oft spezielle Transportgefäße benötigt, die mittels Transportmedien (Gelatine oder Agar mit Pufferlösung, Elektrolyten, etc.) die evtl. vorhandenen Erreger eine Zeit lang vital erhalten. Je nach vermutetem Erreger müssen unterschiedliche Medien verwendet werden. Daher ist die Absprache mit dem Labor dringend zu empfehlen.



Abb. 11 Abstrichröhrchen

Abstriche werden mittels kleiner, steriler Wattetupfer, Bürsten oder Spatel an einem Holz- oder Kunststoffstiel von Schleimhäuten gewonnen und in dem dazugehörigen Transportröhrchen verpackt (Abbildung 11). Dieses kann ein Universalmedium (aus Agar, Proteinen, Elektrolytlösung) enthalten, das die meisten Mikroorganismen transportfähig erhält. Da Tupferabstriche eine

nichtinvasive und unkomplizierte Probenahme darstellen, ist die Bevorratung von Abstrichröhrchen mit einem Universalmedium sinnvoll. Es gibt aber auch bestimmte Erreger wie z. B. Chlamydien oder Viren, die nur in Spezialmedien überleben. In diesen Fällen sollte das beauftragte Labor die speziellen Abstrichröhrchen bereitstellen.

Blutkulturflaschen sind Ampullen mit einem Anreicherungsmedium für lebende Mikroorganismen, die direkt nach der Probenahme mit je 5–10 ml Vollblut beimpft werden (Abbildung 12). Man verwendet sie immer paarweise: Eine Kulturflasche wird belüftet und dient dem Nachweis aerober Erreger, die andere wird anaerob (unter Sauerstoffausschluss) bebrütet. Für die Blutentnahme wird ein normales Entnahmebesteck benötigt, mit einer Einmalspritze mit Kanüle überführt man das Blut in die Kulturflaschen. Auf gründliche Desinfektion der Hautoberfläche und des Kulturflaschen-Septums ist zu achten. Die beimpften Flaschen werden nun direkt im Labor bebrütet, sie können aber auch, wenn ein Transport ins Labor nicht sofort möglich ist, bei Raumtemperatur 1–2 Tage zwischengelagert werden. Die Auskühlung der Blutkultur sollte möglichst vermieden werden, d. h. im Winter nur in geheizten Räumen zwischenlagern.



Abb. 12 Blutkulturflaschen

1.7 Mikrobiologische Nachweisverfahren

1.7.1 Mikroskopische Verfahren

Die Lichtmikroskopie ist ein direktes Nachweisverfahren für Bakterien und Pilze, die Elektronenmikroskopie kann auch Viren erfassen. Mit ihnen kann eine erste Schnelldiagnostik aus den verschiedensten Matrices durchgeführt werden, allerdings müssen relativ hohe Erregerkonzentrationen vorliegen.

1.7.2 Kultur/Anzucht von Erregern

Die Anzucht von Bakterien und Pilzen gelingt mit Blutkulturflaschen, speziellen Nährböden, Nährbouillon oder in Tierversuchen. Viren benötigen lebende Zellkulturen zur Vermehrung. Prinzipiell kann man Erreger aus allen Matrices kultivieren, zur Matrixauswahl sind daher die besonderen Eigenschaften wie Organspezifität und Ähnliches des vermuteten Erregers zu beachten. Bei Probenahme und Transport müssen die vorgeschriebenen Bedingungen (Temperatur, Medium, Transportgefäß etc.) sehr gewissenhaft beachtet werden, damit der Erreger lebensfähig bleibt. Kulturversuche liefern einen direkten Nachweis des Erregers, dauern aber mehrere Tage, bis sie ausgewertet werden können.

1.7.3 Polymerase-Kettenreaktion (PCR)-Analyse

Bei diesem molekularbiologischen Verfahren können schon geringe Mengen von Mikroorganismen-DNA mit Hilfe des Enzyms DNA-Polymerase vermehrt und anschließend detektiert werden. Die PCR-Analyse ermöglicht also einen direkten Nachweis von Bakterien oder Pilzen im Blut. Will man Viren nachweisen, muss man die RT-PCR anwenden, wobei die Virus-RNA zuerst mit dem Enzym Reverse Transkriptase (RT) in DNA umgeschrieben wird. Verwendet wird Vollblut aus EDTA-Monovetten®. Die Methode ist sehr empfindlich gegenüber sekundärer Kontamination während der Probenahme und Vorbereitung, kann

aber z. B. in der Variante der Real-Time-PCR schon nach 8 Stunden ein Ergebnis liefern. Das PCR-Analyse-Ergebnis erlaubt allerdings keine Aussage darüber, ob die detektierten Organismen lebensfähig oder tot waren.

1.7.4 Antigennachweis

Antigene sind Strukturen oder höhermolekulare Bestandteile eines Erregers, die für die spezifische Immunantwort des menschlichen Organismus eine Bindungsstelle bieten. Ihre Detektion mit Hilfe eines markierten Antikörpers liefert einen direkten Nachweis des betreffenden Erregers. Gängige Methoden sind die Immunfluoreszenz, der Agglutinationstest oder der Immunosorbenstest (ELISA). Sie sind in der Regel schnell und robust, aber dafür weniger sensitiv als die PCR oder Kulturversuche. Außerdem stehen nicht für alle Erreger die benötigten Test-Liganden zur Verfügung. Das Labor informiert über die immunologischen Nachweismöglichkeiten und das benötigte Material für den Einzelfall.

1.7.5 Antikörpernachweis

Antikörper stellen die spezifische Antwort des Immunsystems auf eine Infektion dar. Ihr Nachweis zeigt also indirekt einen Kontakt mit einem Erreger an, der sowohl einen klinischen als auch einen asymptomatischen Verlauf aufweisen kann. Auch hier wird mit immunologischen Methoden gearbeitet (Immunfluoreszenz, Agglutination, Neutralisationstest, Immunosorbenstest), meist wird dazu Patientenserum benötigt. Antikörper bilden sich erst zeitverzögert nach der Infektion, ihr Nachweis ist danach über mehrere Wochen möglich. Allerdings kann das Ergebnis nicht als Beweis einer akuten Infektion herangezogen werden, es bekommt erst Aussagekraft, wenn man den Titerverlauf des Antikörpers in mehreren Proben verfolgen kann.

1.8 Humanbiomonitoring von radioaktiven Metallisotopen

Zum Nachweis einer Exposition gegenüber radioaktiven Substanzen werden die biologische Dosimetrie (Chromosomenanalyse), In-vivo-Messungen (Ganz- oder Teilkörperzähler) und In-vitro-Messungen bzw. die Ausscheidungsanalytik angewendet. In diesem Kapitel wird vorrangig auf die Analytik einer potenziellen radioaktiven Inkorporation eingegangen. Bei Fragen zur Dosisabschätzung, zur Strahlenwirkung und deren Therapie wird auf das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS; www.bfs.de) als beratende Stelle und auf die Fachliteratur verwiesen.

Radioaktivität kann auf drei verschiedenen Wegen auf den Menschen einwirken:

- durch Strahlung
- durch Kontamination mit radioaktiven Stoffen
- durch Inkorporation radioaktiver Stoffe

Eine direkte Strahleneinwirkung kann man durch Abschirmen und Entfernen von der Strahlenquelle unterbrechen. Eine Kontamination, also eine äußerliche Verunreinigung mit radioaktivem Material, kann man durch Dekontaminationsmaßnahmen entfernen. Eine Inkorporation bedeutet die Aufnahme radioaktiven Materials in den Körper; die strahlende Substanz wird in den Stoffwechsel einbezogen, im Körper angereichert oder auf biologischem Wege ausgeschieden. Bis zum Verlassen des Körpers kann die Substanz sowohl chemisch-toxisch als auch radiotoxisch auf diesen einwirken.

Über die Auswirkungen der Strahlung auf den Organismus entscheiden die physikalischen Strahlungseigenschaften – Strahlungsart, Energie der Strahlung, physikalische Halbwertszeit – und die biologischen Eigenschaften – Organspezifität, Kumulation und Eliminationsgeschwindigkeit. Möglich sind Schäden somatischer und genetischer Art; sie können verzögert oder akut auftreten (Strahlenkrankheit).

Radioaktive Stoffe liegen meist in fester Form, seltener flüssig oder gasförmig vor. So können sie eingeatmet, über die Nahrung oder über Hautverletzungen in den Körper aufgenommen werden. Prinzipiell zeigen sie das gleiche Verhalten wie ihre stabilen Analoga, sodass sie für toxikologische Untersuchungsmethoden ebenso zugänglich sind. Radioaktive Materialien, die bei Unfällen, militärischen oder kriminellen Aktivitäten freigesetzt werden können, bestehen nur selten aus der Reinsubstanz eines Nuklids, sondern enthalten Stoffgemische verschiedener Isotope. Diese können dem Hauptnuklid vor der Freisetzung beigemischt worden sein, oder sie entstanden während der Freisetzung entsprechend der natürlichen Zerfallsreihen. Fast immer ist Uran in solchen Isotopengemischen zu finden, sodass es sich empfiehlt, Uran als Leitsubstanz in der HBM-Analytik zu nutzen. Hinzu kommt, dass für Uran aufgrund seiner langen physikalischen Halbwertszeit Kalibrierstandards zur Verfügung stehen, die es für kurzlebige Isotope, wie z. B. ^{131}I nicht gibt. In der Methodensammlung „Analysen in biologischem Material“ der DFG ist ein validiertes HBM-Verfahren für ^{232}Th und ^{238}U beschrieben.

Der Inkorporationsnachweis kann als Ganzkörpermessung (in vivo) oder als Ausscheidungsanalyse (in vitro) durchgeführt werden. Zuständig hierfür ist das Bundesamt für Strahlenschutz bzw. die von ihm behördlich bestimmten Messstellen oder die Regionalen Strahlenschutzzentren, an die sich der verantwortliche Arzt oder Einsatzleiter wenden sollte. Hier wird letztendlich über die Messmethode entschieden.

Zur Kontaktaufnahme:

*Bundesamt für Strahlenschutz
Abteilung SG 1 Wirkungen und Risiken ionisierender
und nichtionisierender Strahlung
Dr. Jung
Telefon 030/183332200
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim/Neuherberg*

Soll eine Ausscheidungsanalyse vorgenommen werden, so geschieht dies mit Hilfe von 24h-Sammelurin. Als Sammelbehälter werden vom Messlabor vorge-reinigte Gefäße vorbereitet und zur Verfügung gestellt. Der Sammelurin muss mit Salpetersäure (ca. 10 ml 65 %ige HNO_3 /Liter Urin) angesäuert werden, wenn die Analyse nicht sofort durchführbar ist. Der Analyt ist in der Regel sehr

beständig und kann über längere Zeit gelagert werden, allerdings ist die Urinmatrix bei +4° C nicht unbegrenzt lagerfähig. Für die längerfristige Lagerung (> 1 Woche) empfiehlt sich daher das Einfrieren der Probe bei -18° C.

Die Urinprobe gilt als potenziell radioaktiv belastetes Material und muss daher vor dem Transport auf Strahlungsaktivität geprüft und behördlich freigegeben werden. Ist sie freigegeben, sind die gängigen Vorschriften zum Versand von biologischen Materialien zu beachten.

Die DFG-Methode verwendet Sektorfeld-Inductively-Coupled-Plasma-Massenspektrometrie (SF-ICP-MS) oder Quadrupol-Inductively-Coupled-Plasma-Massenspektrometrie (Q-ICP-MS). Mit der SF-ICP-MS kann der umweltbedingte Konzentrationsbereich einer Uran-Hintergrundbelastung erfasst werden. Es ist allerdings zu beachten, dass einige Mineralwässer in Deutschland erhöhte Urangelhalte aufweisen. Ihr Konsum sollte daher anamnestisch erfasst und in die Interpretation der Messergebnisse einbezogen werden.

Der Nachweis inkorporierter Radionuklide mittels etablierter HBM-Methoden ist von hohem Interesse, da er auf einen Zusammenhang zwischen einem Strahlenereignis und einer erfolgten Schädigung hinweisen kann. Man sollte ihn als wertvolle Ergänzung zur biologischen Dosimetrie verstehen. So ist durchaus der Fall denkbar, dass die chemisch-toxische Schädigung gegenüber der radio-toxischen Schädigung überwiegt. Je nachdem, welches Radionuklid nachgewiesen wurde, kann die Belastung durch Einleitung von Dekorporationsmaßnahmen verringert werden. Zudem kann ein Schadensereignis mit Beteiligung radioaktiver Stoffe bei allen Beteiligten große Ängste bezüglich der Eigengefährdung während des Einsatzes auslösen. Durch sachliche Information und transparente Kommunikation, aber auch durch die umfassende medizinische und toxikologische Betreuung kann solchen Ängsten wirkungsvoll begegnet werden. Hilfestellungen zum psychosozialen Krisenmanagement in CBRN-Lagen finden sich auf der Homepage des BBK (www.bbk.bund.de).

2

Spezieller Teil

2.1 Stoffprofile

2.1.1 Aufbau der Stoffprofile

Die nachfolgenden einzelnen Stoffprofile stellen eine kurze Charakterisierung der in der Stoffliste des Forschungsprojekts „Gefahrenpotenziale von chemischen Kampfstoffen und toxischen Industriechemikalien – das Punktesystem“ ausgewählten bevölkerungsschutzrelevanten Gefahrstoffe dar (Schriften der Schutzkommission Band 1 (2009)). Sie sollen dem Benutzer eine erste Einschätzung des Gesundheitsrisikos nach einer Exposition gegenüber dem jeweiligen Stoff ermöglichen und Möglichkeiten zur Expositionserfassung durch HBM aufzeigen. Die Beratung durch fachkundige Personen können sie jedoch nicht ersetzen. Für im Kompendium nicht genannte Stoffe sei auf das kostenlose Biomonitoring-Auskunftssystem der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) hingewiesen (www.baua.de/biomonitoring). Hier kann nach Biomonitoring-Informationen zu über tausend Gefahrstoffen und Gefahrstoffgruppen gesucht werden.

Die Profile beginnen mit der Benennung des Stoffes in deutsch und englisch, gelegentlich wird auch noch eine gebräuchliche Abkürzung oder ein Trivialname, unter dem der Stoff allgemein bekannt ist, genannt. Zur korrekten Identifizierung gehören – so vorhanden – die UN-Nummer und die CAS-Nummer.

Es werden Beurteilungskriterien zur Einstufung des jeweiligen Stoffes aufgeführt, soweit sie zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit verfügbar waren. Dies sind die für Gefahrstoffunfälle entwickelten Beurteilungswerte (ETW, AEGL), die für den Stoff vorliegenden Beurteilungswerte am Arbeitsplatz mit Einstufungen (MAK mit Spitzenbegrenzung, AGW) sowie die biologischen Werte (BAT, BGW, BAR, BLW, EKA). Sie sollen eine grobe Abschätzung des Gefährdungspotenzials einer Stoffexposition ermöglichen. Für die aktuellen Definitionen der genannten Beurteilungswerte und Einstufungen sowie zur Aktualisierung der genannten Werte (Stand des Kompendiums: Februar 2011)

wird auf die jeweils neueste MAK- und BAT-Werte-Liste (Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, www.wiley-vch.de) und die Internetadressen der BAUA (www.baua.de), des Umweltbundesamtes (UBA, www.uba.de), der United States Environmental Protection Agency (US EPA, www.epa.gov) sowie der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes Referat 10 „Umweltschutz“ (www.vfdb-10.de) verwiesen.

Die zu erwartenden toxischen Effekte der Stoffe werden im nächsten Abschnitt zusammengefasst. Soweit bekannt, werden Angaben zur Toxikokinetik (Aufnahmewege, Resorption, Metabolismus, Elimination) und zur toxischen Wirkung (Wirkort, Reizwirkung, akute Toxizität, Spätfolgen einer Intoxikation, chronische Toxizität bei langfristiger Exposition) gemacht. Aufgrund der Konzeption als komprimierte Übersicht kann hier keine vollständige toxikologische Abhandlung erfolgen. Die aufgezählten Effekte sind mitunter dosisabhängig oder treten nur nach der Exposition über einen bestimmten Aufnahmeweg auf. Eine Differenzierung der einzelnen Symptome würde den Rahmen dieses Kompendiums sprengen. Zur Diagnose einer erfolgten Intoxikation müssen die Betroffenen auf jeden Fall einem Arzt vorgestellt werden.

Die für HBM geeigneten Probenmatrices, eventuell zu berücksichtigende Besonderheiten des Entnahmematerials, notwendige Aufarbeitungsschritte und der geeignetste Zeitpunkt oder Zeitraum der Probenahme, werden, soweit bekannt, genannt. Zu den Möglichkeiten der Lagerung der Proben werden Anhaltspunkte gegeben (Lagertemperatur, Stabilität des Analyten). Nachfolgend wird die empfohlene HBM-Methode beschrieben. Die erforderliche Analysetechnik, der Analyt (Stoff, Metabolit, Addukt oder biochemischer/biologischer Effektparameter) sowie die Nachweisgrenze der Methode (engl. limit of detection-LOD) werden aufgeführt. Um die mögliche Aussagekraft der mit dieser Methode ermittelten HBM-Ergebnisse einschätzen zu können, wird eine kurze Bewertung der Methode angefügt. Sie erfolgt aufgrund des Grades der Standardisierung/Validierung der jeweiligen Methode:

- Die höchste Wertigkeit wird Methoden zugewiesen, die von anerkannten Fachgesellschaften, Institutionen oder regulatorischen Organen validiert und veröffentlicht wurden (sogenannte „Standard Operating Procedures“ (SOP)). Ihr Vorteil liegt in der allgemeinen Verbreitung der Verfahren, meist verfügbaren Referenzwerten und der guten Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Messungen.

- Untergeordnet werden Methoden bewertet, die in der wissenschaftlichen Fachliteratur veröffentlicht und diskutiert wurden, aber noch nicht von den oben genannte Institutionen standardisiert sind. Ihre Anwendung bleibt meist spezialisierten Labors mit entsprechender Technik vorbehalten, die Auswertung der Ergebnisse erfordert Fachexpertise, Referenzwerte fehlen oftmals.
- Eine geeignete Methode oder eine zuverlässige Quelle für eine Methode ließen sich bei Erstellung dieses Kompendiums nicht ausfindig machen. Es wird empfohlen, Proben (bevorzugt Urinproben) zur Beweissicherung zu gewinnen und sich mit fachkundigen Analytikern zwecks einer Methodenentwicklung in Verbindung zu setzen.

Zur Bewertung finden sich noch Hinweise auf Vorteile der verwendeten Technik, zu Besonderheiten bei der Anamnese, der Durchführung der Probenahme oder zur Aussagekraft der Ergebnisse.

Abschließend finden sich Angaben zum Literatureinstieg. In der Regel wird die Quelle der empfohlenen Methode zitiert, außerdem gibt es Quellen zur Beurteilung der Toxikologie des jeweiligen Stoffes. Die Zitate sind primär als Interpretationseinstieg für befundende Ärzte gedacht.

2.1.2 Liste der Stoffbezeichnungen und Synonyma

Substanz	Synonyma	englisch	UN-Nr.	CAS-Nr.
Acrylnitril	Acrylsäurenitril, Vinylcyanid	acrylonitrile	1093	107-13-1
Amiton	VG, Tetram, O,O-Diethyl-S-(2-diethylaminoethyl)thiophosphat, Metramac	VG, tetram	–	78-53-5
Ammoniak	–	ammonia	1005	7664-41-7
Arsenwasserstoff	Monoarsan, Arsin	arsine	2188	7784-42-1
Benzol	Benzen, Cyclohexatrien	benzene	1114	71-43-2
Blausäure	Cyanwasserstoff, Hydrogencyanid, Formonitril, Ameisensäurenitril	hydrogen cyanide	1051 1613 1614	74-90-8
Bortrichlorid	Borchlorid, Trichlorboran	boron trichloride	1741	10294-34-5
Bortrifluorid	Trifluorboran	boron trifluoride	1008	7637-07-2
Botulinumtoxin	Botulin	botulinum toxin		93384-43-1



Substanz	Synonyma	englisch	UN-Nr.	CAS-Nr.
Brom	–	bromine	1744	7726-95-6
Bromwasserstoff	Hydrogenbromid	hydrogen bromide	1048	10035-10-6
Benzilsäureester	BZ, 3-Chinuclidinylbenzilat	3-quinuclidinyl benzilate, BZ		6581-06-2
Carbamate	–	carbamates	–	–
Chlor	–	chlorine	1017	7782-50-5
Chloroform	Trichlormethan, Methinchlorid	chloroform	1888	67-66-3
Chlorpikrin	Trichlornitromethan, Nitrochloroform	chloropicrine	1580	67-06-2
Diboran	Borethan, Diborhexahydrid	diborane, boroethane, boron hydride	1911	19287-45-7
Dioxin	2,3,7,8-TCDD, 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	dioxin	–	1746-01-6
Ethylenoxid	Dimethylenoxid, 1,2-Epoxyethan, Oxacyclopropan, Oxiran	ethylene oxide, epoxyethane	1040	75-21-8
Fluor	–	fluorine	1045	7782-41-4
Fluorwasserstoff	–	hydrogen fluoride	1052	7664-39-3
Furan	Furfuran, Oxacyclopentadien	furane, furfuran, oxole	2389	110-00-9
Kohlendisulfid	Schwefelkohlenstoff	carbon disulfide	1131	75-15-0
Kohlenmonoxid	Kohlenstoffmonoxid	carbon monoxide	1016	630-08-0
Lewisit	2-Chlorvinylidichlorarsin	lewisite	3280	541-25-3
Methylisocyanat	MIC, Isocyansäuremethylester	methyl isocyanate, methyl carbylamine	2480	624-83-9
N-Lost	HN-1, HN-2, HN-3 Bis-(2-chlorethyl)-ethylamin, Bis-(2-chlorethyl)methylamin, Tris-(2-chlorethyl)-amin	nitrogen mustard	–	538-07-8, 51-75-2, 555-77-1
Organo-phosphate	Alkylphosphate, Phosphorsäureester	organophosphates	–	–
Parathion	E 605, Thiophos, Parathionethyl	parathion, diethyl parathion	3278	56-38-2
Perfluoriso-buten	PFIB, Perfluorisobutylene	perfluoroisobutene, perfluoroisobutylene, octafluoroisobutylene	–	382-21-8
Phenol	Carbol, Hydroxybenzol	phenol, carbolic acid, phenyl alcohol	1671	108-95-2
Phosgen	Carbonylchlorid, Chlorkohlenoxid, Kohlsäuredichlorid	phosgene, CG, carbon oxychloride, carbonyl dichloride	1076	75-44-5

Substanz	Synonyma	englisch	UN-Nr.	CAS-Nr.
Phosphortrichlorid	Phosphor(III)-chlorid	phosphorus trichloride, phosphorous chloride	1809	7719-12-2
Phosphorylchlorid	Phosphoroxychlorid, Phosphortrichloridoxid, Phosphoryltrichlorid	phosphoryl chloride, phosphorus oxychloride	1810	10025-87-3
Rizin	–	ricin	–	9009-86-3
Salpetersäure	Hydrogennitrat, Scheidewasser	nitric acid, aqua fortis, spirit of nitre, hydrogen nitrate	2032	7697-37-2
Salzsäure	Chlorwasserstoffsäure	hydrochloric acid, muriatic acid	1789	7647-01-0
Sarin	Methylfluorophosphonsäureisopropylester	GB, sarin	–	107-44-8
Saxitoxin	STX, PSP	STX, PSP paralytic shellfish poisoning	–	35523-89-8
Schwefeldioxid	Schwefligsäureanhydrid	sulfur dioxide, sulfurous anhydride	1079	7446-09-5
Schwefelsäure	Dihydrogensulfat, E 513, Vitriolöl	sulfuric acid	1830	7664-93-9
Schwefelwasserstoff	Wasserstoffdisulfid, Sulfan, Dihydrogensulfid, Sauergas	hydrogen sulfide	1053	7783-06-4
Senfgas	Bis(2-chlorethyl)sulfid, S-Lost, Gelbkreuz-Kampfstoff, Yperit	sulfur mustard, lost, mustard gas	–	505-60-2
Soman	GD, (1,2,2-Trimethylpropyl) methanfluorophosphonat, Pinacolylmethylphosphonofluoridat	GD; Phosphonofluoridic acid, methyl-, 1, 2, 2-trimethylpropylester;	–	96-64-0
Stickstoffoxide	Stickoxide, Nitrose Gase, NOx	nitrogen oxides	–	–
Tabun	Dimethylphosphoramidocyanidsäureethylester	GA, Ethyl N,N-Dimethylphosphoramidocyanidate	–	77-81-6
Tetrachlorethan	1,1,2,2-Tetrachlorethan, Acetosol	s-tetrachloroethane, acetylene tetrachloride	1702	79-34-5
Tetrachlormethan	Tetrachlorkohlenstoff, Tetra	carbon tetrachloride, tetrachloromethane, tetraform, freon 10, perchloromethane	1846	56-23-5
Vinylchlorid	VC, Chlorethen	chloroethylene, vinyl chloride monomer, VCM	1086	75-01-4
VX	O-Ethyl-S-2-diisopropylaminoethylmethylphosphonothiolat	Ethyl [[2-[di(propan- 2-yl) amino] ethylsulfanyl] methylphosphinate	–	50782-69-9

2.1.3 Stoffe

2.1.3.1 Stoffprofil Acrylnitril

Acrylnitril; acrylonitrile UN-Nr. 1093 CAS-Nr. 107-13-1	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 20 ppm; AEGL-2 (4h): 16 ppm (US EPA, vorläufig);</p> <p>MAK: –, Einstufung: Gefahr der Hautresorption und der Sensibilisierung der Haut, Krebs erzeugend Kategorie 2; AGW: –</p> <p>BAT: –, BGW: –, BAR: 0,3 µg N-(2-Cyanoethyl)valin/L Blut (Nichtraucher); BLW: –; EKA: + (MAK- u. BAT-Werte-Liste): N-(2-Cyanoethyl)valin (Erythrozyten)</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal oder oral möglich; Verteilung in alle Gewebe; Ausscheidung überwiegend renal</p> <p>Wirkorte: Haut, Schleimhäute, ZNS</p> <p>Reizwirkungen: Irritation von Atemwegen, Haut, Augen; Juckreiz, Hautrötung</p> <p>Akute Toxizität: Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Zyanose, Speichel-/Tränenfluss, Schwächeanfall, Krämpfe, Kollaps; eventuell Halluzinationen, Tachykardie, Nervenreizungen, leichter Ikterus</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: leichte Anämie, Lethargie, Depression; kanzerogen und teratogen im Tierversuch</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: 5 ml Vollblut in EDTA-Blutröhrchen, sofort Erythrozyten abtrennen und lysieren</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: keine Beschränkung</p> <p>Lagerung: nach Herstellung eines Erythrozytenhämolysats</p> <p>1 Tag bei 0-4°C, länger bei -18°C; isoliertes Globin bei -20°C bis 3 Monate</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: GC/MS-Methode mit SIM-Detektion nach Globin-Isolierung und Derivatisierung</p> <p>Nachweis Addukt: N-(2-Cyanoethyl)valin (Hb-Acrylnitril-Addukt; LOD: 0,3 µg/L Blut)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG; Probenahme bis maximal 120 Tage nach möglicher Exposition sinnvoll (Erythrozytenlebensdauer), bei 2 Proben aus diesem Zeitraum ist eine Berechnung des Adduktlevels am Tag 0 möglich</p> <p>Hinweis: Es existiert auch eine Methode für Urin, sie ist aber noch nicht hinreichend validiert</p>

Acrylnitril; acrylonitrile**UN-Nr. 1093 CAS-Nr. 107-13-1****Literatureinstieg**

Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2006): Toxicological Profile for Acrylonitrile. Link: <http://www.atsdr.cdc.gov/>

Bader M, Wribitzky R (2006): Follow-up biomonitoring after accidental exposure to acrylonitrile – Implications for protein adducts as a dose monitor for short-term exposures. *Toxicol Lett* 162, 125-131

Benz F, Nerland D, Corbett D, Li J: Biological Markers of Acute Acrylonitrile Intoxication in Rats as a Function of Dose and Time. *Fundamental and Applied Toxicology* 1997, 36: 141-148

Perbellini L, Ganzi A, Venturi G, Cerpelloni M, Brugnone F: Biological monitoring of acrylonitrile exposure. *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia* 1998, 20(1): 10-14

Schettgen T, Musiol A, Alt A, Ochsmann E, Kraus T: A method for the quantification of biomarkers of exposure to acrylonitrile and 1,3-butadiene in human urine by column-switching liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical Bioanalytical Chemistry* 2008, 393: 969-981

Sittert NJ van: N-2-Cyanoethyl-Valin, N-2-Hydroxyethyl-Valin, N-Methyl-Valin (zum Nachweis einer Belastung/Beanspruchung durch Acrylnitril, Ethylenoxid, sowie methylierende Substanzen). In: *Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material*. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1996, 12. Lieferung

Sweeney L, Gargas M, Strother D, Kedderis G: Physiologically Based Pharmacokinetic Model Parameter Estimation and Sensitivity and Variability Analyses for Acrylonitrile Disposition in Humans. *Toxicological Sciences* 2003, 71: 27-40

Symons J, Kreckmann K, Sakr C, Kaplan A, Leonard R: Mortality Among Workers Exposed to Acrylonitrile in Fiber Production: An Update. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2008, 50: 550-560

Tarskikh M: Damage to Erythrocyte Membranes as the Mechanism for Acrylate Toxicity. Translated from *Byulleten' Eksperimental'noi Biologii i Meditsiny* 142, Nr. 12, 646-648. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* 2006, 142(6): 690-692

2.1.3.2 *Stoffprofil Amiton*

Amiton; Tetram, VG UN-Nr. – CAS-Nr. 78-53-5 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal oder oral; systemische Verteilung, z. T. Einlagerung in das Fettgewebe, irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE) Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut Reizwirkungen: – Akute Toxizität: Speichel-, Schweiß-, Tränenfluss, Miosis, Muskelzittern, Schwäche, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Krämpfe, Diarrhoe, Atembeschwerden, Lungenödem, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten [®] ; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4 -8°C bis zu 2 Tage
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l) Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für die synaptische AChE unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des Cholinesterase (ChE)-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharm-Tox der Bundeswehr etabliert
Literatureinstieg	Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11): 340-349 Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. Clinica Chimica Acta 2006, 366: 1-13 Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005

Amiton; Tetram, VG**UN-Nr. – CAS-Nr. 78-53-5****Chemischer Kampfstoff**➔ **Literatureinstieg**

Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.3 *Stoffprofil Ammoniak*

Ammoniak; ammonia UN-Nr. 1005 CAS-Nr. 7664-41-7	
Beurteilungswerte	ETW: 110 ppm; AEGL-2 (4h): 110 ppm (US EPA, final); MAK: 20 ppm Spitzenbegrenzung: I (2), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: 20 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme vor allem inhalativ, Penetration von Haut und Schleimhäuten in darunterliegendes Gewebe; Ausscheidung über Atemluft, Urin, oder Metabolisierung zu Harnstoff und Glutamin Wirkorte: Haut, Atemwege, vor allem lokale Wirkung Reizwirkungen: Reizungen an Augen, Atemwegen, Haut Akute Toxizität: starke Hautverätzungen (vor allem durch Ammoniaklösung), Augenschädigungen (eventuell latent), Übelkeit, Riechstörungen, Atembeschwerden, später Atemwegsentszündung; bei sehr hoher Exposition Laryngospasmus, Glottis-, Lungenödem, reflektorischer Atem-/Herzstillstand Chronische Toxizität/Spätfolgen: chronische Atemwegserkrankungen, Lungenfunktionseinschränkung
Humanbiomonitoring-Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring-Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine HBM-Methode zur Abschätzung der inneren Exposition verfügbar wegen endogener, viel höherer Ammoniakproduktion und anpassungsfähigem Metabolismus
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2004): Toxicological Profile for Ammonia. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Ammoniak. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp

2.1.3.4 Stoffprofil Arsenwasserstoff

Arsenwasserstoff; arsine UN-Nr. 2188 CAS-Nr. 7784-42-1	
Beurteilungswerte	ETW: 0,04 ppm; AEGL-2 (4h): 0,04 ppm (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: 0,005 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, gute Resorption; Metabolisierung in der Leber, renale Ausscheidung Wirkorte: Erythrozyten, Nieren, Leber, Herz, Lungen Reizwirkungen: selten Augen-, Atemwegsreizung Akute Toxizität: mit 2-24 Stunden Latenz: Kopfschmerz, Übelkeit, Bauchschmerzen, Diarrhoe, Benommenheit, Erbrechen, taube oder kalte Extremitäten, Hämolyse, dunkelroter Urin, Ikterus, Nierenschäden, Leberschwellung, Fieber, Lungenödem, Herzschädigung, Tod durch Herzversagen oder Anoxie Chronische Toxizität/Spätfolgen: Störungen des Allgemeinbefindens, Sklerenikterus, Anämie, periphere Neuropathien, selten Hautveränderungen (Mees'sche Bänder)
Humanbiomonitoring-Probenahme	Probenmaterial: bevorzugt Sammelurin (alternativ: Morgenurinprobe), in PE-Flaschen Zeitraum/-punkt Probenahme: Beginn Sammlung ca. 4 – 8 Stunden nach Exposition, bzw. Morgenurin am Folgetag; Ernährung der vorhergehenden 3 Tage protokollieren Lagerung: bis zu 48 h bei 2-8°C, bis zu 6 Monaten bei -18°C
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: differenzierte Arsen-Speziesanalyse mittels HPLC und Hydrid-AAS Nachweis Metabolit: As(III), As(V), Monomethylarsensäure (MMA), Dimethylarsensäure (DMA) (LOD: 0,9 – 2,3 µg/L Urin, speziesabhängig) Bewertung der Methode: SOP der DFG; Differenzierung der einzelnen Arsenmetaboliten sinnvoll, da sie unterschiedliche toxikologische Relevanz haben; Fisch/Meeresfrüchte innerhalb von 3 Tagen vor Probenahme verfälschen eventuell das Messergebnis; Hinweis: Haar-/Nagelanalysen möglich zur Abschätzung einer weiter zurückliegenden Exposition
Literatureinstieg	Begerow J, Dunemann L, Sur R: Arsenspezies (As(III), As(V), Monomethylarsensäure, Dimethylarsensäure). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg. v. Greim H; Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim 1976-2008



Arsenwasserstoff; arsine

UN-Nr. 2188 CAS-Nr. 7784-42-1

➔ **Literatureinstieg**

Bekanntmachung des Umweltbundesamtes (2003): Stoffmonographie Arsen – Referenzwert für Urin. Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 46: 1098-1106

BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Arsenwasserstoff. Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

Hakala E, Pyy L: Assessment of exposure to inorganic arsenic by determining the arsenic species excreted in urine. Toxicology Letters 1995, 77: 249-258

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.5 Stoffprofil Benzol

Benzol; benzene UN-Nr. 1114 CAS-Nr. 71-43-2	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 20 ppm; AEGL-2 (4h): 400 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebserzeugend Kategorie 1, Keimzellmutagen Kategorie 3A; AGW: –</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: + (MAK- u. BAT-Werte-Liste): Benzol im Vollblut, S-Phenylmerkaptursäure und trans, trans-Muconsäure im Urin</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal;</p> <p>Wirkorte: ZNS, Knochenmark</p> <p>Reizwirkungen</p> <p>Akute Toxizität: Schwindel, Schläfrigkeit, Übelkeit, Kopfschmerzen, Lungenödem, Atemstillstand, Herzstillstand</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Schleimhautirritationen der Atemwege, Anämie, Leukämie</p>
Humanbiomonitoring-Probenahme	<p>Probenmaterial:</p> <p>2 ml Vollblut in Headspace-Stechampulle mit EDTA (in der Regel vom HBM-Labor bereitgestellt)</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: direkt nach Expositionsende Lagerung: bei +4°C bis 3 Tage, bei -20°C bis 4 Wochen</p> <p>Urin, in PE-Flaschen (angesäuert nach Vorgabe des HBM-Labors)</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: direkt nach Expositionsende</p> <p>Lagerung: bei +4°C bis 5 Tage, bei -20°C bis 4 Wochen</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Headspace-GC-Analysemethode (LOD: 3 µg Benzol/L Blut)</p> <p>Nachweis Substanz: Benzol</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG;</p> <p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: GC/MS-Methode (LOD: 1 µg S-Phenylmerkaptursäure/L Urin)</p> <p>Nachweis Metabolit: S-Phenylmerkaptursäure</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG;</p> <p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: HPLC-Methode mit UV-Detektion (Dioden-Array-Detektion) (LOD: 0,1 mg t,t-Muconsäure/L Urin)</p> <p>Nachweis Metabolit: t,t-Muconsäure</p>



Benzol; benzene**UN-Nr. 1114 CAS-Nr. 71-43-2**

<p>➔ Humanbiomonitoring Methode</p>	<p>Bewertung der Methode: SOP der DFG; Methode, die neben t,t-Muconsäure auch Carbonsäure-Metaboliten anderer Aromaten oder Schwefelkohlenstoff erfassen kann (Screening); Hinweis: Sorbinsäure (Lebensmittelkonservierungsstoff) kann t,t-Muconsäure-Wert evtl. verfälschen (Ernährung protokollieren)</p>
<p>Literatureinstieg</p>	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Benzene (Update). Atlanta, GA: U:S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p> <p>Lewalter J, Leng G, Willmersdorf K: Furan-2-carbonsäure und weitere Carbonsäuren. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-2006, 17. Lieferung</p> <p>Wiwanitkit V, Suwansaksri J, Soogarun S: Correlation Between The Novel Biomarker For Benzene Aromatic Hydrocarbon Exposure, Urine Trans, Trans Muconic Acid And Urine Phenol. The Internet Journal of Toxicology 2005, 2(2)</p> <p>Yardley-Jones A, Anderson D, Parke DV (1991): The toxicity of benzene and its metabolism and molecular pathology in human risk assessment. Occup Environ Med 48, 437-444</p>

2.1.3.6 Stoffprofil Blausäure

Blausäure/Cyanwasserstoff; hydrogen cyanide UN-Nr. 1051, 1613, 1614 CAS-Nr. 74-90-8	
Beurteilungswerte	ETW: 3,5 ppm; AEGL-2 (4h): 3,5 ppm (US EPA, final); MAK: 1,9 ppm Spitzenbegrenzung: II (2), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Schwangerschaft Gruppe C; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ rasch, dermal etwas verzögert; reversible Bindung an Plasmaproteine, Verteilung vor allem in Erythrozyten, Leber, Lunge, Gehirn; Wirkorte: systemisch, intrazelluläre Hemmung der Zellatmung Reizwirkungen: leichte Augen-, Hautirritation Akute Toxizität: Kopfschmerz, Schüttelfrost, Tachykardie, Übelkeit/ Erbrechen, Schwächegefühl, Dyspnoe, Herzrhythmusstörungen, Blutdruckabfall, Bewusstseinsstrübung, Krämpfe, Atemstillstand Chronische Toxizität/Spätfolgen: Dermatitis, Kopfschmerz, Schwindel, Muskelschwäche, gastrointestinale Beschwerden, Seh-/Sprachstörungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut, in EDTA-Blutröhrchen; sofort 1 ml in 5-ml-Rollrandgläschen pipettieren, mit Septum verschließen Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 6 Stunden nach Exposition; sinnvoll vor Antidotgabe, darf diese aber nicht verzögern! Lagerung: Probe möglichst innerhalb 30 Minuten nach Abnahme aufbereiten! Nur wenn nicht anders möglich, bei +4° C bis 3 Monate lagerfähig!
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Headspace-GC-Analysemethode (LOD: 0,1 mg Cyanid/L Blut) Nachweis Substanz: Cyanwasserstoff Bewertung der Methode: SOP der DFG; einfach und schnell durchzuführen; unmittelbare Aufbereitung und Analyse der Probe wichtig; Raucher haben leicht erhöhte Cyanid-Normblutwerte gegenüber Nichtrauchern
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2006): Toxicological Profile for Cyanide (Update). Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ Ballantyne B: In Vitro Production of Cyanide in Normal Human Blood and the Influence of Thiocyanate and Storage Temperature. Clinical Toxicology 1977, 11: 173-193



Blausäure/Cyanwasserstoff; hydrogen cyanide

UN-Nr. 1051, 1613, 1614 CAS-Nr. 74-90-8

➔ **Literatureinstieg**

Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG: Klinisch-toxikologische Analytik bei akuten Vergiftungen und Drogenmissbrauch: Bericht über das Symposium der Deutschen und der Österreichischen Gesellschaften für Klinische Chemie, Salzburg, 14. bis 16. September 1987. Wiley VCH, Weinheim 1989

Eben A, Lewalter J: Cyanid. In: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Bd. 2. Analysen in biologischem Material/Deutsche Forschungsgemeinschaft. Wiley-VCH, Weinheim 1988. 9. Lieferung

2.1.3.7 Stoffprofil Bortrichlorid

Bortrichlorid/Borchlorid/Trichlorboran; boron trichloride UN-Nr. 1741 CAS-Nr. 10294-34-5	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme vor allem inhalativ, in flüssiger Form auch dermal; rasche Hydrolyse zu Salzsäure und Borsäure bei Kontakt mit Wasser/feuchter Haut; Borsäure wird über Schleimhäute oder verletzte Haut resorbiert, renal wieder ausgeschieden, HWZ 21 Stunden Wirkorte: Haut, Schleimhaut Reizwirkungen: starke Hautreizung, Husten, Halsschmerzen, bei Kontakt mit flüssigem Bortrichlorid Erfrierungen Akute Toxizität: Hautverätzung, Atembeschwerden, Lungenödem (eventuell verzögert), Glottisödem Chronische Toxizität/Spätfolgen: chronische Bronchitis, Gewichtsverlust, gastrointestinale Beschwerden, Hautveränderungen, Haarausfall, Blutbildveränderungen, Krampfanfälle (chronische Wirkungen der Hydrolyseprodukte)
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Spontanurin Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 21 Stunden empfohlen Lagerung: bei 4° C ca. 1 Woche, bei -20° C bis 6 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: ICP-MS-Methode für Metalle und Halbmetalle (Goullé et al.) Nachweis Metabolit: elementares Bor (keine Rückschlüsse auf aufgenommene Verbindung möglich), auf Kreatinin bezogen Bewertung der Methode: sensitive, schnelle Methode (LOD 0,25 µg/L Urin), geringes Probenvolumen nötig (0,4 ml), auch Vollblut/Plasma/Haare verwendbar; Verlaufskontrolle empfohlen, da Datenlage über Hintergrundbelastung mit Borverbindungen spärlich
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Boron. Atlanta, GA: U:S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Bortrichlorid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp DiaSys Diagnostic Systems (2008): Creatinin FS. Anleitung zum Creatinin-Testkit. (Daten zur Lagerfähigkeit der Proben) Goullé JP, Loïc M, Castermant J, Neveu N, Bonneau L, Lainé G, Bouige D, Lacroix C: Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair: Reference values. Forensic Science International 2005, 153: 39-44

2.1.3.8 *Stoffprofil Bortrifluorid*

Bortrifluorid, Trifluorboran; boron trifluoride UN-Nr. 1008 CAS-Nr. 7637-07-2	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 24 mg/m ³ (!) (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: 0,35 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; schnelle Hydrolyse mit Luftfeuchtigkeit oder an Schleimhäuten zu Tetrafluorborat und Fluorwasserstoff; überwiegend renale Ausscheidung, teilweise Einlagerung in die Schilddrüse Wirkorte: vorwiegend lokal, Mineralstoffwechsel, Nieren, ZNS Reizwirkungen: Augen-, Schleimhautreizungen, Kehlkopfentzündung Akute Toxizität: Nasenbluten, lokale Hautverätzung, spontanes Lungenödem, Atemnot, Bronchial- oder Laryngospasmus, Hypocalcämie Chronische Toxizität/Spätfolgen: Geschwürbildung an Nasen- und Mundschleimhäuten, latentes Lungenödem; Lungenfunktionsstörungen (chronische Toxizität nicht vollständig bekannt)
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Spontanurin Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 21 Stunden empfohlen Lagerung: bei 4° C ca. 1 Woche, bei -20° C bis 6 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: ICP-MS-Methode für Metalle und Halbmetalle (Goullé et al.) Nachweis Metabolit: elementares Bor (keine Rückschlüsse auf aufgenommene Verbindung möglich); auf Kreatinin bezogen (LOD 0,25 µg/L Urin) Bewertung der Methode: sensitive, schnelle Methode, geringes Probenvolumen nötig (0,4 ml), auch Vollblut/Plasma/Haare verwendbar; Verlaufskontrolle empfohlen; zusätzlich kann auf Fluorid analysiert werden
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Boron. Atlanta, Georgia, US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGIa-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Bortrifluorid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Goullé JP, Loïc M, Castermant J, Neveu N, Bonneau L, Lainé G, Bouige D, Lacroix C: Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair: Reference values. Forensic Science International 2005 153: 39-44 Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.9 Stoffprofil Botulinumtoxin

Botulinumtoxin; botulinum toxin UN-Nr. – CAS-Nr. 93384-43-1	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme oral, inhalativ, über Wunden Wirkorte: peripheres Nervensystem, Muskeln Reizwirkungen: Bauchkrämpfe, Übelkeit, Diarrhoe, Seh-, Schluck-, Sprechstörungen Akute Toxizität: schlaffe Muskellähmung, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: 10 -15 ml Serum, 25 -50 g Stuhl, Wundabstrich Zeitraum/-punkt Probenahme: frühestmöglich bei Verdacht, vor Antitoxingabe Lagerung: wenige Tage bei +4 -6° C
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: experimenteller Tierversuch (Maus-Letalitätstest, LOD 10 -20 pg/ml); wichtig: Kontakt zu Konsiliarlabor über das RKI Nachweis Parameter: funktionelle Aktivität des Toxins Bewertung der Methode: Tierversuch ist zeitintensiv (bis zu 4 Tage), aber derzeit Standard, da bisher keine In-Vitro-Methode mit ähnlicher Sensitivität existiert; akute Erkrankungen werden vor allem klinisch diagnostiziert
Literatureinstieg	Arnon SA, Schechter R, Inglesby TV, et al.: Botulinum toxin as a Biological Weapon: Medical and Public Health Management. <i>Journal of the American Medical Association</i> 2001, 285(8):1059-1070 Biederick W, Brockmann S, Hermann M, Preuss B, Sasse J, Schreiber J, Uhlenhaut C: Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. 3. Auflage. Hrsg: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn 2007 Centers for Disease Control and Prevention: Botulism in the United States 1899-1996: Handbook for Epidemiologists, Clinicians, and Laboratory Workers. Atlanta, Georgia, Centers for Disease Control and Prevention 1998. Link: http://www.cdc.gov/ Hatheway CL: Botulism: the Present Status of the Disease. In: Clostridial Neurotoxins. The Molecular Pathogenesis of Tetanus and Botulism. Hrsg.: Montecucco C. Springer Verlag, Berlin 1995 Pauli G, Ellerbrok H: Diagnostik von Proben bei vermuteten bioterroristischen Anschlägen. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2003, 46(11):976-983

2.1.3.10 Stoffprofil Brom

Brom; bromine UN-Nr. 1744 CAS-Nr. 7726-95-6	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,13 ppm (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: 0,7 mg/m ³ (!) BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme oral, inhalativ; Verteilung vor allem im extrazellulären Raum, kann teilweise Elektrolyte im Organismus substituieren; HWZ von Bromid: 12 Tage; renale Ausscheidung Wirkorte: lokal bei Hautkontakt, ZNS Reizwirkungen: stark reizend, Husten, Kopfschmerzen Akute Toxizität: Haut- und Schleimhautverätzungen, Atemwegs-Schädigungen, gastrointestinale Störungen, Herz-Kreislauf-Beschwerden, ZNS-Störungen Chronische Toxizität/Spätfolgen: Hautschäden, Störungen des Allgemeinbefindens, vegetative Störungen, Herz-Kreislauf-Schäden
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Serum, Plasma; sofort abzentrifugieren (bei 1800 U/min, 10 min.), Überstand in 10-ml-PE-Röhrchen überführen, Versand bei Raumtemperatur möglich Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 12 Tage nach Exposition Lagerung: bei -80° C bis zu 6 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: photometrische Bestimmung nach Umsetzung mit Phenolrot Nachweis Metabolit: Bromid (keine Rückschlüsse auf aufgenommene Verbindung möglich; kann auch von bromhaltigen Verbindungen stammen; LOD: 1 mg Bromid/Liter Plasma oder Serum) Bewertung der Methode: SOP der DFG, niedriger apparativer Aufwand; Hintergrundbelastung der Bevölkerung beachten (Nahrung, Trinkwasser, Medikamente)
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Brom. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Müller M: Bromid. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-2006, 17. Lieferung

2.1.3.11 Stoffprofil Bromwasserstoff

Bromwasserstoff; hydrogen bromide UN-Nr. 1048 CAS-Nr. 10035-10-6	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 13 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: 2 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe D; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ; Verteilung vor allem im extrazellulären Raum, kann teilweise Elektrolyte im Organismus substituieren; HWZ von Bromid: 12 Tage; renale Ausscheidung Wirkorte: Haut, Schleimhäute, ZNS Reizwirkungen: reizend, Augenreizung Akute Toxizität: Verätzungen, Schwellungen der Atemwege, Lungenödem, verminderte Reflexe und Motorik Chronische Toxizität/Spätfolgen: Atemwegsreizungen, Hautschäden, Verdauungsstörungen, neurologische Funktionsstörungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Serum, Plasma; sofort abzentrifugieren (bei 1800U/min, 10 min.), Überstand in 10-ml-PE-Röhrchen überführen, Versand bei Raumtemperatur möglich Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 12 Tage nach Exposition Lagerung: bei -80° C bis zu 6 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: photometrische Bestimmung nach Umsetzung mit Phenolrot Nachweis Metabolit: Bromid (keine Rückschlüsse auf aufgenommene Verbindung möglich; kann auch von bromhaltigen Verbindungen stammen; LOD: 1 mg Bromid/Liter Plasma oder Serum) Bewertung der Methode: SOP der DFG, niedriger apparativer Aufwand; Hintergrundbelastung der Bevölkerung beachten (Nahrung, Trinkwasser, Medikamente)
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Bromwasserstoff, wasserfrei. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Müller M: Bromid. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-2006, 17. Lieferung

2.1.3.12 Stoffprofil BZ (Benzilsäureester)

BZ, Benzilsäureester, 3-Chinuclidinylbenzilat; Quinuclidinyl benzilate UN-Nr. – CAS-Nr. 6581-06-2 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (1h)(I): 0,037 mg/m ³ (I) (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme vor allem inhalativ, aber auch oral, dermal; Wirkeintritt 1 -48 Stunden nach Exposition Wirkorte: ZNS Reizwirkungen: – Akute Toxizität: Tremor, Flush, Tachykardie, Mydriasis, Kopfschmerzen, Angst- und Panikzustände, Desorientiertheit, Halluzinationen, Ataxie, Stupor, toxisches Delir, Koma Chronische Toxizität/Spätfolgen: Auslösen latenter Psychosen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Spontanurin Zeitraum/-punkt Probenahme: während klinischer Symptomatik Lagerung: bei 4°C bis zu 3 Tage, bei -18°C mehrere Monate, bei -80°C länger
Humanbiomonitoring methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: ID-GC/MS Nachweis Metabolit: 3-Chinuclidinol, Benzilsäure, 3-Chinuclidinylbenzilat Bewertung der Methode: zur Zeit keine Standardmethode für humane Proben validiert, aber prinzipiell mit einer GC/MS-Methode analysierbar; Ergebnis hat bestätigenden Charakter für die klinische Diagnose
Literatureinstieg	Byrd GD, Paule RC, Sander LC, Sniegoski LT, White EV, Bausum HT: Determination of 3-Quinuclidinyl Benzilate (QNB) and Its Major Metabolites in Urine by Isotope Dilution Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Journal of Analytical Toxicology 1992, 16(3):182-187 Friedewald VE: Clinical Guide to Bioweapons and Chemical Agents. Springer, London 2008 Hooijschuur EWJ, Kientz CE, Brinkman UAT: Analytical separation techniques for the determination of chemical warfare agents. Journal of Chromatography A 2002, 982(2):177-200 Kientz CE: Chromatography and mass spectrometry of chemical warfare agents, toxins and related compounds: state of the art and future projects. Journal of Chromatography A 1998, 814(1):1-23 Textbook of Military Medicine: Chapter 11 Incapacitating Agents. Link: http://www.globalsecurity.org/wmd/library/report/1997/cwbw/index.html

2.1.3.13 Stoffprofil Carbamate

Carbamate; carbamates UN-Nr. – CAS-Nr. – Stoffgruppe mit Insektiziden, Herbiziden, Fungiziden	
Beurteilungswerte	<p>ETW; AEGL-2 (4h); MAK mit Spitzenbegrenzung, Einstufung; AGW: jeweils abhängig vom Einzelstoff</p> <p>BAT: Reduktion der Acetylcholinesterase (AChE)-Aktivität auf 70 % des Bezugswertes; BGW: Reduktion der Acetylcholinesterase (AChE)-Aktivität auf 70 % des Bezugswertes;</p> <p>BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, oral; Metabolisierung einiger Substanzen zu Kohlendisulfid; reversible Hemmung der Acetylcholinesterase</p> <p>Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut</p> <p>Reizwirkungen: zum Teil reizend</p> <p>Akute Toxizität: vergleichbar mit den Organophosphaten, aber milderer, kürzerer Verlauf</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: zum Teil neurotoxisch, zum Teil Beeinflussung der Schilddrüsenfunktion</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten[®]; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende</p> <p>Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4 - 8°C bis zu 2 Tage</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie</p> <p>Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für synaptische AChE, unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des ChE-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharmTox der Bundeswehr etabliert</p>
Literatureinstieg	<p>Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11):340-349</p>



Carbamate; carbamates

UN-Nr. – CAS-Nr. –

Stoffgruppe mit Insektiziden, Herbiziden, Fungiziden

➔ **Literatureinstieg**

Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005

Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.14 Stoffprofil Chlor

Chlor; chlorine UN-Nr. 1017 CAS-Nr. 7782-50-5	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 1 ppm ; AEGL-2 (4h): 1 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: 0,5 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: 0,5 ppm</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, auch dermal, oral in Form wässriger Lösungen; inhalative Resorptionsrate 95 - 100 %, Bildung von Salzsäure (HCl) und Hypochloriger Säure (HOCl) auf feuchten Schleimhäuten, renale Ausscheidung als Chlorid</p> <p>Wirkorte: Atemwege, Augen, Haut/Schleimhäute</p> <p>Reizwirkungen: Haut-/Schleimhautreizungen, Chlorakne (abhängig von der Disposition)</p> <p>Akute Toxizität: Atemwegsreizungen mit Husten, Atemnot, Entzündungen, Lungenödem, Zerstörung des Lungengewebes, reflektorische Atemlähmung; Hautverätzungen, nach oraler Aufnahme Blutungen und Entzündungen der Magen- und Dünndarmschleimhäute</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: chronische Bronchitis, Rhinitis, Laryngitis, Pharyngitis, Herzschädigung, Blutbild-Veränderungen durch Sauerstoffmangel, Magenschleimhaut-Entzündung</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: –</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: –</p> <p>Lagerung: –</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: –</p> <p>Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: –</p> <p>Bewertung der Methode: keine HBM-Methode verfügbar, da Chlor im Organismus rasch zu Chlorid und anderen Verbindungen umgewandelt wird und Chlorid physiologischer Bestandteil biologischer Matrices ist</p>
Literatureinstieg	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2007): Toxicological Profile for Chlorine. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p> <p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Chlor. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p>

2.1.3.15 Stoffprofil Chloroform

Chloroform, Trichlormethan; chloroform UN-Nr. 1888 CAS-Nr. 67-66-3	
Beurteilungswerte	ETW: 44 ppm ; AEGL-2 (4h): 40 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: 0,5 ppm Spitzenbegrenzung: II (2), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebs- zeugend Kategorie 4, Schwangerschaft Gruppe C; AGW: 0,5 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme v. a. inhalativ, auch dermal, oral; Verteilung in Fett, Blut, Leber, Niere, Lunge und Nervensystem; HWZ ca. 8 Stunden, hepatische Metabolisierung zu CO ₂ , wird auch unverändert in kürzester Zeit abgeatmet Wirkorte: ZNS, Herz, Leber, Niere Reizwirkungen: Augen-, Hautreizungen Akute Toxizität: Kopfschmerz, Übelkeit, narkotische Wirkung, Leberschädigung, Nierenfunktionsstörungen, kardiale Arrhythmien, Atemdepression Chronische Toxizität/Spätfolgen: Leberschäden, Reproduktionstoxizität
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut; Abnahme mit EDTA-Monovette [®] , Armbeuge mit Wasser und Seife statt Desinfektionsmittel reinigen; sofort 2 ml in Headspace-Gefäß überführen (vom Labor gestellt) Zeitraum/-punkt Probenahme: direkt nach Exposition bis maximal 10 Stunden danach Lagerung: bei -20° C bis zu 6 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Headspace-Technik mit Kapillar-GC und Electron Capture Detector (ECD) Nachweis Substanz: Chloroform (LOD: 0,8 µg/Liter Blut) Bewertung der Methode: SOP der DFG; Abgrenzung einer Chloroform- Exposition zu anderen chlorierten KW, die im Organismus zu Chloroform metabolisiert werden, ist schwierig
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxi- cological Profile for Chloroform (Update). Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ Angerer J: Halogenierte Kohlenwasserstoffe (Dichlor-methan,1,2-Dichlor- ethen, 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan (Halothan), Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Chloroform, Trichlormethan; chloroform**UN-Nr. 1888 CAS-Nr. 67-66-3**➔ **Literatureinstieg**

BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Trichlormethan. Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

Poobalasingham N, Payne JP: The uptake and elimination of chloroform in man. *British Journal of Anaesthesia* 1978, 50(4):325-329

2.1.3.16 Stoffprofil Chlorpikrin

Chlorpikrin, Trichlornitromethan ; chloropicrine UN-Nr. 1580 CAS-Nr. 76-06-2	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,15 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: 0,1 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: – ; AGW: 0,1 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, oral; hepatische Metabolisierung; renale Elimination Wirkorte: lokal, ZNS, Herz-Kreislauf-System Reizwirkungen: Haut, Augen, Atemwege, starker Tränenfluss, Husten (niedrige Reizschwelle: schon ab 0,3 ppm) Akute Toxizität: Hautverätzung, Übelkeit, Erbrechen, leichte narkotische Wirkung, Blutdruckabfall, Herzrhythmusstörungen, Lungenödem, Hämolyse Chronische Toxizität/Spätfolgen: Lungen-, Augenschäden, Leber-, Nierentoxizität
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Spontanurin Zeitraum/-punkt Probenahme : – Lagerung: bei -18° C mehrere Monate, bei -80° C länger
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: zur Zeit keine Standardmethode für humane Proben validiert; aufgrund der sehr niedrigen Reizschwelle steht die lokale, früh eintretende Reizwirkung für Diagnostik und Therapie im Vordergrund
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Trichlornitromethan. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. Chlorpikrin. Ecomed, Landsberg/Lech 1992-2008, 1.-227. Lfg.

2.1.3.17 Stoffprofil Diboran

Diboran; diborane, boroethane UN-Nr. 1911 CAS-Nr. 19287-45-7	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,25 ppm (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ; Metabolisierung zum Teil zu Borsäure, die renal eliminiert wird, HWZ ca. 21 Stunden Wirkorte: lokal, ZNS; Wirkeintritt sofort oder um 24 Stunden verzögert möglich Reizwirkungen: Schleimhaut-, Augenreizungen Akute Toxizität: Kopfschmerzen, Übelkeit, Benommenheit, Atemstörungen, Lungenödem Chronische Toxizität/Spätfolgen: Atemwegsreizung, neurologische Störungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Spontanurin Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 21 Stunden empfohlen Lagerung: bei 4° C ca. 1 Woche, bei -20° C bis 6 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: ICP-MS-Methode für Metalle und Halbmetalle (Goullé et al.) Nachweis Metabolit: elementares Bor (keine Rückschlüsse auf aufgenommene Verbindung möglich); auf Kreatinin bezogen (LOD 0,25 µg/L Urin) Bewertung der Methode: sensitive, schnelle Methode, geringes Probenvolumen nötig (0,4 ml), auch Vollblut/Plasma/Haare verwendbar; Verlaufskontrolle empfohlen, da Datenlage über Hintergrundbelastung mit Borverbindungen spärlich
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Boron. Atlanta, GA: U:S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ Goullé JP, Loïc M, Castermant J, Neveu N, Bonneau L, Lainé G, Bouige D, Lacroix C (2005): Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair: Reference values. Forensic Science International 153, 39-44 Uemura T, Omae K, Nakashima H, Sakurai H, Yamazaki K, Shibata T, Mori K, Kudo M, Kanoh H, Tati M: Acute and subacute inhalation toxicity of diborane in male ICR mice. Archives of Toxicology 1995, 69(6):397-404

2.1.3.18 Stoffprofil Dioxin

Dioxin, 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin; dioxin, 2,3,7,8-TCDD UN-Nr.– CAS-Nr. 1746-01-6 Wichtigster Vertreter der Stoffgruppe der polychlorierten Dibenzodioxine und Dibenzofurane	
Beurteilungswerte (2,3,7,8-TCDD)	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: 0,01 ng/m ³ (gemessen als einatembare Fraktion) Spitzenbegrenzung: II (8), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebszeugend Kategorie 4, Schwangerschaft Gruppe C; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, oral; Eliminierung von Kongeneren mit 2,3,7,8-Substitutionsmuster sehr langsam, Bioakkumulation in Fettgewebe und Blutfett; HWZ ca. 7 Jahre oder länger, andere Kongenere werden etwas schneller eliminiert; Elimination über Galle, Urin, Muttermilch Wirkorte: Haut, Leber, ZNS Reizwirkungen: an Auge, Nase, Rachen, Gesichtshaut Akute Toxizität: Schwindel, Übelkeit, Kopfschmerzen, Gewichtsabnahme, allgemeines Unwohlsein, Schwäche, Leberschädigung, Hyperlipidämie, Polyneuropathien, Parästhesien Chronische Toxizität/Spätfolgen: Chlorakne, Tumoren
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut; 45 ml mittels mehrerer EDTA-Monovetten [®] abnehmen, nach Schütteln in vorgereinigtem 100-ml-Probenglas vereinen (vom Labor gestellt) Zeitraum/-punkt Probenahme: bei Verdacht sofort zur Diagnose-Absicherung, bis mehrere Monate nach Exposition Lagerung: bei -18° C bis zu 4 Jahre
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Kapillar-GC/MS im SIM-Modus nach Blutfett-Extraktion Nachweis Substanz: 2,3,7,8-TCDD (LOD: 1 pg/g Blutfett) Bewertung der Methode: SOP der DFG; sehr sensitive Methode für Dioxine, Furane, PCB und ihre typischen Muster, die auch die Hintergrundbelastung der Bevölkerung erfassen kann; Verteilungsmuster der Dioxine lässt auf Expositionsquelle zurückschließen; ¹³ C-markierte Standards sind erforderlich
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for chlorinated Dibenzop-Dioxins (Update). Atlanta, GA: U:S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/

Dioxin, 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin; dioxin, 2,3,7,8-TCDD

UN-Nr.– CAS-Nr. 1746-01-6

Wichtigster Vertreter der Stoffgruppe der polychlorierten Dibenzodioxine und Dibenzofurane➔ **Literatureinstieg**

Ball M: Dioxine, Furane und WHO-PCB in Vollblut. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-2003, 15. Lieferung

BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin. Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

Oehme M (Hrsg.): Handbuch Dioxine: Quellen, Vorkommen, Analytik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1998

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.19 Stoffprofil Ethylenoxid

Ethylenoxid, Oxiran; ethylene oxide, epoxyethane UN-Nr. 1040 CAS-Nr. 75-21-8	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 14 ppm; AEGL-2 (4h): 14 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: –, Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebszeugend Kategorie 2, Keimzellmutagen Kategorie 2; AGW: –</p> <p>BAT: –, BGW: –, BAR: –; BLW: –; EKA: + (MAK- u. BAT-Werte-Liste): Hydroxyethylvalin (Erythrozyten)</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; Metabolisierung zum Teil zu Glutathionkonjugaten (Cave! individuelle Enzymausstattung maßgeblich), zum Teil durch Hydrolyse; Elimination zum Teil unverändert in der Ausatemluft, Konjugate im Urin</p> <p>Wirkorte: lokal an Haut, Schleimhäuten, Augen; zentrales und peripheres Nervensystem</p> <p>Reizwirkungen: lokale Rötung, Blasen, Irritation, Erfrierungen bei Flüssigkeitskontakt</p> <p>Akute Toxizität: Kopfschmerz, Schwindel, anhaltendes periodisches Erbrechen, Herzrhythmusstörungen, Atemwegsobstruktion, Bewusstlosigkeit, Lungenödem</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Polyneuropathie, Kontaktdermatitis, Reproduktionstoxizität, Mutagenität</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: 5 ml Vollblut in EDTA-Monovette[®], sofort Erythrozyten abtrennen und lysieren</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: keine Beschränkung</p> <p>Lagerung: nach Herstellung eines Erythrozytenhämolysates 1 Tag bei 0–4° C, länger bei –18° C; isoliertes Globin bei –20° C bis 3 Monate</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: GC/MS-Methode mit SIM-Detektion nach Globinisolierung und Derivatisierung</p> <p>Nachweis Addukt: Hydroxyethylvalin (Hb-Ethylenoxid-Addukt; LOD: 0,4 µg/L Blut)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG; Probenahme bis maximal 120 Tage nach möglicher Exposition sinnvoll (Erythrozytenlebensdauer), bei 2 Proben aus diesem Zeitraum ist eine Berechnung des Adduktlevels an Tag 0 möglich; nachgewiesenes Addukt kann aber auch von einer Ethylenexposition stammen (Ethylenoxid wird im Organismus gebildet); Hintergrundbelastung beachten!</p>
Literatureinstieg	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Ethylene Oxide. Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p>

Ethylenoxid, Oxiran; ethylene oxide, epoxyethane**UN-Nr. 1040 CAS-Nr. 75-21-8**➔ **Literatureinstieg**

BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Ethylenoxid. Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

Schettgen T, Broding HC, Angerer J, Drexler H: Hemoglobin adducts of ethylene oxide, propylene oxide, acrylonitrile and acrylamide – biomarkers in occupational and environmental medicine. *Toxicology Letters* 2002, 134: 65-70

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): *Clinical Environmental Health and Toxic Exposure*. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

Van Sittert NJ: N-2-Cyanoethyl-Valin, N-2-Hydroxyethyl-Valin, N-Methyl-Valin (zum Nachweis einer Belastung/Beanspruchung durch Acrylnitril, Ethylenoxid, sowie methylierende Substanzen). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: *Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material*. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1996, 12. Lieferung

2.1.3.20 Stoffprofil Fluor

Fluor; fluorine UN-Nr. 1045 CAS-Nr. 7782-41-4	
Beurteilungswerte	ETW: 2 ppm ; AEGL-2 (4h): 2,3 ppm (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: 1 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; schnelle Resorption über Haut und Schleimhäute, teilweise Reduktion von Fluor zu Fluorwasserstoff bzw. Fluorid, systemische Verteilung; teilweise Einlagerung im Knochen, vor allem renale Elimination, HWZ ca. 12-24 Stunden. Wirkorte: lokal: Haut, Schleimhaut; Beeinflussung intrazellulärer Enzymsysteme Reizwirkungen: stark reizend an Haut, Augen, Atemwegen Akute Toxizität: starke Verätzungen, Unwohlsein, Husten, Schüttelfrost, Fieber (nach 1-2 Tagen), Lungenödem Chronische Toxizität/Spätfolgen: schlecht heilende Ulzera, Skelettfluorose (Knochendichteänderungen, vermehrte Bruchgefahr), Kachexie
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Sammelurin Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 24 Stunden nach Exposition (höchste Konzentration nach 1 Stunde) Lagerung: bei -20° C mehrere Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: potentiometrische Bestimmung mit ionenselektiver Elektrode Nachweis Metabolit: Fluorid (LOD: 0,1 mg/L Urin) Bewertung der Methode: SOP der DFG; stellt akute Belastung dar, länger zurückliegende oder chronische Belastung nur durch Bestimmung im Knochen zu ermitteln; Fluoridgehalt im Trinkwasser berücksichtigen (Hintergrundbelastung)
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride, and Fluorine. Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Fluor. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 200

Fluor; fluorine**UN-Nr. 1045 CAS-Nr. 7782-41-4**→ **Literatureinstieg**

Zober A: Fluorid im Harn. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976, 1. Lieferung

2.1.3.21 Stoffprofil Fluorwasserstoff

Fluorwasserstoff; hydrogen fluoride UN-Nr. 1052 CAS-Nr. 7664-39-3	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 12 ppm ; AEGL-2 (4h): 12 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: 1 ppm Spitzenbegrenzung: I (2), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C ; AGW: 1 ppm</p> <p>BAT: 7 mg Fluorid/g Kreatinin; BGW: 7 mg Fluorid/g Kreatinin; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; schnelle Resorption über Haut und Schleimhäute, systemische Verteilung; teilweise Einlagerung im Knochen, vor allem renale Elimination, HWZ ca. 12-24 Stunden</p> <p>Wirkorte: lokal: Haut, Schleimhaut; Beeinflussung intrazellulärer Enzymsysteme</p> <p>Reizwirkungen: stark reizend an Haut, Augen, Atemwegen</p> <p>Akute Toxizität: Herzrhythmusstörungen</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: schlecht heilende Ulzera, Skelettflorose (Knochendichteänderungen, vermehrte Bruchgefahr), Kachexie</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Sammelurin</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 24 Stunden nach Exposition (höchste Konzentration nach 1 Stunde)</p> <p>Lagerung: bei -20° C mehrere Monate</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: potentiometrische Bestimmung mit ionenselektiver Elektrode</p> <p>Nachweis Metabolit: Fluorid (LOD: 0,1 mg/L Urin)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG; stellt akute Belastung dar, länger zurückliegende oder chronische Belastung nur durch Bestimmung im Knochen zu ermitteln; Fluoridgehalt im Trinkwasser berücksichtigen (Hintergrundbelastung)</p>
Literatureinstieg	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride, and Fluorine. Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p> <p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Fluoriden. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001</p>

Fluorwasserstoff; hydrogen fluoride**UN-Nr. 1052 CAS-Nr. 7664-39-3**➔ **Literatureinstieg**

Zober A: Fluorid im Harn. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976, 1. Lieferung

2.1.3.22 Stoffprofil Furan

Furan; furane UN-Nr. 2389 CAS-Nr. 110-00-9	
Beurteilungswerte	<p>ETW: – ; AEGL-2 (4h): 1,7 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: – , Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebs erzeugend Kategorie 2; AGW: –</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, oral; Metabolisierung durch das Enzym Cytochrom CYP 2E1</p> <p>Wirkorte: Leber, Lunge</p> <p>Reizwirkungen: Augen, Haut</p> <p>Akute Toxizität: narkotische Wirkung, Atemwegsreizung, Lungen-ödem</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Hautentzündungen, Leber-, Gallentumore, Leukämien (im Tierversuch)</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Urin</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 24 Stunden nach Exposition</p> <p>Lagerung: bei -80° C bis mehrere Jahre</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: HPLC-MS-MS</p> <p>Nachweis Addukt: Protein-Addukte von Glutathion-cis-2-Buten-1,4-dialdehyd</p> <p>Bewertung der Methode: zurzeit keine validierte SOP verfügbar; angegebene Methode wird bisher experimentell angewendet, erfahrenen Laboratorien vorbehalten; noch keine Aussage bezüglich der Korrelation der Metabolitenmesswerte zur Furan-Exposition möglich</p>
Literatureinstieg	<p>Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): Begründungen zur Bewertung von Stoffen, Tätigkeiten und Verfahren als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend – Furan. Stand Juli 1999. Bundesarbeitsblatt 1999, 7: 52</p> <p>BGI A-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Furan. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Byrns MC, Vu CC, Neidigh JW, Abad J, Jones RA, Peterson LA: Detection of DNA Adducts Derived from the Reactive Metabolite of Furan, cis-2-Butene-1,4-dial. Chemical Research in Toxicology 2006, 19(3):414-420</p> <p>Kellert M, Wagner S, Lutz U, Lutz WK: Biomarkers of Furan Exposure by Metabolic Profiling of Rat Urine with Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry and Principal Component Analysis. Chemical Research in Toxicology 2008, 21(3):761-768</p>

Furan; furane**UN-Nr. 2389 CAS-Nr. 110-00-9**➔ **Literatureinstieg**

Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. Furan. Ecomed, Landsberg/Lech 1992-2008, 1.-227. Lfg.

Lu D, Sullivan M, Phillips MB, Peterson LA: Degraded Protein Adducts of cis-2-Butene-1,4-dial Are Urinary and Hepatocyte Metabolites of Furan. *Chemical Research in Toxicology* 2009, 22(6):997-1007

Römpp-Lexikon online, Version 3.6: Furan. Stand: Dezember 2009.

Thieme, Stuttgart 2001 - 2009. Link: <http://han.sub.uni-goettingen.de/han/RMPPOnline/www.roempp.com/prod/>

2.1.3.23 Stoffprofil Kohlendisulfid

Kohlendisulfid, Schwefelkohlenstoff; carbon disulfide UN-Nr. 1131 CAS-Nr. 75-15-0	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 10 ppm ; AEGL-2 (4h): 100 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: 5 ppm Spitzenbegrenzung: II (2), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Schwangerschaft Gruppe B; AGW: 10 ppm</p> <p>BAT: 2 mg 2-Thiothiazolidin-4-carboxylsäure (TTCA)/g Kreatinin; BGW: 8 mg 2-Thiothiazolidin-4-carboxylsäure (TTCA)/L Urin; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; 2/3 werden unverändert exhaliert, 1/3 wird metabolisiert unter anderem zu 2-Thiothiazolidin-4-carboxylsäure (TTCA), renale Elimination, HWZ 2-8 Stunden</p> <p>Wirkorte: Nerven-, Gefäßsystem</p> <p>Reizwirkungen: Augen, Haut, Husten</p> <p>Akute Toxizität: Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, vasomotorische Störungen, Neurasthenie, Alkoholabbau-Störungen, Atemfunktionsstörungen</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Polyneuritis, Myopathie, Leber-, Nierenfunktionsstörungen, toxische Enzephalopathie, Störungen der Herzrhythmickeit, Gefäßveränderungen, Augenschäden</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Spontanurin</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 8 Stunden nach Expositionsende</p> <p>Lagerung: bei 4° C bis zu 3 Tage, bei -20° C bis zu 4 Wochen</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: HPLC/UV-Detektion</p> <p>Nachweis Metabolit: TTCA (LOD: 0,5 mg/Liter Urin)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG, Screeningmethode für weitere Carbonsäuren als Biomarker einer Exposition gegenüber Benzol, Styrol, Toluol u. a. Aromaten</p>
Literatureinstieg	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Carbon Disulfide. Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p> <p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Kohlendisulfid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Lewalter J, Leng G, Willmersdorf K: Furan-2-carbonsäure und weitere Carbonsäuren (Phenylglyoxylsäure, Mandelsäure, t,t-Muconsäure, Benzoesäure, Hydroxybenzoesäuren, Hippursäure, Methylhippursäuren, 2,4-Dichlorbenzoesäure, 3-Methyl-4-Nitrobenzoesäure, TTCA).</p>

Kohlendisulfid, Schwefelkohlenstoff; carbon disulfide**UN-Nr. 1131 CAS-Nr. 75-15-0**➔ **Literatureinstieg**

In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-2006, 17. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.24 Stoffprofil Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid, CO; carbon monoxide UN-Nr. 1016 CAS-Nr. 630-08-0	
Beurteilungswerte	ETW: 33 ppm ; AEGL-2 (4h): 33 ppm (US EPA, final); MAK: 30 ppm Spitzenbegrenzung: II (1), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe B; AGW: 30 ppm BAT: 5 % CO-Hämoglobin; BGW: 5 % CO-Hämoglobin; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ; blockiert den O ₂ -Transport im Blut; Elimination exhalativ, HWZ ca. 2-6 Stunden (durch hyperbare O ₂ -Therapie stark verkürzt) Wirkorte: Blut (Bindung an Hämoglobin (Hb)) Reizwirkungen: – Akute Toxizität: Kopfschmerzen, Schwindel, Hypotonie, Krämpfe, Konfusion, Herzrhythmusstörungen, Gewebhypoxie, Bewusstlosigkeit, Atemstillstand Chronische Toxizität/Spätfolgen: verzögerte neuropsychiatrische Folgeschäden, reproduktionstoxisch
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut, ca. 2 ml mit Einmalbesteck abnehmen, in Headspace-Gefäße injizieren (mit Stickstoff gespült, Ammoniumoxalat als Antikoagulans; vom Labor vorbereitet) Zeitraum/-punkt Probenahme: möglichst sofort bis 6 Stunden nach Expositionsende Lagerung: bei Raumtemperatur bis 5 Tage, bei -20° C mehrere Wochen (vor Einlagerung den Hb-Gehalt bestimmen)
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Gaschromatographie Nachweis Addukt: CO-Hb (an Hämoglobin gebundenes CO; LOD: 0,17 % CO-Hb) Bewertung der Methode: SOP der DFG, Messwert korreliert mit der CO-Exposition, aber nicht zwingend mit der Ausprägung der Symptome; Raucherstatus erheben (Raucher haben erhöhten CO-Hb-Blutspiegel)
Literatureinstieg	Angerer J: CO-Hb. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1985, 8. Lieferung BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Kohlenmonoxid. Link: http://www.dguv.de/bgja/de/gestis/stoffdb/index.jsp Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

2.1.3.25 Stoffprofil Lewisit

Lewisit, 2-Chlorvinyl-dichlorarsin; lewisite UN-Nr. 3280 CAS-Nr. 541-25-3 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,035 mg/m ³ (l) (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; gute Resorption, teilweise Einlagerung in Knochen, Haut, Haare, Nägel möglich; vor allem renale Elimination Wirkorte: Haut, Schleimhaut, Knochenmark, Blutgefäße Reizwirkungen: stark schleimhautreizend Akute Toxizität: Augenverätzung, Atemwegsreizung, Lungenödem, Pneumonie, Hautschädigung (Blasen, Nekrosen), hämorrhagische Ödeme, Speichelfluss, Erbrechen, Schwäche, Hypotonie, Hypothermie, toxischer Schock, Kollaps, Koma Chronische Toxizität/Spätfolgen: Knochenschädigung, Augen-, Atemwegs-, Hautreizungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: bevorzugt Sammelurin (alternativ: Morgenurinprobe), in PE-Flaschen Zeitraum/-punkt Probenahme: Beginn Sammlung ca. 4 – 8 Stunden nach Exposition, bzw. Morgenurin am Folgetag; Ernährung der vorhergehenden 3 Tage protokollieren Lagerung: bis zu 48 Stunden bei 2–8° C, bis zu 6 Monaten bei –18° C
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: differenzierte Arsen-Speziesanalyse mittels HPLC und Hydrid-AAS Nachweis Metabolit: As III, As V, Monomethylarsonsäure (MMA), Dimethylarsinsäure (DMA) (LOD: 0,9 – 2,3 µg/L Urin, speziesabhängig) Bewertung der Methode: SOP der DFG zum Nachweis von Arsenspezies, Arsennachweis im Urin kann Diagnose bezüglich einer Lewisit-Exposition unterstützen; Fisch/Meeresfrüchte innerhalb von 3 Tagen vor Probenahme verfälschen eventuell das Messergebnis; Hinweis: Haar-/Nagelanalysen zur Abschätzung einer weiter zurückliegenden Exposition möglich
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2002): ToxFaqs for Blister Agents: Lewisite (L), Mustard-Lewisite mixture (HL). Link: http://www.atsdr.cdc.gov/tfactsd1.html Begerow J, Dunemann L, Sur R: Arsenspezies (As(III), As(V), Monomethylarsonsäure, Dimethylarsinsäure). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft:



Lewisit, 2-Chlorvinylchlorarsin; lewisite

UN-Nr. 3280 CAS-Nr. 541-25-3

Chemischer Kampfstoff

➔ **Literatureinstieg**

Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg. v. Greim H; Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim 1976-2000, 14. Lieferung

Bekanntmachung des Umweltbundesamtes (2003): Stoffmonographie Arsen – Referenzwert für Urin. Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 46: 1098-1106

BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Chlorvinylchlorarsin. Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

Ellison DH: Handbook of chemical and biological warfare agents. CRC Press, Boca Raton 2000

Hakala E, Pyy L: Assessment of exposure to inorganic arsenic by determining the arsenic species excreted in urine. Toxicology Letters 1995, 77: 249-258

2.1.3.26 Stoffprofil Methylisocyanat

Methylisocyanat; methyl isocyanate, MIC UN-Nr. 2480 CAS-Nr. 624-83-9	
Beurteilungswerte	<p>ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,017 (US EPA, final);</p> <p>MAK: 0,01 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe D; AGW: 0,01 ppm</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; Konjugation mit Glutathion zum toxischen Metaboliten, Carbamoylierung vieler Proteine, DNA und Hb; renale Elimination</p> <p>Wirkorte: Lunge, systemisch</p> <p>Reizwirkungen: stark reizend auf Augen, Schleimhäute</p> <p>Akute Toxizität: Augenschäden, Hautverätzungen, Isocyanat-Asthma, Lungenödem, Bronchopneumonien, zum Teil neurologische und psychische Störungen</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: sensibilisierendes Potenzial, reproduktionstoxisch</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Vollblut (10 ml in Zitratmonovette[®]), sofort Erythrozyten abtrennen und lysieren</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: Probenahme bis maximal 120 Tage nach möglicher Exposition sinnvoll (Erythrozytenlebensdauer)</p> <p>Lagerung: nach Herstellung eines Erythrozytenhämolysates 1 Tag bei 0–4° C, länger bei –18° C; isoliertes Globin bei –20° C bis 3 Monate</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: HPLC/MS-Methode nach enzymatischer Hydrolyse des Globins (Mraz et al.)</p> <p>Nachweis Addukt: Hämoglobin-MIC-Addukt</p> <p>Bewertung der Methode: noch nicht validierte, experimentelle Methode für Hämoglobin-Addukte als Effektbiomarker für MIC-Exposition; Hinweis: Addukte können auch von N,N-Dimethylformamid oder N-Methylformamid stammen</p>
Literatureinstieg	<p>Angerer J, Göen T, Krämer A, Kätterlein HU: N-methylcarbamoyl adducts at the N-terminal valine of globin in workers exposed to N,N-dimethylformamide. Archives of Toxicology 1998, 72(5):309-313</p> <p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Methylisocyanat. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: Verwendung von Hämoglobinaddukten als Biomarker für das Monitoring von</p>



Methylisocyanat; methyl isocyanate, MIC

UN-Nr. 2480 CAS-Nr. 624-83-9

➔ **Literatureinstieg**

Belastungen und Beanspruchungen durch gentoxische Stoffe. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2003; 46(10):918-922

Mráz J, Simek P, Chvalová D, Nohová H, Smigolová P: Studies on the methyl isocyanate adducts with globin. Chemico-Biological Interactions 2004, 148: 1-10

2.1.3.27 Stoffprofil N-Lost

N-Lost; nitrogen mustard, HN-1, HN-2, HN-3 UN-Nr. – CAS-Nr. 538-07-8 (HN-1), 51-75-2 (HN-2), 555-77-1 (HN-3) Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	<p>ETW: – ; AEGl-2 (4h): 0,0056 mg/m³ (!) (HN-1, HN-2, HN-3; US EPA, vorläufig);</p> <p>MAK: – , Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Gefahr der Sensibilisierung der Haut, Krebs erzeugend Kategorie 1, Keimzellmutagen Kategorie 2 (HN-2); AGW: –</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: : Aufnahme inhalativ, dermal, gute Resorption; wirkt als Alkylans an der DNA</p> <p>Wirkorte: Haut, aber auch systemisch</p> <p>Reizwirkungen: Augenreizung, Atemwegsbeschwerden</p> <p>Akute Toxizität: mit Latenzzeit Hautschädigung mit Blasenbildung, Magendruck, Nasenbluten, Bronchitis, zeitweise Sprachverlust, Brechreiz, pseudodiphtherische Membranen, Pneumonie</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Knochenmarksdepression, Psychosen, Immunsuppression, Lungenschäden, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Hautulzerationen und -nekrosen</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Spontanurin</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 48 Stunden nach Exposition</p> <p>Lagerung: –</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: HPLC/MS-MS nach Festphasenextraktion (Lemire et al.)</p> <p>Nachweis Metabolit: N-Ethyl-diethanolamin (EDEA, LOD: 0,4 µg/L Urin), N-Methyl-diethanolamin (MDEA, LOD: 0,8 µg/L Urin), Triethanolamin (TEA, LOD: 3 µg/L Urin)</p> <p>Bewertung der Methode: Vergiftungssymptomatik steht bei der Diagnose im Vordergrund, Analytik für Differentialdiagnose ist Speziallabors vorbehalten; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden</p>
Literatureinstieg	<p>BGI A-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Tris(2-chlorethyl)amin. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Lemire SW, Ashley DL, Calafat AM: Quantitative determination of the hydrolysis products of nitrogen mustards in human urine by liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry. Journal of Analytical Toxicology 2003, 27(1):1-6</p>



N-Lost; nitrogen mustard, HN-1, HN-2, HN-3

UN-Nr. – CAS-Nr. 538-07-8 (HN-1), 51-75-2 (HN-2), 555-77-1 (HN-3)

Chemischer Kampfstoff

➔ **Literatureinstieg**

Lemire SW, Barr JR, Ashley DL, Olson CT, Hayes TL: Quantitation of biomarkers of exposure to nitrogen mustards in urine from rats dosed with nitrogen mustards and from an unexposed human population. *Journal of Analytical Toxicology* 2004, 28(5):320-326

Zilker T: Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten. *Bayrisches Ärzteblatt* 2001, 11: 565-570

2.1.3.28 Stoffprofil Organophosphate

Organophosphate; organophosphates UN-Nr. – CAS-Nr. – Stoffgruppe mit Kampfstoffen und Pestiziden	
Beurteilungswerte	<p>ETW; AEGL-2 (4h); MAK mit Spitzenbegrenzung, Einstufung; AGW: jeweils abhängig vom Einzelstoff</p> <p>BAT: Reduktion der Acetylcholinesterase (AChE)-Aktivität auf 70 % des Bezugswertes; BGW: Reduktion der Acetylcholinesterase (AChE)-Aktivität auf 70 % des Bezugswertes;</p> <p>BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, oral; systemische Verteilung, zum Teil Einlagerung in das Fettgewebe, irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE)</p> <p>Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut</p> <p>Reizwirkungen: –</p> <p>Akute Toxizität: Schwindel, Angst, Sprachstörungen, Schwäche, Tremor, Miosis, Erbrechen, Schwitzen, Bronchorrhoe, Herzrhythmusstörungen, Krämpfe, Koma, Atemlähmung</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: bei einigen Stoffen um 7 - 20 Tage verzögerte, anhaltende Neurotoxizität: Lähmung der Extremitäten; typisch für Ester von Alkylaromaten; Verhaltensauffälligkeiten</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten[®]; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende</p> <p>Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4 - 8°C bis zu 2 Tage</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie</p> <p>Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für synaptische AChE, unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; für einige Pestizide gibt es eine DFG-Methode zur quantitativen Bestimmung mittels GC/MS aus Vollblut (Chlorpyrifos, Diazinon, Fenthion, Fenitrothion, Malathion); bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des ChE-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharmTox der Bundeswehr etabliert</p>

Organophosphate; organophosphates

UN-Nr. – CAS-Nr. –

Stoffgruppe mit Kampfstoffen und Pestiziden

➔ **Literatureinstieg**

Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11):340-349

Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. Clinica Chimica Acta 2006, 366: 1-13

Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005

Kwong TC: Organophosphate Pesticides: Biochemistry and Clinical Toxicology. Therapeutic Drug Monitoring 2002, 24(1):144-149

Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

Zilker T: Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten. Bayerisches Ärzteblatt 2001, 11: 565-570

2.1.3.29 Stoffprofil Parathion

Parathion; diethyl parathion UN-Nr. 3278 CAS-Nr. 56-38-2	
Beurteilungswerte	<p>ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,96 mg/m³ (!) (US EPA, vorläufig); MAK: 0,1 mg/m³ (gemessen als einatembare Fraktion) Spitzenbegrenzung: II (8), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Schwangerschaft Gruppe D; AGW: 0,1 mg/m³ (gemessen als einatembare Fraktion)</p> <p>BAT: 500 µg p-Nitrophenol/L Urin, Reduktion der Acetylcholinesterase (AChE)-Aktivität auf 70 % des Bezugswertes; BGW: 500 µg p-Nitrophenol/L Urin, Reduktion der Acetylcholinesterase (AChE)-Aktivität auf 70 % des Bezugswertes; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; systemische Verteilung, Metabolisierung zu Paraoxon; irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE), teilweise renale Elimination</p> <p>Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut</p> <p>Reizwirkungen: geringe Haut-, Schleimhautreizung</p> <p>Akute Toxizität: Schwindel, Angst, Sprachstörungen, Schwäche, Tremor, Miosis, Erbrechen, Schwitzen, Bronchorrhoe, Herzrhythmusstörungen, Krämpfe, Koma, Atemlähmung</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: s. o., geringer ausgeprägt</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Sammelurin, Vollblut für AChE-Aktivität (siehe Organophosphate)</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: innerhalb 24 Stunden nach Expositionsende</p> <p>Lagerung: –</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Gaschromatographie mit ECD (GC-ECD) nach Säurehydrolyse</p> <p>Nachweis Metabolit: p-Nitrophenol (LOD: 0,1 mg/L Urin)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG; ergänzt die Enzymaktivitätsbestimmung (AChE) um den Nachweis eines spezifischen Metaboliten</p>
Literatureinstieg	<p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Parathion.</p> <p>Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005</p> <p>Eben A: p-Nitrophenol. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1978, 2. Lieferung</p>

2.1.3.30 Stoffprofil Perfluorisobuten

Perfluorisobuten, PFIB; perfluoroisobutylene UN-Nr. – CAS-Nr. 382-21-8	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,028 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – ; BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ; durch Hydrolyse auf Schleimhäuten entstehen u. a. Fluorwasserstoff, Fluorphosgen und Bis-(trifluormethyl)-essigsäure; renale Elimination Wirkorte: Lunge, ZNS Reizwirkungen: Husten, Atembeschwerden, Brustschmerz Akute Toxizität: nach Latenzzeit Erstickungsgefühl, röchelnde Atmung, Angst, Unruhe, blutiger Auswurf, Zyanose, Tachykardie, Kollaps, hämorrhagisches Lungenödem Chronische Toxizität/Spätfolgen: Blutveränderungen, Herzfunktionsstörungen, Lungenschäden
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: zur Zeit keine Standardmethode für humane Proben validiert; aufgrund der raschen Hydrolyse im wässrigen Milieu ist die Bestimmung des Gesamtfluorgehalts in humanen Proben eine Option, die aber nicht spezifisch für die PFIB-Exposition ist
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Perfluoroisobutylene. Link: http://www.dguv.de/bgja/de/gestis/stoffdb/index.jsp Clayton JW: Toxicology of the Fluoroalkenes: Review and Research Needs. Environmental Health Perspectives 1977, 21: 255-267

2.1.3.31 Stoffprofil Phenol

Phenol; phenol UN-Nr. 1671 CAS-Nr. 108-95-2	
Beurteilungswerte	<p>ETW: – ; AEGL-2 (4h): 15 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: – , Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebs erzeugend Kategorie 3B, Keimzellmutagen Kategorie 3B;</p> <p>AGW: 2 ppm</p> <p>BAT: – ; BGW: 300 mg Phenol/L Urin ; BAR: – ; BLW: 200 mg Gesamt-Phenol/L Urin ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, gute Resorption; Metabolisierung durch Sulfatierung und Glucuronidierung, Halbwertszeit ca. 4 Stunden oder länger (abhängig vom Aufnahmeweg); renale Elimination</p> <p>Wirkorte: Haut, ZNS, Herzkreislaufsystem, Niere</p> <p>Reizwirkungen: Schleimhäute</p> <p>Akute Toxizität: schwere Augenschädigung, Hautverätzung, ZNS-Störungen, Herzrhythmen, kardiovaskulärer Schock, Azidose, Methb-Bildung, Nierenschädigung (bis zum Nierenversagen bei prädisponierten Personen)</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Hautverfärbungen, gastrointestinale Störungen, ZNS-Störungen, Leberschäden, Nierenschäden</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Spontanurin</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende</p> <p>Lagerung: bei 4-8° C bis 5 Tage, bei -20° C bis zu 1 Jahr</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Kapillar-GC/ECD</p> <p>Nachweis Metabolit: Phenolglucuronide, -sulfate (LOD: 0,05 mg/Liter Urin)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG, präzise und zuverlässig bei kleiner Probenmenge; eignet sich auch für die parallele Bestimmung von 6 anderen Phenolverbindungen</p>
Literatureinstieg	<p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Phenol. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Will W: Phenole. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1999, 13. Lieferung</p> <p>Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001</p>

2.1.3.32 Stoffprofil Phosgen

Phosgen; phosgene UN-Nr. 1076 CAS-Nr. 75-44-5	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,080 ppm (US EPA, final); MAK: 0,1 ppm Spitzenbegrenzung: I (2), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: 0,1 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: inhalative Exposition, kaum systemische Resorption; Acylierung von Proteinen in der Alveolarmembran, Hydrolyse zu Salzsäure und Kohlendioxid Wirkorte: Lunge Reizwirkungen: Schleimhaut Akute Toxizität: Husten, Zyanose, toxisches Lungenödem, Pneumonie Chronische Toxizität/Spätfolgen: über mehrere Monate Schwäche, Schwitzen, Herz- und Atemfunktionsstörungen, chronische Bronchitis, evtl. ZNS-Störungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine HBM-Methode verfügbar, da Phosgen in der Lunge rasch zu Kohlendioxid und Salzsäure umgewandelt wird; Chlorid aus der Salzsäure ist physiologischer Bestandteil biologischer Matrices
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Phosgen. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Hazardous Substances Data Bank: Phosgene. United States National Library of Medicine's TOXNET system. Link: http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB

2.1.3.33 Stoffprofil Phosphortrichlorid

Phosphortrichlorid; phosphorus trichloride UN-Nr. 1809 CAS-Nr. 7719-12-2	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 1,3 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: 0,5 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: 0,5 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Exposition inhalativ, dermal, kaum Resorption; an feuchter Luft oder auf Schleimhäuten rasche Hydrolyse zu Salzsäure und phosphoriger Säure; Aufnahme in den physiologischen Metabolismus Wirkorte: lokal an Haut, Augen, Lunge Reizwirkungen: reizend auf Augen, Atemwege Akute Toxizität: starke Verätzungen, Husten, Übelkeit, Atemnot, Lungenschädigung Chronische Toxizität/Spätfolgen: chronische Atemwegserkrankungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine HBM-Methode verfügbar, da Phosphortrichlorid durch Hydrolyse rasch zu Salzsäure bzw. Chlorid und phosphoriger Säure umgewandelt wird; der physiologische Chlorid- und Phosphatstoffwechsel lässt keine Rückschlüsse auf eine exogene Belastung zu
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Phosphortrichlorid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp

2.1.3.34 Stoffprofil Phosphorylchlorid

Phosphorylchlorid, Phosphoryltrichlorid; Phosphorus oxychloride UN-Nr. 1810 CAS-Nr. 10025-87-3	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: 0,2 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: 0,2 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Exposition inhalativ, dermal, kaum Resorption; Hydrolyse mit Luftfeuchte und auf Schleimhäuten Wirkorte: lokal an Haut, Schleimhaut Reizwirkungen: verzögerte Reizwirkung auf Augen, Haut, Schleimhäute, Atemnot, Katarrh Akute Toxizität: Verätzungen, Augenschäden, Husten, Erstickungsgefühl, Schwindel, Brechreiz, Bronchitis, Pneumonie, Tachykardie Chronische Toxizität/Spätfolgen: chron. Atemwegsreizungen, asthmoide Bronchitis, Reizung der Augenbindehaut
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine HBM-Methode verfügbar, da Phosphorylchlorid durch Hydrolyse zu Salzsäure bzw. Chlorid und Phosphorsäure umgewandelt wird; der physiologische Chlorid- und Phosphatstoffwechsel lässt keine Rückschlüsse auf eine exogene Belastung zu
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Phosphoryltrichlorid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp

2.1.3.35 Stoffprofil Rizin

Rizin; ricin UN-Nr. – CAS-Nr. 9009-86-3	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, oral, gute Resorption; Ribosomen-Inaktivierung, Hämagglutination Wirkorte: Blut, intrazelluläre Ribosomen Reizwirkungen: allergische Reaktionen Akute Toxizität: Husten, Erbrechen, Schwäche, Fieber, blutiger Durchfall, Krämpfe, Exsikkose, Tachykardie, Lähmung der Extremitäten, Lungenödem Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Urin Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 48 Stunden nach Exposition Lagerung: bis 3 Wochen bei 5-25°C
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: HPLC/ESI-MS-MS nach Festphasenextraktion (Johnson et al.) Nachweis Metabolit: Ricinin (LOD: 0,04 µg/L Urin) Bewertung der Methode: Methode der Centers of Disease Control and Prevention (Atlanta, USA); Ricinin ist natürlicher Begleitstoff des Rizins, kann daher eine Rizin-Exposition indizieren; es ist einfacher zu detektieren als Rizin
Literatureinstieg	Audi J, Belson M, Patel M, Schier J, Osterloh J: Ricin Poisoning: a Comprehensive Review. Journal of the American Medical Association 2005, 294(18): 2342-2351 Fact Sheet Ricin. Labor Spiez 2003. Link: http://www.labor-spiez.ch/de/dok/fa/pdf/fs-ricin.pdf Johnson RC, Lemire SW, Woolfitt AR, Ospina M, Preston KP, Olson CT, Barr JR: Quantification of Ricinine in Rat and Human Urine: a Biomarker for Ricin Exposure. Journal of Analytical Toxicology 2005, 29: 149-155

2.1.3.36 Stoffprofil Salpetersäure

Salpetersäure; nitric acid UN-Nr. 2032 CAS-Nr. 7697-37-2	
Beurteilungswerte	ETW: 3 ppm ; AEGL-2 (4h): 6,0 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: 1 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Exposition inhalativ, dermal; Salpetersäure über 70 % setzt Nitrose Gase (Stickstoffoxide) frei, die inhaliert werden können; lokale Bildung von Xanthoproteinen Wirkorte: lokal Reizwirkungen: Haut, Schleimhäute (konzentrationsabhängig) Akute Toxizität: Verätzungen der Haut aller Schweregrade, Augen und Schleimhäute mit rotgelber Verfärbung, Angst, Krämpfe, Atemwegsreizung, Glottisödem, toxisches Lungenödem, MetHb-Bildung durch Nitrose Gase Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine validierte HBM-Methode verfügbar; MetHb-Bestimmung im Labor möglich, aber nicht spezifisch für eine Salpetersäureexposition
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Salpetersäure. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. Salpetersäure 20 %...70 %. Ecomed, Landsberg/Lech 1992-2008, 1.-227. Lfg. Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. Salpetersäure über 70 %. Ecomed, Landsberg/Lech 1992-2008, 1.-227. Lfg.

2.1.3.37 Stoffprofil Salzsäure

Salzsäure, Chlorwasserstoff; hydrochloric acid UN-Nr. 1789 CAS-Nr. 7647-01-0	
Beurteilungswerte	ETW: 11 ppm ; AEGL-2 (4h): 11 ppm (US EPA, final); MAK: 2 ppm , Spitzenbegrenzung: I (2), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Exposition inhalativ, dermal, kaum Resorption Wirkorte: lokal Reizwirkungen: Haut, Schleimhäute (konzentrationsabhängig) Akute Toxizität: Verätzungen aller Schweregrade der Haut, Augen und Schleimhäute, Angst, Krämpfe, Atemwegsreizung, Kehlkopfödem, hämorrhagisches Lungenödem, Bronchokonstriktion, Schock, Mikrothromben durch Schädigung der Lungenkapillaren Chronische Toxizität/Spätfolgen: chronische Bronchitis, Magen-Darm-Erkrankungen, Zahnschäden
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine HBM-Methode verfügbar, da Salzsäure vor allem lokal wirkt, im Organismus rasch zu Chlorid und anderen Verbindungen umgewandelt wird und Chlorid physiologischer Bestandteil biologischer Matrices ist
Literatureinstieg	BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Salzsäure. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp

2.1.3.38 Stoffprofil Sarin

Sarin; Agent GB UN-Nr. – CAS-Nr. 107-44-8 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,0029 ppm [0,017 mg/m ³ (l)] (US EPA, final) ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; rasche systemische Verteilung, irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE); geringe Elimination, Akkumulation im Organismus möglich Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut Reizwirkungen: Augen-, Kopfschmerzen, Miosis (Frühzeichen) Akute Toxizität: Miosis, Schwitzen, Muskelzucken, Angst, gastrointestinale Störungen, Atembeschwerden, starke Sekretion aller Schleimdrüsen, Hypotonie, Bradykardie, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: leichte Vergiftungssymptome, Leberschädigung, vorzeitiges Altern und Schädigung der Hirnfunktion
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten [®] ; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4 - 8°C bis zu 2 Tage
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l) Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für synaptische AChE, unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des ChE-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharmTox der Bundeswehr etabliert
Literatureinstieg	Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11):340-349 BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Sarin. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp

Sarin; Agent GB
UN-Nr. – CAS-Nr. 107-44-8
Chemischer Kampfstoff

<p>➔ Literatureinstieg</p>	<p>Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. <i>Clinica Chimica Acta</i> 2006, 366: 1-13</p> <p>Dekant W, Vamvakas S: <i>Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten</i>. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005</p> <p>Huber U: Sarin. Hintergrundinformationen zu einem aktuellen Thema. AC-Laboratorium Spiez, März 1995. Link: http://www.labor-spiez.ch/de/dok/hi/dedokhisa.htm</p> <p>Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: <i>Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material</i>. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung</p> <p>Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): <i>Clinical Environmental Health and Toxic Exposure</i>. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001</p> <p>Zilker T: <i>Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten</i>. Bayerisches Ärzteblatt 2001, 11: 565-570</p>
-----------------------------------	--

2.1.3.39 Stoffprofil Saxitoxin

Saxitoxin; STX UN-Nr. – CAS-Nr. 35523-89-8	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme oral; rasche Resorption; renale Elimination; Halbwertszeit ca. 10 Stunden Wirkorte: neuronale Natriumkanäle Reizwirkungen: – Akute Toxizität: Parästhesien, Benommenheit, Schluckstörung, Hypertonie, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Urin Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 24 Stunden nach Abklingen der Symptome Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: In-Vitro-Assay (Powell & Doucette) Nachweis Substanz: Saxitoxin Bewertung der Methode: experimentelle Methode, aber mögliche Alternative zum Tierversuch; spezialisierten Labors vorbehalten
Literatureinstieg	Gessner BD, Bell P, Doucette GJ, Moczydlowski E, Poli MA, van Dolah F, Hall S: Hypertension and identification of toxin in human urine and serum following a cluster of mussel-associated Paralytic Shellfish Poisoning outbreaks. <i>Toxicon</i> 1997, 35(5):711-722 Morris JG: Harmful Algal Blooms: An Emerging Public Health Problem with Possible Links to Human Stress on the Environment. <i>Annual Review of Energy and the Environment</i> 1999, 24: 367-390 Powell CL, Doucette GJ: A Receptor Binding Assay for Paralytic Shellfish Poisoning Toxins: Recent Advances and Applications. <i>Natural Toxins</i> 1999, 7: 393-400

2.1.3.40 Stoffprofil Schwefeldioxid

Schwefeldioxid; sulfur dioxide UN-Nr. 1079 CAS-Nr. 7446-09-5	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 1 ppm ; AEGL-2 (4h): 0,75 ppm (US EPA, final);</p> <p>MAK: 0,5 ppm , Spitzenbegrenzung: I (1), ein Momentanwert von 1 ppm sollte nicht überschritten werden, Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: –</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ; Umsetzung im Flüssigkeitsfilm der Schleimhaut zu H₂SO₃, Oxidation zu Sulfat, teilweise Bindung als S-Sulfonat an Plasmaproteine; physiologische Metabolisierung, renale Elimination</p> <p>Wirkorte: lokal</p> <p>Reizwirkungen: Augen, Atemwege</p> <p>Akute Toxizität: Verätzungen durch flüssiges SO₂; Husten, Tränenreiz, Bronchokonstriktion, Entzündungen der Atemwege, Lungenödem</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Atemwegsreizung</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovette[®]</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: –</p> <p>Lagerung: –</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie nach Plasma-Dialyse</p> <p>Nachweis Addukt: Schwefeldioxid aus S-Sulfonat (LOD: 1 mg Schwefeldioxid/L Plasma)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG, kann chronische Exposition gegenüber Schwefeldioxid erfassen; Umweltmonitoring in die Anamnese einbeziehen</p>
Literatureinstieg	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Sulfur Dioxide. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p> <p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Schwefeldioxid.</p> <p>Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p> <p>Eben A: Schwefeldioxid (S-Sulfonat). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1981, 5. Lieferung</p>

2.1.3.41 Stoffprofil Schwefelsäure

Schwefelsäure; sulfuric acid UN-Nr. 1830 CAS-Nr. 7664-93-9	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 8,7 mg/m ³ (!) (US EPA, vorläufig); MAK: 0,1 mg/m ³ (gemessen als einatembare Fraktion), Spitzenbegrenzung: 1 (1), ein Momentanwert von 0,2 mg/m ³ sollte nicht überschritten werden, Einstufung: Krebs erzeugend Kategorie 4, Schwangerschaft Gruppe C; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Exposition inhalativ, dermal; resorbierte Schwefelsäure wird im Organismus rasch zu Sulfat und anderen Verbindungen umgewandelt, Sulfat ist physiologischer Bestandteil biologischer Matrices Wirkorte: lokal (Wirkung konzentrationsabhängig) Reizwirkungen: Augen, Haut, Husten Akute Toxizität: Verätzungen der Haut/Schleimhäute mit dunkler Verfärbung, Nasenfluss, Atemnot, schwere Lungenschädigung, Schock, Azidose, Hämolyse Chronische Toxizität/Spätfolgen: Augen-, Atemwegsreizung, Zahnerosion, Hautentzündungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: – Zeitraum/-punkt Probenahme: – Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: – Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: – Bewertung der Methode: keine HBM-Methode verfügbar, da Schwefelsäure im Organismus rasch zu Sulfat und anderen Verbindungen umgewandelt wird und Sulfat physiologischer Bestandteil biologischer Matrices ist
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2004): Toxicological Profile for Sulfur Trioxide and Sulfuric Acid. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Schwefelsäure. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp

2.1.3.42 Stoffprofil Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff; hydrogen sulfide UN-Nr. 1053 CAS-Nr. 7783-06-4	
Beurteilungswerte	ETW: 20 ppm; AEGL-2 (4h): 20 ppm (US EPA, final); MAK: 5 ppm , Spitzenbegrenzung: I (2), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe C; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Hauptaufnahmeweg über die Lunge, Verteilung in Lunge, ZNS, Leber, Nieren, Milz, Pankreas, Dünndarm Wirkorte: olfaktorisches System, Lunge, ZNS, Augen Reizwirkungen: Reizung von Augen, Rachen; Geruchsbelästigung Akute Toxizität: Schwindel, Übelkeit, Kopfschmerzen, entzündliche Atemwegsreizungen, Lungenödem, Pneumonie, Bewusstlosigkeit, Hypoxie, Atemstillstand, Tod Chronische Toxizität/Spätfolgen: Geruchssinn-Dysfunktionen, Keratokonjunktivitis
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Urin Zeitraum/-punkt Probenahme: 6- 15 Stunden nach Expositionsende Lagerung: bei Raumtemperatur bis 3 Tage, besser bei -20° C bis 18 Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Reversed-Phase-HPLC-Methode mit Fluoreszenzdetektion nach Derivatisierung mit Monobrombiman (Newton et al.) Nachweis Metabolit: Thiosulfat Bewertung der Methode: Sulfid aus Schwefelwasserstoff ist in biologischen Proben schwierig zu bestimmen (flüchtig, leicht oxidierbar, bindet an Glas, Gummi), daher Nachweis von Thiosulfat als primärer Metabolit im Urin; bisher keine quantitative Korrelation des Parameters zu Luftmesswerten von Schwefelwasserstoff; Ernährung mit stark schwefelhaltigen Nahrungsmitteln kann den Messwert erhöhen
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2006): Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Schwefelwasserstoff. Link: http://www.dguv.de/bgja/de/gestis/stoffdb/index.jsp

Schwefelwasserstoff; hydrogen sulfide**UN-Nr. 1053 CAS-Nr. 7783-06-4**➔ **Literatureinstieg**

Kage S, Takekawa K, Kurosaki K, Imamura T, Kudo K: The usefulness of thiosulfate as an indicator of hydrogen sulfide poisoning: three cases. *International Journal of Legal Medicine* 1997, 110: 220-222

Kangas J, Savolainen H (1987): Urinary thiosulphate as an indicator of exposure to hydrogen sulphide vapour. *Clinica Chimica Acta* 164, 7-10

Milby HT, Baselt RC (1999): Hydrogen Sulfide Poisoning: Clarification of Some Controversial Issues. *American Journal of Industrial Medicine* 35, 192-195

Newton GL, Dorian R, Fahey RC (1981): Analysis of Biological Thiols: Derivatization with Monobromobimane and Separation by Reverse-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *Analytical Biochemistry* 114, 383-387

Shih VE, Carney MM, Mandell R: A simple screening test for sulfite oxidase deficiency: Detection of urinary thiosulfate by a modification of Sörbo's method. *Clinica Chimica Acta* 1979, 95: 143-145

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. 2. Auflage. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, Baltimore 2001

2.1.3.43 Stoffprofil Senfgas

Senfgas, S-Lost, 2,2'-Dichlor-diethylsulfid; sulfur mustard UN-Nr. – CAS-Nr. 505-60-2 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,0040 ppm [0,025 mg/m ³ (l)] (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebs erzeugend Kategorie 1; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, gute Resorption; renale Elimination Wirkorte: Haut, Augen, Lunge, Knochenmark Reizwirkungen: Augenreizung Akute Toxizität: Brechreiz, Schwindel, Husten mit schleimigem Auswurf, Blepharospasmus, Konjunktivitis, Hautblasen, Atemwegsbeschwerden, Bronchopneumonie, Markaplasie Chronische Toxizität/Spätfolgen: Schädigung des Atemtraktes, Konjunktivitis, Kräfteverfall, Infektionsanfälligkeit, Krebserkrankungen, Hautpigmentation
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Spontanurin Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 14 Tage nach Exposition Lagerung: mehrere Jahre bei -20° C
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: GC/MS-MS nach Festphasenextraktion und Derivatisierung (Riches et al.) Nachweis Metabolit: Thiodiglykol (LOD: 0,2 µg/L Urin) Bewertung der Methode: Analytik ist Speziallabors vorbehalten; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services (2006): Toxicological Profile for Sulfur Mustard. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGI A-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Bis(2-chlorethyl)sulfid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Kehe K, Szinicz L: Medical aspects of sulphur mustard poisoning. Toxicology 2005, 214(3):198-209 Riches J, Read RW, Black RM: Analysis of the sulphur mustard metabolites thiodiglycol and thiodiglycol sulphoxide in urine using isotopedilution



Senfgas, S-Lost, 2,2'-Dichlordiethylsulfid; sulfur mustard

UN-Nr. – CAS-Nr. 505-60-2

Chemischer Kampfstoff

➔ Literatureinstieg	gas chromatography ion trap tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography B 2007, 845(1):114-120 Zilker T: Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten. Bayerisches Ärzteblatt 2001, 11: 565-570
---------------------	---

2.1.3.44 Stoffprofil Soman

Soman; Agent GD UN-Nr. – CAS-Nr. 96-46-0 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,0012 ppm [0,0085 mg/m ³ (l)] (US EPA, final) ; MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; rasche systemische Verteilung, irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE); geringe Elimination, Akkumulation im Organismus möglich Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut Reizwirkungen: – Akute Toxizität: Augen-, Kopfschmerzen, Miosis, Schwitzen, Muskelzucken, Angst, gastrointestinale Störungen, Atembeschwerden, starke Sekretion aller Schleimdrüsen, Hypotonie, Bradykardie, Krämpfe, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten [®] ; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4–8° C bis zu 2 Tage
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l) Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für synaptische AChE, unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des ChE-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharmTox der Bundeswehr etabliert
Literatureinstieg	Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11):340-349 Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. Clinica Chimica Acta 2006, 366: 1-13 Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005



Soman; Agent GD

UN-Nr. – CAS-Nr. 96-46-0

Chemischer Kampfstoff

➔ Literatureinstieg

Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

Zilker T: Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten. Bayerisches Ärzteblatt 2001, 11: 565-570

2.1.3.45 Stoffprofil Stickstoffoxide

Stickstoffoxide, Nitrose Gase; nitrogen oxides UN-Nr. – CAS-Nr. – Gasgemisch (Stoffgruppe) mit NO (CAS-Nr. 10102-43-9), NO₂ (CAS-Nr. 10102-44-0), N₂O₄, N₂O₃, N₂O₅	
Beurteilungswerte	<p>Einzelstoff Stickstoffmonoxid</p> <p>ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: 0,5 ppm Spitzenbegrenzung: I (2), Einstufung: Schwangerschaft Gruppe D; AGW: –</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p> <p>Einzelstoff Stickstoffdioxid</p> <p>ETW: 8,2 ppm ; AEGL-2 (4h): 8,2 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: 0,5 ppm Spitzenbegrenzung: I (1), Einstufung: Krebs erzeugend Kategorie 3B, Schwangerschaft Gruppe D; AGW: –</p> <p>BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, gute Resorption; auf Schleimhaut bildet sich unter anderem Salpetersäure; MetHb-Bildung, Metabolisierung zu Nitrit/Nitrat; renale Elimination</p> <p>Wirkorte: Lunge, Blut</p> <p>Reizwirkungen: Schleimhäute</p> <p>Akute Toxizität: Husten, Schwindel, Kopfschmerzen, Atemnot, Zyanose, MetHb-Bildung, ZNS-Störungen, toxisches Lungenödem (unter Umständen erst nach Latenzzeit), Herz-Kreislauf-Versagen</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Bronchitis, gastrointestinale Störungen, Anämie</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: –</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: –</p> <p>Lagerung: –</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: –</p> <p>Nachweis Substanz/Metabolit/Addukt/Parameter: –</p> <p>Bewertung der Methode: keine validierte HBM-Methode verfügbar, MetHb- oder Nitrit/Nitrat-Bestimmung klinisch möglich, jedoch nicht spezifisch für Stickoxide; Cave! Hintergrundbelastung der Bevölkerung durch Rauchen, Luftverschmutzung</p>
Literatureinstieg	<p>BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Nitrose Gase.</p> <p>Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp</p>



Stickstoffoxide, Nitrose Gase; nitrogen oxides

UN-Nr. – CAS-Nr. –

Gasgemisch (Stoffgruppe)

mit NO (CAS-Nr. 10102-43-9), NO₂ (CAS-Nr. 10102-44-0), N₂O₄, N₂O₃, N₂O₅

➔ **Literatureinstieg**

Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005

Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. Stickstoffdioxid. Ecomed, Landsberg/Lech 1992-2008, 1.-227. Lfg.

Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. Stickstoffmonoxid. Ecomed, Landsberg/Lech 1992-2008, 1.-227. Lfg.

2.1.3.46 Stoffprofil Tabun

Tabun; Agent GA UN-Nr. – CAS-Nr. 77-81-6 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0,0026 ppm [0,017 mg/m ³ (!)] (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; rasche systemische Verteilung, irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE); geringe Elimination, Akkumulation im Organismus; kann durch Hydrolyse Blausäure abspalten – Mischexposition möglich Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut Reizwirkungen: Augen-, Kopfschmerzen, Miosis (Frühzeichen) Akute Toxizität: Miosis, Schwitzen, Muskelzucken, Angst, gastrointestinale Störungen, Atembeschwerden, starke Sekretion aller Schleimdrüsen, Hypotonie, Bradykardie, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: leichte Vergiftungssymptome, Leberschädigung, vorzeitiges Altern und Schädigung der Hirnfunktion
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten [®] ; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4 - 8°C bis zu 2 Tage
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l) Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für synaptische AChE, unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des ChE-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharmTox der Bundeswehr etabliert
Literatureinstieg	Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11):340-349 BGI A-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Tabun.



Tabun; Agent GA
UN-Nr. – CAS-Nr. 77-81-6
Chemischer Kampfstoff

➔ **Literatureinstieg**

Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. *Clinica Chimica Acta* 2006, 366: 1-13

Dekant W, Vamvakas S: *Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten*. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005

Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: *Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material*. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): *Clinical Environmental Health and Toxic Exposure*. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

Zilker T: *Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten*. *Bayarisches Ärzteblatt* 2001, 11: 565-570

2.1.3.47 Stoffprofil Tetrachlorethan

Tetrachlorethan, 1,1,2,2-Tetrachlorethan; 1,1,2,2-tetrachloroethane UN-Nr. 1702 CAS-Nr. 79-34-5	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): – ; MAK: 1 ppm Spitzenbegrenzung: II (2), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebserzeugend Kategorie 3B, Schwangerschaft Gruppe D; AGW: 1 ppm BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, gute Resorption; Metabolisierung zu Trichlorethanol, Trichloressigsäure, Dichloressigsäure, Oxalsäure, Kohlendioxid; pulmonale und renale Elimination Wirkorte: Haut, Leber, ZNS Reizwirkungen: Haut, Schleimhäute Akute Toxizität: Brechreiz, Schwindel, narkotische Wirkung, zerebrale Schäden, periphere Nervenlähmungen, Leberschäden, Nierenschäden Chronische Toxizität/Spätfolgen: Schwindel, Kopfschmerz, Tremor, Leberschädigung, gastrointestinale Störungen
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: 10 ml Vollblut (Probengefäße vom Labor vorbereitet) Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 24 Stunden nach Expositionsende Lagerung: –
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: GC/MS mit Purge-Trap-Aufgabe (Ashley et al.) Nachweis Substanz: Tetrachlorethan (LOD: 5 ng/L Blut) Bewertung der Methode: sensitive, aber aufwendige Methode, nur in spezialisierten Labors durchführbar; essentiell ist die rasche Probenahme, da Tetrachlorethan rasch metabolisiert wird; der Metabolit Trichloressigsäure lässt sich einfacher nachweisen (SOP der DFG), ist aber unspezifischer
Literatureinstieg	Ashley DL, Bonin MA, Cardinalis FL, McCraw JM, Holler JS, Needham LL, Patterson DG: Determining volatile organic compounds in human blood from a large sample population by using purge and trap gas chromatography/mass spectrometry. Analytical Chemistry 1992, 64(9):1021-1029 BGIA-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu 1,1,2,2-Tetrachlorethan. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Eben A: Trichlorethansäure (Trichloressigsäure, TCA). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1985, 8. Lieferung

2.1.3.48 Stoffprofil Tetrachlormethan

Tetrachlormethan, Tetrachlorkohlenstoff; carbon tetrachloride UN-Nr. 1846 CAS-Nr. 56-23-5	
Beurteilungswerte	<p>ETW: 39 ppm ; AEGL-2 (4h): 100 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: 0,5 ppm Spitzenbegrenzung: II (2), Einstufung: Gefahr der Hautresorption, Krebs erzeugend Kategorie 4, Schwangerschaft Gruppe C; AGW:-</p> <p>BAT: 3,5 µg Tetrachlormethan/L Blut ; BGW: 70 µg Tetrachlormethan/L Blut; BAR: - ; BLW: - ; EKA: -</p>
Toxische Effekte nach Inhalation/dermaler Aufnahme	<p>Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal, oral, gute Resorption; Akkumulation im Fettgewebe möglich; unverändertes Tetrachlormethan wird zum Teil exhaliiert; Metabolisierung zu Chloroform, Kohlendioxid, Hexachlorethan, Kohlenmonoxid, Phosgen, Glutathion-Addukten; renale/biliäre Elimination; Halbwertszeit ca. 7 - 10 Stunden</p> <p>Wirkorte: ZNS, Leber, Niere</p> <p>Reizwirkungen: mäßig reizend an Haut, Schleimhäuten</p> <p>Akute Toxizität: Brechreiz, Kopfschmerz, narkotische Wirkung; nach Latenzzeit Diarrhoe, Fieber, Erbrechen, toxische Hepatitis, Nierenschädigung</p> <p>Chronische Toxizität/Spätfolgen: Hautentzündungen, neurologische Beschwerden, Leberzirrhose</p>
Humanbiomonitoring Probenahme	<p>Probenmaterial: Vollblut; Abnahme mit EDTA-Monovette[®], Armbeuge mit Wasser und Seife statt Desinfektionsmittel reinigen; sofort 2 ml in Headspace-Gefäß überführen (vom Labor gestellt)</p> <p>Zeitraum/-punkt Probenahme: bis maximal 48 Stunden nach der Exposition</p> <p>Lagerung: bei -20° C bis zu 6 Monate</p>
Humanbiomonitoring Methode	<p>Anforderungen Analytik/Labortechnik: Headspace-Technik mit Kapillargc/ECD</p> <p>Nachweis Substanz: Tetrachlormethan (LOD: 0,3 µg/L Blut)</p> <p>Bewertung der Methode: SOP der DFG; Probenahme muss rasch nach Expositionsende erfolgen</p>
Literatureinstieg	<p>Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Carbon Tetrachloride (Update). Atlanta, GA: U.S: Department of Health and Human Services, Public Health Service.</p> <p>Link: http://www.atsdr.cdc.gov/</p> <p>Angerer J: Halogenierte Kohlenwasserstoffe (Dichlormethan, 1,2-Dichlorethen, 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan (Halothan), Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen).</p>

Tetrachlormethan, Tetrachlorkohlenstoff; carbon tetrachloride**UN-Nr. 1846 CAS-Nr. 56-23-5**➔ **Literatureinstieg**

In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

BGI A-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Tetrachlormethan.

Link: <http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp>

2.1.3.49 Stoffprofil Vinylchlorid

Vinylchlorid, Chlorethylen; chloroethylene UN-Nr. 1086 CAS-Nr. 75-01-4	
Beurteilungswerte	ETW: 100 ppm ; AEGL-2 (4h): 820 ppm (US EPA, vorläufig); MAK: – , Einstufung: Krebszerzeugend Kategorie 1; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: 1,5 mg Thiodiglykolsäure/L Urin; BLW: – ; EKA: + (MAK- und BAT-Werte-Liste): Thiodiglykolsäure (Urin)
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ; Metabolisierung unter anderem zu Thiodiglykolsäure; renale Elimination, Halbwertszeit ca. 4-5 Stunden Wirkorte: ZNS, Leber, Haut Reizwirkungen: Trockenheit der Schleimhäute Akute Toxizität: ZNS-Störungen, Herzfunktionsstörung Chronische Toxizität/Spätfolgen: ZNS-Beschwerden, Gewichtsverlust, Schädigung von Haut, Gefäßen, Bindegewebe, Fingerknochen; Lebertumoren
Humanbiomonitoring Probenahme	Probenmaterial: Sammelurin Zeitraum/-punkt Probenahme: bis 24 Stunden nach Expositionsende Lagerung: bei -20° C mehrere Monate
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: GC/MS Nachweis Metabolit: Thiodiessigsäure (Thiodiglykolsäure) (LOD: 0,05 mg/Liter Urin) Bewertung der Methode: SOP der DFG
Literatureinstieg	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007): Toxicological Profile for Vinyl Chloride. Atlanta, GA: U:S: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Link: http://www.atsdr.cdc.gov/ BGI A-Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung GESTIS Stoffdatenbank: Eintrag zu Vinylchlorid. Link: http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/index.jsp Cheng T, Huang Y, Ma Y: Urinary Thiodiglycolic Acid Levels for Vinyl Chloride Monomer-Exposed Polyvinyl Chloride Workers. Journal of Occupational and Environmental Medicine 2001, 43(11): 934-938 Müller G: Thiodiessigsäure (Bis(carboxymethyl)sulfid). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1982, 6. Lieferung

2.1.3.50 Stoffprofil VX

VX; Agent VX UN-Nr. – CAS-Nr. 50782-69-9 Chemischer Kampfstoff	
Beurteilungswerte	ETW: – ; AEGL-2 (4h): 0.00014 ppm [0.0015 mg/m ³ (!)] (US EPA, final); MAK: – , Einstufung: – ; AGW: – BAT: – ; BGW: – ; BAR: – ; BLW: – ; EKA: –
Toxische Effekte nach Inhalation/dermalen Aufnahme	Verteilung/Kinetik: Aufnahme inhalativ, dermal; rasche systemische Verteilung, irreversible Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE) Wirkorte: cholinerge Synapsen, Blut Reizwirkungen: Augen-, Kopfschmerzen, Miosis (Frühzeichen) Akute Toxizität: Miosis, Schwitzen, Muskelzucken, Angst, gastrointestinale Störungen, Atembeschwerden, starke Sekretion aller Schleimdrüsen, Hypotonie, Bradykardie, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung Chronische Toxizität/Spätfolgen: –
Humanbiomonitoring robenahme	Probenmaterial: Vollblut in EDTA-Monovetten [®] ; innerhalb 8 Stunden nach Abnahme Erythrozyten isolieren Zeitraum/-punkt Probenahme: nach Expositionsende Lagerung: Vollblutprobe maximal 8 Stunden bei Raumtemperatur, aufbereitete Proben bei 4 - 8°C bis zu 2 Tage
Humanbiomonitoring Methode	Anforderungen Analytik/Labortechnik: Photometrie Nachweis Parameter: Enzymaktivität der AChE in Erythrozyten (Nachweisgrenze: 235 U/l) Bewertung der Methode: SOP der DFG, aber kein Routine-Parameter; Erythrozyten-AChE eignet sich als Surrogatparameter für synaptische AChE, unabhängig von der Identität des Hemmstoffs; bei Verdacht auf Kampfstoff-Exposition sollte grundsätzlich Kontakt zu militärischen Einrichtungen aufgenommen werden, ein Verfahren zur Bestimmung des ChE-Status inklusive Reaktivierbarkeit ist im InstPharmTox der Bundeswehr etabliert
Literatureinstieg	Aurbek N, Worek F, Thiermann H: Aktuelle Aspekte in der Behandlung der phosphororganischen Vergiftung. Wehrmedizinische Monatsschrift 2009, 53(11):340-349 Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. Clinica Chimica Acta 2006, 366: 1-13



VX; Agent VX

UN-Nr. – CAS-Nr. 50782-69-9

Chemischer Kampfstoff

➔ Literatureinstieg

Dekant W, Vamvakas S: Toxikologie: eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München 2005

Lewalter J, Domik C: Acetylcholinesterase (AChE; Acetylcholin-Acetylhydrolase EC 3.1.1.7) und Cholinesterase (ChE; Acylcholin-Acylhydrolase EC 3.1.1.8). In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Analysen in biologischem Material. Hrsg.: Greim H; Wiley-VCH, Weinheim 1976-1991, 10. Lieferung

Sullivan JB, Krieger GR (Hrsg.): Clinical Environmental Health and Toxic Exposure. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001

Zilker T: Chemiekampfstoffe – Wirkung und Therapiemöglichkeiten. Bayerisches Ärzteblatt 2001, 11: 565-570

2.2 Liste der HBM-Laboratorien

Bei der Auswahl eines Labors sind die Anwendung validierter und anerkannter Verfahren (z. B. aus der Methodensammlung „Analysen in biologischem Material“ der DFG) und die ausgewiesene Erfahrung bei der Analytik des betreffenden Parameters wichtige Auswahlkriterien. Des Weiteren sollte man auf eine interne und externe Qualitätssicherung und die entsprechende Zertifizierung achten. Ringversuche sind dabei wichtige Instrumente der externen Qualitätssicherung für Laboratorien und dienen zur Überprüfung der Richtigkeit analytischer Messungen. In diesen regelmäßig durchgeführten Versuchsreihen werden Realproben von Institutionen (z. B. durch die Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (G-EQUAS)) verschickt. Die Sollwerte der zu bestimmenden Analyten sind den teilnehmenden Laboratorien jedoch nicht bekannt. Die Auswertung der von ihnen eingesandten Ergebnisse erfolgt zentral und erlaubt vergleichende Aussagen über die Messqualität und -genauigkeit. Bei erfolgreicher Teilnahme wird ein zeitlich begrenzt gültiges Zertifikat vergeben.

Die folgende alphabetisch nach Standort sortierte Liste von ausgewiesenen Laboratorien soll die Suche nach einem geeigneten Labor für die HBM-Analytik erleichtern. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und kann ständig ergänzt werden. Sie stellt in keinem Fall eine Bewertung der genannten Institutionen dar, die Auswahl erfolgte unter anderem aufgrund der regelmäßigen Teilnahme an Ringversuchen. Laboratorien, die eine Aufnahme in die Liste wünschen, werden gebeten, mit dem Herausgeber Kontakt aufzunehmen.

Institut/Einrichtung	Ansprechpartner	Schwerpunkte
Institut f. Arbeits- und Sozialmedizin, RWTH Aachen	Dr. Thomas Schettgen MSC Jens Bertram	anorg/org
Institut f. Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsklinikum Aachen	Dr. Manfred Müller	anorg/org
Zentrallabor Klinikum Augsburg	Dr. Jochen Hardt	anorg/org
Institut für den medizinischen Arbeits- und Umweltschutz der Bundeswehr	Dr. Iske (Institutsleiter) Dr. Brasse (Laborleiter Analyt. Chemie)	anorg/org
Forschungsinstitut f. Arbeitsmedizin der DGUV – BGFA	Dr. Tobias Weiß	anorg/org
Medizinisches Labor Bremen mlhb	Dr. H.-D. Köster Dr. H.-W. Hoppe Dr. P. Heitland	anorg/org
MVZ Dortmund Dr. Eberhard + Partner	Heinz Helmut Bussemas	anorg/org
Institut u. Poliklinik f. Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universität Erlangen- Nürnberg	PD Dr. Thomas Göen	anorg/org
Abt. Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universitätsmedizin Göttingen	PD Dr. Michael Müller	org
Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin (ZfAM)/Labor Arbeitstoxikologie und Immunologie	PD Dr. Lygia T. Budnik	anorg/org
BASF SE Occupational Medicine & Health Protection	PD Dr. Michael Bader	anorg/org
Analytisch-Biologisches Forschungslabor ABF GmbH	Prof. Dr. Gerhard Scherer	org
MVZ Labor Dr. Gärtner + Kollegen	Dr. Gärtner Dr. Pagel	anorg

Adresse	Erreichbarkeit
Pauwelsstr. 30, 52074 Aachen Tel. 0241/80-88285, Fax 0241/80-82587 E-Mail: tschettgen@ukaachen.de	Mo-Do 7-19 Uhr Fr 7-14 Uhr
Pauwelsstr. 30, 52074 Aachen Tel. 0241/80-88385, Fax 0241/80-82477 E-Mail: mammoeller@ukaachen.de	Reguläre Arbeitszeit
Stenglinstr. 2, 86156 Augsburg Tel. 0821/4002796. Fax 0821/4002756 E-Mail: jochen.hardt@klinikum-augsburg.de	Reguläre Arbeitszeit
Scharnhorststr. 13, 10115 Berlin Tel. 030/28412500, Fax 030/28412503 E-Mail: InstMedArbUmwSchBw@bundeswehr.org	Reguläre Arbeitszeit
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum Tel. 0234/3024501, Fax 0234/3024505 E-Mail: weiss@bgfa.de	tagsüber
Haferwende 12, 28357 Bremen Tel. 0421/20720, Fax 0421/2072167 E-Mail: info@mlhb.de	Kernzeit 8-19 Uhr Ansonsten ärztliches Diensthandy
Brauhausstr. 4, 44137 Dortmund Tel. 0231/9572428, Fax 0231/9572425 E-Mail: bussemas@labmed.de	Mo-Fr 8-17 Uhr
Schillerstr. 25/29, 91094 Erlangen Tel. 09131/8526121, Fax 09131/8522317 E-Mail: Thomas.Goeen@ipasum.med.uni-erlangen.de	Mo-Fr 8-17 Uhr
Waldweg 37, 37073 Göttingen Tel. 0551/39-4950, Fax 0551/39-6184 E-Mail: mmuelle3@gwdg.de	Mo-Fr 8-17 Uhr
Marckmannstr. 129 b, Haus 3, 20539 Hamburg Tel. 040/428457540, Fax 040/428457543 E-Mail: lygiatherese.budnik @bgv.hamburg.de	Reguläre Arbeitszeit
BASF SE, GUA/CB – H308, 67056 Ludwigshafen Tel. 0621/6045360, Fax 0621/6043322 E-Mail: michael.bader@basf.com	Mo-Fr 8-18 Uhr
Goethestr. 20, 80336 München Tel. 089/535395, Fax 089/5328039 E-Mail: gerhard.scherer@abf-lab.com	Mo-Fr 8-19 Uhr
Elisabethenstr. 11, 88212 Ravensburg Tel. 0751/502250, Fax 0751/50251250 E-Mail: peter.pagel@labor-gaertner.de	Mo-Fr 7-18 Uhr Keine 24h-Bereitschaft für Spezialanalytik

2.3 Liste der Giftinformationszentren

Die Giftinformationszentren bieten telefonische Hilfe bei Vergiftungen und Vergiftungsverdachtsfällen für die Bevölkerung an, sie beraten aber auch medizinisches Fachpersonal bei toxikologischen Fragestellungen. Sie können daher bei der Koordination von HBM-Maßnahmen oder bei der Suche nach geeigneten Laboratorien um Unterstützung gebeten werden.

Ort	Institut/Einrichtung
Berlin	Giftnotruf Berlin – Berliner Betrieb f. Zentrale Gesundheitliche Aufgaben (BBGes) – Institut f. Toxikologie
Bonn	Informationszentrale gegen Vergiftungen Zentrum f. Kinderheilkunde – Universitätsklinikum Bonn
Erfurt	Gemeinsames Giftinformationszentrum d. Länder Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt u. Thüringen (GGIZ)
Freiburg	Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg (VIZ) Universitätsklinikum Freiburg – Zentrum f. Kinderheilkunde und Jugendmedizin
Göttingen	Giftinformationszentrum-Nord d. Länder Bremen, Hamburg, Niedersachsen u. Schleswig-Holstein (GIZ-Nord), Universitätsmedizin Göttingen – Georg-August-Universität
Homburg	Informations- und Behandlungszentrum f. Vergiftungen Universitätsklinik f. Kinder- und Jugendmedizin
Mainz	Beratungsstelle bei Vergiftungen II. Medizinische Klinik u. Poliklinik der Universität Mainz
München	Giftnotruf München – Toxikologische Abteilung der II. Med. Klinik des Klinikums r. d. Isar – Technische Universität München
Nürnberg	Giftinformationszentrale Nürnberg, Med. Klinik 2, Klinikum Nürnberg Universität Erlangen-Nürnberg
Wien	Vergiftungsinformationszentrale Wien Gesundheit Österreich GmbH
Zürich	Schweizerisches Toxikologisches Informationszentrum (STIZ)

Adresse/Homepage	Kontakt
Oranienburger Str. 285, 13437 Berlin http://www.giftnotruf.de	Tel.: + 49-30-19 24 0/+49-30-30 68 6-7 11 Fax: +49-30-30 68 6-7 99, E-Mail: mail@giftnotruf.de
Adenauerallee 119, 53113 Bonn http://www.giftzentrale-bonn.de	Tel.: + 49-228-19 24 0/+49-228-28 7-3 32 11 Fax: +49-228-28 7-3 32 78/+49-228-28 7-3 33 14 E-Mail: gizbn@ukb.uni-bonn.de
Nordhäuser Str. 74, 99089 Erfurt http://www.ggiz-erfurt.de	Tel.: +49-361-73 07 30, Fax: +49-361-73 07 31 7 E-Mail: ggiz@ggiz-erfurt.de
Mathildenstraße 1, 79106 Freiburg http://www.giftberatung.de	Tel.: +49-761-19 24 0, Fax: +49-761-27 0-4 45 7 E-Mail: giftinfo@uniklinik-freiburg.de
Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen http://www.giz-nord.de	Tel.: +49-551-19 24 0/+49-551-38 31 80 Fax: +49-551-38 31 88 1 E-Mail: giznord@giz-nord.de
Gebäude 9 66421 Homburg/Saar	Tel.: +49-6841-19 24 0, Fax: +49-6841-16 28 43 8 E-Mail: giftberatung@uks.eu
Langenbeckstr. 1, 55131 Mainz http://www.giftinfo.uni-mainz.de	Tel.: +49-6131-19 24 0/+49-6131-232466 Fax: +49-6131-17 66 05 E-Mail: giftinfo@giftinfo.uni-mainz.de
Ismaninger Str. 22, 81675 München http://www.toxinfo.org	Tel.: +49-89-19 24 0, Fax: +49-89-41 40 24 67 E-Mail: tox@lrz.tum.de
Prof.-Ernst-Nathan-Str. 1 90419 Nürnberg	Tel.: +49-911-39 8-2 45 1, Fax: +49-911-39 8-2 19 2 E-Mail: giftnotruf@klinikum-nuernberg.de
Stubenring 6, 1010 Wien Österreich http://www.meduniwien.ac.at/viz/	Notruf-Tel: +43-1-40 6-43 43 Tel.: +43-1-40 6-68 98, Fax: +43-1-40 4-00 42 25 E-Mail: viz@meduniwien.ac.at
Freiestrasse 16, 8028 Zürich Schweiz http://www.toxi.ch	Notruf-Tel.: +41 44 251 51 51 (Notrufnummer nur für die Schweiz: 145) Tel.: +41 44 25 16 66 6, Fax: +41 44 25 28 83 3 E-Mail: info@toxi.ch

2.4 Fragebogen zur Expositionsermittlung bei Unfällen mit Gefahrstoffen

Personen/Probennummer:			
Geschlecht	♀ <input type="checkbox"/>	♂ <input type="checkbox"/>	Alter:
Exposition:			<input type="checkbox"/>

Betroffene/r	
<input type="checkbox"/>	Feuerwehr
<input type="checkbox"/>	Polizei
<input type="checkbox"/>	Rettungsdienst
<input type="checkbox"/>	Katastrophenschutz
<input type="checkbox"/>	Arbeiter
<input type="checkbox"/>	Privatperson
<input type="checkbox"/>	Sonstige

Exposition		
<input type="checkbox"/>	Aufenthalt direkt am Unfallort	
<input type="checkbox"/>	Aufenthalt nahe Unfallort:	m
<input type="checkbox"/>	Schutzkleidung angelegt	
<input type="checkbox"/>	keine Schutzkleidung	
<input type="checkbox"/>	technische Schutzmaßnahmen genutzt:	
<input type="checkbox"/>	keine technischen Schutzmaßnahmen	
<input type="checkbox"/>	akute Vergiftungssymptome:	
<input type="checkbox"/>	keine akuten Symptome	
<input type="checkbox"/>	Behandlung eingeleitet:	
<input type="checkbox"/>	keine Behandlung	

Biomonitoring		
<input type="checkbox"/>	Blutprobe für Biomonitoring:	ml
<input type="checkbox"/>	Urinprobe für Biomonitoring:	ml
<input type="checkbox"/>	anderes Probenmaterial entnommen:	
<input type="checkbox"/>	Probenahmezeitpunkt:	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Bemerkungen:	

2.5 Einwilligung in die Humanbiomonitoring-Untersuchung

Name	Vorname	Geschlecht w/m	Geburtsdatum
Straße, Nr.	PLZ	Ort	
Telefon	Fax	E-Mail	
Probenmaterial	Probenmenge	Entnahmezeitpunkt	
Fragestellung/Expositionsverdacht	Expositionszeitpunkt/dauer	ggf. Behandlung	

kursive Textfelder nicht zwingend erforderlich

	Ja	Nein
Mit der Gewinnung geeigneten biologischen Materials (<input type="checkbox"/> Blut, <input type="checkbox"/> Urin, <input type="checkbox"/> Stuhl, <input type="checkbox"/> Gewebe, <input type="checkbox"/> Haare, <input type="checkbox"/> Speichel, <input type="checkbox"/> Andere:) zur Untersuchung der obengenannten Fragestellung bin ich einverstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit der Auswertung meiner Angaben sowie entnommener Materialproben im Rahmen einer Nachsorge-Untersuchung durch den zuständigen Arzt bin ich einverstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wurde darüber informiert, dass die Analysenergebnisse und der Befund der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Über ein jederzeit nutzbares Widerrufsrecht dieser Einwilligung wurde ich informiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin damit einverstanden, dass der befundende Arzt mit mir in der Zukunft Kontakt aufnimmt, um die weitere Verwendung der Probe oder der Ergebnisse z. B. für Forschungszwecke zu besprechen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich möchte, dass meine Proben nach der Untersuchung vernichtet werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin damit einverstanden, dass die Ergebnisse der Untersuchung auch im Falle einer Vernichtung der Probe anonymisiert weiter verwendet werden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Datum

Unterschrift Patient

Datum

Unterschrift Arzt

Anhang

Abkürzungsverzeichnis
Publikationsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AChE	Acetylcholinesterase	CAS-Nummer	Chemical Abstracts Service-Nummer; auch CAS-Registrierungsnummer und CAS-Registernummer
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route – Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße	CBRN	Chemisch, biologisch, radiologisch, nuklear
AEGL	Acute exposure guideline level	ChE	Cholinesterase
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert	DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
ArbMedVV	Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge	DGAUM	Deutsche Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin
BAR	Biologischer Arbeitsstoff-Referenzwert	ECD	Electron Capture Detector
BAT	Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert	EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
BAUA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	EKA	Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe	ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz	ESI-MS-MS	Elektrospray-Ionisierung-Massenspektrometrie-Massenspektrometrie
BGW	Biologischer Grenzwert	ETW	Einsatztoleranzwert
BLW	Biologischer Leitwert	FwDV 100, 500	Feuerwehr-Dienstvorschrift 100, 500

GC/MS	Gaschromatographie/ Massenspektrometrie	IfSG	Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektions- krankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz)
G-EQUAS	German-External Quality Assessment Scheme	LOD	Limit Of Detection
GGBefG	Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz)	MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
GGVSEB	Verordnung über die innerstaat- liche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt)	PCR	Polymerase Chain Reaction
GVO	Gentechnisch Veränderter Organismus	ÖGD	Öffentlicher Gesundheitsdienst
HBM	Humanbiomonitoring	RID	Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses – Verordnung über die internationale Eisenbahn- beförderung gefährlicher Güter
HPLC	High-performance liquid chromatography oder high- pressure liquid chromatography	RKI	Robert Koch-Institut
HWZ	Halbwertszeit	SOP	Standard Operating Procedures
Hybrid- -AAS	Hybrid-Atomabsorptions- spektrometrie	Q-ICP-MS	Quadrupol-Inductively- Coupled-Plasma- Massenspektrometrie
IATA-DGR	International Air Transport Association – Dangerous Goods Regulations	SF-ICP-MS	Sektorfeld-Inductively-Coupled- Plasma-Massenspektrometrie
ICP-MS	Inductively-Coupled-Plasma- Massenspektrometrie	SIM	Selected Ion Monitoring
ID-GS/MS	Isotope Dilution – Gas Chromatography/Mass Spectrometry	TDM	Therapeutic Drug Monitoring
		UBA	Umweltbundesamt
		UN- Nummer	United Nations-Nummer; auch Stoffnummer genannt
		US EPA	United States Environmental Protection Agency

Bisherige Publikationen

Auf den folgenden Seiten finden Sie eine komplette Liste aller bisher erschienenen und teilweise bereits vergriffenen Bände der Veröffentlichungen, die vom Bundesamt für Zivilschutz, dem Bundesverwaltungsamt und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, als jeweils zuständige Behörde für den Zivil- und Bevölkerungsschutz, herausgegeben wurden.

In der Liste „*Zivilschutz-Forschung, Alte Folge*“ wurden Forschungsergebnisse und andere Beiträge zum Zivilschutz bis 1988 veröffentlicht. Die Liste „*Zivilschutz-Forschung, Neue Folge*“ enthält die Veröffentlichungen zwischen 1990 und 2006. Seit 2007 werden Forschungsergebnisse des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe in der Schriftenreihe „*Forschung im Bevölkerungsschutz*“ veröffentlicht. Seit 2009 veröffentlicht die Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern von ihr erstellte Empfehlungen, Aufsätze u. ä. in der eigenen Reihe „*Schriften der Schutzkommission*“. Der Download dieser Bände ist unter **www.schutzkommission.de** möglich, die Printversion über das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe beziehbar.

Je nach Art und Umfang der Forschungsergebnisse findet lediglich eine *Internetveröffentlichung* statt. Zu speziellen, besonders interessanten Themen des Bevölkerungsschutzes werden gesonderte Publikationen herausgegeben, die Sie in der Liste Sonderveröffentlichungen finden können.

Unter **www.bbk.bund.de/Publikationen** finden Sie, zusätzlich zu den Internetveröffentlichungen, die meisten Bände als PDF zum Download und Hinweise zur Verfügbarkeit der Printversion. Die Printversion können Sie im Internet oder über die Adresse

**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe,
Postfach 18 67, 53008 Bonn**
bestellen.

Forschung im Bevölkerungsschutz

- 1 Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 1: Entwicklung | Datenbank | Task-Force | Finanzierung**
I. Beerlage, T. Hering, S. Springer, D. Arndt, L. Nörenberg/2008
ISBN-10: 3-939347-02-7 bzw. ISBN-13: 978-3-939347-02-6

- 2 Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 2: Qualität in Aus- und Fortbildung**
I. Beerlage, S. Springer, T. Hering, L. Nörenberg, D. Arndt/2008
ISBN-10: 3-939347-03-5 bzw. ISBN-13: 978-3-939347-03-3

- 3 Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 3: Belastungen und Belastungsfolgen in der Bundespolizei**
I. Beerlage, D. Arndt, T. Hering, L. Nörenberg, S. Springer/2009
ISBN-10: 3-939347-04-3 bzw. ISBN-13: 978-3-939347-04-0

- 4 Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen**
S. Lenz (Dipl.-Geogr., M.Sc.)/2009
ISBN-13: 978-3-939347-11-8

- 5 Empfehlungen für die Probenahme zur Gefahrenabwehr im Bevölkerungsschutz**
*U. Bachmann, W. Biederbick, N. Derakshani, M. Drobig, J. Eisheh, M. König, R. Maier,
J. Mentfewitz, B. Niederwöhrmeier, H. Prast, D. Sebastian, G. Uelpenich, M. Vidmayer,
S. Wilbert, M. Wolf/2010*
ISBN-13: 978-3-939347-15-6

- 7 Städtebauliche Gefährdungsanalyse**
C. Mayrhofer/2010
ISBN-13: 978-3-939347-08-8

- 9 Dekontamination von Verletzten im Krankenhaus bei ABC-Gefahrenlagen**
F. Martens/2009
ISBN-13: 978-3-939347-20-0

- 10 Entwicklung eines zeitgemäßen ABC-Selbsthilfe-Sets für den Katastrophenschutz**
M. Müller, K. Schmiechen/2009
ISBN-13: 978-3-939347-22-4

11 Bevölkerungsverhalten und Möglichkeiten des Krisenmanagements und Katastrophenmanagements in multikulturellen Gesellschaften*E. Geenen/2010*

ISBN-13: 978-3-939347-26-2

**12 Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur
Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen***A. Braubach/2010*

ISBN-13: 978-3-939347-30-9

13 Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen*J. Birkmann, S. Krings, M. Vollmer, J. Wolfertz, T. Welle, W. Kühling, K. Meisel, M. Wurm, H. Taubenböck, M. Gähler, H. Zwenzner, A. Roth, S. Voigt & S. Dech/2011*

ISBN-13: 978-3-939347-31-6

14 Infrarot-Gefahrstoffkamera*R. Harig, P. Rusch/2011*

ISBN-13: 978-3-939347-32-3

Schriften der Schutzkommission**1 Gefahren und Warnung****1.** Konsensus-Konferenz zum Prozedere beim Massenansturm von Verletzten und Erkrankten mit der Notwendigkeit überregionaler Unterstützung (Ü-MANV) |**2.** Gefahrenpotentiale von chemischen Kampfstoffen und toxischen Industriechemikalien – das Punktesystem | **3.** Warnung der Bevölkerung*J. Weidinger, W. Weiss, P. Sefrin, J. Barbid, N. Engelhard, S. Grigoleit, H. John,**J. Schulze, E. M. Geenen/2009*

ISBN-13: 987-3-939347-11-9

2 Qualitätssicherung in der Psychosozialen Notfallversorgung**Band 2: Deutsche Kontroversen – Internationale Leitlinien***I. Beerlage/2009*

ISBN-13: 978-3-939347-21-7

3 Empfehlungen zur Verbesserung des medizinischen Bevölkerungsschutzes**1.** Gesundheitlicher Bevölkerungsschutz in Deutschland | **2.** Gutachten zu Stand und Handlungsbedarf im medizinischen C-Schutz | **3.** Konzept zur katastrophenmedizinischen Ausbildung im studentischen Unterricht an deutschen Hochschulen

ISBN-13: 978-3-939347-27-9

4 4. Gefahrenbericht

Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern/2011
ISBN-13: 978-3-939347-35-4

Zivilschutzforschung, Neue Folge

ISSN 0343-5164

59 3. Gefahrenbericht

Schutzkommission beim Bundesminister des Innern/2006

58 Infrarot-Fernerkundungssystem für die chemische Gefahrenabwehr

R. Harig, G. Matz, P. Rusch/2006

57 Entwicklung von Standards und Empfehlungen für ein Netzwerk zur bundesweiten Strukturierung und Organisation psychosozialer Notfallversorgung

I. Beerlage, T. Hering, L. Nörenberg et al./2006

56 Aufbau und Ablauf der Dekontamination und Notfallversorgung Verletzter bei Zwischenfällen mit chemischen Gefahrstoffen

B. Domres, A. Manger, S. Brockmann, R. Wenke/2005/Druckversion vergriffen

55 51. und 52. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern

Vorträge/2005

54 Untersuchung zur Einbindung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes in die katastrophenmedizinische Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland

E. Pfenninger, S. Himmelseher, S. König/2005/Druckversion vergriffen

53 Schwachstellenanalyse aus Anlass der Havarie der PALLAS

L. Clausen/2003/Druckversion vergriffen

52 49. u. 50. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern

Vorträge/2003

51 Erstellung eines Schutzdatenatlases

W.R. Dombrowsky, J. Horenczuk, W. Streitz/2003/Druckversion vergriffen

-
- 50 Entgiftung von Organophosphaten durch Phosphorylphosphatasen und Ethanolamin**
R. Zech/2001
-
- 49 Task-Force für Schnellanalytik bei großen Chemieunfällen und Bränden**
G. Matz, A. Schillings, P. Rechenbach/2003/Druckversion vergriffen
-
- 48 2. Gefahrenbericht**
Schutzkommission beim Bundesminister des Innern/2001
-
- 47 Organisation der Ernährungsnotfallvorsorge (ENV)**
J. Rasche, A. Schmidt, S. Schneider, S. Waldtmann/2001/Druckversion vergriffen
-
- 46 Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gebäuden**
F. Gehbauer, S. Hirschberger, M. Markus/2001/Druckversion vergriffen
-
- 45 Technologische Möglichkeiten einer möglichst frühzeitigen Warnung der Bevölkerung – Kurzfassung**
Technological Options for an Early Alert of the Population – Short Version
V. Held/2001/Druckversion vergriffen
-
- 44 Medizinische Versorgung beim Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung**
E. Pfenninger, D. Hauber/2001/Druckversion vergriffen
-
- 43 Empirisch-psychologische Analyse des menschlichen Fehlverhaltens in Gefahrensituationen und seine verursachenden und modifizierenden Bedingungen sowie von Möglichkeiten zur Reduktion des Fehlverhaltens**
D. Ungerer, U. Morgenroth/2001
-
- 42 45., 46. und 48. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/2000/Druckversion vergriffen
-
- 41 Einfluß von Zytokinen und Lipidmediatoren auf die Kontrolle und Regulation spezifischer Infektabwehr bei Brandverletzung**
W. König, A. Drynda, B. König, R. Arnold, P. Wachtler, M. Köller/2001
-
- 40 Entwicklung von Dekontaminationsmitteln und -verfahren bei Austritt von Industriechemikalien**
F. Schuppe/2001/Druckversion vergriffen

-
- 39 Optimierung des Schutzes vor luftgetragenen Schadstoffen in Wohngebäuden**
TÜV Energie und Umwelt GmbH/2001/Druckversion vergriffen
-
- 38 Rechnergestütztes Beratungssystem für das Krisenmanagement bei chemischen Unfällen (DISMA®)**
W. Kaiser, M. Schindler/1999/Druckversion vergriffen
-
- 36 Biologische Indikatoren für die Beurteilung multifaktorieller Beanspruchung. Experimentelle, klinische und systemtechnische Untersuchung**
M. Weiss, B. Fischer, U. Plappert, T.M. Fliedner/1998
-
- 35 Praxisanforderung an Atem- und Körperschutzausstattung zur Bekämpfung von Chemieunfällen**
K. Amman, A.-N. Kausch, A. Pasternack, J. Schlobohm, G. Bresser, P. Eulenburg/2003/ Druckversion vergriffen
-
- 34 Untersuchung der Wirksamkeit von Selbstschutzausstattung bei Chemieunfällen**
S. Bulheller, W. Heudorfer/2003/Druckversion vergriffen
-
- 33 Laserspektrometrischer Nachweis von Strontiumnukliden im Niederschlag**
J. Bernhardt, J. Haus, G. Hermann, G. Lasnitschka, G. Mahr, A. Scharmann/1998
-
- 32 Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen**
G. Müller/1998/Druckversion vergriffen
-
- 31 Beiträge zur Isolierung und Identifizierung von Clostridium sp. und Bacillus sp. sowie zum Nachweis deren Toxine**
G. Schallehn, H. Brandis/1998/Druckversion vergriffen
-
- 30 Untersuchung der Praxisanforderungen an die Analytik bei der Bekämpfung großer Chemieunfälle**
G. Matz/1998/Druckversion vergriffen
-
- 29 Erfahrungen aus Abwehrmaßnahmen bei chemischen Unfällen**
D. Hesel, H. Kopp, U. Roller/1997
-
- 28 Wirkungen von Organophosphaten**
R. Zech/1997
-
- 27 Staatliche Risikokommunikation bei Katastrophen**
Informationspolitik und Akzeptanz
G. Ruhrmann, M. Kohring/1996

-
- 26 43. und 44. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1997/Druckversion vergriffen
-
- 25 Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden**
Literaturstudie Teilbereich Toxikologie
K. Buff, H. Greim/1997/Druckversion vergriffen
-
- 24 42. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1996/Druckversion vergriffen
-
- 23 Das Verhalten von Umweltchemikalien in Boden und Grundwasser**
K. Haberer, U. Böttcher/1996/Druckversion vergriffen
-
- 22 Inkorporationsverminderung für radioaktive Stoffe im Katastrophenfall**
B. Gloebel, Ch. Graf/1996/Druckversion vergriffen
-
- 21 Arbeiten aus dem Fachausschuß III: Strahlenwirkungen – Diagnostik und Therapie**
I. Ganzkörpermessungen reiner β -Strahler
II. Untersuchungen zur therapeutischen Beeinflussung des Strahlenschadens durch Biological Response Modifier
III. Prophylaxe und Therapie von Strahlenschäden im Katastrophenfall
IV. Interstitielle Pneumonie nach Ganzkörperbestrahlung
V. Modellversuch zur Therapie von Strahlen- und Kombinationsschäden
I. R.E. Grillmaier, M. Thieme
II. P.G. Munder, M. Modolell, F. Link, R. Escher
III. W. Pohlitz, Bhavanath Jha, M. Jülch
IV. K. Quabeck, D.W. Beelen, R. Ehrlich, U.W. Schaefer, F. Wendt
V. O. Messerschmidt, A. Bitter, F. Eitel/1996
-
- 20 Arbeiten aus dem Fachausschuß V:**
I. Langzeitwirkungen phosphor-organischer Verbindungen
II. Die zellvermittelte typübergreifende Immunantwort nach Infektion mit dem Influenzavirus
III. Die Bedeutung vasculärer Reaktionen beim akuten Nierenversagen nach großen Weichteilverletzungen (Crush-Niere)
I. D. Henschler
II. H. Becht
III. F. Hoffmann, F. Vetterlein, G. Schmidt/1996/Druckversion vergriffen

-
- 19 Radioaktive Strahlungen**
I. Nuklidspezifische Kontaminationserfassung
II. Datenaufbereitung für den Notfallschutz
I. B. Kromer unter Mitarbeit von K.O. Münnich, W. Weiss u. M. Zähringer
II. G. Hehn/1996/Druckversion vergriffen
-
- 18 Deutsche Regelsysteme:
Vernetzungen und Integrationsdefizite bei der Erstellung des öffentlichen Gutes
Zivil- und Katastrophenschutz in Europa**
L. Clausen, W.R. Dombrowsky, R.L.F. Strangmeier/1996/Druckversion vergriffen
-
- 17 41. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1996/Druckversion vergriffen
-
- 16 Einfluß von Lipidmediatoren auf die Pathophysiologie der Verbrennungs-
krankheit**
F.E. Müller, W. König, M. Köller/1993
-
- 15 Beiträge zur dezentralen Trinkwasserversorgung in Notfällen. Teil II**
1. Einfache organische Analysemethoden
2. Einfache Aufbereitungsverfahren
K. Haberer, M. Drews/1993/Druckversion vergriffen
-
- 14 Beiträge zu Strahlenschäden und Strahlenkrankheiten**
**I. Strahleninduzierte Veränderungen an Säugetierzellen als Basis für die soma-
tischen Strahlenschäden**
II. Hämopoeseschaden, Therapieeffekte und Erholung
**III. Präklinische Untersuchung zur Beschleunigung der Erholungsvorgänge in
der Blutzellenbildung nach Strahleneinwirkung durch Beeinflussung von
Regulationsmechanismen**
IV. Radionuklid Transfer
I. H. Schüßler
II. K.H. von Wangenheim, H.-P. Peterson, L.E. Feinendegen
III. T.M. Fliedner, W. Nothdurft
IV. G.B. Gerber/1993/Druckversion vergriffen
-
- 13 Modifikation der Strahlenwirkung und ihre Folgen für die Leber**
H. Mönig, W. Oehlert, M. Oehlert, G. Konermann/1993

-
- 12 Biologische Dosimetrie**
I. Einleitung: Dosisabschätzung mit Hilfe der Biologischen Dosimetrie
II. Ermittlung der Strahlenexposition aus Messungen an Retikulozyten
III. Strahlenbedingte Änderung der Chemielumineszenz von Granulozyten als biologischer Dosisindikator
IV. Zellmembranänderungen als biologische Dosisindikatoren. Strahleninduzierte Membranänderung im subletalen Bereich, Immunbindungsreaktionen an Lymphozyten
I. H. Mönig, W. Pohlitz, E.L. Sattler
II. H.J. Egner et al.
III. H. Mönig, G. Konermann
IV. P. Bidon et al./1993/Druckversion vergriffen
-
- 11 Beiträge zur Katastrophenmedizin**
H. Finger, K. Schmidt, H.W. Jaroni, R. Prinzing, L. Schweiberer, C. Waydhas, D. Nast-Kolb, M. Jochum, K.-H. Duswald, H. Fritz, M. Siebeck, H. Weis/1993/Druckversion vergriffen
-
- 10 Bürgerkonzeptionierter Zivil- und Katastrophenschutz –**
Das Konzept einer Planungszelle Zivil- und Katastrophenschutz
W.R. Dombrowsky/1992/Druckversion vergriffen
-
- 9 39. und 40. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1993/Druckversion vergriffen
-
- 8 Beiträge zur dezentralen Trinkwasserversorgung in Notfällen, Teil I**
Einfach anorganische und radiologische Methoden zur Wasseruntersuchung an Ort und Stelle
K. Haberer, U. Stürzer/1991/Druckversion vergriffen
-
- 7 Das Schädel-Hirn-Trauma**
Klinische und tierexperimentelle Untersuchungen zur Pathogenese und neuen Behandlungsansätzen im Rahmen der Katastrophenmedizin
E. Pfenninger, F.W. Ahnefeld/1991/Druckversion vergriffen
-
- 6 Neutronenschäden**
Untersuchungen zur Pathophysiologie, Diagnostik, Prophylaxe und Therapie
O. Messerschmidt, A. Bitter/1991/Druckversion vergriffen
-
- 5 Strahlenexposition durch Ingestion von radioaktiv kontaminiertem Trinkwasser**
R.E. Grillmaier, F. Kettenbaum/1991/Druckversion vergriffen

-
- 4 Computereinsatz im Zivil- und Katastrophenschutz – Möglichkeiten und Grenzen**
W.R. Dombrowsky/1991/Druckversion vergriffen
-
- 3 Der Nachweis schneller Neutronen in der Katastrophendosimetrie mit Hilfe von Ausweisen aus Plastikmaterial**
B. Lommler, E. Pitt, A. Scharmann, R. Simmer/1990/Druckversion vergriffen
-
- 2 Gammastrahlung aus radioaktivem Niederschlag/Berechnung von Schutzfaktoren**
G. Hehn/1990/Druckversion vergriffen
-
- 1 Zur Akzeptanz staatlicher Informationspolitik bei technischen Großunfällen und Katastrophen**
L. Clausen, W.R. Dombrowsky/1990/Druckversion vergriffen

Zivilschutzforschung, Alte Folge

- 22 Organophosphate Biochemie-Toxikologie-Therapie**
G. Schmidt, R. Zech et al./1988/Druckversion vergriffen
-
- 21 Arbeiten aus dem Fachausschuß II: Radioaktive Niederschläge**
1988/Druckversion vergriffen
-
- 20 Beiträge zur Katastrophenmedizin**
1988/Druckversion vergriffen
-
- 19 Beiträge zur Wirkung von Kernwaffen**
A. Sittkus, G. Hehn, H. Mönig/1989/Druckversion vergriffen
-
- 18 Forschungen für den Zivil- und Katastrophenschutz 1975-1985, Festschrift für Paul Wilhelm Kolb**
1986/ISBN 3-7894-0097-1/Druckversion vergriffen
-
- 17 Chemischer Strahlenschutz**
H. Mönig, O. Messerschmidt, C. Streffer/1984/ISBN 3-7894-0096-3/ Druckversion vergriffen
-
- 16 Streß und Individuum**
M. Ackenheil, M. Albus, R.R. Engel, H. Hippus/1984/ISBN 3-7894-0092-0/ Druckversion vergriffen

-
- 15 Ulmer Vorträge, Festschrift für Franz Gross**
1983/ISBN 3-7894-0091-2/Druckversion vergriffen
-
- 14 Einführung in die Soziologie der Katastrophen**
L. Clausen, W.R. Dombrowsky/1983/ISBN 3-7894-0090-4/Druckversion vergriffen
-
- 13 30 Jahre Schutzkommission – Ausgewählte Vorträge**
1981/ISBN 3-7894-0084-1/Druckversion vergriffen
-
- 12 Untersuchungen zum Strahlenrisiko**
*H. Schüssler, H. Pauly, B. Glöbel, H. Glöbel, H. Muth, E. Oberhausen/1981/
ISBN 3-7894-0083-2/Druckversion vergriffen*
-
- 11 Brandgefährdung von Wohngebieten durch Flächenbrände**
O. Carlowitz, T. Krone, R. Jeschar/1980/ISBN 3-7894-0079-3/Druckversion vergriffen
-
- 10 Wirkungen des Luftstoßes von nuklearen und konventionellen Explosionen**
G. Weigel/1980/ISBN 3-7894-0078-5/Druckversion vergriffen
-
- 9 Veränderung von Befinden und Leistung bei einem Bunkerbelegungsversuch**
*J.F. Dirr, J. Kugler, M.C. Laub, K. Schröder/1979/ISBN 3-7894-0062-9/
Druckversion vergriffen*
-
- 8 Beiträge zur Neutronenwaffe**
A. Sittkus, H. Mönig/1978/ISBN 3-7894-0061-0/Druckversion vergriffen
-
- 7 Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesbeton aus dem Wassereindringverhalten**
J. Steinert/1977/ISBN 3-7894-0056-4/Druckversion vergriffen
-
- 6 Literaturübersicht zur Frage der Erholung nach Ganzkörperbestrahlung**
A. Kindt, E.-L. Sattler/1977/ISBN 3-7894-0058-0/Druckversion vergriffen
-
- 5 Kombinationsschäden als Folge nuklearer Explosionen**
O. Messerschmidt/1977/ISBN 3-7894-0055-6/Druckversion vergriffen
-
- 4 Untersuchungen zu Therapie und Prognose des Kreislaufschocks beim Menschen**
H. Schönborn/1976/ISBN 3-7894-0048-3/Druckversion vergriffen
-
- 3 Strahlenempfindlichkeit und die akute und chronische Strahlenschädigung der Leber**
R. Lesch/1976/ISBN 3-7894-0048-3/Druckversion vergriffen

-
- 2 Beiträge zur Frage der Erholung von Strahlenschäden**
H. Muth, H. Pauly/1975/ISBN 3-7894-0039-4/Druckversion vergriffen
-
- 1 Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
25 Jahre Forschung für den Zivil- und Katastrophenschutz
1975/ISBN 3-7894-0038-6/Druckversion vergriffen

Sonderveröffentlichungen

Notfall- und Katastrophenpharmazie I – Bevölkerungsschutz und Medizinische Notfallversorgung
2009/ISBN 978-3-939347-18-7

Notfall- und Katastrophenpharmazie II – Pharmazeutisches Notfallmanagement
2009/ISBN 978-3-939347-19-4

Katastrophenmedizin – Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall
2006/ISBN 3-939347-01-9 bzw. 978-3-939347-01-9

Biologische Gefahren – Beiträge zum Bevölkerungsschutz, 2. Auflage
2005/ISBN 3-00-016733-1/Druckversion vergriffen

Biologische Gefahren I – Handbuch zum Bevölkerungsschutz, 3. vollständig überarbeitete Auflage
2007/ISBN 3-939347-06-X bzw. 978-3-939347-06-4

Biologische Gefahren II – Entscheidungshilfen zu medizinisch angemessenen Vorgehensweisen in der B-Gefahrenlage
2007/ISBN 3-939347-07-8 bzw. 978-3-939347-07-1

Internetveröffentlichungen

www.bbk.bund.de/Publikationen

Entwicklung von Therapieschemata für die Behandlung des akuten Nierenversagens (Crush-Niere)
F. Vetterlein, G. Hellige/2005

ISBN-13: 978-3-939347-39-2