

Übersichtsbeiträge: Bodenwissenschaften

Chemisch-analytische Untersuchung von Arsenkampfstoffen und ihren Metaboliten

¹Rainer Haas, ²Alfred Krippendorf, ³Torsten C. Schmidt, ³Klaus Steinbach, ⁴Eberhard v. Löw

¹Büro für Altlastenerkundung und Umweltforschung, Stadtwaldstr. 45a, D-35037 Marburg

²Hazard Control GmbH, Versuchsfeld Trauen, D-29328 Faßberg

³FB Chemie der Philipps-Universität Marburg, Hans-Meerwein-Str., D-35043 Marburg

⁴Institut für Immunologie, Bereich Umwelthygiene, Pilgrimstein 2, D-35037 Marburg

Korrespondenzautor: Dr. Rainer Haas

Zusammenfassung

Arsenkampfstoffe sind in der Umwelt persistent und kontaminieren bis heute Boden und Grundwasser. In diesem Beitrag werden die chemischen Reaktionen der Arsenkampfstoffe Diphenylarsinchlorid (CLARK I), Phenylarsindichlorid (PFIFIKUS), Ethylarsindichlorid (DICK) sowie von Chlorvinylarsinverbindungen (LEWISITE) dargestellt. Die Möglichkeiten der chemisch-analytischen Erfassung dieser chemischen Kampfstoffe als Originalsubstanzen und als Thiol-Derivate werden präsentiert.

Schlagwörter: Analytik, Arsenkampfstoffe; Arsenverbindungen, organische; Blaukreuzkampfstoffe; Bodenproben, chemische Kampfstoffe; Chlorvinylarsine; CLARK; Derivatisierung, Dithiole; Derivatisierung, Thiole; DICK; Diphenylarsinchlorid; Ethylarsindichlorid; Gaschromatographie; LEWISIT; PFIFIKUS; Phenylarsindichlorid

Abstract

Analysis of Arsenic Containing Chemical Warfare Agents and Their Metabolites

Arsenic containing chemical warfare agents (cwa) are persistent in the environment and continue to contaminate soil and ground water. In this paper the chemical reactions of the cwa diphenylarsine chloride (CLARK I), phenylarsine dichloride (PFIFIKUS), ethylarsine dichloride (DICK) and of chlorovinyl arsenic compounds (LEWISITE) are shown. The possibilities of the detection and determination of this cwa and their metabolites are presented.

Keywords: Analysis, arsenic compounds, organic; arsenic containing chemical warfare agents; chlorovinylarsines; CLARK; cwa; derivatization, dithiols; derivatization, thiols; DICK; diphenylarsine chloride; ethylarsine dichloride; gas chromatography; LEWISIT; PFIFIKUS; phenylarsine dichloride; soil samples, chemical warfare agents; sternutators

1 Einleitung

Arsenkampfstoffe wurden im ersten Weltkrieg in großen Mengen eingesetzt und während des zweiten Weltkrieges produziert. Die wichtigsten Vertreter sind Ethylarsindichlorid (DICK), Phenylarsindichlorid (PFIFIKUS), Diphenylarsinchlorid (CLARK I), Diphenylarsincyanid (CLARK II), Phenarsazinchlorid (ADAMSIT), 2-Chlorvinylarsindichlorid (LEWISIT I), 2,2'-Dichlordivinylarsinchlorid (LEWISIT II) und 1,1',1''-Trichlortrivinylarsin (LEWISIT III) [1].

Während die Phenyl-Arsen- bzw. Chlorvinyl-Arsen-Bindung sehr stabil ist, wird die Chlor-Arsen- bzw. Cyanid-Arsen-Bindung leicht substituiert.

Diese Eigenschaft bestimmt im wesentlichen die physiologische Wirkung der Kampfstoffe: so reagieren die Arsenkampfstoffe CLARK I, CLARK II, ADAMSIT und LEWISIT II mit

einer reaktionsfähigen Valenz (Halogen- bzw. Cyanidgruppe) bevorzugt mit Enzymen und Proteinen, die Monothiolgruppen enthalten (z.B. Cystein), während solche mit zwei reaktionsfähigen Valenzen (DICK, PFIFIKUS, LEWISIT I) bevorzugt an Strukturproteine der Haut, die zwei freie Thiolgruppen enthalten, gebunden werden.

Die äußerst heftigen akuten Reizwirkungen von CLARK I, CLARK II und ADAMSIT können mit diesem Mechanismus nicht erklärt werden: hier wird eine direkte Einwirkung auf die Rezeptoren an den Enden der sensiblen Nerven aufgrund von Strukturähnlichkeiten des Diphenylarsin-Grundgerüsts mit Botenmolekülen postuliert [2].

Aufgrund der großen Stabilität der Phenyl-Arsen- bzw. Chlorvinyl-Arsen-Bindung einerseits und der leichten Substituierbarkeit der reaktionsfähigen Valenzen andererseits entstehen in der Umwelt, je nach Milieubedingungen, eine Fülle von

Umwandlungsprodukten durch Hydrolyse, Oxidation, Reaktion mit Sulfid etc., die meist polarer als die Ausgangsprodukte sind.

Viele dieser polaren Umwandlungsprodukte sind gaschromatographisch nicht bestimmbar. Zur Gefährdungsabschätzung potentiell Arsenkampfstoff-kontaminierter Rüstungsaltslasten ist jedoch eine Erfassung möglichst aller Metabolite notwendig, da

- diese ebenfalls eine erhebliche Toxizität besitzen und
- unter geeigneten Milieubedingungen die Metabolite wieder in die Kampfstoffe umgewandelt werden können.

Dies hat die damalige Untersuchung von Grundwasserproben nahe des Dethlinger Teiches durch unsere Arbeitsgruppe gezeigt [3].

Sowohl bei der Probenaufbereitung als auch bei der Untersuchung mit HPLC können Ausgangsprodukte und Metabolite durch die Eluenten (Wasser, Methanol) derivatisiert werden, so daß nicht zwischen z.B. CLARK I, CLARK II, Diphenylarsinhydroxid und Bis(diphenylarsin)oxid bzw. PFIFFIKUS und Phenylarsinoxid differenziert werden kann [4,5,6,7]. Die Gaschromatographie ist somit die Methode der Wahl, mit der die arsenorganischen Kampfstoffe als solche identifiziert und quantitativ bestimmt werden können. Zur Erfassung der Oxidations- und Hydrolyseprodukte sowie weiterer Metabolite muß eine Derivatisierung durchgeführt werden.

2 Chemisch-analytische Untersuchung von Arsenkampfstoffen

Die Untersuchungen wurden gaschromatographisch unter folgenden Bedingungen durchgeführt: Säule: DB 5, Länge 30 m, Durchmesser 0,25 mm, Filmdicke 0,25 µm; Trägergas: Stickstoff; Injektortemperatur: 250°C; Detektortemperatur: 300°C; Detektor: ECD. Zur Trennung der Arsenkampfstoffe sowie der Thiol- und Dithiol-Derivate wurde folgendes Säulentemperaturprogramm gewählt: Ausgangstemperatur: 100°C (1 min), 10°C/min bis 230°C, 230°C (6 min).

Mit Ausnahme von LEWISIT I und ADAMSIT sind alle weiteren Arsenkampfstoffe gaschromatographisch mit ECD-Detektor erfaßbar (→ *Tabelle 1*). In *Abbildung 1* ist die Trennung eines Gemisches der Arsenkampfstoffe dargestellt; 1: Ethylarsindichlorid (68 ng); 2: 2,2'-Dichlordivinylarsinchlorid (85 ng); 3: Phenylarsindichlorid (300 ng); 4: 1,1',1''-Trichlortrivinylarsin (16 ng); 5: Diphenylarsinchlorid (250 ng) [8].

Die Hydrolyse- und Oxidationsprodukte werden nicht detektiert. Sie reagieren jedoch, ebenso wie die Ausgangsverbindungen, mit Thiolen und Dithiolen in einer Substitutionsreaktion zu stabilen, mit GC/ECD im Spurenbereich erfaßbaren Komplexen.

Oxidationsprodukte werden im ersten Schritt von den Thiolen bzw. Dithiolen zu den jeweiligen dreiwertigen Arsenverbindungen reduziert. Die Thiole werden zu Disulfiden oxidiert.

Das Schema der Reaktionen ist in *Abbildung 2* am Beispiel von CLARK und PFIFFIKUS dargestellt:

- I) Reaktion von Diphenylarsinverbindungen mit Thiolen; als Derivate entstehen Diphenylarsinthioether

Tabelle 1: Retentionszeiten (R_t) und Nachweisgrenzen (NWG) von Arsenkampfstoffen und Derivaten

Substanz	Thiol	R_t (min)	NWG(ng)
DICK	-	2,80	3,5
PFIFFIKUS	-	7,79	4,0
CLARK I	-	13,77	0,6
CLARK II	-	14,37	0,3
LEWISIT II	-	6,93	0,35
LEWISIT III	-	9,30	0,03
CLARK I,II	EtSH	16,21	0,6
LEWISIT I	EtSH	10,71	0,4
LEWISIT II	EtSH	10,00	0,3
CLARK I,II	PrSH	17,44	0,6
LEWISIT I	PrSH	12,82	0,4
LEWISIT II	PrSH	11,10	0,3
DICK	Et(SH) ₂	7,66	1,3
PFIFFIKUS	Et(SH) ₂	13,95	0,1
LEWISIT I	Et(SH) ₂	10,60	0,2
DICK	Pr(SH) ₂	9,38	3,5
PFIFFIKUS	Pr(SH) ₂	15,45	0,2
LEWISIT I	Pr(SH) ₂	12,02	0,2

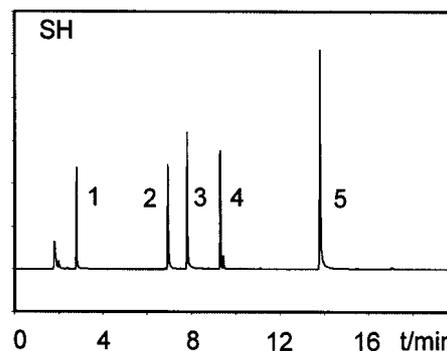


Abb. 1: Trennung eines Gemisches der Arsenkampfstoffe; 1: Ethylarsindichlorid (68 ng); 2: 2,2'-Dichlordivinylarsinchlorid (85 ng); 3: Phenylarsindichlorid (300 ng); 4: 1,1',1''-Trichlortrivinylarsin (16 ng); 5: Diphenylarsinchlorid (250 ng)

- II) Reduktion von Phenylarsensäure durch Dithiole; als Reaktionsprodukte entstehen Phenylarsinoxid und ein Disulfid
 III) Reaktion von Phenylarsinoxid mit Dithiolen zu cyclischen Derivaten [9].

Analog reagieren DICK, LEWISIT I und LEWISIT II.

Die Derivatisierungen werden in acetonischer Lösung durchgeführt. Zur Derivatisierung wird 0,5 ml Aceton-Lösung (mit Referenzsubstanzen bzw. Aceton-Eluate von Bodenproben) mit 20 µl 10%iger Thiollösung in Aceton versetzt. Die Reaktionszeiten liegen bei Raumtemperatur bei weniger als 15 Minuten. Die Derivate wurden massenspektrometrisch identifiziert. Durch Einsatz verschiedener Thiolen bzw. Dithiolen werden Derivate erhalten, die unterschiedliche Retentionszeiten, bei vergleichbaren Nachweisgrenzen, besitzen. Auf diese Weise können Matrixeffekte elegant eliminiert werden.

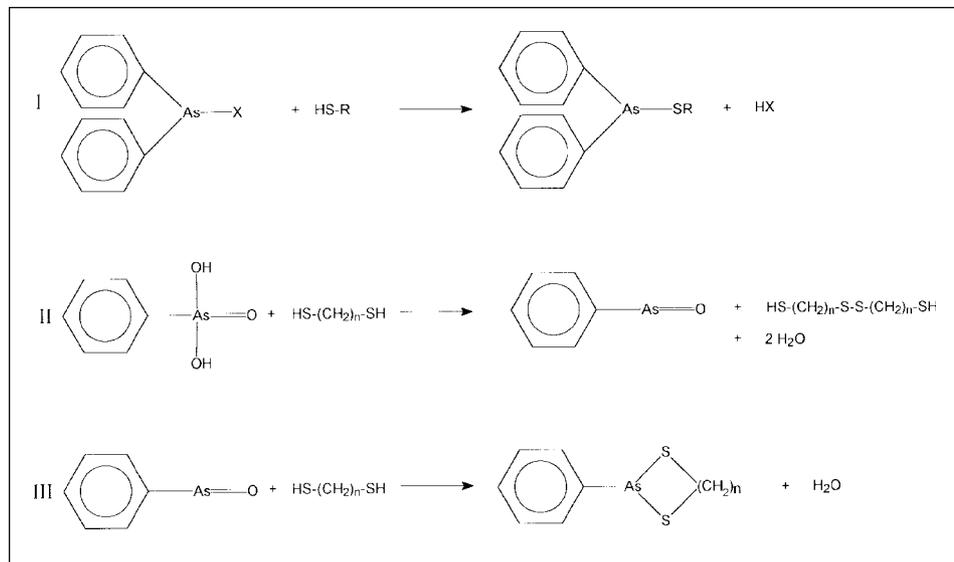


Abb. 2: Beispielhaftes Schema der Derivatisierungsreaktionen:

- I) Reaktion von Diphenylarsinverbindungen mit Thiolen; als Derivate entstehen Diphenylarsinthioether
 II) Reduktion von Phenylarsonsäure durch Dithiole; es entstehen als Reaktionsprodukte Phenylarsinoxid und ein Disulfid
 III) Reaktion von Phenylarsinoxid mit Dithiolen zu cyclischen Derivaten

Folgende Thiole und Dithiole wurden als mögliche Derivatisierungsmittel untersucht:

1-Ethanthiol, 1-Propanthiol, Thioglycolsäuremethylester, Thioglycolsäureethylester, 1,2-Ethandithiol, 1,3-Propanedithiol, 1,4-Butandithiol, 1,5-Pentandithiol, 1,6-Hexandithiol und 1,8-Octandithiol.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

1-Ethanthiol, 1-Propanthiol, Thioglycolsäuremethylester [TGM] und Thioglycolsäureethylester [TGE] bilden mit Diphenylarsinchlorid, Diphenylarsincyanid, Bis(diphenylarsin)oxid, 2-Chlorvinylarsindichlorid und 2,2'-Dichlordivinylarsinchlorid stabile Thioether [9,10,11].

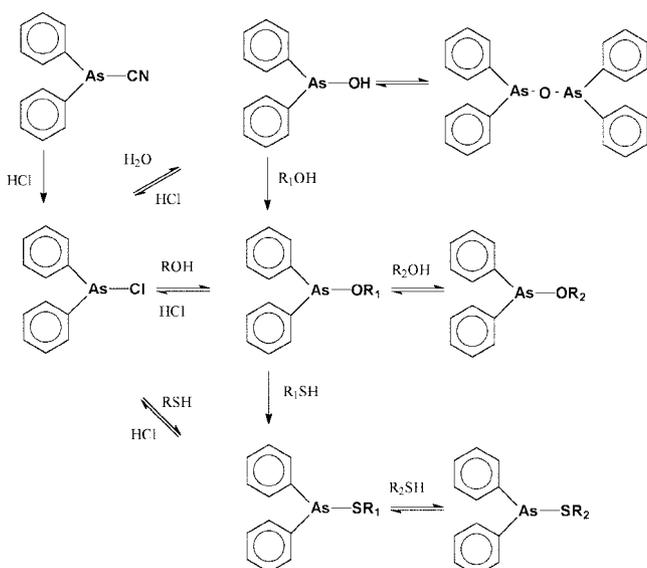


Abb. 3: Untersuchte chemische Reaktionen von Diphenylarsinverbindungen mit Wasser, Alkoholen und Thiolen

Abbildung 3 zeigt ein Schema der untersuchten chemischen Reaktionen von CLARK I mit Wasser, Alkoholen und Thiolen (\rightarrow aus: [10], S. 188, Abb. 4).

Ethanthiol- und Propanthiol-Derivate besitzen kürzere Retentionszeiten und aussagekräftigere Massenspektren als TGM- und TGE-Derivate.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Umsetzungsprodukte von 400 ng CLARK I [$\text{Ph}_2\text{As-Cl}$] mit äquimolaren Mengen von Ethanthiol [EtSH], Propanthiol [PrSH], Ethandithiol [Et(SH)₂], Propandithiol [Pr(SH)₂], Thioglycolsäuremethylester [TGM] und Thioglycolsäureethylester [TGE]; chromatographische Bedingungen siehe oben, Säulentemperatur: 230°C isotherm.

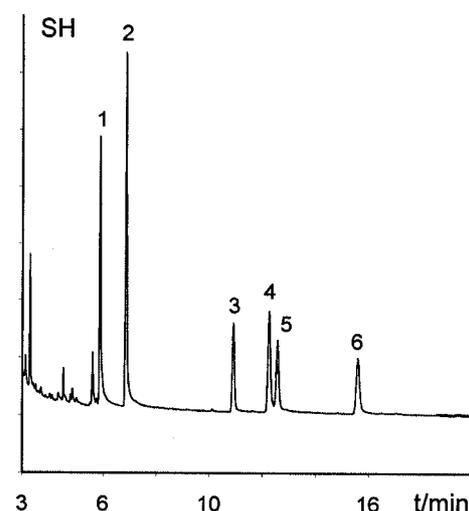


Abb. 4: Gaschromatogramm von sechs Derivaten aus der Umsetzung von 400 ng Diphenylarsinchlorid [CLARK I; $\text{Ph}_2\text{As-Cl}$] mit Thiolen. 1: $\text{Ph}_2\text{As-SEt}$; 2: $\text{Ph}_2\text{As-SPr}$; 3: $\text{Ph}_2\text{As-SGM}$; 4: $\text{Ph}_2\text{As-SEtSH}$; 5: $\text{Ph}_2\text{As-SGE}$; 6: $\text{Ph}_2\text{As-SPrSH}$

Abbildung 5 zeigt ein Gaschromatogramm der getrennten Ethanthiol-Derivate von LEWISIT I, LEWISIT II und CLARK I; chromatographische Bedingungen siehe oben.

Die Reduktionsrate von Diphenylarsensäure wurde für 1-Ethanthiol zu 81,3% und für 1-Propanthiol zu 94,5% bestimmt [12].

Ethylarsindichlorid und Phenylarsindichlorid reagieren ebenfalls mit den o.g. Monothiolen, jedoch zu instabilen Verbindungen.

Dithiole bilden mit den Dichlorarsinen Ethylarsindichlorid, Phenylarsindichlorid, 2-Chlorvinylarsindichlorid sowie mit Phenylarsinoxid stabile cyclische Derivate. Prinzipiell können alle untersuchten Dithiole als Derivatisierungsmittel eingesetzt werden. Systematische Untersuchungen mit Mischungen verschiedener Dithiole zeigten, daß 1,2-Ethanthiol und 1,3-Propanthiol die stabilsten Komplexe bilden [13,14,15].

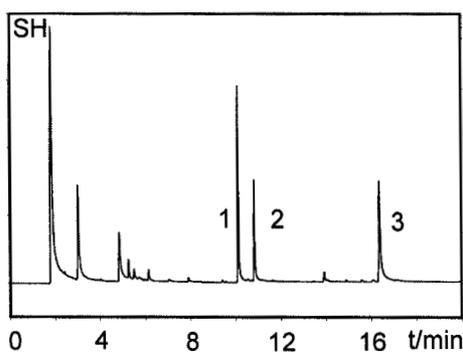


Abb. 5: Gaschromatogramm der Ethanthiol-Derivate von LEWISIT II [1], LEWISIT I [2] und CLARK I [3]

In **Abbildung 6** ist ein Gaschromatogramm der cyclischen Ethandithiol-Derivate von DICK, LEWISIT I und PFIFFIKUS dargestellt.

Die Reduktionsrate von Benzolarsonsäure wurde für Ethandithiol zu 31,5% und für Propandithiol zu 55,2% bestimmt [12].

Dithiole sind für Dichlorarsine, mit denen sie cyclische Komplexe bilden, als Derivatisierungsmittel geeignet. Monochlorarsine wie Diphenylarsinchlorid und 2,2'-Dichlordivinylarsinchlorid bilden ebenfalls Derivate mit Dithiolen, jedoch wurde beobachtet, daß bei Umsetzungen mit Reinsubstanzen die Ergebnisse nicht immer reproduzierbar sind [14,16]. Aufgrund möglicher Matrixeffekte bei Realproben können Dithiole für diese Substanzen als Derivatisierungsmittel nicht verlässlich eingesetzt werden.

ADAMSIT sowie das als Begleitsubstanz im Arsinöl vorhandene Triphenylarsin können mit GC/ECD nicht detektiert werden [9]. LEWISIT III (1,1',1''-Trichlortrivinylarsin) besitzt keine freie Valenz und kann somit nicht mit Thiolen und Dithiolen derivatisiert werden, es ist auch hydrolysebeständig. LEWISIT III wird jedoch underivatisiert sehr empfindlich mit GC/ECD detektiert. Es liegt als Isomerenmischung vor (→ *Abb. 1*). In *Tabelle 1* sind die Retentionszeiten und Nachweisgrenzen unter den o.g. chromatographischen Bedingungen für die Arsenkampfstoffe sowie ausgewählte Thiol- und Dithiol-Derivate dargestellt.

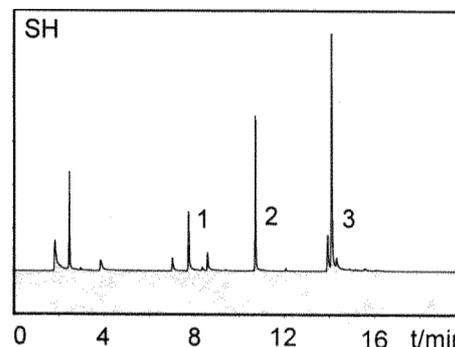


Abb. 6: Gaschromatogramm der cyclischen Ethandithiol-Derivate von DICK [1], LEWISIT I [2] und PFIFFIKUS [3]

Die Thiol- bzw. Dithiol-Derivate der Arsenkampfstoffe können aus Wasserproben mit Pentan extrahiert werden. Bodenproben werden mit Aceton im Ultraschallbad extrahiert, die Derivatisierung wird im Aceton-Extrakt durchgeführt.

Methanol ist als Extraktionsmittel ungeeignet, da alle untersuchten Arsenkampfstoffe mit Alkoholen Derivate bilden. Diese Reaktionen verlaufen i.a. nicht quantitativ, die Produkte sind z.T. nicht mit GC/ECD detektierbar.

Die Nachweisgrenzen liegen für alle untersuchten Derivate im ng/µl-Bereich (→ *Tabelle 1*).

Durch die Derivatisierung wird eine gruppenspezifische Summenbestimmung vorgenommen (Summe Ethylarsin-, Phenylarsin-, Diphenylarsin-, Chlorvinylarsin- und Dichlordivinylarsin-Verbindungen incl. der jeweiligen Arsonverbindungen). Durch Paralleluntersuchung von underivatisierten und derivatisierten Teilproben kann der Anteil an Originalkampfstoffen sowie deren Umwandlungsprodukte in Wasser- und Bodenproben bestimmt werden.

Arsenkampfstoff-belastete Wasserproben standen für Untersuchungen nicht zur Verfügung.

Mit einer hochbelasteten Bodenprobe konnten die Methoden getestet und die Extraktionsraten bestimmt werden. Es wurden jeweils Dreifachbestimmungen durchgeführt [12].

Die durch Mehrfachextraktion mit Aceton ermittelten Extraktionsraten ergaben für die erste Extraktion folgende Ausbeuten: CLARK I: 93%, CLARK-Metabolite: 94%, PFIFFIKUS: 98% und PFIFFIKUS-Metabolite 92% bzw. 93%. Eine Einfachextraktion ist somit aufgrund der hohen Extraktionsraten ausreichend.

Der CLARK I-Gehalt in der underivatisierten Teilprobe lag bei 200 g/kg; in der mit Ethanthiol derivatisierten Teilprobe wurden 400 g/kg, mit Propanthiol als Derivatisierungsreagenz 390 g/kg als "Summe Diphenylarsin- und Diphenylarsonverbindungen" bestimmt.

Ähnliche Ergebnisse wurden für PFIFFIKUS erhalten: in der underivatisierten Teilprobe wurden 220 g/kg PFIFFIKUS bestimmt, die "Summe Phenylarsin- und Phenylarsonverbindungen" wurde mit Ethandithiol als Derivatisierungsreagenz zu 395 g/kg und mit Propandithiol zu 465 g/kg ermittelt. Der Mehrbefund nach Derivatisierung mit Propandithiol ist wahrscheinlich in der gegenüber Ethandithiol höheren Umsatzrate der Oxidationsprodukte (Benzolarsonsäure) begründet.

Mit einer niedrig belasteten Bodenprobe wurden vergleichbare Ergebnisse erzielt [12].

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß eine Untersuchung der Ausgangsprodukte nicht hinreichend ist: etwa 50% der Phenylarsin- und Diphenylarsinverbindungen liegen als Umwandlungsprodukte vor, die gaschromatographisch nicht detektiert werden können.

Mit Modellversuchen konnte für CLARK I gezeigt werden, daß Thiole (Ethanthiol, Propanthiol) stabilere Komplexe bilden als biochemisch relevante Peptide und Aminosäuren (Cystein, Cysteamin, Glutathion), so daß mit den dargestellten Derivatisierungsmethoden davon ausgegangen wird, daß neben den Ausgangsprodukten auch alle toxikologisch relevanten Metabolite der Arsenkampfstoffe erfaßt werden [2].

3 Literatur

- [1] KOPECZ, P. (1996): Bestandsaufnahme von Rüstungsaltslastverdachtsstandorten in der Bundesrepublik Deutschland. Band 3: Kampfstofflexikon. UBA-Texte 27/96, 2. Aufl., Berlin
- [2] HAAS, R. (1996): Blaukreuzkampfstoffe. Chemisches Verhalten und humantoxikologische Bedeutung von Diphenylarsinverbindungen. 2. Humantoxikologische Bedeutung. Umweltmed Forsch Prax 2, 11-16
- [3] HAAS, R.; SCHREIBER, I.; KOPECZ, P.; STORK, G. (1991): Grundwasserbelastung durch Rüstungsaltslast-Emissionen – Nachweis von Arsenkampfstoffen und weiteren kampfmitteleigenen Rückständen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 3, 70-73
- [4] HAAS, R. (1996): Chemische Reaktionen von Phenylarsinverbindungen 1. Umsetzung mit Alkoholen zu Diphenylarsinethern. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 8, 183
- [5] HAAS, R.; KRIPPENDORF, A.; STEINBACH, K. (1997): Chemische Reaktionen von Phenylarsinverbindungen 4. Reaktion von Phenylarsindichlorid (Piffikus) mit Alkoholen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 9, 243-244
- [6] HAAS, R.; KRIPPENDORF, A.; STEINBACH, K. (1998): Chemische Reaktionen von Chlorvinylarsinverbindungen (Lewisite). 1. Reaktion von 2,2'-Dichlordivinylarsinchlorid (Lewisit II) mit Alkoholen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox., 10, 64-65
- [7] HAAS, R.; KRIPPENDORF, A. (1998): Chemische Reaktionen von Chlorvinylarsinverbindungen (Lewisite). 2. Reaktion von 2-Chlorvinylarsindichlorid (Lewisit I) mit Alkoholen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox., 10, 141-142
- [8] HAAS, R.; SCHMIDT, T.C.; STEINBACH, K.; v. LÖW, E. (1997): Gaschromatographische Bestimmung von Arsenkampfstoffen und Umwandlungsprodukten. Vortragsmanuskript, Munster
- [9] HAAS, R.; SCHMIDT, T.C.; STEINBACH, K.; v. LÖW, E. (1998): Chromatographic analysis of phenylarsenic compounds. Fres. J. Anal. Chem., 361, 313-318
- [10] HAAS, R. (1996): Blaukreuzkampfstoffe. Chemisches Verhalten und humantoxikologische Bedeutung von Diphenylarsinverbindungen. 1. Chemische Reaktionen. Umweltmed Forsch Prax 1, 183-189
- [11] HAAS, R. (1998): Determination of Chemical Warfare Agents. Gas Chromatographic Analysis of Lewisites and their Metabolites by Derivatization with Thiols (2nd Communication). ESPR-Environ. Sci. & Pollut. Res., 5, 2-3
- [12] HAAS, R.; KRIPPENDORF, A. (1997): Determination of Chemical Warfare Agents in Soil and Material Samples. Gas Chromatographic Analysis of Phenylarsenic Compounds (Sternutators) (1st Communication). ESPR-Environ. Sci. & Pollut. Res. 4, 123-124
- [13] HAAS, R.; SCHMIDT, T.C. (1997): Chemische Reaktionen von Phenylarsinverbindungen. 3. Reaktion von Phenyl-Arsen-Verbindungen mit Dithiolen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 9, 183-184
- [14] HAAS, R. (1998): Chemische Reaktionen von Chlorvinylarsinverbindungen (Lewisite). 3. Reaktion von Lewisit I und Lewisit II mit Dithiolen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox., im Druck
- [15] HAAS, R. (1998): Determination of Chemical Warfare Agents. Gas Chromatographic Analysis of Ethylarsine dichloride by Derivatization with Dithiols (3rd Communication). ESPR-Environ. Sci. & Pollut. Res., 5, 63-64
- [16] HAAS, R. (1997): Chemische Reaktionen von Phenylarsinverbindungen. 2. Reaktion von Diphenylarsinverbindungen mit Dithiolen. UWSF Z. Umweltchem. Ökotox. 9, 123-124

Kurznachrichten

Sanierung von schwermetallbelasteten Böden mit Phytoremedianten

Bislang existieren keine umweltschonenden und gleichzeitig vergleichsweise kostengünstige Sanierungsverfahren für schwermetallbelastete Kulturböden. Dies soll mit Hilfe von "metallzehrenden" Pflanzen in Zukunft möglich werden. Dazu muß die Schwermetallaufnahmefähigkeit der eingesetzten Pflanzen deutlich gesteigert werden. Ein Forschungsprojekt im Rahmen des **Schwerpunktprogrammes Umwelt** des Schweizerischen Nationalfonds versucht, mittels Gewebekulturtechniken solche Pflanzen zu züchten, und zwar mit Hilfe von hyperakkumulierenden Pflanzen. Diese sind in der Lage, dem Boden Schwermetalle zu entziehen und sie in hohem Maße in ihren oberirdischen Sproßteilen einzulagern. Sie können nachher problemlos geerntet und umweltschonend entsorgt werden.

Bisherige Gefäß- und Topfversuche haben gezeigt, daß dem Boden auf diese Weise beachtliche Mengen an Schwermetall-

len entzogen werden können. Die Sanierung eines Bodens würde derzeit jedoch mehrere Jahrzehnte dauern:

- Schwermetalle sind in der Regel an Bodenpartikel gebunden und können daher von den Pflanzen nur schwer aufgenommen werden. Diese Schwierigkeit läßt sich durch eine kontrollierte Mobilisierung im Boden überwinden, wodurch die Schwermetalle für die Pflanzen besser verfügbar werden.
- Die heute zur Verfügung stehenden Hyperakkumulatoren produzieren nur wenig Biomasse, so daß der Gesamtentzug an Schwermetallen zu gering ist. Dieser Nachteil kann durch die Neuzüchtung von hochakkumulierenden Kulturpflanzen wie Tabak, Senf oder Sonnenblume behoben werden. Solche Neuzüchtungen sollen im Idealfall die Eigenschaften der erwähnten Hyperakkumulatoren sowie die hohen Ertragsleistungen von Kulturpflanzen aufweisen.

Quelle: BioWorld 3/98: pp. 3-6. BioCom GmbH, CH-5612 Villmergen