

Arsen

Elemente in der aquatischen Umwelt II

Biotische und abiotische Systeme

F. R. Atri



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1987

Der 1902 gegründete gemeinnützige Verein für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene E.V. fördert das gleichnamige Institut des Bundesgesundheits-amtes.

Außerdem tritt er über das Institut mit wissenschaftlichen Veranstaltungen auf den einschlägigen Gebieten der Umwelthygiene und der Gesundheitstechnik an die Öffentlichkeit.

Er gibt für seine Mitglieder die Schriftenreihe und die Literaturberichte für Wasser, Abwasser, Luft und feste Abfallstoffe (Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York) heraus.

Geschäftsführender Vorstand:

Oberstadtdirektor Hans-Diether Imhoff, Dortmund

Direktor Dr.-Ing. Günther Annen, Essen

Direktor Dr.-Ing. Heinz Tessendorff, Berlin

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Helmut Schönberg, Postfach, 1000 Berlin 33

Alle Rechte der Übersetzung vorbehalten

© Copyright 1987 by Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Dahlem

Printed in Germany

ISBN 3-437-30576-X

Herstellung: Westkreuz-Druckerei Berlin/Bonn, 1000 Berlin 49

Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

75

Arsen

Elemente in der aquatischen Umwelt II

Biotische und abiotische Systeme

F. R. Atri



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1987

Die Arbeit wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit erstellt.

Danksagung

Meinen Mitarbeitern, insbesondere Frau B. Zwikirsch, Frau M. Kurth und Frau K. Dalitz, möchte ich für ihre sorgfältige und fleißige Mitarbeit bei der Herstellung der Druckvorlagen danken.

Ü B E R S I C H T

I.	Einleitung.....	1
II.	Karten- und Abbildungsverzeichnis, Begriffe, Abkürzungen.....	2-5
III.	Textteil.....	6-39
IV.	Datenteil.....	40-174
V.	Organismenlisten.....	175-181
	Liste der pflanzlichen Organismen.....	175-177
	Liste der tierischen Organismen.....	177-181
VI.	Literaturliste.....	182-198

I. Einleitung

Bereits seit geraumer Zeit wird die Frage des Vorkommens von Schadstoffen in Gewässern (im marinen und im Süßwasser-Bereich) sowie die zunehmende Tendenz zu höheren Konzentrationen zur Diskussion gestellt. Dabei stellen die Anreicherung in biologischem Material und in abiotischen Lebensräumen, sowie Elimination und Toxizität die Hauptthemen dar. Um die Frage der Bioakkumulation und Biomagnifikation zu beantworten, sind Erkenntnisse über Konzentrationen in den Lebensräumen (Wasser, Sediment) und deren Bewohner notwendig. Unter anderem sind der Konzentrations-Level und die Stoff-Persistenz neben der Empfindlichkeit der jeweiligen Organismen-Art wichtige Faktoren für die (Öko-)Toxizität. Aus diesem Grund wurden möglichst viele und auch unterschiedliche Ergebnisse über Wasser, Sediment und Organismen aus der Literatur zusammengetragen.

Die Werte wurden in der Datenliste in geordneter Form zusammengestellt. Die Zusammenstellung der Organismen erfolgte nach der Pflanzen- und zoologischen Systematik.

Im Textteil erfolgte eine Zusammenfassung der Ergebnisse; um eine bessere Übersicht zu schaffen, wurden die ausgewählten Konzentrationswerte in zwei Tabellen wiedergegeben.

II. Karten- und Abbildungsverzeichnis, Begriffe, Abkürzungen

Karten

- 1 Lage der Meßstellen im Einzugsgebiet der Elbe
- Wasser -
- 2 Probenahmestellen im Loch Lomond, Großbritannien (1981-82)
- Sediment -
- 3 Das Rheineinzugsgebiet
- Wasser -
- 4 Probenahmestandorte im Sounthampton Water und im Solent, U.K.
- Algen -
- 5 Untersuchungsgebiet für Vögel aus dem Holländischen Wattenmeer
- Organismen -
- 6 Arsen-Konzentrationen in den Oberflächensedimenten aus dem Puget Sound, USA
- Sediment -
- 7 Gesamt-Arsen-Konzentration im Oberflächenwasser nahe eines Kupfer-Hüttenwerkes, Puget Sound, USA
- Wasser -
- 8 Langzeit-Untersuchungsgebiet in der Ostsee
- Wasser -
- 9 Probenahmestellen im Bereich der Elbe, 1972-1976
- Sediment -

Abbildungen

- 1 Der Arsengehalt des Rheinwassers am rechten Ufer während der RIWA-Untersuchung in der fließenden Welle am 23. und 24. April 1980
- 2 Arsen in Sedimenten des Loch Lomond, Großbritannien (1981-1982)
- 3 Arsen im Porenwasser von Sedimenten des Loch Lomond, Großbritannien (1981-1982)
- 4 Arsen-Konzentrationen in der Ostsee und Nordsee
- 5 Arsen-Konzentrationen in Fucus vesiculosus aus der Ostsee und Nordsee

Organismen: tierische Organismen

Toxikologische Begriffe

- LC₀ Letale Konzentration, die innerhalb eines gegebenen Zeitraums keinen der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen tötet.
- LC₁₀ Letale Konzentration, die innerhalb eines gegebenen Zeitraums 10 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen tötet.
- LC₅₀ Letale Konzentration, die innerhalb eines gegebenen Zeitraums 50 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen tötet.
- LC₉₀ Letale Konzentration, die innerhalb eines gegebenen Zeitraums 90 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen tötet.
- LC₁₀₀ Letale Konzentration, die innerhalb eines gegebenen Zeitraums 100 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen tötet.
-
- TL_m Median Tolerance Limit. Die Konzentration eines toxischen Stoffes im Wasser unter gegebenen Testbedingungen, bei der 50 % der Versuchsorganismen überleben.
-
- LD₀ Letale Dosis, die keinen der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen innerhalb eines gegebenen Zeitraums tötet.
- LD₁₀ Letale Dosis, die 10 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen innerhalb eines gegebenen Zeitraums tötet.
- LD₅₀ Letale Dosis, die 50 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen innerhalb eines gegebenen Zeitraums tötet, auch mittlere letale Dosis genannt.
- LD₉₀ Letale Dosis, die 90 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen innerhalb eines gegebenen Zeitraums tötet.

LD₁₀₀ Letale Dosis, die 100 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen innerhalb eines gegebenen Zeitraums tötet.

EC₀ Effektive Konzentration, bei der keiner der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen den geprüften Effekt zeigt.

EC₅₀ Effektive Konzentration, bei der 50 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen den geprüften Effekt zeigen.

EC₁₀₀ Effektive Konzentration, bei der 100 % der den Testbedingungen ausgesetzten Organismen den geprüften Effekt zeigen.

Abkürzungen

A	Art
AAS	Atomabsorptionsspektroskopie
Ä	Ästuar
AG	Aschegewicht
mCi	Milli-Curie (10^{-3} Curie)
pCi	Piko-Curie (10^{-12} Curie)
D.O.	Dissolved Oxygen (gelöster Sauerstoff)
FG	Feuchtgewicht
G	Gattung
K	Klasse
M	marin
n	Anzahl der Probenahmestellen, der Proben im Jahr, u.a.
NOK	Nord-Ostsee-Kanal
s	Standardabweichung
S	Süßwasser
sp.	Species, Art
spp.	Species (Plural), Arten
t 1/2	Halbwertszeit
TG	Trockengewicht
\bar{x}	Mittelwert

ICNAF	International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries
NAFO	Northwest Atlantic Fisheries Organisation

Perzentil

"Häufig wird als Maß für eine mittlere Belastung der arithmetische Mittelwert benutzt. Dies führt zu einem verzerrten Bild, wenn die Meßergebnisse unsymmetrisch um den Mittelwert verteilt sind, also stark von der Normalverteilung abweichen, wie dies bei zahlreichen physikalisch-chemischen Parametern im Gewässer der Fall ist. Problematisch wird die Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes vor allem, wenn die Gehalte häufig unter der analytischen Bestimmungsgrenze liegen. Für solche Meßwerte wird dann rechnerisch die halbe Bestimmungsgrenze angesetzt. Zur Beschreibung der Gewässerbeschaffenheit besser geeignet sind Quantile, die nach den Regeln der verteilungsfreien Statistik (VDI-Richtlinien-Entwurf, 2450, Blatt 5 'Methoden zur Behandlung einzelner Variablen, Quantile, September 1977') aus den Ergebnissen der Meßreihen eines Jahres ermittelt werden. In den Gewässergüteberichten des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (LWA) werden seit 1981 die Repräsentatoren des 50- und des 90-Perzentils als Kenngrößen angegeben. Diese Kenndaten besagen, daß 50 % bzw. 90 % der möglichen Meßwerte den angegebenen Zahlenwert unterschreiten oder zumindest einhalten. Das 50-Perzentil ist ein Maß für die durchschnittlichen Gehalte, während das 90-Perzentil Aussagen über überdurchschnittliche Belastungszustände macht." (aus: Lit. L39, S. 12)

III. Textteil

1.	Vorbemerkung	7
2.	Arsen-Konzentrationen	7-11
2.1	Wasser	7-8
2.2	Wasser - marin	8-9
2.3	Sediment	9-11
3.	Arsen-Konzentrationen — pflanzliche Organismen	11-15
3.1	Phycophyta (Algen)	11-12
3.2	Spermatophyta (Samenpflanzen)	12-13
3.3	Akkumulation	13-15
4.	Arsen-Konzentrationen — tierische Organismen ..	15-21
4.1	Mollusca (Weichtiere)	15-17
4.1.1	Gastropoda (Schnecken)	15-16
4.1.2	Lamellibranchiata (Muscheln)	16-17
4.2	Annelida (Ringelwürmer)	17
4.3	Crustacea (Crustaceen)	17-18
4.4	Echinodermata (Stachelhäuter)	18
4.5	Pisces (Fische)	18
4.6	Akkumulation, Biomagnifikation	19-21
5.	Toxizität	21-26
5.1	Phycophyta (Algen)	21-22
5.2	Spermatophyta (Samenpflanzen)	23
5.3	Crustacea (Crustaceen) und andere Invertebrata ..	24-25
5.4	Pisces (Fische)	25-26
6.	Elimination (Abbau), Transfer	26-28
7.	Ergänzung: Indikator-Organismen für das Element Arsen	28
8.	Tabellen: Tab. 1 Arsen-Konzentrationen in Algen	29-34
	Tab. 2 Arsen-Konzentrationen in tierischen Organismen	35-39

1. Vorbemerkung

Für den Textteil wurden unter Berücksichtigung bestimmter Qualitätskriterien aus der Datenliste und aus anderen Literaturangaben Werte und Informationen ausgewählt und besprochen. Obwohl diverse Veröffentlichungen über Arsen und seine Verbindungen vorliegen, sind die Angaben für aquatische Lebensräume nicht ausreichend. Außerdem konnten hier zahlreiche Angaben nicht berücksichtigt werden, da sie nicht den festgelegten Auswahlkriterien entsprachen.

Für die im folgenden gemachten inhaltlichen Aussagen sei generell auf die Literaturliste sowie auf den gesonderten Literaturband, der noch veröffentlicht wird, verwiesen; in Einzelfällen wurden Literaturen auch direkt zitiert.

2. Arsen-Konzentrationen

2.1 Wasser

Die Ergebnisse von Arsen-Messungen in zahlreichen Gewässerarten in der Bundesrepublik Deutschland und dem Ausland wurden in der Datenliste zusammengestellt.

Die Arsen-Konzentrationen in unfiltrierten Wasserproben des Rheins liegen etwa zwischen < 1 und $20 \mu\text{g}/\text{l}$. Dabei sind die großen Konzentrationsunterschiede u.a. auf die Verhältnisse in den Probenahmestandorten und die Entnahmetermine zurückzuführen.

Die geometrischen Mittelwerte der 1983 und 1984 in verschiedenen Standorten und Monaten im Wasser der Ruhr gemessenen

Arsen-Konzentrationen liegen zwischen 0,2 und 3,1 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Die Arsen-Gehalte der Elbe sind höher; sie betragen für das Jahr 1984 in Wasserproben aus dem Elbe-Abschnitt zwischen Schnackenburg und Scharhörn 1,5 - 8,4 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Im allgemeinen liegen die Arsen-Konzentrationen in den untersuchten Wässern unter 10 $\mu\text{g}/\text{l}$.

2.2 Wasser - marin

Die in Wasser aus dem Küstenbereich der Nordsee (bei Nordstrand und Cuxhaven) 1983/84 ermittelten Konzentrationen an gelöstem Arsen betragen für filtrierte Proben bis etwa 5 $\mu\text{g}/\text{l}$, für unfiltrierte Proben bis etwa 15 $\mu\text{g}/\text{l}$. Im Wasser der Ostsee liegen die Werte für gelöstes Arsen mit 0,45 - 1,11 $\mu\text{g}/\text{l}$ in den Jahren 1982/83 deutlich niedriger, wobei die Differenz zwischen filtrierten und nicht filtrierten Proben praktisch zu vernachlässigen war.

Von besonderem Interesse sind die Gehalte unterschiedlicher organischer und anorganischer Arsenverbindungen in den Gewässern. Messungen an Arsen (III), Arsen (V), Dimethylarsiniger Säure und Dimethylarsonsäure weisen auf das Vorkommen dieser Arsenformen in unterschiedlichen Konzentrationen in Abhängigkeit von der Wasserqualität hin (u.a. Lit. B 43, B 136). Weiter hängen Vorkommen und Konzentrationslevel verschiedener Arsen-Verbindungsformen in einer Gewässer-Art insbesondere von der biologischen Aktivität und dem Zustand des jeweiligen Wasserkörpers ab. Dabei spielen u.a. Nährstoffgehalt (Eutrophierung, Planktonproduktion) und Sauerstoffgehalt eine besondere Rolle, die wiederum in Süß- und Salzwasser (marin) abweichende Tendenzen zeigen.

Erst vor relativ kurzer Zeit konnten aufgrund weiterentwickelter Analyseverfahren verschiedene Arsenverbindungen wie Arsenat (V) $[\text{HAsO}_4^{2-}]$, Arsenat (III) $[\text{HASO}_2]$, Methylarsonat $[\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})\text{O}^-]$ und Dimethylarsinat $[(\text{CH}_3)_2\text{AsOO}^-]$ im Meerwasser nachgewiesen werden. Von diesen wird das Arsenat als thermodynamisch stabile Form in sauerstoffgesättigtem Meerwasser bezeichnet. Die Konzentrationen dieser Verbindung im Nord-Pazifik unterhalb 1000 m Tiefe waren Angaben zufolge relativ konstant; für 136 Proben wurde ein Durchschnittswert von $24,0 \pm 0,8$ nmol/kg (berichtet 1979) gemessen. In den oberen Wasserschichten waren die Konzentrationen dieser Verbindung um 15 - 40 % geringer. Berichten zufolge soll die maximale Konzentration des Arsenat (III) in der Primärproduktions-Schicht auftreten; sie betrug 0,2 - 3 nmol/kg (1-20 % des Gesamt-Arsens). Unterhalb einer Tiefe von 400 m wurde eine durchschnittliche Arsenat (III) - Konzentration von $0,11 \pm 0,08$ nmol/kg (0,5 % des Gesamt-Arsens) gemessen. Sowohl Methylarsonat als auch Dimethylarsinat wurden in der Oberflächenschicht (Photo-Schicht) gemessen. Die Dimethylarsenform kommt in Konzentrationen von etwa 1 - 2 nmol/kg (5-10 % des Gesamt-Arsens) vor und ist im allgemeinen 2-10 mal so hoch wie das Monomethylarsonat. In der tiefen Wasserschicht waren methylierte Arsenformen nicht zu finden. Als Ergänzung ist zu erwähnen, daß einige marine Phytoplankter in der Lage sind, Methylarsenverbindungen zu bilden oder Arsenat (V) zu Arsenat (III) zu reduzieren. (u.a. Lit. A10, A11, A09, B45)

2.3 Sediment

Über Arsen in aquatischen Sedimenten liegen im allgemeinen, verglichen mit anderen Schwermetallen, nur wenige Ergebnisse vor.

Im Rahmen einer Untersuchungsreihe des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen wurden zwischen 1977 und 1979 Schwermetalle in der Schluff- und Tonfraktion (Korngröße $\leq 40 \mu\text{m}$) der Sedimente rechtsrheinischer Nebenflüsse sowie des Niederrheins zwischen Bad Honnef und der deutsch-niederländischen Grenze bei verschiedenen Fluß-Kilometern bestimmt; dabei wurde auch das Element Arsen berücksichtigt (s. Datenliste). Die ermittelten Konzentrationsbereiche lauten wie folgt: Sieg 14,7 - 40,8 mg/kg TG, Wupper 18,0 - 72,3 mg/kg TG, Ruhr 28,7 - 63,1 mg/kg TG, Lippe 13,2 - 65,8 mg/kg TG. Für den Niederrhein (rechter und linker Uferbereich) wurden Konzentrationen von 26,9 - 67,9 mg/kg TG gemessen.

Für Elbe-Sedimente (1972-1976) wurden mittlere Arsen-Gehalte berechnet, ausgehend von einem Gehalt der Sedimentfraktion $< 2 \mu\text{m}$ (Tonfraktion) von 25 % bzw. einem Gehalt der Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ von 50 %; die errechneten Arsengehalte liegen zwischen 25 und 183 mg/kg bzw. 29 und 204 mg/kg. Ein Vergleich der Werte der Fraktion $< 2 \mu\text{m}$ des stark belasteten Gebiets Kirchwerder (183 mg/kg) und des wenig belasteten marinen Sediments bei Arensch (25 mg/kg) ergab für Kirchwerder einen Anreicherungsfaktor von 7. Ein hoher gemessener Arsengehalt wurde mit 756 mg/kg für den stark belasteten Standort Hamburger Hafen mitgeteilt.

Auch die für ausländische Sedimente in der Literatur angegebenen Arsen-Konzentrationswerte differieren je nach Standort und Untersuchungsmethodik recht deutlich. In Sedimenten des Southampton Water (U.K.) wurden in verschiedenen Probenahmestellen und -tiefen Arsen-Konzentrationen zwischen 5,5 und 19 mg/kg TG gemessen (berichtet 1974). Neuere Untersuchungen (1981/82) von Sedimenten des Loch Lomond bei Glasgow, Schottland (U.K.) ergaben Maximalkonzentrationen von 174 - 675 mg/kg TG. Arsen-Konzentrationen verschiedener Sedimente der USA wurden in der Datenliste wiedergegeben; die Werte reichen bis zu 10 000 mg/kg TG in Proben aus einem Umkreis von einer Meile von einem Kupfer-

hüttenwerk nahe Tacoma. Hohe Arsen-Konzentrationen wurden auch für Sedimente aus Gebieten mit Bergbautätigkeit mitgeteilt. So wiesen Sedimente eines Sees in Kanada 2 700 mg/kg TG auf (berichtet 1978), und in Sedimenten eines Standorts an der Küste Neufundlands wurden direkt an einem Bergwerk 2 600 mg/kg TG gemessen (berichtet 1975).

Abschließend können zum Vergleich noch die in Sedimenten des Pazifik ermittelten Konzentrationen von 3,1 - 18,1 mg/kg TG angegeben werden.

3. Arsen-Konzentrationen — pflanzliche Organismen

3.1 Phycophyta (Algen)

Es wurde über Arsen-Konzentrationen in ca. 18 Algenarten aus dem marinen und Ästuar-Bereich berichtet.

Bei den Braunalgen wurden am häufigsten Fucus-Arten untersucht, gefolgt von Laminaria-, Ascophyllum- und Sargassum-Arten. Die Arsen-Konzentrationen von Fucus vesiculosus (Blasentang) aus der Ost- bzw. Nordsee (Nordstrand, Cuxhaven) betragen etwa 17 mg/kg TG bzw. bis 40 mg/kg TG. Insgesamt liegen die in Fucus-Arten gemessenen Konzentrationen im allgemeinen zwischen 1,7 und 190 mg/kg TG. Die Arsen-Werte für Laminaria-Arten sind niedriger; sie reichen bis 142,0 mg Gesamt-Arsen/kg TG in Proben aus einem Ästuar in Norwegen. Die für Ascophyllum nodosum (Knotentang) aus europäischen und kanadischen marinen und Ästuaren Standorten gemessenen Arsen-Konzentrationen liegen zwischen 9,8 und 118,3 mg/kg TG. Weit niedrigere Konzentrationen zwischen 4 und 20 mg/kg FG zeigen die zur Algenvegetation tropischer Regionen gehörenden

Sargassum-Arten.

Für verschiedene Rotalgen aus europäischen Regionen werden Arsen-Konzentrationen zwischen 2 und 39 mg/kg TG mitgeteilt. Insgesamt liegen die Werte für Rotalgen aus marinen und Ästuaren Bereichen im Bereich der genannten Werte.

Die Anzahl der untersuchten Grünalgen ist, verglichen mit den Braunalgen, gering; Werte liegen hier zumeist aus außereuropäischen Regionen vor. Die Arsen-Konzentration von *Enteromorpha intestinalis* (Darmalge) aus englischen Untersuchungsgebieten beträgt etwa 6 - 86 mg/kg TG.

Ein großer Teil der Arsen-Konzentrationen verschiedener Algen-Arten ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Für Algen kann ein Konzentrationsbereich von etwa 1 - 250 mg/kg TG genannt werden

3.2 Spermatophyta (Samenpflanzen)

Die Berichte über Arsenmessungen in aquatischen Samenpflanzen beschränken sich auf einige Arten. Von den Einkeimblättrigen sind hier u.a. *Elodea canadensis*, *Potamogeton* sp. und *Lagarosiphon major* zu nennen. Mit Werten zwischen etwa 2 und 1 450 mg/kg TG schwanken die Arsen-Konzentrationen sehr stark.

Für Dicotyledoneae (Zweikeimblättrige) liegen für ca. acht aquatische Samenpflanzen Angaben vor. Auch diese Konzentrationen sind sehr unterschiedlich, und sie liegen etwa auf dem gleichen Level wie die Arsen-Konzentrationen der Monocotyledoneae.

Abschließend ist zu bemerken, daß aquatische Makrophyten im allgemeinen eine gute Akkumulationsfähigkeit für Arsen zeigen.

Für Spermatophyta kann ein Konzentrationsbereich von etwa 1 - >1 000 mg/kg TG genannt werden.

3.3 Akkumulation

Um die Bioakkumulationswerte für Organismen zu bestimmen, ist die Kenntnis der ökologischen Faktoren ihrer Lebensräume unerlässlich.

Bei den höheren Wasserpflanzen (Submerse, Emerse) sind, abgesehen von der systematischen Differenzierung, die Stoffaufnahme-Bereiche der unterschiedlichen Pflanzenteile zu berücksichtigen. Bei tierischen Organismen müssen die Art des Futters und die Form der Nahrungsaufnahme aus dem jeweiligen Medium (Wasser, Sediment) bei der Ermittlung der Bioakkumulations- oder Biomagnifikationswerte in Betracht gezogen werden.

Was die Pflanzen betrifft, so ist die biologische Verfügbarkeit der Stoffe für die jeweilige Pflanze und ihre Organe im Hinblick auf die Bioakkumulation (Biokonzentration) und damit auch für die Erfassung der Biomagnifikation von besonderer Bedeutung.

Nicht zuletzt sind die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Biotops (Wasser, Sediment) und die Art der Biozönose als maßgebende Faktoren für die Stoffakkumulation zu nennen.

Dies sind lediglich die wichtigsten Gesichtspunkte, neben denen ergänzend noch Faktoren wie z.B. geographische Lage und geologische Beschaffenheit der jeweiligen Untersuchungsgebiete zu berücksichtigen sind.

Für marine Organismen kommen noch Salinität und Temperatur als für die Akkumulation wichtige Faktoren hinzu.

Eine besondere Stellung nimmt das Phytoplankton (Süßwasser und mariner Bereich) ein. Hierbei ist außer den obengenannten Kriterien auch der Faktor Licht und damit verbunden die Photosynthese-Aktivität zu berücksichtigen.

Nach mühsamer Überprüfung der in der Literatur mitgeteilten Bioakkumulationswerte konnte ein großer Teil der Angaben nicht angenommen werden, weil die überwiegende Mehrheit der Werte für verschiedene Makro- und Mikroorganismen auf der Grundlage allgemeiner, z.T. geschätzter, Arsen-Konzentrationen in marinem Wasser oder in Süßwasser berechnet wurden und nicht unter Heranziehung der standorts- und terminspezifischen Konzentrationen im Medium der geographisch (und auch in anderen Meßparametern) differierenden Organismen-Entnahmestellen. Insgesamt wurden Biokonzentrationsfaktoren sowohl für pflanzliche als auch für tierische Organismen angegeben, die zwischen $< 1 \times 10^1$ und 1×10^5 schwanken.

Es liegen auch Untersuchungen aus dem Freiland vor, die Angaben zum Bioakkumulations-Indikator-Wert bestimmter Organismen machen; diese Organismen wurden als Ergänzung zusammengestellt.

Im folgenden soll kurz auf einige Laborversuche und relativ präzise Freilanduntersuchungen für einzelne Organismen eingegangen werden.

In Laborversuchen wurde für Grünalgen (*Chlorella ovalis* und *Chlorella pyrenoidosa*), eine Blaualge (*Oscillatoria rubescens*) und zwei Kieselalgen (*Phaeodactylum tricornerum* und *Skeletonema costatum*), die in Salz- und Süßwassermedien kultiviert wurden, ein Akkumulationsfaktor von etwa 200 bis 3 000 bestimmt (Lit. L18).

Weiter wurde in einer experimentellen Arbeit die ^{74}Ar -Aufnahme durch die marinen Algen *Ascophyllum nodosum* und *Fucus spiralis* unter Berücksichtigung von Exponierungsdauer, Arsenverbindungsform und verschiedenen Umweltfaktoren bei ^{74}Ar -

Konzentrationen von 3 bis 1 000 $\mu\text{g}/\text{l}$ im Nährmedium untersucht. In Abhängigkeit von Exponierungsdauer sowie Pflanzenalter und Pflanzenorgan wurden Biokonzentrationsfaktoren bestimmt; der höchste Wert war sowohl bei *Ascophyllum nodosum* als auch bei *Fucus spiralis* mit 38,6 bzw. 46,3 nach 20tägiger Exponierung festzustellen. *Fucus spiralis* akkumulierte viermal mehr Arsenat (V) als Arsenat (III). Weder pH-Wert noch Salinität veränderten die Arsen-Aufnahme durch diese Alge, jedoch wirkte ein Ansteigen der Temperatur signifikant aufnahmesteigernd (nach 9 h war die durch *Fucus spiralis* bei 30 °C akkumulierte Menge doppelt so hoch wie die bei 16 °C akkumulierte). (Lit. K36)

Für verschiedene Meeresalgen wurden Konzentrationsfaktoren (bezogen auf FG) von 200 - 6 000 angegeben, wobei eine Nickel-Konzentration im Wasser von 2,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ zugrundegelegt wurde (Lit. Y01).

Zusammenfassung: Aquatische Pflanzen (sowohl aus dem marinen als auch aus dem Süßwasser-Bereich) sind in der Lage, Arsen zu akkumulieren und andere Arsen-Verbindungen zu bilden.

4. Arsen-Konzentrationen — tierische Organismen

4.1 Mollusca (Weichtiere)

4.1.1 Gastropoda (Schnecken)

Ein großer Teil der untersuchten Schnecken-Arten stammt aus verschiedenen Standorten in Großbritannien.

Die Arsen-Konzentrationen waren sowohl für verschiedene Arten

als auch standortbedingt sehr unterschiedlich. Die Werte reichen bis etwa 70 mg/kg TG in *Littorina littorea*. Hierbei ist zu bemerken, daß dieser Organismus in der Literatur als eventueller Indikator für Arsen zur Diskussion gestellt wird. Weitere Angaben siehe Tab. 2 und Datenliste.

Ein Konzentrationsbereich von etwa 3 - 70 mg/kg TG kann für Schnecken angegeben werden.

4.1.2 Lamellibranchiata (Muscheln)

Es liegen Arsen-Konzentrationen für mehr als 17 Muschel-Arten aus verschiedenen europäischen sowie außereuropäischen Standorten vor.

In einigen experimentellen Arbeiten wurde von einer Akkumulation von Arsen (unter zahlreichen anderen Metallen) in Muscheln berichtet; auch Beobachtungen im Freiland gaben Hinweise für eine Arsen-Akkumulationsfähigkeit von Muscheln.

Auch die Arsen-Aufnahme und -Verteilung in Muscheln wurden untersucht, z.B. in *Mytilus galloprovincialis*. In dieser experimentellen Arbeit wurde radioaktiv markiertes Arsen im Medium verwendet. Dabei nahm die Arsen-Aufnahme durch die Versuchsorganismen mit steigenden Arsen-Konzentrationen im Nährmedium zu, allerdings nicht proportional - bei höheren Konzentrationen des Mediums schien die Akkumulation in den Organismen teilweise verringert zu werden. Ca. 80 % des aufgenommenen Arsens war in den Weichteilen der Muscheln zu finden, und kleine Individuen zeigten höhere Konzentrationen als große. Von den Organen zeigten Byssus und Mitteldarmdrüse die höchsten Werte. Als sowohl aufnahme- als auch eliminationssteigernd erwies sich eine Temperaturerhöhung. Die Salinität schien einen deutlichen Einfluß auf die Arsen-Aufnahme, weniger auf den Arsen-Verlust, zu haben: Muscheln aus Meerwasser mit 19 ‰ Salinität akkumulierten etwa dreimal mehr als solche aus Meerwasser mit 38 ‰ Salinität. (Lit. U05)

Obwohl als Indikator-Organismus für Schwermetalle am häufigsten *Mytilus edulis* genannt wird, wurde für Arsen *Cerastoderma edule* vorgeschlagen (Lit. B105).

Insgesamt sind die in Muscheln gemessenen Arsen-Konzentrationen sehr unterschiedlich; sie reichen bis zu 191 mg/kg TG in *Scrobicularia plana*. Weitere Werte sind in Tab. 2 und der Datenliste zusammengestellt.

Abschließend seien noch einige wichtige Faktoren genannt, die mit der Arsen-Akkumulation in Muscheln in Beziehung stehen, nämlich Salinität, Temperatur, Muschel-Art und -Alter, Seßhaftigkeit, Futterart.

Für Muscheln kann ein Konzentrationsbereich von < 1 - 191 mg/kg TG genannt werden.

4.2 Annelida (Ringelwürmer)

Über Arsen-Konzentrationen in Annelida liegen nur sehr wenige Angaben vor; es handelt sich dabei lediglich um Einzeluntersuchungen. Für *Nereis diversicolor*, einen Organismus, der an der Nordsee verbreitet ist und auch an der Ostsee häufig vorkommen soll, liegen aus verschiedenen Ästuaren in Großbritannien Werte zwischen 5,2 und 84 mg/kg TG vor.

4.3 Crustacea (Crustaceen)

Unter den Rankenfüßern wurden für *Lepas* sp. aus unterschiedlichen Standorten in den USA Arsen-Konzentrationen von 3,6 und 7,6 mg/kg FG mitgeteilt.

Bei der Klasse Malacostraca wurden zahlreiche Organismen-Arten aus unterschiedlichen geographischen Gebieten auf ihren Gehalt an Schwermetallen, darunter auch Arsen, untersucht. Aus dem europäischen Bereich liegen für *Carcinus maenas* aus Großbritannien Werte zwischen 19,9 und 34,5 mg/kg TG vor. In *Pandalus borealis* aus dem Oslofjord (Norwegen) wurden für organisch gebundenes Arsen mit etwa 37 mg/kg TG höhere Konzentrationen gemessen als für anorganisch gebundenes Arsen mit etwa 2 mg/kg TG.

Unter Berücksichtigung zahlreicher Kriterien wie etwa Standort, Organismenart, usw. kann für Crustaceen ein Konzentrationsbereich von etwa 0,5 - 68 mg/kg TG angegeben werden.

4.4 Echinodermata (Stachelhäuter)

Aus dem europäischen Raum (Großbritannien) wurden Konzentrationen von 10 bzw. 5,8 mg/kg TG für die Seesterne *Asterias rubens* bzw. *Marthasterias glacialis* mitgeteilt. Weitere Angaben für Echinodermata und Chordata wurden in Tab. 2 zusammengefaßt.

4.5 Pisces (Fische)

In der Datenliste wurden zahlreiche Arsen-Konzentrationen in Knorpel- und Knochenfischen wiedergegeben, die in Tab. 2 teilweise zusammengefaßt sind. Als Konzentrationsbereich für Fische können < 0,2 - 320 mg/kg TG angegeben werden.

4.6 Akkumulation, Biomagnifikation

Die wichtigsten Kriterien und Voraussetzungen zur Akkumulation von Stoffen in Organismen sind unter 3.3 (Akkumulation in Pflanzen) beschrieben worden und gelten auch hier. Im folgenden werden einige Ergebnisse wiedergegeben.

In einem Versuch mit sechs Organismen (*Pteronarcys dorsata*, Steinfliege; *Helisoma campanulata* und *Stagnicola emarginata*, Schnecken; *Gammarus pseudolimnaeus*, Amphipode; *Salmo gairdneri*, Regenbogenforelle; *Daphnia magna*) und vier Arsenverbindungen (Arsentrioxid, Arsenpentoxid, Natriumdihydroarsenat, Dinatriummethylarsenat) in zwei Konzentrationen im Medium (ca. 100 µg As/l und ca. 1 000 µg As/l) zeigten die Organismen die größte Gesamt-Arsen-Akkumulation, die anorganischen Arsenverbindungen ausgesetzt wurden. Dies war besonders bei der niedrigeren der beiden Arsen-Konzentrationen im Medium festzustellen. Folgende Biokonzentrationsfaktoren wurden angegeben:

Pteronarcys dorsata: In Experimenten mit ca. 1 000 µg As/l wiesen die Organismen nach 28 Tagen für alle vier Arsenverbindungen ähnliche Rückstands-Konzentrationen auf. Die entsprechenden Biokonzentrationsfaktoren lagen zwischen 35 und 45.

In Experimenten mit ca. 100 µg As/l wurde die höchste Konzentration für Arsenpentoxid gemessen. Sie entsprach einem Biokonzentrationsfaktor von 131.

Helisoma campanulata: Die höchste Rückstands-Konzentration in den Experimenten mit ca. 1 000 µg As/l wurde für Arsentrioxid ermittelt. Der entsprechende Biokonzentrationsfaktor betrug 83.

Ein etwas höherer Konzentrationsfaktor von 99 wurde in Experimenten mit ca. 100 µg As/l für Arsenpentoxid ermittelt.

Stagnicola emarginata: Bei Experimenten mit ca. 1 000 µg As/l wurden für Arsentrioxid, Arsenpentoxid und Dinatrium-

methylarsenat ähnliche Rückstands-Konzentrationen und damit auch Biokonzentrationsfaktoren festgestellt. Letztere lagen zwischen 16 und 17. Wesentlich geringere Rückstände zeigte Natriumdimehylarsenat. Damit wäre auch der Biokonzentrationsfaktor für diese Arsenverbindung deutlich niedriger als die oben genannten Werte.

Die höchste Konzentration und der somit höchste Biokonzentrationsfaktor von 92 in den Experimenten mit ca. $100 \mu\text{g As/l}$ wurde für Arsenpentoxid festgestellt. (Lit. S97)

Für die Auster *Crassostrea virginica* wurde ein Biokonzentrationsfaktor von 350 nach 112tägiger Exponierung mitgeteilt (Lit. E30).

Versuche mit der Muschel *Mytilus galloprovincialis* ergaben nach einwöchiger Exponierung in Meerwasser mit ^{74}As (Arsen als Natriumarsenat) bei Zugrundelegung einer Arsen-Konzentration des Wassers von ca. $2 \mu\text{g/l}$ Konzentrationsfaktoren für Schalen, Weichteile und Byssus von 0,4, 3,6 bzw. 30,0 (Lit. U05).

In Laborversuchen wurde die Absorption (und der Metabolismus) von ^{74}As (anorganisch gebunden) durch *Salmo gairdneri* (Regenbogenforelle) untersucht. Mittels autoradiographischer Messungen war eine Akkumulation in bestimmten inneren Organen sowie Kiemen, Augen und Hals von Testorganismen festzustellen, die Futter mit Beimischungen von ^{74}As aufgenommen hatten.

Die in einem See (Michigan See, USA) gemessenen Arsenkonzentrationen in Wasser und Sediment lagen im Mittel etwa bei $1,6 \mu\text{g/l}$ bzw. 15,2 ppm. Die Mittelwerte für Benthos, Phytoplankton bzw. Zooplankton betragen etwa 6,7, 5,8 bzw. 6,2 ppm. Anhand dieser Werte lassen sich für Benthos, Phyto- bzw. Zooplankton Biokonzentrationsfaktoren in der Größenordnung 4 200, 3 600 bzw. 3 900 berechnen. (Lit. S95)

Unter Zugrundelegung einer Arsen-Konzentration von $2,6 \mu\text{g}/\text{l}$ in marinem Wasser wurde für Makroinvertebraten ein Biokonzentrationsfaktor von 3 300 berechnet (Lit. W20).

Diese Werte liegen im Rahmen der für marine Organismen aus dem nordeuropäischen Raum mitgeteilten Biokonzentrationsfaktoren von bis zu 10 000 (Lit. K38)

Zusammenfassung: In tierischen Organismen ist eine geringere Arsen-Akkumulation als in den Pflanzen festzustellen, wobei marine Organismen Arsen stärker akkumulieren als Süßwasserorganismen. Es gibt Hinweise für eine Biomagnifikation in bestimmten Stufen der Nahrungskette, jedoch nicht für eine generelle Biomagnifikation.

5. Toxizität

5.1 Phycophyta (Algen)

Unter Verwendung einer kontinuierlichen Versuchsmethode (6-23 Tage) wurde die Sorption von Arsen (als Arsenat) durch die Diatomee *Asterionella formosa* untersucht. Die Arsen-Sorption verlief in linearer Abhängigkeit von den Arsen-Konzentrationen des Mediums, soweit diese $< 130 \mu\text{g}/\text{l}$ waren. Bei Konzentrationen von $< 160 \mu\text{g}/\text{l}$ im Nährmedium waren bei *Asterionella formosa* keine nachteiligen Wirkungen auf Wachstum und Nutzung der Mikro-Nährstoffe festzustellen. (Lit. C46)

Für *Scenedesmus quadricauda* wurde ein Arsenwert (Arsen als Natriumarsenit) von 35 - 46 mg/l für eine beginnende Schädigung angegeben (Lit. B67).

Der pH-Wert eines Wachstumsmediums ist ein wichtiger Wirkungsfaktor für das Wachstum der Mikroflora im allgemeinen und den Grad der Schwermetall-Toxizität für Algen im besonderen. Die Toxizitätswirkung einer subletalen Arsen-Konzentration (0,20 mg/l) auf *Selenastrum capricornutum* in Abhängigkeit vom pH-Wert (pH 4, 6, 8, 10, 12) wurde in Laborversuchen mit 7 und 14tägiger Inkubation untersucht. Bei pH 4 war dabei eine Wachstumshemmung festzustellen. Höhere pH-Werte führten bei einer zusätzlichen 7tägigen Inkubation zu einem gesteigerten Wachstum. Insgesamt kann bemerkt werden, daß die Arsen-Toxizität deutlich abnahm bei pH-Werten >4,0. (Lit. M47)

Die marinen phytoplanktischen Algen *Tetraselmis chui* und *Hymenomonas carterae* wurden in Medien mit unterschiedlichen Arsenat (V)- oder Arsenat (III)-Konzentrationen kultiviert. Die Wirkung des Arsens auf die Algen war unterschiedlich in Abhängigkeit vom Oxidationszustand des Elements, dessen Konzentration im Medium sowie der Beleuchtungsintensität. Arsenat (V) beeinflusste hauptsächlich das Algenwachstum, in geringerem Maße aber auch die Zellmorphologie. Arsenat (III) dagegen verursachte lediglich morphologische Veränderungen. (Lit. B135)

Für *Cladophora* sp., *Spirogyra* sp. und *Zygnema* sp. wird eine Mortalität von 100 % nach 2 Wochen bei einer Arsen-Konzentration (Arsen als Natriumarsenit) von 2,32 mg As/l mitgeteilt (Lit. C41, aus Lit. E30).

In einer experimentellen Arbeit wurde bei der marinen Rotalge *Plumaria elegans* (Sporlinge) bei Anwendung von 0,577 mg As/l nach 7 Tagen eine Entwicklungshemmung festgestellt; die Mortalität betrug 0 % (Lit. B75).

5.2 Spermatophyta (Samenpflanzen)

Berücksichtigt man die ökologische Bedeutung der Wasserpflanzen und die Anwendung arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel, so ist die Zahl der vorhandenen Untersuchungen als gering zu bezeichnen.

Unter kontrollierten Versuchsbedingungen wurde *Myriophyllum spicatum* (Ähriges Tausendblatt) in Leitungswasser unter Anwendung von AsO_2 kultiviert; anschließend wurden biometrische Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine 50 %ige Verminderung von Wurzel- bzw. Sproßgewicht bei 2,9 bzw. 2,6 mg AsO_2 /l, sowie eine 50%ige Hemmung des Längenwachstums von Wurzeln bzw. Sprossen bei 3,6 bzw. 4,1 mg AsO_2 /l (Lit. S68).

Berichtet wird auch über das Absterben von *Bacopa monniera* (Kleinblättriges Fettblatt) und *Myriophyllum brasiliense* (Tausendblatt-Art) bei Anwendung von Arsenat (III) in einer Konzentration von 10 mg/l. Die gleiche Arsenform führte in einer Konzentration von 4 mg/l zum Absterben eines Teils der Populationen von *Potamogeton* (Laichkraut) und *Alisma* (Froschlöffel), nicht jedoch von *Sagittaria* (Pfeilkraut). Arsenat (V) soll ab 5 mg/l *Potamogeton* (Laichkraut), *Najas* (Nixkraut) und *Anacharis* (Wasserpest) zum Absterben gebracht haben, jedoch nicht *Nymphaea* (Seerose) und *Scirpus* (Simse). (Lit. P59, C41, S103; aus Lit. S68)

Weiter wird von 95 %iger Mortalität bei einer *Potamogeton*-Art durch Anwendung von 2,32 mg/l Arsen als Natriumarsenit berichtet (Lit. C41; aus Lit. E30).

5.3 Crustacea (Crustaceen) und andere Invertebrata

Eine beginnende Schädigung von *Arsen* für *Daphnia magna* wurde bei einer Konzentration von 4,6 mg/l festgestellt. Weiter werden für diesen Organismus ein akuter Toxizitätswert (LC_{50} , 48 h, ohne Fütterung) von 7,4 mg/l und ein chronischer Toxizitätswert (3 Wochen, mit Fütterung, Abnahme der Geburtsrate von 16 %) von 0,52 mg/l mitgeteilt. In Lit. E30 sind zahlreiche Toxizitätswerte wiedergegeben, deren Überprüfung sich jedoch als schwierig erwies. Als Bereich der akuten Toxizitätswerte für Crustaceen werden 0,812 - 5,278 mg/l angegeben. Allerdings erschweren andere Ergebnisse und die großen Unterschiede im Empfindlichkeitsgrad der Organismen sowie die Diversität der angewandten Methoden eine Angabe etwaiger Toxizitätswerte.

Für *Crassostrea virginica* (Am. Auster) wurden unter statischen Testbedingungen (sowie Salzgehalt 25 ‰, pH 7,0 - 8,5) die folgenden akuten Toxizitätswerte (48 h) ermittelt:

LC_0 3,0 mg/l, LC_{50} 7,5 mg/l und LC_{100} 12,0 mg/l. Ebenfalls unter statischen Testbedingungen (sowie Salzgehalt 25 ‰, pH 7,0 - 8,0) betrug der LC_{50} -Wert (96 h) für *Argopecten irradians* 3,49 mg/l. *Nassarius obsoletus* zeigte nach 72 h bei Arsen-Konzentrationen > 2,0 mg/l einen verminderten Sauerstoffverbrauch und abnormes Verhalten.

Für *Nereis diversicolor* wird ein LC_{50} -Wert (192 h) von >14,5 mg/l mitgeteilt.

Ein Embryo-Larven-Test mit *Gastrophryne carolinensis* ergab einen LC_{50} -Wert (7 Tage) von 0,04 mg/l.

Berichten zufolge zeigte *Escherichia coli* eine beginnende Schädigung bei 290 mg/l.

Weiter wurde mit einer Durchfluß-Methode (28 Tage) die Wirkung von ca. 0,1 und ca. 1,0 mg As/l auf die Organismen *Gammarus pseudolimnaeus* (Amphipode), *Pteronarcys dorsata* (Steinfliege),

Helisoma campanulata (Schnecke), *Stagnicola emarginata* (Schnecke) und *Salmo gairdneri* (junge Regenbogenforellen) untersucht. Von den dabei verwendeten Arsenverbindungen (Arsentrioxid, Arsenpentoxid, Natriumdihydroarsenat, Dinatriummethylarsenat) führte Arsentrioxid bei einer Konzentration von ca. 1,0 mg As/l nach 7 Tagen zu einer signifikanten Reduktion des Überlebens der Amphipoden. Keine der Verbindungen beeinflusste das Überleben der anderen getesteten Organismen nach 28 Tagen. Mit *Daphnia magna* wurde ein statischer Test (21 Tage) mit den gleichen Arsenverbindungen und -konzentrationen durchgeführt. Hierbei war nach 14tägiger Exponierung kein Einfluß auf die Vermehrung der Daphnien festzustellen. Was die gemessenen Arsenkonzentrationen betrifft, so waren diese für Steinfliegen, Schnecken und Daphnien bei Exponierung mit 1,0 mg As/l höher als bei Exponierung mit 0,1 mg As/l. Die Gesamt-Arsen-Akkumulation war in Organismen, die anorganischen Arsenverbindungen ausgesetzt waren, am stärksten. (Lit. S97)

Abschließend sei noch auf den hohen Empfindlichkeitsgrad der Crustaceen im Vergleich zu Fischen hingewiesen.

5.4 Pisces (Fische)

Zur akuten Fischtoxizität sind diverse Angaben in der Datenliste zusammengestellt. Die angewandten Arsenverbindungen waren Natriumarsenit, Natriumarsenat und Arsentrioxid. Wegen der unterschiedlichen verwendeten Methoden und Fischarten läßt sich nur schwer ein Konzentrationslevel für die Fischtoxizität von Arsen angeben; dies wird durch die wiedergegebenen Werte deutlich, die von 0,3 mg/l bis zu mehr als 1 000 mg/l reichen. Auch die Arsenwertigkeit sowie das Vorkommen organischer Arsenverbindungen in marinem Wasser und

Süßwasser sind für den Toxizitätsgrad von besonderer Bedeutung. Im allgemeinen werden Regenbogen- und Bachforellen als empfindliche Arten bezeichnet. (Einzelwerte siehe Datenliste.)

6. Elimination (Abbau), Transfer

Es wird über die Fähigkeit bestimmter planktischer Algen berichtet, Arsen aus ihrer Umwelt aufzunehmen und in verschiedenen wasser- und lipidlöslichen Verbindungen und als Arsenat (III) abzugeben. Marines Phytoplankton nahm Arsenat (V) aus Meerwasser auf und gab Arsenat (III), Methylarsonat und Dimethylarsinat ab. In folgenden Algen wurden zum Teil beträchtliche Mengen Methylarsonat und Dimethylarsinat festgestellt:

Diatomeen: *Thalassiosira fluviatilis*, *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium*.

Coccolithophoraceen: *Cricosphaera carteri*, *Cricosphaera carteri* II, *Coccolithus huxleyi*.

Dinoflagellaten: *Goniodoma* cf. *depressum*, *Gonyaulax polyedra*.

Prasinophyceae: *Platymonas* cf. *suecica*.

Damit wird gezeigt, daß marines Phytoplankton in der Lage ist, Methylarsen-Verbindungen zu produzieren, und daß einige Arten sehr wirksam Arsenat (V) zu Arsenat (III) reduzieren können. Außerdem wurde berichtet, daß in einem See bei Algenblüte 90 % des gelösten Arsens in methylierten Formen auftrat, dagegen nur 8 % als Arsenat (V) und der Rest als Arsenat (III). Diese Ergebnisse werden unterstützt durch die positive Korrelation zwischen dem Gehalt dieser organisch-gebundenen Arsen-Formen und der Photosynthese- oder CO₂-Assimilationsrate, die in marinen Gewässern gemessen wurden. (u.a. Lit. A09, A10, A11,

B43, I09, L18, L40)

In Laborversuchen wurde der Metabolismus (und die Absorption) von anorganisch gebundenem ^{74}As in *Salmo gairdneri* (Regenbogenforelle) untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß die Fische Arsen absorbieren, wenn es dem Futter beigemischt wurde, und daß sie sowohl lipid- als auch wasserlösliche Arsenverbindungen synthetisieren.

Die angegebenen Halbwertszeiten für Arsen sind recht unterschiedlich, was auf Test-Bedingungen und Untersuchungsmaterial zurückzuführen ist. In Versuchen mit *Lepomis cyanellus* stieg die Arsenaufnahme (Arsen als Natriumarsenat) mit steigender Temperatur und Konzentration im Medium. Die Halbwertszeit bei Konzentrationen von 30 und 60 mg/l im Medium und einer Temperatur von 10 °C lag bei etwa einer Woche (Lit. S96). Andererseits wurde für *Lepomis macrochirus* unter Laborbedingungen eine Halbwertszeit für Arsen von einem Tag ermittelt (Lit. E30).

Bei der Elimination von Arsen(-Verbindungen) in Gewässern ist, abgesehen von zahlreichen Faktoren, die aktiv und passiv beteiligt sind, das besondere Arsen-Verhalten zu unterstreichen. Als wichtige Parameter können z.B. Temperatur, pH-Wert, Eh-Wert, Nährstofflevel (z.B. Eutrophierung), Licht (Photosynthese, Assimilation) und Schwebeteilchen genannt werden, aber auch Strömungsverhältnisse und Seentypen sind maßgebend. Die Arsen-Adsorption an Schwebeteilchen und/oder die Mitfällung mit Eisen- oder Aluminiumhydroxid führt zu einer Elimination. Auch die Adsorption von Arsenat durch Eisen- oder Aluminiumoxide in den Sedimenten und die Entstehung von Arsentrisulfid (As_2S_3) (hohe Affinität von Arsenat (III) zu Schwefel) hat geringere Arsenkonzentrationen im Wasser zur Folge. Die derart entstandenen Arsenverbindungen wiederum können durch eine Reduktion oder Methylierung teilweise in das System zurückgeführt werden.

Zusammenfassung: Verschiedene aquatische Pflanzen und Tiere sind in der Lage, Arsen-Verbindungen zu transformieren. Eine Elimination findet im Wasser (und Sediment) durch Adsorption an Schwebeteilchen und/oder Mitfällung mit Eisen- oder Aluminiumhydroxiden statt.

7. Ergänzung: Indikator-Organismen für das Element Arsen

Die folgenden Organismen können vorläufig für eine Diskussion über ihren Akkumulations-Indikator-Wert vorgeschlagen werden. Sie wurden innerhalb der untersuchten marinen Pflanzen und Tiere unter Berücksichtigung der in der Literatur mitgeteilten Ergebnisse mit einem mittleren bis guten Indikator-Wert bewertet und ausgewählt:

Fucus vesiculosus	Blasentang
Enteromorpha intestinalis	Grünalgen-Art
Littorina littoralis	Schnecken-Art
Scrobicularia plana	Pfeffermuschel
Macoma balthica	Muschel-Art
Cerastoderma edule	Muschel-Art
Nereis diversicolor	Ringelwurm-Art

8. Tabellen

Tab. 1 Arsen-Konzentrationen in Algen

Wiss. Name	Konzentration mg/kg (von/bis)	Vorkommen/ Gewässerart	Name (G,A) oder Fam.-Name	Literatur
<u>Braunalgen</u>				
<u>Ascophyllum nodosum</u>	9,8 - 118,3 mg/kg TG	England, Neufund- land, Norwegen, Kanada (Ä,M)	Knoten tang (A)	K38, P03, L06, Y01
<u>Dictyota dumosa</u>	6,7 mg/kg TG	Indien (Ä,M)	Dictyotaceae	Z01
<u>Fucus distichus</u>	21 - 32 mg/kg TG	Kanada (M)	Fucaceae	B05
<u>Fucus serratus</u>	1,67 - 189,3 mg/kg TG	England, Norwegen (Ä)	Sägetang (A)	L04, P04, K38, L06
<u>Fucus spiralis</u>	15,0 - 113,4 mg/kg TG	England, Norwegen (Ä)	Fucaceae	K38, L06

Tab. 1 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg (von/bis)	Vorkommen/ Gewässerart	Name (G,A) oder Fam.-Name	Literatur
<u>Fucus vesiculosus</u>	16,0 - 126,0 mg/kg TG	Grönland, England, Norwegen, Kanada, Deutschland (Ä,M)	Blasentang (A)	B06, K38, L06, B105, Y01, S96
<u>Laminaria digitata</u>	47,0 - 109,0 mg/kg TG	Norwegen, Kanada (Ä,M)	Fingertang (A)	L06, Y01
<u>Laminaria hyperborea</u>	0,9 - 142,0 mg/kg TG	Norwegen (Ä)	Palmentang (A)	L08, L06
<u>Laminaria longicloruris</u>	52 mg/kg TG	Kanada (M)	Laminariaceae	Y01
<u>Laminaria saccharina</u>	45 - 54 mg/kg TG	England, Deutschland (Ä,M)	Zuckertang (A)	L04, S96
<u>Padina tetrastromatica</u>	4,8 - 12,6 mg/kg TG	Indien (Ä,M)	Dictyotaceae	Z01

Tab. 1 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg (von/bis)	Vorkommen/ Gewässerart	Name (G,A) oder Fam.-Name	Literatur
<u>Pelvetia</u> <u>canaliculata</u>	15,0 - 71,0 mg/kg TG	England, Norwegen (A)	Fucaeae	K38, L06
<u>Sargassum</u> <u>filipendula</u>	5,8 mg/kg TG (Gesamt-Arsen)	Golf von Mexiko (M)	Beerentang (G)	J02
<u>Sargassum</u> sp.	4,2 - 12,7 mg/kg FG	südl. von Florida (M)	Beerentang (G)	J02
<u>Rotalgen</u>				
<u>Ahnfeltia</u> <u>plicata</u>	2,0 - 39,0 mg/kg TG	England, Kanada (M)	Phylloporaceae	L04, Y01
<u>Chondrus</u> <u>crispus</u>	5,0 - 11,0 mg/kg TG	England, Kanada (M)	Gemeiner Knorpeltang (A)	L04, Y01

Tab. 1 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg (von/bis)	Vorkommen/ Gewässerart	Name (G,A) oder Fam.-Name	Literatur
<u>Gigartina</u> <u>mamillosa</u>	10,0 mg/kg TG	Norwegen (Ä)	Knorpeltang (Fam.-Name)	L06
<u>Halosaccion</u> <u>ramentaceum</u>	8,0 mg/kg TG	Kanada (M)	Rhodymeniaceae	Y01
<u>Hypnea</u> <u>musciformis</u>	2,5 - 4,0 mg/kg TG	Indien (Ä,M)	Hypneaceae	Z01
<u>Rhodymeria</u> <u>palmata</u>	10,0 - 13,0 mg/kg TG	Norwegen, Kanada (Ä,M)	Rhodymeniaceae	L06, Y01
<u>Grinalgen</u> <u>seriata</u>				
<u>Caulerpa</u> <u>sertularoides</u>	2,9 - 3,5 mg/kg TG	Indien (Ä,M)	Caulerpaceae	Z01

Tab. 1 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg (von/bis)	Vorkommen/ Gewässerart	Name (G,A) oder Fam.-Name	Literatur
<u>Chlorella</u> <u>ovallis</u>	0,7 mg/kg FG	im Salzwasser- Medium kultiviert	Oocystaceae	L05
<u>Chlorella</u> <u>pyrenoidosa</u>	0,5 mg/kg FG	im Süßwasser- Medium kultiviert	Oocystaceae	L05
<u>Enteromorpha</u> <u>intestinalis</u>	5,8 - 85,5 mg/kg TG	England (Ä,M)	Darmalge (A)	BI05, K38
<u>Spongomorpha</u> <u>arcta</u>	8,0 mg/kg TG	Kanada (M)	Acrosiphoniaceae	Y01
<u>Ulva</u> <u>fasciata</u>	1,0 - 2,8 mg/kg TG	Indien (Ä,M)	Meersalat (G)	Z01
<u>Ulva</u> <u>lactuca</u>	4,0 mg/kg TG	Kanada (M)	Meersalat (G)	Y01

Tab. 1 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg (von/bis)	Vorkommen/ Gewässerart	Name (G,A) oder Fam.-Name	Literatur
<u>Ulva</u> sp.	5,4 mg/kg AG	Japan (M)	Meersalat (G)	F02
<u>Heterogeneratae</u>				
<u>Macrocystis</u> <u>pyrifera</u>	72 - 144 mg/kg AG	Kalifornien (M)	Birrentang (A)	B07

Ä = Ästuar, M = marin
G = Gattung, A = Art

Tab. 2 Arsen-Konzentrationen in tierischen Organismen

Wiss. Name	Konzentration mg/kg	Häufigkeit	Literatur
<u>Porifera</u> (Schwämme)			
<u>Silicea</u>			
<u>Halichondria panicea</u>	2,8 mg/kg TG	1 Angabe	L04
<u>Cnidaria</u> (Nesseltiere)			
<u>Scyphozoa</u>			
<u>Pelagia sp.</u>	11 mg/kg TG	1 Angabe	L12
<u>Anthozoa</u>			
<u>Tealia felina</u>	53,3 - 72,0 mg/kg TG	2 Angaben	L04, K38

Tab. 2 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg	Häufigkeit	Literatur
<u>Mollusca</u> (Weichtiere)			
<u>Gastropoda</u> (Schnecken)			
Gattung: Littorina	4,0 - 70 mg/kg TG	3 Arten	siehe Datenliste
<u>Nucella lapillus</u>	16 - 64,5 mg/kg TG	3 Angaben	L04, K38
<u>Patella vulgata</u>	11 - 41 mg/kg TG	4 Angaben	L04, K38, B11
<u>Lamellibranchiata</u> (Muscheln)			
<u>Mytilus edulis</u>	1,5 - 17 mg/kg TG	7 Angaben	siehe Datenliste
Gattung: Crassostrea	< 1 - 10 mg/kg TG	4 Arten	L04, Z01, W21, S16
<u>Macoma balthica</u>	11 - 46 mg/kg TG	2 Angaben	B11, B105

Tab. 2 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg	Häufigkeit	Literatur
<u>Mercenaria mercenaria</u>	3,8 - 50 mg/kg TG	2 Angaben	L04, W21
<u>Ostrea edulis</u>	2,6 - 39 mg/kg TG	3 Angaben	L04, K38, B105
<u>Scrobicularia plana</u>	11 - 191 mg/kg TG	2 Angaben	B105, B111
<u>Cephalopoda (Kopffüßer)</u>	bis 198,0 mg/kg TG	2 Arten	L04, W21
<u>Annelida (Ringelwürmer)</u>			
<u>Polychaeta</u>			
<u>Nereis diversicolor</u>	5,2 - 84 mg/kg TG	2 Angaben	L04, B111
<u>Crustacea</u>			
<u>Lepas sp.</u>	3,6 und 7,6 mg/kg FG	1 Angabe	J02

Tab. 2 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg	Häufigkeit	Literatur
<u>Malacostraca</u>			
<u>Homarus americanus</u>	0,5 - 16 mg/kg TG	2 Angaben	W21, P03
<u>Pandalus borealis</u>	1,8 - 68,3 mg/kg TG	2 Angaben	L08, B06
Gattung: Cancer	1,9 - etwa 51 mg/kg FG	3 Arten	F29, G06, L17
<u>Echinodermata (Stachelhäuter)</u>			
<u>Asterioidea (Seesterne)</u>			
<u>Asterias rubens</u>	10 mg/kg TG	1 Angabe	L04
<u>Marthasterias glacialis</u>	5,8 mg/kg TG	1 Angabe	L04
<u>Echinoidea (Seeigel)</u>			
<u>Strongylocentrotus droebachiensis</u>	1,3 - 16,0 mg/kg TG	2 Angaben	B05, P03

Tab. 2 (Forts.)

Wiss. Name	Konzentration mg/kg	Häufigkeit	Literatur
<u>Tunicata</u> (Manteltiere)			
<u>Ascidiae</u> (Seescheiden)	4,8 und 6,6 mg/kg TG	2 Arten	L04
<u>Pisces</u> (Fische)			
<u>Chondrichthyes</u> (Knorpelfische)	< 0,4 - 30 mg/kg FG	5 Arten	siehe Datenliste
<u>Osteichthyes</u> (Knochenfische)	< 0,2 - 320 mg/kg TG	zahlreiche Arten	siehe Datenliste
<u>Tetrapoda</u> (Landwirbeltiere)			
<u>Aves</u> (Vögel)	etwa 0,5 - 3,2 mg/kg TG	3 Arten	G45

Konzentrationen in einzelnen Organen oder Gesamtkörper

IV. Datenteil

1.	Vorbemerkung.....	42
2.	Arsen-Konzentrationen.....	43-71
2.1	Meer-, Brack- und Süßwasser.....	43-63
2.2	Sediment.....	64-71
3.	Arsen-Konzentrationen, pflanzliche Organismen.	72-94
3.1	Spermatophyta (Samenpflanzen).....	72-77
3.1.1	Monocotyledoneae - Einkeimblättrige.....	72-74
3.1.2	Dicotyledoneae - Zweikeimblättrige.....	75-77
3.2	Phycophyta (Algen).....	78-92
3.2.1	Diatomophyceae - Kieselalgen.....	78
3.2.2	Phaeophyceae - Braunalgen.....	79-87
3.2.3	Rhodophyceae - Rotalgen.....	88-89
3.2.4	Chlorophyceae - Grünalgen.....	90-92
3.2.5	Heterogeneratae.....	92
3.3	Allgemeines und Konzentrationsfaktoren.....	93-94
4.	Arsen-Konzentrationen, tierische Organismen...	95-151
4.1	Metazoa (Vielzeller).....	95-144
4.1.1	Porifera (Schwämme).....	95
4.1.2	Cnidaria (Nesseltiere).....	95-96
4.1.2.1	Scyphozoa.....	95
4.1.2.2	Anthozoa.....	96
4.1.3	Mollusca (Weichtiere).....	97-107
4.1.3.1	Gastropoda - Schnecken.....	97-100
4.1.3.2	Lamellibranchiata - Muscheln.....	101-107
4.1.3.3	Cephalopoda - Kopffüßer.....	107
4.1.4	Annelida (Ringelwürmer).....	108-109
4.1.4.1	Polychaeta.....	108
4.1.4.2	Echiurida.....	109
4.1.5	Crustacea.....	109-116
4.1.5.1	Cirripedia - Rankenfüßer.....	109

4.1.5.2	Malacostraca.....	110-116
4.1.6	Chaetognatha (Pfeilwürmer).....	116
4.1.7	Echinodermata (Stachelhäuter).....	117-119
4.1.7.1	Asteroidea - Seesterne.....	117
4.1.7.2	Echinoidea - Seeigel.....	118-119
4.1.7.3	Holothuroidea - Seegurken.....	119
4.1.8	Tunicata (Manteltiere).....	120
4.1.8.1	Ascidiae - Seescheiden.....	120
4.1.8.2	Thaliacea - Salpen und Feuerwalzen.....	120
4.1.9	Pisces (Fische).....	121-143
4.1.9.1	Chondrichthyes - Knorpelfische.....	121-125
4.1.9.2	Osteichthyes - Knochenfische.....	126-143
4.1.10	Tetrapoda (Landwirbeltiere).....	144
4.2	Allgemeines und Konzentrationsfaktoren.....	145-151
5.	Toxizität.....	152-163
5.1	Phycophyta.....	152-153
5.2	Spermatophyta.....	153
5.3	Crustacea.....	154-155
5.4	Pisces.....	156-159
5.5	Mollusca.....	160
5.6	Annelida.....	161
5.7	Amphibia.....	161
5.8	Bacteria.....	161
5.9	Verschiedenes.....	162-163
6.	Karten und Abbildungen.....	164-174

1. Vorbemerkung

Bei der Datenbeschaffung (im In- und Ausland) wurde auf folgende Quellen zurückgegriffen: Dokumentationsstellen, Forschungsberichte und sonstige Veröffentlichungen, Anfragen bei wissenschaftlichen Einrichtungen, Universitäten, Behörden, Recherchen am eigenen Literatur-Bestand, private Mitteilungen.

Die wiedergegebenen Daten und Informationen entstammen recht unterschiedlichen Quellen und wurden nach bestimmten Qualitätskriterien ausgewählt. Es wurden Angaben aus Originalarbeiten übernommen, in Einzelfällen aber auch zitierte Werte berücksichtigt. Zum Teil war es möglich, die Probenahme Standorte durch Wiedergabe von Karten zu verdeutlichen.

Obwohl die Literatur-Angaben zu der hier zu behandelnden Problematik mangelhaft sind oder zum Teil ganz fehlen, wurde in der vorliegenden Arbeit versucht, möglichst viele Informationen, z.B. zu Standort, Probenahmedatum, Methodik, usw. kurz wiederzugeben. Konzentrationen im Wasser wurden möglichst in $\mu\text{g}/\text{l}$, Konzentrationen in biologischem Material in mg/kg , bezogen auf TG oder FG, wiedergegeben. In Einzelfällen, wo eine Nachprüfung nicht vorgenommen werden konnte, wurde trotzdem die Maßeinheit ppm übernommen (z.B. bei Sedimenten). Daten über Konzentrationen im Süßwasserbereich und im marinen Bereich wurden möglichst getrennt zusammengefaßt. Die Einordnung der Pflanzen und Tiere im Teil Konzentration in Organismen erfolgte alphabetisch.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und, um einen möglichst schnellen Zugriff zu den einzelnen Teilen zu ermöglichen, wurde die Datenliste nach relativ strengen Gesichtspunkten gegliedert und zusammengestellt.

2. ARSEN-KONZENTRATIONEN

2.1 Meer-, Brack- und Süßwasser

Einzugsgebiet Elbe (s. Karte 1):

Meßstelle/ Bezeichnung	Datum	Konz. ($\mu\text{g}/\text{l}$)
51-011-5.5	11.3.82	2,8
NOK, Brunsbüttel	12.5.82	1,9
51-011-5.1	11.3.82	2,0
Braake	12.5.82	2,9

(Lit. L02)

Einzugsgebiet Elbe (s. Karte 1):

Meßstelle/ Bezeichnung	Datum	Konz. ($\mu\text{g}/\text{l}$)
51-011-5.5	23. 8.82	3,5
NOK, Brunsbüttel	4.10.82	2,6
51-011-5.1	23. 8.82	2,5
Braake	4.10.82	4,4

(Lit. L03)

Arsen-Konzentration des IJsselmeerwassers bei Andijk im Jahre 1982:

	n = 48 µg/l	n = 49 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	0	0
Mittelwert	2	3
Maximum	6	7

n = Anzahl der Proben im Jahr (Lit. R03)

Arsen-Konzentration des IJsselmeerwassers bei Andijk im Jahre 1980:

	n = -	n = 46 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	-	0
Mittelwert	-	3
Maximum	-	9

n = Anzahl der Proben im Jahr (Lit. R02)

Arsen-Konzentration im IJsselmeerwasser bei Andijk im Jahre 1978:

	n = 46 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	1
Mittelwert	5
Maximum	9

n = Anzahl der Proben im Jahr (Lit. R01)

Gelöstes Arsen in Wasserproben aus der Ostsee, 17 Stationen
(s. Karte 8):¹

Konz.-Bereich	0,45 - 1,11 $\mu\text{g}/\text{l}$
Durchschnitt	0,76 $\mu\text{g}/\text{l}$
	(Lit. S96)

Konzentrationen in der Nordsee (Küstenbereich), gelöstes Arsen:²

filtrierte Proben	bis etwa 5 $\mu\text{g}/\text{l}$
nicht filtrierte Proben	bis etwa 15 $\mu\text{g}/\text{l}$
	(Lit. S96)

Konzentrationen im Wasser des schleswigholsteinisches Watten-
meers (Nov. 1980):

Minimum	0,4 $\mu\text{g}/\text{l}$
Maximum	3,4 $\mu\text{g}/\text{l}$
	(Lit. A35)

Anorganisches Arsen im Meerwasser, Moreton's Harbour, Neufund-
land (Bergbautätigkeiten in der Umgebung):

Oberflächenwasser

31. Juli 1973

(keine Drainage aus der Mine)	< 0,2 - 5,3 $\mu\text{g}/\text{l}$
	(Lit. P03)

¹ Probenahmezeit August 1982 und September 1983. Die Differenz der Arsen-Werte zwischen filtrierten und nicht filtrierten Proben war praktisch zu vernachlässigen. (s. auch Abb. 4)

² Die Wasserproben wurden alle 2 Monate in der Zeit von Februar 1983 bis August 1984 bei Nordstrand und Cuxhaven entnommen. (s. auch Abb. 4)

Schwarzes Meer¹

(0 bis 2000 m Tiefe)

2 - 10 $\mu\text{g}/\text{l}$
(Lit. P40)

Seen in Wisconsin, USA²

2 - 56 $\mu\text{g}/\text{l}$
(Lit. C25)

Flüsse und Seen, USA²

10 - 1 100 $\mu\text{g}/\text{l}$
(Lit. D26)

Konzentration im Wasser verschiedener Seen in Nordwest-Kanada,
1972-1975 (gesamt-gelöstes Arsen):

kontaminierte Seen³

Kam Lake

1,5 - 5,5 mg/l

Keg Lake

0,7 - 1,5 mg/l

Vergleichs-Seen

Grace Lake

0,01 - 0,07 mg/l

Likely Lake

< 0,01 mg/l

Chitty Lake

< 0,01 mg/l

(Lit. W51)

Konzentrationen (gelöstes Arsen) im Oberflächenwasser aus dem
Puget Sund, USA (s. auch Karte 7):

1,5 bis 2,0 $\mu\text{g}/\text{l}$
(Lit. C39)

¹ aus: Lit. B31

² aus: Lit. F31

³ Kam Lake und Keg Lake wurden in der Vergangenheit durch Bergbau-
(Gold-Minen) Tätigkeiten mit Arsen verunreinigt.

Arsen (gesamt) im Whitewood Creek, Süd-Dakota, USA, 1975:

Anzahl der Analysen	42
Mittelwert	< 10,0 $\mu\text{g}/\text{l}$
Konzentrations-Bereich	< 10,0 - 20,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Lit. H03)

Arsenkonzentrationen in verschiedenen Gewässern (USA):¹

Süßwasser	als As (III)	< 0,02 - 2,74 $\mu\text{g}/\text{l}$
	als As (V)	0,16 - 0,96 $\mu\text{g}/\text{l}$
	als Dimethylarsonsäure	< 0,02 - 0,22 $\mu\text{g}/\text{l}$
	als Dimethylarsinige Säure	< 0,02 - 0,62 $\mu\text{g}/\text{l}$
Salzwasser	als As (III)	0,12 $\mu\text{g}/\text{l}$
		0,62 $\mu\text{g}/\text{l}$
		0,06 $\mu\text{g}/\text{l}$
	als As (V)	1,45 $\mu\text{g}/\text{l}$
		1,29 $\mu\text{g}/\text{l}$
		0,35 $\mu\text{g}/\text{l}$
	als Dimethylarsonsäure	< 0,02 $\mu\text{g}/\text{l}$
		0,08 $\mu\text{g}/\text{l}$
		0,07 $\mu\text{g}/\text{l}$
	als Dimethylarsinige Säure	0,20 $\mu\text{g}/\text{l}$
0,29 $\mu\text{g}/\text{l}$		
1,00 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Lit. B43)		

¹ berichtet 1973

Arsengehalte in Gewässern:

Gewässer	Konz. µg/l	Entnahmeort/ Bemerkungen	Lit.
Rhein	0,5 - 10	Lobith (1975-80)	I 15
	2 - 26	Bimmen (1971/72)	S100
	1 - 11	Bimmen (1975-77)	F 40
	11 - 15	Bimmen (1981)	D 36
	2 - 9	Düsseldorf (1971/72)	S100
	8 - 14	Bad Honnef (1981)	D 36
	1 - 2	Koblenz (1981)	D 36
	5 - 13	Ochten	D 37
	< 2 - 20	Ochten (1978)	R 41
	1,2 - 2,2	Mainz/Wiesbaden (1979)	U 02
	1 - 3	Mainz (1981)	D 36
Main	2 - 7	verschiedene Proben	D 37
	2 - 6	Kostheim/Staustufe (1979)	H 51
	2 - 3	Kostheim (1981)	D 36
	1 - 3	Kahl (1981)	D 36
	3 - 7	(Nov. 1971)	S100
Saar	1 - 5	Kanzem (1981)	D 36
Mosel	1 - 3	Palzem (1981)	D 36
	1 - 3	Koblenz (1981)	D 36
Emscher	2 - 10	Duisburg (1981)	D 36
Ruhr	5 - 15	verschiedene Proben	D 37
	4 - 15	Kettwig (1971/72)	S100
	2 - 10	Wetter (1971/72)	S100
Weser	5 - 7	verschiedene Proben	D 37
	2 - 7	Bremen (1971/72)	S100
Havel	2 - 6	(Januar 1972)	S100

Fortsetzung

Fortsetzung der Tabelle:

Gewässer	Konz. µg/l	Entnahmeort/ Bemerkungen	Lit.
Elbe	6	unterhalb Brunsbüttel (1979/80)	A 34
	2 - 3	Schnackenburg bis Nordsee (1979/80)	A 34
Spree	3 - 4	(März 1972)	S100
Bodensee, Donau	3	verschiedene Proben	D 37

aus: Lit. U02

Konzentrationen in einigen Flüssen, Bayern (berichtet 1973):

Gewässer	Konz. µg/l	Entnahmeort
Illerkanal	3,0	
Donau	3,3	Ulm
	2,15	Böfingeralde
Lech	2,4	Augsburg
Lechkanal	8,07	Gersthofen
	4,45	Langweid

Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

(Lit. S101)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Bergambacht (Lek) im Jahre 1978:

	n = 11 µg/l	n = 46 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	< 1,3	1,3
Mittelwert	2,7	3,1
Maximum	5,2	6,0

n = Anzahl der Proben im Jahr

(Lit. R01)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Ochten (Waal) im Jahre 1978:

	n = 12 µg/l	n = 51 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	< 2	< 2
Mittelwert	5	7
Maximum	10	20

n = Anzahl der Proben im Jahr

(Lit. R01)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Bergambacht (Lek), Strom-km 978, im Jahre 1980 (s. Abb. 1):

	n = 9 µg/l	n = 41 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	0	0
Mittelwert	2	3
Maximum	4	15

n = Anzahl der Proben im Jahr

(Lit. R02)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Tiel (Waal), Strom-km 915, im Jahre 1980 (s. Abb. 1):

	n = 11 µg/l	n = 53 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	2	2
Mittelwert	3	4
Maximum	4	11

n = Anzahl der Proben im Jahr (Lit. R02)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Bergambacht (Lek), Strom-km 978, im Jahre 1982 (s. Abb. 1):

	n = 7 µg/l	n = 32 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	0	0
Mittelwert	< 1	2
Maximum	2	8

n = Anzahl der Proben im Jahr (Lit. R03)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Tiel (Waal), Strom-km 915, im Jahre 1982 (s. Abb. 1):

	n = 12 µg/l	n = 52 µg/l in unfiltrierter Probe
Minimum	1	2
Mittelwert	2	4
Maximum	3	15

n = Anzahl der Proben im Jahr (Lit. R03)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Lobith, Strom-km 863, im Jahre 1983 (s. Karte 3):

	n = 12 $\mu\text{g}/\text{l}$	n = 52 $\mu\text{g}/\text{l}$ in unfiltrierter Probe
Minimum	1	1
Mittelwert	2	3
Maximum	2	15

n = Anzahl der Proben im Jahr

(Lit. R28)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Hagestein (Lek), Strom-km 947, im Jahre 1983 (s. Karte 3):

	n = 52 $\mu\text{g}/\text{l}$	n = 52 $\mu\text{g}/\text{l}$ in unfiltrierter Probe
Minimum	1	2
Mittelwert	2	3
Maximum	4	5

n = Anzahl der Proben im Jahr

(Lit. R28)

Arsen-Konzentration des Rheinwassers bei Bergambacht (Lek), Strom-km 978, im Jahre 1983 (s. Karte 3):

	n = 4 $\mu\text{g}/\text{l}$	n = 16 $\mu\text{g}/\text{l}$ in unfiltrierter Probe
Minimum	< 1	< 1
Mittelwert	1	1
Maximum	2	4

n = Anzahl der Proben im Jahr

(Lit. R28)

Rhein (1968 - 1970) 3,1 $\mu\text{g}/\text{l}$
 statistisches Mittel, 4 Probenahme-
 stellen auf 280 km Länge nördlich
 Wiesbaden-Schierstein (Lit. K22)

Rheinwasser¹
 (gesamtes Untersuchungsgebiet, 1980) (gesamt) 3 $\mu\text{g}/\text{l}$
 (gelöstes Arsen) 2 $\mu\text{g}/\text{l}$
 (Lit. R13)

Konzentrationen in Rohwasser aus Donau und Bodensee (1971, 72?):

	Konz. ($\mu\text{g}/\text{l}$)	
	Bereich	Mittelwert
Donau	1 - 8	3,2
Bodensee	2 - 5	3,7

Bestimmungsmethodik: AAS (Lit. Q01)

¹ Messungen an unfiltrierten und filtrierten Wasserproben; Probenahmen mit 500 ml-Flaschen (Polyethylen); Behandlung der unfiltrierten Proben sofort nach der Probenahme mit 5 ml HNO_3 (1n), Einstellung auf pH 2; Behandlung der filtrierten Proben sofort nach der Probenahme: Filtration über GFA; Analysenverfahren mit AAS/Grafitofen/Automaten, 5000/500/AS-40, Eichlinie-Methode und Nickel-Zugabe; untere Analysengrenze: 1 μg .
 As-Konzentrationen im Rhein siehe Abb. 1

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1979 (Einzelwerte,
bei mehreren Messungen im Monat geom. Mittel)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ₂ (mmol/m ³)
164	vor Wildshausen	Sept.	0,013
160	Oeventrop Brück.	Sept.	0,130
138	Neheim Fußg.-Br.	Sept.	0,013
127	Echthausen U.-W.	März	0,001
		Okt.	0,005
113	Halingen Gelsenw.	März	0,001
		Okt.	0,005
107	Hengsen Obergr.	März	0,014
		Sept.	0,006
102	Villigst Stau.	März	0,014
		Sept.	0,006
95	Westhofen WW Do.	März	0,014
		Sept.	0,006
92	Hengsteysee Einl.	Juli	0,027
		Okt.	0,027
88	Hengsteysee Ausl.	Juli	0,027
		Okt.	0,013
71	Witten Gelsenwas.	März	0,001
		Okt.	0,017
62	Stiepel Entn. Wmr.	März	0,001
		Okt.	0,012
45	Steele-Horst Gw.	März	0,001
		Okt.	0,027
42	Essen-Rellingh.	Sept.	0,027
30	Baldeneysee Ausl.	Sept.	0,027
22	Kettwiger See Ow.	Juli	0,027
		Okt.	0,027
10	Styrum Wasserw.	Juli	0,040
		Okt.	0,027
5	Duisburg Aakerf.	Sept.	0,027

(Lit. R38)

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1983 (geom. Monats-
mittelwerte)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ($\mu\text{g/l}$)
162,20	vor Wildshausen	März	0,3
		Sept.	0,3
157,30	Oeventrop Brück.	März	0,3
		Sept.	0,3
135,80	Neheim Fußg. Br.	März	0,3
		Sept.	0,3
123,78	Echthausen-Uw.	März	0,4
		Juni	1,1
		Sept.	0,6
111,52	Haltingen Gelsenw.	Okt.	0,6
		März	0,3
		Juni	1,3
106,24	Hengsen Obergrab.	Sept.	0,6
		Okt.	0,5
		Jan.	0,6
100,49	Stau Villigst.	Febr.	0,6
		März	0,6
		Mai	0,6
		Juni	0,6
		Aug.	1,1
		Sept.	1,2
		Okt.	2,0
		Nov.	0,3
		Dez.	1,6
		Jan.	0,6
100,49	Stau Villigst.	Febr.	0,6
		März	2,0
		Mai	0,6
		Juni	0,6
		Aug.	1,3
		Sept.	1,3
		Okt.	2,1

Fortsetzung nächste Seite

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1983 (geom. Monats-
mittelwerte) (Fortsetzung)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ($\mu\text{g}/\text{l}$)
100,49	Stau Villigst.	Nov.	0,3
		Dez.	1,5
93,25	Westhofen WW-Do.	Jan.	0,6
		Febr.	0,6
		März	0,6
		Mai	0,6
		Juni	0,6
		Aug.	1,3
		Sept.	1,5
		Okt.	2,5
		Nov.	0,3
		Dez.	1,6
90,09	Hengsteisee Einl.	März	1,0
		Aug.	1,0
		Sept.	0,9
		Okt.	0,4
		Nov.	0,5
		Dez.	0,7
87,09	Hengsteisee Ausl.	März	0,3
		Aug.	1,0
		Sept.	1,2
		Okt.	0,5
		Nov.	0,7
		Dez.	0,6
71,30	Witten-Gelsenwas.	März	0,3
		Juni	1,5
		Sept.	1,6
		Okt.	0,2
61,77	Stiepel Entn. Wm.	März	0,3
		Juni	1,5
		Sept.	1,3
		Okt.	0,8

Fortsetzung nächste Seite

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1983 (geom. Monats-
mittelwerte) (Fortsetzung)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ($\mu\text{g}/\text{l}$)
46,28	Steele-Horst Gel.	März	0,4
		Juni	1,4
		Sept.	1,4
		Okt.	1,1
42,22	Essen-Rellinghau.	März	0,3
		Sept.	1,0
30,54	Baldeneysee Ausl.	März	0,3
		Sept.	2,0
22,92	Kettwiger See Ow.	März	0,3
		Sept.	3,0
10,57	Styrum Wasserwer.	März	0,3
		Sept.	3,0
5,40	Duisburg Aakerfa.	März	0,3
		Sept.	2,0

(Lit. R39)

Arsen-Konzentration im Wasser der Elbe, 1984 (Wochenmischproben,
für 4 der 52 Wochen des Jahres liegt kein Wert vor):¹

Meßstation Schnackenburg,
Strom-km 474,5

4,2 - 11,1 $\mu\text{g}/\text{l}$
(Lit. A33)

¹ Bestimmung: Hydrid-Methode

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1984 (geom. Monats-
mittelwerte)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ($\mu\text{g/l}$)
162,20	vor Wildshausen	April	0,3
157,30	Oeventrop Brück.	April	0,3
135,80	Neheim Fußg. Br.	April	0,3
123,78	Echthausen-Uw.	März	0,6
		Juni	0,3
		Sept.	0,5
		Dez.	0,3
111,52	Halingen Gelsenw.	März	0,5
		Juni	0,4
		Sept.	0,4
		Dez.	0,3
106,24	Hengsen Obergrab.	Jan.	0,3
		Febr.	2,4
		März	0,3
		April	0,3
		Mai	0,3
		Juni	1,0
		Juli	0,3
		Aug.	0,3
		Sept.	1,2
		Okt.	0,3
		Nov.	0,3
		Dez.	1,1
100,49	Stau Villigst	Jan.	0,3
		Febr.	3,1
		März	0,3
		April	0,3
		Mai	0,3
		Juni	0,3
		Juli	1,0
		Aug.	0,3
		Sept.	1,1

Fortsetzung nächste Seite

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1984 (geom. Monats-
mittelwerte) (Fortsetzung)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ($\mu\text{g/l}$)		
100,49	Stau Villigst	Okt.	0,3		
		Nov.	0,3		
		Dez.	0,3		
93,25	Westhofen WW-Do.	Jan.	0,3		
		Febr.	2,8		
		März	0,3		
		April	0,3		
		Mai	0,3		
		Juni	0,3		
		Juli	1,0		
		Aug.	0,3		
		Sept.	1,1		
		Okt.	0,3		
		Nov.	0,3		
		Dez.	0,3		
90,09	Hengsteysee Einl.	Jan.	1,4		
		Febr.	0,6		
		März	0,6		
		Mai	0,8		
		Juni	0,6		
		Aug.	0,7		
		Sept.	0,6		
		Okt.	0,4		
		Nov.	0,4		
		Dez.	0,2		
		87,09	Hengsteysee Ausl.	Jan.	0,5
				Febr.	0,7
März	0,8				
Mai	0,9				
Juni	0,8				
Aug.	1,0				
Sept.	0,7				

Fortsetzung nächste Seite

Arsen-Konzentrationen im Wasser der Ruhr, 1984 (geom. Monats-
mittelwerte) (Fortsetzung)

Ruhr-km	Probeentnahmestelle	Monat	Arsen ($\mu\text{g/l}$)
87,09	Hengsteysee Ausl.	Okt.	0,7
		Nov.	0,4
		Dez.	0,2
71,30	Witten-Gelsenwas.	März	0,7
		Juni	0,5
		Sept.	0,9
		Dez.	0,3
61,77	Stiepel Entn. Wm.	März	0,7
		Juni	0,5
		Sept.	1,0
		Dez.	0,3
46,28	Steele-Horst Gel.	März	0,8
		Juni	0,5
		Sept.	1,0
		Dez.	0,3
42,22	Essen-Rellinghau.	April	0,3
30,54	Baldeneysee Ausl.	April	0,3
22,92	Kettwiger-See Ow.	März	2,0
		Sept.	2,0
10,57	Styrum Wasserwer.	März	2,0
		Sept.	3,0
5,40	Duisburg Aakerfa.	April	1,0

(Lit. R40)

Arsen-Konzentrationen ($\mu\text{g/l}$) im Wasser der Elbe von Schnackenburg bis Scharhörn, 1984¹

Strom-km	Jan.	März	Mai	Juli	Sept.	Nov.	
474,5 N	6,3	-	5,9	6,3	5,4	6,9	
474,5 S	6,9	4,7	5,5	6,0	4,9	6,8	
490,0	5,9	6,3	4,6	5,4	5,8	7,5	
525,0	7,0	5,0	4,9	5,0	4,7	7,9	
550,0	5,8	5,5	5,3	6,4	4,9	8,4	
569,0	5,8	5,2	5,0	6,2	6,0	6,9	
584,5	-	-	4,9	6,0	5,9	-	
585,9	7,5	4,8	-	-	-	6,3	
			Wehr Geesthacht				
589,0	7,5	3,4	4,6	6,3	6,5	5,2	
609,0	7,9	2,9	2,9	5,2	6,5	5,4	
621,3	6,0	3,4	4,0	4,1	5,1	5,9	
617,5 SE	5,0	3,3	3,7	5,0	4,2	6,2	
630,1	4,4	3,2	4,8	4,9	4,2	4,0	
645,5	4,0	1,5	2,4	5,5	4,8	4,8	
653,0	6,7	3,4	3,6	4,8	4,4	5,2	
657,5	5,8	4,2	4,8	5,0	7,4	5,3	
Pagen. NE	7,9	4,6	5,7	4,9	3,8	2,5	
662,7	6,7	4,4	4,9	4,5	5,5	5,0	
670,0	8,0	4,0	3,5	4,4	7,6	5,4	
681,4	7,0	5,6	4,9	4,3	5,3	4,4	
693,0	6,5	5,4	4,7	4,7	4,3	4,2	
704,0	8,2	5,2	4,8	4,6	4,5	4,5	
727,0	4,0	2,9	3,2	3,5	4,0	3,6	
745,0 N	4,2	3,5	4,0	2,9	2,4	2,4	
745,0 S	3,0	2,0	1,9	2,4	2,5	2,4	

(Lit. A33)

¹ Bestimmung: Hydrid-Methode

Arsen-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{l}$) im Wasser von Nebenflüssen der Elbe, 1984:¹

	Jan.	März	Mai	Juli	Sept.	Nov.
Ilmenau bei Stöckte	1,7	0,8	1,0	2,0	3,3	3,1
Seeve unterh. der Mündung Ashäuser Mühlengraben	3,2	0,7	1,2	2,6	3,0	3,1
Dove Elbe oberh. Tatenberger Schleuse	4,6	1,2	2,6	4,1	4,4	2,7
Este bei Klein-Hove	8,2	4,2	3,6	2,6	3,5	4,1
Lühe bei Mittelnkirchen	3,5	1,3	2,9	3,9	3,6	3,9
Schwinge oberh. der Hochspannungsmasten	9,3	3,4	3,4	3,8	3,9	3,0
Pinnau bei Klevendeich	7,7	4,1	4,3	5,3	10,6	8,9
Krückau bei Kronsnest	14,8	3,8	4,0	6,2	4,2	7,7
Rhin am Zusammenfluß Kremper Rhin - Herzhorner Rhin	4,4	1,7	2,6	5,6	4,0	4,3
Stör bei Beidenfleth	3,7	2,7	3,1	3,7	5,9	4,8
Oste bei Geversdorf	3,6	3,3	3,5	3,1	4,1	3,9

(Lit. A33)

¹ Bestimmung: Hydrid-Methode

Sonstige Angaben

Eintrag in das IJsselmeer (Niederlande):

durch fließende Wässer

13,5 t/Jahr

durch die Atmosphäre

0,45 t/Jahr

(Lit. S41)

Angaben der EG-Richtlinie für Arsen-Konzentrationen in Oberflächenwasser:

Leitwert

0,01 mg/l

Imperativer Wert

0,05 mg/l

(Lit. S102)

Arsen-Konzentrationen ($\mu\text{g/l}$) im Wasser der Emscher-Mündung
(Probenahme 13x jährlich):

	50-Perzentil	90-Perzentil	Mittelwert
1983	3,5	4,2	3,5
1984	3,4	5,2	3,8

(Lit. L39)

2.2 Sediment

Konzentrationen in Sedimenten rechtsrheinischer Nebenflüsse, Bundesrepublik Deutschland, 1977-1979 (Mittelwerte aus 4 bzw. bei der Lippe 5 Probenahmen):¹

Sieg	14,7 - 40,8 mg/kg TG
km 1,3	40,8 mg/kg TG
km 14,8	26,0 mg/kg TG
km 24,1	30,2 mg/kg TG
km 39,5	29,7 mg/kg TG
km 63,8	31,7 mg/kg TG
km 121,3	36,8 mg/kg TG
km 130,3	34,0 mg/kg TG
km 140,7	14,7 mg/kg TG
Wupper	18,0 - 72,3 mg/kg TG
km 0,5	37,6 mg/kg TG
km 16,1	59,3 mg/kg TG
km 36,2	72,3 mg/kg TG
km 41,1	48,0 mg/kg TG
km 62,1	25,2 mg/kg TG
km 97,3	18,0 mg/kg TG
Ruhr	28,7 - 63,1 mg/kg TG
km 10,1	29,6 mg/kg TG
km 26,4	43,6 mg/kg TG
km 39,2	38,6 mg/kg TG
km 50,6	63,1 mg/kg TG
km 69,3	41,3 mg/kg TG
km 85,5	40,9 mg/kg TG
km 128,9	59,0 mg/kg TG
km 176,9	28,7 mg/kg TG

Fortsetzung nächste Seite

¹ Schluff- und Tonfraktion (Korngröße $\leq 40 \mu\text{m}$); Trocknung bei 105 °C, Bestimmung: Röntgenfluoreszenzanalyse

Konzentrationen in Sedimenten rechtsrheinischer Nebenflüsse,
 Bundesrepublik Deutschland, 1977-1979 (Mittelwerte aus 4 bzw.
 bei der Lippe 5 Probenahmen):¹ (Fortsetzung)

Lippe	13,2 - 65,8 mg/kg TG
km 2,4	65,8 mg/kg TG
km 22,1	35,8 mg/kg TG
km 43,9	38,2 mg/kg TG
km 46,9	40,0 mg/kg TG
km 68,9	31,1 mg/kg TG
km 84,9	31,5 mg/kg TG
km 106,8	22,0 mg/kg TG
km 134,9	15,4 mg/kg TG
km 149,7	13,2 mg/kg TG
	(Lit. F19)

Konzentrationen in Sedimenten des Niederrheins zwischen Bad Honnef
 und der deutsch-niederländischen Grenze, Bundesrepublik Deutsch-
 land, 1978/79 (Mittelwerte aus 4 Probenahmen):¹

Rhein	26,9 - 67,9 mg/kg TG
km 639,1 (L) ²	28,8 mg/kg TG
km 672,0 (L)	30,7 mg/kg TG
km 687,6 (L)	30,6 mg/kg TG
km 695,6 (L)	27,7 mg/kg TG
km 706,9 (R) ³	30,6 mg/kg TG
km 709,9 (L)	35,3 mg/kg TG
km 735,8 (L)	36,8 mg/kg TG
km 740,1 (L)	38,1 mg/kg TG
km 743,7 (R)	33,1 mg/kg TG
km 749,0 (L)	26,9 mg/kg TG
km 764,1 (L)	30,9 mg/kg TG

Fortsetzung nächste Seite

¹ Schluff- und Tonfraktion (Korngröße $\leq 40 \mu\text{m}$); Trocknung bei
 105 °C, Bestimmung: Röntgenfluoreszenzanalyse

² L = linker Uferbereich

³ R = rechter Uferbereich

Konzentrationen in Sedimenten des Niederrheins zwischen Bad Honnef und der deutsch-niederländischen Grenze, Bundesrepublik Deutschland, 1978/79 (Mittelwerte aus 4 Probenahmen):¹ (Fortsetzung)

Rhein

km 776,6 (R) ²	65,1 mg/kg TG
km 778,1 (L) ³	31,7 mg/kg TG
km 781,1 (R)	67,9 mg/kg TG
km 793,0 (R)	33,7 mg/kg TG
km 807,2 (L)	35,1 mg/kg TG
km 814,6 (R)	38,0 mg/kg TG
km 830,0 (R)	43,9 mg/kg TG
km 847,5 (R)	40,6 mg/kg TG
km 863,8 (L)	40,4 mg/kg TG

(Lit. F19)

Arsen-Gehalt im Sediment des Hamburger Hafens (stark belastet) (Probenahme zwischen 1972 und 1976):⁴

756 mg/kg
(Lit. L21)

¹ Schluff- und Tonfraktion (Korngröße $\leq 40 \mu\text{m}$); Trocknung bei 105°C , Bestimmung: Röntgenfluoreszenzanalyse

² R = rechter Uferbereich

³ L = linker Uferbereich

⁴ Es wurden Sedimente möglichst unterschiedlicher Körnung entnommen, um ein breites Körnungsspektrum von sandreich bis zu tonreich zu erhalten; Bestimmung: Röntgenfluoreszenzanalyse

Errechnete mittlere Arsen-Gehalte in Elbe-Sedimenten, Bundesrepublik Deutschland, 1972-1976¹ (s. Karte 9)

Untersuchungs- gebiet	errechnete mittlere As-Gehalte (mg/kg) für	
	Gehalte an der Fraktion < 2 μ m von 25 %	Gehalte an der Fraktion < 20 μ m von 50 %
Geesthacht	145	148
Kirchwerder	183	204
Hamburg	132	144
Blankenese	81	82
Hetlingen	59	61
Kollmar	55	59
Glückstadt	44	40
Blom. Wildnis	45	45
St. Margarethen	34	38
Brunsbüttel	42	45
Neufelderkoog	32	37
Otterndorf	28	29
Arensch	25	30

(Lit. L21)

¹ Zwischen 1972 und 1976 wurden aus 13 Untersuchungsgebieten insgesamt 247 Sedimentproben im Elbe-Ästuar aus dem bei Niedrigwasser trockenfallenden Uferbereich (Entnahmetiefe 0-5 cm) sowie aus ufernahen überfluteten Bereichen und verschiedenen Hafenbecken (Hamburg, Geesthacht) entnommen. Um ein breites Körnungsspektrum von sandreich bis zu tonreich zu erhalten, wurden Sedimente möglichst unterschiedlicher Körnung entnommen. Bestimmung: Röntgenfluoreszenzanalyse. (Ergebnisse in Lit. L21 nicht direkt mitgeteilt; dienen nur als Grundlage für die Berechnung der mittleren Schwermetall-Gehalte.) Um die Schwermetallbelastung in den verschiedenen Untersuchungsgebieten miteinander vergleichen zu können, wurden aus berechneten Regressionsgleichungen für die Beziehungen zwischen den Gehalten an Schwermetallen und den Fraktionen < 2 μ m (Tonfraktion) bzw. < 20 μ m die Gehalte der Schwermetalle für Anteile von 25 % bzw. 50 % an diesen Fraktionen errechnet. Die so erhaltenen mittleren Schwermetall-Gehalte der Sedimente umfassen die Schwermetall-Anteile aller Kornfraktionen, die bei der jeweils gewählten Standardzusammensetzung der Sedimente (25 % < 2 μ m bzw. 50 % < 20 μ m) miteinander assoziiert auftreten.

Arsen-Anreicherungsfaktor im stark belasteten Untersuchungsgebiet Kirchwerder (Vergleich des errechneten mittleren Arsen-Gehaltes dieses Gebiets mit dem des wenig belasteten marinen Sediments bei Arensch), Bundesrepublik Deutschland, 1972-1976:¹

Kirchwerder	183 mg/kg	
Arensch	25 mg/kg	
Anreicherungsfaktor		7 (Lit. L21)

Nordsee, Niederlande; Sedimente vor der Küste, berichtet 1983:²

70 km vor der Küste	38 mg/kg
0-20 km vor der Küste von Zeeland	23 mg/kg
0-20 km vor der Küste von Holland	38 mg/kg

(Lit. D41)

Konzentrationen im Oberflächensediment (Fraktion $< 63 \mu\text{m}$) des schleswig-holsteinischen Wattenmeers (Nov. 1980):

Minimum	11 mg/kg
Maximum	67 mg/kg

(Lit. A35)

¹ Zwischen 1972 und 1976 wurden aus 13 Untersuchungsgebieten insgesamt 247 Sedimentproben im Elbe-Ästuar aus dem bei Niedrigwasser trockenfallenden Uferbereich (Entnahmetiefe 0-5 cm) sowie aus ufernahen überfluteten Bereichen und verschiedenen Hafenbecken (Hamburg, Geesthacht) entnommen. Um ein breites Körnungsspektrum von sandreich bis zu tonreich zu erhalten, wurden Sedimente möglichst unterschiedlicher Körnung entnommen. Bestimmung: Röntgenfluoreszenzanalyse. (Ergebnisse in Lit. L21 nicht direkt mitgeteilt; dienen nur als Grundlage für die Berechnung der mittleren Schwermetall-Gehalte.) Um die Schwermetallbelastung in den verschiedenen Untersuchungsgebieten miteinander vergleichen zu können, wurden aus berechneten Regressionsgleichungen für die Beziehungen zwischen den Gehalten an Schwermetallen und den Fraktionen $< 2 \mu\text{m}$ (Tonfraktion) bzw. $< 20 \mu\text{m}$ die Gehalte der Schwermetalle für Anteile von 25 % bzw. 50 % an diesen Fraktionen errechnet. Die so erhaltenen mittleren Schwermetall-Gehalte der Sedimente umfassen die Schwermetall-Anteile aller Kornfraktionen, die bei der jeweils gewählten Standardzusammensetzung der Sedimente (25 % $< 2 \mu\text{m}$ bzw. 50 % $< 20 \mu\text{m}$) miteinander assoziiert auftreten.

² aus: Lit. C49

Konzentration in Sedimenten aus dem Southampton Water, U.K.;
berichtet 1974 (s. Karte 4):¹

Southampton Water

Town Quay

Oberfläche 9,9 mg/kg TG

10 cm Tiefe 5,5 mg/kg TG

Woolston

15 cm Tiefe 19 mg/kg TG

Hamble

Oberfläche 17 mg/kg TG

10 cm Tiefe 16 mg/kg TG

Calshot

Oberfläche 16 mg/kg TG

(Lit. L04)

Konzentrationen in Sedimenten (bis 17 cm Tiefe) und Porenwasser
des Loch Lomond bei Glasgow, Schottland, U.K. (Belastungsquelle
nicht offensichtlich; Probenahme Nov. 1981 - Juli 1982, Anzahl
der Probenahmestellen n = 13, s. Karte 2):²

Maximalkonzentration

in Sedimenten 174 - 675 mg/kg TG

im Porenwasser ca. 80 µg/l
(ca. 10 cm Tiefe) (Lit. L23)

¹ Gefriertrocknung

² Die Proben wurden bei 30 °C getrocknet und zermahlen; Bestimmung: AAS. Porenwasser wurde durch Filtration (0,45 µm) gewonnen. Gemessen wurde gesamt gelöstes Arsen. Die Konzentrationen sind graphisch dargestellt (s. Abb. 2 und 3).

Konzentrationen in Sedimenten des Pazifik, verschiedene Kreuzfahrten:¹

Tiefe 28 - 7005 m (Anzahl der Proben n = 32)

Bereich	3,1 - 18,1 mg/kg TG
Mittel	7,15mg/kg TG (Lit. C24)

Konzentrationen in Sedimenten des Puget Sound, USA:¹

Tiefe 65 - 148 m (Anzahl der Proben n = 12)

Bereich	3,2 - 14,3 mg/kg TG
Mittel	12,9 mg/kg TG

Tiefe 7 - 30 m (Anzahl der Proben n = 2)

	292,0 - 980,0 mg/kg TG (Lit. C24)
--	--------------------------------------

Konzentrationen in Oberflächensedimenten (0-2 cm) aus dem Puget Sound, USA; berichtet 1973 (s. Karte 6):²

"Background"	3 - 15 mg/kg TG
--------------	-----------------

in 5 bis 10 Meilen Entfernung
von einem Kupferhüttenwerk
nahe Tacoma

2 - 3mal so hoch

im Umkreis von 1 Meile von
einem Kupferhüttenwerk nahe
Tacoma

bis zu 10 000 mg/kg TG
(Lit. C39)

¹ aus: Lit. B31

² Trocknung bei 80 °C, Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Konzentration an anorganischem Arsen in Sedimenten aus Moreton's Harbour auf New World Island an der Nordostküste von Neufundland (berichtet 1975; Anzahl der Probenahmestellen n = 16, Bergbautätigkeiten in der Umgebung, Entfernungen vom Bergwerk 0-745 m):¹

Minimum (Entfernung vom Bergwerk 186 m)	9,1 mg/kg TG
Maximum (Entfernung vom Bergwerk 0 m)	2 600 mg/kg TG (Lit. P03)

Arsen-Konzentrationen in Sedimenten:²

Nordsee	10 mg/kg
Atlantik	9 mg/kg
Pazifik ("clay")	12 mg/kg (Lit. W54)

Konzentrationen in Sedimenten des Chautauqua-Sees im Südwesten des Staates New York, USA (Sommer 1972, Anzahl der Probenahmestellen n = 98):

96 von 98 Proben	
Bereich	< 0,5 - 58,75 mg/kg TG
Durchschnittswert	22,10 mg/kg TG
die beiden anderen Proben	140,0 mg/kg TG 306,0 mg/kg TG (Lit. R26)

Konzentrationen in Sedimenten (0-20 cm) von Seen in der Umgebung von Yellowknife, Nordwest-Territorium, Kanada (berichtet 1978):

Kam Lake (Gebiet mit Goldbergbau-Tätigkeit)	2 700 mg/kg TG
Grace Lake	26 mg/kg TG
Likely Lake	20 u. 27 mg/kg TG
Chitty Lake	28 mg/kg TG (Lit. W51)

Co 08 Ted Sumner

3. ARSEN-KONZENTRATIONEN, PFLANZLICHE ORGANISMEN

3.1 Spermatophyta (Samenpflanzen)

3.1.1 Monocotyledoneae - Einkeimblättrige

Egeria densa

Rotorua-Seen-Distrikt

Neuseeland, 1969

n = 2 (Anzahl der Probenahmen)

266 mg/kg TG

310 mg/kg TG

(Lit. L41)

Elodea canadensis

Rotorua-Seen-Distrikt,

Neuseeland, 1969

n = 5 (Anzahl der Probenahmen)

48 - 700 mg/kg TG

(Lit. L41)

Elodea canadensis¹

Gebiet bei Hastings, Neuseeland

August 1971

3,0 mg/kg TG

(Lit. R42)

Lagarosiphon major

Rotorua-Seen-Distrikt,

Neuseeland, 1969/1970

n = 10 (Anzahl der Probenahmen)

29 - 1 450 mg/kg TG

(Lit. L41)

Lagarosiphon major¹

Waikato-Fluß, Neuseeland

Mai 1971

32 mg/kg TG

405 mg/kg TG

(Lit. R42)

Lemna sp.¹

Gebiet bei Hastings, Neuseeland

August 1971

2,5 mg/kg TG

(Lit. R42)

Pontederia cordata¹

Linsley Pond, Nord-Branford,
Connecticut, USA

1971

Blüte	2,3 mg/kg TG
Blatt	3,0 mg/kg TG
Halm	3,5 mg/kg TG

1972

Blüte	2,5 mg/kg TG
Blatt	2,9 mg/kg TG
Halm	2,3 mg/kg TG

Cedar Lake, USA

1971

Blüte	2,5 mg/kg TG
Blatt	3,0 mg/kg TG
Halm	3,8 mg/kg TG

(Lit. C45)

Potamogeton sp.²

Gebiet bei Hastings,
Neuseeland

August 1971

< 6 mg/kg TG
(Lit. R42)

Potamogeton spp.

Yellowknife, Kanada

Kam Lake, kontaminiert

Juni 1975

250 mg/kg TG
260 mg/kg TG
580 mg/kg TG
660 mg/kg TG
720 mg/kg TG
920 mg/kg TG
(Lit. W51)

Juli 1975

¹ TG: 80 °C

² TG: luftgetrocknet

Potamogeton cheesemani

Rotorua-Seen-Distrikt,

Neuseeland, 1969

n = 1 (Anzahl der Probenahmen)

45 mg/kg TG
(Lit. L41)

Potamogeton crispus

Rotorua-Seen-Distrikt,

Neuseeland, 1969

n = 2 (Anzahl der Probenahmen)

11 mg/kg TG
436 mg/kg TG
(Lit. L41)

Potamogeton crispus¹

Linsley Pond, Nord-Branford,

Connecticut, USA

1972

Gesamtpflanze

buds²

4,0 mg/kg TG
4,8 mg/kg TG
(Lit. C45)

Potamogeton praelongus¹

Linsley Pond, Nord-Branford,

Connecticut, USA

1971

9,9 mg/kg TG
(Lit. C45)

Scirpus sp.³

Waikato-Fluß, Neuseeland

Mai 1971

12 mg/kg TG
(Lit. R42)

¹ TG: 80 °C

² Knospe, Auge

³ TG: luftgetrocknet

3.1.2 Dicotyledoneae - Zweikeimblättrige

Ceratophyllum demersum

Rotorua-Seen-Distrikt,
Neuseeland, 1969

n = 6 (Anzahl der Probenahmen) 20 - 1 060 mg/kg TG
(Lit. L41)

Ceratophyllum demersum²

Neuseeland

Waikato-Fluß, Mai 1971

524 mg/kg TG

971 mg/kg TG

Gebiet bei Hastings, August 1971

1,4 mg/kg TG

(Lit. R42)

Ceratophyllum demersum¹

Linsley Pond, Nord-Branford,
Connecticut, USA

1971

26,0 mg/kg TG

1972

5,6 mg/kg TG

(Lit. C45)

Decodon verticillatus¹

Linsley Pond, Nord-Branford,
Connecticut, USA

1971

Blatt

2,8 mg/kg TG

Halm

3,1 mg/kg TG

Wurzel

3,2 mg/kg TG

1972

Blüte

3,0 mg/kg TG

Blatt

3,3 mg/kg TG

Halm

3,0 mg/kg TG

(Lit. C45)

¹ TG: 80 °C

² TG: luftgetrocknet

Decodon verticillatus¹

Cedar Lake, USA

1971

Blüte	2,0 mg/kg TG
Blatt	2,4 mg/kg TG
Halm	4,2 mg/kg TG
	(Lit. C45)

Myriophyllum spp.

Yellowknife, Kanada

Keg Lake, kontaminiert

Juni 1975

150 mg/kg TG

Juli 1975

850 mg/kg TG

August 1975

3 700 mg/kg TG

(Lit. W51)

Myriophyllum propinquum

Rotorua-Seen-Distrikt,

Neuseeland, 1969

n = 1 (Anzahl der Probenahmen)

456 mg/kg TG

(Lit. L41)

Nuphar advena¹

Linsley Pond, Nord-Branford,

Connecticut, USA

1971

Blüte 3,1 mg/kg TG

Blütenstiel 2,7 mg/kg TG

Blatt 3,6 mg/kg TG

Halm 2,5 mg/kg TG

1972

Blüte 3,1 mg/kg TG

Blütenstiel 2,6 mg/kg TG

Blatt 2,9 mg/kg TG

Halm 2,7 mg/kg TG

(Lit. C45)

¹ TG: 80 °C

Nuphar advena¹

Cedar Lake, USA

1971

Blüte	2,7 mg/kg TG
Blütenstiel	1,6 mg/kg TG
Blatt	3,5 mg/kg TG
Halm	2,5 mg/kg TG

(Lit. C45)

Nymphaea odorata¹

Linsley Pond, Nord-Branford,

Connecticut, USA

1971

Blüte	3,1 mg/kg TG
Blütenstiel	2,6 mg/kg TG
Blatt	2,8 mg/kg TG
Halm	2,5 mg/kg TG

1972

Blüte	3,0 mg/kg TG
Blütenstiel	2,8 mg/kg TG
Blatt	3,2 mg/kg TG
Halm	2,4 mg/kg TG

Cedar Lake, USA

1971

Blüte	3,4 mg/kg TG
Blütenstiel	2,7 mg/kg TG
Blatt	4,8 mg/kg TG
Halm	3,1 mg/kg TG

(Lit. C45)

¹ TG: 80 °C

3.2 Phycophyta (Algen)

3.2.1 Diatomophyceae - Kieselalgen

Phaeodactylum tricornerutum

Lipid-Fraktion¹

3,6 mg/kg FG

Lipid-Fraktion²

4,8 mg/kg FG

(Lit. L05)

Skeletonema costatum¹

Lipid-Fraktion

1,3 mg/kg FG

(Lit. L05)

¹ Die Algen wurden im Salzwasser-Medium kultiviert; Bestimmung:
Neutronenaktivierungsanalyse

² Die Algen wurden im Süßwasser-Medium kultiviert; Bestimmung:
Neutronenaktivierungsanalyse

3.2.2 Phaeophyceae - Braunalgen

Ascophyllum nodosum¹

Restronguet Creek,

Süd-West-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

69,7 - 118,3 mg/kg TG

(Lit. K38)

Ascophyllum nodosum²

Moreton's Harbour, Neufundland

nahe As-Emissionsquelle

n = 3

17,2 ± 2,5 mg/kg TG

Kontrollstandort

n = 3

9,8 ± 2,0 mg/kg TG

(Lit. P03)

Ascophyllum nodosum³

Reine, Lofoten, Norwegen

(unbelasteter Standort, 1957)

gesamt

22 - 44 mg/kg TG

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen

(belasteter Standort, 1968)

gesamt

22 mg/kg TG

(Lit. L06)

Ascophyllum nodosum

Atlantik-Küste, Kanada

berichtet 1958

Dezember, Proben aus

mehreren Jahren

38 mg/kg TG

(Lit. Y01)

¹ Bestimmung: AAS

² TG bei 80 °C

³ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei 40 bis 80 °C

Dictyota dumosa

Küstengebiet und Ästuar,
Goa, Indien, Arabisches Meer
April bis Mai 1975

6,7 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Fucus distichus

Strathcona Sound, kanad. Arktis,
nahe einer Erzlagerstätte
August 1975
gesamt

21 - 32 mg/kg TG
(Lit. B05)

Fucus serratus¹

gesamt

1970 bis 1971

Portland, Dorset, UK

Severn Estuary (Severn Beach), UK

48 mg/kg TG
54 mg/kg TG
(Lit. L04)

Fucus serratus²

berichtet 1964

1,67 ± 0,03 mg/kg TG
(Lit. P04)

Fucus serratus³

Restronguet Creek,

Süd-West-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

n = 10

103,3 - 189,3 mg/kg TG
(Lit. K38)

1 Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

2 luftgetrocknet, Bestimmung: photometrisch

3 Bestimmung: AAS

Fucus serratus¹

Reine, Lofoten, Norwegen
(unbelasteter Standort, 1951)
gesamt

47 mg/kg TG
40 mg/kg TG

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen
(belasteter Standort, 1968)
gesamt

28 mg/kg TG
(Lit. L06)

Fucus sp.²

Moreton's Harbour, Neufundland
nahe As-Emissionsquelle
n = 10
Kontrollstandort
n = 3

17,2 ± 7,8 mg/kg TG
12,1 ± 6,6 mg/kg TG
(Lit. P03)

Fucus spiralis³

Restronguet Creek,
Süd-West-England
Nov. 1975 bis Sept. 1977
n = 10

96,3 - 113,4 mg/kg TG
(Lit. K38)

Fucus spiralis¹

Reine, Lofoten, Norwegen
(unbelasteter Standort, 1951)
gesamt

34 mg/kg TG
26 mg/kg TG
(Lit. L06)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei 40 bis 80 °C

² TG bei 80 °C

³ Bestimmung: AAS

Fucus spiralis¹

Flakk, Trondheimsfjord

(Norwegen, belasteter Standort, 1968)

gesamt

15 mg/kg TG
(Lit. L06)

Fucus vesiculosus

Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n = 2 (Anzahl der Algen)

35,8 mg/kg TG

n = 3 (Anzahl der Algen)

35,2 mg/kg TG
(Lit. B06)

Fucus vesiculosus²

Restronguet Creek,

Süd-West-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

n = 10

94,7 - 126,0 mg/kg TG
(Lit. K38)

Fucus vesiculosus¹

Øvre Reine, Lofoten, Norwegen

(unbelasteter Standort, 1951)

gesamt

65 mg/kg TG
26 mg/kg TG

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen

(belasteter Standort)

1952, gesamt

39 mg/kg TG

1968, gesamt

24 mg/kg TG
(Lit. L06)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei 40 bis 80 °C

² Bestimmung: AAS

Fucus vesiculosus

Cumbrian Coast (St Bees), UK

berichtet 1985

älterer Thallus

16,0 mg/kg TG
(Lit. B105)

Fucus vesiculosus

Atlantik-Küste, Kanada

berichtet 1958

Dezember, Proben aus

mehreren Jahren

58,0 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Fucus vesiculosus¹

Ostsee

August 1982

Durchschnittswert

17,5 mg/kg TG

September 1983

Durchschnittswert

16,8 mg/kg TG
(Lit. S96)

Fucus vesiculosus²

Ostsee (Kiel-Strande, Kronsgaard)

und Nordsee (Nordstrand, Cuxhaven)

bis 40 mg/kg TG
(Lit. S96)

Halidrys siliquosa³

Lee (s. Karte 4)

1970 bis 1971

gesamt

26,0 mg/kg TG
(Lit. L04)

¹ Entnahmestationen 1 bis 7 und 15 bis 19 siehe Karte 8

² Die Algenproben wurden alle 2 Monate in der Zeit von Februar 1983 bis August 1984 entnommen (Konz. s. auch Abb. 5)

³ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Laminaria digitata¹

Lee (s. Karte 4)

1970 bis 1971

gesamt

47,0 mg/kg TG
(Lit. L04)

Laminaria digitata²

Reine, Lofoten, Norwegen

(unbelasteter Standort, 1952)

Lamina

73 mg/kg TG

Munkholmen, Trondheimsfjord, Norwegen

(belasteter Standort, 1956)

Lamina

109 mg/kg TG

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen

(belasteter Standort, 1957)

107 mg/kg TG
(Lit. L06)

Laminaria digitata

Atlantik-Küste, Kanada

berichtet 1958

monatliche Probenahmen,

Proben aus mehreren Jahren

50 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Laminaria hyperborea¹

Trondheimsfjord, Norwegen

Gesamt-Arsen

142,0 mg/kg TG

organisch-gebundenes Arsen

139,0 mg/kg TG

anorganisch-gebundenes Arsen

0,9 mg/kg TG
(Lit. L08)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei 40 bis 80 °C

Laminaria hyperborea¹

Reine, Lofoten, Norwegen

(unbelasteter Standort, 1957)

Lamina

53 - 71 mg/kg TG

Munkholmen, Trondheimsfjord, Norwegen

(belasteter Standort)

Lamina, 1957

69 mg/kg TG

Lamina, 1962

55 mg/kg TG

Stiel, 1957

94 mg/kg TG

(Lit. L06)

Laminaria longicruris

Atlantik-Küste, Kanada

berichtet 1958

Juli, Proben aus

mehreren Jahren

52 mg/kg TG

(Lit. Y01)

Laminaria saccharina²

Lee (s. Karte 4)

1970 bis 1971

gesamt

45,0 mg/kg TG

(Lit. L04)

Laminaria saccharina

Ostsee

54 mg/kg TG

(Lit. S96)

Padina tetrastromatica

Küstengebiet und Ästuare,

Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

3 Standorte

4,8 - 12,6 mg/kg TG

(Lit. Z01)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei 40 bis 80 °C

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Pelvetia canaliculata¹

Restronguet Creek, Süd-West-
England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

59,1 - 71,0 mg/kg TG
(Lit. K38)

Pelvetia canaliculata²

Reine, Lofoten, Norwegen
(unbelasteter Standort, 1951)
gesamt

22 mg/kg TG
21 mg/kg TG

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen
(belasteter Standort, 1968)
gesamt

15 mg/kg TG
(Lit. L06)

Sargassum filipendula

östl. Golf von Mexiko

Februar 1974

Gesamt-Arsen

5,8 mg/kg TG
(Lit. J02)

Sargassum fluitans

200 Meilen südl. von Bermuda

Januar 1974

Gesamt-Arsen

19,5 mg/kg FG
(Lit. J02)

¹ Bestimmung: AAS

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei
40 bis 80 °C

Sargassum sp.

östl. Golf von Mexiko

Februar 1974

Gesamt-Arsen

6,5 mg/kg FG

24°34'N81°07'W

Mai 1974

8,7 mg/kg FG

12,7 mg/kg FG

24°24'N81°59'W

Mai 1974

4,2 mg/kg FG

(Lit. J02)

Sargassum tenerimum

Küstengebiet und Ästuare,

Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

3 Standorte

8,7 - 13,6 mg/kg TG

(Lit. Z01)

3.2.3 Rhodophyceae - Rotalgen

Ahnfeltia plicata¹

Solent (s. Karte 4)

1970 bis 1971

gesamt

39,0 mg/kg TG
(Lit. L04)

Ahnfeltia plicata

Atlantik-Küste, Kanada

berichtet 1958

Dezember, Proben aus

mehreren Jahren

2 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Chondrus crispus¹

Solent (s. Karte 4)

1970 bis 1971

gesamt

11,0 mg/kg TG
(Lit. L04)

Chondrus crispus

Atlantik-Küste, Kanada

berichtet 1958

monatliche Probenahmen,

Proben aus mehreren Jahren

5 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Gigartina mamillosa²

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen

(belasteter Standort)

1952

gesamt

10 mg/kg TG
(Lit. L06)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei 40 bis 80 °C

Halosaccion ramentaceum

Atlantik-Küste, Kanada
berichtet 1958
Juli, Proben aus
mehreren Jahren

8 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Hypnea musciformis

Küstengebiet und Ästuar,
Goa, Indien, Arabisches Meer
April bis Mai 1975
3 Standorte

2,5 - 4,0 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Rhodymenia palmata¹

Flakk, Trondheimsfjord, Norwegen
(belasteter Standort)
1952
gesamt

13 mg/kg TG
(Lit. L06)

Rhodymenia palmata

Atlantik-Küste, Kanada
berichtet 1958
Juli, Proben aus
mehreren Jahren

10 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Nachtrag

Compsopogon hookeri²

Waikato-Fluß, Neuseeland
Mai 1971

550 mg/kg TG
(Lit. R42)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; TG getrocknet bei
40 bis 80 °C

² TG: luftgetrocknet

3.2.4 Chlorophyceae - Grünalgen

Caulerpa sertularoides

Küstengebiet und Ästuare,
Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

3 Standorte

2,9 - 3,5 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Chlorella ovalis¹

Lipid-Fraktion

0,7 mg/kg FG
(Lit. L05)

Chlorella pyrenoidosa²

Lipid-Fraktion

0,5 mg/kg FG
(Lit. L05)

Enteromorpha intestinalis

Cumbrian Coast (St Bees), UK

berichtet 1958

Gesamt-Thallus

5,8 mg/kg TG
(Lit. B105)

Enteromorpha intestinalis³

Restronguet Creek,

Süd-West-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

n = 10

83,3 - 85,5 mg/kg TG
(Lit. K38)

¹ Die Algen wurden im Salzwasser-Medium kultiviert; Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Die Algen wurden im Süßwasser-Medium kultiviert; Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

³ Bestimmung: AAS

Spongomorpha arcta

Atlantik-Küste, Kanada
berichtet 1958
Juli, Proben aus
mehreren Jahren

8 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Ulva fasciata

Küstengebiet und Ästuare,
Goa, Indien, Arabisches Meer
April bis Mai 1975
3 Standorte

1 - 2,8 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Ulva lactuca

Atlantik-Küste, Kanada
berichtet 1958
Juli, Proben aus
mehreren Jahren

4 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Ulva sp.

Enoshima, Sagami Bay, Japan
Mai 1956

5,4 mg/kg AG
(Lit. F02)

Nachtrag

Enteromorpha nana

Rotorua-Seen-Distrikt,
Neuseeland, 1969
n = 1 (Anzahl der Probenahmen)

14 mg/kg TG
(Lit. L41)

Enteromorpha nana¹

Waikato-Fluß, Neuseeland
Mai 1971

20 mg/kg TG
40 mg/kg TG
(Lit. R42)

¹ TG: luftgetrocknet

Spongomorpha arcta¹

Atlantische Küste, Kanada
berichtet 1958
Gesamtalge

8 mg/kg TG
(Lit. Y01)

Ulva lactuca¹

Atlantische Küste, Kanada
berichtet 1958
Gesamtalge

4 mg/kg TG
(Lit. Y01)

3.2.5 Heterogeneratae

Macrocystis pyrifera²

Pacific Grove, Kalifornien
berichtet 1972
n = 5 (Anzahl der Proben)

72 - 144 mg/kg AG
(Lit. B07)

¹ Trocknung bei 105 °C

² pH-Wert des gefilterten Wasser: 7,9; Salinität: 33,33 ‰;
Veraschung bis 110 °C; Bestimmung: AAS

3.3 Allgemeines und Konzentrationsfaktoren

Phytoplankton, verschiedene Arten

Nordwest-Atlantik

Mittelwert, n = 1

8,2 mg/kg TG

(Lit. W21)

Rhodophyceae-Arten

Ostsee

aus etwa 50 m Tiefe,

6 versch. Standorte

3,5 - 6,1 mg/kg TG

(Lit. S96)

Rotalge

Arno-Ästuar, Mittelmeer

8,5 mg/kg TG

(Lit. S96)

versch. Algen-Arten

Albegna-Ästuar, Mittelmeer

15 mg/kg TG

Cecina-Ästuar, Mittelmeer

31 mg/kg TG

(Lit. S96)

Moos

(Familie Hypnaceae)

3 600 mg/kg TG

(Lit. W51)

Nachtrag

Sargassum und verschiedene

Phytoplankton-Arten¹

nordwestl. Golf von Mexiko

und Mississippi Delta, USA

1973-1975

Gesamtalgen

Bereich

2,9 - 82,0 mg/kg TG

(Lit. S106)

¹ Trocknung bei 60 °C; aus: Lit. T02

Konzentrationsfaktoren in Wasserpflanzen, Nordwest-Kanada,
Juli 1975:

Myriophyllum spp.

kontaminierte Seen

bis 75

Vergleichs-Seen

bis 400

(Lit. W51)

Konzentrationsfaktoren in Wasserpflanzen, Nordwest-Kanada,
August 1975:

Potamogeton spp.

kontaminierte Seen

29 und 400

(Lit. W51)

Konzentrationsfaktoren in Süßwasserpflanzen und Meerespflanzen:¹

Süßwasserpflanzen

Algen

3 - 7 000

submerse Pflanzen

800 - 20 000

emerse Pflanzen

100

Wasserpfeffer (lakeweeds)

110 - 14 500

Wasserlinse (duckweed)

1 - 3

Meerespflanzen

Algen

50 - 47 500

Meerespflanzen (seaweed)

350 - 71 000

(Lit. W52)

¹ Die Angaben sind in den Original-Arbeiten zu überprüfen
(s. Literatur-Zitate in Woolson, 1975, S. 103)

4. ARSEN-KONZENTRATIONEN, TIERISCHE ORGANISMEN

4.1 Metazoa (Vielzeller)

4.1.1 Porifera (Schwämme)

Silicea

Halichondria panicea¹

Solent, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

gesamt

2,8 mg/kg TG
(Lit. L04)

Halichondria panicea

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Gesamtorganismus

6,4 mg/kg FG
(Lit. V04)

4.1.2 Cnidaria (Nesseltiere)

4.1.2.1 Scyphozoa

Cyanea arctica

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Gesamtorganismus

2,2 mg/kg FG
(Lit. V04)

Pelagia sp.¹

Atlantik, vor

Nordwest-Afrika

(28 °N 15 °W)

März 1968

viele Organismen

11 mg/kg TG
(Lit. L12)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

4.1.2.2 Anthozoa

Metridium senile fimbriatum

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Gesamtorganismus

11,9 mg/kg FG
(Lit. V04)

Tealia felina¹

Hamble, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Gesamtorganismus

72,0 mg/kg TG
(Lit. L04)

Tealia felina²

Restronguet Creek,

Süd-West-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

Gesamtorganismus

53,3 - 59,0 mg/kg TG
(Lit. K38)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: AAS

4.1.3 Mollusca (Weichtiere)

4.1.3.1 Gastropoda - Schnecken

Acmaea pallida

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

46,0 mg/kg FG
(Lit. VO4)

Buccinum undatum¹

Lee, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Weichteile

11 mg/kg TG
(Lit. LO4)

Busycon canaliculatum

Long Island Sound, USA

1971/72

Muskel

9,0 mg/kg FG
(Lit. GO6)

Crepidula fornicata¹

Probenahmestandorte UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Weichteile

Town Quay

Hamble

Calshot

Lee

13 mg/kg TG
8,1 mg/kg TG
8,7 mg/kg TG
10 mg/kg TG
(Lit. LO4)

Littorina brevicula

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

30,0 mg/kg FG
(Lit. VO4)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Littorina littoralis¹

Severn Ästuar, UK

1970 bis 1971

Weichteile

12 mg/kg TG
(Lit. LO4)

Littorina littorea¹

Probenahmestandorte UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Weichteile

Town Quay

19 mg/kg TG

Lee

14 mg/kg TG
(Lit. LO4)

Littorina littorea

verschiedene Ästuar, UK

berichtet 1985

Mersey (Egremont)

22 mg/kg TG

Thames (Grays)

11 mg/kg TG

Fal (Restronguet Pt)

70 mg/kg TG

Lune (Mündung)

9 mg/kg TG
(Lit. B105)

Littorina littorea²

Moreton's Harbour, Neufundland

berichtet 1975

Weichteile

nahe As-Emissionsquelle

11,5 mg/kg TG

15,0 mg/kg TG

Kontrollstandort

4,0 ± 2,5 mg/kg TG
(Lit. PO3)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² TG bei 80 °C

Littorina obtusata¹

Restronguet Creek,
Süd-West-England
Nov. 1975 bis Sept. 1977
Weichteile

48,5 - 59,8 mg/kg TG
(Lit. K38)

Nucella lapillus²

Lee, UK (s. Karte 4)
1970 bis 1971
Weichteile

16 mg/kg TG
19 mg/kg TG
(Lit. L04)

Nucella lapillus²

Portland, Dorset, UK
1970 bis 1971
Weichteile

38 mg/kg TG
(Lit. L04)

Nucella lapillus¹

Restronguet Creek,
Süd-West-England
Nov. 1975 bis Sept. 1977
Weichteile

38,1 - 64,5 mg/kg TG
(Lit. K38)

Patella vulgata²

Netley, UK (s. Karte 4)
1970 bis 1971
Weichteile

13 mg/kg TG
(Lit. L04)

¹ Bestimmung: AAS

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Patella vulgata¹

Probenahmestandorte UK

1970 bis 1971

Portland, Dorset

Weichteile

24 mg/kg TG

St Davids, Wales

Weichteile

11 mg/kg TG

(Lit. L04)

Patella vulgata²

Restronguet Creek,

Süd-West-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

Weichteile

35,3 - 41,0 mg/kg TG

(Lit. K38)

Patella vulgata³

Bristol Channel, UK

berichtet 1980

Weston

15 mg/kg TG

Looe Ästuar

35 mg/kg TG

(Lit. B111)

Polinices duplicatus⁴

Nordwest-Atlantik-Küste

n = 3

3,2 - 5,0 mg/kg TG

(Lit. W21)

Nachtrag

Patella vulgata²

Küste von Somerset, Bristol

Channel, UK, 1971

durch Einleitung von Industrie-
abwässern verunreinigt

Weichkörper

Bereich

1,0 - 3,9 mg/kg FG

(Lit. P37)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse ² Bestimmung: AAS
³ aus: Lit. B105 ⁴ aus: Lit. B31

4.1.3.2 Lamellibranchiata - Muscheln

Anodonta cygnea¹

1970 bis 1971

River Test (nahe Southampton), UK

Weichteile

4,3 mg/kg TG

River Thames (Chertsey), UK

Weichteile

4,3 mg/kg TG
(Lit. L04)

Cardium edule¹

1970 bis 1971

Weichteile

Solway Firth, UK

6,3 mg/kg TG

Poole, Dorset, UK

5,1 mg/kg TG

Mantelhöhlenflüssigkeit

Solway Firth, UK

8,4 mg/kg TG
(Lit. L04)

Cerastoderma edule

verschiedene Standorte, UK

berichtet 1985

Tees (unterer)

7,8 mg/kg TG

Torridge (Appledore)

12,1 mg/kg TG
(Lit. B105)

Crassostrea angulata¹

Blackwater Ästuar, Essex, UK

1970 bis 1971

Weichteile

10 mg/kg TG
(Lit. L04)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Crassostrea commercialis

New South Wales, Australien

August 1973

Zuchtaustern aus

19 Ästuaren

0,3 - 3,4 mg/kg FG
(Lit. M06)

Crassostrea cucullata

Küstengebiet und Ästuar,

Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

6 Standorte

2,3 - 6,3 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Crassostrea gryphoides

Küstengebiet und Ästuar,

Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

2 Standorte

3,2 und 5,8 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Crassostrea virginica¹

Nordwest-Atlantik-Küste

berichtet 1972

n = 14

< 1 - 3,6 mg/kg TG
(Lit. W21)

Crassostrea virginica

San Antonio Bay, Texas

berichtet 1976

9 Organismen

Weichteile

1,3 mg/kg TG
(Lit. S16)

¹ aus: Lit. B31

Lolliguncula brevis¹

Nordwest-Atlantik-Küste

berichtet 1972

n = 4

1 - 2,1 mg/kg TG
(Lit. W21)

Macoma balthica²

berichtet 1980

East Looe (oberer), UK

46 mg/kg TG

Loughor (mittlerer), UK

11 mg/kg TG

(Lit. B111)

Macoma balthica

Tees Ästuar (Bran Sands), UK

berichtet 1985

18,4 mg/kg TG
(Lit. B105)

Mercenaria mercenaria³

Netley, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Weichteile

3 Jahre alt

3,8 mg/kg TG

4 Jahre alt

4,7 mg/kg TG

10 Jahre alt

9,3 mg/kg TG

15 Jahre alt

8,4 mg/kg TG

(Lit. L04)

Mercenaria mercenaria¹

Nordwest-Atlantik-Küste

berichtet 1972

n = 8

9 - 50 mg/kg TG
(Lit. W21)

¹ aus: Lit. B31

² aus: Lit. B105

³ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Meretrix casta

Chapora-Ästuar, Goa
Indien, Arabisches Meer
April bis Mai 1975

10,9 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Mytilus edulis¹

Weichteile

Organismenlänge 4-6 cm
Februar bis November 1973
verschiedene marine und
Ästuar-Standorte der
deutschen Nord- und Ostsee

Ems-Ästuar

6,8 - 8,5 mg/kg TG

Nordfriesisches

Wattenmeer

7,3 - 14 mg/kg TG

Ostsee-Küstengewässer

3,6 - 5,0 mg/kg TG

(Lit. K08)

Mytilus edulis¹

Küstengewässer, UK (s. Karte 4)
1970 bis 1971

Weichteile

Town Quay

15 mg/kg TG

Hamble

9,5 mg/kg TG

Lee

15 mg/kg TG

(Lit. L04)

Mytilus edulis²

Restronguet Creek,
Südwest-England
Nov. 1975 bis Sept. 1977

Weichteile

16,8 - 17,1 mg/kg TG

(Lit. K38)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: AAS

Mytilus edulis

Walney Island, UK
berichtet 1985

12,2 mg/kg TG
(Lit. B105)

Mytilus edulis

West-Norwegen
berichtet 1973

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹

1,5 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

12,4 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹

14 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

12 mg/kg TG

(Lit. L08)

Mytilus edulis

West-Grönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n = 18 (Anzahl der Organismen)

16,7 mg/kg TG

n = 11 (Anzahl der Organismen)

14,1 mg/kg TG

n = 15 (Anzahl der Organismen)

14,3 mg/kg TG

(Lit. B06)

Mytilus edulis³

Moreton's Harbour, Neufundland

berichtet 1975

Weichteile

nahe As-Emissionsquelle

5,3 ± 5,4 mg/kg TG

Kontrollstandort

1,6 ± 0,5 mg/kg TG

(Lit. P03)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

³ TG bei 80 °C

Mytilus viridis

Küstengebiet und Ästuar,
Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

3 Standorte

8,2 - 9,6 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Ostrea edulis¹

Probenahmestandorte, UK

1970 bis 1971

Weichteile

Helford-Ästuar, Cornwall

8,2 mg/kg TG

Blackwater-Ästuar, Essex

6,9 mg/kg TG

Poole, Dorset

2,6 mg/kg TG

(Lit. L04)

Ostrea edulis²

Restronguet Creek,

Südwest-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

Weichteile

16,9 - 17,2 mg/kg TG
(Lit. K38)

Ostrea edulis

Restronguet Creek (unterer), UK
berichtet 1985

17 - 39 mg/kg TG
(Lit. B105)

Scrobicularia plana

Tees-Ästuar (Bran Sands), UK
berichtet 1985

16,7 mg/kg TG
(Lit. B105)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Scrobicularia plana¹

verschiedene Ästuare, UK

berichtet 1980

East Looe (oberer)	31 mg/kg TG
Loughor (mittlerer)	11 mg/kg TG
Rhymney (unterer)	16 mg/kg TG
Gannel (mittlerer)	98 mg/kg TG
Restronguet Creek (oberer)	191 mg/kg TG
Camel (oberer)	27 mg/kg TG
Taf (unterer)	12 mg/kg TG
	(Lit. B111)

Spisula solidissima

Chincoteague Inlet, Va., USA

1971

Muskel	1,3 ± 0,09 mg/kg FG
	(Lit. G06)

Nachtrag

Modiolus difficilis

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

39,3 mg/kg FG
(Lit. V04)

4.1.3.3 Cephalopoda - Kopffüßer

Octopus vulgaris²

Nordwest-Atlantik-Küste

n = 1

24 mg/kg TG
(Lit. W21)

Ommastrephes sloanei-pacificus

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

4,6 mg/kg FG
(Lit. V04)

pia officinalis³

Solent (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Kiemen

198,0 mg/kg TG

Mantel

73,0 mg/kg TG

(Lit. L04)

¹aus:Lit.B105 , ²aus:Lit.B31 , ³Bestimmung:Neutronenaktivierungsanalyse

4.1.4 Annelida (Ringelwürmer)

4.1.4.1 Polychaeta

Chaetopterus variopedatus

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Gesamtorganismus

46,0 mg/kg FG
(Lit. V04)

Nereis diversicolor¹

Town Quay, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Gesamtorganismus

5,2 mg/kg TG
(Lit. L04)

Nereis diversicolor²

verschiedene Ästuare, UK

berichtet 1980

Gannel (oberer)

21 mg/kg TG

Restronguet Creek (oben)

23 mg/kg TG

Hayle (oberer)

84 mg/kg TG

Tamar (oberer)

13 mg/kg TG

Severn (Sharpness)

16 mg/kg TG

Torridge (unterer)

14 mg/kg TG

Avon (mittlerer)

8 mg/kg TG

(Lit. B11)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² aus: Lit. B105

4.1.4.2 Echiurida

Urechus sp.

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Gesamtorganismus

27,6 mg/kg FG
(Lit. V04)

4.1.5 Crustacea

4.1.5.1 Cirripedia - Rankenfüßer

Balanus sp.

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Gesamtorganismus

24,4 mg/kg FG
(Lit. V04)

Lepas sp.

östl. Golf von Mexiko

Februar 1974

100 Organismen

Weichkörper

Gesamt-Arsen

7,6 mg/kg FG

südl. von Florida, USA

(24°24'N 81°59'W)

Mai 1974

92 Organismen

Gesamtkörper

Gesamt-Arsen

3,6 mg/kg FG
(Lit. J02)

4.1.5.2 Malacostraca

Callinectes sapidus¹

Nordwest-Atlantik-Küste

n = 17

1,0 - 4,4 mg/kg TG
(Lit. W21)

Cancer anthonyi²

Küstengewässer Süd-Kalifornien, USA

berichtet 1975

Carapax-Breite 15-20 cm

n = 14 (Anzahl der Organismen)

Point Vicente, kontaminiert

Muskel

17,29 ± 1,80 mg/kg FG

Santa Barbara, nicht

kontaminiert

Muskel

51,02 ± 5,12 mg/kg FG
(Lit. F29)

Cancer irroratus

Delaware Bay, New Jersey, USA

Dumping-Gebiet

1971

Fleisch

1,9 mg/kg FG
(Lit. G06)

¹ aus: Lit. B31

² Bestimmung: PIXEA (proton-induced x-ray emission analysis)

Cancer magister

Westküste Kanadas

berichtet 1973

Standort 1

n = 18 (Anzahl der Proben)

Muskel

2,2 - 27,0 mg/kg FG

Standort 2

n = 9 (Anzahl der Proben)

Muskel

2,2 - 37,8 mg/kg FG

Standort 3

n = 18 (Anzahl der Proben)

Muskel

2,4 - 17,4 mg/kg FG

Standort 4

n = 9 (Anzahl der Proben)

Muskel

2,4 - 14,0 mg/kg FG
(Lit. L17)

Carcinus maenas¹

Restronguet Creek,

Südwest-England

Nov. 1975 bis Sept. 1977

Weichteile

19,9 - 34,5 mg/kg TG
(Lit. K38)

Eualus macilentus

Neufundland, Labrador, Kanada

November 1974

Carapax-Länge 11-14 mm

Eier

2,6 - 12,7 mg/kg FG
(Lit. K10)

¹ Bestimmung: AAS

Euphausia pacifica¹

Zentraler Großmarkt
von Tokio, 1977

1,0 mg/kg TG
(Lit. K32)

Euphausia superba¹

südliches Eismeer
63°33'.00S, 132°53'.5E
Dezember 1977

0,5 mg/kg TG
(Lit. K32)

Euphausia superba¹

Zentraler Großmarkt
von Tokio, 1977

0,7 mg/kg TG
(Lit. K32)

Homarus americanus²

Nordwest-Atlantik-Küste
berichtet 1972
n = 4

0,5 - 16 mg/kg TG
(Lit. W21)

Homarus americanus³

Moreton's Harbour, Neufundland
berichtet 1975
nahe As-Emissionsquelle
Muskel

3,8 mg/kg TG
(Lit. P03)

Meganyctiphanes norvegica²

Ostsee
n = 2

1,95 - 5,5 mg/kg FG
(Lit. L26)

¹ Probe: 20 g Krill; Bestimmung: UHF plasma spectra analyzer/
emission spectrochemical analyzer

² aus: Lit. B31

³ TG bei 80 °C

Metapenaeus affinis

Küstengebiet, Goa,
Indien, Arabisches Meer
April bis Mai 1975

13,6 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Mursia gaudichaudii¹

Küstengewässer Süd-Kalifornien, USA
berichtet 1975
Santa Monica Basin, kontaminiert
n = 10 (Anzahl der Fische)
männlich

Carapax-Breite 9,0-12 cm

Mitteldarmdrüse	3,27 - 25,8 mg/kg FG
Gonade	3,79 - 30,54 mg/kg FG
Muskel	2,10 - 10,08 mg/kg FG

(Lit. F29)

Nephros norvegicus²

Ostsee
berichtet 1971
Schwanzmuskel
n = 1

8,0 mg/kg TG
(Lit. L26)

Palaemon elegans³

Hamble (s. Karte 4)
1970 bis 1971
Gesamtorganismus

16,0 mg/kg TG
(Lit. L04)

¹ Bestimmung: AAS

² aus: Lit. B31

³ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Pandalus sp.

in der Nähe der
Japanischen Inseln

1958

Weichteile

0,83 mg/kg AG
(Lit. FO2)

Pandalus borealis

berichtet 1973

Skagerrak

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹

2,5 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

29,5 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

30 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

37 mg/kg TG

Oslofjord

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹

1,8 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

36,5 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹

42 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

39 mg/kg TG

(Lit. LO8)

Pandalus borealis

West-Grönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

Kopf und Schale

n = 2 (Anzahl der Organismen)

68,3 mg/kg TG

Muskel

n = 2 (Anzahl der Organismen)

61,6 mg/kg TG

(Lit. BO6)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Pandalus borealis

Neufundland/Labrador, Kanada

November 1974

Carapax-Länge 22-28 mm

Eier

9,3 - 14,0 mg/kg FG

Carapax-Länge 23-28 mm

Eier

5,3 - 15,8 mg/kg FG

Carapax-Länge 23-26 mm

Eier

3,7 - 11,7 mg/kg FG

(Lit. K10)

Pandalus montagui

Neufundland/Labrador, Kanada

November 1974

Carapax-Länge 16-24 mm

Eier

4,0 - 12,3 mg/kg FG

Carapax-Länge 16-23 mm

Eier

6,8 - 19,6 mg/kg FG

(Lit. K10)

Penaeus monodon

Ästuar, Goa, Indien,

Arabisches Meer

April bis Mai 1975

2 Standorte

9,3 und 11,2 mg/kg TG

(Lit. Z01)

Penaeus setiferus¹

Nordwest-Atlantik-Küste

berichtet 1972

n = 6

2,2 - 6,3 mg/kg TG

(Lit. W21)

¹ aus: Lit. B31

Portunus pelagicus

Küstengebiet und Ästuare,
Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

3 Standorte

11,3 - 25,2 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Portunus sp.

östl. Golf von Mexiko

Februar 1974

1 Organismus

Gesamtkörper

Gesamt-Arsen

5,5 mg/kg FG

südl. von Florida, USA

(24° 24' N 81° 59' W)

Mai 1974

5 Organismen

Gesamtkörper

Gesamt-Arsen

6,5 mg/kg FG
(Lit. J02)

4.1.6 Chaetognatha (Pfeilwürmer)

Sagitta sp.

Strathcona Sound,

kanadische Arktis

August 1975

n > 200 (Anzahl der Organismen)

Tiefe 185 m

Tiefe 295 m

7,5 mg/kg TG
7,7 mg/kg TG
(Lit. B27)

4.1.7 Echinodermata (Stachelhäuter)

4.1.7.1 Asteroidea - Seesterne

Asterias amurensis

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

51,2 mg/kg FG
(Lit. V04)

Asterias rubens¹

Portland, Dorset, UK

1970 bis 1971

Gesamtorganismus

10 mg/kg TG
(Lit. L04)

Distolasterias nippon

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

41,8 mg/kg FG
(Lit. V04)

Marthasterias glacialis¹

Portland, Dorset, UK

1970 bis 1971

Gesamtorganismus

5,8 mg/kg TG
(Lit. L04)

Patiria pectinifera

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

17,4 mg/kg FG
(Lit. V04)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

4.1.7.2 Echinoidea - Seeigel

Echinocardium cordatum

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

7,9 mg/kg FG
(Lit. VO4)

Strongylocentrotus droebachiensis¹

Moreton's Harbour, Neufundland

berichtet 1975

Gonade

Entfernung (m) von
einem Minen-Abfluß

0

6,0 ± 2,3 mg/kg TG

35

5,6 ± 1,5 mg/kg TG

57

3,8 ± 0,9 mg/kg TG

117

1,4 und 1,3 mg/kg TG

180

2,1 ± 1,0 mg/kg TG

189

1,9 ± 0,1 mg/kg TG

(Lit. PO3)

Strongylocentrotus droebachiensis²

Strathcona Sound, kanad. Arktis

berichtet 1979

1 km von einer Erzlagerstätte

Gesamt-Gewebe

n = 10 (Anzahl der Proben)

2,7 - 4,5 mg/kg TG

15 km von einer Erzlagerstätte

Gesamt-Gewebe

n = 3 (Anzahl der Proben)

3,4 - 4,2 mg/kg TG

Gonade

n = 3 (Anzahl der Proben)

6,8 - 16,0 mg/kg TG

(Lit. BO5)

¹ TG bei 80 °C

² TG bei 105 °C, 48 h

Strongylocentrotus intermedius

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

13,0 mg/kg FG
(Lit. VO4)

Strongylocentrotus nudus

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

16,7 mg/kg FG
(Lit. VO4)

4.1.7.3 Holothuroidea - Seegurken

Cucumaria fraudatrix

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

10,2 mg/kg FG
(Lit. VO4)

Stichopus japonicus

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

1,4 mg/kg FG
(Lit. VO4)

4.1.8 Tunicata (Manteltiere)

4.1.8.1 Ascidiace - Seescheiden

Botryllus schlosseri¹

Town Quay (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Gesamtorganismus

6,6 mg/kg TG
(Lit. LO4)

Halocynthia aurantium

berichtet 1972

Lipid-Extrakt

Weichgewebe

23,7 mg/kg FG
(Lit. VO4)

Styela clava¹

Calshot (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Gesamtorganismus

4,8 mg/kg TG
(Lit. LO4)

4.1.8.2 Thaliacea - Salpen und Feuerwalzen

Pyrosoma sp.¹

Atlantik, vor

Nordwest-Afrika

(18°N 25°W)

November 1969

1,5 mg/kg TG
(Lit. L12)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

4.1.9 Pisces (Fische)

4.1.9.1 Chondrichthyes - Knorpelfische

Carcharhinus falciformis¹

östl. des Golfstromes, nahe
Sargasso-See, Nordatlantik
berichtet 1973

2 Organismen

Muskel	< 1,0 mg/kg TG
Leber	20 mg/kg TG
Milz	3,3 mg/kg TG
	(Lit. W14)

Carcharhinus milberti¹

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia und
Florida

berichtet 1973

1 Organismus

Leber	11,2 mg/kg TG
	(Lit. W14)

Carcharhinus obscurus¹

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia und
Florida

berichtet 1973

1 Organismus

Muskel	6,0 mg/kg TG
Leber	10 mg/kg TG
Gehirn	10 mg/kg TG
Jungfisch ²	

Gesamtorganismus	2,2 mg/kg TG
	2,8 mg/kg TG
	(Lit. W14)

¹ Bestimmung: AAS

² "pup"

Carcharias sorrakowah

Küstengebiet und Ästuar,
Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

2 Standorte

Muskel

6,3 und 10,8 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Galeorhinus australis¹

Süd-Ost-Australien,

6 Standorte

berichtet 1979

Fleisch

männlich

7 - 15 mg/kg FG

Weiblich

5 - 23 mg/kg FG

(Lit. G16)

Hexanchus griseus

Westküste Kanadas

berichtet 1973

Standort 1

n = 6 (Anzahl der Proben)

Muskel

1,9 - 5,9 mg/kg FG

Standort 2

n = 4 (Anzahl der Proben)

Muskel

2,5 - 4,9 mg/kg FG

Standort 3

n = 5 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,4 - 5,6 mg/kg FG

(Lit. L17)

¹ Bestimmung: AAS

Mustelus antarcticus¹

Süd-Ost-Australien

berichtet 1979

6 Standorte

Fleisch

männlich

7 - 30 mg/kg FG

weiblich

14 - 23 mg/kg FG

(Lit. G16)

Raja eglantera¹

Nordatlantik, Küstengebiet

von Süd-Carolina, Georgia

und Florida

berichtet 1973

1 Organismus

Muskel

19 mg/kg TG

Leber

6,0 mg/kg TG

Dottersack

22 mg/kg TG

(Lit. W14)

Raja sp.

Westküste Kanadas

berichtet 1973

n = 1 (Anzahl der Proben)

Muskel

16,2 mg/kg FG

(Lit. L17)

Rhinobatus lentiginous¹

Nordatlantik, Küstengebiet

von Süd-Carolina, Georgia

und Florida

berichtet 1973

2 Organismen

Muskel

11 mg/kg TG

Leber

16 mg/kg TG

Magen

15 mg/kg TG

Dottersack

1,6 mg/kg TG

(Lit. W14)

¹ Bestimmung: AAS

Rhinoptera bonusus¹

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia
und Florida

berichtet 1973

3 Organismen

Muskel	4,7 mg/kg TG
Leber	17 mg/kg TG
Gehirn	5,4 mg/kg TG
Magen	3,7 mg/kg TG
Spiralklappe	2,2 mg/kg TG
Milz	3,8 mg/kg TG
Uterus	4,9 mg/kg TG

(Lit. W14)

Sphyrna lewini¹

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia
und Florida

berichtet 1973

1 Organismus

Muskel	2,2 mg/kg TG
Leber	6,0 mg/kg TG
Magen	1,8 mg/kg TG
Darm	1,9 mg/kg TG

(Lit. W14)

¹ Bestimmung: AAS

Sphyrna tiburo¹

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia
und Florida

berichtet 1973

1 Organismus

Muskel	14 mg/kg TG
Leber	17 mg/kg TG
Magen	8,9 mg/kg TG
Milz	17 mg/kg TG
Ovarium	17 mg/kg TG

(Lit. W14)

Squalus acanthias

Westküste Kanadas

berichtet 1973

Standort 1

n = 10 (Anzahl der Proben)

Muskel

1,7 - 5,6 mg/kg FG

Standort 3

n = 7 (Anzahl der Proben)

Muskel

1,5 - 5,6 mg/kg FG
(Lit. L17)

Squalus acanthias¹

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia
und Florida

berichtet 1973

2 Organismen

Muskel	10 mg/kg TG
Leber	5,7 mg/kg TG
Magen	< 1,0 mg/kg TG
Milz	9,8 mg/kg TG
Dottersack	9,1 mg/kg TG
Embryo	2,6 mg/kg TG

(Lit. W14)

¹ Bestimmung: AAS

4.1.9.2 Osteichthyes - Knochenfische

Actinopterygii (Strahlenflosser)

Teleostei

Acanthopagurus australis

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 22-29 cm

n = 12 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,1 - 2,4 mg/kg FG
(Lit. B30)

Anarhichas minor

Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

Muskel

n = 13 (Anzahl der Organismen)

78,3 mg/kg TG

Leber

n = 6 (Anzahl der Organismen)

40,1 mg/kg TG
(Lit. B06)

Anchoa mitchilli

Nordatlantik, Küstengebiet

von Süd-Carolina, Georgia

und Florida

berichtet 1973

6 Organismen

Muskel

2,1 mg/kg TG
(Lit. W14)

Anguilla anguilla¹

Marchwood, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Muskel

1,7 mg/kg TG
(Lit. L04)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Arripis trutta

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 42-51 cm

n = 8 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,1 - 0,5 mg/kg FG
(Lit. B30)

Boreogadus saida

Strathcona Sound, kanad. Arktis

August 1975

Fangtiefe 120-300 m

n = 7 (Anzahl der Organismen)

Fleisch

26 - 83 mg/kg TG

Leber

3,1 - 6,2 mg/kg TG
(Lit. B27)

Centropristes striatus¹

Nordatlantik, Küstengebiet

von Süd-Carolina, Georgia

und Florida

berichtet 1973

n = 1 (Anzahl der Organismen)

Muskel

6,4 mg/kg TG
(Lit. W14)

Chrysophrys auratus

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 19-63 cm

n = 12 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,4 - 4,4 mg/kg FG
(Lit. B30)

¹ Bestimmung: AAS

Clupea harengus

berichtet 1973

West-Norwegen

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹ 1,7 mg/kg TG

1,0 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹ 3,4 mg/kg TG

5,2 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹ 4,2 mg/kg TG

Gesamt-Arsen² 5 mg/kg TG

7 mg/kg TG

Nord-Norwegen

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹ 1,3 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹ 5,7 mg/kg TG

Gesamt-Arsen² 4 mg/kg TG

West-Norwegen

Gesamtorganismus

Fischextrakt

anorg. gebundenes Arsen¹ 0,8 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹ 28,4 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹ 27 mg/kg TG

Gesamt-Arsen² 29 mg/kg TG

Fischmehl (Fabrikprodukt)

anorg. gebundenes Arsen¹ 1,0 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹ 5,2 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹ 6,5 mg/kg TG

Gesamt-Arsen² 5 mg/kg TG

Nordsee

Gesamtorganismus

Fischmehl

anorg. gebundenes Arsen¹ 1,3 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹ 5,7 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹ 6,9 mg/kg TG

Gesamt-Arsen² 4 mg/kg TG

(Lit. L08)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Clupea harengus¹

berichtet 1971

Bottnischer Meerbusen,
Aland-See, südwestl.
Ostsee bis Danziger Bucht

Muskel

n = 34

0,165 - 2,6 mg/kg TG

südl. Ostsee

Muskel

n = 6

0,21 - 1,3 mg/kg FG

Sund

Muskel

n = 9

0,75 - 3,0 mg/kg FG

(Lit. L26)

Cynoscion nebulosus

Nordatlantik, Küstengebiet
von Süd-Carolina, Georgia
und Florida

berichtet 1973

5 Organismen

Muskel

2,5 mg/kg TG

(Lit. W14)

Etroplus suratensis

Ästuare, Goa, Indien,
Arabisches Meer

April bis Mai 1975

2 Standorte

Muskel

8,6 und 11,2 mg/kg TG

(Lit. Z01)

Gadus callarias²

1970 bis 1971

Muskel

4,8 mg/kg TG

(Lit. L04)

¹ aus: Lit. B31

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Gadus morhua¹

berichtet 1971

südl. Ostsee und
Bottnischer Meerbusen

n = 37

Muskel

0,26 - 1,05 mg/kg FG

Sund

n = 10

Muskel

0,76 - 4,6 mg/kg FG

Kattegat, Skagerrak

n = 16

Muskel

0,95 - 11,0 mg/kg FG
(Lit. L26)

Gadus morhua

Møre, Norwegen

berichtet 1973

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen²

1,3 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen²

23,0 mg/kg TG

Gesamt-Arsen³

20 mg/kg TG

(Lit. L08)

Gadus morhua

Neufundland/Labrador, Kanada

berichtet 1976

n = 3 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,4 - 1,5 mg/kg FG
(Lit. K10)

¹ aus: Lit. B31

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

³ Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Gadus ogac

Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n = 4 (Anzahl der Organismen)

Muskel

62,5 mg/kg TG

n = 6 (Anzahl der Organismen)

Leber

21,9 mg/kg TG

(Lit. B06)

Gobius niger¹

Ägäisches Meer, 1973/74,

verunreinigte Gebiete

Körperlänge 11-13 cm

n ≥ 6 (Anzahl der Organismen

je Homogenat)

Fleisch

18 mg/kg TG

142 mg/kg TG

Leber

8,4 mg/kg TG

17 mg/kg TG

(Lit. G19)

Hexagrammos sp.

Westküste von Kanada

berichtet 1973

Standort 1

n = 2 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,4 mg/kg FG

Standort 2

n = 2 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,5 mg/kg FG

Standort 3

n = 2 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,4 - 0,8 mg/kg FG

Standort 4

n = 1 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,4 mg/kg FG

(Lit. L17)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse und anderes

Hippoglossoides platessoides

Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n = 4 (Anzahl der Organismen)

Muskel

188 mg/kg TG

n = 3 (Anzahl der Organismen)

Leber

240 mg/kg TG

(Lit. B06)

Hippoglossoides platessoides

Neufundland/Labrador, Kanada

berichtet 1976

n = 15 (Anzahl der Organismen)

Muskel

1,4 - 11,7 mg/kg FG

(Lit. K10)

Hydrolagus colliei

Westküste von Kanada

berichtet 1973

n = 3 (Anzahl der Proben)

Muskel

10,3 mg/kg FG

(Lit. L17)

Melanogrammus aeglefinus

Møre, Norwegen

berichtet 1973

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹

0,9 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

12,0 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹

10,8 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

17 mg/kg TG

(Lit. L08)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Microstomus pacificus¹

Küstengewässer Süd-Kalifornien, USA

berichtet 1975

Körperlänge 15-20 cm

Point Vicente, kontaminiert

n = 11 (Anzahl der Organismen)

Muskel

4,12 ± 0,62 mg/kg FG

Santa Barbara,

nicht kontaminiert

n = 12 (Anzahl der Organismen)

Muskel

2,43 ± 0,37 mg/kg FG

(Lit. F29)

Morone labrax²

Gilkicker Point, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Muskel

7,1 mg/kg TG

(Lit. L04)

Morone saxatilis

Nordatlantik, Küstengebiet

von Süd-Carolina, Georgia

und Florida

berichtet 1973

1 Organismus

Muskel

1,8 mg/kg TG

(Lit. W14)

Morone saxatilis³

Chesapeake Bay, USA

berichtet 1979

Muskel

Durchschnittswert

0,25 ± 0,13 mg/kg FG

Leber

Durchschnittswert

0,7 ± 0,4 mg/kg FG

(Lit. H14)

¹ Bestimmung: PIXEA (proton-induced x-ray emission analysis)

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

³ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse und anderes

Mugil parsia

Ästuare, Goa, Indien,

Arabisches Meer

April bis Mai 1975

2 Standorte

Muskel

8,3 und 12,6 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Mugil cephalus

New South Wales,

Australien

berichtet 1977

Körperlänge 29-38 cm

n = 12 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,1 - 3,8 mg/kg FG
(Lit. B30)

Mycteroperca phenax

berichtet 1973

Muskel

Mittelwert

1,82 mg/kg FG
(Lit. T11)

Mycteroperca tigris

berichtet 1973

Muskel

Mittelwert

2,21 mg/kg FG
(Lit. T11)

Myoxocephalus scorpius

Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n = 5 (Anzahl der Organismen)

Muskel

Leber

43,4 mg/kg TG
57,9 mg/kg TG
(Lit. B06)

Myoxocephalus scorpius¹

Strathcona Sound, Northwest-
Territorien, Kanada
berichtet 1978

n = 67 (Anzahl der Proben)

Muskel

10 - 130 mg/kg TG

Leber

14 - 320 mg/kg TG

(Lit. B32)

Oncorhynchus sp.

Westküste von Kanada
berichtet 1973

n = 5 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,4 mg/kg FG

(Lit. L17)

Pagellus erythrinus²

Küstengebiet um Rhodos,
Ägäisches Meer, Griechenland
berichtet 1972

Flosse

6,6 mg/kg TG

Auge

14 mg/kg TG

Ei

18 mg/kg TG

Kieme

7,6 mg/kg TG

Gehirn

8,3 mg/kg TG

Leber

30 mg/kg TG

Darm

27 mg/kg TG

Milz

16 mg/kg TG

Fleisch

gesamt

15 mg/kg TG

Haut

8,1 mg/kg TG

Knochen

3,2 mg/kg TG

Fisch

gesamt

14 mg/kg TG

(Lit. P22)

¹ TG bei 105 °C

² Bestimmung: AAS

Platichthys flesus¹

berichtet 1971

Ostsee

n = 2

Muskel

0,58 - 0,79 mg/kg FG

Kattegat und Skagerrak

n = 12

Muskel

1,24 - 7,4 mg/kg FG
(Lit. L26)

Platichthys flesus²

Marchwood, UK (s. Karte 4)

1970 bis 1971

Muskel

8,7 mg/kg TG
(Lit. L04)

Platycephalus fuscus

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 39-51 cm

n = 12 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,1 - 0,4 mg/kg FG
(Lit. B30)

Pleuronectes platessa¹

berichtet 1971

südl. Ostsee

n = 3

Muskel

0,84 - 1,8 mg/kg FG

Sund

n = 2

Muskel

1,8 - 5,7 mg/kg FG

Kattegat und Skagerrak

n = 1

Muskel

5,6 mg/kg FG
(Lit. L26)

¹ aus: Lit. B31

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

Pneumatophorus japonicus

in der Nähe der
Japanischen Inseln
1958

Fleisch

0,34 mg/kg AG
(Lit. F02)

Pollachius virens

berichtet 1973

Trøndelag, Norwegen

Gesamtorganismus

frischer Fisch

anorg. gebundenes Arsen¹

1,0 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

7,8 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹

7,2 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

9 mg/kg TG

West-Norwegen

Gesamtorganismus

Fisch-Extrakt

anorg. gebundenes Arsen¹

0,7 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

35,6 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹

37 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

37 mg/kg TG

(Lit. L08)

Pomatomus saltatrix

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 28-46 cm

n = 11 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,2 - 1,4 mg/kg FG
(Lit. B30)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Reinhardtius hippoglossoides

Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n = 9 (Anzahl der Organismen)

Muskel

69,8 mg/kg TG

n = 8 (Anzahl der Organismen)

Leber

93,9 mg/kg TG

(Lit. B06)

Reinhardtius hippoglossoides

Neufundland/Labrador, Kanada

berichtet 1976

n = 6 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,2 - 1,5 mg/kg FG

(Lit. K10)

Salmo gairdneri

Westküste von Kanada

berichtet 1973

n = 1 (Anzahl der Proben)

Muskel

< 0,4 mg/kg FG

(Lit. L17)

Salvelinus alpinus¹

Kuhu Lake (2 km vom Strathcona

Sound, Nordwest-Territorien,

Kanada)

berichtet 1978

n = 5 (Anzahl der Proben)

Muskel

0,3 - 0,8 mg/kg TG

Leber

0,3 - 1,2 mg/kg TG

(Lit. B32)

¹ TG bei 105 °C

Sardinella fimbriata

Küstengebiet und Ästuare,
Goa, Indien, Arabisches Meer

April bis Mai 1975

3 Standorte

Muskel

2,3 - 7,6 mg/kg TG
(Lit. Z01)

Sargus annularis¹

Ägäisches Meer, 1973/74

Körperlänge 11-15 cm

Fleisch

n ≥ 6 (Anzahl der Organismen
je Homogenat)

nicht verunreinigtes Gebiet

2,5 mg/kg TG

leicht verunreinigtes Gebiet

4,8 mg/kg TG

verunreinigte Gebiete

(Bereich für 4 Standorte)

6,4 - 9,1 mg/kg TG

Leber

n ≥ 6 (Anzahl der Organismen
je Homogenat)

nicht verunreinigtes Gebiet

30 mg/kg TG

leicht verunreinigtes Gebiet

18 mg/kg TG

verunreinigte Gebiete

(Bereich für 4 Standorte)

18 - 29 mg/kg TG

(Lit. G19)

Sciaena antarctica

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 35-132 cm

n = 12 (Anzahl der Organismen)

Muskel

< 2,3 mg/kg FG
(Lit. B30)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse und anderes

Scomber scombrus¹

1970 - 1971

Muskel

2,2 mg/kg TG
(Lit. L04)

Scomber scombrus

Süd-Norwegen

berichtet 1973

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen¹

1,8 mg/kg TG

1,1 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen¹

4,0 mg/kg TG

8,9 mg/kg TG

Gesamt-Arsen¹

4,7 mg/kg TG

9,2 mg/kg TG

Gesamt-Arsen²

6 mg/kg TG

5 mg/kg TG

(Lit. L08)

Scombrosox saurus¹

Mittelmeer (41°N 3°O)

September 1969

Muskel

5,4 mg/kg TG

Herz

6,6 mg/kg TG

Leber

8,4 mg/kg TG

(Lit. L12)

¹ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

² Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Scophthalmus aquosus¹

Fleisch

Long Island Sound, Connecticut	
Dumping-Gebiet, 1971/72	2,7 mg/kg FG
Bucht von New York	
Dumping-Gebiet, 1971/72	1,4 mg/kg FG
Barnegat Bay (Kontrollgebiet), 1972	2,8 mg/kg FG
Delaware Bay, New Jersey	
Dumping-Gebiet, 1971	1,8 mg/kg FG
Chincoteague Inlet, Virginia	
Kontrollgebiet, 1971	2,0 mg/kg FG (Lit. G06)

Sebastes marinus

Neufundland/Labrador, Kanada	
berichtet 1976	
n = 10 (Anzahl der Organismen)	
Muskel	0,4 - 1,4 mg/kg FG (Lit. K10)

Sebastes sp.

Westküste von Kanada	
berichtet 1973	
Standort 1	
n = 27 (Anzahl der Proben)	
Muskel	< 0,3 - 2,6 mg/kg FG
Standort 2	
n = 8 (Anzahl der Proben)	
Muskel	< 0,4 - 0,9 mg/kg FG
Standort 3	
n = 7 (Anzahl der Proben)	
Muskel	< 0,3 - 2,1 mg/kg FG
Standort 4	
n = 3 (Anzahl der Proben)	
Muskel	< 0,4 - 1,7 mg/kg FG (Lit. L17)

¹ Bestimmung: AAS

Seriola grandis

New South Wales, Australien

Körperlänge 57-77 cm

n = 8 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,4 - 1,0 mg/kg FG

(Lit. B30)

Sprattus sprattus¹

berichtet 1971

südl. Ostsee

n = 2

Mittelwert

1,06 - 1,72 mg/kg FG

Sund

n = 1

0,8 mg/kg FG

(Lit. L26)

Thunnus albacares

New South Wales, Australien

berichtet 1977

Körperlänge 75-158 cm

n = 8 (Anzahl der Organismen)

Muskel

0,2 - 2,2 mg/kg FG

(Lit. B30)

Thunnus thynnus

westl. von Slotterøy, Norwegen

berichtet 1973

Gesamtorganismus

anorg. gebundenes Arsen²

1,2 mg/kg TG

org. gebundenes Arsen²

8,4 mg/kg TG

Gesamt-Arsen³

5 mg/kg TG

(Lit. L08)

¹ aus: Lit. B31

² Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

³ Bestimmung: Röntgenfluoreszenz

Nachtrag

Antimora rostrata¹

Mittelatlantische Bucht, in der
Nähe eines der Bucht von New York
vorgelagerten Dumping-Gebietes, USA

Anzahl der Organismen n = 10

Muskel

21,1 mg/kg FG

Leber

4,8 mg/kg FG

(Lit. G20)

Nematonurus armatus¹

Mittelatlantische Bucht, in der
Nähe eines der Bucht von New York
vorgelagerten Dumping-Gebietes, USA

Anzahl der Organismen n = 10

Muskel

20,0 mg/kg FG

Leber

10,4 mg/kg FG

Anzahl der Organismen n = 7

Muskel

10,0 mg/kg FG

(Lit. G20)

¹ Bestimmung: AAS

4.1.10 Tetrapoda (Landwirbeltiere)

Aves (Vögel)

Calidris canutus¹

Knutt

holländisches Wattenmeer

(s. Karte 5)

Adulte

Federschaft

Schiermonnikoog, 1979

1,03 ± 0,59 mg/kg TG

Vlieland, 1979-1982

weiblich

0,49 ± 0,07 mg/kg TG
(Lit. G45)

Tringa totanus robusta¹

Rotschenkel

holländisches Wattenmeer

(s. Karte 5)

Juvenil, 1979-1982

Federschaft

männlich und weiblich

0,78 mg/kg TG

Adulte

Federschaft

Schiermonnikoog, 1979

1,46 ± 0,37 mg/kg TG

Schiermonnikoog, 1980-1981

männlich

0,60 ± 0,23 mg/kg TG

Vlieland, 1979-1982

weiblich

1,63 ± 1,07 mg/kg TG
(Lit. G45)

Limosa lapponica¹

Pfuhlschnepfe

holl. Wattenmeer (s. Karte 5)

Federschaft

Adulte, weiblich

Schiermonnikoog, 1980

0,56 ± 0,26 mg/kg TG

Schiermonnikoog, 1981

0,47 ± 0,17 mg/kg TG

Vlieland, 1979-1982

3,17 ± 0,93 mg/kg TG

(Lit. G45)

¹ TG: 60 °C, 30 Min.; Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse

4.2 Allgemeines und Konzentrationsfaktoren

Zooplankton

kontaminierte Seen,
Nordwest-Kanada

1975

700 - 2 400 mg/kg TG
(Lit. W51)

Zooplankton

hauptsächlich Copepoden
Westgrönland, Marmorilik

Sommer 1972 und 1973

n > 500 (Anzahl der Organismen)

6,0 mg/kg TG
(Lit. B06)

Copepoden (Ruderfußkrebse)¹

verschiedene Arten

n = 5 (Anzahl der Proben)

2 - 6 mg/kg TG
(Lit. W21)

Copepoden (Ruderfußkrebse)

Strathcona Sound, kanad. Arktis

August 1975

gesamt

n > 500 (Anzahl der Organismen)

Tiefe 185 m

Tiefe 295 m

5,6 mg/kg TG
7,3 mg/kg TG
(Lit. B27)

Copepoden (Ruderfußkrebse)

Neufundland/Labrador, Kanada

gesamt

n = 4 (Anzahl der Proben)

0,9 - 1,7 mg/kg FG
(Lit. K10)

¹ aus: Lit. B31

Amphipoden (Flohkrebse)

Strathcona Sound, kanad. Arktis

August 1975

n = 10 (Anzahl der Organismen)

7,9 mg/kg TG
(Lit. B27)

Hyperinen

Neufundland/Labrador, Kanada

gesamt

n = 2 (Anzahl der Proben)

2,3 - 2,8 mg/kg FG
(Lit. K10)

Gammariden (Flohkrebse)

Neufundland/Labrador, Kanada

gesamt

n = 2 (Anzahl der Proben)

4,4 - 8,9 mg/kg FG
(Lit. K10)

Euphausiden (Leuchtkrebse)

Neufundland/Labrador, Kanada

gesamt

n = 4 (Anzahl der Proben)

1,5 - 2,3 mg/kg FG
(Lit. K10)

Garnele

südl. von Florida, USA

(24° 34' N 81° 07' W)

Mai 1974

35 Organismen

Gesamt-Arsen

12,7 mg/kg FG

südl. von Florida, USA

(24° 24' N 81° 59' W)

Mai 1974

63 Organismen

Gesamt-Arsen

2,5 mg/kg FG
(Lit. J02)

Garnele¹

San Antonio Bay, Texas

n = 8 (Anzahl der Organismen)

Gesamtorganismus

0,6 mg/kg TG
(Lit. S16)

Krabbe

Muskel

Gesamt-Arsen

3,7 mg/kg FG

anorg. gebundenes Arsen

< 0,5 mg/kg FG
(Lit. R12)

Krabbe

Muskel

6,1 - 6,4 mg/kg FG
(Lit. H25)

Krabbe²

San Antonio Bay, Texas

n = 4 (Anzahl der Organismen)

Gesamtorganismus

0,6 mg/kg TG
(Lit. S16)

Hummer

Schwanz

Gesamt-Arsen

40,5 mg/kg FG

anorg. gebundenes Arsen

< 0,5 mg/kg FG

Hepatopankreas

Gesamt-Arsen

22,5 mg/kg FG

anorg. gebundenes Arsen

0,9 mg/kg FG
(Lit. R12)

¹ "Brown shrimp"

² "Blue crab"

Invertebraten

kontaminierte Seen,
Nordwest-Kanada
1975

< 1 - 1 300 mg/kg TG
(Lit. W51)

Fisch

4 spp.

Muskel

Gesamt-Arsen

1,4 - 10,0 mg/kg FG

anorg. gebundenes Arsen

< 0,5 mg/kg FG

(Lit. R12)

Durchschnittswerte für Arsen im Michigan-See:¹

Wasser	1,59 µg/l
Sediment	15,24 mg/kg
Benthos	6,67 mg/kg
Phytoplankton	5,78 mg/kg
Zooplankton	6,24 mg/kg

Anreicherungs-faktoren:

Phytoplankton	3 635,22
Zooplankton	3 924,5
Benthos	4 194,91

(Lit. S95)

¹ Es ist nicht eindeutig, ob sich die Werte auf FG oder TG beziehen

Nachtrag

Copepoden¹

Homogenat

Mittelwert

8,2 ± 0,7 mg/kg TG
(Lit. T01)

Austern²

Frankreich, nahe Sète

Weichkörper

Mittelwert

Bereich

12,3 ± 0,3 mg/kg TG
10,3 - 14,3 mg/kg TG
(Lit. F11)

Thunfisch³

Durchschnittswert

4,6 ± 0,3 mg/kg FG
(Lit. 001)

Dorsch⁴

norwegische Küste

Fischfilet

Zunge

Rogen (juvenil)

Rogen (ausgereift)

Milch (der männl. Fische)⁵

Kiemem

Haut

Rückenwirbel

Eingeweide

Eingeweide ohne Magen

Magen, leer

Mageninhalt

Gallenblase

3,2 mg/kg FG
2,6 mg/kg FG
0,9 mg/kg FG
0,8 mg/kg FG
5,4 mg/kg FG
1,4 mg/kg FG
0,4 mg/kg FG
2,9 mg/kg FG
1,1 mg/kg FG
5,5 mg/kg FG
1,4 mg/kg FG
1,1 mg/kg FG
3,9 mg/kg FG

(Lit. J04 und J05)

¹ Trocknung bei 105-110 °C; Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse; Siebung durch 500 µm-Netz

² Etwa 2 t Austern wurden in 85 Laboratorien aus 25 Ländern bis Ende des Jahres 1977 analysiert

³ Bestimmung: Neutronenaktivierungsanalyse ÷ ⁴ Bestimmung: AAS

⁵ die weißlich, milchartig aussehende Samenflüssigkeit der männl. Fische (Milchner), welche zur Laichzeit die Hoden derselben erfüllt (Lit. B142)

"game fish" (Sportfische):¹ *Micropterus dolomieu*, *Micropterus salmoides*, *Morone chrysops*, *Morone saxatilis*, *Stizostedion vitreum*, *Pomoxis annularis*, *Pomoxis nigromaculata*, *Lepomis macrochirus*

Ost-Tennessee, USA (9 Probenahmestationen)

1980-1984

Muskel

Bereich der Mittelwerte < 0,03 - 1,6 mg/kg FG

Konzentrationsbereich < 0,03 - 3,4 mg/kg FG

(Lit. B138)

"catfish" (Katzenfische):¹ *Ictalurus punctatus*, *Polydictus olivaris*, *Ictalurus natalis*

Ost-Tennessee, USA (9 Probenahmestationen)

1980-1984

Muskel

Bereich der Mittelwerte < 0,03 - 0,03 mg/kg FG

Konzentrationsbereich < 0,03 - 0,04 mg/kg FG

(Lit. B138)

"rough fish":¹ *Cyprinus carpio*, *Aplodinotus grunniens*, *Lepisosteus osseus*, *Ictiobus niger*, *Moxostoma* sp., *Hypentelium nigricans*, *Dorosoma cepedianum*

Ost-Tennessee, USA (9 Probenahmestationen)

1980-1984

Muskel

Bereich der Mittelwerte < 0,03 - 0,03 mg/kg FG

Konzentrationsbereich < 0,03 - 0,04 mg/kg FG

(Lit. B138)

Bereich der Biokonzentrationsfaktoren in Steinfliegen (Expos.-Konz. ca. 1000 µg As/l, Expos.-Dauer 28 Tage, Durchfließtest, Arsen als Arsentrioxid, Arsenpentoxid, Natriumdihydroarsenat, Dinatriumdimethylarsenat):

Pteronarcys dorsata

(Konz. im Organismus 29 ± 16

bis 44 ± 15 mg As/kg)

33 - 45

(Lit. S97)

¹ Bestimmung: AAS

Biokonzentrationsfaktoren in Schnecken (Expos.-Konz. ca.
100 $\mu\text{g As/l}$, Expos.-Dauer 28 Tage, Durchflußtest, Arsen als
Arsenpentoxid):

Helisoma campanulata

(Konz. im Organismus $8,8 \pm 1,6 \text{ mg As/kg}$) 99

Stagnicola emarginata

(Konz. im Organismus $8,2 \pm 0,5 \text{ mg As/kg}$) 92
(Lit. S97)

Biokonzentrationsfaktor in Schnecken (Expos.-Konz. ca.
1000 $\mu\text{g As/l}$, Expos.-Dauer 28 Tage, Durchflußtest, Arsen als
Arsentrioxid):

Helisoma campanulata

(Konz. im Organismus $80 \pm 64 \text{ mg As/kg}$) 83
(Lit. S97)

Biokonzentrationsfaktoren in Schnecken (Expos.-Konz. ca.
1000 $\mu\text{g As/l}$, Expos.-Dauer 28 Tage, Durchflußtest, Arsen als
Arsenpentoxid, Arsentrioxid und Dinatriummethylarsenat):

Stagnicola emarginata

16 - 17
(Lit. S97)

Biokonzentrationsfaktor in Steinfliegen (Expos.-Konz. ca.
100 $\mu\text{g As/l}$, Expos.-Dauer 28 Tage, Durchflußtest, Arsen als
Arsenpentoxid):

Pteronarcys dorsata

(Konz. im Organismus $12 \pm 5 \text{ mg As/kg}$) 131
(Lit. S97)

5. TOXIZITÄT

5.1 PHYCOPHYTA

Plumaria elegans, 18 h	0,577 mg/l
Effekt: Entwicklungshemmung der Sporlinge ("sporelings") 7 Tage nach Exposition; Mortalität 0 % nach 7 Tagen	
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit, pH 8,1	(Lit. B75)
Cladophora sp. ¹	2,32 mg/l
Effekt: Mortalität 100 % nach 2 Wochen	
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C41)
Spirogyra sp. ¹	2,32 mg/l
Effekt: Mortalität 100 % nach 2 Wochen	
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C41)
Zygnema sp. ¹	2,32 mg/l
Effekt: Mortalität 100 % nach 2 Wochen	
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C41)

¹ aus: Lit. E30

Beginnende Schadwirkung für Algen:¹

Scenedesmus quadricauda

35 - 46 mg/l

(Lit. B67)

¹ Testverfahren: "Die Stammkulturen der Testalgen werden in unverdünntem mit Nährsalzen (KNO_3 570 mg/l, CaSO_4 200 mg/l, KH_2PO_4 140 mg/l, MgSO_4 90 mg/l, FeCl_3 3 mg/l) angereichertem städtischem Abwasser bei Tageslicht und 24 °C Raumtemperatur in 300 ml Erlenmeyerkolben mit 100 ml Kulturflüssigkeit gehalten. Das Kulturmedium der Stammkulturen wird in Abständen von zwei Monaten erneuert." ... "Danach wird das Zellmaterial aller Stammkulturkolben vereinigt." ... "Die Impfkulturen wachsen eine Woche bei Dauerbeleuchtung unter Leuchtröhren (Osram HNI 40 W und Osram HNT 40 W) bei 24 °C." ... "Vor der Beimpfung der Testkulturen aus den Impfkulturen wird das Zellmaterial über Membranfilter (Porenweite 0,6 bis 1 μm) abgesaugt und von der Kulturlösung befreit, indem das abfiltrierte Zellmaterial mit 100 ml destilliertem Wasser aufgenommen und wiederum abfiltriert wird. Das Zellmaterial verbleibt schließlich in etwa 25 ml bidest. Wasser suspendiert. Der Trübungsgrad der gewaschenen Zellsuspension wird photoelektrisch bestimmt. Die Testkulturen impft man in der Weise, daß ihr Trübungswert nach der Beimpfung einem photoelektrischen Meßwert von 20 mg/l Kieselgur entspricht. Für den Ansatz der Testkulturen der toxikologischen Abwasserverdünnungsreihen wird das Wasser des Vorfluters planktonfrei und das Abwasser trübungsfrei durch Membranfilter (Porenweite 0,6 bis 1 μm) filtriert. Nach dem Beimpfen verbleiben die Testkulturen der Abwasserverdünnungsreihen vier Tage unter Dauerbeleuchtung durch Leuchtröhren ... bei 24 °C Raumtemperatur. Die Testkulturen werden täglich einmal aufgeschüttelt. Am Ende der Testzeit wird, nach intensivem Schütteln der Kulturröhrchen der jeweilige Trübungsgrad der Zellsuspension photoelektrisch gemessen."

Arsen als Natriumarsenit (NaAsO_2)

5.2 SPERMATOPHYTA

Potamogeton sp.¹

2,32 mg/l

Effekt: Mortalität 95 %

nach 1 Monat

Ergänzende Angaben:

Arsen als Natriumarsenit

(Lit. C41)

¹ aus: Lit. E30

5.3 CRUSTACEA

Beginnende Schadwirkung für Kleinkrebse:¹

Daphnia magna 4,6 mg/l
(Lit. B67)

LC₅₀ , 96 h Penaeus setiferus 24,7 mg/l

Ergänzende Angaben:

Salzgehalt 25 ‰, pH 8,3-8,7;
juvenil, statischer Biotest (Lit. C40)

LC₅₀ , 48 h Daphnia magna 7,4 mg/l

Ergänzende Angaben:

10 Daphnien, Alter 12 ± 12 h,
ohne Futter; Testmedium: Wasser
aus dem Lake Superior, USA
(pH 7,4-8,2) (Lit. B01)

¹ Testverfahren:

Verwendet werden aus Gründen "der Standardisierung nur Jungtiere, die nicht älter als 24 h sind." ... "Gefüttert werden die Daphnien mit Grünalgen der Gattung Scenedesmus." ... "Aus der von älteren Tieren befreiten Anreicherungskultur erfolgt die Beimpfung der Testkulturen mit einer Organismenzahl von 10 Tieren pro 10 ml mittels einer geeigneten Impfpipette." ... "Die Testkulturen werden bei 23 °C gehalten. Die Beurteilung der Testkulturen erfolgt nach 48 h. Erleichtert wird die Beurteilung des Schädigungsgrades der Testkulturen durch eine Prüfung der aktiven Reaktionsfähigkeit der Einzeltiere auf eine elektroakustische Beschallung mit 50 Hz (Wechselstromfrequenz des Lichtnetzes)." Arsen als Natriumarsenit (NaAsO₂)

chron. Wert (3 Wochen), <i>Daphnia magna</i>	0,52 mg/l
Ergänzende Angaben:	
5 Daphnien, Alter 12 ± 12 h, mit Futter; Effekt: Abnahme der Geburten- rate um 16 %; Testmedium: Wasser aus dem Lake Superior, USA (pH 7,4-8,2)	(Lit. B01)
chron. Wert, <i>Daphnia magna</i> ¹	0,912 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit Test: "life cycle or partial life cycle"	(Lit. E32)
IC ₅₀ , 26 h <i>Daphnia magna</i> ^{1,2}	3,77 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C42)
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i>	0,961 mg/l
Effekt: 80 % Mortalität nach 7 Tagen	
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Arsen trioxid (As ₂ O ₃)	(Lit. S97)
LC ₅₀ , 3 Wochen <i>Daphnia magna</i>	2,85 mg/l
Ergänzende Angaben:	
5 Daphnien, Alter 12 ± 12 h; Testmedium: Wasser aus dem Lake Superior, USA (pH 7,4-8,2)	(Lit. B01)

¹ aus: Lit. E30

² IC₅₀ = median immobilization

5.4 PISCES

LC ₅₀ , 48 h <i>Pimephales promelas</i> ¹	644,3 mg/l (493,1 - 1 010,9)
Ergänzende Angaben: statischer Biotest; Härte 40-48 mg/l CaCO ₃ , pH 7,2-7,9; Länge der Fische 3,2 bis 4,2 cm	(Lit. C40)
LC ₅₀ , 96 h <i>Pimephales promelas</i>	82,4 mg/l
Ergänzende Angaben: statischer Biotest; Härte 40-48 mg/l CaCO ₃ , pH 7,2-7,9; Länge der Fische 3,2 bis 4,2 cm	(Lit. C40)
TL ₅₀ , 96 h <i>Salmo gairdneri</i> ²	10,8 mg/l (Lit. H03)
LC ₅₀ , 28 Tage <i>Salmo gairdneri</i> ³	0,54 mg/l
Ergänzende Angaben: Embryo-Larven-Test; Arsen als Natriumarsenit	(Lit. B131)
<i>Salmo gairdneri</i> , 21 Tage ³	1,0 mg/l
Effekt: verminderte Zunahme des Fettgewichtes	
Ergänzende Angaben: juvenil; Arsen als Arsen trioxid (As ₂ O ₃)	(Lit. S98 und S99)

¹ Werte in mg Arsen trisulfid/l

² Arsenkonzentrationen 2,31-37,0 mg/l; Alter der Testfische 2 Monate, Länge 51-76 mm, Anzahl der Fische je Testkonzentration 10/Gefäß (8 l). Das für den Test verwendete Wasser wurde aus dem Whitewood Creek, USA, entnommen.

³ aus: Lit. E30

Lepomis macrochirus, 16 Wochen Effekt: geringere Überlebensrate Ergänzende Angaben: juvenil; Arsen als NaAsO ₂	0,69 mg/l (Lit. G46)
Lepomis macrochirus, 16 Wochen Effekt: histopathologische Veränderungen Ergänzende Angaben: adult; Arsen als NaAsO ₂	0,69 mg/l (Lit. G46)
LC ₅₀ , 336 h Lepomis macrochirus ¹ Ergänzende Angaben: juvenil; Arsen als Natriumarsenit	18,328 mg/l (Lit. C42)
LC ₅₀ , 48 h Lepomis macrochirus ¹ Ergänzende Angaben: Fingerlinge; Arsen als Natriumarsenit	0,29 mg/l (Lit. H49)
LT ₅₀ , 39 h Lepomis cyanellus ^{1,2} Ergänzende Angaben: juvenil; Arsen als Natriumarsenat	40,0 mg/l (Lit. S71)
Lepomis cyanellus, 2 Wochen ¹ Effekt: ultrastrukturelle Veränderungen in der Leber Ergänzende Angaben: Arsen als Natriumarsenat	31,7 mg/l (Lit. S70)

¹ aus: Lit. E30

² LT₅₀ = lethal time for 50 % mortality

LT ₅₀ , 678 h <i>Lepomis cyanellus</i> ^{1,2}	60,0 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Temp. 10 °C; Arsen als Natriumarsenat	(Lit. S69)
LT ₅₀ , 210 h <i>Lepomis cyanellus</i> ^{1,2}	60,0 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Temp. 20 °C; Arsen als Natriumarsenat	(Lit. S69)
LT ₅₀ , 124 h <i>Lepomis cyanellus</i> ^{1,2}	60,0 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Temp. 30 °C; Arsen als Natriumarsenat	(Lit. S69)
LT ₅₀ , 527 h <i>Lepomis cyanellus</i> ^{1,2}	30,0 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Temp. 20 °C; Arsen als Natriumarsenat	(Lit. S69)
LT ₅₀ , 209 h <i>Lepomis cyanellus</i> ^{1,2}	30,0 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Temp. 30 °C; Arsen als Natriumarsenat	(Lit. S69)
LC ₁₀₀ , 96 h <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> ¹	12,307 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Arsentrioxid (As ₂ O ₃)	(Lit. H49)
LC ₅₀ , 48 h <i>Oncorhynchus keta</i> ¹	8,33 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Arsentrioxid (As ₂ O ₃)	(Lit. A32)

¹ aus: Lit. E30

² LT₅₀ = lethal time for 50 % mortality

LC ₅₀ , 262 h <i>Salvelinus fontinalis</i> ¹	10,44 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C42)
LC ₅₀ , 336 h <i>Carassius auratus</i> ¹	18,618 mg/l
Ergänzende Angaben:	
juvenil; Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C42)
LC ₅₀ , 7 Tage <i>Carassius auratus</i> ¹	0,49 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Embryo-Larven-Test; Arsen als Natriumarsenit	(Lit. B131)
LC ₅₀ , 72 h <i>Notropis hudsonius</i> ¹	27,0 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Natriumarsenit	(Lit. B132)
LC ₅₀ , 336 h <i>Pimephales promelas</i> ¹	10,556 mg/l
Ergänzende Angaben:	
juvenil; Arsen als Natriumarsenit	(Lit. C42)
LC ₁₀₀ , 7 Tage <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> ¹	7,195 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Arsen trioxid (As ₂ O ₃)	(Lit. H49)
LC ₅₄ , 10 Tage <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> ¹	3,787 mg/l
Ergänzende Angaben:	
Arsen als Arsen trioxid (As ₂ O ₃)	(Lit. H49)

¹ aus: Lit. E30

5.5 MOLLUSCA

- Nassarius obsoletus, 72 h > 2,0 mg/l
Effekt: verminderter Sauerstoff-
verbrauch, abnormes Verhalten
Ergänzende Angaben:
Gewicht der Organismen 0,21 - 1,14 g FG;
Meereswasser-Temp. 20 ± 1 °C; Arsen als
Natriumarsenit (Lit. M45)
- LC₅₀ , 96 h Argopecten irradians 3,49 mg/l
Ergänzende Angaben:
statischer Biotest; Temp. 20 ± 1 °C,
Salzgehalt 25 ± 2 ‰, pH 7,0 - 8,0;
juvenil; Arsen als Natriumarsenit (Lit. N15)
- LC₀ , 48 h Crassostrea virginica 3,0 mg/l
Ergänzende Angaben:
statischer Biotest; Temp. 26 ± 1 °C,
Salzgehalt 25 ‰, pH 7,0 - 8,5;
Arsen als Natriumarsenit (Lit. C26)
- LC₅₀ , 48 h Crassostrea virginica 7,5 mg/l
Ergänzende Angaben:
statischer Biotest; Temp. 26 ± 1 °C,
Salzgehalt 25 ‰, pH 7,0 - 8,5;
Arsen als Natriumarsenit (Lit. C26)
- LC₁₀₀, 48 h Crassostrea virginica 12,0 mg/l
Ergänzende Angaben:
statischer Biotest; Temp. 26 ± 1 °C,
Salzgehalt 25 ‰, pH 7,0 - 8,5;
Arsen als Natriumarsenit (Lit. C26)

5.6 ANNELIDA

LC₅₀ , 192 h *Nereis diversicolor*¹ >14,5 mg/l

Ergänzende Angaben:

Arsen als Natriumarsenit (Lit. B133)

5.7 AMPHIBIA

LC₅₀ , 7 Tage *Gastrophryne carolinensis*¹ 0,04 mg/l

Ergänzende Angaben:

Embryo-Larven-Test; Arsen als

Natriumarsenit (Lit. B131)

5.8 BACTERIA

Beginnende Schädigung für Bakterien:¹

Escherichia coli 290 mg/l
(Lit. B67)

⁷⁴As, ⁷⁶As, ⁷⁷As sowie Arsendisulfid, -trichlorid, -trioxid und -trisulfid wirken sich negativ auf die Effektivität von Abwasserreinigungs-Prozessen aus. Bei ⁷⁴As, ⁷⁶As und ⁷⁷As treten möglicherweise toxische Wirkungen für Bakterien in Kläranlagen auf.
(Lit. E01)

¹ Testverfahren:

"Die Zellsuspension für die Beimpfung der Testkulturen wird aus 24 h-Kulturen von *Escherichia* in Eijkman-Nährlösung gewonnen. Die Organismen werden bei 4 000 U/min abzentrifugiert, mit physiolog. Kochsalzlösung gewaschen und für die Beimpfung der Testkulturen nach Abzentrifugieren aus der Waschflüssigkeit im trübungsfrei filtrierten Wasser des jeweiligen Vorfluters aufgeschwemmt."
..."wird das biologische Material quantitativ in die Teströhrchen der Abwasserverdünnungsreihen eingebracht. Die Testkulturen erhalten hierdurch einen einheitlichen Trübungswert entsprechend 200 mg/l Kieselgur. Zur Anwendung gelangt als Teststamm der aus einem Vorfluter isolierte *Escherichia*stamm V 29." "Zur Messung gelangt ... die Hemmung eines physiologischen Vorganges, der Säurebildung aus Glukose, durch die im Wasser befindlichen Giftstoffe, als Maßstab der Hemmung der Lebenstätigkeit der Bakterien. Glukose wird den Testkulturen in einer Konzentration von 10 mg/ml zugesetzt. Unter den gewählten Kulturbedingungen, Temperatur 27 °C, Ausgangs-pH 7,5 , Glukosegehalt (10 mg/ml), Peptongehalt (10 mg/ml) sowie Zellzahl...erfolgt in den durch Giftwirkung nicht gestörten Teströhrchen ein Absinken des pH-Wertes durch die Säurebildung der Bakterien aus Glukose in einer bestimmten, von der Alkalität des Testansatzes abhängigen Zeit."
Arsen als Natriumarsenit (NaAsO₂)

5.9 VERSCHIEDENES

Bereich der akuten Toxizität für:		<u>Arsen-Säure</u>
Niedere Wasserorganismen (N)		-
Kaltblütige Wirbeltiere (K)		(136 mg/kg peroral)
Warmblütige Wirbeltiere (W)		10 - 100 - 2 000 mg/kg
Mensch (M)		-
Akute Toxizität:	N > W bzw. M	-
	K > W bzw. M	-
Besondere Bedeutung für Trinkwasser aufgrund des akut toxischen Konzentrationsbereiches:		ja (Lit. A03)

Bereich der akuten Toxizität für:		<u>Arsen-Trioxid</u>
* Niedere Wasserorganismen (N)		2 - 4 mg/l
Kaltblütige Wirbeltiere (K)		10 - 100 mg/l
Warmblütige Wirbeltiere (W)		20 - 138 mg/kg
Mensch (M)		100 - 300 mg
Akute Toxizität:	N > W bzw. M	(ja)
	K > W bzw. M	nein
Besondere Bedeutung für Trinkwasser aufgrund des akut toxischen Konzentrationsbereiches:		ja

* Der für Niedere Wasserorganismen abgeschätzte Toxizitätsbereich bezieht sich auf Kleinkrebse oder Insektenlarven

(Lit. A03)

Arsen-Verbindungen

Bereich der akuten Toxizität für:

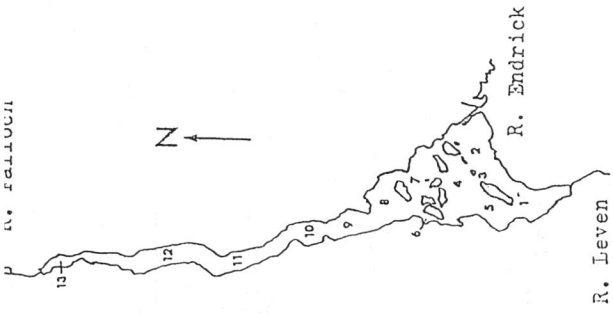
* Niedere Wasserorganismen (N)	4 - 9 mg/l
Kaltblütige Wirbeltiere (K)	1 - 23 mg/l
Warmblütige Wirbeltiere (W)	15 mg/kg
Mensch (M)	2 mg/kg (0,05 mg/l chron.)
Akute Toxizität: N > W bzw. M	(nein)
K > W bzw. M	nein

Besondere Bedeutung für Trinkwasser
aufgrund des akut toxischen Konzen-
trationsbereiches:

ja

* Der für Niedere Wasserorganismen abgeschätzte Toxizitätsbereich
bezieht sich auf Kleinkrebse oder Insektenlarven

(Lit. A03)



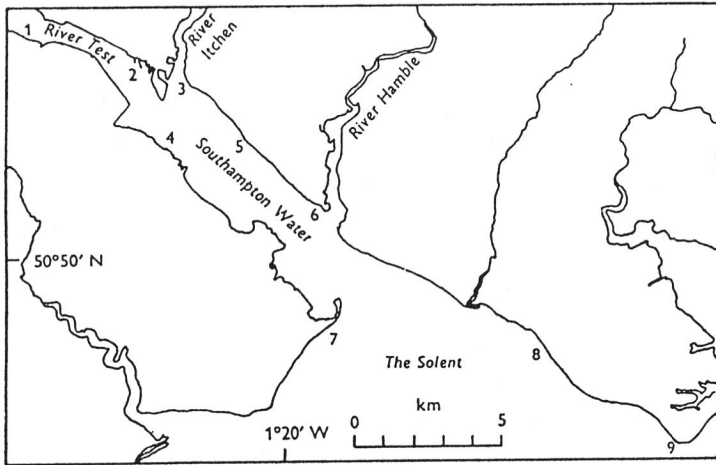
Sediment-Probenahmestellen
im Loch Lomond, Großbri-
tannien (1981-1982)

Quelle: Lit. L23

Karte 2

Quelle: Lit. S01

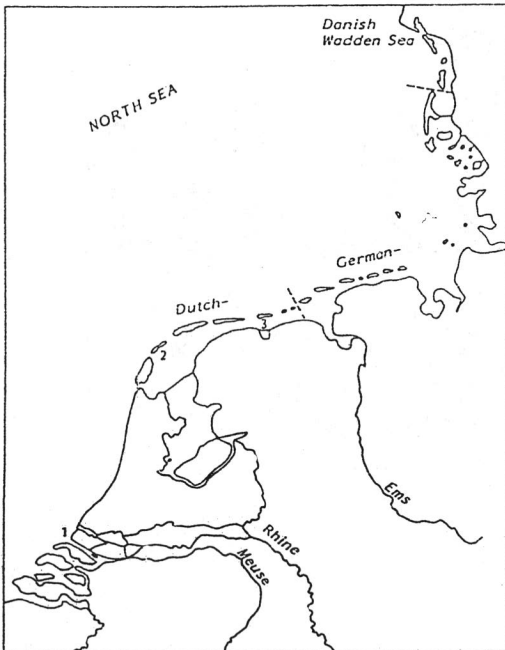
Karte 3



Probenahmestandorte im Southampton Water und im Solent, UK:
 (1) Marchwood, (2) Town Quay, (3) Woolston, (4) Hythe,
 (5) Netley, (6) Hamble, (7) Calshot, (8) Lee, (9) Gilkicker
 Point.

Quelle: Lit. L04

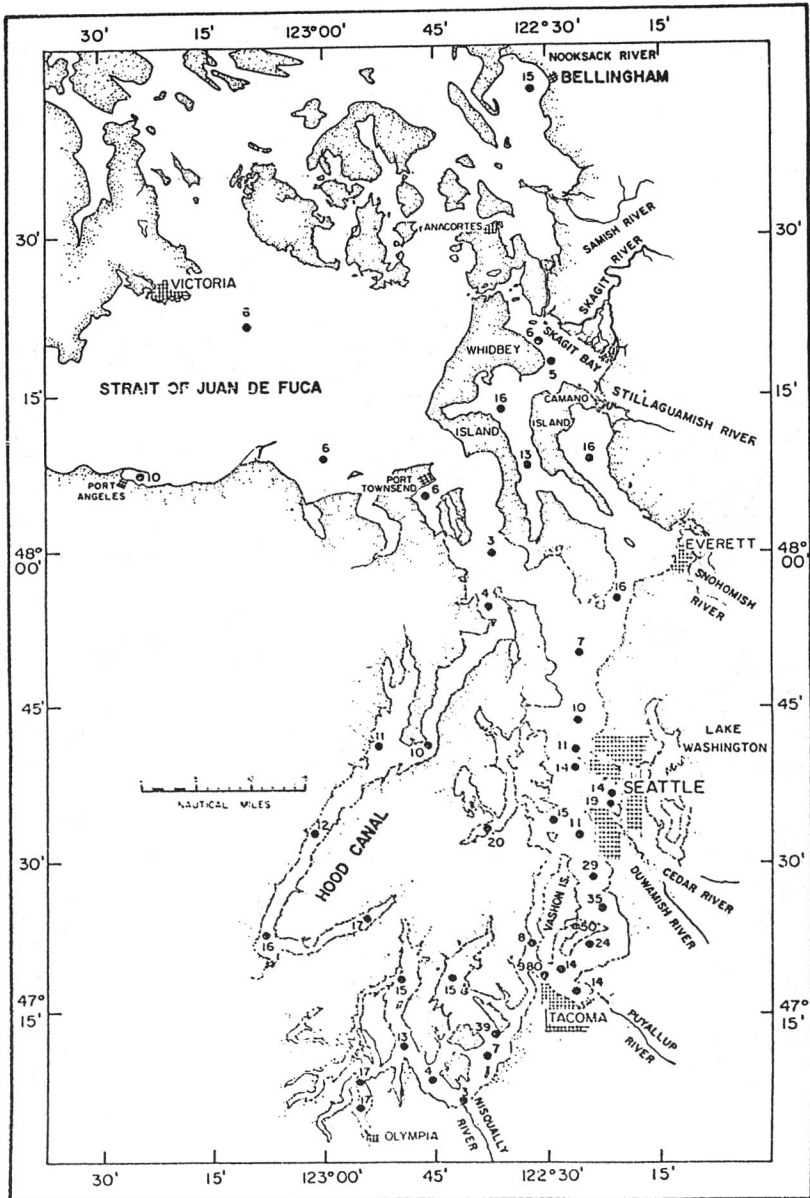
Karte 4



Untersuchungsgebiete
 für Vögel aus dem
 Holländischen
 Wattenmeer: (1) Rhein-
 mündung, (2) Insel
 Vlieland, (3) Insel
 Schiermonnikoog

Quelle: Lit. G45

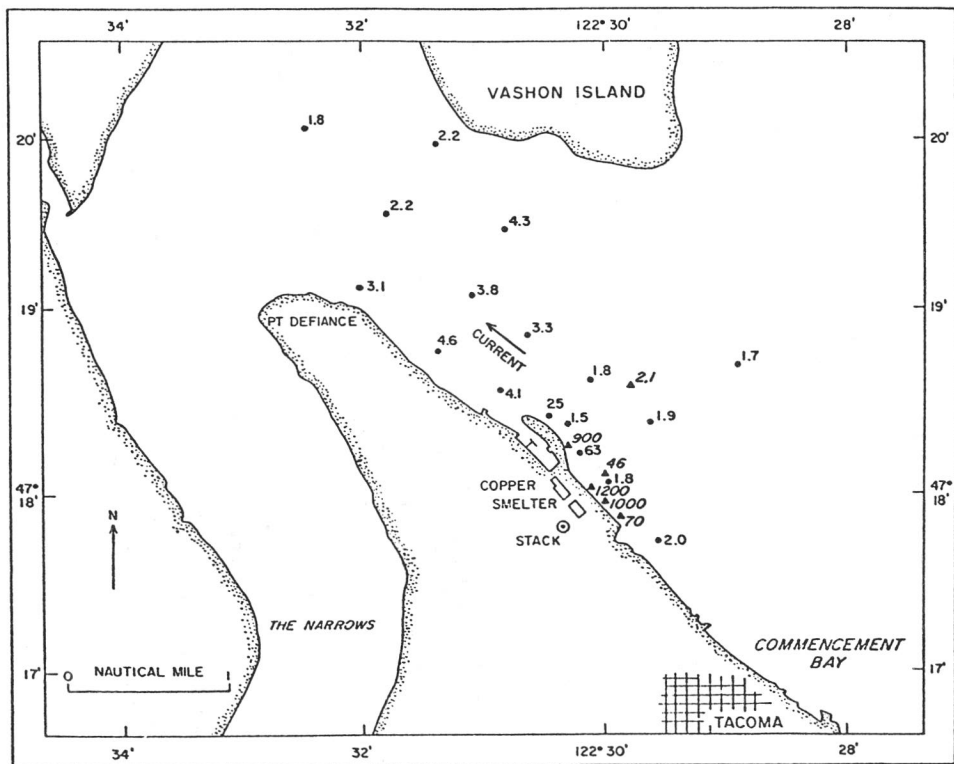
Karte 5



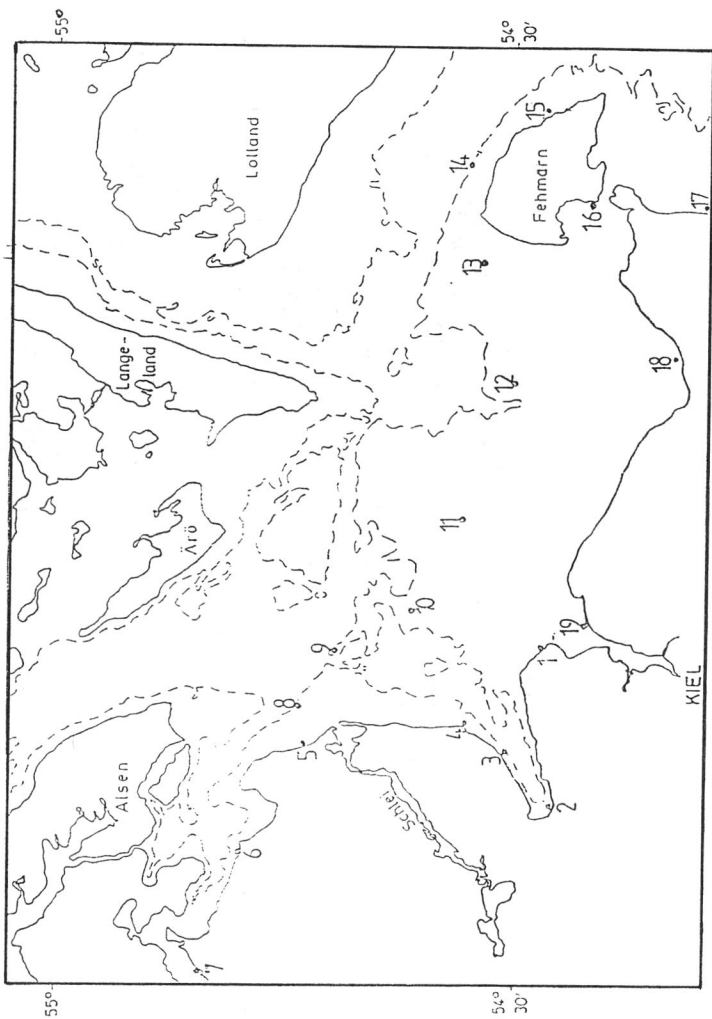
Arsen-Konzentrationen (mg/kg TG) in den Oberflächensedimenten (0-2 cm) aus dem Puget Sund, USA

Quelle: Lit. C39

Karte 6



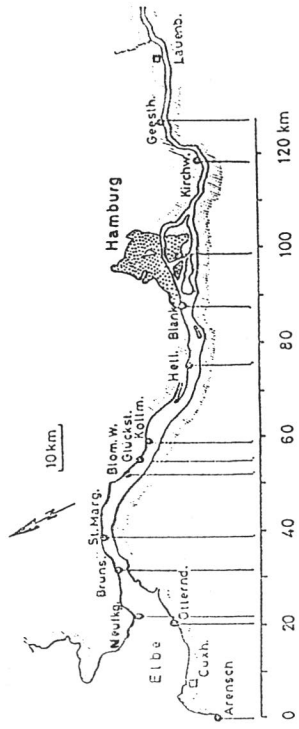
Gesamt-Arsen-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{l}$) im Oberflächenwasser nahe eines Kupfer-Hüttenwerkes, Puget Sund (USA). ● Probenahmen am 22.3.1973; ▲ Probenahmen am 25.11.1972
 Quelle: Lit. C39 Karte 7



Langzeit-Untersuchungsgebiet

in der Ostsee

Quelle: Lit. S96 Karte 8



Probenahmestellen im Bereich der Elbe, 1972-1976

Quelle: Lit. L21

Karte 9

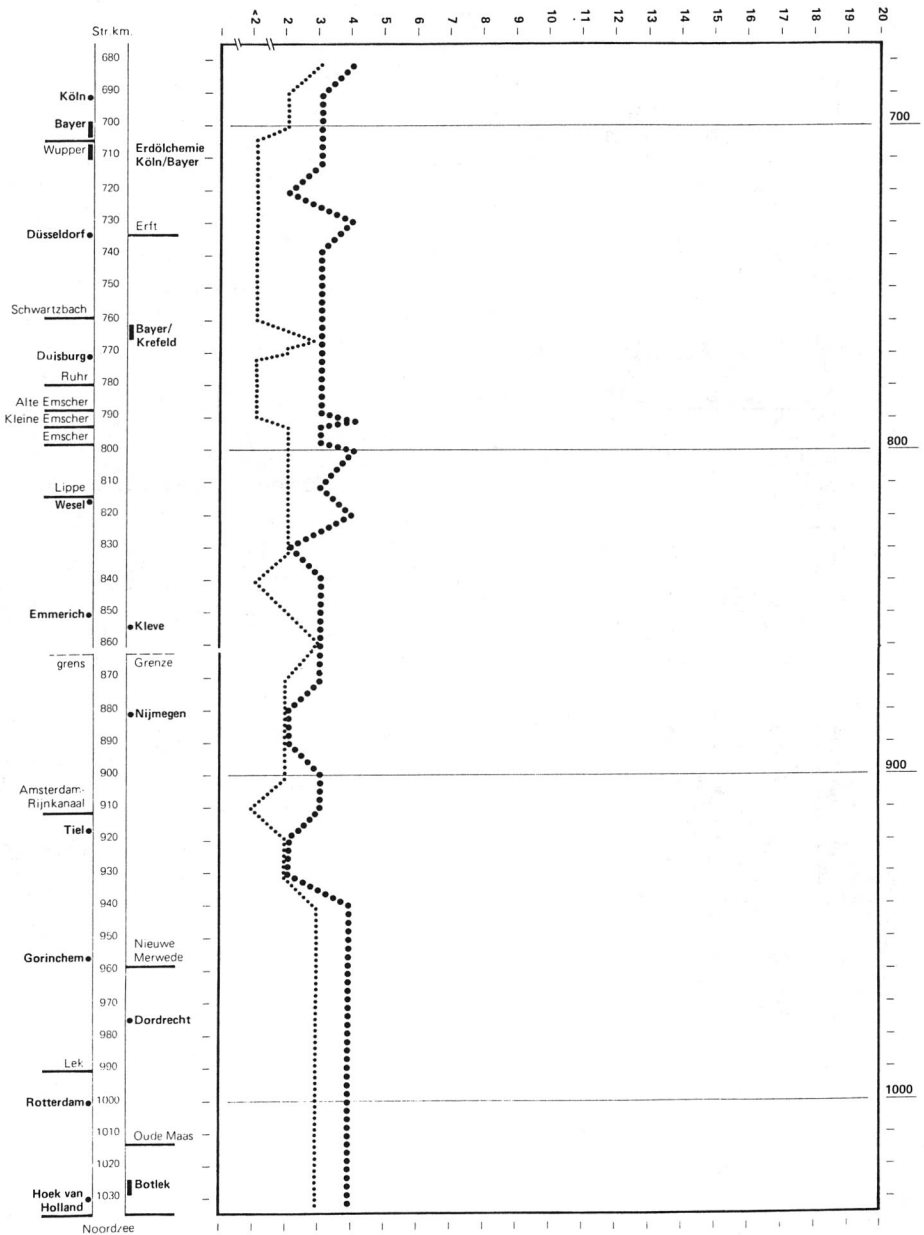
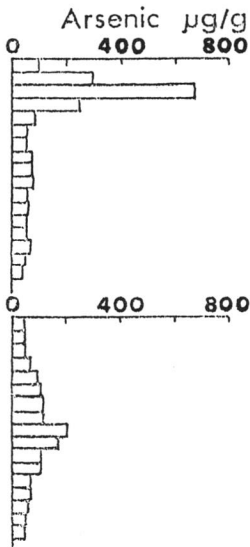


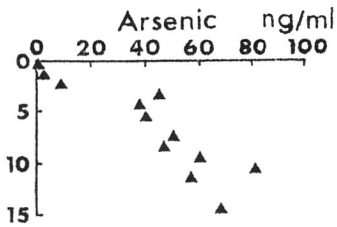
Abb. 1 Der Arsengehalt des Rheinwassers am rechten Ufer während der RIWA-Untersuchung in der fließenden Welle am 23. und 24. April 1980 (Werte in µg/l)

unfiltriert ●●●●●
 filtriert●

Quelle: Lit. R02 u. R13

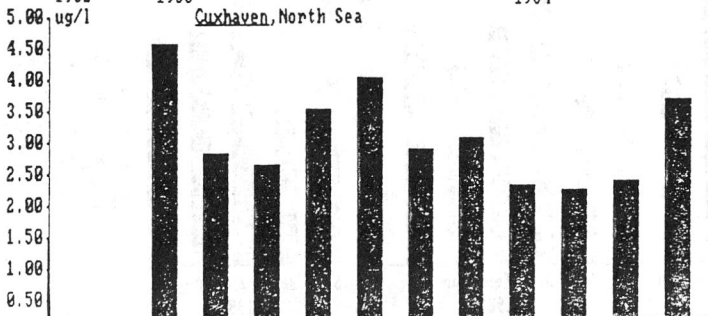
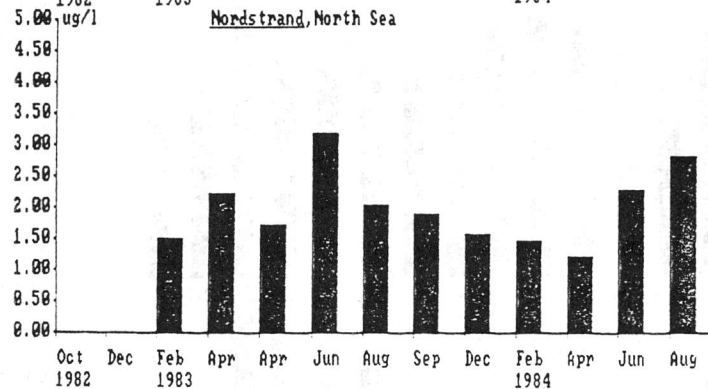
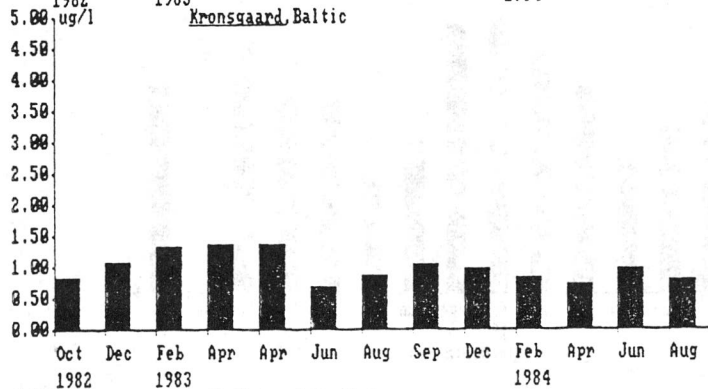
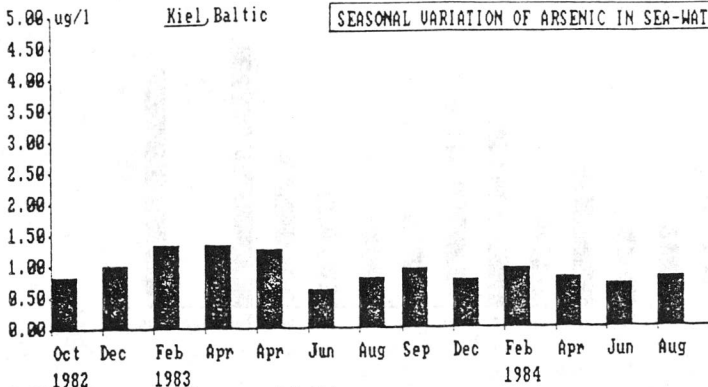


Arsen in Sedimenten aus
Loch Lomond, Großbritannien
(1981-1982)
Quelle: Lit. L23
Abb. 2



Arsen im Porenwasser von
Sedimenten aus Loch Lomond,
Großbritannien (1981-1982)
Quelle: Lit. L23
Abb. 3

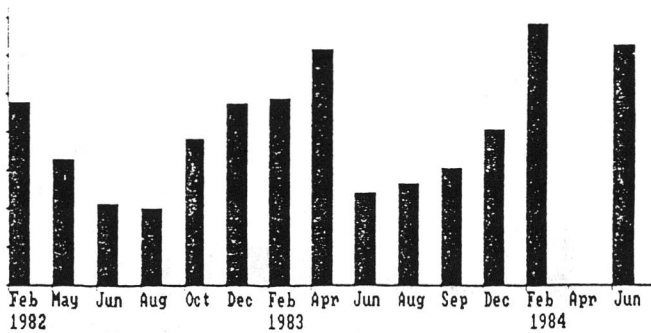
SEASONAL VARIATION OF ARSENIC IN SEA-WATER



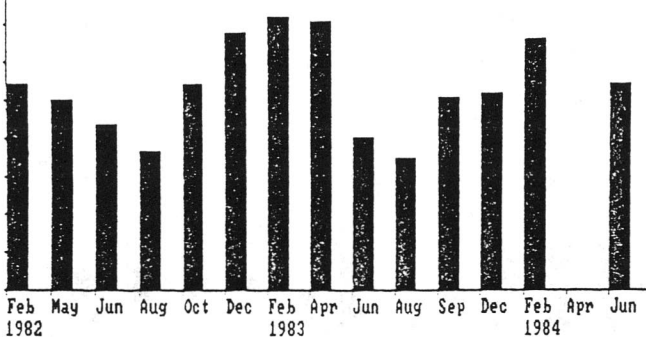
Arsen-Konzentrationen in der Ostsee und Nordsee

Quelle: Lit. S96
Abb. 4

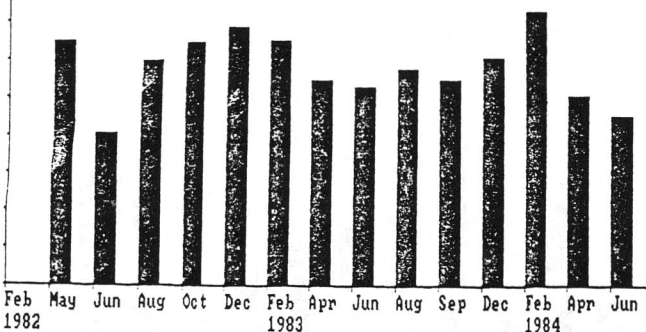
40.0 mg/kg Kiel, Baltic



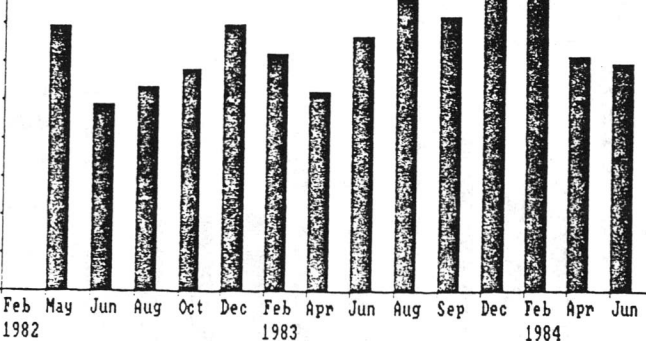
40.0 mg/kg Kronsgaard, Baltic



40.0 mg/kg Nordsstrand, North Sea



40.0 mg/kg Cuxhaven, North Sea



Arsen-Konzentrationen in *Fucus vesiculosus* aus der Ostsee und Nordsee
Quelle: Lit. S96
Abb. 5

V. Organismenlisten: Pflanzliche Organismen (Name, Klasse)

Ahnfeltia plicata	Rhodophyceae
Ascophyllum nodosum	Phaeophyceae
Caulerpa sertularoides	Chlorophyceae
Ceratophyllum demersum	Dicotyledoneae
Chlorella ovalis	Chlorophyceae
Chlorella pyrenoidosa	Chlorophyceae
Chondrus crispus	Rhodophyceae
Cladophyora sp.	Chlorophyceae
Compsopogon hookeri	Rhodophyceae
Decodon verticillatus	Dicotyledoneae
Dictyota dumosa	Phaeophyceae
Egeria densa	Monocotyledoneae
Elodea canadensis	Monocotyledoneae
Enteromorpha intestinalis	Chlorophyceae
Enteromorpha nana	Chlorophyceae
Escherichia coli	
Fucus sp.	Phaeophyceae
Fucus distichus	Phaeophyceae
Fucus serratus	Phaeophyceae
Fucus spiralis	Phaeophyceae
Fucus vesiculosus	Phaeophyceae
Gigartina mamillosa	Rhodophyceae
Halidrys siliquosa	Phaeophyceae
Halosaccion ramentaceum	Rhodophyceae
Hypnea musciformis	Rhodophyceae
Lagarosiphon major	Monocotyledoneae
Laminaria digitata	Phaeophyceae
Laminaria hyperborea	Phaeophyceae
Laminaria longicuris	Phaeophyceae
Laminaria saccharina	Phaeophyceae
Lemna sp.	Monocotyledoneae
Macrocystis pyrifera	Heterogeneratae
Myriophyllum spp.	Dicotyledoneae
Myriophyllum propinquum	Dicotyledoneae
Nuphar advena	Dicotyledoneae
Nymphaea odorata	Dicotyledoneae
Padina tetrastomatica	Phaeophyceae
Pelvetia canaliculata	Phaeophyceae
Phaeodactylum tricornutum	Chrysophyceae
Plumaria elegans	Rhodophyceae
Pontederia cordata	Monocotyledoneae
Potamogeton sp.	Monocotyledoneae
Potamogeton spp.	Monocotyledoneae
Potamogeton cheesemanii	Monocotyledoneae
Potamogeton crispus	Monocotyledoneae
Potamogeton praelongus	Monocotyledoneae
Rhodymenia palmata	Rhodophyceae
Sargassum sp.	Phaeophyceae
Sargassum filipendula	Phaeophyceae
Sargassum fluitans	Phaeophyceae
Sargassum tenerimum	Phaeophyceae
Scenedesmus quadricauda	Chlorophyceae
Scirpus sp.	Monocotyledoneae
Skeletonema costatum	Diatomophyceae
Spirogyra sp.	Conjugatophyceae
Spongomorpha arcta	Chlorophyceae

Typha orientalis
Ulva sp.
Ulva fasciata
Ulva lactuca
Zygnema sp.

Monocotyledoneae
Chlorophyceae
Chlorophyceae
Chlorophyceae
Conjugatophyceae

Quellenverzeichnis - Pflanzen

- CASPER, S.J. und H.-D. KRAUSCH. 1980. Pteridophyta und Anthophyta-1. Teil: Lycopodiaceae bis Orchidaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 23. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- COOK, C.D.K. et al. 1974. Water Plants of the World. Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague.
- DREBES, G. 1974. Marines Phytoplankton. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- FASSETT, N.C. 1975. A Manual of Aquatic Plants. The University of Wisconsin Press.
- FOTT, B. 1971. Algenkunde. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- GAMS, H. 1974. Kleine Kryptogamenflora. Band Ib: Makroskopische Meeresalgen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- HÄUSLER, J. 1982. Schizomycetes. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 20. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- HUSTEDT, F. 1969. Kieselalgen (Diatomeen). Kosmos-Verlag, Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- KALBE, L. 1973. Kieselalgen in Binnengewässern. Die Neue Brehm-Bücherei. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg, Lutherstadt.
- KLOTTER, H.-E. 1970. Grünalgen (Chlorophyceen). Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- LÜNING, K. 1985. Meeresbotanik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- PANKOW, H. 1976. Algenflora der Ostsee. II. Plankton (einschl. benthischer Kieselalgen). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- ROTHMALER, W. 1972. Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und BRD. Gefäßpflanzen. Volk und Wissen, Volkseigener Verlag, Berlin.
- ROTHMALER, W. 1984. Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. Band 1: Niedere Pflanzen - Grundband. Volk und Wissen, Volkseigener Verlag, Berlin.

SCHMEIL-FITSCHEN. 1973. Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. Quelle & Meyer, Heidelberg.

STREBLE, H. und D. KRAUTER. 1973. Das Leben im Wassertropfen. Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

URANIA Pflanzenreich - Niedere Pflanzen. 1974. Urania Verlag, Leipzig, Jena, Berlin.

van den HOEK. 1978. Algen - Einführung in die Phykologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Tierische Organismen (Name, Klasse)

<i>Acanthopagurus australis</i>	Osteichthyes
<i>Acmaea pallida</i>	Gastropoda
<i>Anar(r)hichas minor</i>	Osteichthyes
<i>Anchoa mitchilli</i>	Osteichthyes
<i>Anguilla anguilla</i>	Osteichthyes
<i>Anodonta cygnea</i>	Lamellibranchiata
<i>Antimora rostrata</i>	Osteichthyes
<i>Aplodinotus grunniens</i>	Osteichthyes
<i>Argopecten irradians</i>	Lamellibranchiata
<i>Arripis trutta</i>	Osteichthyes
<i>Asterias amurensis</i>	Asteroidea
<i>Asterias rubens</i>	Asteroidea
<i>Balanus</i> sp.	Cirripedia
<i>Boreogadus saida</i>	Osteichthyes
<i>Botryllus schlosseri</i>	Ascidiae
<i>Buccinum undatum</i>	Gastropoda
<i>Busycon canaliculatum</i>	Gastropoda
<i>Calidris canutus</i>	Aves
<i>Callinectes sapidus</i>	Malacostraca
<i>Cancer anthonyi</i>	Malacostraca
<i>Cancer irroratus</i>	Malacostraca
<i>Cancer magister</i>	Malacostraca
<i>Carassius auratus</i>	Osteichthyes
<i>Carcharhinus falciformis</i>	Chondrichthyes
<i>Carcharhinus milberti</i>	Chondrichthyes
<i>Carcharhinus obscurus</i>	Chondrichthyes
<i>Carcharias sorrakowah</i>	Chondrichthyes
<i>Carcinus maenas</i>	Malacostraca
<i>Cardium edule</i>	Lamellibranchiata
<i>Centropristes striatus</i>	Osteichthyes
<i>Cerastoderma edule</i>	Lamellibranchiata
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	Polychaeta
<i>Chrysophrys auratus</i>	Osteichthyes
<i>Clupea harengus</i>	Osteichthyes
<i>Crassostrea angulata</i>	Lamellibranchiata
<i>Crassostrea commercialis</i>	Lamellibranchiata
<i>Crassostrea cucullata</i>	Lamellibranchiata
<i>Crassostrea gryphoides</i>	Lamellibranchiata
<i>Crassostrea virginica</i>	Lamellibranchiata
<i>Crepidula fornicata</i>	Gastropoda

<i>Cucumaria fraudatrix</i>	Holothuroidea
<i>Cyanea arctica</i>	Scyphozoa
<i>Cynoscion nebulosus</i>	Osteichthyes
<i>Cyprinus carpio</i>	Osteichthyes
<i>Daphnia magna</i>	Phyllozoa
<i>Distolasterias nippon</i>	Asterozoa
<i>Dorosoma cepedianum</i>	Osteichthyes
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinozoa
<i>Etmopterus spinax</i>	Chondrichthyes
<i>Etroplus suratensis</i>	Osteichthyes
<i>Eualus macilentus</i>	Malacostraca
<i>Euphausia pacifica</i>	Malacostraca
<i>Euphausia superba</i>	Malacostraca
<i>Gadus callarias</i>	Osteichthyes
<i>Gadus mor(r)hua</i>	Osteichthyes
<i>Gadus ogac</i>	Osteichthyes
<i>Galeorhinus australis</i>	Chondrichthyes
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i>	Malacostraca
<i>Gastrophryne carolinensis</i>	Amphibia
<i>Gobius niger</i>	Osteichthyes
<i>Halichondria panicea</i>	Silicea
<i>Halocynthia aurantium</i>	Ascidiae
<i>Helisoma campanulata</i>	Gastropoda
<i>Hexagrammos sp.</i>	Osteichthyes
<i>Hexanchus griseus</i>	Chondrichthyes
<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Osteichthyes
<i>Homarus americanus</i>	Malacostraca
<i>Hydrophilus colliei</i>	Osteichthyes
<i>Hypentelium nigricans</i>	Osteichthyes
<i>Ictalurus natalis</i>	Osteichthyes
<i>Ictalurus punctatus</i>	Osteichthyes
<i>Ictiobus niger</i>	Osteichthyes
<i>Lepas sp.</i>	Cirripedia
<i>Lepisosteus osseus</i>	Osteichthyes
<i>Lepomis cyanellus</i>	Osteichthyes
<i>Lepomis macrochirus</i>	Osteichthyes
<i>Limosa lapponica</i>	Aves
<i>Littorina brevicula</i>	Gastropoda
<i>Littorina littoralis</i>	Gastropoda
<i>Littorina littorea</i>	Gastropoda
<i>Littorina obtusata</i>	Gastropoda
<i>Lolliguncula brevis</i>	Lamellibranchiata
<i>Macoma balthica</i>	Lamellibranchiata
<i>Marthasterias glacialis</i>	Asterozoa
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	Malacostraca
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Osteichthyes
<i>Mercenaria mercenaria</i>	Lamellibranchiata
<i>Meretrix casta</i>	Lamellibranchiata
<i>Metapenaeus affinis</i>	Malacostraca
<i>Metridium senile fimbriatum</i>	Anthozoa
<i>Micropterus dolomieu</i>	Osteichthyes
<i>Micropterus salmoides</i>	Osteichthyes
<i>Microstomus pacificus</i>	Osteichthyes
<i>Modiolus difficilis</i>	Lamellibranchiata
<i>Morone chrysops</i>	Osteichthyes
<i>Morone labrax</i>	Osteichthyes
<i>Morone saxatilis</i>	Osteichthyes
<i>Moxostoma sp.</i>	Osteichthyes

Mugil cephalus	Osteichthyes
Mugil parsia	Osteichthyes
Mursia gaudichaudii	Malacostraca
Mustelus antarcticus	Chondrichthyes
Mycteroperca phenax	Osteichthyes
Mycteroperca tigris	Osteichthyes
Myoxocephalus scorpius	Osteichthyes
Mytilus edulis	Lamellibranchiata
Mytilus viridis	Lamellibranchiata
Nassaris obsoletus	Gastropoda
Nephros norvegicus	Malacostraca
Nematonurus armatus	Osteichthyes
Nereis diversicolor	Polychaeta
Notropis hudsonius	Osteichthyes
Nucella lapillus	Gastropoda
Octopus vulgaris	Cephalopoda
Ommastrephes sloanei-pacificus	Cephalopoda
Oncorhynchus sp.	Osteichthyes
Oncorhynchus gorbuscha	Osteichthyes
Oncorhynchus keta	Osteichthyes
Ostrea edulis	Lamellibranchiata
Pagellus erythrinus	Osteichthyes
Palaemon elegans	Malacostraca
Pandalus sp.	Malacostraca
Pandalus borealis	Malacostraca
Pandalus montagui	Malacostraca
Patella vulgata	Gastropoda
Patiria pectinifera	Asteroidea
Pelagia sp.	Scyphozoa
Penaeus monodon	Malacostraca
Penaeus setiferus	Malacostraca
Pimephales promelas	Osteichthyes
Platichthys flesus	Osteichthyes
Platycephalus fuscus	Osteichthyes
Pleuronectes platessa	Osteichthyes
Pneumatophorus japonicus	Osteichthyes
Polinices duplicatus	Gastropoda
Pollachius virens	Osteichthyes
Polydictus olivaris	
Pomatomus saltatrix	Osteichthyes
Pomoxis annularis	Osteichthyes
Pomoxis nigromaculatus	Osteichthyes
Portunus sp.	Malacostraca
Portunus pelagicus	Osteichthyes
Pteronarcys dorsata	
Pyrosoma sp.	Thaliacea
Raja sp.	Chondrichthyes
Raja eglantera	Chondrichthyes
Reinhardtius hippoglossoides	Osteichthyes
Rhinobatus lentiginosus	Chondrichthyes
Rhinoptera bonusus	Chondrichthyes
Sagitta sp.	Sagittoidea
Salmo gairdneri	Osteichthyes
Salvelinus alpinus	Osteichthyes
Salvelinus fontinalis	Osteichthyes
Sardinella fimbriata	Osteichthyes
Sargus annularis	Osteichthyes
Sciaena antarctica	Osteichthyes

Scomber scombrus	Osteichthyes
Scombresox saurus	Osteichthyes
Scophthalmus aquosus	Osteichthyes
Scrobicularia plana	Lamellibranchiata
Sebastes sp.	Osteichthyes
Sebastes marinus	Osteichthyes
Sepia officinalis	Cephalopoda
Seriola grandis	Osteichthyes
Sphyrna lewini	Chondrichthyes
Sphyrna tiburo	Chondrichthyes
Spisula solidissima	Lamellibranchiata
Sprattus sprattus	Osteichthyes
Squalus acanthias	Chondrichthyes
Stagnicola emarginata	Gastropoda
Stichopus japonicus	Holothuroidea
Stizostedion vitreum	Osteichthyes
Strongylocentrotus droebachiensis	Echinoidea
Strongylocentrotus intermedius	Echinoidea
Strongylocentrotus nudus	Echinoidea
Styela clava	Ascidiae
Tealia felina	Anthozoa
Thunnus albacares	Osteichthyes
Thunnus thynnus	Osteichthyes
Tringa totanus robusta	Aves
Urechis sp.	Echiurida

Quellenverzeichnis - Tiere

BICK, H. 1972. Ciliated Protozoa. World Health Organization, Geneva.

BRESSLAU, E. und H.-E. ZIEGLER. 1927. Zoologisches Wörterbuch. Gustav Fischer Verlag, Jena.

BROHMER, P. 1974. Fauna von Deutschland. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg.

DANCE, P.S. (Hrsg.). 1977. Das große Buch der Meeresmuscheln. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

DONNER, J. 1973. Rädertiere. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

ELLIS, A.E. 1978. British Freshwater Bivalve Mollusca. Academic Press, London, New York, San Francisco.

GRAHAM, A. 1971. British Prosobranch and other Operculate Gastropod Molluscs. Academic Press, London, New York.

GROSPIETSCH, T. 1972. Wechseltierchen. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

INSTITUT FÜR HOCHSEEFISCHEREI UND FISCHVERARBEITUNG, ROSTOCK (Hrsg.). 1973. Wörterbuch Nutzfische. VEB Fachbuchverlag Leipzig.

KIEFER, F. 1973. Ruderfußkrebse. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

- MATTHES, D. und F. WENZEL. 1966. Die Wimpertiere. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- MORRIS, P.A. 1950. A Field Guide to the Shells. The Riverside Press, Cambridge, Massachusetts.
- MÜLLER, H. 1983. Fische Europas. Neumann Verlag, Leipzig.
- NORDSIECK, F. 1968. Die europäischen Meeres-Gehäuseschnecken. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- NORDSIECK, F. 1969. Die europäischen Meeresmuscheln. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- NORDSIECK, F. 1972. Die europäischen Meeresschnecken. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- NELSON, J.S. 1976. Fishes of the World. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto.
- OLIVER, P. 1975. Der Kosmos-Muschelführer. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- PAX, F. (Hrsg.). 1962. Meeresprodukte. Ein Handwörterbuch der marinen Rohstoffe. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee.
- REMANE, A., V. STORCH und U. WELSCH. 1976. Systematische Zoologie, Stämme des Tierreichs. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- RIEDEL, D. 1974. Fisch und Fischerei. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- STRESEMANN, E. 1976. Exkursionsfauna. Wirbellose I. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, DDR.
- STRESEMANN, E. 1976. Exkursionsfauna. Wirbellose II/2. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, DDR.
- STRESEMANN, E. 1974. Exkursions-Fauna. Wirbeltiere. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, DDR.
- THIELE, J. 1931. Handbuch der Systematischen Weichtierkunde. Band 1. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- THOMPSON, T.E. 1976. British Opisthobranch Molluscs. Academic Press, London, New York und San Francisco.
- TUCKER ABBOTT, R. 1974. American Seashells. Van Nostrand Reinhold Company, New York, Cincinnati, Toronto, London, Melbourne.

VI. Literaturliste

- A03. Althaus, H. und K.-D. Jung. 1972. Wirkungskonzentration (gesundheits-)schädigender bzw. toxischer Stoffe in Wasser für Niedere Wasserorganismen sowie Kalt- und Warmblütige Wirbeltiere einschließlich des Menschen bei oraler Aufnahme des Wassers oder Kontakt mit dem Wasser.
Erstattet für das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, durch das Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen.
- A09. Andreae, M.O. and D. Klumpp. 1979. Biosynthesis and Release of Organoarsenic Compounds by Marine Algae.
Environmental Science & Technology, 13, 6: 738-741.
- A10. Andreae, M.O. 1978.
Deep-Sea Res., 25: 391-402.
- A11. Andreae, M.O. 1979.
Limnol. Oceanogr., 24: 440-452.
- A32. Alderdice, D.F. and J.R. Brett. 1957. Toxicity of Sodium Arsenite to Young Chum Salmon.
Prog. Rep. Pacific Coast Stat. Fish. Bd. Canada, 108: 27.
- A33. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe. 1985.
Wassergütedaten der Elbe von Schnackenburg bis zur See - Zahlentafel 1984.
Bearbeitet von der Wassergütestelle Elbe, Hamburg.
- A34. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe. 1980.
Schwermetalldaten der Elbe. Bericht über die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen im Elbabschnitt von Schnackenburg bis Nordsee 1979/1980.
- A35. AGF. 1982. Schadstoffe in Nahrungsketten.
Vortragsveranstaltung der AGF. 4. und 5. November 1982, Bonn, S. 48-53.

- B01. Biesinger, K.W. and G.M. Christensen. 1972. Effects of Various Metals on Survival, Growth, Reproduction and Metabolism of *Daphnia magna*.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 29: 1691-1700.
- B05. Bohn, A. 1979. Trace Metals in Furoid Algae and Purple Sea Urchins near a High Arctic Lead/Zinc Ore Deposit.
Mar. Poll. Bull., 10: 325-327.
- B06. Bohn, A. 1975. Arsenic in Marine Organisms from West Greenland.
Mar. Poll. Bull., 6: 87-89.
- B07. Boothe, P.N. and G.A. Knauer. 1972. The Possible Importance of Fecal Material in the Biological Amplification of Trace and Heavy Metals.
Limno. Ocean., 17: 270-274.
- B27. Bohn, A. and R.O. McElroy. 1976. Trace Metals (As, Cd, Cu, Fe, and Zn) in Arctic Cod, *Boreogadus saida*, and Selected Zooplankton from Strathcona Sound, Northern Baffin Island.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 33: 2836-2840.
- B30. Bebbington, G.N., N.J. Mackay, R. Chvojka, R.J. Williams, A. Dunn and E.H. Auty. 1977. Heavy Metals, Selenium and Arsenic in Nine Species of Australian Commercial Fish.
Austral. J. Mar. Freshwat. Res., 28: 277-286.
- B31. Bernhard, M. and A. Zattera. 1975. Major Pollutants in the Marine Environment. In: Pearson and Frangipane (Eds.). Marine Pollution and Marine Waste Disposal.
Pergamon Press, N.Y., 195-300.
- B32. Bohn, A. and B.W. Fallis. 1978. Metal Concentrations (As, Cd, Cu, Pb and Zn) in Southern Sculpins, *Myoxocephalus scorpius* (Linnaeus), and Arctic Char, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus), from the Vicinity of Strathcona Sound, Northwest Territories.
Water Res., 12: 659-663.

- B43. Braman, R.S. and C.C. Foreback. 1973. Methylated Forms of Arsenic in the Environment. *Science*, 182, 4118: 1247-1249.
- B45. Bruland, K.W. 1983. Trace Elements in Sea Water. In: *Chemical Oceanography*, Vol. 8. Riley, J.P. and R. Chester (Eds.). Academic Press.
- B67. Bringmann, G. und R. Kühn. 1959. Vergleichende wasser-toxikologische Untersuchungen an Bakterien, Algen und Kleinkrebsen. *Gesundheits-Ingenieur*, 4: 115-120.
- B75. Boney, A.D., E.D.S. Corner and B.W.P. Sparrow. 1959. The Effects of Various Poisons on the Growth and Viability of Sporelings of the Red Alga *Plumaria elegans* (Bonnem.) Schm. *Biochemical Pharmacology*, 2: 37-49.
- B105. Bryan, G.W., W.J. Langston, L.G. Hummerstone and G.R. Burt. 1985. A Guide to the Assessment of Heavy-Metal Contamination in Estuaries Using Biological Indicators. Marine Biological Association of the United Kingdom, Occasional Publication Number 4.
- B111. Bryan, G.W., W.J. Langston and L.G. Hummerstone. 1980. The Use of Biological Indicators of Heavy Metal Contamination in Estuaries, with Special Reference to an Assessment of the Biological Availability of Metals in Estuarine Sediments from South-West Britain. Marine Biological Association of the United Kingdom, Occasional Publication No. 1: 73 pp.
- B131. Birge, W.J. 1979. Aquatic Toxicology of Trace Elements in Coal and Fly Ash. In: *Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems*. Thomas Hunt Morgan School of Biological Sciences, Lexington, Kentucky. *Sel. Water Res. Abs.* 12, W79-09248.
- B132. Boschetti, M.M. and T.F. McLoughlin. 1957. Toxicity of Sodium Arsenite to Minnows. *Sanitalk.*, 5: 14.

- B133. Bryan, G.W. 1976. Heavy Metal Contamination in the Sea.
In: Marine Pollution, Part 3. Academic Press.
- B135. Bottino, N.R., R.D. Newman, E.R. Cox, R. Stockton, M. Hoban, R.A. Zingaro and K.J. Irgolic. 1978. The Effects of Arsenate and Arsenite on the Growth and Morphology of the Marine Unicellular Algae *Tetraselmis chui* (Chlorophyta) and *Hymenomonas carterae* (Chrysophyta). *J. Exp. Mar. Ecol.*, 33: 153-168.
- B136. Braman, R.S. 1975. Arsenic in the Environment.
In: Arsenical Pesticides. Woolson, E.A. (Ed.). ACS Symposium Series 7: 108-123.
- B138. Blevins, R.D. and O.C. Pancorbo. 1986. Metal Concentrations in Muscle of Fish from Aquatic Systems in East Tennessee, USA.
Water, Air and Soil Pollution, 29: 361-371.
- B142. Bresslau, E. und H.E. Ziegler. 1927. Zoologisches Wörterbuch.
Verlag von Gustav Fischer, Jena.
- C24. Carpenter, R. 1972. A Study Program to Identify Problems Related to Oceanic Environmental Quality in the North Pacific.
In: Baseline Studies of Pollutants in the Marine Environment. Goldberg, E.D. (Ed.), pp. 83-104. IDOE Baseline Workshop Brookhaven Nat. Lab. 24-26 May 1972.
- C25. Chamberlain, W. and J. Shapiro. 1969. On the Biological Significance of the Phosphate Analysis.
Limnol. Oceanogr., 14: 921-927.
- C26. Calabrese, A., R.S. Colier, D.A. Nelson and J.R. McInnes. 1973. The Toxicity of Heavy Metals to Embryos of American Oyster (*Crassostrea virginica*).
Marine Biol., 18: 162.
- C39. Crecelius, E.A. and R. Carpenter. 1973. Arsenic Distribution in Waters and Sediments of the Puget Sound Region. Paper Presented at First Ann. NSF Trace Contaminants Conf., Oak Ridge Natl. Lab., Oak Ridge, Tenn., Aug. 8-10, 1973.

- C40. Curtis, M.W., T.L. Copeland and C.H. Ward. 1979. Acute Toxicity of 12 Industrial Chemicals to Freshwater and Saltwater Organisms. Water Research, 13: 137-141.
- C41. Cowell, B.C. 1965. The Effects of Sodium Arsenite and Silvex on the Plankton Populations in Farm Ponds. Trans. Am. Fish. Soc., 94: 371.
- C42. Cardwell, R.D., et al. 1976. Acute Toxicity of Selected Toxicants to Six Species of Fish. Ecol. Res. Series EPA 600/3-76-008. U.S. Environ. Prot. Agency: 125.
- C45. Cowgill, U.M. 1974. The Hydrogeochemistry of Linsley Pond, North Branford, Connecticut. Arch. Hydrobiol./Suppl., 45, 1: 1-119.
- C46. Conway, H.L. 1978. Sorption of Arsenic and Cadmium and their Effects on Growth, Micronutrient Utilization, and Photosynthetic Pigment Composition of *Asterionella formosa*. J. Fish. Res. Board Can., 35: 286-294.
- C49. Carlson, H. (Ed.). 1986. Quality Status of the North Sea. A Report Compiled from Contributions by Experts of the Governments of the North Sea Coastal States and the Commission of the European Communities Prepared for the International Conference on the Protection of the North Sea, Bremen, October 31 to November 1, 1984. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft Reihe B, Nr. 16. Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg.
- D26. Durham, W.H., J.D. Hem and S.G. Heidel. 1971. Reconnaissance of Selected Minor Elements in Surface Waters of the United States, October, 1970. Geological Survey Circular 643, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C.
- D36. Deutsche Kommission zur Reinhaltung des Rheins (DKRR). 1981. Zahlentafel der physikalisch-chemischen Untersuchungen.

- D37. DeHaar, U. 1979. Abschlußbericht der Arbeitsgruppe Metalle, im SP Schadstoffe DFG.
- D41. Delfts Hydraulic Laboratory, Waterloopkundig Laboratorium. 1983. The Ecosystem of the North Sea. The Quality of Water and Sediments.
- E01. EPA-600/2-81-175- September 1981. Literature Study of the Biodegradability of Chemicals in Water. Vol. 1 Biodegradability Prediction, Advances in and Chemical Interferences with Wastewater Treatment. By: Geating, John. U.S. Environmental Protection Agency.
- E30. Environmental Protection Agency. October 1980. Ambient Water Quality Criteria for Arsenic. U.S. Environmental Protection Agency, PB 81-117327.
- E32. Environmental Protection Agency. 1980. Unpublished Laboratory Data. Environ. Res. Lab., Duluth, Minnesota. U.S. Environmental Protection Agency. Zitiert in: Lit. E30.
- F02. Fukai, R. and W. Meinke. 1959. Some Activation Analyses of Six Trace Elements in Marine Biological Ashes. Nature, 184: 815-816.
- F11. Fukai, R., B. Oegioni and D. Vas. 1978. Interlaboratory Comparability of Measurements of Trace Elements in Marine Organisms: Results of Intercalibration Exercise on Oyster Homogenate. Ocean. Acta, 1: 391-396.
- F19. Franz, J. and S. Waldstädt. 1981. Schadstoffe in Sedimenten nordrheinwestfälischer Flüsse. Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, 45: 643-667.
- F29. Fowler, B.A., R.C. Fay, R.L. Walter, R.D. Willis and W.F. Gutknecht. 1975. Levels of Toxic Metals in Marine Organisms Collected from Southern California Waters. Environmental Health Perspectives, 12: 71-76.

- F31. Ferguson, J.F. and J. Gavis. 1972. A Review of the Arsenic Cycle in Natural Waters.
Water Research, 6: 1259-1274.
- F40. Fonds, A.W., T. Kempf, A. Minderhoud and M. Sonneborn. 1979. Der Schwermetallgehalt verschiedener Wässer.
In: Aurand, K. und J. Spander (Hrsg.): Reinhaltung des Wassers. Erich Schmidt Verlag, Berlin: 78 ff.
- G06. Greig, R.A., D.R. Wenzloff, A. Adams, B. Nelson and C. Shelpuk. 1977. Trace Metals in Organisms from Ocean Disposal Sites of the Middle Eastern United States.
Arch. Envir. Contam. Toxic., 6: 395-409.
- G16. Glover, J.W. 1979. Concentration of Arsenic, Selenium and Ten Heavy Metals in School Shark, *Galeorhinus australis* (Macleay), and Gummy Shark, *Mustelus antarcticus* Gunther, from South-Eastern Australian Waters.
Austral. J. Mar. Freshwat. Res., 30: 505-510.
- G19. Grimanis, A.P., D. Zafiroopoulos and M. Vassilaki-Grimani. 1978. Trace Elements in the Flesh and Liver of Two Species from Polluted and Unpolluted Areas of the Aegean Sea.
Environ. Sci. Tech., 12: 723-726.
- G20. Greig, R.A., D.R. Wenzloff and J.B. Pearce. 1976. Distribution and Abundance of Heavy Metals in Finfish, Invertebrates, and Sediments Collected at a Deepwater Disposal Site.
Mar. Poll. Bull., 7: 185-187.
- G45. Goede, A.A. 1985. Mercury, Selenium, Arsenic and Zinc in Waters from the Dutch Wadden Sea.
Environmental Pollution (Series A), 37: 287-309.
- G46. Gilderhus., P.A. 1966. Some Effects of Sublethal Concentrations of Sodium Arsenite on Bluegills and the Aquatic Environment.
Trans. Am. Fish. Soc., 95: 289.

- H03. Hale, J.G. 1977. Toxicity of Metal Mining Wastes.
Bull. Contam. Toxicol., 17: 66.
- H14. Heit, M. 1979. Variability of the Concentrations of Seventeen Trace Elements in the Muscle and Liver of a Single Striped Bass, *Morone saxatilis*.
Bull. Environ. Contam. Toxicol., 23: 1-5.
- H25. Hoover, W.L., J.R. Melton, P.A. Howard and J.W. Bassett, Jr. 1974. Atomic Absorption Spectrometric Determination of Arsenic.
J. AOAC, 57, 1: 18-21.
- H49. Holland, A.A., et al. 1960. Toxic Effects of Organic and Inorganic Pollutants on Young Salmon and Trout.
State of Washington, Dep. Fish. Res. Bull., 5.
- H51. Hessische Landesanstalt für Umwelt (Hrsg.). 1980.
Gewässergütedaten 1979.
- I09. Irgolic, K.J., E.A. Woolson, R.A. Stockton, R.D. Newman, N.R. Bottino, R.A. Zingaro, P.C. Kearney, R.A. Pyles, S. Maeda, W.J. McShane and E.R. Cox. 1977.
Environ. Health Perspect., 19: 61-66.
- I15. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen - IKSR. 1982. Bericht der AGB an die 47. Vollversammlung über die Ergebnisse der Beratungen zur Anwendung des Übereinkommens zum Schutze des Rheins gegen chemische Verunreinigungen auf Arsen und mineralische Arsenverbindungen.
B 13/82.
- J02. Johnson, D.L. and R.S. Braman. 1975. The Speciation of Arsenic and the Content of Germanium and Mercury in Members of the Pelagic Sargassum Community. Deep-Sea Res., 22: 503-507.
- J04. Julshamn, K., J. Haugsnes and J. Eriksen. 1978. Major and Minor Element (Mineral) Levels in Products and Offal from the Fishing Industry.
Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernoering, 1: 137-144.

- J05. Julshamn, K., J. Haugsnes and F. Utne. 1978. The Contents of 14 Major and Minor Elements (Minerals) in Norwegian Fish Species and Fish Byproducts Determined by Atomic Absorption Spectrophotometry. *Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernoering*, 1: 117-135.
- K08. Karbe, L., C. Schnier and H.O. Siewers. 1977. Trace Elements in Mussels (*Mytilus edulis*) from Coastal Areas of the North Sea and the Baltic. Multielement Analyses Using Instrumental Neutron Activation Analysis. *J. Radioanal. Chem.*, 37: 927-943.
- K10. Kennedy, V.S. 1976. Arsenic Concentrations in Some Coexisting Marine Organisms from Newfoundland and Labrador. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 33: 1388-1393.
- K22. Kölle, W., K. Dorth, G. Smiricz and H. Sontheimer. 1971. Aspekte der Belastung des Rheins mit Schwermetallen. *Vom Wasser*, 38: 183-196.
- K32. Kikuchi, T. 1979. Hazardous Metal Content in Antarctic Krill. *Transactions of the Tokyo University of Fisheries*, 3: 161-164.
- K36. Klumpp, D.W. 1980. Characteristics of Arsenic Accumulation by the Seaweeds *Fucus spiralis* and *Ascophyllum nodosum*. *Marine Biology*, 58: 257-264.
- K38. Klumpp, D.W. and P.J. Peterson. 1979. Arsenic and other Trace Elements in the Waters and Organisms of an Estuary in S.W. England. *Environmental Pollution*, 19: 11-20.
- L02. Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein. 1983. Gewässerüberwachung 1. Halbjahr 1982. *Berichte des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein*, Kiel.
- L03. Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein. 1983. Gewässerüberwachung 2. Halbjahr 1982. *Berichte des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein*, Kiel.

- L04. Leatherland, T.M. and J.D. Burton. 1974. The Occurrence of some Trace Metal in Coastal Organisms with Particular Reference to the Solent Region.
J. Mar. Biol. Assn. U.K., 54: 457-468.
- L05. Lunde, G. 1972. The Analysis of Arsenic in the Lipid Phase from Marine and Limnetic Algae.
Acta Chem. Scand., 26, 7: 2642-2644.
- L06. Lunde, G. 1970. Analysis of Trace Elements in Seaweed.
J. Sci. Food Agric., 21: 416-418.
- L08. Lunde, G. 1973. Separation and Analysis of Organic-Bound and Inorganic Arsenic in Marine Organisms.
J. Sci. Food Agric., 24: 1021-1027.
- L12. Leatherland, T.M., J.D. Burton, F. Culkin, M.J. McCartney and R.J. Morris. 1973. Concentrations of Some Trace Metals in Pelagic Organisms and of Mercury in Northeast Atlantic Ocean Water.
Deep Sea Res., 20: 679-685.
- L17. LeBlanc, P.J. and A.L. Jackson. 1973. Arsenic in Marine Fish and Invertebrates.
Mar. Poll. Bull., 4: 88-90.
- L18. Lunde, G. 1973.
Acta Chem. Scand., 27: 1586-1594.
- L21. Lichtfuß, R. and G. Brümmer. 1977. Schwermetallbelastung von Elbe-Sedimenten.
Naturwissenschaften, 64: 122-125.
- L23. Lovell, M.A. and J.G. Farmer. 1983. The Geochemistry of Arsenic in the Freshwater Sediments of Loch Lomond. International Conference Heavy Metals in the Environment, Heidelberg - September 1983. Vol. 2 CEP Consultants Ltd.: 776-779.

- L26. Ljunggreen, K., B. Sjöstrand, A.G. Johnels, M. Olsson, G. Otterlind and T. Westermarck. 1971. Activation Analysis of Hg and Other Environmental Pollutants in Water and Aquatic Ecosystems.
In: Nuclear Techniques in Environmental Pollution: 373-405. IAEA/STI/Pub/268. Vienna.
- L39. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westsfalen. 1985. Gewässergütebericht '84.
Düsseldorf.
- L40. Lunde, G. 1977. Occurrence and Transformation of Arsenic in the Marine Environment.
Environmental Health Perspectives, 19: 47-52.
- L41. Lancaster, R.J., M.R. Coup and J.W. Hughes. 1971. Toxicity of Arsenic Present in Lakeweed.
New Zealand Veterinary Journal, 19, 7: 141-145.
- M06. Mackay, N.J., R.J. Williams, J.L. Kacprzac, M.N. Kazacos, A.J. Collins and E.H. Auty. 1975. Heavy Metals in Cultivated Oysters (*Crassostrea commercialis* = *Saccostrea cucullata*) from the Estuaries of New South Wales.
Austral. J. Mar. Freshwat. Res., 26: 31-46.
- M45. MacInnes, J.R. and R.P. Thurberg. 1973. Effects of Metals on the Behavior and Oxygen Consumption of the Mud Snail.
Mar. Poll. Bull., 4: 185.
- M47. Michnowicz, C.J. and T.E. Weaks. 1984. Effects of pH on Toxicity of As, Cr, Cu, Ni and Zn to *Selenastrum capricornutum* Printz.
Hydrobiologia, 118: 299-305.
- N15. Nelson, D.A., et al. 1975. Biological Effects of Heavy Metals on Juvenile Bay Scallops, *Argopecten irradians*, in Short-Term Exposures.
Bull. Environ. Contam. Toxicol., 16: 275.

001. Orvini, E., T.E. Gills and P.D. LaFleur. 1974. Method for Determination of Selenium, Arsenic, Zinc, Cadmium, and Mercury in Environmental Matrices by Neutron Activation Analysis.
Anal. Chem., 46: 1294-1297.
- P03. Penrose, W.R., R. Black and M.J. Hayward. 1975. Limited Arsenic Dispersion in Seawater, Sediments, and Biota Near a Continuous Source.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 32: 1275-1281.
- P04. Portmann, J.E. and J.P. Riley. 1964. Determination of Arsenic in Seawater, Marine Plants and Silicate and Carbonate Sediments.
Anal. Chim. Acta, 31: 509-519.
- P22. Papadopoulou, C., I. Hadzistelios and A.P. Grimanis. 1972. Schedule of Elements Distribution in the Main Organs of Fish *Pagellus erythrinus*.
Hellenic Ocean. Limnol. XI: 9 ff.
- P37. Peden, J.D., J.H. Crothers, C.E. Waterfall and J. Beasley. 1973. Heavy Metals in Somerset Marine Organisms.
Mar. Pollut. Bull., 4, 1: 7-9.
- P40. Pilipchuk, M.F. 1974. New Data on the Distribution of Arsenic in Black Sea Water.
Geokhim., 2: 309-313.
- Q01. Quentin, K.-E. and H.A. Winkler. 1974. Vorkommen und Nachweis von anorganischen Schadstoffen im Oberflächen- und Grundwasser.
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 158: 514-523.
- R01. Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA). 1979. Jahresbericht 1978. Teil A: Der Rhein.
- R02. Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA). 1981. Jahresbericht '80. Teil A: Der Rhein.
- R03. Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA). 1983. Jahresbericht '82 - Teil A: Der Rhein.

- R12. Reinke, J., J.F. Uthe, H.C. Freeman and J.R. Johnston. 1975. The Determination of Arsenic and Arsenate Ions in Fish and Shellfish by Selective Extraction and Polarography. *Environ. Letters*, 8: 371-380.
- R13. Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA). 1980. Bericht über die Untersuchung der Beschaffenheit des Rheinwassers in der fließenden Welle von Köln bis Hoek van Holland am 23. und 24. April 1980.
- R26. Ruppert, D.F., P.K. Hopke, P. Clute, W. Metzger and D. Crowley. 1974. Arsenic Concentrations and Distribution in Chautauqua Lake Sediments. *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 23: 159-169.
- R28. Rijncommissie Waterleidingberijven (RIWA). 1984. Jahresbericht 1983. Teil A: Der Rhein.
- R38. Ruhrverband. 1980. Ruhrwassergüte im Wasserwirtschaftsjahr 1979.
- R39. Ruhrverband. 1984. Ruhrwassergüte im Wasserwirtschaftsjahr 1983.
- R40. Ruhrverband. 1985. Ruhrwassergüte im Wasserwirtschaftsjahr 1984.
- R41. Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. 1980. Umweltprobleme der Nordsee: Sondergutachten. Verlag Kohlhammer, Stuttgart.
- R42. Reay, P.F. 1972. The Accumulation of Arsenic from Arsenic-Rich Natural Waters by Aquatic Plants. *The Journal of Applied Ecology*, 9: 557-565.
- S16. Sims, R.R., Jr. and B.J. Presley. 1976. Heavy Metal Concentrations in Organisms from an Actively Dredged Texas Bay. *Bull. Envir. Contam Toxic.*, 16: 520-527.
- S41. Salomons, W. and H.N. Kerdijk. 1983. Trace Metal Cycling in Lakes (IJsselmeer, The Netherlands). *International Conference Heavy Metals in the Environment, Heidelberg - September 1983. Vol. 2, CEP Consultants Ltd.:* 880-883.

- S68. Stanley, R.A. 1974. Toxicity of Heavy Metals and Salts to Eurasian Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.).
Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2, 4: 331-341.
- S69. Sorensen, E.M.B. 1976. Thermal Effects on the Accumulation of Arsenic in Green Sunfish, *Lepomis cyanellus*.
Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 4: 8-17.
- S70. Sorensen, E.M.B. 1976. Ultrastructural Changes in the Hepatocytes of Green Sunfish, *Lepomis cyanellus* Rafinesque, Exposed to Solutions of Sodium Arsenate.
J. Fish. Biol., 8: 229-240.
- S71. Sorensen, E.M.B. 1976. Toxicity and Accumulation of Arsenic in Green Sunfish, *Lepomis cyanellus*, Exposed to Arsenate in Water.
Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology, 15, 6: 756-761.
- S95. Seydel, I.S. 1972. Distribution and Circulation of Arsenic through Water, Organisms and Sediments of Lake Michigan.
Arch. Hydrobiol., 71, 1: 17-30.
- S96. Stoepler, M., M. Apel, F. Backhaus and H.W. Nürnberg. 1984. Arsenic in Sea Water and Brown Algae of the Baltic and the North Sea.
Institute of Applied Physical Chemistry, Nuclear Research Centre (KFA) Jülich, P.O. Box 1913, D-5170 Jülich, Federal Republic of Germany.
- S97. Spehar, R.L., et al. 1980. Comparative Toxicity of Arsenic Compounds and their Accumulation in Invertebrates and Fish.
Arch. Environ. Contam. Toxicol., 9: 55.
- S98. Speyer, M.R. 1974. Some Effects of Combined Chronic Arsenic and Cyanide Poisoning on the Physiology of Rainbow Trout.
M.S. Thesis, Concordia Univ., Montreal, Canada.

- S99. Speyer, M.R. and G. Leduc. 1975. Effects of Arsenic Trioxide on Growth of Rainbow Trout.
In: International Conference on Heavy Metals in the Environment. Toronto, Ontario, Canada. October, 1975.
- S100. Sagner, G. 1973. Zur Toxikologie des Arsens im Trinkwasser. Schr.-Reihe Ver. WaBoLu, Berlin-Dahlem, 40: 189.
- S101. Schramel, P., K. Samsahl and U. Paul. 1973. Some Determinations of Hg, As, Se, Sb and Br in Water Plants, Sediments and Fishes in Bavarian Rivers.
Int. J. Environ. Stud., 5: 37.
- S102. Schöttler, U. 1985. Wechselwirkungen von ausgewählten Spurenelementen mit chemisch-biologischen Prozessen bei Uferfiltration, künstlicher Grundwasseranreicherung und Untergrundpassage. Band 1.
Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern - Wasserwirtschaft -. Forschungsbericht 102 02 302/07, UBA-FB 83-083. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- S103. Surber, E.W. and M.H. Everhart. 1950. Biological Effects of Nigrosine Used for Control of Weeds in Hatchery Ponds. Prog. Fish. Cult., 12: 135.
- S106. Sims, R.R., Jr. 1975. Selected Chemistry of Primary Producers, Primary Consumers and Suspended Matter from Corpus Christi Bay and the Northwest Gulf of Mexico. M.S. Thesis, Texas A&M Univ., College Station, 65 pp. Zitiert in: Lit. T02.
- T01. Tijoe, P.S., J.J.M. de Goeij, and M. de Bruin. 1977. Determination of Trace Elements in Dried Sea-Plant Homogenate (SP-M-1) and in Dried Copepod Homogenate (MA-A-1) by Means of Neutron Activation Analysis.
Interuniv. Reactor Inst. Rept. 133-77-05, Delft, Netherlands: 14pp.
- T02. Trefry, J.H. and B.J. Presley. 1976. Heavy Metal Transport from the Mississippi River to the Gulf of Mexico.
In: Windom, H.L. and R.A. Duce (Eds.). Marine Pollutant Transfer, D.C. Heath, Lexington, MA: 39-76.

- T11. Taylor, D.D. and T.J. Bright. 1973. The Distribution of Heavy Metals in Reef-Dwelling Groupers in the Gulf of Mexico and Bahama Island.
Rept. TAMU-SG-73-208, Dept. Ocean., Texas A&M University, College Sta., Texas: 249 pp.
- U02. Umweltbundesamt. 1983. Umwelt- und Gesundheitskriterien für Arsen. Teil II: Umweltbelastung durch Arsen in der Bundesrepublik Deutschland.
Berichte 4/83. Erich Schmidt Verlag Berlin.
- U05. Ünü, M.Y. and S.W. Fowler. 1979. Factors Affecting the Flux of Arsenic through the Mussel *Mytilus galloprovincialis*.
Marine Biology, 51: 209-219.
- VO4. Vaskovsky, V.F., O.D. Korotchenko, L.P. Kosheleva and V.S. Levin. 1972. Arsenic in the Lipid Extracts of Marine Invertebrates.
Comp. Biochem. Physiol., 41B, 4: 777-784.
- W14. Windom, H., R. Stickney, R. Smith, D. White and F. Taylor. 1973. Arsenic, Cadmium, Copper, Mercury, and Zinc in Some Species of North Atlantic Finfish.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 30: 275-279.
- W20. Waldichuk, M. 1974. Some Biological Concerns in Heavy Metals Pollution.
In: Pollution and Physiology of Marine Organisms. Vernberg, F.J. and W.B. Vernberg (Eds.). Academic Press, New York, San Francisco, London.
- W21. Windom, H.L. 1972. Arsenic, Cadmium, Copper, Lead, Mercury and Zinc in Marine Biota - North Atlantic Ocean.
TDOE Workshop on Baseline Studies of Pollutants in the Marine Environment. Brookhaven Nat. Lab., 24-26 May 1972.
- W51. Wagemann, R., N.B. Snow, D.M. Rosenberg and A. Lutz. 1978. Arsenic in Sediments, Water and Aquatic Biota from Lakes in the Vicinity of Yellowknife, Northwest Territories, Canada.
Arch. Environm. Contam. Toxicol., 7: 169-191.

- W52. Woolson, F.A. 1975. Bioaccumulation of Arsenicals.
In: Arsenical Pesticides. Woolson, F.A. (Ed.). ACS
Symposium Series, 7: 97-107.
- W54. Wedepohl, K.H. 1969. Handbook of Geochemistry, Bd. II/1,
S. 33.
Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.
- Y01. Young, E.G. and W.M. Langille. 1958. The Occurrence of In-
organic Elements in Marine Algae of the Atlantic Pro-
vinces of Canada.
Canad. J. Botany, 36: 301-310.
- Z01. Zingde, M.D., S.Y.S. Singbal, C.F. Moreas, and C.V.G. Reddy.
1976. Arsenic, Copper, Zinc & Manganese in the Marine
Flora & Fauna of Coastal & Estuarine Waters Around Goa.
Indian J. Mar. Sci., 5: 212-217.

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V.

Nr. 1*:	Stooff: Chemische und physikalisch-chemische Fragen der Wasserversorgung	
Nr. 2:	Meinck: Englisch-deutsche und deutsch-englische Fachausdrücke aus dem Gebiete der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung	7,00 DM
Nr. 3:	Kisker: Die Überwachung der Grundstückskläranlagen	0,50 DM
Nr. 4:	Kolkwitz: Ökologie der Saprobien	5,00 DM
Nr. 5*:	Beger: Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie	
Nr. 6*:	Meinck/Stooff/Weldert/Kohlschütter: Industrie-Abwässer	
Nr. 7*:	Lüdemann: Die Giftwirkung des Mangans auf Fische, Krebse und Fischnährtiere	
Nr. 8:	Büsscher: Untersuchungen über den Aufwuchs in Wasserbecken und seine Bekämpfung mit Kupfersulfat	2,60 DM
Nr. 9:	Meinck/Thomaschk: Untersuchungen über den anaeroben Abbau von Viskoseschlamm	4,40 DM
Nr. 10:	Beyreis/Heller/Bursche: Beiträge zur Außenlufthygiene	9,60 DM
Nr. 11:	Steinkohlenflugasche	15,00 DM
Nr. 12*:	Bethge/Löbner/Nehls/Kettner/Lahmann: Außenlufthygiene. 1. Folge	
Nr. 13*:	Bethge/Büsscher/Zinkernagel/Löbner: Außenlufthygiene. 2. Folge	
Nr. 14a*:	Kruse: Einheitliche Anforderungen an die Trinkwasserbeschaffenheit und Untersuchungsverfahren in Europa	
Nr. 14b:	Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa	8,60 DM
Nr. 15:	Löbner: Ergebnisse von Staubbiederschlagsmessungen an verschiedenen Orten Deutschlands . .	2,00 DM
Nr. 16:	Naumann/Heller: Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien. Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen	2,50 DM

Nr. 17:	Aurand/Delius/Schmier: Bestimmung der mit Niederschlag und Staub dem Boden zugeführten Radioaktivität (Topsammelverfahren)	4,00 DM
Nr. 18*:	Naumann: 60 Jahre Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	
Nr. 19:	Abhandlungen aus dem Arbeitsgebiet des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	17,60 DM
Nr. 20:	Sattelmacher: Methämoglobinämie durch Nitrate im Trinkwasser	4,80 DM
Nr. 21:	Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1963 in Berlin	4,80 DM
Nr. 22:	Langer/Kettner: Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1964 in Köln	5,10 DM
Nr. 23:	Lahmann: Luftverunreinigung in den Vereinigten Staaten von Amerika	5,60 DM
Nr. 24*:	Mauch: Bestimmungsliteratur für Wasserorganismen in mitteleuropäischen Gebieten	
Nr. 25:	Lahmann / Morgenstern / Grupinski: Schwefeldioxid-Immissionen im Raum Mannheim/Ludwigshafen	6,80 DM
Nr. 26:	Kempf/Lüdemann/Pflaum: Verschmutzung der Gewässer durch motorischen Betrieb, insbesondere durch Außenbordmotoren	8,50 DM
Nr. 27:	Neuzeitliche Wasser-, Boden- und Lufthygiene	10,80 DM
Nr. 28:	Lahmann: Untersuchungen über Luftverunreinigungen durch den Kraftverkehr	13,40 DM
Nr. 29:	Heller/Kettner: Forschungsarbeiten über Blei in der Luft und in Staubbiederschlägen	11,60 DM
Nr. 30:	Meteorologie und Lufthygiene	19,80 DM
Nr. 31*:	Die Desinfektion von Trinkwasser	
Nr. 32:	Rattenbiologie und Rattenbekämpfung	29,40 DM
Nr. 33:	Beiträge aus dem Gebiet der Umwelthygiene	30,80 DM
Nr. 34:	Gewässer und Pestizide. 1. Fachgespräch	15,20 DM
Nr. 35:	Kettner: Geruchsbelästigende Stoffe	15,00 DM
Nr. 36:	Durchlässigkeit von Lockersedimenten – Methodik und Kritik	9,20 DM
Nr. 37:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 2. Fachgespräch	27,40 DM
Nr. 38:	Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst	34,60 DM

Nr. 39:	Schadstoff-Normierung der Außenluft in der Sowjetunion – MIK-Werte und Schutzzonen 1972 . . .	4,60 DM
Nr. 40:	Hygienisch-toxikologische Bewertung von Trinkwasserinhaltsstoffen	21,50 DM
Nr. 41:	Lufthygiene 1974	26,00 DM
Nr. 42:	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	70,00 DM
Nr. 43*:	Schwimmbadhygiene (vgl. Nr. 58)	
Nr. 44:	Zur Diskussion über das Abwasserabgabengesetz	18,00 DM
Nr. 45:	Siedlungshygiene und Stadtplanung	31,00 DM
Nr. 46:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 3. Fachgespräch	32,00 DM
Nr. 47:	Dulson: Organisch-chemische Fremdstoffe in atmosphärischer Luft	28,00 DM
Nr. 48:	Chemisch-ökologische Untersuchungen über die Eutrophierung Berliner Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Phosphate und Borate . .	35,50 DM
	Mitglieder:	17,75 DM
Nr. 49:	Lahmann/Prescher: Luftverunreinigungen in der Umgebung von Flughäfen	33,50 DM
	Mitglieder:	16,75 DM
Nr. 50:	Oetting: Hydrogeochemische Laboruntersuchungen an Bergmaterialien und einer Hochofenschlacke	43,20 DM
	Mitglieder:	21,60 DM
Nr. 51:	Gewässer und Pflanzenbehandlungsmittel IV	
	4. Fachgespräch	28,50 DM
	Mitglieder:	14,25 DM
Nr. 52:	Aktuelle Fragen der Umwelthygiene	65,00 DM
	Mitglieder:	32,50 DM
Nr. 53:	Luftqualität in Innenräumen	69,50 DM
Nr. 54:	Limnologische Beurteilungsgrundlagen der Wassergüte (Kolkwitz-Symposium)	12,50 DM
Nr. 55:	Atri: Schwermetalle und Wasserpflanzen	29,00 DM
Nr. 56:	Zellstoffabwasser und Umwelt	48,00 DM
Nr. 57:	Gewässerschutz – Abwassergrenzwerte, Bioteste, Maßnahmen	36,00 DM
Nr. 58:	Schwimmbadhygiene II	33,00 DM
Nr. 59:	Lufthygiene 1984	48,00 DM
Nr. 60:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt I	58,00 DM

Nr. 61:	Figge/Klahn/Koch: Chemische Stoffe in Ökosystemen	48,00 DM
Nr. 62:	Chemical Water and Wastewater Treatment	60,00 DM
Nr. 63:	Humanökologie – Umwelt-, Innenraum- und Siedlungshygiene	38,00 DM
Nr. 64:	Boden- und Grundwasserschutz	46,00 DM
Nr. 65:	Umwelthygiene für Ärzte und Naturwissenschaftler	78,00 DM
Nr. 66:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt II	65,00 DM
Nr. 67:	Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeuge	48,00 DM
Nr. 68:	Grundwasserbeeinflussung durch Pflanzenschutzmittel	58,00 DM
Nr. 69:	Smogepisoden	58,00 DM
Nr. 70:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt IV	76,00 DM
Nr. 71:	Haaranalyse in Medizin und Umwelt	48,00 DM
Nr. 72:	Legionellen	40,00 DM
Nr. 73:	Atri: Nickel – Elemente in der aquatischen Umwelt I	54,00 DM
Nr. 74:	Schwermetalle in der Umwelt	54,00 DM
Nr. 75:	Atri: Arsen – Elemente in der aquatischen Umwelt II	44,00 DM

Die genannten Veröffentlichungen können beim Gustav Fischer Verlag, Postfach 72 01 43, D-7000 Stuttgart 70, bestellt werden.

Mit * gekennzeichnete Nummern sind vergriffen.

Vereinsmitglieder können die Veröffentlichungen beim Verein zu Vorzugspreisen erwerben.

Der gemeinnützige Verein fördert insbesondere die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes.

Wer an Informationen über den Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. interessiert ist oder Mitglied dieses Vereins werden möchte, wende sich bitte an den Geschäftsführer, Herrn Dipl.-Ing. H. Schönberg, Telefon (030) 8 66 23 42 (Anschrift: Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V., Corrensplatz 1, D-1000 Berlin 33).

ISBN 3-437-30576-X