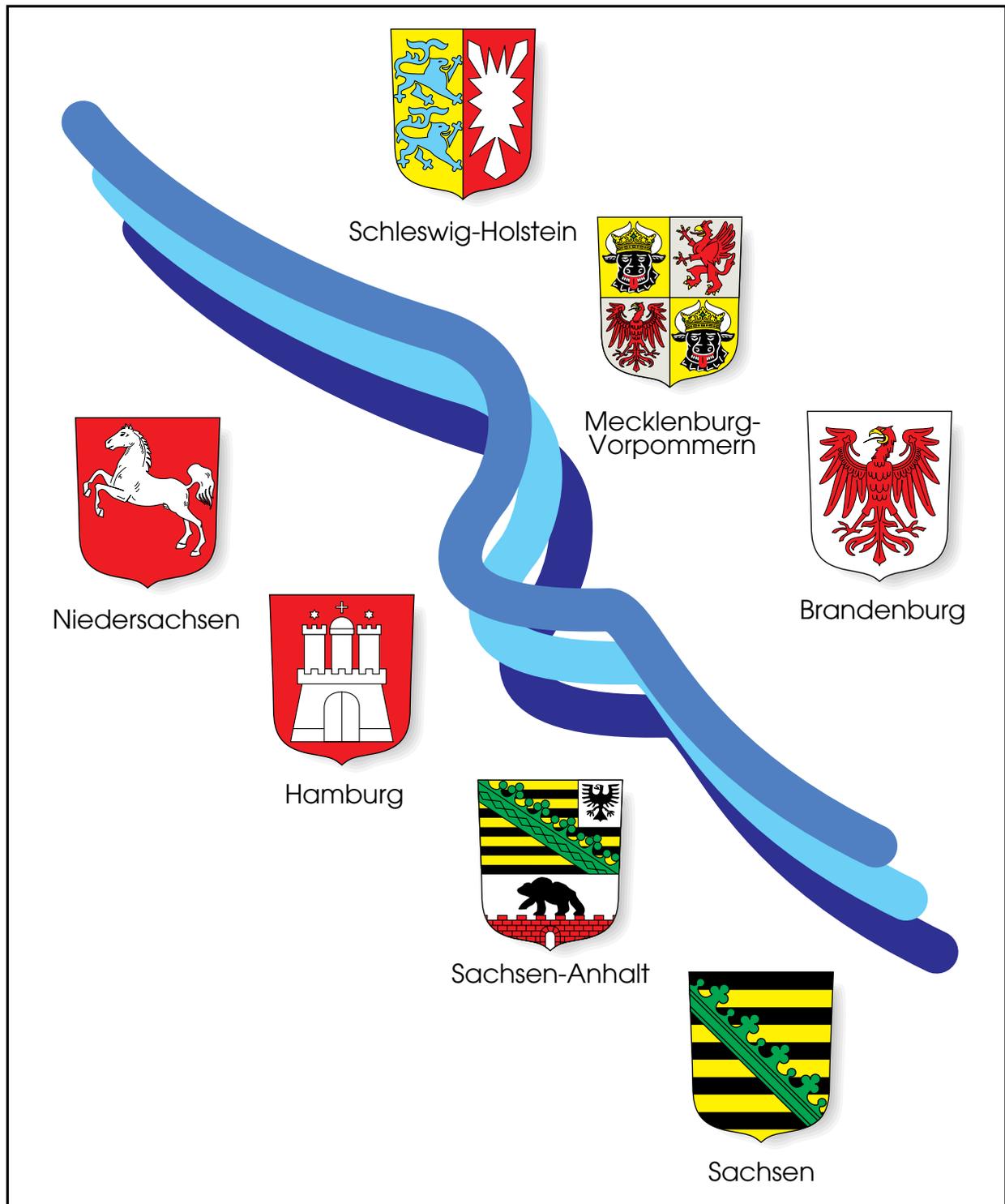


# Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



Chlorierte Ether in Wasser- und Fischgewebeproben  
der Elbe und ihrer Nebenflüsse  
(1992-2000)

**Chlorierte Ether in Wasser- und Fischgewebeproben  
der Elbe und ihrer Nebenflüsse**

(1992-2000)

Ministerium für Landwirtschaft,  
Umweltschutz und Raumordnung  
des Landes Brandenburg  
Heinrich-Mann-Allee 103  
14473 Potsdam

Behörde für Umwelt und Gesundheit  
Billstraße 84  
20539 Hamburg

Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern  
Schloßstraße 6 - 8  
19053 Schwerin

Niedersächsisches Umweltministerium  
Archivstraße 2  
30169 Hannover

Sächsisches Staatsministerium  
für Umwelt und Landwirtschaft  
Wilhelm-Buck-Straße 2  
01097 Dresden

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt  
des Landes Sachsen-Anhalt  
Olvenstedter Straße 4  
39108 Magdeburg

Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten  
des Landes Schleswig-Holstein  
Mercatorstraße 1 - 3  
24106 Kiel

Bearbeitet:

**Jutta Krinitz**  
Kösterberg 3a  
24238 Selent

**Dr. Burkhard Stachel**  
Wassergütestelle Elbe  
Neßdeich 120-121  
21129 Hamburg

Aufgestellt:

**Prof. Dr. Heinrich Reincke**  
Wassergütestelle Elbe  
Neßdeich 120-121  
21129 Hamburg



# VORWORT

Im vorliegenden Bericht werden die vorhandenen Daten zu chlorierten Ethern in der Elbe zusammengefasst und bewertet. Chlorierte Ether sind Stoffe, die beispielsweise bei der Produktion von typischen Industriechemikalien wie Epichlorhydrin anfallen und zumeist als Verunreinigungen mit dem Abwasser in die Vorfluter eingetragen werden. Dort können sie die Gewässerqualität beeinflussen und infolge dessen das gesamte Ökosystem beeinträchtigen.

Im Rahmen von Routine- und Sonderuntersuchungen durch die ARGE ELBE werden seit 1993 Wasserproben aus der Elbe auf das Vorkommen verschiedener di-, tri- und tetrachlorierter Ether analysiert und die Ergebnisse in Zahlentafeln veröffentlicht. Einige Vertreter der Stoffgruppe kommen in der Elbe zeitweise in hohen Konzentrationen vor, gelten als mobil und biologisch schwer abbaubar und können auf Grund ihrer polaren Eigenschaften Probleme bei der Trinkwasserherstellung aus Uferfiltrat bereiten. Somit sind sie als trinkwasserrelevant einzustufen und stehen im Focus des öffentlichen Interesses.

Die Untersuchungsergebnisse weisen auf einen Industriebetrieb in der Tschechischen Republik hin, der eine bedeutende Punktquelle für die Emission chlorierter Ether darstellt. Weitere Stoffeinträge erfolgen im Saaleeinzugsgebiet und im Tidebereich der Elbe. Technische Verbesserungen der werkseigenen Kläranlage in dem tschechischen Betrieb führten zu einer spürbaren Emissionsminderung, wobei davon ausgegangen werden kann, dass diese mittelfristig auch zu einer Verbesserung der Immissionsituation der Elbe mit chlorierten Ethern führen wird. Bis dahin sind routinemäßige Untersuchungen des Elbewassers auf diese Stoffe unabdingbar, und zwar in Absprache mit tschechischen Behörden und im gemeinsam abgestimmten Messprogramm mit der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe. Die Notwendigkeit dieser Untersuchung lässt sich insbesondere aus Anhang VIII ("Spezifische synthetische und nicht synthetische Schadstoffe") der Richtlinie 2000/60/EG ableiten.

Der Geschäftsleiter der Wassergütestelle Elbe



Prof. Dr. Heinrich Reincke

## Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Chlorierte Ether in der Umwelt.....	2
2.1	Struktur und chemisch-physikalische Eigenschaften.....	2
2.2	Entstehung und Anwendungsgebiete.....	4
2.3	Eintrag in aquatische Ökosysteme.....	6
2.4	Verhalten in der aquatischen Umwelt und Verbleib.....	6
2.5	Aufnahme durch Biota.....	8
2.6	Exposition, Toxizität und Metabolisierung.....	8
2.6.1	Dichlorierte Ether.....	9
2.6.2	Trichlorierte Ether.....	9
2.6.3	Tetrachlorierte Ether.....	9
2.7	Bewertungskriterien und Richtwerte.....	12
3	Vorkommen von chlorierten Ethern im Flusssystem der Elbe.....	14
3.1	Probenahme.....	14
3.1.1	Wasserproben.....	14
3.1.2	Biota.....	14
3.2	Analytik.....	16
3.3	Ergebnisse Wasserproben.....	16
3.3.1	Zeitreihen 1993-2000.....	17
3.3.2	Räumliche Verteilung.....	27
3.3.3	Stoffmuster.....	45
3.3.4	Korrelationsanalysen.....	46
3.3.5	Frachtenabschätzung.....	47
3.3.6	Vergleich mit Konzentrationen in anderen Oberflächengewässern und Bewertung.....	50
3.4	Ergebnisse Aale und Brassen.....	53
3.4.1	Gehalte im Fischgewebe.....	53
3.4.2	Stoffmuster.....	56
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	60
5	Literatur.....	63
5.1	Internet-Datenbanken.....	63
5.2	Veröffentlichungen.....	63

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beprobungsstellen entlang der Elbe (rote Quadrate: Wasserproben; grüne Quadrate: Fischproben) .....	15
Abb. 2: Zeitreihen dichlorierter Propylether in der Elbe (1995-1999).....	18
Abb. 3: Zeitreihen von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (1995-2000) .....	20
Abb. 4: Zeitreihen trichlorierter Propylether in der Elbe (1995-1999).....	21
Abb. 5: Zeitreihen von Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether in der Elbe (1993-2000).....	23
Abb. 6: Zeitreihen von Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether in der Elbe (1993-2000).....	24
Abb. 7: Zeitreihen von 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether in der Elbe (1993-2000).....	25
Abb. 8: Zeitreihen tetrachlorierter Propylether (Summenkonzentrationen) in der Elbe (1993-2000) .....	26
Abb. 9: Zeitreihen tetrachlorierter Propylether (Summenkonzentrationen) an der Messstation Schmilka (Wochenmischproben 1998-2000) .....	28
Abb. 10: Längsprofile dichlorierter Propylether (Summenkonzentrationen) in der Elbe (1995).....	30
Abb. 11: Längsprofile dichlorierter Propylether in der Elbe (1996).....	31
Abb. 12: Längsprofile von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (1995) .....	32
Abb. 13: Längsprofile von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (1997-1999) .....	33
Abb. 14: Längsprofile von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (2000) .....	35
Abb. 15: Längsprofile trichlorierter Ether in der Elbe (1996).....	36
Abb. 16: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1992 und 1993).....	37
Abb. 17: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1995).....	38
Abb. 18: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1996).....	39
Abb. 19: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1997) .....	40
Abb. 20: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1998).....	41
Abb. 21: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1999).....	42
Abb. 22: Längsprofile tetrachlorierter Ether (Summenkonzentrationen) in der Elbe (2000) .....	44
Abb. 23: Tagesfrachten tetrachlorierter Ether in der Elbe (Summe aller drei Isomere) .....	48
Abb. 24: Mittlere Summengenhalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Aalen und Brassen (Lauenburg 1994 - 1998).....	55
Abb. 25: Tetrachlorierte Ether im Muskelgewebe von Brassen der Elbe, Längsprofil März bis Juli 1994 .....	56
Abb. 26: Konzentrationen [mg/kg] und Muster tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Aalen und Brassen (1994-1998) .....	59

## Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1: Chemisch-physikalische Daten der untersuchten chlorierten Ether</i> .....	3
<i>Tab. 2: Entstehung der untersuchten chlorierten Ether</i> .....	4
<i>Tab. 3: Anwendungsgebiete der untersuchten chlorierten Ether</i> .....	5
<i>Tab. 4: Toxische Wirkungen der untersuchten chlorierten Ether auf Laborversuchstiere</i> .....	10
<i>Tab. 5: Toxische Wirkungen der untersuchten chlorierten Ether auf aquatische Lebewesen</i> .....	11
<i>Tab. 6: Fangmethoden für Brassen, Elbe-Längsprofil 1994</i> .....	14
<i>Tab. 7: Datenbestand der von der ARGE Elbe untersuchten Wasserproben (1992-2000)</i> .....	17
<i>Tab. 8: Muster der tetrachlorierten Ether im Elbewasser (Mittelwerte der Jahre 1993 bis 2000)</i> .....	45
<i>Tab. 9: Geschätzte Jahresfrachten tetrachlorierter Propylether im Abwasser eines Emittenten in Ustí nad Labem und im Elbewasser bei Schmilka (1998-2000)</i> .....	49
<i>Tab. 10: Konzentrationen von chlorierten Ethern in Oberflächen- und Trinkwasserproben</i> .....	51
<i>Tab. 11: Konzentrationen von chlorierten Ethern in Abwasserproben</i> .....	52
<i>Tab. 12: Gehalte tetrachlorierter Ether in Muskulatur-Proben von Aalen und Brassen der Elbe (1994 - 1998)</i> .....	54
<i>Tab. 13: Gehalte chlorierter Ether in Biot- und Sedimentproben</i> .....	57
<i>Tab. 14: Muster der tetrachlorierten Ether in Fischgewebe</i> .....	58

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
<b>BG</b>	Bestimmungsgrenze
<b>BIG</b>	Bundesinformationssystem Genetische Ressourcen
<b>CAS</b>	Chemical Abstracts Service
<b>CCRIS</b>	Chemical Carcinogenesis Research Information System (USA)
<b>CEPA</b>	Canadian Environmental Protection Agency
<b>DART</b>	Developmental and Reproductive Toxicology (USA)
<b>EC</b>	Effect Concentration (wirksame Konzentration)
<b>EHC</b>	Environmental Health Criteria
<b>ETIC</b>	Environmental Teratology Information Center (USA)
<b>FS</b>	Frischsubstanz
<b>HSDB</b>	Hazardous Substances Data Bank (USA)
<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer (USA)
<b>IKSE</b>	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
<b>k. A.</b>	keine Angabe
<b>LAWA</b>	Länder-Arbeitskreis Wasser
<b>LC</b>	Lethal Concentration (letale/tödliche Konzentration)
<b>LD</b>	Lethal Dose (letale/tödliche Dosis)
<b>n. a.</b>	nicht analysiert
<b>n. n.</b>	nicht nachweisbar
<b>NG</b>	Nachweisgrenze
<b>NIOSH</b>	National Institute of Occupational Safety and Health (USA)
<b>NTP</b>	National Toxicology Program (USA)
<b>OSHA</b>	Occupational Safety and Health Administration, US-Department of Labor
<b>QZ</b>	Qualitätsziel
<b>TG</b>	Trockengewicht
<b>TrinkWV</b>	Trinkwasserverordnung
<b>US-EPA</b>	Environmental Protection Agency (USA)
<b>WHO</b>	World Health Organization

## 1 Einleitung

Chlorierte Ether - oftmals auch als "Halo-ether" bezeichnet - zählen zu den Substanzen, die in mehrfacher Hinsicht als elberelevant einzustufen sind. Sie entstehen in chemischen Betrieben an der Elbe im Wesentlichen als Neben- bzw. Abfallprodukte im Produktionsprozess, u. a. bei der Herstellung von Epichlorhydrin, einem wichtigen Ausgangsstoff für in großen Mengen produzierte Epoxidharze.

Zusammen mit den nur unzureichend gereinigten Produktionsabwässern gelangen chlorierte Ether entweder über Nebenflüsse oder als Direkteinleitung in die Elbe und führen dort temporär zu deutlich erhöhten Konzentrationen im Wasser. Chlorierte Ether zählen zu den lipophilen Stoffen, die sich in aquatischen Organismen anreichern. Ähnlich wie andere Schadstoffe können sie beim Verzehr von Fischen über die Nahrungskette vom Menschen aufgenommen werden.

In der Elbe wurden chlorierte Ether 1992 erstmals von Mitarbeitern des Instituts für Organische Chemie der Universität Hamburg nachgewiesen (vgl. FRANKE et al. 1995). Auf Grundlage dieser Ergebnisse fanden in Zusammenarbeit zwischen der Universität Hamburg und der ARGE ELBE umfangreiche Untersuchungen statt mit dem Ziel, mögliche Emittenten zu finden und eine Verbesserung der Immissionssituation zu erreichen. Als Punktquellen kamen Betriebe in Frage, die ein entsprechendes Produktionsspektrum aufwiesen. Dies waren ein Industriebetrieb in der Tschechischen Republik in Ustí nad Labem und weitere Chemieunternehmen im Bereich des deutschen Elbeeinzugsgebietes. Analysen von Abwasser- und Oberflächenwasserproben zeigten, dass es sich um diskontinuierliche Einleitungen handelte, die allerdings in bestimmten Flussabschnitten im Extremfall zu Summenkonzentrationen von 45 µg/l tetrachlorierter Ether führten.

Seit 1995 gehört die Analyse von Wasserproben auf chlorierte Ether zum Routinemessprogramm der ARGE ELBE. Im

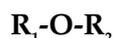
Laufe der Jahre waren einzelne ARGE-Partnerländer in der Lage, diese relevanten Untersuchungen in den Elbeabschnitten ihres Zuständigkeitsbereiches durchzuführen und zu intensivieren. Zusammen mit der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) wurde später das Untersuchungsprogramm international abgestimmt und erlangte zunehmend an Bedeutung. Wegen der chemisch-physikalischen Eigenschaften der chlorierten Ether war davon auszugehen, dass einzelne relativ polare und gut wasserlösliche Verbindungen bei der Herstellung von Trinkwasser aus Uferfiltrat zu Problemen führen könnten. Der Nachweis von tetrachlorierten Ethern im Uferfiltrat bestätigte diesen Verdacht (FRANKE et al. 1998). In der Konsequenz wurde diese Stoffgruppe als trinkwasserrelevant eingestuft. Nach dem Bekanntwerden in der Presse rückte das Vorkommen von chlorierten Ethern zeitweise in den Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion.

In dem vorliegenden Bericht werden vorhandene Daten aus den Untersuchungsjahren 1992 bis 2000 zusammengefasst und diskutiert. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Analysenergebnisse von Wasserproben, die als zeitliche und räumliche Konzentrationsreihen dargestellt werden. In Kooperation mit dem Veterinärinstitut für Fische und Fischwaren (Cuxhaven) des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit werden diese Daten durch Analysenergebnisse von Fischgewebe ergänzt. Auf der Basis von zur Verfügung stehenden toxikologischen Wirkdaten und Vergleichskonzentrationen aus anderen Flussgebieten wird schließlich versucht, die für die Elbe ermittelten Stoffkonzentrationen einzuordnen und zu bewerten.

## 2 Chlorierte Ether in der Umwelt

### 2.1 Struktur und chemisch-physikalische Eigenschaften

Ether als solche sind chemische Substanzen, bei denen zwei kettige bzw. ringförmige Kohlenwasserstoffreste durch ein Sauerstoffatom miteinander verbunden sind. Die allgemeine Formel von alkylierten bzw. arylierten Etherverbindungen lautet demnach



mit:  $R_1, R_2$ : Alkylgruppe (kettig = aliphatisch) oder Arylgruppe (ringförmig = aromatisch)

Die in diesem Bericht betrachteten Etherverbindungen sind ausschließlich von kettiger (= aliphatischer) Struktur. Ferner sind bei ihnen zwei bis vier Wasserstoffatome durch Chloratome substituiert, so dass sie sich in di-, tri- und tetrachlorierte aliphatische Ether unterteilen lassen, die im Folgenden der Einfachheit halber etwas verkürzt als di-, tri- und tetrachlorierte Ether bezeichnet werden sollen. Unter den "dichlorierten Ethern" wird im vorliegenden Bericht außerdem das Bis(2-chlorethoxy)-methan geführt, das im eigentlichen Sinne ein Acetal ist (s. Strukturformeln Abb. A 1 im Anhang).

Chlorierte Ether kommen nach derzeitigem Wissensstand natürlicherweise nicht in der Umwelt vor. Ihr Vorhandensein in den Umweltmedien ist immer auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Wie bei allen vom Menschen in die Umwelt eingetragenen Substanzen sind diejenigen besonders genau untersucht, die in großen Mengen produziert werden oder wurden und deren Toxizität vergleichsweise hoch ist. Weniger Beachtung wird oftmals den so genannten Nebenprodukten oder Verunreinigungen geschenkt, die im Zuge der Produktion eines bestimmten Stoffes eher "unfreiwillig" entstehen. Ersteres trifft weitestgehend auf die dichlorierten Ether zu, während die tri- und tetrachlorierten vorwiegend zu den Nebenprodukten zu rechnen sind. In diesem Sinne ist auch die Datenlage für die verschiedenen

in diesem Bericht zu beschreibenden chlorierten Ether qualitativ sehr unterschiedlich. Dies betrifft nicht nur die chemisch-physikalischen Kenngrößen (vgl. Tab. 1), sondern auch die Erkenntnisse über das Verhalten der einzelnen Stoffe in der Umwelt und ihre Toxizität. Deshalb sind die im Folgenden dargestellten Tabellen oftmals recht lückenhaft.

Im vorliegenden Bericht werden die **dichlorierten Ether** 1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether, Bis(1-chlor-2-propyl)ether, Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)-methan, die **trichlorierten Ether** 1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether und 2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether sowie die **tetrachlorierten Ether** Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether, Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether und 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether betrachtet.

Im Hinblick auf Datenbank-Recherchen im Internet ist zu einem Vertreter der untersuchten dichlorierten Propylether noch Folgendes anzumerken:

Die Substanz Bis(1-chlor-2-propyl)ether (CAS-Nr. 108-60-1) wird häufig auch synonym als Bis(2-chlorisopropyl)ether bezeichnet. Leider wird letzterer Name aber auch für eine weitere chlorierte Etherverbindung verwendet, die jedoch eine andere Struktur aufweist und unter der CAS-Nr. 39638-32-9 geführt wird. Aus diesem Grunde finden sich in manchen Datenbanken unter der CAS-Nr. 39638-32-9 irrtümlicherweise Angaben, die sich in Wirklichkeit auf den Stoff mit der CAS-Nr. 108-60-1 beziehen, oder anders gesagt: ein Teil der Daten zur CAS-Nr. 108-60-1 ist auch unter der CAS-Nr. 39638-32-9 zu finden. Ob es sich bei den unter der CAS-Nr. 39638-32-9 gefundenen Daten um Informationen zum "richtigen" oder zum "falschen" Bis(2-chlorisopropyl)ether handelt, ist daher - insbesondere beim Fehlen einer Strukturformel-Angabe - nicht immer leicht zu beurteilen.

**Tab. 1: Chemisch-physikalische Daten der untersuchten chlorierten Ether**

Stoffname	Summenformel	CAS-Nummer	Relative Molekülmasse	Siedepunkt bei 1013 hPa [°C]	Löslichkeit Wasser (20 °C) [g/l]	Verteilungskoeffizient n-Octanol/H <sub>2</sub> O	Henry-Koeffizient [Pa · m <sup>3</sup> /mol]	Dampfdruck (20 °C) [mm Hg]
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> Cl <sub>2</sub> O		171,07					
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> Cl <sub>2</sub> O	108-60-1	171,07	187	1,7 <sup>1)</sup>	1,76 <sup>2)</sup> 2,58 <sup>3)</sup> 2,48 <sup>4)</sup>	7,498	0,56 <sup>1)</sup> 0,71-0,88 <sup>5)</sup>
Bis(2-chlorethyl)ether	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>2</sub> O	111-44-4	143,01	178,67	10,2 <sup>6)</sup> 17,2 <sup>7)</sup>	1,29 <sup>8)</sup> 1,58 <sup>9)</sup> 1,0 <sup>10)</sup> 1,46 <sup>11)</sup>	2,938 1,327 <sup>11)</sup> 1,3 <sup>12)</sup>	1,55 (25 °C) 0,71 <sup>9)</sup> 6)
Bis(2-chlorethoxy)methan	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	111-91-1	173,05	218,1	7,8 <sup>13)</sup> 81-120 <sup>3)</sup> (25 °C)		0,017 (25 °C)	0,1 <sup>3)</sup>
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> O		205,51					
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> O		205,51					
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>4</sub> O	59440-89-0	239,96					
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>4</sub> O	7774-68-7	239,96			2,84; 2,94 <sup>14)</sup> 3,2 <sup>15)</sup>		
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>4</sub> O	59440-90-3	239,96					

1) Tomlin (1997), zit. in HSDB

2) Anonymous (1999b)

3) Callahan et al. (1979), zit. in HSDB

4) Kawamoto & Urano (1989), zit. in HSDB

5) HSDB

6) Verschueren (1983), zit. in CEPA (1993)

7) Veith et al. (1980), zit. in Anonymous (1999c)

8) Hansch et al. (1995)

9) US-EPA Technology Transfer Network

10) Sittig (1981), zit. in CEPA (1993)

11) Mabey et al. (1982), zit. in Liteplo & Gomes (1998)

12) CEPA (1993)

13) Clayton & Clayton (1981/1982), zit. in HSDB

14) Kruse (1996)

15) Dorn et al. (1991)

## 2.2 Entstehung und Anwendungsgebiete

Die wichtigsten chemischen Prozesse, die zur Entstehung von chlorierten Ethern führen, sind in Tabelle 2 aufgeführt. Dabei werden Synthesen zur gezielten Herstellung der Verbindung gegebenenfalls immer zuerst genannt. Die meisten der hier beschriebenen chlorierten Ether können im Zuge des Chlorhydrinprozesses, bei dem Epichlorhydrin, Propylenoxid, Propylenglykol, Gly-

cerin, Ethylenoxid u. ä. hergestellt werden, als Nebenprodukte entstehen. Beachtenswert ist auch die potentielle Entstehung einiger dieser Verbindungen im Zuge der Abwasserbehandlung mit Chlor (z. B. Bis(2-chlorethyl)ether bei Anwesenheit von Ethylen, Propylen oder Diethylether im Wasser), wie sie gleichfalls von Chloroform bekannt ist (vgl. *Hazardous Substances Data Bank, HSDB, 2001*).

**Tab. 2: Entstehung der untersuchten chlorierten Ether**

<p><b><u>Bis(1-chlor-2-propyl)ether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nebenprodukt beim Chlorhydrinprozess, bei dem Propylen in Propylenoxid überführt wird (verunreinigt zu 1-2 Gew.-% das produzierte Propylenoxid)</li> </ul> <p><b><u>Bis(2-chlorethyl)ether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Direkte Chlorierung von Diethylenglykol mit <math>\text{SOCl}_2</math> (USA)</li> <li>◆ Erhitzen von Ethylenchlorhydrin oder 2-Chlorethanol mit Schwefelsäure</li> <li>◆ Einleiten von Ethylen und Chlor in 2-Chlorethanol</li> <li>◆ Direkte Chlorierung von Diethylether</li> <li>◆ Nebenprodukt beim Chlorhydrinprozess (verunreinigt zu 5-9 Gew.-% das produzierte Ethylenoxid)</li> </ul> <p><b><u>Bis(2-chlorethoxy)methan</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Reaktion von Ethylenchlorhydrin (entsteht bei der Reaktion von Ethylenoxid mit Salzsäure) mit Formaldehyd in Gegenwart einer Säure als Katalysator</li> </ul>
<p><b><u>1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nebenprodukt bei der Produktion von Propylenglykol und Propylenoxid mittels Chlorhydrinprozess</li> </ul> <p><b><u>2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nebenprodukt bei der Produktion von Propylenglykol und Propylenoxid mittels Chlorhydrinprozess</li> </ul>
<p><b><u>Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nebenprodukt bei der Epichlorhydrin<sup>1)</sup>-Synthese mittels Chlorhydrinprozess</li> </ul> <p><b><u>Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nebenprodukt bei der Epichlorhydrin<sup>1)</sup>-Synthese mittels Chlorhydrinprozess</li> </ul> <p><b><u>1,3-dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nebenprodukt bei der Epichlorhydrin<sup>1)</sup>-Synthese mittels Chlorhydrinprozess</li> </ul>
<p><sup>1)</sup> Epichlorhydrin wird für die Herstellung von Epoxydharzen und -elastomeren oder Glycerol verwendet</p>

Die Anwendungsgebiete für chlorierte Ether sind z. T. sehr vielfältig gewesen. Insbesondere einige dichlorierte Ether wie Bis(2-chlorethyl)ether wurden früher in verschiedenen Zweigen der chemischen Industrie eingesetzt (s. Tab. 3). Besondere Bedeutung

hatten sie dort als chemische Zwischenprodukte, als Extraktions- und als Lösemittel für Fette, Öle und Schmiermittel sowie in der Farben- und Lackherstellung; ferner fanden sie Verwendung als Pestizide in der Landwirtschaft und als Reinigungsmittel.

Tab. 3: Anwendungsgebiete der untersuchten chlorierten Ether

Anwendungsgebiete	Bis(1-chlor-2-propyl)ether	Bis(2-chlorethyl)ether	Bis(2-chlorethoxy)methan	Trichlorierte Ether	Tetrachlorierte Ether
Verwendung bei der Herstellung von Glykolestern	X				
Reagens für organische Synthesen		X			
Chemisches Zwischenprodukt	X <sup>2)</sup>				
Zwischenprodukt bei Pestizidherstellung		X			
Zwischenprodukt bei der Herstellung von Polysulfid-Gummi <sup>1)</sup>			X <sup>4)</sup>		
Zwischenprodukt bei der Herstellung von Färbemitteln	X				
Zwischenprodukt bei der Herstellung von Harzen	X				
Zwischenprodukt bei der Herstellung von Arzneimitteln	X	X			
Chemisches Neben- bzw. Abfallprodukt	X	X	X	X	X
Spurenverunreinigung in chemischen Produkten	X	X			
Düngemittelherstellung		X			
Pflanzenschutz		X			
Akarizid		X			
Insektizid		X			
Nematizid (Japan)	X				
Bodenbegasungsmittel		X			
Verwendung in fungiziden Mitteln	X				
Verwendung als insektizides Holzschutzmittel	X				
Farben- und Lackherstellung (Lösemittel für Farben, Lacke, Firnis)		X			
Farb- und Lackentferner, Abbeizmittel	X	X			
Extraktionsmittel	X				
Lösemittel			X		
Lösemittel für Fette, Wachse, Öle, Schmiermittel	X	X			
Löse- und Entwachungsmittel in der Petrochemie und Erdölindustrie		X			
Verwendung bei der Textilverarbeitung (Befeuchtung, Reinigung, Fleckentfernung, Beizen, Bleichen, Netzen, Walken, Emulgieren)	X	X			
Reinigungsmittel für Textilien		X			
Trockenreinigung		X			
Reinigungslösung	X				
Scavenger in Kraftstoff		X			
Adsorptionsmittel für Gasgemische		X			
Desinfektion		X			
Duftstoff, Parfum, Deodorant, Geschmacksstoff		X <sup>3)</sup>			

1) über 95 % der Polysulfidpolymere werden aus Bis(2-chlorethoxy)methan und Natriumpolysulfid hergestellt

2) begrenzte Anwendung

3) in Canada 1984-1986

4) in USA einzige Anwendung

 aktuelle Anwendung USA  
 derzeit häufigste Anwendung

Gerade einige der dichlorierten Ether wie beispielsweise Bis(2-chlorethyl)ether wurden in ihren vielfältigen Anwendungsbereichen

in den vergangenen Jahren sehr häufig durch andere, z. T. wesentlich weniger toxische Stoffe ersetzt. Dadurch sind die Produktions-

zahlen zurückgegangen bzw. die gezielte Produktion wurde mancherorts vollständig eingestellt.

Heutzutage fallen die meisten der betrachteten chlorierten Ether somit oft nur noch als Neben- bzw. Abfallprodukte bei der Produktion anderer Chemikalien an. Bis(2-chlorethyl)ether wird in der Bundesrepublik Deutschland seit 1986 nicht mehr produziert; Produktionsverfahren, bei denen diese Sub-

### 2.3 Eintrag in aquatische Ökosysteme

Der Eintrag der hier zur Diskussion stehenden chlorierten Ether in aquatische Ökosysteme findet vorwiegend über Abwässer der chemischen Industrie statt. Wie bereits oben erwähnt, fallen die beschriebenen Stoffe zumeist als Verunreinigungen bzw. Nebenprodukte bei der Produktion anderer Stoffe an (z. B. bei der Herstellung von Ethylen- bzw. Propylenoxid und Epichlorhydrin mittels Chlorhydrinprozess) und werden selbst nicht weiterverwertet. Daher gelangen sie oft in nicht unerheblichen Mengen über unzureichend geklärte und ungeklärte Industrieabwässer in die Fließgewässer. Die Einträge haben jedoch aufgrund von Produktionsstopps (Ersatz einzelner toxischer dichlorierter Ether durch andere weniger giftige Chemikalien) bzw. die Umstellung auf weniger umweltbelastende Produktionsverfahren und durch eine verbesserte Abwasseraufbereitung im Allgemeinen abgenommen.

Die bislang in der Literatur erwähnten Verunreinigungen von aquatischen Ökosystemen durch chlorierte Ether standen entweder im Zusammenhang mit der Produktion von Epichlorhydrin, wie sie beispielsweise von den Arbeitsgruppen um FRANKE und NEURATH sowie einem tschechischen

stanz als Nebenprodukt anfallen würde, werden nicht mehr angewandt. Laut der *International Agency for Research on Cancer* (ANONYMOUS 1986) wird auch Bis(1-chlor-2-propyl)ether in den USA und Westeuropa nicht mehr zu kommerziellen Zwecken hergestellt, sondern fällt fast ausnahmslos als Neben- bzw. Abfallprodukt bei der Produktion anderer Stoffe an.

Autorenkollektiv (FERENČIK et al. 2000) für die Elbe (Wasser, Biota) und von DE LEER (1985) für den Rhein (Sedimente im Rotterdamer Hafen in der Nähe einer Epichlorhydrinfabrik) beschrieben wurden, oder bezogen sich auf die Abwässer einer petrochemischen Fabrik in den USA (DORN et al. 1991; MEYER et al. 1993).

Über die aktuellen Einträge chlorierter Ether über Industrieabwässer in die aquatische Umwelt sind kaum Daten zu finden. Eine der wenigen Schätzungen von Eintragsmengen in die Umwelt wurde von der IARC für die USA vorgenommen. Dabei wurde für das Jahr 1983 von einem Eintrag von 1,8 Mio kg Bis(1-chlor-2-propyl)ether über die Atmosphäre bzw. Abwässer in die Umwelt ausgegangen.

Einige Verbindungen wie Bis(2-chlorethoxy)methan und Bis(2-chlorethyl)ether werden aufgrund ihrer hohen Wasserlöslichkeit zu einem erheblichen Teil mit den Niederschlägen aus der Atmosphäre "ausgewaschen" und u. a. in die Oberflächengewässer eingetragen (vgl. *Hazardous Substances Data Bank*, HSDB, 2001).

### 2.4 Verhalten in der aquatischen Umwelt und Verbleib

Das Verhalten und der Verbleib von chlorierten Ethern in der aquatischen Umwelt wurden bisher nur in begrenztem Maße erforscht. Die meisten Daten liegen gerade für diejenigen dichlorierten Ether vor,

deren Konzentrationen in der Elbe in den letzten Jahren auf Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenzen zurückgegangen sind.

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass die chlorierten Ether im Allgemeinen recht flüchtig, aber auch vergleichsweise gut wasserlöslich sind, was für einen bevorzugten Verbleib in der Atmosphäre und im aquatischen Milieu spricht.

Ihren *n*-Oktan-ol-Wasser-Verteilungskoeffizienten ( $K_{ow}$ ) zufolge haben die dichlorierten Ether nur ein geringes und die tetrachlorierten Ether ein mittleres Bioakkumulationspotential. Die  $K_{oc}$ -Werte deuten darauf hin, dass eine Adsorption an Schwebstoffen oder am Sediment unwahrscheinlich ist, d. h. sie sind als sehr "mobil" anzusehen. GÖTZ et al. (1998) ermittelten für die Verteilung Schwebstoff/Wasser in der Elbe für die **tetrachlorierten Propylether**  $\log K_{oc}$ -Werte zwischen 2,4 (Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether) und 2,9 (Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether). Im Hamburger Umweltbericht 49/1995 (GÖTZ & BAUER 1995) werden für die gleichen Stoffe Verteilungskoeffizienten Schwebstoff/ Wasser zwischen 1,5 und 2 genannt ( $\log K$ ).

DE LEER (1985) fand in Sedimenten eines Hafenbeckens des Rotterdamer Hafens in der Nähe einer Epichlorhydrin-Fabrik Gehalte zwischen 1 und 3 mg/kg tetrachlorierter Propylether (bezogen auf Trockengewicht). Vermutlich wurden dort jedoch bei der Epichlorhydrin-Produktion anfallende  $CaCl_2$ -Schlämme verklappt.

Die Uferfiltration von Rheinwasser brachte laut HSDB keine nennenswerte Reduktion der Wasserbelastung durch chlorierte Ether mit sich. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von FRANKE et al. (1998) an Uferfiltratproben der Elbe: hier wurden die **tetrachlorierten Propylether** durch die Uferfiltration nur teilweise aus dem Flusswasser entfernt und traten im Uferfiltrat noch in Konzentrationen von bis zu einigen  $\mu g/l$  auf. Nach Untersuchungen von MEYER et al. (1993) ist die Sorption tetrachlorierter Propylether an Sedimente stark vom organischen Kohlenstoff-Gehalt des jeweiligen Sediments abhängig.

Die Verflüchtigung von der Wasseroberfläche ist im aquatischen Milieu für **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** und **Bis(2-chlorethyl)ether** ein bedeutender Verbleibspfad: für einen Modellfluss werden beispielsweise Halbwertszeiten von 19 h (Bis(1-chlor-2-propyl)ether) und 40 h (Bis(2-chlorethyl)ether) angegeben, andere Autoren geben für Bis(2-chlorethyl)ether in Bächen und Flüssen 3,5 bis 4,4 Tage, z. T. sogar bis zu 40 Tage an (vgl. HSDB). **Bis(2-chlorethoxy)methan** wies im Gegensatz dazu im Modellteich eine Verflüchtigungshalbwertszeit von 11 Jahren auf, worauf auch die vergleichsweise niedrige Henry-Konstante hindeutet (s. Tab. 1).

Auch im Bezug auf eine hydrolytische Zersetzung verhalten sich die dichlorierten Ether unterschiedlich: Für **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** und **Bis(2-chlorethyl)ether** werden Hydrolyse-Halbwertszeiten von bis zu 22 Jahren angegeben, d. h. die Hydrolyse spielt praktisch keine Rolle im Hinblick auf den Verbleib der Stoffe im Wasser. Für **Bis(2-chlorethoxy)methan** liegen die entsprechenden Werte mit 0,5 bis 2 Jahren deutlich niedriger.

In Bezug auf den abiotischen Abbau der dichlorierten Ether sei darauf hingewiesen, dass bei **Bis(2-chlorethoxy)methan** die Zersetzung durch Mineralsäuren (z. B. in stark sauren Wässern, die natürlicherweise zwar eher selten sind, im Zusammenhang mit Abwassereinleitungen der Industrie lokal jedoch durchaus auftreten können) eine bedeutende Rolle spielen kann.

Was den biologischen Abbau angeht, so sind die Untersuchungsergebnisse recht unterschiedlich. Vermutlich spielt die Adaptation der Abbauorganismen an den Schadstoff eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die meisten Untersuchungen kommen jedoch zu dem Schluss, dass der biotische Abbau chlorierter Ether im Allgemeinen sehr langsam vorstatten geht und somit als untergeordnet zu bezeichnen ist. KAWAMOTO & URANO (1989, 1990) stellten beispielsweise nach 40 Tagen weder unter anaeroben noch unter aeroben

Bedingungen einen biologischen Abbau von **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** fest.

Aufgrund ihrer hohen Mobilität und der gleichzeitig schlechten Abbaubarkeit sowie der Tatsache, dass sie im Zuge der gängigen Trinkwasseraufbereitungsverfahren nicht aus

## 2.5 Aufnahme durch Biota

Gemäß der von verschiedenen Autoren durchgeführten Untersuchungen neigen chlorierte Ether nur in einem sehr geringen Maße zur Akkumulation in aquatischen und anderen Organismen. Für **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** wurde bei einer Untersuchung "aller essbaren Teile von aquatischen Organismen (Süßwasser bzw. Ästuare)" in den USA als gewichtetes Mittel ein Biokonzentrationsfaktor (BCF) von 2,47 ermittelt (US-EPA 1980). Andere Quellen (Japan Chemical Industry 1992, zit. in HSDB) geben Werte zwischen 5,2 und 12 an. Für **Bis(2-chlorethyl)ether** liegen die Biokonzentrationsfaktoren zwischen 0,4 und 1,3 (Karpfen) bzw. bei 11 (Blauer Sonnenbarsch, *Lepomis macrochirus*), wobei die biologische Halbwertszeit bei diesen Fischarten lediglich 4-7 Tage betragen soll. Für **Bis(2-chlor-**

## 2.6 Exposition, Toxizität und Metabolisierung

Als wichtigste Expositionspfade für den Menschen haben eine ggf. arbeitsbedingte Exposition (Inhalation von Dämpfen) und die Aufnahme von chlorierten Ethern über das Trinkwasser zu gelten. SITTIG (1980) sieht neben der arbeitsbedingten Exposition das Trinkwasser und den Verzehr von Fischen bzw. Meeresfrüchten als Hauptaufnahmepfade des Menschen für chlorierte Ether an. Nach seinen Angaben geht die Exposition des Menschen bei **Bis(2-chlorethyl)ether** zu 19 % auf den Verzehr von Fischen bzw. anderen marinen Organismen und zu 81 % auf das Trinkwasser zurück. Für **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** hingegen ist die Exposition über beide genannten Pfade in etwa gleich (je 50 %). Untersuchungen an Laborversuchstieren (vorwiegend Ratten) zeigen im Allge-

dem Wasser entfernt werden, werden die **tetrachlorierten Ether** vom Umweltbundesamt als "trinkwasserrelevant" eingestuft (MOHAUPT 2000). Im Gegensatz zu den tetrachlorierten Ethern weisen die dichlorierten Ether im Wasser im Allgemeinen eine geringere Verweilzeit auf.

**ethoxy)methan** wurden ebenso niedrige Werte zwischen 0,84 und 2,2 errechnet (*Hazardous Substances Data Bank*, HSDB, 2001).

SITTIG (1980) schätzt für aquatische Organismen BCF-Werte von 106 (für **Bis(1-chlor-2-propyl)ether**) bzw. 25 (für **Bis(2-chlorethyl)ether**).

Auch DORN et al. (1991) konstatieren für chlorierte Ether im Allgemeinen keine starke Tendenz zur Bioakkumulation. Für **tetrachlorierte Ether** waren jedoch auf Basis eines  $\log K_{ow}$ -Wertes von 3,2 BCF-Werte zwischen 9 und 1519 zu errechnen, wobei  $\log K_{ow}$ -Werte über 2,7 laut Umweltbundesamt auf ein "umweltrelevantes Akkumulationspotential" hindeuten.

meinen eine rasche Metabolisierung der Verbindungen und eine geringe Akkumulation des Ausgangsstoffes. Auch die Metabolite von Bis(1-chlor-2-propyl)ether (z. B. 1-Chlor-2-propanol, Propylenoxid und  $CO_2$ ) werden zum größten Teil innerhalb von 2-3 Tagen nach einmaliger Verabreichung der Dosis ausgeschieden, wobei ein erheblicher Teil als  $CO_2$  über die Lunge ausgeatmet wird. Der Rest ist hauptsächlich im Urin zu finden (*Hazardous Substances Data Bank*, 2001).

Besonders perfide in Bezug auf die Aufnahme der Stoffe ist die bei **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** und **Bis(2-chlorethyl)ether** sehr gute Membrangängigkeit, die zu einer extrem starken Resorption der Stoffe über die Haut führen kann und eine Vergiftung durch Hautkontakt ermöglicht.

### 2.6.1 Dichlorierte Ether

Die meisten Toxizitätswerte sind für die dichlorierten Ether verfügbar, wenngleich die Datenbasis auch hier für eine umfassende Einschätzung des Gefährdungspotentials, insbesondere für den Menschen, nicht ausreicht.

In Tabelle 4 und 5 sind die wichtigsten Toxizitätswerte für die bekannten Laborversuchstiere wie Ratten, Mäuse und Kaninchen, und soweit vorhanden auch für aquatische Organismen aufgeführt. Da für Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlor-1-propyl)ether eine Fülle von Untersuchungen zur Kanzerogenität und Mutagenität existieren, sind diese nicht vollständig in Tabelle 4 aufgelistet, sondern im folgenden Text kurz zusammengefasst. Details zu diesen Untersuchungen sind ANONYMOUS (1986 sowie 1999b und 1999c) zu entnehmen.

**Bis(2-chlorethyl)ether** und **Bis(2-chlor-ethoxy)methan** sind gemäß der Toxizitätsuntersuchungen an Ratten vermutlich als toxischer einzustufen als die anderen dichlorierten Ether (s. Tab. 4).

**Bis(1-chlor-2-propyl)ether** und **Bis(2-chlor-ethyl)ether** haben sich bei der Durchführung des AMES-Tests in einigen Untersuchungen für mehrere Zelllinien als mutagen erwiesen, insbesondere wenn die Applikation innerhalb eines Exsikkators stattfand, wodurch die Verflüchtigung der Substanz weitestgehend verhindert werden sollte (SIMMON 1978, zit. in ANONYMOUS 1986). Über eine Kanzerogenität beim Menschen lassen sich auf Basis

vorhandener Untersuchungsdaten jedoch kaum Aussagen treffen. Laut WEISBURGER et al. (1981) ist für **Bis(2-chlorethyl)ether** keine karzinogene Wirkung nachgewiesen. Das U. S. National Cancer Institute (zit. in CLARK et al. 1986) stuft diese Substanz jedoch als "Krebspromotor" ein. Bei Bis(2-chlorethyl)ether ist außerdem eine indirekte Toxizität über die potentielle Metabolisierung in der Leber zum toxischen Chloracetaldehyd zu konstatieren.

**Bis(1-chlor-2-propyl)ether** ist gemäß IARC (ANONYMOUS 1999b) schwach mutagen in *Salmonella typhimurium* (Stamm TA 1535) und in der Maus (Lymphom-Zelllinie L5178Y). Für die Kanzerogenität bei Tieren gibt es nur wenige Belege (HASEMAN et al. (1990) konnten die Bildung von Karzinomen in Bronchien, Lunge und Leber von Mäusen nachweisen), die Ergebnisse der meisten Untersuchungen sind entweder nicht eindeutig oder negativ. Für den Menschen ist die Kanzerogenität aufgrund fehlender Untersuchungen nicht einschätzbar.

Die toxische Wirkung auf Wasserorganismen kann wegen der geringen Anzahl von Untersuchungsergebnissen kaum beurteilt werden. Gemäß der wenigen aufgeführten Untersuchungen liegen die niedrigsten LC<sub>50</sub>-Werte für Fische oberhalb von 40 mg/l **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** und bei etwa 50 mg/l **Bis(2-chlorethyl)ether** im Umgebungswasser.

### 2.6.2 Trichlorierte Ether

Zur Toxizität und zum Metabolismus dieser Verbindungen sind kaum Daten zu finden. Nach Untersuchungen von NEURATH et al. (1997) haben sich die beiden im Elbewasser analysierten Isomere 1,3-Dichlor-2-propyl-1-

chlor-2-propylether und 2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether im AMES-Test mit *Salmonella typhimurium* in bestimmten Stämmen als mutagen erwiesen.

### 2.6.3 Tetrachlorierte Ether

Toxizitätsdaten für tetrachlorierte Ether sind bislang ebenfalls nur in sehr spärlichem

Umfang vorhanden. Ihr toxisches Potential ist weitestgehend unbekannt, anhand ihrer

Tab. 4: Toxische Wirkungen der untersuchten chlorierten Ether auf Laborversuchstiere

Stoffname	Testorganismus	Aufnahme	Kenngroße	Konzentration/Dosis mg/kg (KG)	Beobachtungen	Quelle	
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)	oral, Injektion			positiv mutagen	Simmon (1978), zit. in Anonymous (1986)	
	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)	perkutan			2 Zelllinien positiv (mit Hamsterleber aktiviert)	Mortelmans et al. (1986)	
	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)	Magensonde			3 Zelllinien negativ (mit & ohne Aktivierung)	Shirasu et al. (1982)	
	<i>Drosophila melanogaster</i>		LD <sub>50</sub>	3 ml/kg	keine Mutagenität	Valencia et al. (1985)	
	Kaninchen		LD <sub>50</sub>	> 2.000	keine erkrankten geschlechtsspezifischen rezessiven toxischen Mutationen	Clayton & Clayton (1993/94), zit. in HSDB	
	Ratte		LD <sub>50</sub>			Tomlin (1994), zit. in HSDB	
	Ratte		LD <sub>50</sub>	240	keine kanzerogene Wirkung, jedoch verringertes Körpergewicht	National Cancer Institute (1979)	
	Ratte		LD <sub>50</sub>	503		Clayton & Clayton (1993/94), zit. in HSDB	
	Maus (männl.)		LD <sub>50</sub>	296		Tomlin (1994), zit. in HSDB	
	Maus (weibl.)		LD <sub>50</sub>	536		Tomlin (1994), zit. in HSDB	
	Maus (männl.)		NOEL (max.)	2000 ppm		Mitsumori et al. (1979), zit. in DARTETICS	
	Maus (weibl.)		NOEL (max.)	400 ppm		Mitsumori et al. (1979), zit. in DARTETICS	
	Maus		EC*	2.000-10.000 ppm		Mitsumori et al. (1979), zit. in DARTETICS	
	Bis(2-chlorethyl)ether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)	Injektion			TA 100 positiv (ohne metabolische Aktivierung)	Simmon et al. (1977), zit. in CCRIS
		<i>Drosophila melanogaster</i>				mutagen	Fourenan et al. (1994)
		<i>Escherichia coli</i>	Magensonde			keine mutagenen und rekombinatorischen Effekte	Quinto & Radman (1987)
		Maus			100 (7.-28. Lebensstag), dann 300 (Nahrung)	Lebertumoren	Anonymous (1986)
Kaninchen		dermal	LD <sub>50</sub> (24 h)	90		Aldrich Chemical Co. (1989), zit. in CVS	
Kaninchen		dermal	LD <sub>50</sub>	720		Weizbacher, U. (1987), zit. in CVS	
Meerschweinchen		dermal	LD <sub>50</sub>	300		Aldrich Chemical Co. (1989), zit. in CVS	
Kaninchen		oral	LD <sub>50</sub>	126		Aldrich Chemical Co. (1989), zit. in CVS	
Maus		oral	LD <sub>50</sub>	112		Aldrich Chemical Co. (1989), zit. in CVS	
Maus		oral	LD <sub>50</sub>	136		Verschueren, K. (1983), zit. in CVS	
Maus		oral	LD <sub>50</sub>	215		Drake & Myer (1992), zit. in Litepb & Gomes (1998)	
Ratte		oral	LD <sub>50</sub>	75		Aldrich Chemical Co. (1989), zit. in CVS	
Ratte		oral	LD <sub>50</sub>	175		Drake & Myer (1992), zit. in Litepb & Gomes (1998)	
Ratte		oral	EC* (1 d)	530 ppm (Trinkwasser)	Tod	Anonymous (1999c)	
Ratte		oral	EC* (1,5 a)	180 ppm (Trinkwasser)	Gewichtsverlust	Anonymous (1999c)	
Ratte		oral	EC* (1,5 a)	360 ppm (Trinkwasser)	erhöhte Todesraten	Anonymous (1999c)	
Bis(2-chlorethoxy)methan		Ratte	oral	LD <sub>50</sub>	65		Clayton & Clayton (1993/94), zit. in HSDB
	Meerschweinchen	dermal	LD <sub>50</sub>	170		Clayton & Clayton (1993/94), zit. in HSDB	
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)				für bestimmte Zelllinien mutagen	Neurath et al. (1997)	
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)				für bestimmte Zelllinien mutagen	Neurath et al. (1997)	
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)				leicht mutagen (mit metabolischer Aktivierung)	Neurath et al. (1997)	
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)				besonders mutagen (ohne metabolische Aktivierung)	Neurath et al. (1997)	
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	<i>Salmonella typhimurium</i> (AMES-Test)				besonders mutagen (mit metabolischer Aktivierung)	Neurath et al. (1997)	

\* : keine Angabe

**Tab. 5: Toxische Wirkungen der untersuchten chlorierten Ether auf aquatische Lebewesen**

Stoffname	Testorganismus	Kenngröße	Kriterium	Konzentration mg/l	Quelle
<b>Bis(1-chlor-2-propyl)ether</b>	Karpfen	LC <sub>50</sub> (48 h)	Mortalität	> 40	Hartley & Kidd 1987, zit. in Montgomery (1997)
	Goldorfe	LC50 (k. A.)	Mortalität	80-85	HSDB
<b>Bis(2-chlorethyl)ether</b>	Blauer Sonnenbarsch ( <i>Lepomis macrochirus</i> )	LC <sub>50</sub> (96 h)	Mortalität	600	Buccafusco et al. (1981)
	Guppy ( <i>Poecilia reticulata</i> )	LC <sub>50</sub> (7 d)	Mortalität	56,9	Konemann (1981)
	Fische (keine nähere Angabe)	LC <sub>50</sub> (96 h)	Mortalität	100-1.000	BIG
	Dickkopf-Eiritze ( <i>Pimephales promelas</i> )	NOEL	Embryo/Larve	19	US-EPA Ambient Water Quality Criteria
	Wasserfloh ( <i>Daphnia magna</i> )	EC <sub>0</sub> (48 h)	Schwimmfähigkeit	7,8	LeBlanc (1980)
	Wasserfloh ( <i>Daphnia magna</i> )	LC <sub>50</sub> (48 h)	Mortalität	240	BUA, CEPA (1993), Liteplo & Gomes (1998)
	anaerobe Bakterien	NOEC		100	Liteplo & Gomes (1998)
	Bakterien aus Abwasserbehandlungsbecken	LC <sub>10</sub>	Mortalität	0,6	Liteplo & Gomes (1998)
	Wasserfloh ( <i>Daphnia magna</i> )	LC <sub>50</sub> (48 h)	Mortalität	201	Gersich & Mayes (1986)
	Dickkopf-Eiritze ( <i>Pimephales promelas</i> )	LC <sub>50</sub> (96 h)	Mortalität	184	Gersich & Mayes (1986)
<b>Tetrachlorierte Propylether, Gemisch aus: Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether; Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether; 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether</b>	Dickkopf-Eiritze ( <i>Pimephales promelas</i> )	LC <sub>50</sub> (96 h)	Mortalität	4,5-9,0	Dorn et al. (1991)
	Schafskopf-Eiritze ( <i>Cyprinodon variegatus</i> )	LC <sub>50</sub> (96 h)	Mortalität	9-15	Dorn et al. (1991)
	Opussum shrimp ( <i>Mysidopsis bahia</i> )	LC <sub>50</sub> (48 h)	Mortalität	5,2-6,8	Dorn et al. (1991)
	Wasserfloh ( <i>Daphnia pulex</i> )	LC <sub>50</sub> (48 h)	Mortalität	5,8-7,3	Dorn et al. (1991)
	<i>Photobacterium phosphoreum</i>	EC (5 min)	Abnahme Lumines	3,8-4,3	Dorn et al. (1991)
	"akute Toxizität für empfindlichste Süßwasserorganismen"			0,360	UBA, zit. in Stellungnahme BMUNR (1995)
	"chronische Toxizität für empfindlichste Süßwasserorganismen"			0,122	UBA, zit. in Stellungnahme BMUNR (1995)

strukturellen Verwandtschaft mit bekannten mutagenen und karzinogenen Stoffen sind bei ihnen jedoch entsprechende Eigenschaften zu vermuten. Im AMES-Test haben sich die Isomere **Bis(2,3-dichlor-1-propyl)-ether** und **1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl-ether** (mit metabolischer Aktivierung mittels eines Rattenleberhomogenats) für *Salmonella typhimurium*-Stämme als besonders mutagen erwiesen (NEURATH et al. 1997). **Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether** hingegen wurde beim gleichen Test als leicht mutagen eingestuft, allerdings auch erst nach metabolischer Aktivierung. Neben der mutagenen Aktivität im bakteriellen Testsystem induzierte das **Bis(2,3-dichlor-1-propyl)-ether**-Isomer auch in meta-bolisch kompetenten Säugetierzellen (MCL 5-Zelllinie) DNA-Schäden, die in Form von Strangbrüchen (Comet-Assay) und als Mikrokerne nachgewiesen wurden (NEURATH et al. 2000).

Ferner deuteten die Ergebnisse eines anderen Tests der selben Autoren, eines so genannten Luciferase-Reportergen-Assays, auf eine östrogene Wirkung der o. g. tetrachlorierten Ether hin.

Bedeutende Metaboliten der tetrachlorierten Ether sind die Alkohole 2,3-Dichlorpropan-1-ol und 1,3-Dichlorpropan-2-ol, die bei Ratten toxisch auf Leber, Niere und Hoden wirken. Letzteres wirkte außerdem in Versuchen mit Ratten karzinogen. In Analogie zu anderen 2,3-Dihalopropyl-Verbindungen ist die Bildung von 2-Chloracrolein aus den entsprechenden 2,3-Dichlorpropylether-Isomeren im Metabolismus der Säugetiere nicht auszuschließen. 2-Chloracrolein ist, wie andere 2-Haloacroleine, ein starkes direkt

wirksames Mutagen und Clastogen mit kanzerogener Wirkung (NEURATH et al. 1998).

Neben den oben präsentierten Daten von NEURATH et al. gibt es Untersuchungsergebnisse von DORN et al. (1991), die sich allerdings zumeist auf ein Gemisch verschiedener im Abwasser einer petrochemischen Fabrik vorkommender Schadstoffe (tetrachlorierte Ether, verschiedene pentachlorierte Ether, monochlorierte zyklische Ether und Tetrachlorhexan) beziehen. In wenigen Untersuchungen wurden jedoch auch  $LC_{50}$ -Werte für die einzelnen Stoffgruppen getrennt ermittelt, so dass für die im vorliegenden Bericht behandelten tetrachlorierten Propylether zumindest Summen-Toxizitätswerte zur Verfügung standen, die für die getesteten Süß- und Salzwasserfischarten im Bereich von einigen mg/l liegen (s. Tab. 5). Wenngleich sich die Toxizität der Einzelkomponenten aus diesen Ergebnissen nicht ablesen lässt, so scheinen die tetrachlorierten Ether für Fische deutlich toxischer zu sein als die dichlorierten (die  $LC_{50}$ -Werte sind um etwa eine Größenordnung niedriger).

Gemäß einer Auskunft des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUNR) auf eine parlamentarische Anfrage lassen vorliegende toxikologische Untersuchungen für die empfindlichsten Süßwasserorganismen eine akute Toxizität der tetrachlorierten Propylether bei 360 µg/l und eine chronische bei 122 µg/l erwarten (Umweltbundesamt, zitiert in Stellungnahme des BMUNR 1995, keine nähere Quellenangabe).

## 2.7 Bewertungskriterien und Richtwerte

Etwaige Richtwerte für die Belastung von Wasser mit chlorierten Ethern waren lediglich für Kanada, die USA und einzelne ihrer Bundesstaaten zu finden. So ist in den Trinkwasserrichtlinien der Vereinigten Staaten für **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** ein Richtwert von 300 µg/l festgelegt (DART/

ETIC-Datenbank). Für die gleiche Etherverbindung existiert dort ein so genanntes *Ambient Water Quality Criterion* für Oberflächengewässer von 34,7 µg/l (SITTIG 1985). Das entsprechende Qualitätsziel für den Schutz der menschlichen Gesundheit liegt bei 175,8 µg/l Bis(1-chlor-2-propyl)ether (bei

Aufnahme des Stoffes über das Wasser und kontaminierte aquatische Lebewesen). Von der US-Umweltschutzbehörde (US-EPA) existieren ferner provisorische Richtwerte, die auf der Abschätzung eines unterschiedlich hohen zusätzlichen Krebsrisikos beruhen und für Bis(1-chlor-2-propyl)ether bei 11,5 µg/l (zusätzliches Krebsrisiko:  $10^5$ ), 1,15 µg/l ( $10^6$ ) und 0,115 µg/l ( $10^7$ ) liegen.

Für **Bis(2-chlorethyl)ether** nennt SITIG (1980) einen für das Trinkwasser des US-Bundesstaates Philadelphia auf der Basis von vorhandenen toxikologischen Daten und Anwendung eines Sicherheitsfaktors von 500.000 abgeleiteten Grenzwert von 0,02 µg/l. Das *Ambient Water Quality Criterion* für den Schutz der menschlichen Gesundheit

liegt für den gleichen Stoff jedoch bei 0 µg/l. Die von der US-Umweltschutzbehörde (US-EPA) abgeleiteten provisorischen Richtwerte zur Einschätzung des zusätzlichen Krebsrisikos liegen für Bis(2-chlorethyl)ether bei 0,42 µg/l (zusätzliches Krebsrisiko:  $10^5$ ), 0,042 µg/l ( $10^6$ ) und 0,0042 µg/l ( $10^7$ ). Die Provinz Ontario (Kanada) hingegen hat als vorläufiges Qualitätsziel für den Schutz aquatischen Lebens einen Wert von 200 µg/l ausgewiesen (vgl. [www.agatlabs.com](http://www.agatlabs.com)).

Im Hinblick auf den Schutz aquatischen Lebens beträgt die maximal erlaubte Summenkonzentration für Chloralkylether im Süßwasser in den USA 238 mg/l (ANONYMOUS 1999b).

### 3 Vorkommen von chlorierten Ethern im Flusssystem der Elbe

Zur Untersuchung des Vorkommens von chlorierten Ethern in der Elbe wurden seit Anfang der 90er Jahre Wasserproben und seit Mitte der 90er Jahre auch Aale und Brassen auf Rückstände chlorierter Ether im Gewebe hin untersucht. Das Spektrum der chlorierten Ether umfasste dabei im Einzelnen:

#### *Dichlorierte Ether:*

- \* 1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether
- \* Bis(1-chlor-2-propyl)ether
- \* Bis(2-chlorethyl)ether
- \* Bis(2-chlorethoxy)methan

#### *Trichlorierte Ether:*

- \* 1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether

- \* 2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether

#### *Tetrachlorierte Ether:*

- \* Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether
- \* Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether
- \* 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether

Die jeweiligen Entnahmestellen für Wasserproben bzw. Fangorte der Fischproben sind Abbildung 1 zu entnehmen und werden im Vorfeld der einzelnen Ergebniskapitel im Detail aufgeführt (s. Kap. 3.3 und 3.4).

### 3.1 Probenahme

#### 3.1.1 Wasserproben

Die Wasserproben wurden entweder direkt vom Ufer oder von einem Schwimmponton aus mit einem Teflon-Schöpfer, in den jeweils eine 2 l-Glasflasche eingespannt war, aus einer Wassertiefe von etwa 1 m entnommen.

Die Probenflaschen wurden luftblasenfrei gefüllt, mit Glasstopfen verschlossen und bis zur Analyse bei 4 °C im Kühlschrank aufbewahrt.

#### 3.1.2 Biota

Neben den Wasserproben wurden in einzelnen Jahren auch Fische aus der Elbe auf

chlorierte Ether hin untersucht.

**Tab. 6: Fangmethoden für Brassen, Elbe-Längsprofil 1994**

Strom-Kilometer	Beprobungsstelle	Fangmethode
13	Prossen	Elektrofischfanggerät
83	Meißen (Winterhafen)	Elektrofischfanggerät
198	Klößen	Elektrofischfanggerät
458	Wahrenberg	Elektrofischfanggerät
492	Gorleben	Scherbretthamen
567	Hohnstorf	Reusen
618	Moorburg	Grundschieppnetz
634	Mühlenberger Loch	Schieppnetz
645	Fährmannssand	Grundschieppnetz
655	Haseldorfer Binnenelbe	Grundschieppnetz
675	Glückstadt	Grundschieppnetz

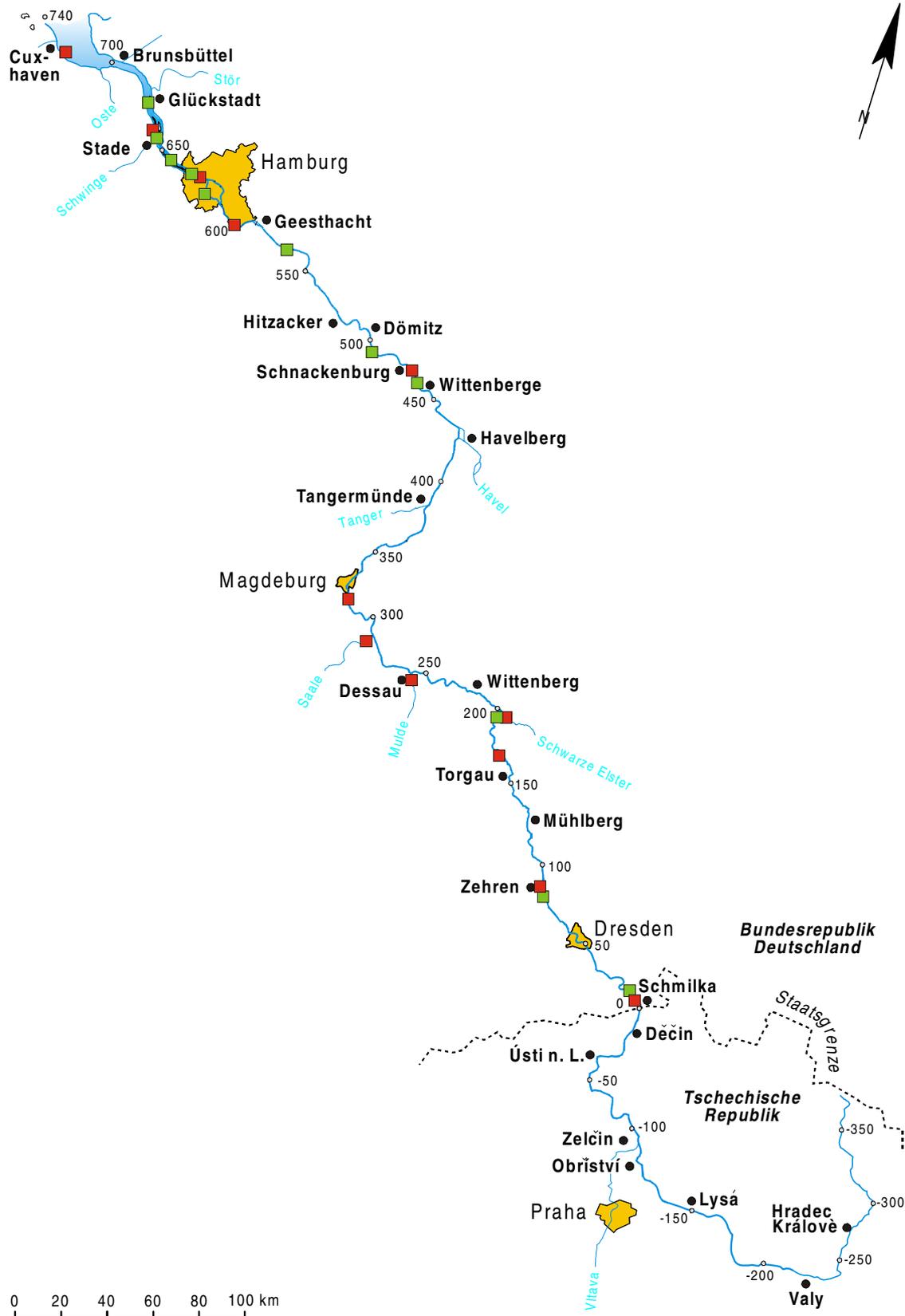


Abb. 1: Beprobungsstellen entlang der Elbe (rote Quadrate: Wasserproben; grüne Quadrate: Fischproben)

Im Jahre 1994 wurden von der Wasser-gütestelle Elbe Brassen (*Abramis brama*) an 11 Stellen entlang des deutschen Elbeabschnittes gefangen. Die Fangmethoden sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Im selben Jahr wurden an den Beprobungsstellen Meißen und Moorburg zusätz-

### 3.2 Analytik

Die Wasserproben, in denen zumeist die gesamte Palette der o. g. chlorierten Ether bestimmt wurde, wurden vom Institut für Organische Chemie der Universität Hamburg analysiert. Dazu wurden die chlorierten Propylether mit n-Hexan extrahiert und mittels hoch auflösender Gaschromatographie/Massenspektrometrie bestimmt. Genauere Beschreibungen der Aufarbeitung und Analytik der Wasserproben sind den Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe Franke (FRANKE et al. 1995; 1998) zu entnehmen.

In den Fischgewebe-Proben wurden lediglich die o. g. tetrachlorierten Ether analysiert, und zwar vom Veterinärinstitut für Fische und Fischwaren (Cuxhaven) des Niedersäch-

### 3.3 Ergebnisse Wasserproben

Die im Folgenden dargestellten und beschriebenen Daten wurden über einen Zeitraum von sieben Jahren (1993 und 1995-2000, vgl. Tab. 7) ermittelt und, je nach Stoff und Jahr, anhand von Wasserproben der Beprobungsstellen Schmilka, Magdeburg, Schnackenburg, Zollenspieker, Seemannshöft, Grauerort und Cuxhaven/Elbemündung erhoben. Zusätzlich wurden zumeist auch die Konzentrationen im Wasser der Nebenflüsse Schwarze Elster, Mulde und Saale erfasst (vgl. Rohdaten-Tabellen A 10 bis A 38 im Anhang).

Weitere Daten existieren für den Mai des Jahres 1992. Sie stammen von gänzlich anderen Beprobungsstellen entlang der Elbe und werden im Kapitel 3.3.2.4 (Räumliche Verteilung der tetrachlorierten Ether)

lich etwas umfangreichere Brassen-Stichproben entnommen.

Ferner wurden 1994 und 1995 bei Lauenburg Einzelproben von Aalen genommen. An der gleichen Beprobungsstelle wurden vom Sportangelverein Lauenburg in den Jahren 1997 und 1998 sowohl Aale als auch Brassen gefangen.

sischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Aus dem Fischgewebe (Aale und Brassen) wurden dafür jeweils Homogenate aus Muskelgewebe hergestellt, die sequentiell mit Acetonitril, Aceton und n-Hexan extrahiert sowie an Kieselgel vor- und mit konzentrierter Schwefelsäure nachgereinigt wurden. Die anschließende Bestimmung der Tetrachlor-etherkonzentrationen fand mittels hochauflösender Zweikanal-ECD-Gaschromatographie (ECD-HRGC) statt. Eine detaillierte Beschreibung der Analytik ist in KRUSE (1996) nachzulesen.

Die im Fett ermittelten Stoffgehalte wurden über den jeweiligen Fettgewebsanteil am gesamten Muskelgewebe auf dessen Frischgewicht hochgerechnet.

beschrieben.

Neben den in Tabelle 7 aufgelisteten turnusgemäßen Probenahmen wurden seit 1998 vom Bundesland Sachsen an den Messstationen Schmilka, Zehren und Domnitzsch Wochenmischproben entnommen und auf tetrachlorierte Ether hin untersucht. Dies diente der Erfassung der Emissionen eines Chemiebetriebs in Tschechien. Im vorliegenden Bericht wurden lediglich die Daten der dem Emittenten am nächsten gelegenen Messstation Schmilka berücksichtigt (vgl. Tab. A 39 bis A 41 im Anhang). Die übrigen Daten (Messstationen Zehren und Domnitzsch) sind den Zahlentafeln 1998 bis 2000 der ARGE Elbe zu entnehmen (im Internet unter [www.arge-elbe.de](http://www.arge-elbe.de)).

**Tab. 7: Datenbestand der von der ARGE Elbe untersuchten Wasserproben (1992-2000)**

	1992 n = 1	1993 n = 1	1995 n = 6	1996 n = 4	1997 n = 4	1998 n = 4	1999 n = 4	2000 n = 12
<b>Dichlorierte Ether A</b>	-	-	x	x	x	x	x	-
<b>B</b>	-	-	x	-	x	x	x	x
<b>Trichlorierte Ether</b>	-	-	x	x	x	x	x	-
<b>Tetrachlorierte Ether</b>	x*	x	x	x	x	x	x	x

A: Bis(1-chlor-2-propyl)ether und 1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether

B: Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan

\*: andere Beprobungsstellen

Bis 1999 wurden die chlorierten Ether im Elbewasser von der ARGE Elbe untersucht, seit 2000 ist dies Aufgabe der einzelnen Anrainer-Bundesländer. In der Übergangszeit, d. h. im Jahre 1999, wurden parallel zu den regulären Beprobungen der ARGE Elbe (viermal pro Jahr) an den Beprobungsstellen Schmilka, Zehren und Dommitzsch vom Bundesland Sachsen bereits Untersuchungen nach dem für 2000 geplanten Beprobungsschema (vierwöchentliche Probenahme, Probenentnahme sowohl von linkem als auch

von rechtem Elbeufer aus) durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden im vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt und sind ebenfalls den Zahlentafeln der ARGE Elbe zu entnehmen (siehe o. g. Internet-Adresse). Gleiches gilt auch für die an den Beprobungsstellen Zollenspieker und Seemannshöft seit 1997 von der Stadt Hamburg vierwöchentlich erhobenen Daten, die in den folgenden Kapiteln zur vergleichenden Einschätzung der Untersuchungsergebnisse der ARGE Elbe herangezogen werden.

### 3.3.1 Zeitreihen 1993-2000

#### 3.3.1.1 Dichlorierte Propylether

Dichlorierte Propylether, d. h. 1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether und Bis(1-chlor-2-propyl)ether, wurden in den Jahren 1995 bis 1999 in Elbewasserproben analysiert (vgl. Abb. 2). Im Jahre 1996 wurden die beiden Verbindungen getrennt analysiert, während in den anderen Untersuchungsjahren immer die Summenkonzentration beider Verbindungen erfasst wurde.

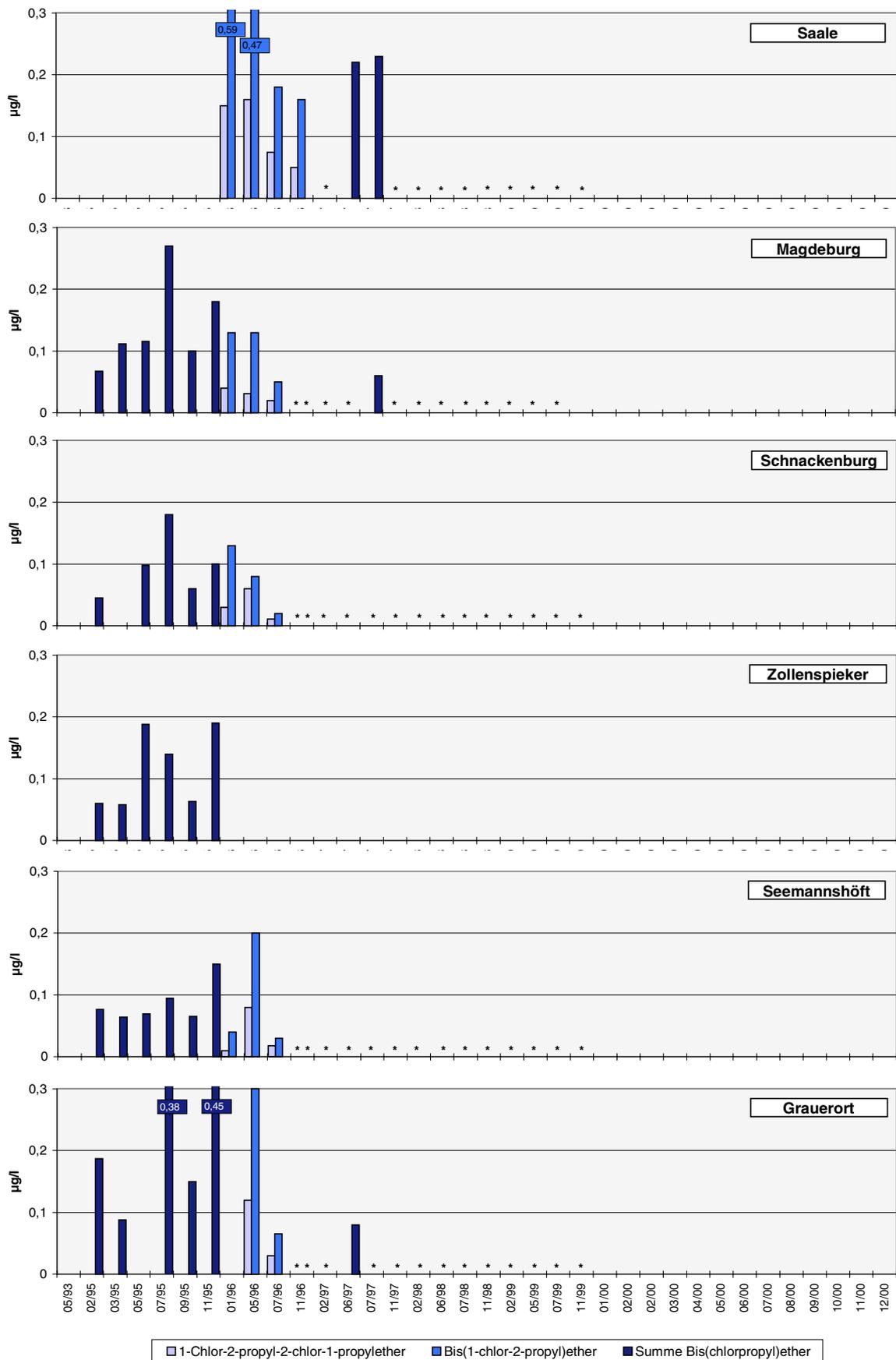
In Abbildung 2 sind die Zeitreihen an denjenigen Beprobungsstellen dargestellt, an denen zumindest in den weiter zurück liegenden Jahren (1995) hohe Positivbefunde ermittelt wurden.

An der Beprobungsstelle Schmilka (nicht dargestellt) lagen die Konzentrationen der dichlorierten Ether in allen Untersuchungsjahren unterhalb bzw. im Bereich um die Bestimmungsgrenzen (je nach Jahr 0,005 bzw.

0,01 µg/l).

An allen in Abbildung 2 dargestellten Beprobungsstellen sind die höchsten Konzentrationen in den Jahren 1995 und 1996 zu finden. Spitzenwerte sind im Juli bzw. November 1995 sowie in der ersten Hälfte des Jahres 1996 zu verzeichnen. Auffällig hoch sind die Konzentrationen insbesondere im Saale-Wasser.

Ende 1996 bzw. Anfang 1997 liegen die Werte im Elbewasser unterhalb der Bestimmung-/Nachweisgrenzen (0,005 bzw. 0,01 µg/l), wohingegen sich im Juni bzw. Juli 1997 an den Beprobungsstellen Saale, Magdeburg und Grauerort vergleichsweise hohe Werte abzeichnen. Mit Ende 1997 sinken die Konzentrationen beider dichlorierter Propylether durchgängig unterhalb die Bestimmung- bzw. Nachweisgrenzen.



\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

Abb. 2: Zeitreihen dichlorierter Propylether in der Elbe (1995-1999)

Im Bereich der Elbemündung (Cuxhaven) und in den Nebenflüssen Mulde und Schwarze Elster sind im Laufe der Untersuchungsjahre keine oder so wenige

niedrige Positivbefunde ermittelt worden, dass auf eine graphische Darstellung der Ergebnisse verzichtet wurde.

### 3.3.1.2 *Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan*

Neben den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen dichlorierten Propylethern wurden die Wasserproben der Elbe und ihrer Nebenflüsse auch auf Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan hin analysiert. Die dabei ermittelten Konzentrationen für die Jahre 1995 und 1997 bis 2000 sind in Abbildung 3 als Zeitreihen dargestellt. Aus den o. g. Gründen wurde auch bei diesen beiden Verbindungen auf die graphische Darstellung der Ergebnisse für die Beprobungsstellen Schmilka und Cuxhaven sowie Mulde und Schwarze Elster verzichtet.

Die **Bis(2-chlorethyl)ether**-Konzentrationen stimmen im Zeitverlauf weitestgehend nicht mit denen der anderen dichlorierten Ether überein. Im Elbe-Profil sind sie stromab praktisch erst ab der Beprobungsstelle Magdeburg zu finden, im Saalewasser sind sie offensichtlich nicht präsent.

Ihr zeitlicher Verlauf ist nicht sehr charakteristisch. Abgesehen von einem Peak im Juli 1995 (Magdeburg, Schnackenburg), der offensichtlich auf einen Eintrag über die Mulde (0,87 µg/l) zurückzuführen ist, liegen die Konzentrationen in der Folgezeit bis Mitte 1999 zumeist im Bereich der Bestimmungs-/Nachweisgrenze. Erst ab Mitte/Ende 1999 sind an allen untersuchten Beprobungsstellen (Schnackenburg bis Grauerort) wieder vermehrte, wenn auch geringe Positivbefunde festzustellen.

Für **Bis(2-chlorethoxy)methan** zeigt sich über

die Jahre nur im Hinblick auf die tendenziell starke Abnahme der Konzentrationen von 1995 bis 2000 eine Ähnlichkeit mit den Zeitreihen der dichlorierten Propylether. Auch hier sind die hohen Werte von 1995 bis Anfang 1997 zu finden. Danach nähern sie sich an allen Beprobungsstellen mit Ausnahme der Saale immer mehr der Bestimmungs-/Nachweisgrenze, um die sie bis Ende 2000 mehr oder weniger pendeln (maximal Werte bis 0,11 µg/l). Spitzenwerte sind Anfang des Jahres 1995 im Bereich von Magdeburg zu finden (in der Saale wären sie vermutlich noch höher gewesen, wurden aber in diesem Jahr dort noch nicht untersucht), und auch an den Beprobungsstellen weiter stromab werden noch Konzentrationen von bis zu 1,7 µg/l ermittelt.

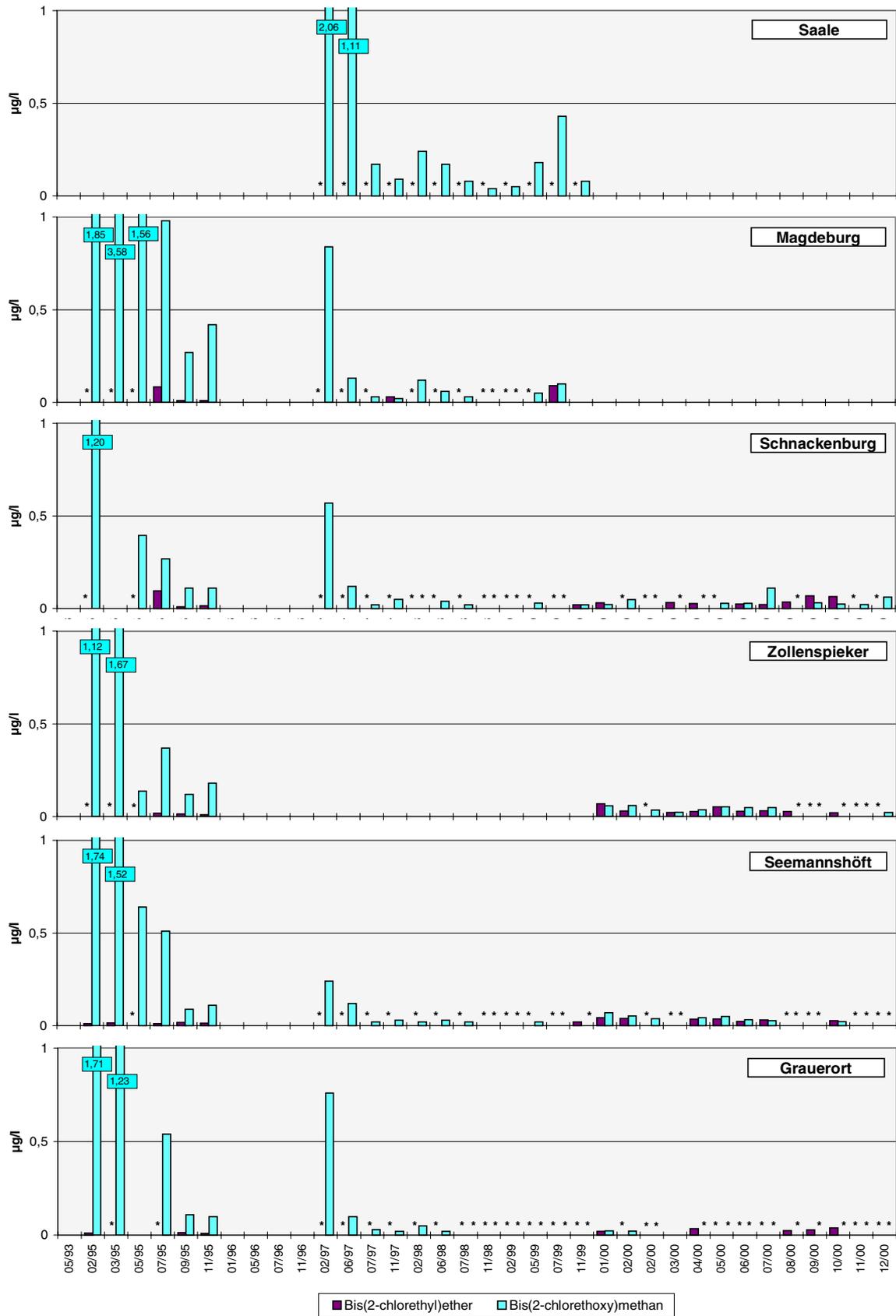
Insgesamt liegen die Belastungsspitzen deutlich in anderen Monaten als bei den Propylethern, so dass eine andere Emissionsquelle als bei den dichlorierten Propylethern zu vermuten ist, in diesem Fall ein chemischer Betrieb an der Weißen Elster, dessen Abwässer über die Saale in die Elbe eingetragen werden.

Der zeitliche Verlauf der Werte für Bis(2-chlorethoxy)methan stimmt mit den für die entsprechenden Zeiträume von der UMWELTBEHÖRDE HAMBURG (2000) an der Beprobungsstelle Seemannshöft ermittelten Konzentrationen gut überein.

### 3.3.1.3 *Trichlorierte Ether*

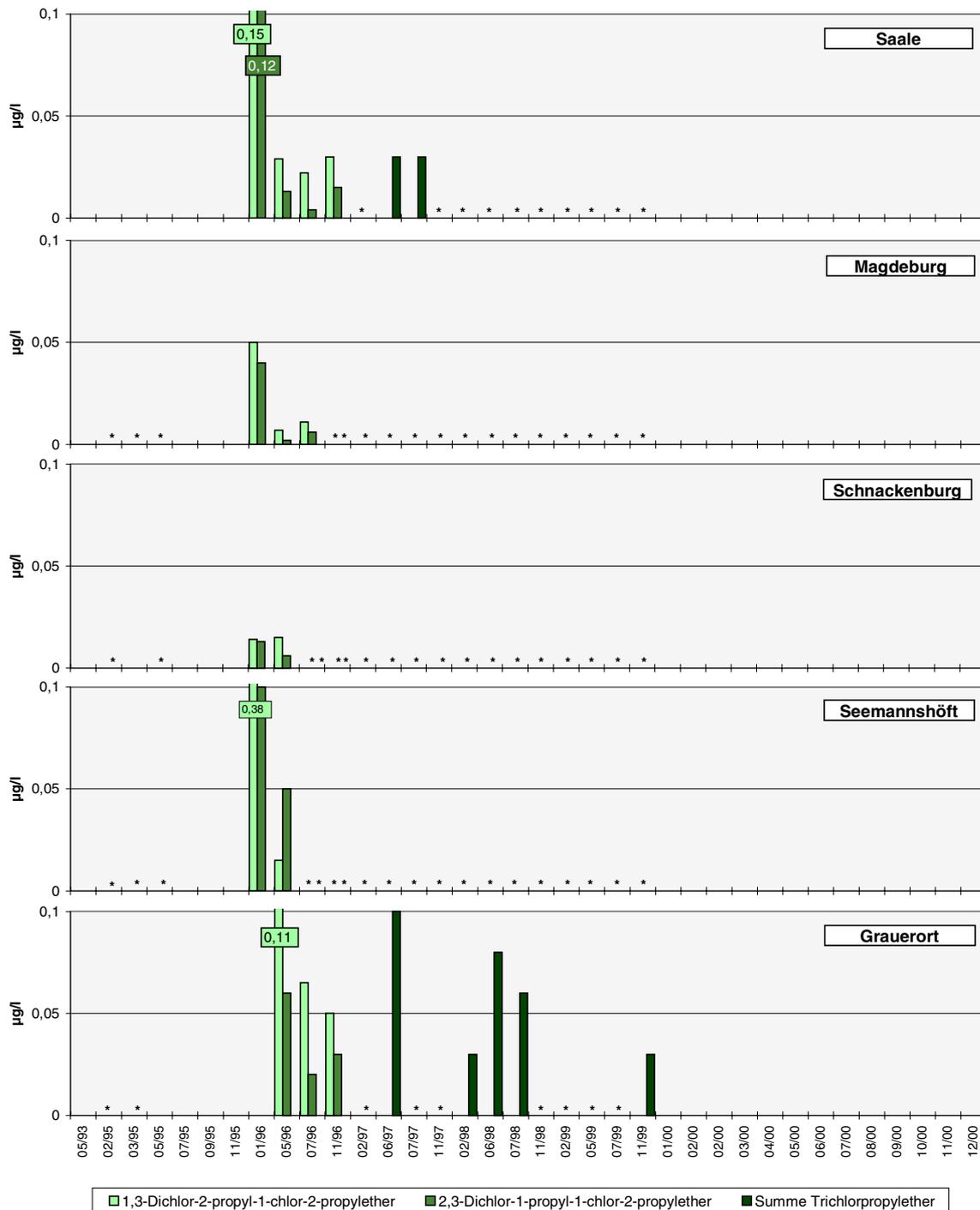
Neben den o. g. dichlorierten Ethern wurden von 1995 bis 1999 in den Elbewasserproben auch zwei trichlorierte Etherverbindungen untersucht, und zwar 1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether und 2,3-Dichlor-1-

propyl-1-chlor-2-propylether. Allerdings wurde in den meisten Untersuchungs Jahren nur die Summenkonzentration der beiden Verbindungen ermittelt (Ausnahme: Untersuchungen des Jahres 1996). Die Zeitreihen



\*): Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

**Abb. 3: Zeitreihen von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (1995-2000)**



\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

**Abb. 4: Zeitreihen trichlorierter Propylether in der Elbe (1995-1999)**

der trichlorierten Ether an den Beprobungsstellen Schmilka, Zollenspieker und Cuxhaven bzw. Schwarze Elster und Mulde wurden aus den bei den dichlorierten Ethern bereits erläuterten Gründen (nur wenige Daten, die zudem fast ausschließlich unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen) graphisch nicht dargestellt.

Der allgemeine Verlauf der Zeitreihen (s. Abb. 4) ist sehr rasch beschrieben, da von Magdeburg bis nach Seemannshöft die einzigen Positivbefunde im Jahr 1996 auftreten (Werte bis 0,15 µg/l in der Saale bzw. bis 0,36 µg/l in Seemannshöft) und die Werte davor und danach durchgängig unterhalb der Bestimmungs- bzw. Nach-

weisgrenzen liegen. Die Zeitreihe der Saale zeigt den gleichen Verlauf, nur dass zusätzlich zu den Spitzen des Jahres 1996 im Sommer 1997 zwei Peaks auftreten. Im Bereich der Messstation Grauerort treten hingegen auch in den Jahren 1998 und 1999 in mehreren Monaten deutliche Positivbefunde auf, in denen die Konzentrationen an allen anderen Messstellen unterhalb der Bestimmungs- oder gar Nachweisgrenzen

#### 3.3.1.4 *Tetrachlorierte Ether*

Die tetrachlorierten Propylether Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether (im Folgenden als Bis1,3-TePE abgekürzt), Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether (als Bis2,3-TePE abgekürzt) und 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether (als 1,3-2,3-TePE abgekürzt) wurden in den Wasserproben der Elbe und ihrer Nebenflüsse über den gesamten Untersuchungszeitraum hin analysiert (1993, 1995-2000). An drei Beprobungsstellen, nämlich Schmilka, Dommitzsch (als Zeitreihe nicht graphisch dargestellt) und Magdeburg, wurden ferner bei den Beprobungen des Jahres 2000 jeweils zwei getrennte Proben vom linken und vom rechten Ufer aus genommen. An allen anderen Beprobungsstellen wurde wie in den vorangegangenen Untersuchungsjahren beprobt. Aufgrund der geringen Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wasserproben der Beprobungsstelle Cuxhaven/Elbemündung wurde auf eine graphische Darstellung der Ergebnisse als Zeitreihe verzichtet. Die Analyseergebnisse für diese Beprobungsstelle sind den Tabellen A 33 und A 34 im Anhang zu entnehmen.

Die Zeitreihen der einzelnen tetrachlorierten Ether-Isomere (s. Abb. 5 bis 8) zeigen einen ausgeprägten Parallelverlauf, wenngleich auf unterschiedlichen Konzentrationsniveaus. Die höchsten Konzentrationen weist stets das Isomer 1,3-2,3-TePE, die zweithöchsten Bis2,3-TePE und die niedrigsten im Allgemeinen das Isomer Bis1,3-TePE auf.

Die Konzentrationen im Wasser der Nebenflüsse Schwarze Elster, Saale und

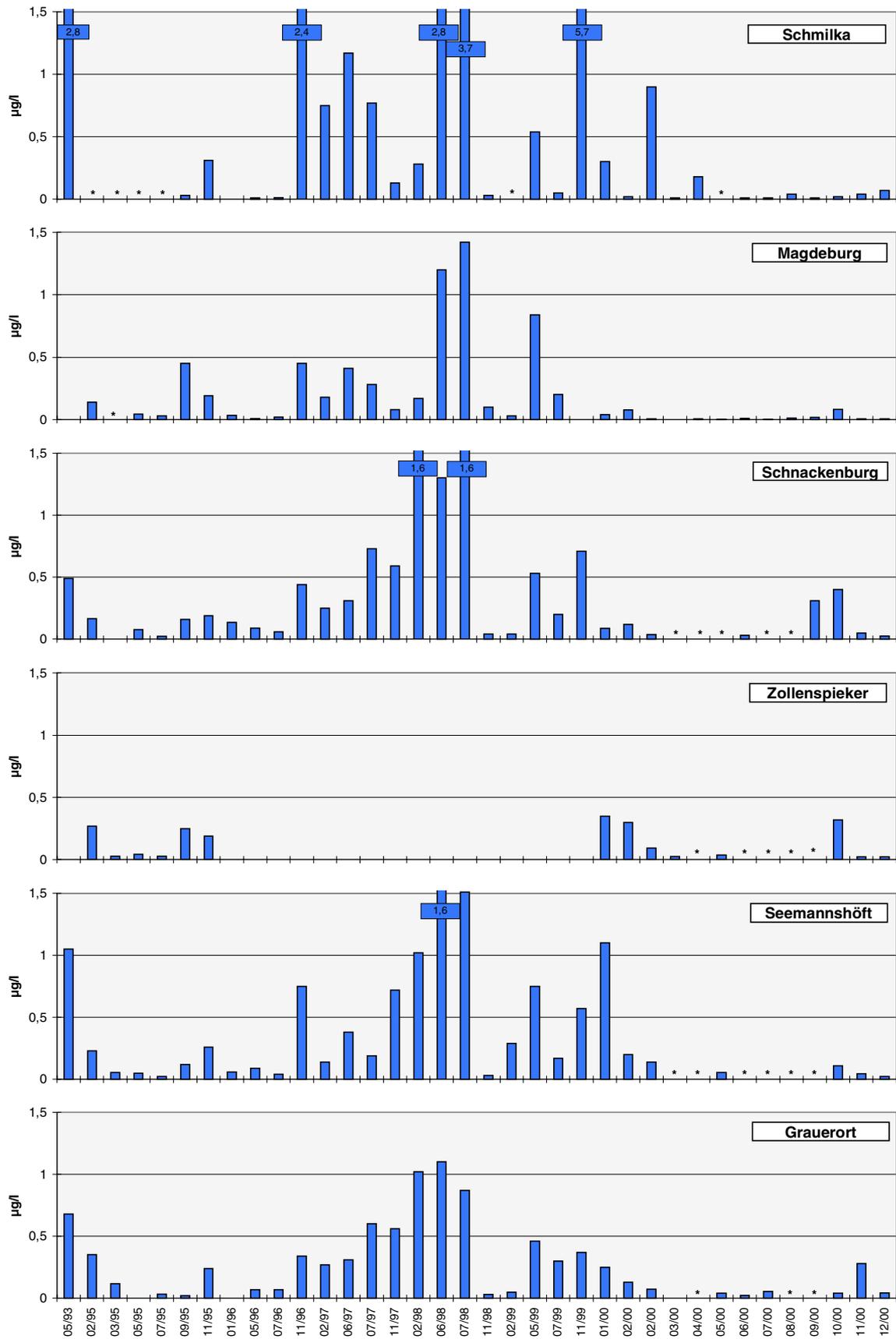
liegen. Dies deutet möglicherweise auf eine Eintragsquelle zwischen den Stationen Seemannshöft und Grauerort hin (vgl. räumliche Verteilung Abb. 15), ist aber aufgrund der besonderen Strömungscharakteristika der Tideelbe mittels der geringen Anzahl der Beprobungsstellen und der zeitlich wenig aufgefächerten Daten kaum zu klären.

Mulde liegen fast ausschließlich nahe oder unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Daher sind die Zeitreihen dieser Beprobungsstellen nicht graphisch dargestellt.

Den Zeitreihen aller Elbe-Beprobungsstellen (s. Abb. 5 bis 8) gemein sind zwei längere Zeiträume mit niedrigen Konzentrationen tetrachlorierter Propylether (TePE), nämlich der Abschnitt Februar 1995 bis Juli 1996 und der Abschnitt Ende März 2000 bis Dezember 2000. Davor (Mai 1993) und dazwischen (November 1996 bis Anfang März 2000) treten zum Teil sehr hohe TePE-Konzentrationen auf, und zwar die höchsten an der Beprobungsstelle Schmilka (bis zu 5,7 µg/l Bis1,3-TePE, 20 µg/l Bis2,3-TePE und 21 µg/l 1,3-2,3-TePE jeweils im November 1999).

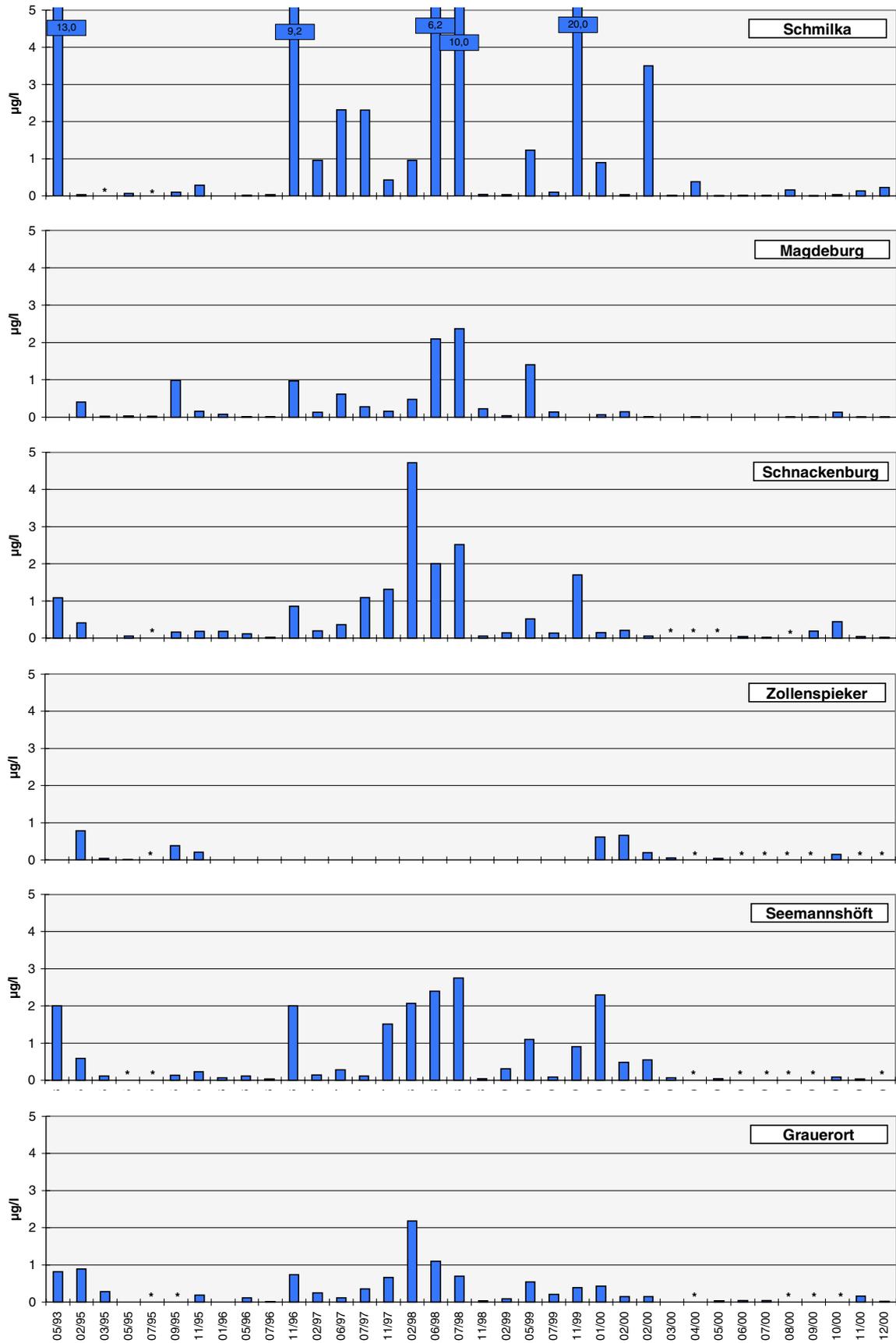
Hauptverursacher dieser Belastungen ist ein chemischer Betrieb in Ustí nad Labem in Tschechien, in dem durch Anwendung des Chlorhydrinverfahrens Epichlorhydrin hergestellt wird und die besagten, als Abfall-/Nebenprodukte bei dessen Produktion entstehenden TePE über die Produktionsabwässer in die Bilina und somit in die Elbe eingetragen werden.

Der erste der genannten Zeiträume niedriger TePE-Konzentrationen im Elbe-Wasser (1995 bis Ende 1996) geht einher mit einer technischen Umstellung in der Produktion dieses Betriebes, die zu einer erheblichen Reduzierung der TePE-Einträge in die Elbe geführt hatte. Aufgrund des resultierenden starken Materialverschleißes an der Produktionsanlage wurde die technische Verän-



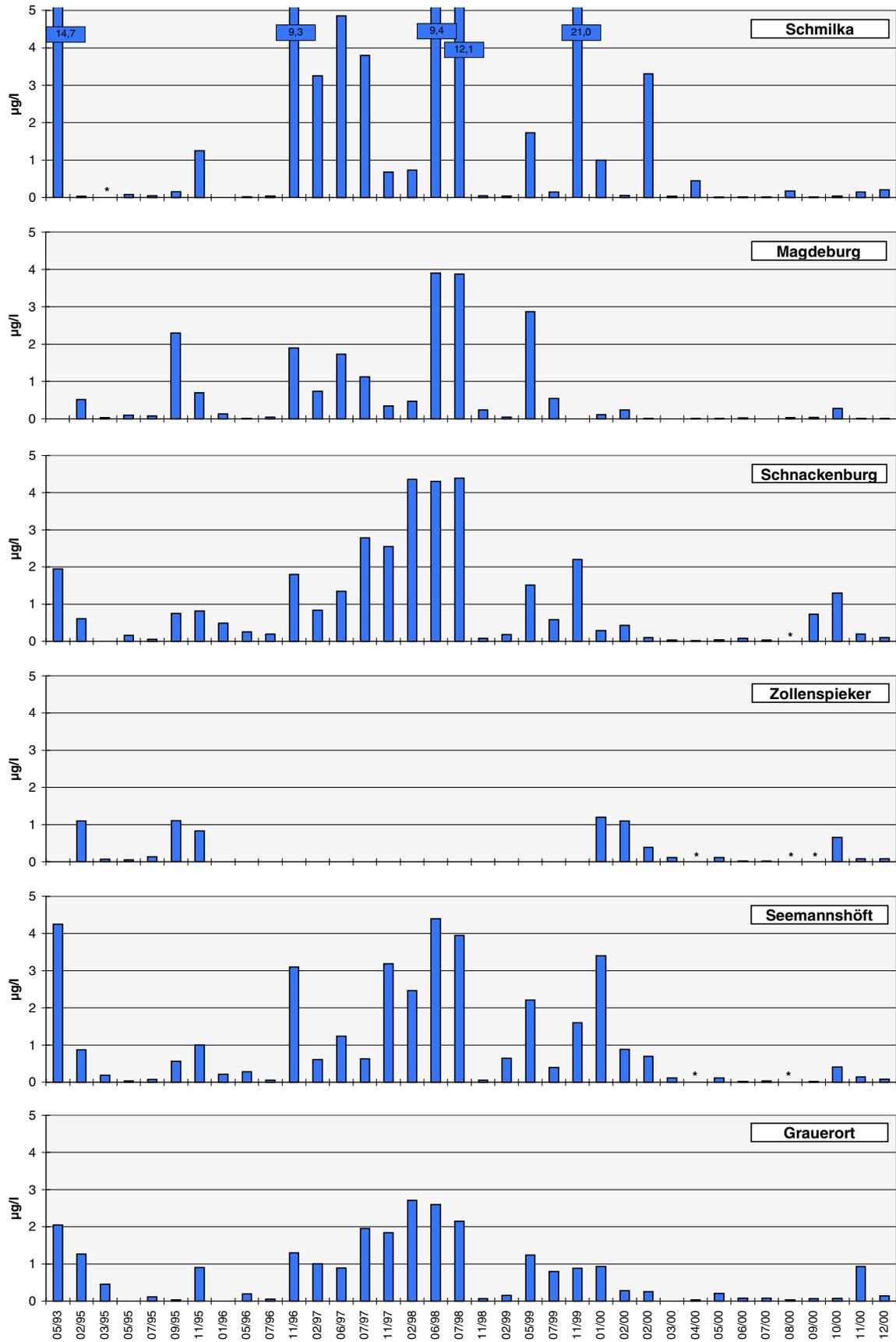
\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

Abb. 5: Zeitreihen von Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether in der Elbe (1993-2000)



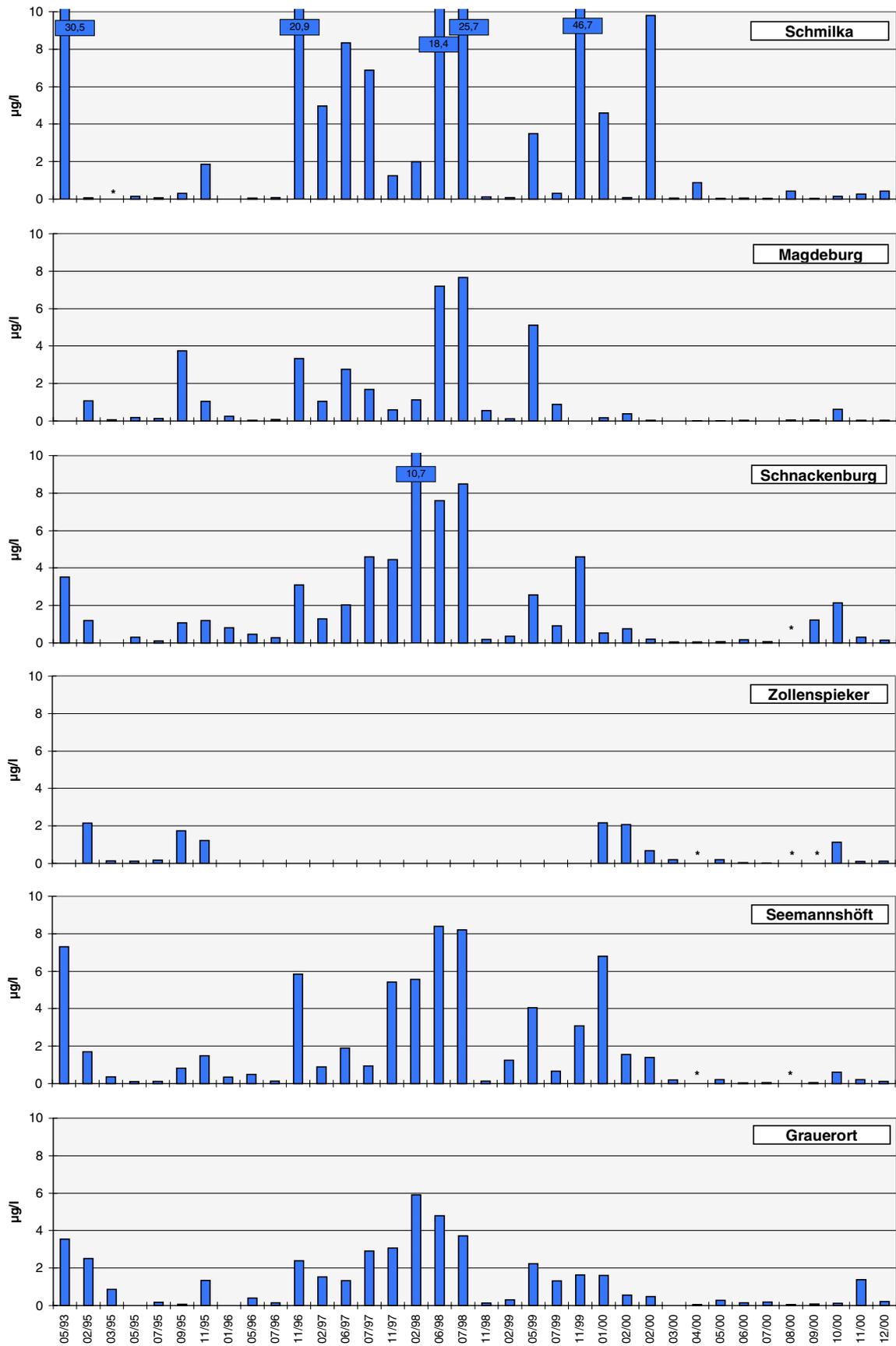
\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

Abb. 6: Zeitreihen von Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether in der Elbe (1993-2000)



\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

Abb. 7: Zeitreihen von 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether in der Elbe (1993-2000)



\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

**Abb. 8: Zeitreihen tetrachlorierter Propylether (Summenkonzentrationen) in der Elbe (1993-2000)**

derung jedoch Ende 1996 rückgängig gemacht, und in der Folgezeit stieg die Belastung der Elbe mit TePE wieder auf das altgewohnte Niveau an (vgl. Abb. 5 bis 8). In der Zeit von Ende 1996 bis Anfang 2000, in der eine erneute deutliche Erhöhung der Konzentrationen eingetreten war, treten einige Monate mit besonders hohen TePE-Konzentrationen im Wasser in Erscheinung, und zwar im Wesentlichen der November 1996 sowie der Mai und Juli 1998. Stichhaltige Erklärungen für diese Peaks (beispielsweise Änderungen im Produktionsumfang etc.) sind nicht bekannt, ein möglicher Zusammenhang mit den jeweiligen Abflussmengen wird in Kapitel 3.3.4 mittels Korrelationsrechnungen zu klären sein. Erstaunlich niedrige TePE-Konzentrationen sind in besagtem Zeitraum hingegen im November 1998 und Februar 1999 gemessen worden.

Die starke Reduzierung der Einträge seit etwa Ende März 2000 ist mit der Inbetriebnahme einer neuen Abwasserkläranlage bei dem oben genannten chemischen Betrieb in Ustí nad Labem zu erklären, wenngleich der Anschluss an diese bereits im Juli 1999 erfolgt war und gerade in der Folgezeit (insbesondere November 1999) an der Messstelle Schmilka extrem hohe TePE-Konzentrationen gemessen wurden. Nach Angaben der Betreiber traten in der Anlaufphase wiederholt technische Schwierigkeiten beim Betrieb der Kläranlage auf, so dass erst ab Frühjahr 2000 eine verbesserte Klärung der Abwässer zu verzeichnen war. Als weitere potentielle Eintragsquelle für tetrachlorierte Propylether ist ein chemischer Betrieb an der Unterelbe bei Stade zu nennen, wobei sich dessen Emissionen in die Elbe anhand der entnommenen Wasserproben nicht eindeutig nachweisen lassen.

### 3.3.2 Räumliche Verteilung

Im Gegensatz zur zeitlichen Entwicklung, wie sie im vorangegangenen Kapitel skizziert wurde, soll in diesem Kapitel detaillierter auf die Änderung der Konzentrationen im

Die Zeitreihe der Wochenmischproben der Messstation Schmilka (Summenkonzentrationen tetrachlorierter Ether 1998 bis 2000, s. Abb. 9) zeichnet weitestgehend die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen in den turnusgemäß viermal pro Jahr analysierten Wasserproben nach (vgl. Abb. 8). Sie spiegelt die oben beschriebenen unterschiedlichen Emissionssituationen bei dem genannten Chemiebetrieb in Ustí nad Labem wider. Gerade beim Vergleich der Werte der Jahre 1999 und 2000 wird klar, dass es sich bei den Belastungen von oberstrom um Stoßbelastungen handelt, die z. T. genau von der turnusgemäßen Beprobung erfasst worden sind. Als Beispiel hierfür ist die extrem hohe Summenkonzentration bei der turnusgemäßen Beprobung im November 1999 anzusehen (vgl. Abb. 8).

Bei Betrachtung der Wochenmischproben ist dieser Extremwert nicht wiederzufinden. Für eine realistische Erfassung der Emissionen des Chemiebetriebes in Ustí nad Labem über einen längeren Zeitraum ist die Analyse von Wochenmischproben der Messstation Schmilka vermutlich besser geeignet.

Die beschriebenen Zeitreihen der TePE entsprechen in ihrem Verlauf weitestgehend den im gleichen Zeitraum von der UMWELTBHÖRDE HAMBURG (2000) gemessenen Konzentrationen tetrachlorierter Propylether an der Beprobungsstelle Seemannshöft. 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl-ether wurde im Bereich Hamburg außerdem in Schwebstoffen der Elbe gefunden, und zwar in Konzentrationen bis 310 µg/kg TS (GÖTZ et al. 1998). Dies legt den Rückschluss nahe, dass zumindest tetrachlorierte Ether in gewissem Umfang an Schwebstoffpartikeln adsorbieren.

Verlauf der Elbe eingegangen werden. Hierzu wurden nur diejenigen Beprobungskampagnen herangezogen, bei denen für einen möglichst großen Anteil der über das

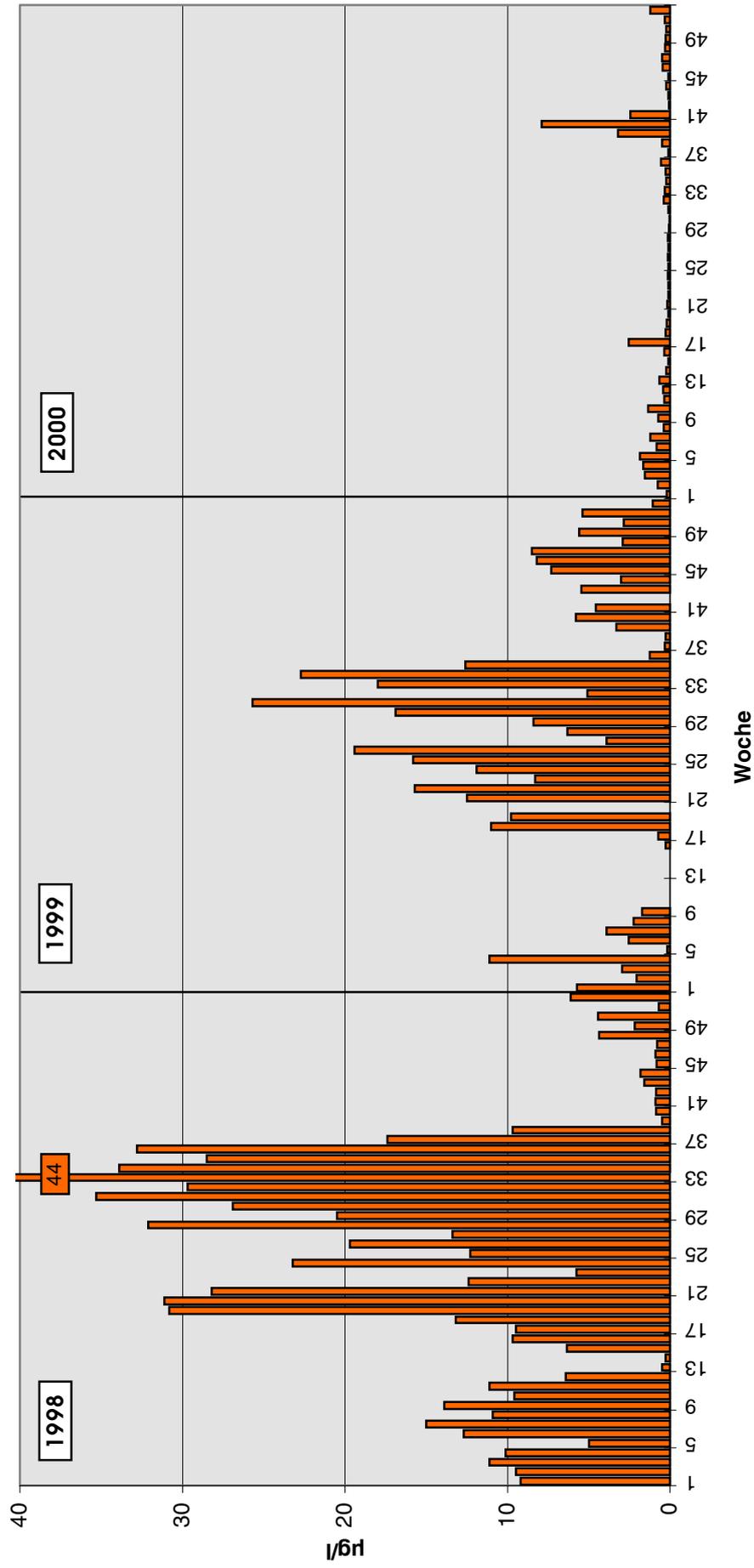


Abb. 9: Zeitreihen tetra-chlorierter Propylether (Summenkonzentrationen) an der Messstation Schmilka (Wochenmischproben 1998-2000)

Elbeprofil verteilten Messstellen aussagekräftige Werte erfasst werden konnten

### 3.3.2.1 *Dichlorierte Propylether*

Im Jahre 1995, in dem von den Nebenflüssen lediglich die Schwarze Elster und die Mulde untersucht worden waren, treten die ersten Positivbefunde im Längsprofil der Elbe erst bei Magdeburg auf; an den Beprobungsstellen Schmilka, Schwarze Elster und Mulde liegen die Konzentrationen durchgängig unterhalb der Bestimmungsgrenzen (s. Abb. 10). Zumeist nehmen die Konzentrationen stromabwärts bis Schnackenburg, manchmal aber auch bis Zollenspieker, wieder ab, um dann Richtung Grauerort wieder anzusteigen und dort ein Konzentrationsniveau zu erreichen, das über dem an der Beprobungsstelle Magdeburg liegt.

1996 wurde von den Nebenflüssen statt der Schwarzen Elster und der Mulde die Saale beprobt (vgl. Abb. 11). Die im Saalewasser ermittelten hohen Konzentrationen dichlorierter Propylether und deren räumliche

(oberhalb der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenzen).

Verteilung unterstrom der Saalemündung lassen vermuten, dass diese Ether über die Saale in die Elbe eingetragen wurden. Tatsächlich ist eine chemische Fabrik in Buna, in der soweit bekannt bis 1997 diskontinuierlich Propylenoxid hergestellt wurde, als Urheber für die Wasserbelastung mit vorwiegend di- und in geringerem Umfang auch trichlorierten Ethern bekannt.

Die weitere räumliche Verteilung der Konzentrationen chlorierter Ether unterstrom des Saalezuflusses verläuft analog zu den Profilen des Jahres 1995, mit einem schrittweisen Konzentrationsrückgang bis nach Schnackenburg bzw. Seemannshöft und einem erneuten Anstieg bei Grauerort. In der Elbemündung liegen die Konzentrationen wiederum unterhalb der Bestimmungsgrenzen.

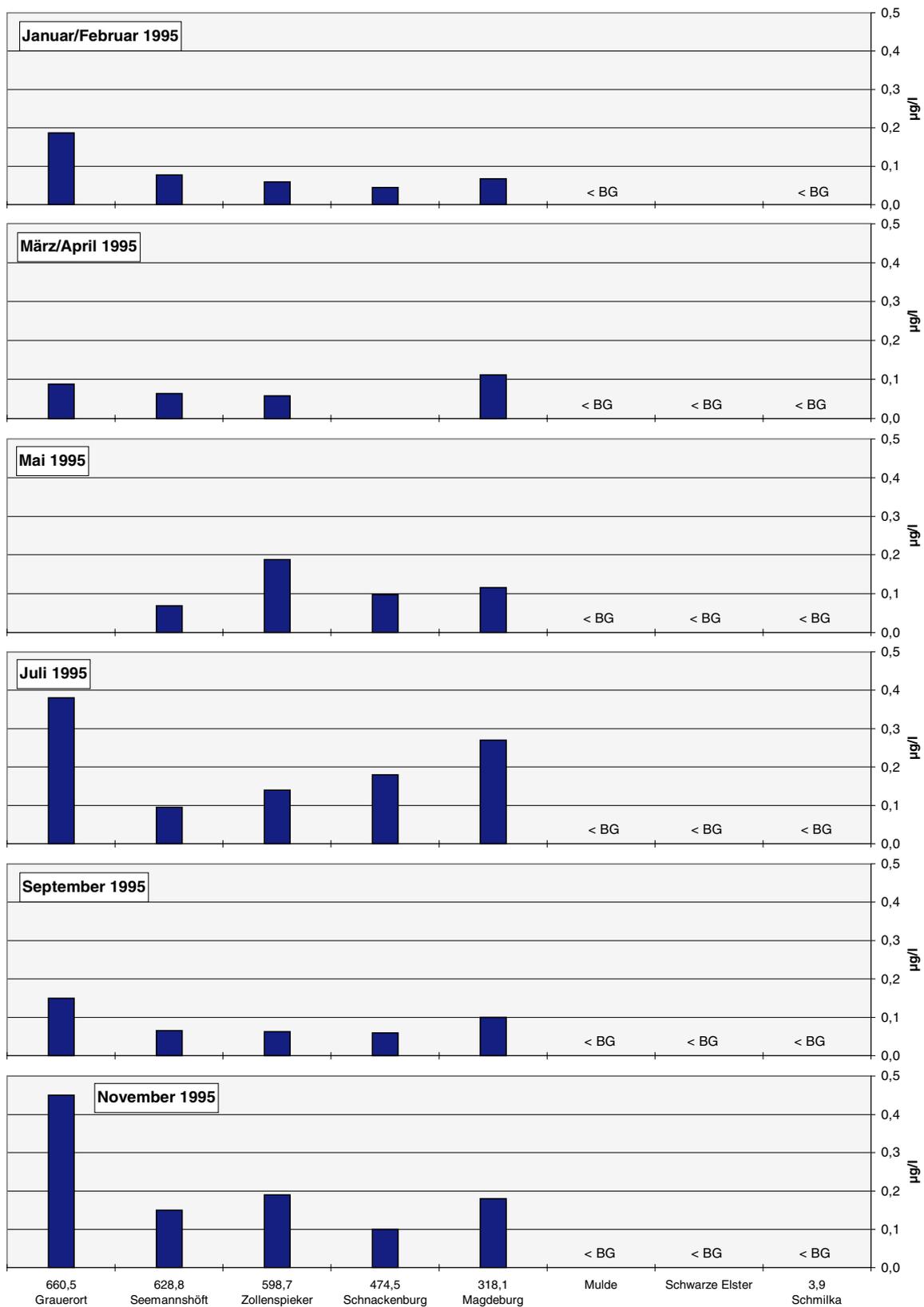
### 3.3.2.2 *Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan*

Das räumliche Verteilungsbild von Bis(2-chlorethoxy)methan im Jahre 1995 (vgl. Abb. 12) ähnelt dem der dichlorierten Propylether (vgl. Abb. 10), nur auf einem etwas höheren Niveau (in Magdeburg Konzentrationen bis 3,6 µg/l). Nach der räumlichen Verteilung der Konzentrationen der Folgejahre ist wie bei den dichlorierten Propylethern ein Eintrag über die Saale zu vermuten, allerdings einer anderen Emissionsquelle entstammend. Diese Vermutung wird durch Untersuchungsergebnisse von FRANKE et al. (1993) gestützt, die als Urheber der Bis(2-chlorethoxy)methan-Einträge in die Elbe einen chemischen Betrieb an der Weißen Elster, einem Saale-Nebenfluss, annehmen.

Die räumliche Verteilung der Bis(2-chlorethyl)ether-Konzentrationen unterscheidet sich recht deutlich von der der übrigen untersuchten dichlorierten Ether. Im Allgemeinen liegen sie im Jahre 1995 unterhalb

oder nur wenig oberhalb der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenzen. Eine Ausnahme bildet lediglich das Profil des Juli 1995, das durch vergleichsweise hohe Werte an den Beprobungsstellen der Elbe auffällt. Noch deutlich höher sind die Konzentrationen in der Mulde (fast 0,9 µg/l), was den Schluss nahe legt, dass die Belastung der Elbe mit Bis(2-chlorethyl)ether zumindest in dem genannten Monat von einem (unbekannten) Anrainerbetrieb der Mulde ausgeht.

In den Jahren 1997 bis 1999 (s. Abb. 13) sind keinerlei Positivbefunde zu verzeichnen, erst im Zuge der Beprobungen des Jahres 2000 (s. Abb. 14) treten wieder vermehrt Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenzen auf. Leider wurde in diesem Jahr lediglich der Abschnitt zwischen Schnackenburg und Grauerort beprobt, so dass über die Herkunft des Bis(2-chlorethyl)ethers keine Aussagen möglich sind.



**Abb. 10: Längsprofile dichlorierter Propylether (Summenkonzentrationen) in der Elbe (1995)**

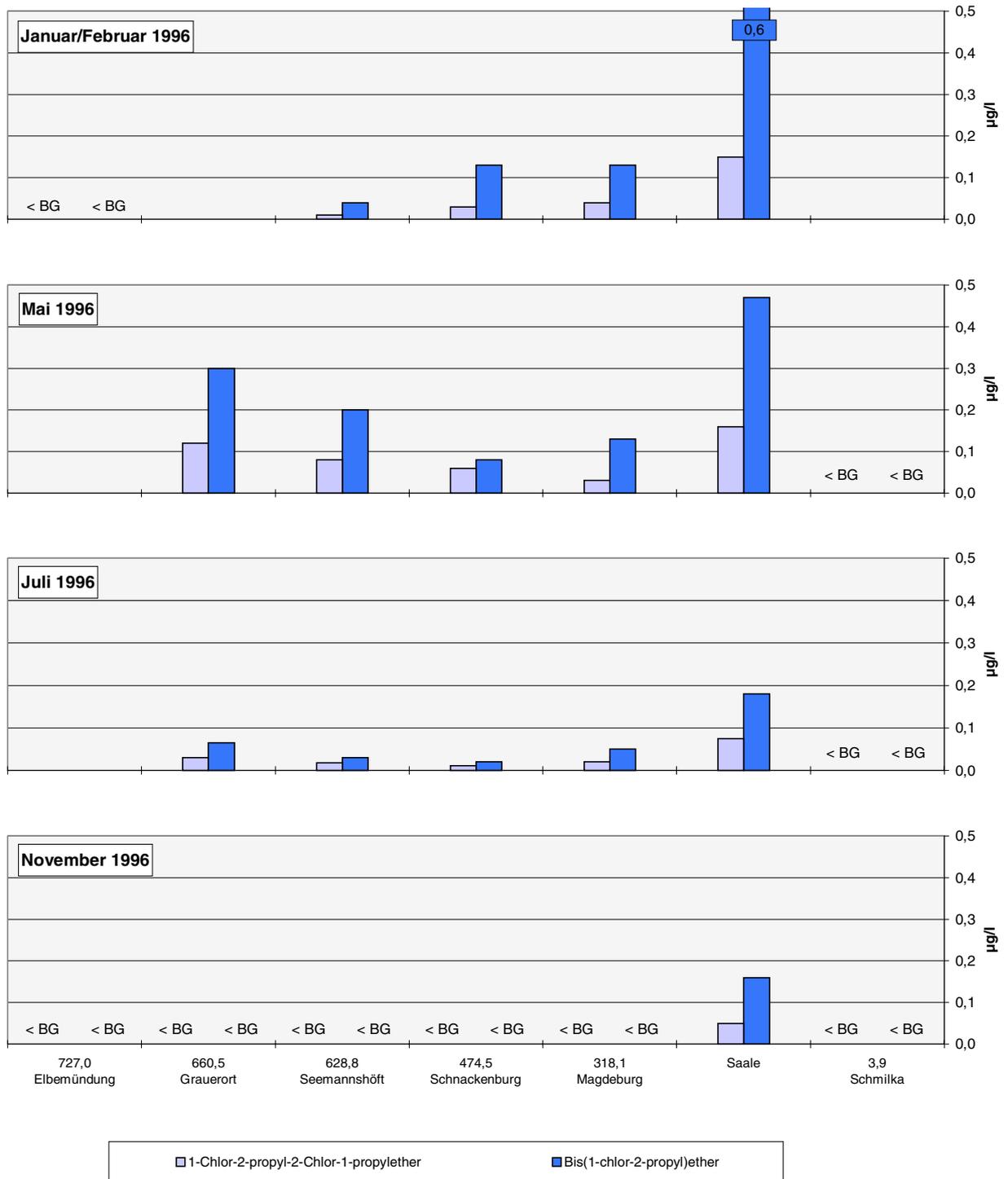
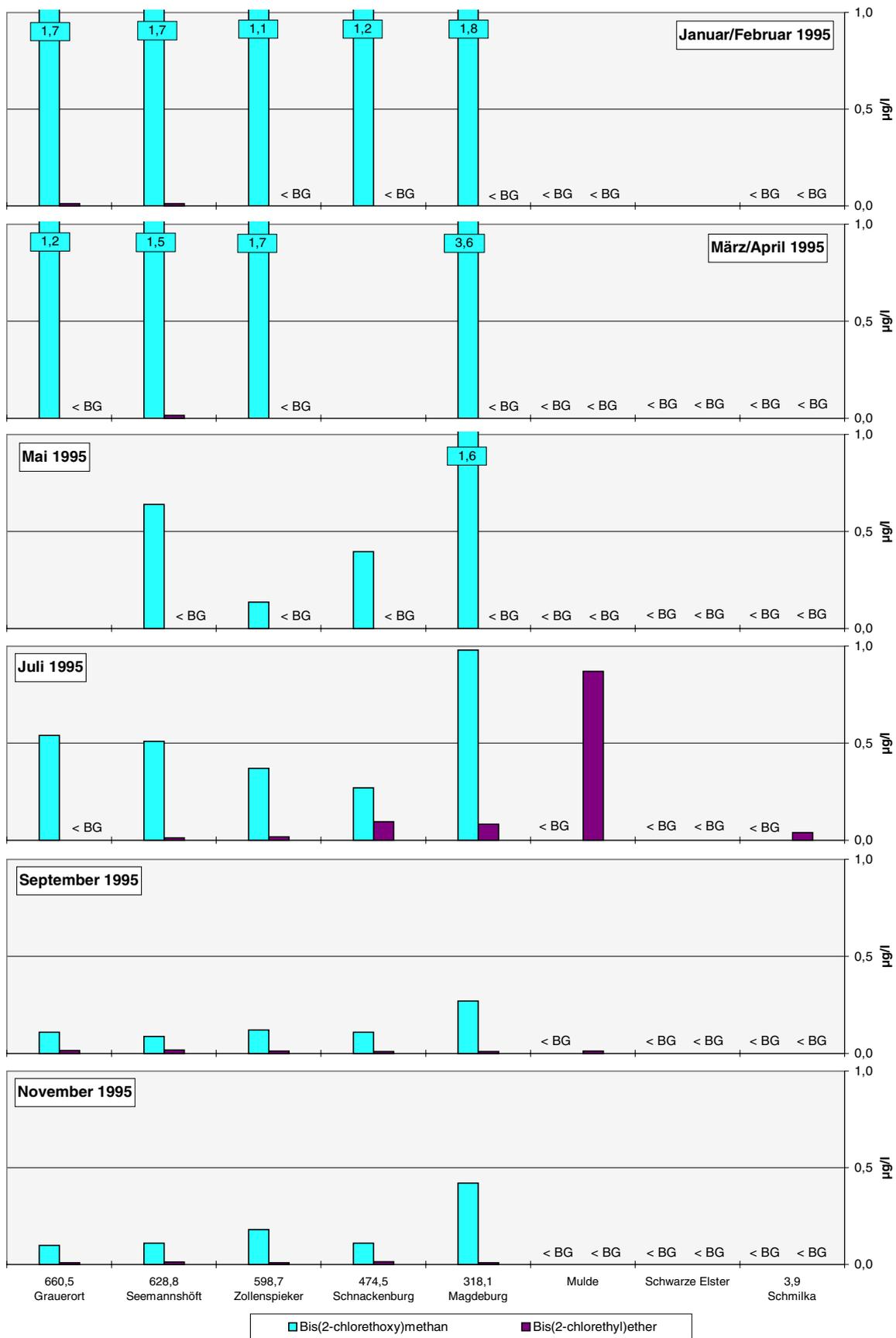


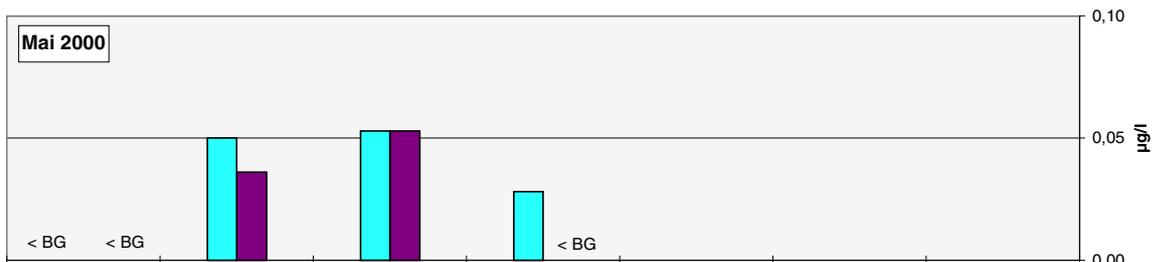
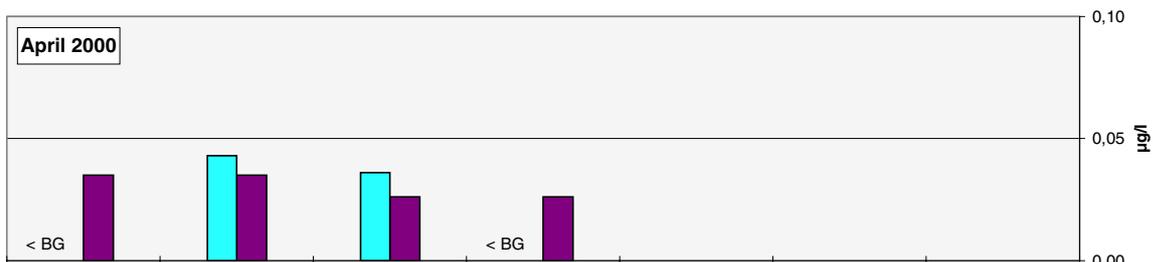
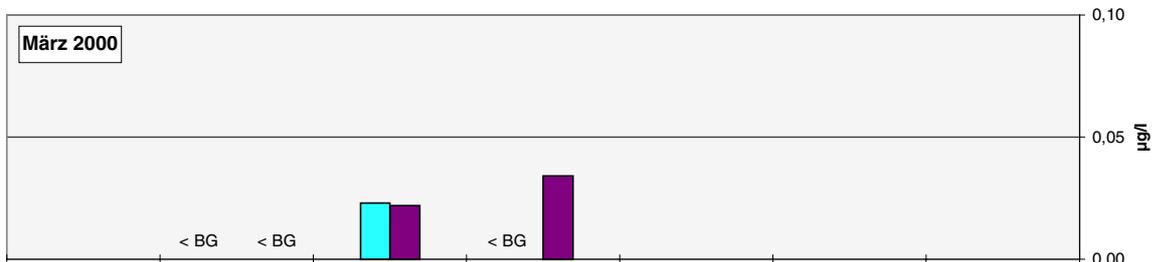
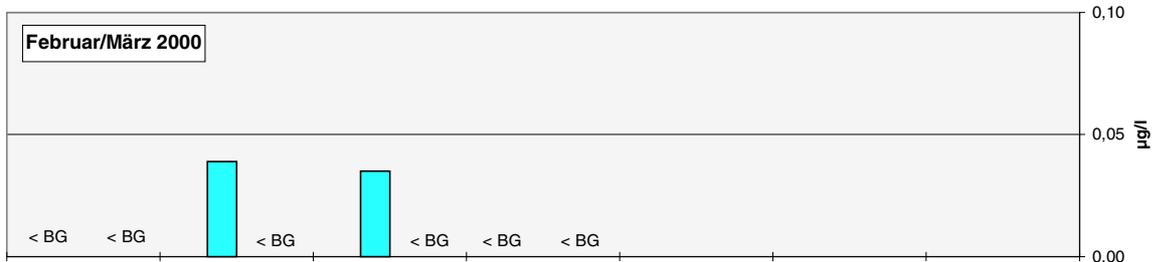
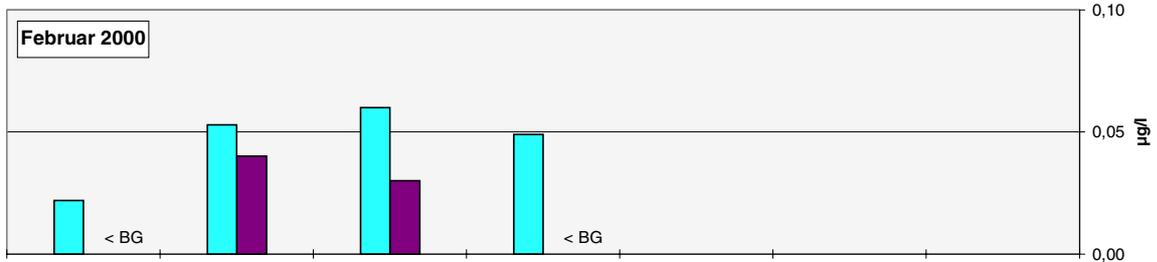
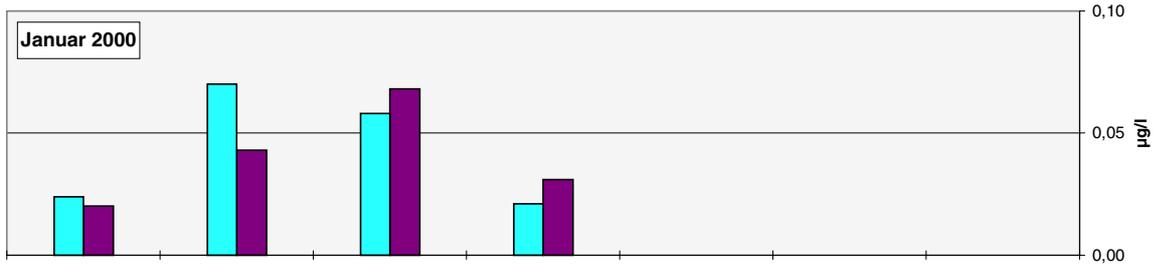
Abb. 11: Längsprofile dichlorierter Propylether in der Elbe (1996)



**Abb. 12: Längsprofile von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (1995)**



Abb. 13: Längsprofile von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (1997-1999)



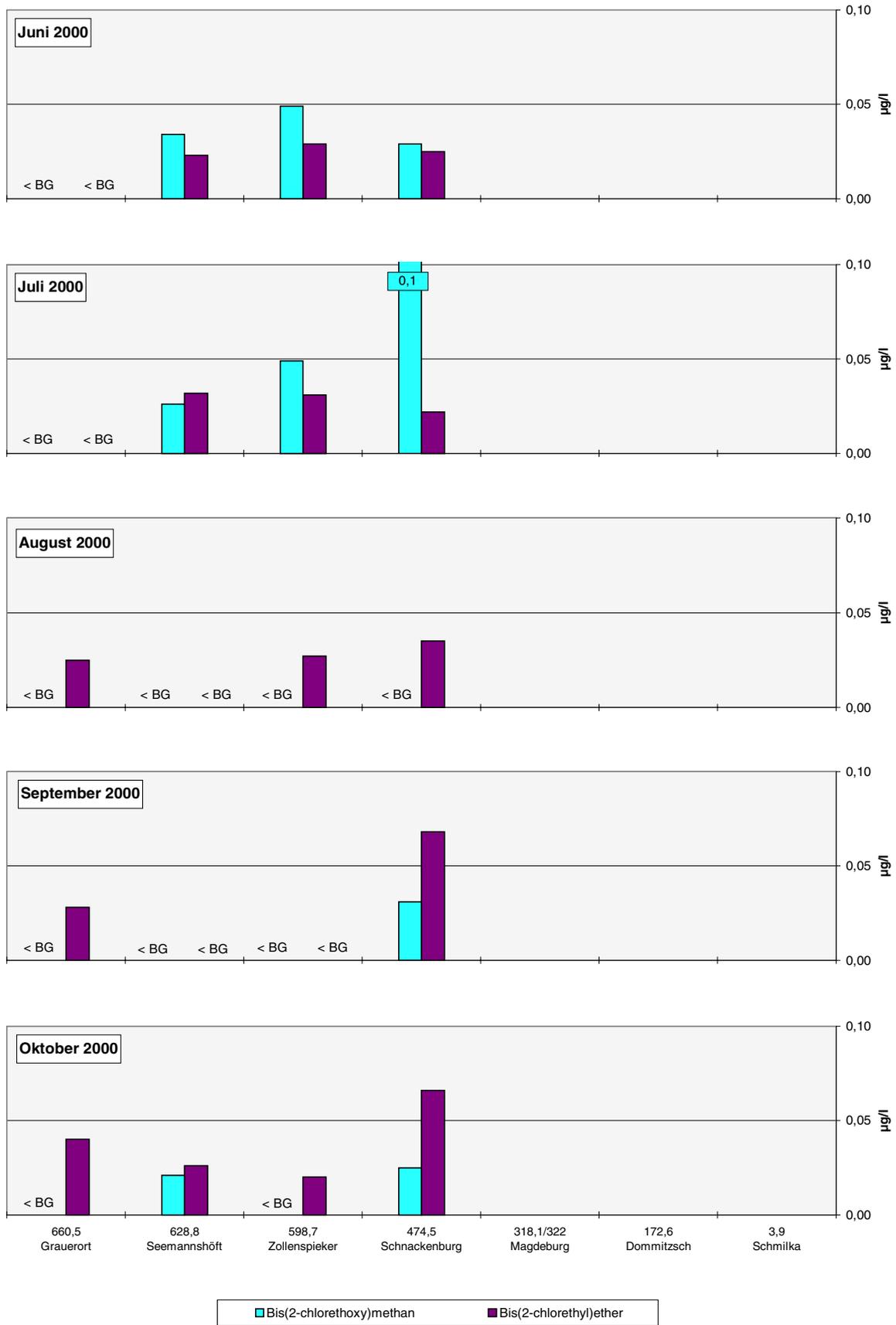


Abb. 14: Längsprofile von Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan in der Elbe (2000)

### 3.3.2.3 Trichlorierte Ether

Für Rückschlüsse auf die räumliche Verteilung der trichlorierten Ether existiert lediglich für das Jahr 1996 eine ausreichende Datenbasis (s. Abb. 15). Dabei sind zwei Bereiche mit erhöhten Trichlorether-Konzentrationen zu erkennen, und zwar zum einen die Saale und zum anderen die Beprobungsstellen Seemannshöft bzw. Grauerort, an denen die Konzentrationen sogar noch höher liegen als in der Saale. An

den Beprobungsstellen Schmilka (oberstrom der Saalemündung) und im Bereich der Elbemündung liegen die Werte fast ausschließlich unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Das sich daraus ergebende räumliche Verteilungsschema lässt vermuten, dass sowohl Einträge über die Saale (vermutlich Buna, s. Kap. 3.3.2.1) als auch Einträge aus einer anderen Quelle in der Unterelbe eine Rolle spielen.

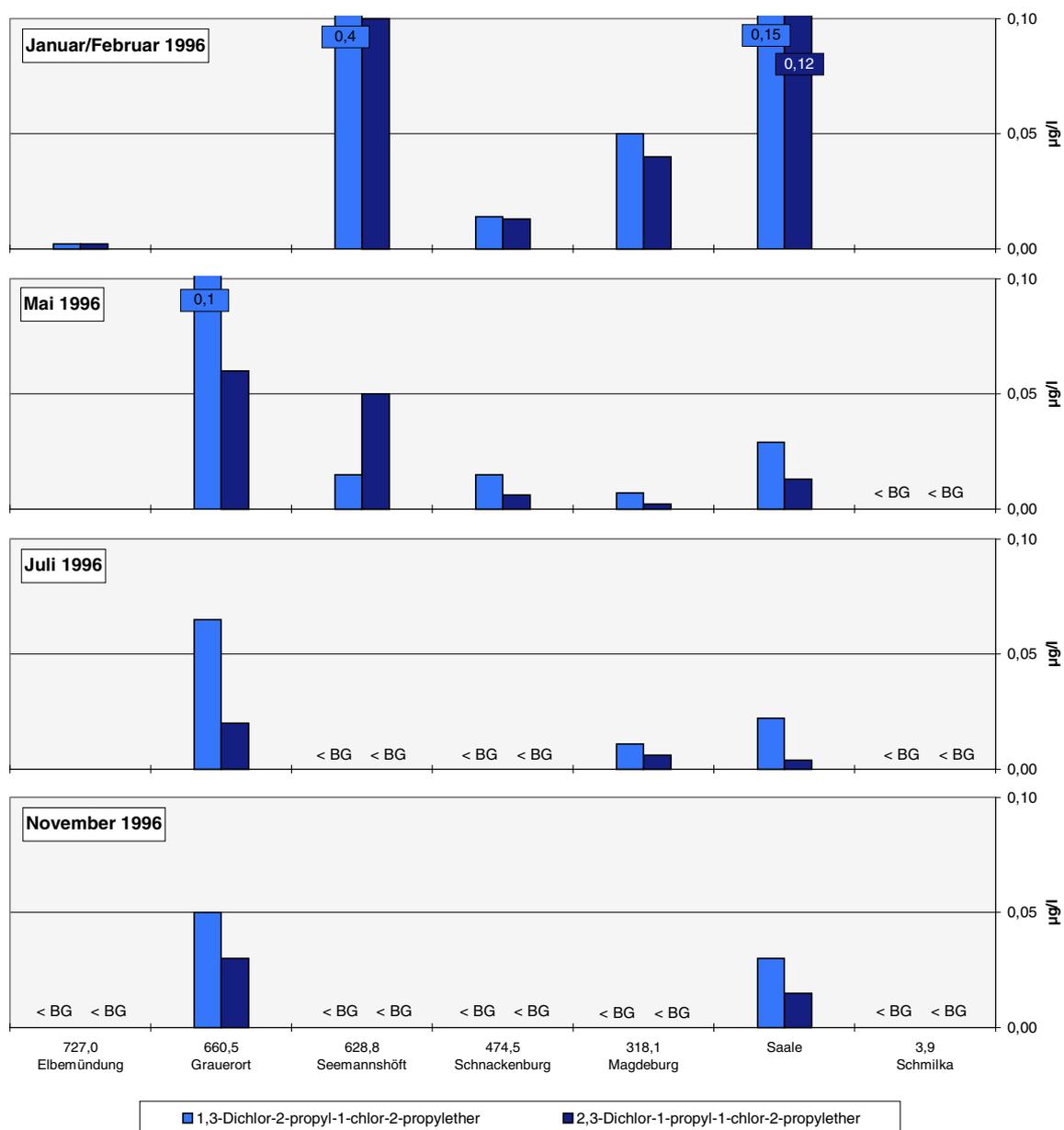
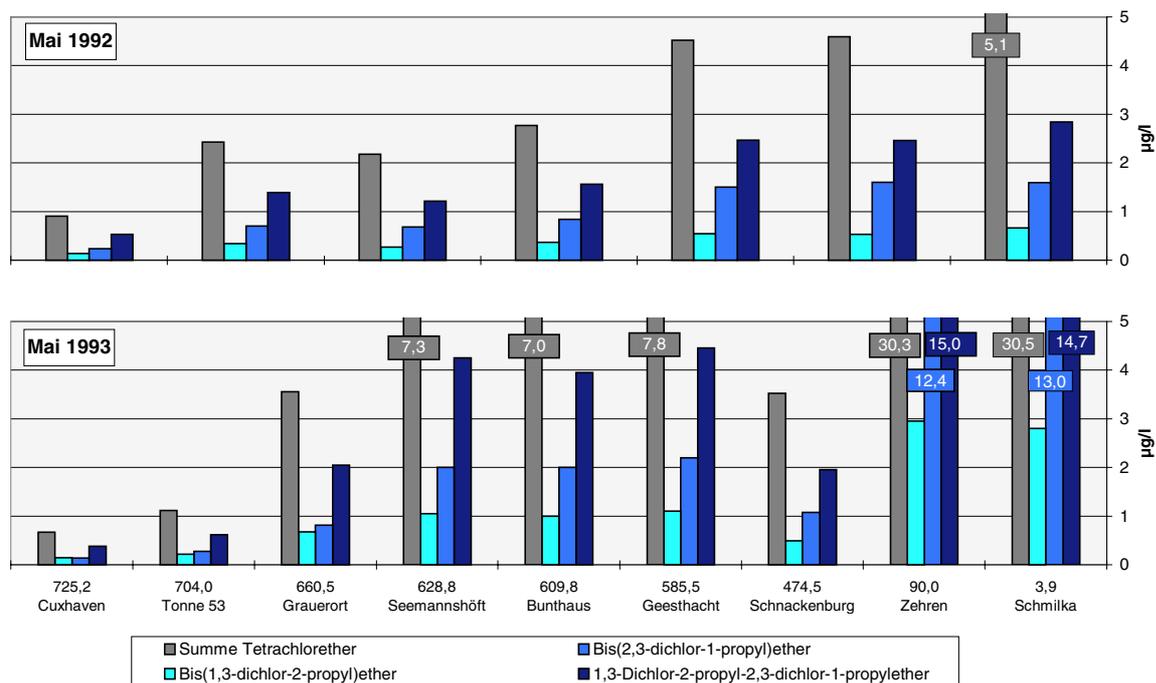


Abb. 15: Längsprofile trichlorierter Ether in der Elbe (1996)

### 3.3.2.4 Tetrachlorierte Ether

Die Längsprofile der tetrachlorierten Ether (s. Abb. 16 bis 22) unterscheiden sich deutlich von denen der di- und trichlorierten. In den Wasserproben der Nebenflüsse Saale, Mulde und Schwarzen Elster scheinen diese chlorierten Ether praktisch nicht vorzukommen. Dafür sind die höchsten Konzentrationen in der Regel an der ersten Elbe-

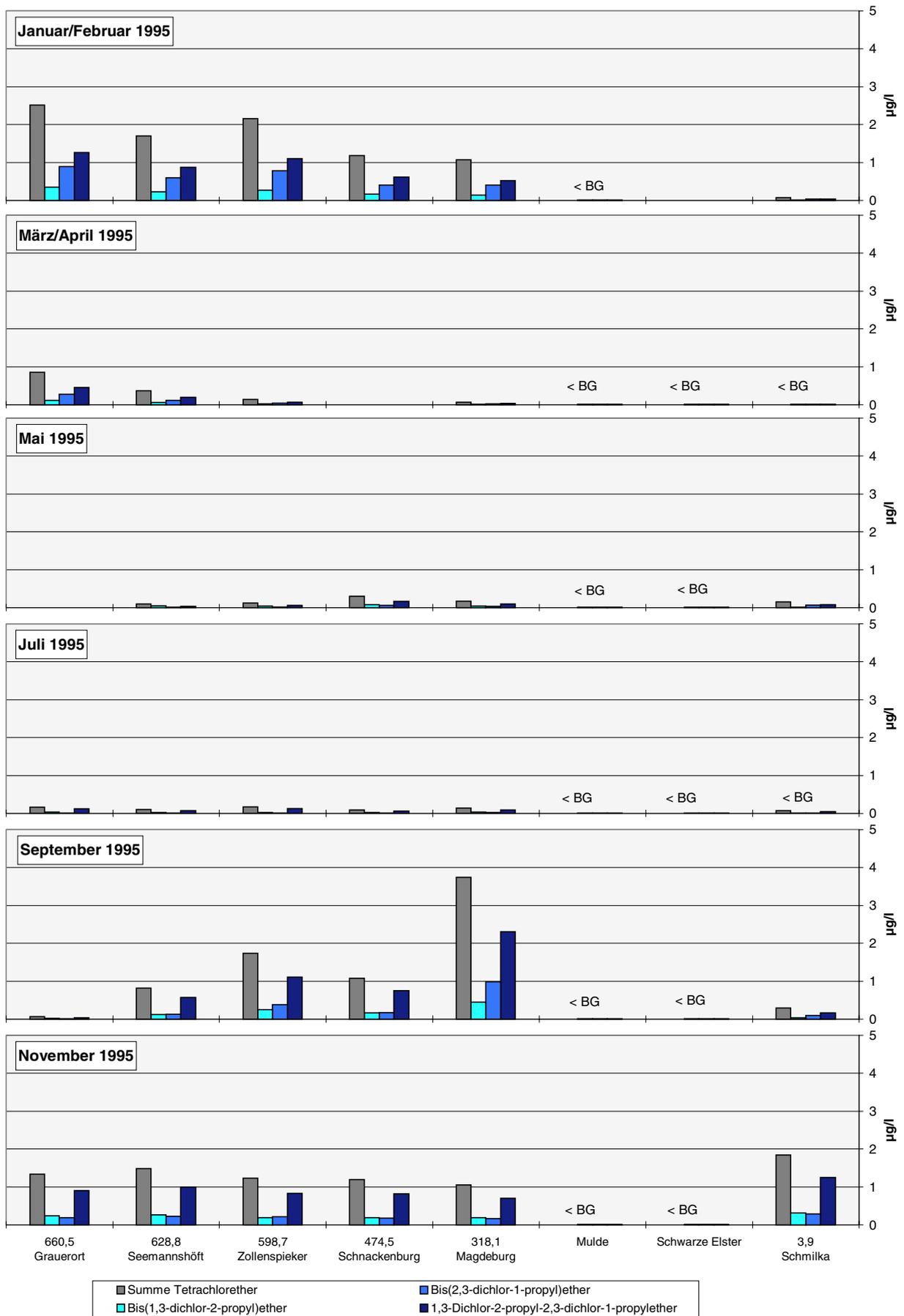
Beprobungsstelle unterstrom der tschechisch-deutschen Grenze, Schmilka, zu finden. Insbesondere im Mai 1993 werden dort Summenwerte von über 30 µg/l gefunden (s. Abb. 16), die in den Folgejahren nur noch von den exzeptionell hohen Werten des November 1999 (48 µg/l tetrachlorierte Ether) übertroffen werden (s. Abb. 21).



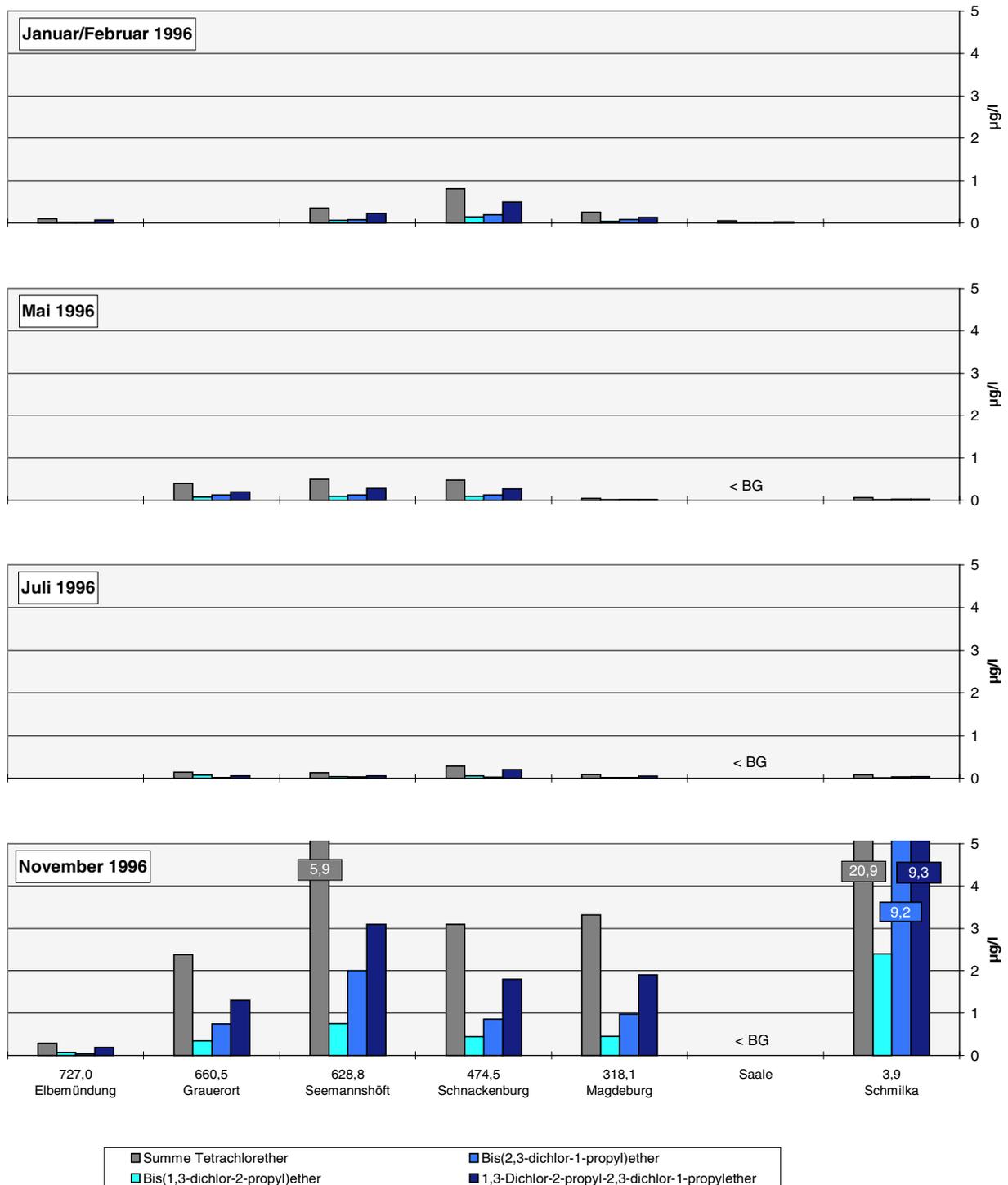
**Abb. 16: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1992 und 1993)**

Von 1995 bis Mitte 1996 (s. Abb. 17 und 18) sind mit Ausnahme des November 1995 von oberstrom der Beprobungsstelle Schmilka keine bzw. vernachlässigbar geringe Einträge von tetrachlorierten Ethern zu verzeichnen gewesen. Die bereits in Kapitel 3.3.1 erwähnten produktionstechnischen Veränderungen beim Hauptemittenten dieser Verbindungen in Ustí nad Labem haben in dieser Zeit zu einer extremen Verringerung der Emissionen geführt. Dennoch sind in einigen Monaten ab Magdeburg bzw. Schnackenburg Summenkonzentrationen bis zu 3,8 µg/l tetrachlorierte Ether zu finden. Ähnlich wie bei den dichlorierten Propylethern ist im

Bereich von Zollenspieker/Seemannshöft häufig ein weiterer Peak bzw. erneuter Anstieg der Konzentrationen zu verzeichnen. Mit der Aufhebung der emissionsmindernden produktionstechnischen Umstellungen in der chemischen Fabrik in Ustí nad Labem (Ende 1996, vgl. Kap. 3.3.1) zeigen die Profile wieder ein ansteigendes Konzentrationsniveau. Dabei liegen, von wenigen Profilen abgesehen (November 1997 bis Februar 1998 und November 1998 bis Februar 1999, vgl. Abb. 19 bis 21), die Konzentrationen immer an der Beprobungsstelle Schmilka am höchsten.



**Abb. 17: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1995)**

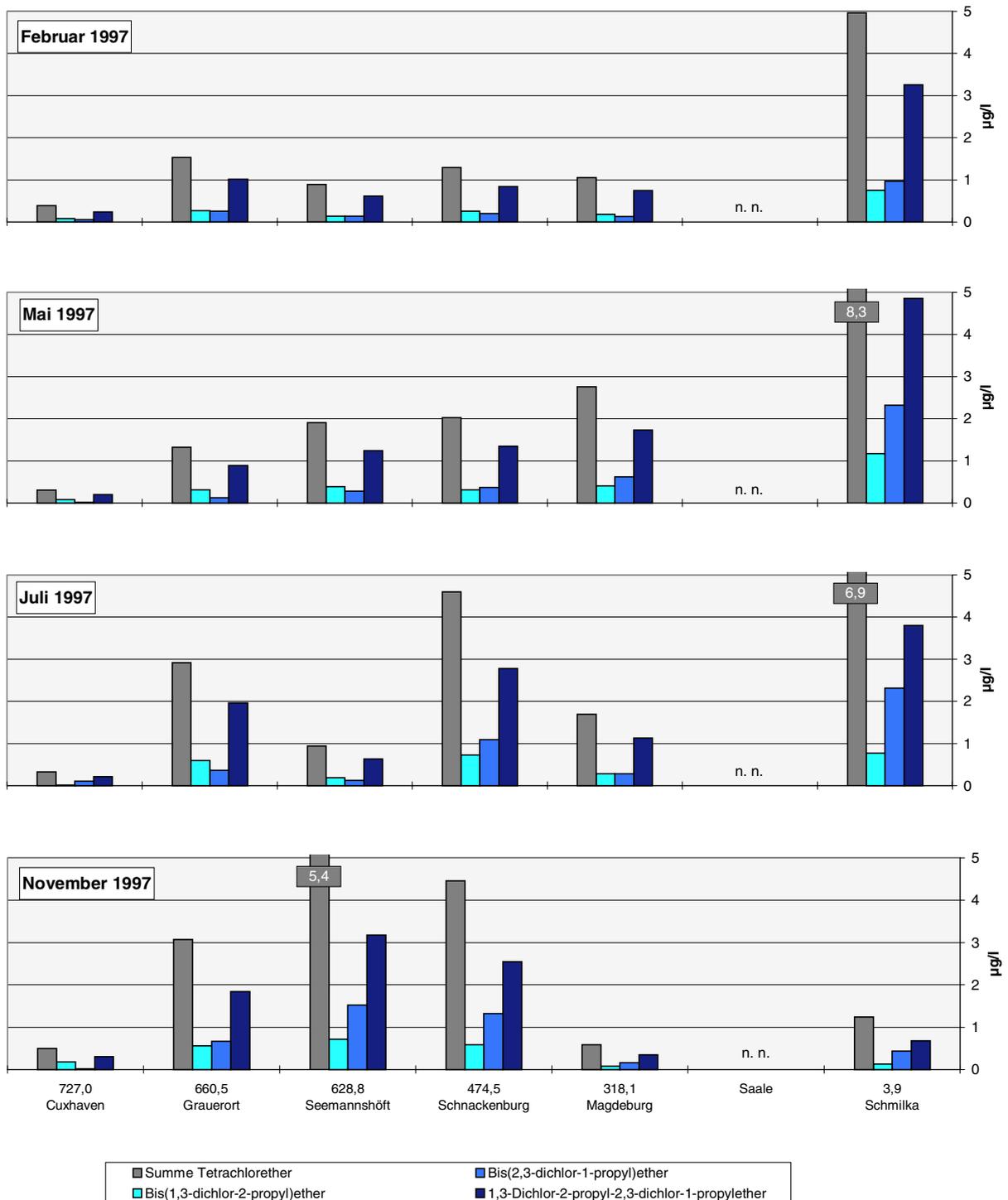


**Abb. 18: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1996)**

In den meisten Profilen der Jahre 1997 bis 1999 treten im Bereich Seemannshöft bzw. Schnackenburg eine Art Zweitpeaks auf, die gerade bei denjenigen Profilen mit niedrigen TePE-Konzentrationen in Schmilka beson-

ders auffallen.

Im November 1999 treten an der Messstelle Schmilka trotz des Anschlusses des Hauptemittenten an eine neue Abwasserkläranlage sehr hohe TePE-Werte auf (Summenkonzent-

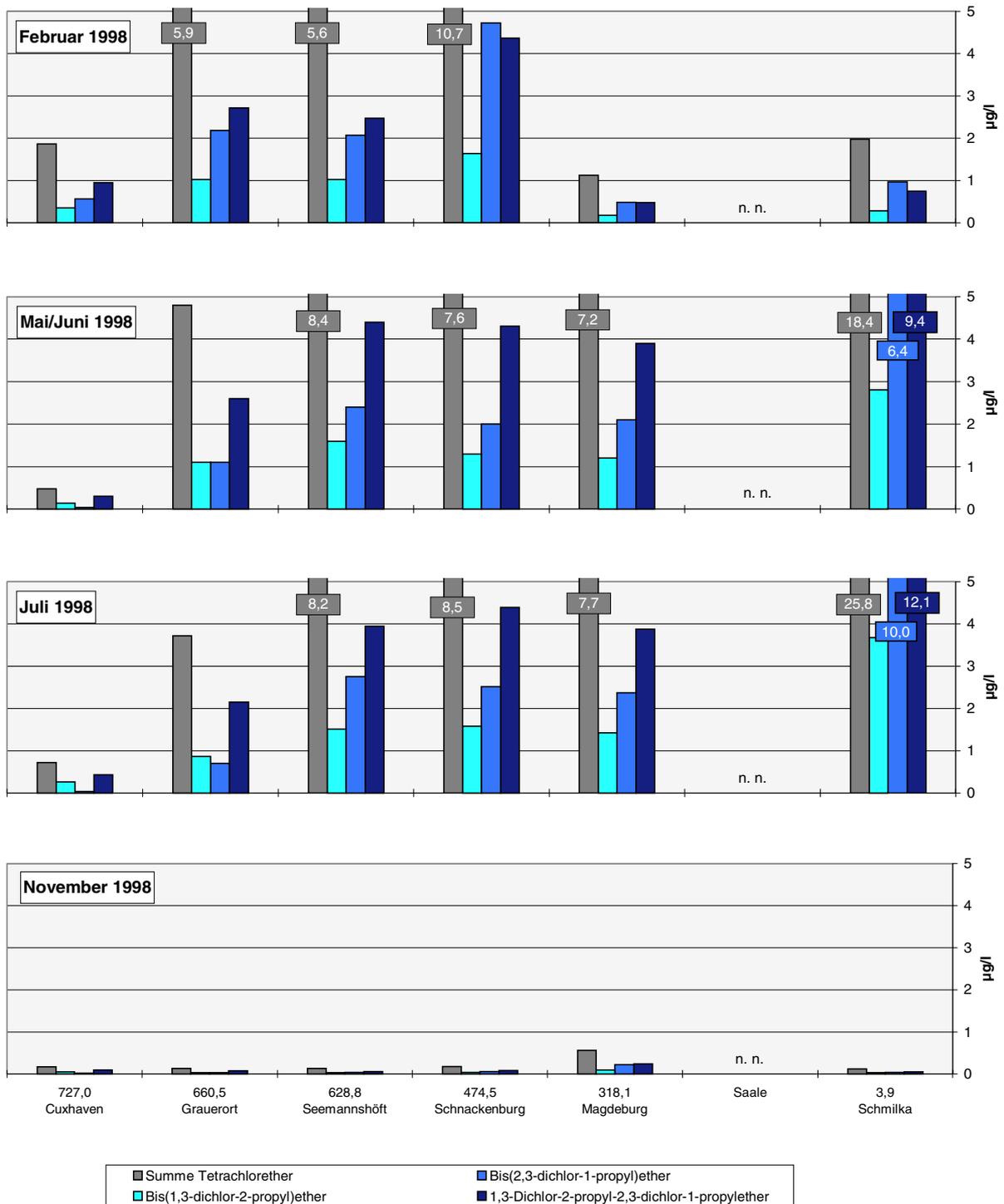


**Abb. 19: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1997)**

tration von 48,7 µg/l TePE), die Richtung flussabwärts abnehmen. Nach Überwindung der Anlaufschwierigkeiten der besagten Kläranlage (vgl. Kap. 3.3.1) verringern sich die Konzentrationen im Laufe des Jahres 2000

tendenziell (s. Abb. 22), wobei die höchsten Werte wieder in Schmilka oder Dommitzsch zu finden sind.

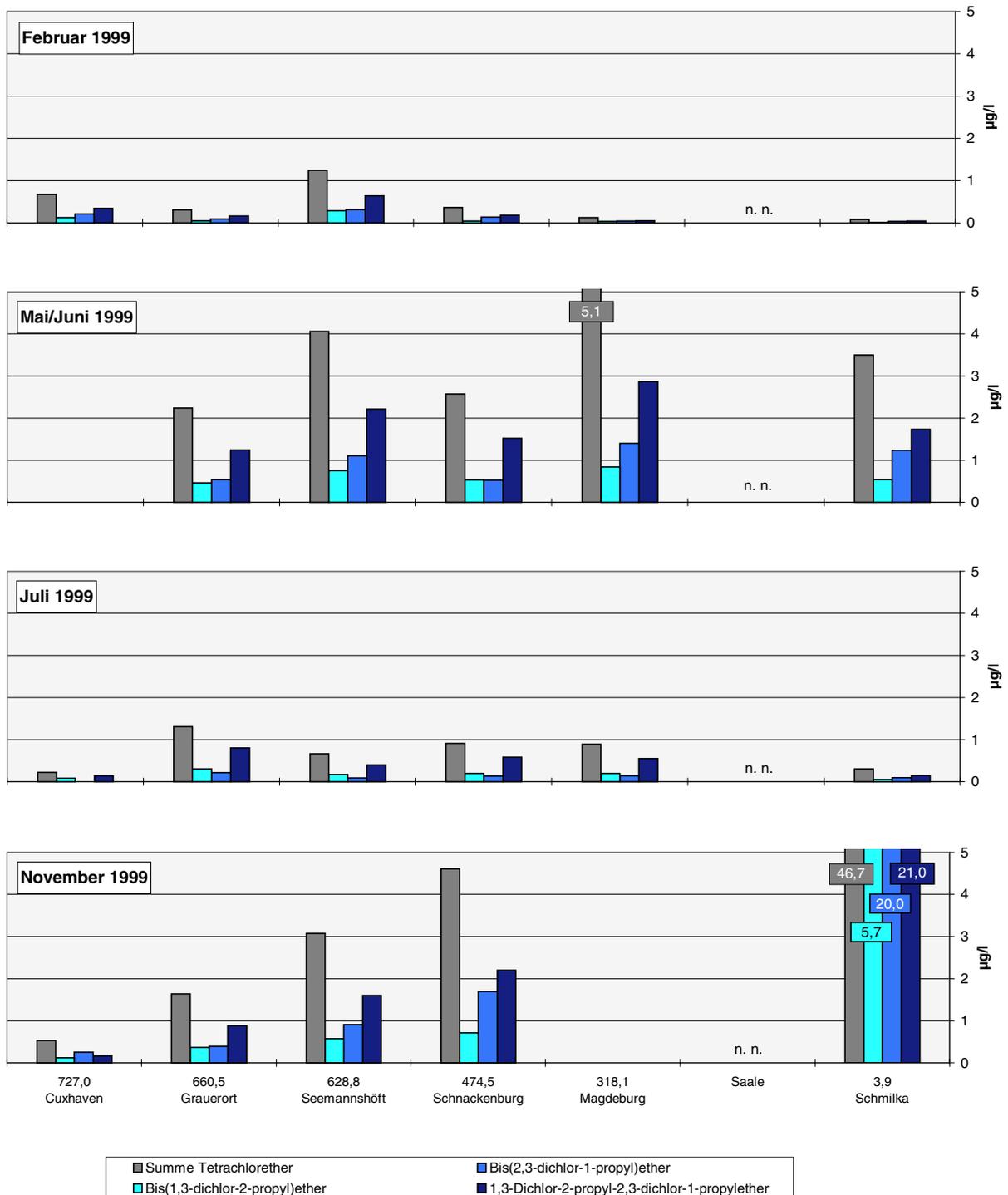
Wie auch in den Vorjahren treten zumeist im Bereich Schnackenburg bzw. Grauerort se-



**Abb. 20: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1998)**

kundäre Peaks auf, mitunter sind die Konzentrationen im Abschnitt Schnackenburg bis Grauerort sogar höher als zwischen Schmilka und Magdeburg. Die im Jahre 2000 an den Beprobungsstellen

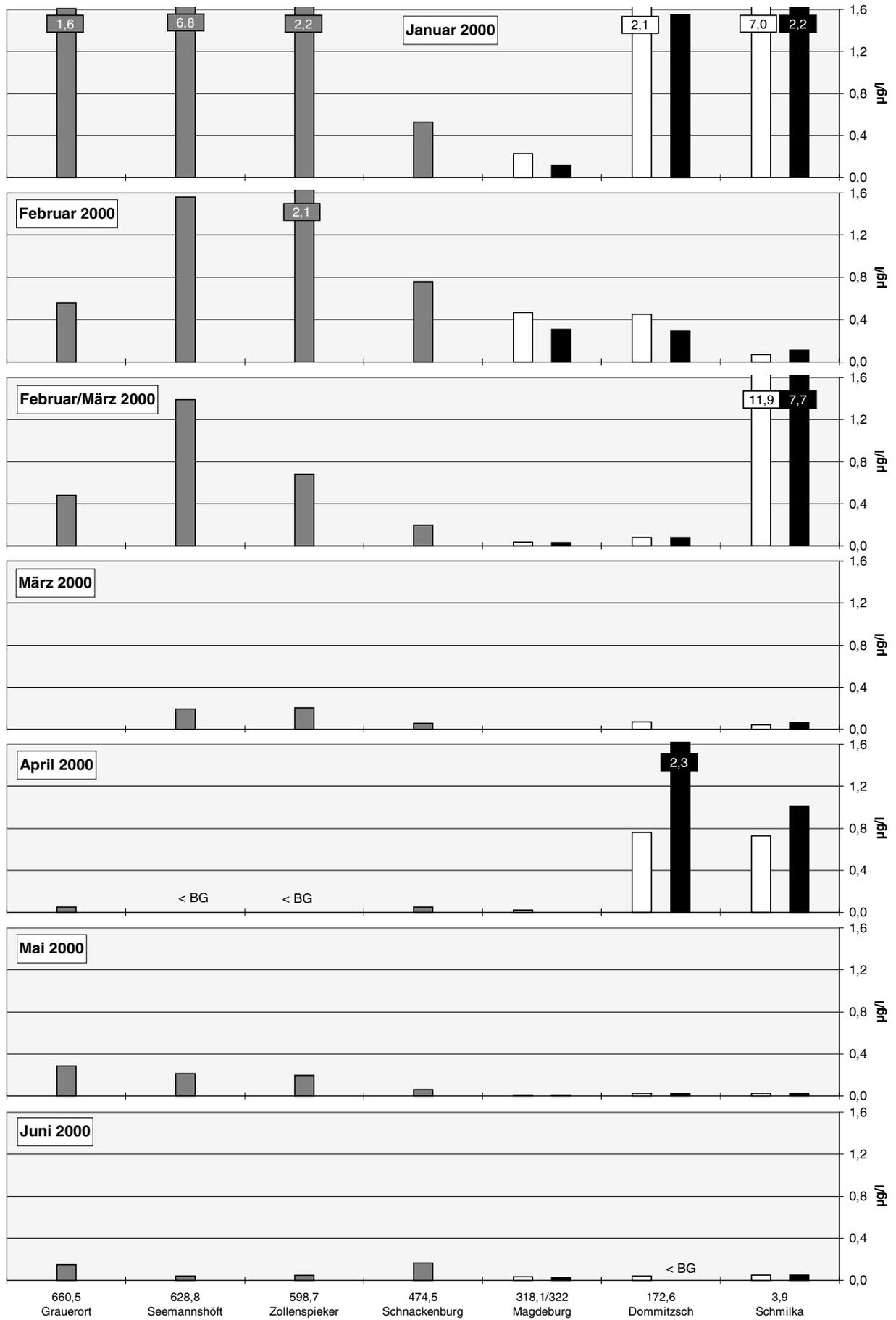
Schmilka, Domnitzsch und Magdeburg sowohl vom linken als auch vom rechten Ufer aus genommenen Wasserproben weisen zu Beginn des Jahres z. T. erhebliche Konzentrationsunterschiede auf, insbeson-



**Abb. 21: Längsprofile tetrachlorierter Ether in der Elbe (1999)**

dere an den Beprobungsstellen Schmilka und Dommitzsch (s. Abb. 22). Tendenziell liegen die Konzentrationen der am linken Ufer entnommenen Proben zwar höher, es gibt aber auch Monate, in denen die am rechten

Ufer entnommenen die höheren Werte aufweisen. Ein einheitliches Belastungsbild lässt sich daraus nicht ableiten, zum Teil können diese Unterschiede auch analytisch bedingt sein.



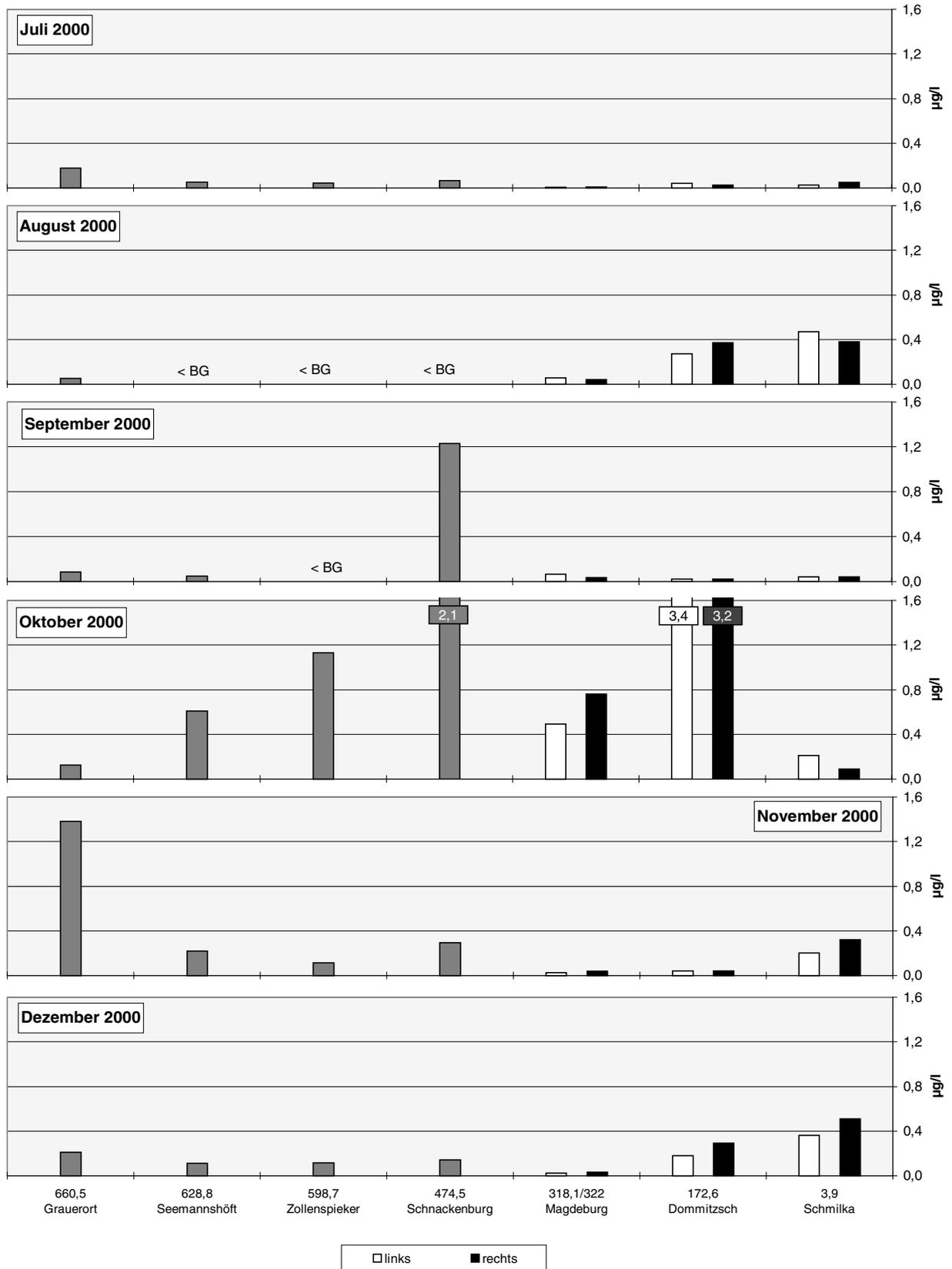


Abb. 22: Längsprofile tetrachlorierter Ether (Summenkonzentrationen) in der Elbe (2000)

### 3.3.3 Stoffmuster

Die Betrachtung von Stoffmustern war lediglich für die tetrachlorierten Ether sinnvoll, da sowohl bei den dichlorierten als auch bei den trichlorierten Ethern zu viele Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen lagen oder die Anzahl der gemessenen Werte zu gering war.

Tabelle 8 zeigt die Muster der TePE als Prozentanteile der Einzelstoffe an der TePE-Summe. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass 1,3-2,3-TePE mit 45-58 % den weitaus größten

Anteil an der TePE-Summe ausmacht, gefolgt von Bis2,3-TePE mit 20-39 %, gegenüber Bis1,3-TePE mit 14-24 %. Außerdem wird aus der Tabelle deutlich, dass sich das TePE-Muster Richtung stromab leicht verschiebt, indem der Anteil von Bis1,3-TePE etwas zunimmt, während der Anteil an Bis2,3-TePE zurückgeht. Die Muster der in Schmilka und Magdeburg im Jahre 2000 für das linke und rechte Ufer getrennt entnommenen Wasserproben unterscheiden sich nicht.

**Tab. 8: Muster der tetrachlorierten Ether im Elbewasser (Mittelwerte der Jahre 1993 bis 2000)**

	Anteil Ether-Isomer an Gesamtsumme [%]		
	Bis1,3	Bis2,3	1,3-2,3
<b>Schmilka</b>	14*	36*	51*
<i>links</i>	15**	38**	47**
<i>rechts</i>	16**	39**	45**
<b>Magdeburg</b>	17*	28*	55*
<i>links</i>	20**	26**	54**
<i>rechts</i>	20**	27**	53**
<b>Schnackenburg</b>	17	25	58
<b>Zollenspieker</b>	16	26	58
<b>Seemannshöft</b>	18	26	56
<b>Grauerort</b>	19	25	57
<b>Cuxhaven</b>	24	20	56

\*: Mittelwert der Jahre 1993-1999

\*\* : Mittelwert des Jahres 2000

Die oben beschriebenen Muster und die Verringerung der Bis2,3-TePE- bei gleichzeitiger Zunahme der Bis1,3-TePE-Anteile in der Unterelbe wurden auch von FRANKE et al. in mehreren Publikationen beschrieben. Nachdem die Autoren zuerst angenommen hatten, dass diese Musterverschiebung dadurch zustande käme, dass die aus der Oberelbe (chemische Fabrik in Ustí nad Labem) stammenden TePE-Konzentrationen in der Unterelbe von einer weiteren TePE-Emission überlagert würden, so vertraten die Autoren nach weiteren Untersuchungen im Bereich der Deutschen Bucht (FRANKE et al. 1998b) die Meinung, dass die Musterverschiebung durch einen selektiven bio-

logischen Abbau des Bis2,3-TePE-Isomers bedingt ist, der durch die Brack- bzw. Salzwasserbedingungen in der unteren Elbe bzw. Nordsee begünstigt wird. In den Wasserproben der Deutschen Bucht war das Isomer Bis2,3-TePE, dessen Anteil in der oberen Elbe etwa ein Drittel der Summe der drei Isomere ausmacht, praktisch nicht mehr nachzuweisen.

Die hier vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Musterverschiebung, d. h. der angenommene biologische Abbau, auch schon im Süßwasserbereich der tidefreien Elbe zwischen Schmilka und Schnackenburg stattfindet. Entweder findet

also auch schon im Süßwasserbereich ein mehr oder minder selektiver (mikro-)biologischer Abbau des Bis2,3-TePE statt oder das Bis2,3-Isomer wird stärker als die

### 3.3.4 Korrelationsanalysen

#### 3.3.4.1 Korrelationen der Stoffkonzentrationen untereinander

Für die im Folgenden beschriebenen Korrelationsrechnungen (vgl. Tab. A 1 bis A 4 im Anhang) gelten die gleichen Einschränkungen, die auch schon im vorherigen Kapitel über die Stoffmuster erwähnt wurden: Eine Berechnung von Korrelationskoeffizienten war für die dichlorierten Propylether nicht sinnvoll, da die Werte zum größten Teil unterhalb der Bestimmungsgrenzen lagen, und wurde daher nicht durchgeführt.

Die Ergebnisse für die trichlorierten Ether basieren je nach Beprobungsstelle entweder auf einem sehr geringen Stichprobenumfang ( $n = 4$ ) oder liegen wiederum zu einem sehr hohen Anteil ( $> 50\%$ ) unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Im ersteren Fall wurden zwar Korrelationskoeffizienten berechnet, sie sind jedoch mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Ableiten lassen sich für die Beprobungsstellen Magdeburg, Saale und Grauerort eine signifikante, hohe positive Korrelation der Einzelisomere miteinander und eine fast ebenso hohe positive Korrelation zwischen den beiden Isomerenkonzentrationen an den Beprobungsstellen Saale und Magdeburg, was als weiterer Hinweis auf die Herkunft der trichlorierten Ether aus dem Einzugsgebiet der Saale zu werten ist. Zwischen den Isomerenkonzentrationen der Beprobungsstellen Saale und Grauerort ist hingegen keine signifikante positive Korrelation festzustellen, was vermutlich auf die besonderen Randbedingungen bezüglich Stofftransport, -ab- und -umbau zurückzuführen ist.

Bei den tetrachlorierten Ethern ist auffällig, dass ihre jeweiligen Konzentrationen an jeder einzelnen Beprobungsstelle sehr stark mit-

anderen Isomere von Biota aufgenommen. Auf diesen Punkt wird in Kapitel 3.4.2 bei der Beschreibung der Stoffmuster im Gewebe von Fischen noch einzugehen sein.

einander korrelieren (gleiche Quelle für alle analysierten Isomere), während die Stärke der Korrelationen zwischen der Beprobungsstelle Schmilka und den anderen Beprobungsstellen sehr unterschiedlich ist und von Schmilka bis zur Elbemündung (Cuxhaven) hinunter etwa wie folgt aussieht:

*Schmilka > Magdeburg > Schnackenburg >>  
Zollenspieker << Seemannshöft > Grauerort >  
Cuxhaven*

Auffällig ist die "Sonderstellung" der Beprobungsstelle Zollenspieker, für die es derzeit keine plausible Erklärung gibt und die auch nicht mit den von GÖTZ & BAUER (1995) dargestellten Daten von den Stationen Seemannshöft und Zollenspieker (1992/1993) im Einklang steht. Dort wurden auf einem Signifikanzniveau von 5 % keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den bei Zollenspieker und Seemannshöft ermittelten Haloether-Konzentrationen nachgewiesen, was die Autoren zu der Schlussfolgerung führte, dass der Einfluss Hamburgs auf die Belastung der Elbe mit chlorierten Ethern gering sei.

Für diejenigen Beprobungsstellen, an denen gleichzeitig die TePE-Konzentrationen von links- und rechtsufrig entnommenen Wasserproben bestimmt worden waren (Schmilka, Domnitzsch und Magdeburg im Jahr 2000), waren die folgenden Auffälligkeiten festzustellen:

- ◆ Die TePE-Konzentrationen an den einzelnen Beprobungsstellen sind sehr stark miteinander korreliert.
- ◆ Die Proben von den jeweils gleichen Ufern sind stärker positiv miteinander korreliert

als diejenigen von unterschiedlichen Ufern.

- ◆ Die TePE-Konzentrationen der Beprobungsstelle Schmilka sind mit denen der Beprobungsstelle Dommitzsch nicht signifikant korreliert; die Korrelationskoeffizienten liegen um Null herum. Dies ist derzeit nicht zu erklären.
- ◆ Die TePE-Konzentrationen der Beprobungsstellen Dommitzsch und Magdeburg hingegen sind sehr hoch miteinander korreliert, insbesondere die rechtsufrig entnommenen mit den rechtsufrig entnommenen und die linksufrig entnommenen mit den linksufrig entnommenen.

### 3.3.4.2 Korrelationen der Stoffkonzentrationen mit den Abflussmengen

Um etwaige Zusammenhänge zwischen dem Oberwasserabfluss und den jeweiligen Stoffkonzentrationen aufzudecken, wurden zwei Arten von Korrelationen berechnet (vgl. Tab. A 5 bis A 9 im Anhang). Im ersten Fall (I) wurden die gesamten Zeitreihen an den unterschiedlichen Beprobungsstellen berücksichtigt (1993-2000) und deren Korrelationen mit dem Abfluss am dazugehörigen Bezugspegel errechnet. Im zweiten Fall (II) wurden nur diejenigen Monate/Beprobungskampagnen berücksichtigt, während der sich der Hauptemittent für TePE in Tschechien im "Normalbetrieb" befand. Von der Betrachtung ausgenommen wurden in diesem Fall diejenigen Monate, in denen eine kurzzeitige anlagentechnische Umstellung der Produktionstechnik (s. Kap. 3.3.1 und 3.3.2) bzw. ein versuchsweiser Anschluss an die neu errichtete Kläranlage stattfanden. Dies waren im Wesentlichen die Jahre 1997 bis 1999.

Signifikante (negative) Korrelationen ergaben sich lediglich im Fall II für 1,3-2,3-TePE an den Beprobungsstellen Seemannshöft und Grauerort, also bereits in der Unterelbe. Des Weiteren sind bei den TePE fast durchgängig negative Korrelationskoeffizienten zwischen Stoffkonzentrationen und Abfluss errechnet worden, wenngleich diese nicht signifikant waren. Auffällig ist jedoch eine Zunahme des Betrages der Koeffizienten Richtung stromab, aufgrund dessen vage vermutet werden

könnte, dass die TePE-Konzentrationen mit zunehmender Entfernung vom Emittenten immer stärker vom Oberwasserabfluss abhängig sind, und zwar je höher die Abflussmenge desto niedriger die Stoffkonzentrationen (Verdünnungseffekt). Diese negative Korrelation wurde auch anhand der Konzentrationen der Jahre 1992 und 1993 für die Beprobungsstellen Zollenspieker und Seemannshöft nachgewiesen (GÖTZ et al. 1995).

Bei Berücksichtigung der gesamten Zeitreihen (Fall I) zeigt sich ein anderes Bild: Hier nimmt zwar auch der Betrag der nicht signifikanten negativen Korrelationskoeffizienten stromab bis zur Beprobungsstelle Magdeburg zu, danach jedoch tendenziell wieder ab.

Eine signifikante positive Korrelation zwischen dem Abfluss und den Bis(2-chlor-ethoxy)methan-Konzentrationen, die derzeit nicht erklärt werden kann, ist für die Beprobungsstelle Grauerort zu verzeichnen. Die Koeffizienten an allen anderen Stationen und für alle anderen Stoffe sind nicht signifikant, liefern kein kongruentes Bild und lassen sich inhaltlich kaum interpretieren.

Zusammenhänge zwischen den Stoffmustern der TePE und dem Oberwasserabfluss an den Bezugspegeln der jeweiligen Beprobungsstellen ließen sich nicht feststellen.

### 3.3.5 Frachtenabschätzung

Eine Frachtenberechnung wurde lediglich für die tetrachlorierten Ether vorgenommen. Die Frachten an den untersuchten chlorierten

Ethern wurden für verschiedene Messstellen der tidefreien Elbe anhand des Abflusses an den jeweiligen Bezugspegeln ( $A_d$ ) und der im

Zuge der Messkampagne ermittelten Konzentrationen chlorierter Ether im Wasser ( $K_H$ ) abgeschätzt. Mittels des Faktors  $F_U$  (0,0864) wurden die erhaltenen Werte in Tagesfrachten mit der Einheit kg/d umgerechnet. Der Abstand zwischen der Beprobungsstelle

und dem Standort des für die Berechnung herangezogenen Bezugspegel wurde durch Multiplikation mit einem Korrekturfaktor  $f$  berücksichtigt. Die daraus resultierende Formel lautet somit:

$$\text{Tagesfracht } F_d \text{ [kg/d]} = A_d \text{ [m}^3\text{/s]} \times K_H \text{ [\mu g/l]} \times F_U \times f$$

Die "Frachtenberechnung" anhand der genannten Formel ist eher als eine Abschätzung anzusehen, die anhand einer recht schmalen Datenbasis vorgenommen

wurde. Der an Schwebstoffpartikel adsorbierte Anteil an chlorierten Ethern wurde dabei nicht berücksichtigt.

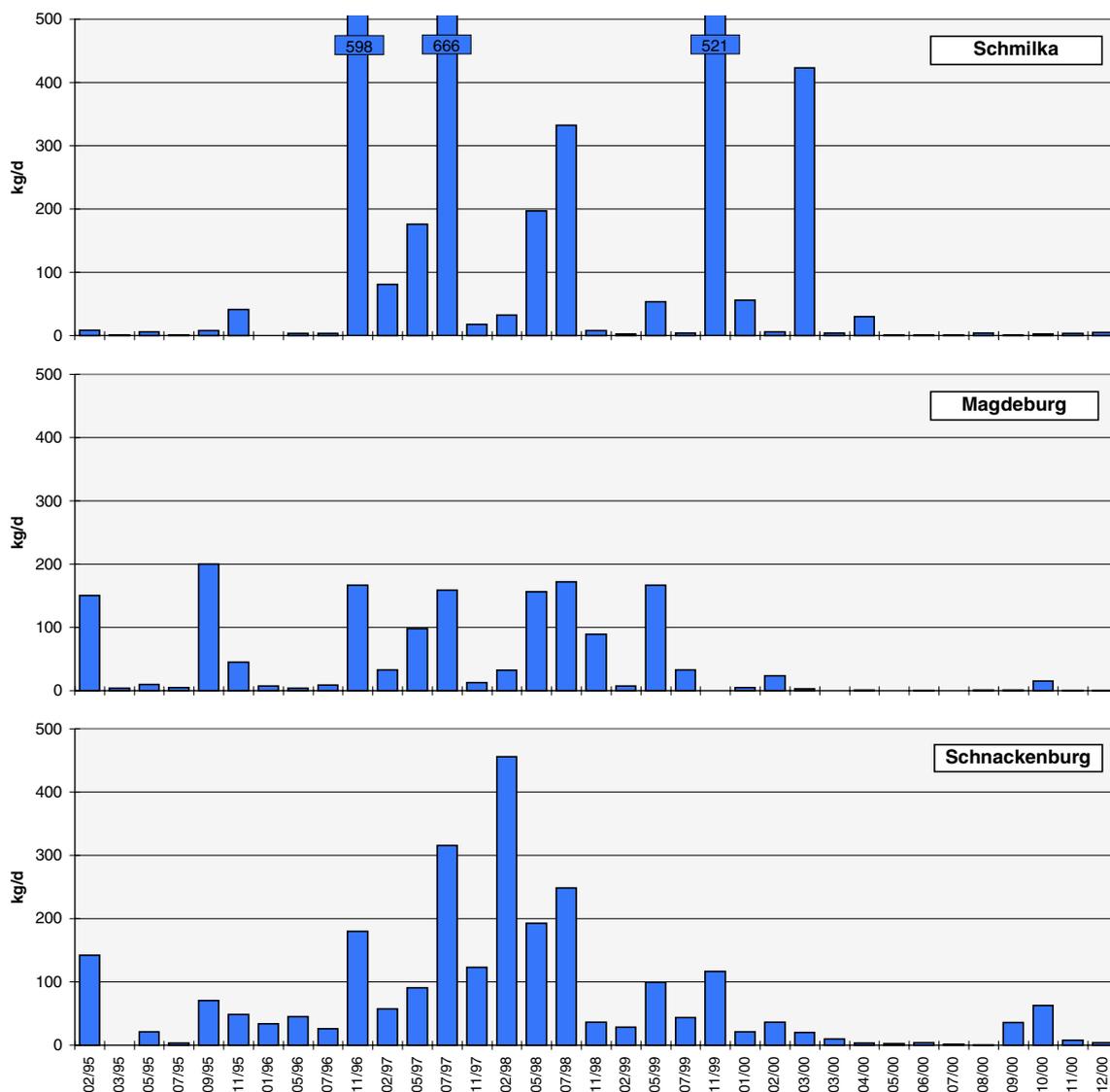


Abb. 23: Tagesfrachten tetrachlorierter Ether in der Elbe (Summe aller drei Isomere)

Die Beprobungsstellen im Bereich der Tideelbe wurden von der Berechnung ausgenommen, da dort sehr vielschichtige Strömungsverhältnisse herrschen, die eine Frachtenabschätzung wenig sinnvoll erscheinen lassen.

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen wurden jeweils mit dem halben Wert der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Die Zeitreihen der berechneten Frachten an den verschiedenen Beprobungsstellen verlaufen für die einzelnen tetrachlorierten Ether im Wesentlichen parallel zu den Zeitreihen der Konzentrationen in den Wasserproben. Die wenigen Unterschiede sollen im Folgenden daher nur anhand der in Abbildung 23 dargestellten Tagesfrachten der Summe tetrachlorierter Ether aufgezeigt werden (vgl. hierzu auch Abb. 8 mit den gemessenen Summenkonzentrationen).

Insgesamt werden die Zeitreihen an den einzelnen Beprobungsstellen durch die Frachtenberechnung in ihrem Verlauf etwas ausgeglichener. Auffällig ist die relative "Aufwertung" der im Juli 1997 gemessenen Konzentrationen. Weitaus eindrucksvoller ist jedoch die Relativierung der hohen Konzentrationspeaks in den Monaten Mai und Juli 1998 sowie des extremen Konzentrations-

peaks in Schmilka im November 1999. Insbesondere letzterer, der in den Konzentrationszeitreihen (vgl. Abb. 8) aufgrund seiner Höhe fast als Ausreißer zu behandeln wäre, fügt sich nach der Frachtenberechnung gut in die Zeitreihe an der Beprobungsstelle Schmilka ein (s. Abb. 22).

Was die räumliche Verteilung betrifft, so bleibt auch nach der "Bereinigung" der Konzentrationen um die Abflussmenge (= Frachtenberechnung) die Tatsache bestehen, dass die Werte zwar von Schmilka bis Magdeburg abnehmen (außer im Februar und September 1995), in Schnackenburg dann jedoch zum Teil wieder ansteigen.

Eine Schätzung der Jahresfrachten tetrachlorierter Ether wurde auf Basis der in Abbildung 9 dargestellten Konzentrationen in Wochenmischproben für die Messstation Schmilka vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tabelle 9 dargestellt. Sie stimmen gut mit den von VILÍMEC et al. (2001) für die Abwassereinleitungen des Hauptemittenten in Ustí nad Labem ermittelten Werten überein und spiegeln den drastischen Rückgang der Frachten um fast eine Größenordnung im Zuge der seit dem Jahr 2000 verbesserten Abwasserklärung beim Emittenten wider.

**Tab. 9: Geschätzte Jahresfrachten tetrachlorierter Propylether im Abwasser eines Emittenten in Ustí nad Labem und im Elbewasser bei Schmilka (1998-2000)**

	Jahresfrachten [t/a]					
	1998		1999		2000	
	Abwasser Emittent*	Messstation Schmilka**	Abwasser Emittent	Messstation Schmilka	Abwasser Emittent	Messstation Schmilka
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	-	9,8	7,5	7,0	0,7	1,1
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	-	29,2	19,7	15,8	1,5	2,2
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	-	35,0	35,3	20,6	2,8	3,5
<b>Summe tetrachlorierter Propylether</b>	-	<b>74,1</b>	<b>62,5</b>	<b>43,4</b>	<b>5,1</b>	<b>6,8</b>

\*): Schätzung auf Basis von je vier Beprobungen pro Jahr (VILÍMEC et al. 2001)

\*\*): Schätzung auf Basis von Wochenmischproben der Messstation Schmilka

### 3.3.6 Vergleich mit Konzentrationen in anderen Oberflächengewässern und Bewertung

Zur vergleichenden Einordnung der in den Elbe-Wasserproben ermittelten Konzentrationen chlorierter Ether stehen nur wenige Werte aus anderen Oberflächengewässern zur Verfügung. Diese beziehen sich außerdem fast ausschließlich auf die dichlorierten Ether, die gegenwärtig bei der Schadstoffbelastung der Elbe nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Zudem stammen die Vergleichswerte aus anderen Gewässern überwiegend aus den 80er Jahren und dürften z. T. mittlerweile an Aktualität verloren haben. Zieht man sie dennoch zu einem Vergleich heran, so ist Folgendes festzustellen (vgl. Tab. 10):

- ◆ Selbst die Maximalkonzentrationen von **Bis(1-chlor-2-propyl)ether** in Wasserproben der Elbe und ihrer Nebenflüsse (Maximum 1996 0,160 µg/l) liegen im unteren Konzentrationsbereich der in anderen Untersuchungen im Rhein und in den Mündungen von Sieg, Wupper, Ruhr, Lippe und Erft oder in Oberflächengewässern der USA ermittelten Konzentrationen.
- ◆ Bis auf die Maximalwerte des Jahres 1995 (0,870 µg/l in der Elbe inkl. Nebenflüsse, 0,095 µg/l in der eigentlichen Elbe) sind die **Bis(2-chlorethyl)ether**-Konzentrationen in der Elbe im unteren Wertebereich der in Tabelle 10 für andere Oberflächengewässer ermittelten Konzentrationen einzuordnen.
- ◆ Als vergleichsweise hoch sind die **Bis(2-chlorethoxy)methan**-Konzentrationen im Elbewasser anzusehen. Während bei Vergleichsuntersuchungen in den USA Werte bis zu 0,1 µg/l ermittelt wurden (Flusssystem des Ohio River, Ende der 70er Jahre), wurden in der Elbe 1995 Maximalkonzentrationen von 3,58 µg/l gemessen, und auch aktuell (Stand 2000) werden noch Werte über 0,1 µg/l erreicht.

Der Vollständigkeit halber sind in Tabelle 10 und 11 auch Vergleichswerte für Trink- und Abwasserproben angeführt, die jedoch für

die untersuchten Elbewasserproben nicht relevant sind und daher nicht weiter diskutiert werden sollen.

Gemäß FRANKE et al. (1998b), die Wasserproben aus dem Jahre 1991 aus der gesamten Deutschen Bucht untersucht haben, ist die Mündungsfahne der Elbe anhand der TePE-Konzentrationen deutlich nachvollziehbar. Die TePE eignen sich hier sogar als eine Art Marker für den Einfluss bzw. die Reichweite des Elbewassers, ihre Konzentrationen im Wasser der Deutschen Bucht übersteigen die anderer Umweltchemikalien wie HCH, PCB und PCP um mindestens 1-2 Größenordnungen. Dies verdeutlicht zum einen die hohe Mobilität der TePE (im Allgemeinen liegen sie im aquatischen Milieu zu weit über 99 % im Wasser gelöst vor, eine Bindung an Schwebstoffe ist kaum zu erwarten; vgl. GÖTZ et al. 1998), zum anderen aber auch ihre hohe Persistenz bzw. ihre geringe Reaktivität. Positivbefunde in Uferfiltratbrunnen eines Wasserwerkes bei Dresden in den Jahren 1994 und 1995 (0,5-3 µg/l TePE) und in zwei 1998 entnommenen Trinkwasserproben aus Dresden (etwa 9 ng/l TePE, vgl. FRANKE et al. 1998a) lassen die Einstufung der Stoffe als "trinkwasserrelevant" vor diesem Hintergrund als berechtigt erscheinen. Zwar verweisen Untersuchungen des Wasserwerkes Dresden darauf, dass die TePE-Konzentrationen im aufbereiteten Trinkwasser immer unterhalb der Bestimmungsgrenzen lagen. Diese sind jedoch mit 0,1 µg/l für die Einzelsubstanzen bzw. 0,5 µg/l für die Summe der TePE-Isomere weit oberhalb der für die beiden Dresdener Trinkwasserproben ermittelten Konzentrationen angesiedelt und ggf. als zu hoch anzusehen.

NEURATH et al. (1997, 2000) wiesen für die tetrachlorierten Ether gemäß dem AMES-Test mit *Salmonella typhimurium* und im Testsystem mit Säugetierzellen ein mutagenes Potential nach. Auf dieser Basis sind die Konzentrationen der tetrachlorierten Ether,

Tab. 10: Konzentrationen von chlorierten Ethern in Oberflächenn- und Trinkwasserproben

Stoffname	CAS-Nr.	Jahr	Ort	n (n > NG)	Konzentration µg/l	Quelle
<b>Oberflächennwasser</b>						
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	108-60-1	1979	Regionen New Orleans/Baton Rouge & Houston (USA)	2	0,1 bzw. 19	HSDB
		1978/79	Rhein (NL)	k. A.	4 (Mittelwert), max. 15	HSDB
Bis(2-chloretthy)ether	111-44-4	1985	USA	k. A.	<10	HSDB
		1979	Flüsse mit Propylenglykol-Produktion (USA)	k. A.	0,2-5	Fishbein (1979)
		1994	Rhein; Mündungen von Sieg, Wupper, Ruhr, Lippe, Erft (BRD)	k. A.	alle <0,5 (BG)	UBA-Information (1996)
		1985	diverse (USA)	808 *)	<10,0 (Median)	HSDB
		1979	New Orleans & Baton Rouge (USA)	3	0,040-0,16	HSDB
		1979	Region Houston (USA)	1	1,4	HSDB
Bis(2-chloretthy)methan	111-91-1	1986	Haine, Nähe Industrieleitungen (Belgien)	k. A.	7-58	Quaghebeur et al. (1986)
		1986	Durme, Scheidte & Gheut-Terneuzen-Kanal, unterstrom Industrieleitungen (Belgien)	k. A.	Spuren-7,9	
		1985-87	Mississippi, Delaware, Kanawha (USA)	k. A.	Spuren	Anonymous (1999c)
		k. A.	Uferfiltrationswasser Rhein (NL)	k. A.	>NG, aber nicht quantifiziert	HSDB
Bis(2-chloretthy)methan	111-91-1	k. A.	Regenwasserabflussbecken (USA)	86 (0)	< NG	HSDB
		1977/78	Ohio River (USA)	11 (1)	≤ 0,1	HSDB
		1977/78	Ohio River Basin (USA)	10 (3)	≤ 0,1	HSDB
		1980	Ohio River (USA)	129 (11)	≤ 0,1	HSDB
<b>Trinkwasser</b>						
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	108-60-1	1979	New Orleans (USA)	k. A.	0,10 (Mittelwert)	HSDB
		1980	Los Angeles (USA)	k. A.	0,018-0,08	HSDB
		1976/77	USA	113 Städte (8)	0,17 (Mittelwert)	HSDB
		1979	Rhein, aus Uferfiltrat (NL)	k. A.	max. 3	HSDB
		1983	Städte (USA)	9	0,02-1,58	HSDB
Bis(2-chloretthy)ether	111-44-4	1976	New Orleans (USA)	k. A.	0,04-0,16	HSDB
		1977	USA	k. A.	0,42	HSDB
		1983	Niederlande	k. A.	max. 0,03	HSDB
		1983	USA	113 Städte (13)	<0,005-0,36	HSDB
Bis(2-chloretthy)methan	111-91-1	1975	USA	k. A.	max. 0,03	US-EPA

\*): nicht nur Oberflächengewässer

Tab. 11: Konzentrationen von chlorierten Ethern in Abwasserproben

Stoffname	CAS-Nr.	Jahr	Ort	n (n > NG)	Konzentration µg/l	Quelle
<b>Abwässer</b>						
<b>Bis(1-chlor-2-propyl)ether</b>	108-60-1	1983	Abwassereinleitungen Ohio River (USA)	k. A.	500-35.000	HSDB
		1971	Abwassereinleitungen aus Propylenglykol-Produktion (Ohio River, USA)	k. A.	0,2-5	Kloepfer & Fairless (1972), zit. in Anonymous (1986)
		1989-1993	Kommunale Abwässer, New York City (USA)	k. A.	8	HSDB
		1985	Abwassereinleitungen (USA)	k. A.	<10	HSDB
<b>Bis(2-chlorethyl)ether</b>	111-44-4	1981	geklärt Abwässer (USA) aus: <i>Schmelzereien</i> <i>Herstellung org. Chemikalien, Kunststoff</i> <i>Farbenherstellung</i>	2 (2) k. A. (3) k. A. (k. A.) k. A. (k. A.)	8,5 (Mittelwert) 710 (Mittelwert) max. >10	HSDB HSDB HSDB
		1975	Abwässer aus Kunststoffherstellung (USA)	k. A. (k. A.)	160	HSDB
		1988	Sickerwasser Deponien (Nordamerika)	58	12400 <sup>*)</sup>	HSDB
		1973	Abwasser Gummifabrik (USA)	k. A.	bis 140.000	HSDB
<b>Bis(2-chlorethoxy)methan</b>	111-91-1	1989-1991	Abwässer von Kläranlagen (Region Göteborg)	k. A.	< NG	Paxeus et al. (1992)

\*): keine Angabe, ob Mittel- oder Höchstwert

die im Elbe-Wasser auch im Jahre 2000 noch vereinzelt über 1 µg/l liegen, nicht als unbedenklich anzusehen.

Die in Tabelle 5 angeführten niedrigsten Werte akuter und chronischer Toxizität bei aquatischen Organismen (vom Umweltbundesamt genannt und in einer Stellungnahme des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 1995 zitiert) liegen mit 360 bzw. 122 µg/l um Größenordnungen oberhalb der derzeit in der Elbe zu findenden Konzentrationen tetrachlorierter Ether. Würde man hingegen aufgrund der schlechten Wirkdatenlage den OECD- bzw. EU-Richtlinien folgend einen Sicherheitsfaktor von 1.000 mit einberechnen (FENT

1998), so lägen die kritischen Werte für die sensibelsten aquatischen Organismen bei 0,36 µg/l (akut) bzw. 0,122 µg/l (chronisch). Diese würden aktuell (Stand: 2000) trotz des allgemein starken Rückgangs der Konzentrationen tetrachlorierter Ether in der Elbe in einzelnen Monaten noch an sämtlichen Beprobungsstellen erreicht oder z. T. sogar erheblich überschritten (vgl. Zeitreihen Abb. 5 bis 8). Von einer Verbesserung der Immissionsituation kann daher zwar gesprochen werden, im Hinblick auf potentielle chronische Wirkungen auf aquatische Organismen müssen die derzeitigen Einträge jedoch in Zukunft noch weiter reduziert werden.

### 3.4 Ergebnisse Aale und Brassen

Aale und Brassen aus der Elbe wurden in verschiedenen Jahren auf ihre TePE-Gehalte im Fett bzw. in der Frischsubstanz der Muskulatur hin untersucht, und zwar 1994 im Bereich Meißen und Moorburg (Aale und Brassen) sowie 1994 und 1995 (Aale) bzw. 1997 und 1998 (Aale und Brassen) in Lauenburg. Für die Jahre 1997 und 1998 handelt es sich um bislang unveröffentlichte Daten, die freundlicherweise von Dr. R. Kruse vom Veterinärinstitut für Fische und

Fischwaren (Cuxhaven) des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit zur Verfügung gestellt wurden (KRUSE 2001).

Im Zeitraum März bis Juli 1994 wurden zusätzlich Brassen entlang eines Längsprofils zwischen Prossen und Glückstadt aus der Elbe entnommen. Die einzelnen Fangorte sind in Tabelle 6 in Kapitel 3.1.2 (Probennahme) aufgeführt.

#### 3.4.1 Gehalte im Fischgewebe

Die TePE-Gehalte in Aalen zeichnen die zeitliche Entwicklung der TePE-Belastung des Elbewasser nach (s. Tab. 12 sowie Abb. 24 und 26). Da alle Proben über die Jahre jeweils an der Beprobungsstelle Lauenburg genommen wurden, sollten die Ergebnisse untereinander vergleichbar sein.

Während im Jahre 1994 noch mittlere Gehalte von 81 mg/kg Bis1,3-, 58 mg/kg Bis2,3- und 44 mg/kg 1,3-2,3-TePE im Fettanteil des Muskelgewebes der Aale zu finden waren (vgl. Tab. 12), gingen diese im folgenden Jahr je nach Isomer auf ein Viertel (Bis1,3-Isomer) bis ein Hundertstel (Bis2,3-Isomer) der Vorjahresgehalte zurück, und zwar auf mittlere Werte von 18,7, 4,4 und 1,0 mg/kg

Bis1,3-, Bis2,3- und 1,3-2,3-TePE im Fettanteil. 1997 lagen die Gehalte noch einmal bis zu zwei Größenordnungen niedriger (0,17, 0,65 und 0,32 mg/kg Bis1,3-, Bis2,3- und 1,3-2,3-TePE im Fettanteil), wohingegen im Jahre 1998 wieder etwa doppelt so hohe Mittelwerte zu verzeichnen waren. Diese zeitliche Entwicklung deckt sich ungefähr mit der der Konzentrationen in Wasserproben, die unweit von Lauenburg an der Beprobungsstelle Schnackenburg entnommen wurden (vgl. Kap. 3.3.1).

Die zeitliche Entwicklung der TePE-Gehalte im Fettanteil der Aal-Muskulatur spiegelt recht gut die unterschiedliche Belastungssituation in der Elbe wider, die in den Jahren

1995 und 1996 maßgeblich durch eine versuchsweise verfahrenstechnische Umstellung beim Hauptemittenten, einhergehend

mit einem erheblichen Rückgang der TePE-Belastung der Elbe, geprägt wurde (vgl. Kap. 3.3.1 und 3.3.2).

**Tab. 12: Gehalte tetrachlorierter Ether in Muskulatur-Proben von Aalen und Brassen der Elbe (1994 - 1998)**

Ort	Jahr	Parameter	Länge (cm)	Gewicht (g)	Fettgehalt (%)	Gehalte chlorierter Ether					
						mg/kg Fett			mg/kg FS		
						Bis1,3	Bis2,3	1,3-2,3	Bis1,3	Bis2,3	1,3-2,3
<b>Aale</b>											
Lauenburg	1994	Mittelwert				81,120	57,700	43,700	7,180	5,100	3,860
		n				5	5	5	5	5	5
Lauenburg	1995	Mittelwert				18,69	4,38	1,00	2,07	0,47	0,10
		n				5	5	5	5	5	5
Lauenburg	1997	Mittelwert	44,1	161,5	9,8	0,174	0,651	0,316	0,020	0,065	0,035
		n	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Stdabw	10,88	127,19	6,71	0,086	0,122	0,134	0,020	0,050	0,032
		Min	32,0	60,0	2,0	0,062	0,445	0,159	0,001	0,012	0,003
		Max	63,0	415,0	21,9	0,299	0,824	0,532	0,063	0,159	0,091
		Range	31,0	355,0	19,9	0,237	0,379	0,373	0,062	0,147	0,088
Lauenburg	1998	Mittelwert	47,2	217,6	4,9	0,317	1,115	0,477	0,017	0,058	0,026
		n	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Stdabw	10,6	144,2	2,2	0,096	0,289	0,190	0,012	0,031	0,020
		Min	38,0	108,0	2,6	0,174	0,599	0,181	0,007	0,015	0,005
		Max	68,0	553,0	9,8	0,496	1,479	0,759	0,048	0,120	0,074
		Range	30,0	445,0	7,2	0,322	0,880	0,578	0,041	0,105	0,069
<b>Brassen</b>											
Meißen	1994	Mittelwert	34,2	686,7	2,4	0,966	4,910	2,453	0,026	0,126	0,063
		n	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		Stdabw	5,14	245,14	1,30	0,59	2,29	1,16	0,03	0,10	0,05
		Min	25,0	330,0	0,8	0,239	0,622	0,100	0,005	0,008	0,002
		Max	41,0	1190,0	5,5	2,066	8,539	4,153	0,091	0,341	0,171
		Range	16,0	860,0	4,7	1,827	7,917	4,053	0,086	0,333	0,169
Moorburg	1994	Mittelwert	36,6	800,7	4,6	0,464	1,138	0,326	0,024	0,065	0,017
		n	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		Stdabw	3,11	161,8	2,7	0,211	0,640	0,110	0,018	0,057	0,012
		Min	30,0	460,0	0,8	0,134	0,150	0,150	0,002	0,002	0,002
		Max	41,0	1100,0	9,5	0,801	1,930	0,587	0,054	0,183	0,037
		Range	11,0	640,0	8,7	0,667	1,780	0,437	0,052	0,181	0,035
Lauenburg	1997	Mittelwert	33,5	771,5	1,0	0,146	0,615	0,160	0,002	0,006	0,002
		n	13	13	13	13	13	13	13	13	13
		Stdabw	6,13	339,09	0,25	0,090	0,239	0,092	0,001	0,003	0,002
		Min	22,0	240,0	0,6	0,014	0,242	0,017	0,000	0,002	0,000
		Max	43,0	1340,0	1,5	0,304	1,037	0,311	0,004	0,012	0,009
		Range	21,0	1100,0	0,92	0,290	0,795	0,294	0,004	0,010	0,009
Lauenburg	1998	Mittelwert	40,3	696,3	1,6	0,682	2,042	1,453	0,012	0,036	0,025
		n	11	11	11	11	11	11	11	11	11
		Stdabw	7,42	378,71	0,60	0,279	0,535	0,415	0,008	0,020	0,015
		Min	27,0	119,0	0,9	0,176	0,983	0,715	0,002	0,009	0,006
		Max	51,0	1400,0	3,2	1,045	2,817	2,098	0,030	0,085	0,063
		Range	24,0	1281,0	2,33	0,869	1,834	1,383	0,029	0,077	0,057

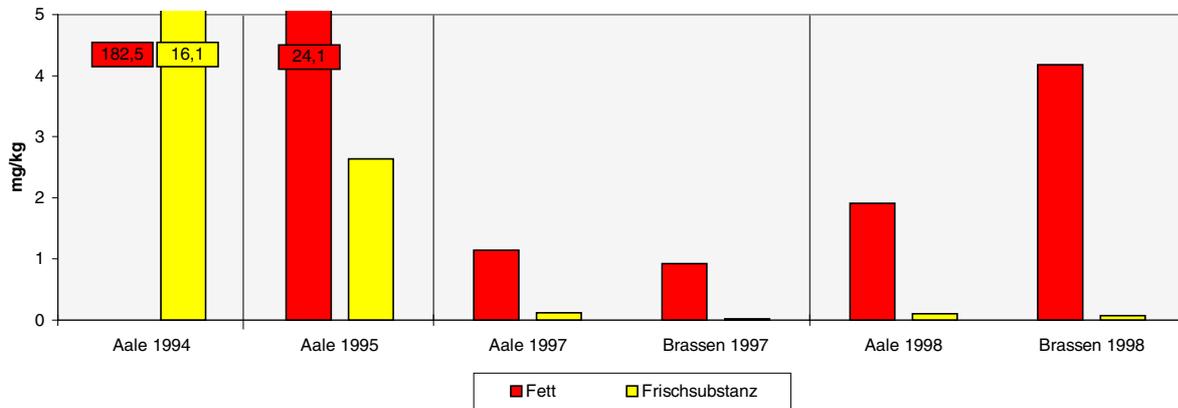
Die TePE-Gehalte in Aalen bezogen auf die gesamte Frischsubstanz der Muskulatur zeigen einen ganz ähnlichen Verlauf wie die Gehalte im Fettanteil, nur dass sie etwa eine Größenordnung niedriger liegen. Der einzige größere Unterschied ist ein weiterer Rückgang der Gehalte von 1997 auf 1998, der sich wahrscheinlich jedoch durch den im Schnitt nur etwa halb so hohen mittleren Fettanteil in

der Muskulatur der 1998 gefangenen Aale erklären lässt.

Anhand der Brassen-Proben lässt sich eine zeitliche Entwicklung nur in eingeschränktem Maße ableiten (s. Tab. 12 sowie Abb. 24 und 26), da die Fische 1994 an anderen Beprobungsstellen (Meißen, Moorburg) gefangen wurden als in den Jahren 1997 und 1998 (jeweils Lauenburg). Auch hier ist

jedoch von 1997 auf 1998 eine erneute Erhöhung der TePE-Gehalte, sowohl im Fettanteil als auch in der gesamten Frischsubstanz der Muskulatur zu erkennen. Insgesamt sind die Brassen im Jahre 1994 wesent-

lich geringer mit TePE belastet als die Aale, während die TePE-Gehalte in den Jahren 1997 und 1998 in beiden Fischarten auf einem ähnlichen Niveau liegen.



**Abb. 24: Mittlere Summengerhalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Aalen und Brassen (Lauenburg 1994 - 1998)**

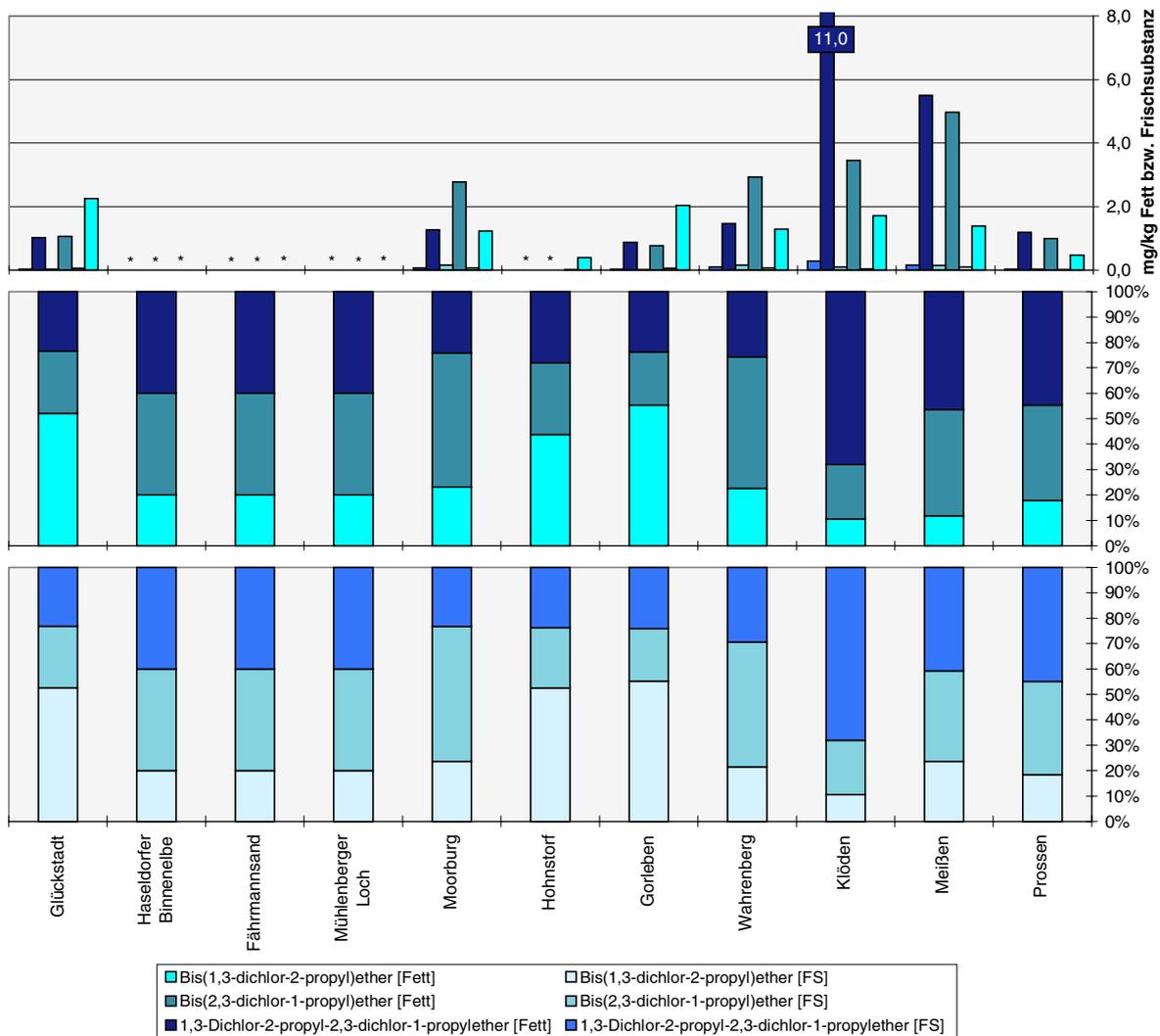
Im Jahre 1994 wurden neben den in Tabelle 12 genannten Beprobungsstellen Meißen und Moorburg noch zahlreiche andere Stellen der Elbe zwischen Prossen und Glückstadt auf Brassen beprobt (s. Abb. 25 und Tab. A 42 bis A 44 im Anhang).

Die Entnahme fand dabei über Frühjahr und Sommer verteilt statt (März bis Juli), so dass nicht von einem echten Längsprofil gesprochen werden kann. Die räumliche Verteilung der TePE-Gehalte deutet bei diesem "Längsprofil" auch nicht auf die Hauptbelastungsquelle oberstrom der tschechisch-deutschen Grenze hin, sondern zeigt eine Zunahme der Belastung von Prossen (Str-km 13) bis nach Klöden (Str-km 198, unterstrom der Schwarze-Elster-Mündung) an und ist somit schwer interpretierbar. Unterstrom Klöden lässt sich dann die anhand der Wasser-Konzentrationen erwartete räumliche Verteilung erkennen, d. h. im Allgemeinen ein Rückgang der Gehalte in Richtung Elbemündung, mit sekundären Peaks im Bereich Moorburg (Str-km 618) und Glückstadt (Str-km 675).

KRUSE (1996) stellte anhand von Fischgewebe-Proben aus dem Jahre 1994 eine

Rückstandsbildung von TePE in Brassen fest, die etwa in der gleichen Größenordnung wie die von hochakkumulierenden Elbe-Kontaminantien wie HCB, Oktachlorstyrol, DDT und seinen Metaboliten und den PCB-Kongeneren liegt, obwohl der n-Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizient der TePE mit 2,84 bzw. 2,94 nicht außergewöhnlich hoch ist. Zum Teil könnte diese Anreicherung jedoch auch durch die zeitweise sehr hohen TePE-Konzentrationen im Umgebungswasser bedingt sein.

Die Rückstände in Aalen und Brassen aus der Elbe waren auch 1998 (bislang aktuellster Stand) noch als problematisch anzusehen: Die Belastung beider Fischarten mit tetrachlorierten Ethern erreichte bzw. übertraf sogar z. T. diejenige mit anderen Schadstoffen wie Quecksilber oder HCB (KRUSE 1998). Da in der Literatur keine Angaben über TePE-Gehalte in Fischen anderer Oberflächengewässer zu finden waren, ist eine vergleichende Einordnung der in den Elbefischen analysierten TePE-Gehalte nicht möglich.



\*: Wert unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze

**Abb. 25: Tetrachlorierte Ether im Muskelgewebe von Brassen der Elbe, Längsprofil März bis Juli 1994**

Die in der Literatur für verschiedene aquatische Biota und Vogeleier angeführten Gehalte an **dichlorierten Ethern** sind in Tabelle 13 zusammengestellt, werden aber hier nicht weiter diskutiert, da dichlorierte Ether in den Elbe-Fischen nicht analysiert

### 3.4.2 Stoffmuster

Die Muster, d. h. die Prozentanteile der einzelnen TePE-Isomere an der Gesamtsumme, im Fett und in der gesamten Frischsubstanz unterscheiden sich sowohl bei den Aalen als auch bei den Brassen praktisch nicht (s. Tab. 14 und Abb. 26).

Dominant ist bei den Brassen jeweils der hohe Anteil des Bis2,3-Isomers (49-69 %),

worden sind.

Auch die Sedimentwerte sind nur der Vollständigkeit halber in Tabelle 13 aufgelistet und werden mangels Vergleichswerten aus der Elbe hier nicht im Detail erläutert.

darauf folgen das 1,3-2,3- (16-35 %) und das Bis1,3-Isomer (14-26 %). Bei den Aalen zeigt sich für die Proben der Jahre 1997 und 1998 genau das gleiche Bild mit 58-59 % des 2,3- als musterprägendem Isomer, gefolgt vom 1,3-2,3- mit 24-27 % und Bis1,3-Isomer mit etwa 15-17 %.

Tab. 13: Gehalte chlorierter Ether in Biota- und Sedimentproben

Stoffname	CAS-Nr.	Jahr	Organismus	Ort	n	Konzentration µg/kg	Quelle
<b>Aquatische Biota und Vogeleier</b>							
<b>Bis(1-chlor-2-propyl)ether</b>	108-60-1	1983	Fische (div. Arten)	Lake Michigan & Nebenflüsse (Canada, USA)	k. A.	< NG	Camanzo et al. 1987
		1998	Vogeleier (div. Arten)	Baikalsee, Selenga-Delta (RUS)	16 (9)	<10 - 2436 (Trockengewicht)	Lebedev et al. 1998
<b>Bis(2-chlorethyl)ether</b>	111-44-4	1980-81	Fische (div. Arten)	Große-Seen-Gebiet, Häfen & Nebenflüsse (USA)	k. A.	< NG	De Vault 1985
		1983	Fische (div. Arten)	Lake Michigan & Nebenflüsse (Canada, USA)	k. A.	< NG	Camanzo et al. 1987
		1985	Austern	Lake Pontchartrain (USA)	8	0,6 (Feuchtgewicht)	HSDB
		1985	Venusmuschel (Clams)	Chef Manteur Pass, The Rigolets (USA)	k. A.	< NG	HSDB
		1998	Vogeleier (div. Arten)	Baikalsee, Selenga-Delta (RUS)	16 (10)	<10 - 322,2 (Trockengewicht)	Lebedev et al. 1998
<b>Bis(2-chlorethoxy)methan</b>	111-91-1	1980-81	Fische (div. Arten)	Große-Seen-Gebiet, Häfen & Nebenflüsse (USA)	k. A.	< NG	De Vault 1985
		1985	Chef-Manteur-Clams, Mischprobe	Lake Pontchartrain (USA)	k. A.	12 (Feuchtgewicht)	HSDB
		k. A.	Benthische Organismen	Lake Pontchartrain (USA)	k. A.	> NG, aber nicht quantifiziert	HSDB
		1987	Fische (div. Arten)	Lake Michigan & Nebenflüsse (Canada, USA)	k. A.	< NG	Camanzo et al. 1987
		1998	Vogeleier (div. Arten)	Baikalsee, Selenga-Delta (RUS)	16 (9)	<10 - 2653 (Trockengewicht)	Lebedev et al. 1998
<b>Sediment/Boden</b>							
<b>Bis(1-chlor-2-propyl)ether</b>	108-60-1	1985	Sediment	USA	k. A.	< 500 (Trockengewicht, Median)	HSDB
<b>Bis(2-chlorethyl)ether</b>	111-44-4	1982	Sediment, Boden	Love Canal (New York, USA)	k. A.	> NG, aber nicht quantifiziert	HSDB
<b>Bis(2-chlorethoxy)methan</b>	111-91-1	k. A.	Sediment, Boden	USA	344 (0)	< NG	HSDB
		k. A.	Sediment	Lake Pontchartrain (USA)	k. A.	< NG	HSDB
<b>Tetrachlorierte Ether, Gemisch aus:</b> Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether; Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether; 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	59440-89-0 7774-68-7 59440-90-3	1985	Sediment	Rotterdam, "Erste Petroleum Haven", Nähe Epichlorhydrin-Fabrik (NL)	k. A.	1.000-3.000	De Leer 1985

Abweichungen von diesem Muster sind bei den Proben der Jahre 1994 und 1995 zu beobachten, in denen das Bis1,3-Isomer mit 44-78 % vor dem Bis2,3-(18-32 %) und 1,3-2,3-Isomer (4-24 %) das Muster bestimmt. Die unterschiedlichen Muster in den Aalproben

der weiter zurück liegenden Jahre lassen sich derzeit nicht erklären, zumal die Wasserproben in den entsprechenden Jahren kein anderes TePE-Muster aufweisen als in späteren Jahren.

**Tab. 14: Muster der tetrachlorierten Ether in Fischgewebe**

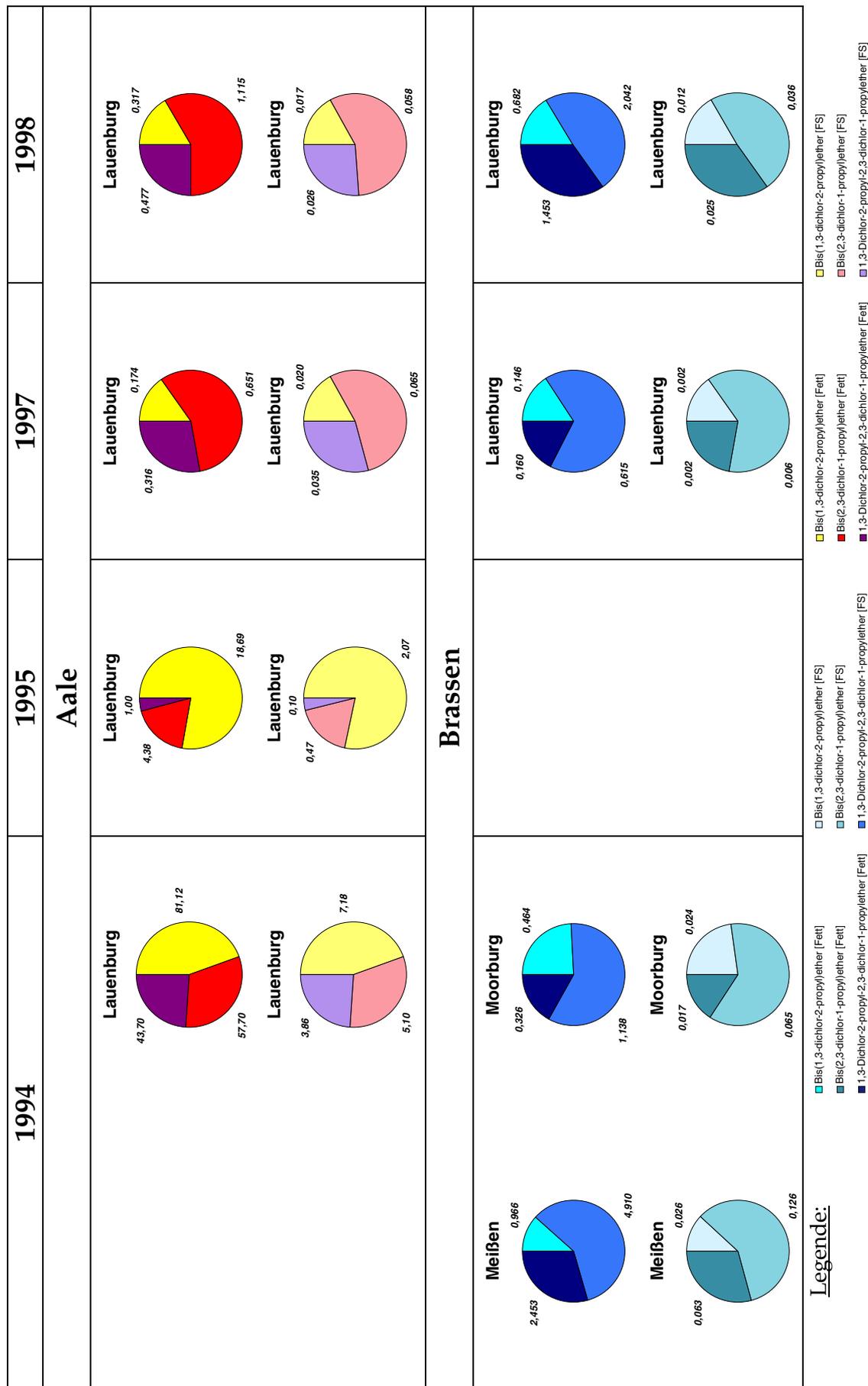
Fangort	Jahr	Anteil Ether-Isomer an Gesamtsumme [%]						Umfang Stichprobe
		Fett			Frischsubstanz			
		Bis1,3	Bis2,3	1,3-2,3	Bis1,3	Bis2,3	1,3-2,3	
<b>Brassen</b>								
<b>Meißen</b>	1994	16,0	56,2	27,8	15,9	56,1	28,0	15
<b>Moorburg</b>	1994	25,8	54,1	20,1	24,3	55,1	20,6	15
<b>Lauenburg</b>	1997	14,4	69,3	16,3	14,0	67,4	18,6	13
<b>Lauenburg</b>	1998	15,7	49,3	35,0	15,7	49,3	35,1	11
<b>Aale</b>								
<b>Lauenburg</b>	1994	44,4	31,6	23,9	44,5	31,6	23,9	5
<b>Lauenburg</b>	1995	77,6	18,2	4,2	78,4	17,8	3,8	5
<b>Lauenburg</b>	1997	14,7	58,5	26,8	14,7	58,7	26,6	10
<b>Lauenburg</b>	1998	17,0	58,9	24,1	17,0	59,0	24,0	10

Abgesehen von den o. g. Aalproben der Jahre 1994 und 1995 unterscheidet sich das Stoffmuster der tetrachlorierten Ether im Gewebe der im Bereich von Meißen und Moorburg bzw. Lauenburg gefangenen Elbfische, in denen das Bis2,3-Isomer dominiert, deutlich von dem für die Wasserproben beschriebenen (1,3-2,3-Isomer dominant).

Die Musterverschiebung zwischen Wasser und Fischgewebe lässt vermuten, dass das Bis2,3-Isomer entweder selektiv stärker von den Fischen aus dem Wasser aufgenommen wird als die anderen Isomere oder dass die anderen Isomere vom Fischorganismus leichter abgebaut werden als dieses. Ersteres ist

nach FRANKE (2002) aufgrund der starken Ähnlichkeit der für die Aufnahme durch Organismen relevanten Eigenschaften der drei Isomere eher unwahrscheinlich. Letzteres widerspricht hingegen den Ergebnissen enantioselektiver Analysen von FRANKE, die darauf hin deuten, dass gerade das Bis2,3-Isomer am stärksten metabolisiert wird.

Im Falle einer selektiv verstärkten Aufnahme ließe sich, sofern diese ebenso für andere Organismen gälte, auch die in Kapitel 3.3.3 beobachtete Musterverschiebung in den Wasserproben elbeabwärts erklären (Abnahme der Anteile des Bis2,3-Isomers mit zunehmender Stromkilometerzahl der Beprobungsstelle).



**Abb. 26: Konzentrationen [mg/kg] und Muster tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Aalen und Brassen (1994-1998)**

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lassen sich bezüglich der Belastung der Elbe mit chlorierten Ethern folgende Punkte festhalten:

- ◆ Im Allgemeinen ist die Belastung der Elbe mit chlorierten Alkylethern in den letzten Jahren zurückgegangen.
  - ◆ **Dichlorierte Propylether** finden sich seit 1998 an allen Beprobungsstellen nur noch in Konzentrationen unterhalb der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenzen.
  - ◆ Dies gilt ebenso für die untersuchten **trichlorierten Ether**, wobei bei diesen an der Beprobungsstelle Grauerort bis Ende 1999 vereinzelt immer wieder Konzentrationen bis 0,1 µg/l nachweisbar waren.
  - ◆ Auch die Konzentrationen von **Bis(2-chlorethoxy)methan** im Elbewasser sind in den letzten Jahren stark rückläufig, schwanken im Gegensatz dazu aber aktuell (Stand 2000) immer zwischen der Bestimmungsgrenze und 0,1 µg/l.
  - ◆ Für **Bis(2-chlorethyl)ether** wurden seit Ende 1999 erstmals wieder Werte oberhalb der Bestimmungsgrenzen ermittelt. Im Jahre 2000 bewegen sich diese etwa im gleichen Konzentrationsbereich wie die des Bis(2-chlorethoxy)methans.
  - ◆ Die Konzentrationen der **tetrachlorierten Propylether** im Elbewasser werden sehr stark von den produktions- und abwasserklärtechnischen Bedingungen beim Hauptemittenten, einem chemischen Betrieb in Ustí nad Labem, gesteuert. So bestimmen eine zeitweilige anlagentechnische Verringerung der TePE-Emissionen in den Jahren 1995 und 1996 sowie der seit Frühjahr 2000 erstmals störungsfreie Betrieb der neuen, betriebseigenen Kläranlage die Konzentrationen an allen Beprobungsstellen der vorliegenden Untersuchung. Aktuell (Stand 2000) scheinen sich die Konzentrationen auf einem niedrigen Niveau zu stabilisieren, Summenkonzentrationen von über 2 µg/l tetrachlorierter Propylether treten jedoch durchaus noch auf.
  - ◆ Eine Zuordnung der räumlichen Verteilung der Konzentrationen chlorierter Ether im Wasser der Elbe zu Emittenten lässt sich anhand der turnusgemäßen Beprobungen zumeist nur eingeschränkt vornehmen, da
    - nur wenige Beprobungsstellen im Elbe-Profil beprobt wurden
    - die Beprobungen innerhalb eines "Profils" an unterschiedlichen Tagen stattfanden, was sich aufgrund des vorherrschenden Belastungstyps (Stoßbelastungen, die unregelmäßig auftreten) beispielsweise in Form eines "Pseudoanstiegs" der Konzentrationen im Längsprofil mit zunehmender Entfernung vom eigentlichen Emittenten auswirken kann.
  - ◆ Die Verteilungsmuster von tetrachlorierten Propylethern in Wasserproben unterscheiden sich stark von denen in den untersuchten Muskulaturproben von Fischen. Während im Wasser das 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl-ether-Isomer dominiert, prägt das Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether-Isomer die Fischmuskulatur-Proben. Zusammen mit den im Längsprofil der Elbe festgestellten Musterverschiebungen in den Wasserproben (mit zunehmendem Transport stromabwärts nehmen die Anteile an Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether im Wasser ab) legt dies die Vermutung nahe, dass das Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether-Isomer durch die Fische selektiv stärker aufgenommen wird. Zur Klärung der Ursache der Musterverschiebungen bedarf es jedoch weiterer, gezielter Untersuchungen.
- Aus den oben genannten Punkten lässt sich im Sinne eines Ausblicks auf zukünftige Aktivitäten Folgendes ableiten:

- ◆ Im Bereich zwischen Magdeburg und Schnackenburg wäre eine Verdichtung des Messnetzes sinnvoll, um ggf. den Grund für den in manchen Längsprofilen auftretenden Anstieg der Konzentrationen bei Schnackenburg zu klären.
- ◆ Eine zukünftige Kontrolle der dichlorierten Propylether erscheint in Anbetracht der Konzentrationsabnahme der letzten Jahren nicht mehr sinnvoll.
- ◆ Das gleiche gilt für die trichlorierten Propylether an den Beprobungsstellen Schmilka bis Seemannshöft. Aufgrund noch immer vereinzelt auftretender Positivbefunde an der Beprobungsstelle Grauerort sollten die trichlorierten Ether dort zumindest als Summenkonzentrationen auch in Zukunft ermittelt werden.
- ◆ Bis(2-chlorethyl)ether und Bis(2-chlorethoxy)methan sollten aufgrund der Positivbefunde des Jahres 2000 weiterhin an sämtlichen Beprobungsstellen erfasst werden, was konkret nicht nur eine Fortführung der Analysen von Schnackenburg bis Seemannshöft, sondern auch eine Wiederaufnahme der Analysen an den Beprobungsstellen Magdeburg und insbesondere auch der Saale bedeutet.
- ◆ Neben den beprobten Fischarten wäre es ggf. auch interessant, andere aquatische Organismen wie beispielsweise die zu Monitoringzwecken häufig eingesetzte Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) zu beproben und herauszufinden, ob sich die Anreicherungsmuster ähneln bzw. ob sich die tetrachlorierten Ether in anderen aquatischen Organismen genauso unerwartet stark anreichern wie in den untersuchten Fischen.
- ◆ Ferner wäre eine erneute, aktuelle Untersuchung der TePE-Gehalte im Fischgewebe gerade nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der Kläranlage des Hauptemittenten für diese Verbindungen in Ustí nad Labem interessant, um festzustellen, ob sich die Verringerung der Wasserbelastung bereits positiv auf die Belastung der Fische auswirkt.
- ◆ Zu empfehlen wäre darüber hinaus auch die Ermittlung der TePE-Konzentration im Gewebe von Fischen, die dem unmittelbaren Einflussbereich eines Emittenten entstammen.
- ◆ Eine weiter gehende Untersuchung der toxischen, insbesondere der chronischen Wirkungen bei Langzeitexposition mit vergleichsweise niedrigen Konzentrationen, wie sie aktuell in der Elbe vorherrschen, wäre als Grundlage für eine differenziertere Betrachtung der Ergebnisse empfehlenswert.
- ◆ Vor dem Hintergrund der wenigen bislang ermittelten toxikologischen Wirkungsschwellen für aquatische Organismen ist eine weitere Reduzierung der Einträge tetrachlorierter Ether in die Elbe dringend zu empfehlen.

## Danksagung

Für Literaturhinweise, Daten und Auskünfte in ihren jeweiligen Spezialgebieten danken wir Stephan Franke (Institut für Organische Chemie, Universität Hamburg), Götz Neurath (GAB-Consulting, Lamstedt), Reinhard Kruse (Veterinärinstitut für Fische und Fischwaren des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Cuxhaven), Volker Mohaupt (Umweltbundesamt, Berlin) sowie Frau Boedecker und Herrn Götz

(Umweltbehörde Hamburg).

Des Weiteren danken wir Cornelia Fooker (Mainz), Stephan Franke und Götz Neurath für die rasche und gründliche Durchsicht des Berichtsentwurfes und ihre konstruktive Kritik.

Für ihre Geduld bei Anfragen bezüglich der Rohdaten und ihre Hilfe bei technischen Fragen gilt unser Dank insbesondere Stephan Wolff und Michael Bergemann (Wassergütestelle Elbe).

## 5 Literatur

### 5.1 Internet-Datenbanken

**ATSDR** (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA*)

**BIG** (*Bundesinformationssystem Genetische Reserven*)

**CANCERLIT** (*Cancer Literature, National Cancer Institute, USA*)

**CCRIS** (*Chemical Carcinogenesis Research Information System, USA*)

**ChemDB** (*Chemikalien-Datenbank*)

**CHEMINFO** (*Chemical Information Sources, Canadian Centre for Occupational Health and Safety*)

**CIVS** (*Chemikalieninformationssystem zu verbraucherrelevanten Stoffen, Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin BgVV*)

**DART** (*Developmental and Reproductive Toxicology, USA*)

**EMIC** (*Environmental Mutagen Information Center, USA*)

**EPA-IRIS** (*Integrated Risk Information System, Environmental Protection Agency, USA*)

**EPA-TTN** (*Technology Transfer Network, Environmental Protection Agency, USA*)

**ETIC** (*Environmental Teratology Information Center, USA*)

**HSDB** (*Hazardous Substances Data Bank, USA*)

**MEDLINE** (*National Library of Medicine, USA*)

**MESH** (*Medical Subject Headings, National Library of Medicine, USA*)

**NIOSH** (*National Institute of Occupational Safety and Health, USA*)

**NIST** (*National Institute of Standards and Technology, USA*)

**NTP** (*National Toxicology Program, USA*)

**OSHA** (*Occupational Safety and Health Administration, US-Department of Labor*)

**RTECS** (*Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, USA*)

**SPECTRUM** Laboratories

**TOXLINE** (*National Library of Medicine, USA*)

### 5.2 Veröffentlichungen

ANONYMOUS (1980): Chloroakyl ethers. - In: Sittig, M. (ed.) (1980): Priority toxic pollutants: Health impacts and allowable limits, p. 132-140. Moyes Data Corp.: Park Ridge (New Jersey)

ANONYMOUS (1986): Bis(2-chloro-1-methylethyl)ether. - IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans No. 41, p. 149-160

ANONYMOUS (1987): Halogenated ethers. - Canadian Water Quality Guidelines

ANONYMOUS (1997a): Bis(2-chloroethyl)ether. - In: Montgomery, J. H. (ed.) (1997): Agrochemicals Desk Reference, p. 58. T & M Associates: Middletown (New Jersey).

ANONYMOUS (1997b): Bis(2-chloroisopropyl)ether. - In: Montgomery,

J. H. (ed.) (1997): Agrochemicals Desk Reference, p. 59. T & M Associates: Middletown (New Jersey)

ANONYMOUS (1999a): Bis(2-chloroethyl)ether. - IARC-Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks for Humans No. 71 (3), p. 1265-1269

ANONYMOUS (1999b): Bis(2-chloro-1-methylethyl)ether. - IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans No. 71 (3), p. 1275-1279

ANONYMOUS (1999c): Toxicological profile for bis(2-chloroethyl)ether. - Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), US Public Health Service: Atlanta (Georgia), 64 p.

ASHBY, J.; TENNANT, R. W. (1988): Chemical

- structure, salmonella mutagenicity and extent of carcinogenicity as indicators of genotoxic carcinogenesis among 222 chemicals tested in rodents by the U. S. NCI/NTP. - *Mutation Research* Vol. 204, p. 17-115
- BENIGNI, R. (1989): Analysis of the national toxicology program data on in vitro genetic toxicity tests using multivariate statistical methods. - *Mutagenesis* Vol. 4, p. 412-419
- BERATERGHEMIUM FÜR UMWELTRELEVANTE ALTSTOFFE (BUA) (Hrsg., 1987): Bis(2-chlorethyl)ether. -VCH: Weinheim (BUA-Stoffbericht Nr. 21, 32 S.)
- BRUVOLD, W. H. (1989): A critical review of methods used for the sensory evaluation of water quality. - *Critical Reviews in Environmental Control* Vol. 19 (4), p. 291-308
- BULL, R. J. (1982): Experimental methods for evaluating the health risks associated with organic chemicals in drinking water. - *Toxicology and Environmental Chemistry* Vol. 6 (1), p. 1-18
- BYRNE, C. D. (1988): Selection of substances requiring priority action. - In: Richardson, M. L. (ed.) (1988): *Risk Assessment of Chemicals in the Environment*, p. 414-434. Royal Society of Chemistry: London
- CAMANZO, J.; RICE, C. P.; JUDE, D. J.; ROSSMANN, R. (1987): Organic priority pollutants in nearshore fish from 14 Lake Michigan (USA) tributaries and embayments 1983. - *Journal of Great Lakes Research* Vol. 13 (3), p. 296-309
- CLARK, R. M.; GOODRICH, J. A.; DEININGER, R. A. (1986): Drinking water and cancer mortality. - *Science of the Total Environment* Vol. 53 (3), p. 153-172
- COSTERO, A. M.; ANDREU, C.; MONRABAL, E. (1998): Reactivity of bis(2-chloroethyl)ether with different amines. - *Journal of Chemical Research (S)* Vol. 7, p. 378
- COTE, P. L.; CALDWELL, R.; CHAO, C. C. (1990): Physical and chemical containment of organic contaminants in solidified wastes. - *Waste Management* Vol. 10 (2), p. 95-102
- DE LEER, E. W. B. (1985): The identification of highly chlorinated ethers and diethers in river sediment near an epichlorohydrin plant. - *Water Research* Vol. 19 (11), p. 1411-1419
- DE VAULT, D. S. (1985): Contaminants in fish from Great Lake harbors and tributary mouths. - *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* Vol. 14 (5), p. 587-594
- DORN, PH. B.; VAN COMPERNOLLE, R.; MEYER, CH. L.; CROSSLAND, N. O. (1991): Aquatic hazard assessment of the toxic fraction from the effluent of a petrochemical plant. - *Environmental Toxicology and Chemistry* Vol. 10, p. 691-703
- DRESSMAN, R. C.; FAIR, J.; MCFARREN, E. F. (1977): Determinative method for analysis of aqueous sample extracts for bis(2-chloro)ethers and dichlorobenzenes. - *Environmental Science and Technology* Vol. 11 (7), p. 719-721
- DUBEY, V.; GUPTA, A. K.; MAITI, S. N.; RAO, N. B. S. N. (2000): Diffusion and sorption of sulfur mustard and bis(2-chloroethyl)ether in elastomers: A comparative study. - *Journal of Applied Polymer Science* Vol. 77 (11), p. 2472-2479
- FENT, K. (1998): *Ökotoxikologie. Umweltchemie - Toxikologie - Ökologie.* - Georg Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
- FERENČIK, M.; DOLÉNEK, P.; JIRÁSKOVÁ, I. (2000): Untersuchung von Halogenäthern in Oberflächengewässern. - *ATV-DVWK-Schriftenreihe*, Bd. 22 (Gewässerlandschaften), S. 330-331 (9. Magdeburger Gewässerschutzseminar: Einzugsgebietsmanagement, Tagungsband Teil II)

- FISHBEIN, L. (1976): Industrial mutagens and potential mutagens, I: Halogenated aliphatic derivatives. - Mutation Research Vol. 32 (3-4), p. 267-307
- FISHBEIN, L. (1976): Potential halogenated industrial carcinogenic and mutagenic chemicals, III. Alkane halides, alkanols and ethers. - Science of the Total Environment Vol. 11 (3), p.223-257
- FOUREMAN, P.; MASON, J. M.; VALENCIA, R.; ZIMMERING, S. (1994): Chemical mutagenesis testing in Drosophila. IX: Results of 50 coded compounds tested for the National Toxicology Program. - Environmental and Molecular Mutagenesis Vol. 23 (1), p. 51-63
- FRANKE, S.; HILDEBRANDT, S. ; REINCKE, H.; FRANCKE, W. (1993): Occurrence of Aliphatic Chloroethers and Acetals in the Elbe River and Tributaries. - Posterbeitrag zur Hauptversammlung der Gesellschaft Deutscher Chemiker.
- FRANKE, S.; HILDEBRANDT, S.; FRANCKE, W.; REINCKE, H. (1995a): The Occurrence of Chlorinated Bis(propyl)ethers in the Elbe River and Tributaries. - Naturwissenschaften Bd. 82, S. 80-83
- FRANKE, S.; HILDEBRANDT, S.; SCHWARZBAUER, J.; LINK, M.; FRANCKE (1995b): Organic compounds of the Elbe River and its tributaries. Part II: GC/MS-screening for contaminants of the Elbe water. - Fresenius Journal of Analytical Chemistry Vol. 353, p. 39-49
- FRANKE, S.; FRANCKE, W.; HEINZEL, N.; HILDEBRANDT, S.; KÖNIG, W. A.; MEYER, C.; SPECHT, M.; THEOBALD, N. (1998a): Distribution and Enantiomeric Composition of Chlorinated Bis(propyl)ethers in North Sea Water. - Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Supplement 8, S. 39-50. BSH: Hamburg, Rostock
- FRANKE, S.; HILDEBRANDT, S.; FRANCKE, W.; BESTER, K.; HÜHNERFUß, H.; GATERMANN, R. (1998b): Chlorinated Bis(propyl)ethers and Chlorinated Bis(ethyl)formals in the German Bight of the North Sea. - Marine Pollution Bulletin Vol. 36 (7), p. 546-551
- FRANKE, S.; MEYER, C.; SPECHT, M.; KÖNIG, W. A.; FRANCKE, W. (1998c): Chloro-bispropyl Ethers in the Elbe River - Isomeric Distribution and Enantioselective Degradation. - Journal of High Resolution Chromatography Vol. 21, p. 113-120
- FRANKE, S.; NEURATH, G.; MEYER, C. (1998d): Mutagene Bis(dichloropropyl)ether aus der Elbe im Uferfiltrat. - (8. Magdeburger Gewässerschutzseminar: Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe):
- FRANTZ, D. M.; HARDY, J. K. (1998): Permeation sampling of halogenated ether priority pollutants. - Journal of Environmental Science and Health , Part A: Toxic and Hazardous Substances and Environmental Engineering Vol. 33 (3), p. 353-368
- FREUNDT, K. J.; EBERHARDT, H.; WALZ, U. M. (1963): Lethal peroral poisoning with 1,2-Dichloroethane and 2,2'-Dichlordiethylether. - Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene Bd. 20, S. 41-48
- GDCH-ADVISORY COMMITTEE ON EXISTING CHEMICALS OF ENVIRONMENTAL RELEVANCE (eds., 1989): Existing Chemicals of Environmental Relevance, II: Selection Criteria and second priority list. - VCH-Verlagsgesellschaft: Weinheim, 76 S.
- GERSICH, F. M.; MAYES, M. A. (1986): Acute toxicity tests with *Daphnia magna* Straus and *Pimephales promelas* Rafinesque in support of national pollutant discharge elimination permit requirement. - Water Research Vol. 20 (7), p. 939-941
- GOLD, L. S.; SLONE, T. H.; BERNSTEIN, L. (1989): Summary of carcinogenic potency and positivity for 492 rodent carcinogens in the carcinogenic potency database. - Environmental Health Perspectives Vol. 79, p. 259-272
- GOLDBERG, I. (1980): Geometry of the ether, sulphide and hydroxyl groups and

- structural chemistry of macrocyclic and noncyclic polyether compounds. - In: Patai, S. (ed., 1980): The chemistry of ethers, crown ethers, hydroxyl groups and their sulphur analogues, p. 175-214. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto
- GÖTZ, R.; BAUER, O. H. (1995): Organische Spurenstoffe in Wasserproben aus der Elbe bei Zollenspieker und Seemannshöft. - Hamburg: Umweltbehörde Hamburg, Amt für Umweltschutz (Hamburger Umweltberichte 49/95)
- GÖTZ, R.; BAUER, O. H.; FRIESEL, P.; ROCH, K. (1998): Organic trace compounds in the water of the River Elbe near Hamburg: Part I. - Chemosphere Vol. 36 (9), p. 2085-2101
- GOVERNMENT OF CANADA (1993): Bis(2-chlorethyl)ether. - Gov. of Canada: Ottawa (Priority substances list assessment report)
- GUTENDORF, B.; KARBE, L.; NEURATH, G.; FRANKE, S.; WESTENDORF, J. (1997): Assessment of estrogenic potential of aquatic sediments of the River Elbe using a combination of two in vitro assays. - SETAC-Meeting.
- GWINNER, L. M.; LAIB, R. J.; FILSER, J. G.; BOLT, H. M. (1983): Evidence of chloroethylene oxide being the reactive metabolite of vinyl chloride towards DNA: comparative studies with 2,2'-dichlorodiethylether. - Carcinogenesis Vol. 4 (11), p. 1483-1486
- HALL, L. W. JR.; PINKNEY, A. E.; HORSEMAN, L. O.; FINGER, S. E. (1985): Mortality of striped bass *morone-saxatilis* larvae in relation to contaminants and water quality in a Chesapeake Bay (USA) tributary. - Transactions of the American Fisheries Society Vol. 114 (6), p. 861-868
- HARDMAN, D. J. (1991): Biotransformation of halogenated compounds. - Critical Reviews in Biotechnology Vol. 11 (1), p. 1-40
- HASEMAN, J. K.; CLARK, A. M. (1990): Carcinogenicity results for 114 laboratory animal studies used to assess the predictivity of four in vitro genetic toxicity assays for rodent carcinogenicity. - Environmental and Molecular Mutagenesis, Suppl. 18, p. 15-31
- HASEMAN, J. K.; CRAWFORD, D. D.; HUFF, J. E.; BOORMAN, G. A.; MCCONNELL, E. E. (1984): Results from 86 2-year carcinogenicity studies conducted by the National Toxicology Program. - Journal of Toxicology and Environmental Health Vol. 14 (5-6), p. 621-640
- HAUSER, T. R.; BROMBERG, S. M. (1982): EPA's monitoring program at love canal 1980. - Environmental Monitoring and Assessment Vol. 2 (3), p. 249-271
- HAZLETON LABORATORIES AMERICA (1979): Bioassay of technical-grade bis(2-chloro-1-methylethyl)ether for possible carcinogenicity. - US-Department of Health, Education and Welfare: Bethesda (National Cancer Institute carcinogenesis technical report series 191)
- HENSCHLER, D. (1994): Toxikologie chlororganischer Verbindungen: Der Einfluß von Chlorsubstituenten auf die Toxizität organischer Moleküle. - VCH-Verlagsgesellschaft: Weinheim, 195 S.
- HENSCHLER, D.; LEHNERT, G. (eds., 1994): Biological Exposure Values for Occupational Toxicants and Carcinogens: Critical Data Evaluation for BAT and EKA-Values. - VCH-Verlagsgesellschaft: Weinheim, 235 p.
- HOEL, D. G.; HASEMAN, J. K.; HOGAN, M. D.; HUFF, J.; MCCONNELL, E. E. (1988): The impact of toxicity on carcinogenicity studies implications for risk assessment. - Carcinogenesis Vol. 9 (11), p. 2045-2052
- HUFF, J. E.; MCCONNELL, E. E.; HASEMAN, J. K.; BOORMAN, G. A.; EUSTIS, S. L.; SCHWETZ, B. A.; RAO, G. N.; JAMESON, C. W.; HART, L. G.; RALL, D. P. (1988): Carcinogenesis studies results of 398 experiments on 104 chemicals from the US National Toxicology Program. - In:

- Maltoni, C.; Selkoff, I. J. (eds., 1988): Living in a chemical world: Occupational and environmental significance of industrial carcinogens, p. 1-30. New York Academy of Science: New York
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC) (1986): Some halogenated hydrocarbons and pesticide exposures. - IARC: Lyon (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Vol. 41)
- KAWAMOTO, K.; URANO, K. (1989): Parameters for predicting fate of organochlorine pesticides in the environment, I. Octanol-water and air-water partition coefficients. - Chemosphere Vol. 18 (9-10), p. 1987-1996
- KAWAMOTO, K.; URANO, K. (1989): Parameters for predicting fate of organochlorine pesticides in the environment, II. Adsorption constant to soil. - Chemosphere Vol. 19 (8-9), p. 1223-1232
- KAWAMOTO, K.; URANO, K. (1990): Parameters for predicting fate of organochlorine pesticides in the environment, III. Biodegradation rate constants. - Chemosphere Vol. 21 (10-11), p. 1141-1152
- KENAGA, E. E. (1982): Predictability of chronic toxicity from acute toxicity of chemicals in fish and aquatic invertebrates. - Environmental Toxicology and Chemistry Vol. 1 (4), p. 347-358
- KIBARDIN, A. M.; LUKASHENKO, S. S.; USOLTSEVA, A. A.; MUKHINA, V. P. (1999): Transformations of 2,2'-dichlorodiethyl ether in superbasic media. - Russian Journal of Applied Chemistry Vol. 72 (10), p. 1857-1859
- KICENIUK, J. W.; RAY, S. (1994): Analysis of Contaminants in Edible Aquatic Resources. - Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 551 p.
- KONEMANN, H. (1981): Quantitative structure-activity relationships in fish (*Poecilia reticulata*) toxicity studies: 1. Relationship for 50 industrial chemicals. - Toxicology Vol. 19 (3), p. 209-222
- KOOL, H. J.; VAN KREIJL, C. F.; ZOETEMAN, B. C. J. (1982): Toxicology assessment of organic compounds in drinking water. - Critical Reviews in Environmental Control Vol. 12 (4), p. 307-357
- KOPFLER, F. C.; MELTON, R. G. (1977): Human exposure to water pollutants. - In: Suffet, I. H. (ed., 1977): Fate of pollutants in the air and water environments, Part II, p. 419-433. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto
- KRAYBILL, H. F. (1983): Assessment of human exposure and health risk to environmental contaminants in the atmosphere and water with special reference to cancer. - Journal of Environmental Science and Health C1 (2), p. 175-232
- KRUSE, R. (1996): Rückstände von Bis-(dichlorpropyl)ethern in Fischen aus der Elbe. - Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie) Bd. 8 (3), S. 122-124
- KRUSE, R. (2001): Tetrachlorierte Ether in Brassen und Aalen der Elbe (1997 und 1998). -Unveröffentlichte Daten.
- KRUSE, R.; REINCKE, H. (1996): Die Kontamination von Elbefischen mit Bis(dichlorpropyl)ethern. - Posterpräsentation auf der Tagung "Umwelt und Chemie", 7.-10. Oktober 1996 in Ulm
- LEBEDEV, A. T.; POLIAKOVA, O. V.; KARAKHANOVA, N. K.; PETROSYAN, V. S.; RENZONI, A. (1998): The contamination of birds with organic pollutants in the Lake Baikal region. - Science of the Total Environment Vol. 212 (2-3), p. 153-162
- LEBLANC, G. A.: Acute Toxicity of Priority Substances to Water Flea (*Daphnia magna*). - Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 24,

pp. 684-691

- LINGG, R. D.; KAYLOR, W. H.; PYLE, S. M.; DOMINO, M. M.; SMITH, C. C.; WOLFE, G. F. (1982): Metabolism of bis(2-chloroethyl)ether and bis(2-chloroisopropyl)ether in the rat. - Archives of Environmental Contamination and Toxicology Vol. 11 (2), p. 173-183
- LINGG, R. D.; KAYLOR, W. H.; PYLE, S. M.; TARDIFF, R. G. (1979): Thiodiglycolic acid: a major metabolite of bis(2-chloroethyl)ether. - Toxicology and Applied Pharmacology Vol. 47 (1), p. 23-34
- LISKA, I.; BARCELO, D.; GRASSERBAUER, M. (1996): Strategy for the screening of organic pollutants in a river basin: An overview of the Nitra river monitoring programme. - Trends in Analytical Chemistry Vol. 15 (8), p. 326-334
- LITEPLO, R. G.; MEEK, M. E. (1994): Chloroalkyl ethers, bis(2-chloroethyl)ether, bis(chloromethyl)ether and chlormethylmethylether evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. - Journal of Environmental Science and Health Vol. C 12 (2), p. 231-236
- LITEPLO, R.; GOMES, R. (1998): Selected Chloroalkyl Ethers. - WHO: Genf (Environmental Health Criteria Vol. 201)
- LIU, B. Y.; MOHAMAD, H.; LI, Y. S. (2000): Conformational analysis of 2,2,2-trichloroethyl methyl ether by low-resolution microwave spectroscopy. - Journal of Molecular Structure Vol. 550 (SI), p. 99-104
- LU, X. X.; TAO, S.; HU, H. Y.; DAWSON, R. W. (2000): Estimation of bioconcentration factors of nonionic organic compounds in fish by molecular connectivity indices and polarity correction factors. - Chemosphere Vol. 41 (10), p. 1675-1688
- MALTONI, C.; SELKOFF, I. J. (eds., 1988): Living in a chemical world: Occupational and environmental significance of industrial carcinogens. - New York Academy of Science: New York (Annals of the New York Academy of Sciences Vol. 534)
- MEYER, C. L.; SUEDEL, B. C.; RODGERS, J. H.; DORN, P. B. (1993): Bioavailability of sediment-sorbed chlorinated ethers. - Environmental Toxicology and Chemistry Vol. 12 (3), p. 493-505
- MOHAUPT, V. (2000): Persönliche Mitteilung.
- MONTGOMERY, J. H. (ed., 1997<sup>2</sup>): Agrochemicals Desk Reference. - T & M Associates: Middletown (New Jersey), 700 p.
- MORIYA, M.; OHTA, T.; WATANABE, K.; MIYAZAWA, T.; KATO, K.; SHIRASU, Y. (1983): Further mutagenesis studies on pesticides in bacterial reversion assay systems. - Mutation Research Vol. 116, p. 185-216
- MORTELMANS, K.; HAWORTH, S.; LAWLOR, T.; SPECK, W.; TAINER, B.; ZEIGER, E. (1986): Salmonella mutagenicity tests: 2. Results from the testing of 270 chemicals. - Environmental Mutagenesis Vol. 8 (Suppl. 7), p. 1-119
- MÜLLER, G.; NORPOTH, K. (1979): Studies on the reactivity and metabolic behaviour of halogenated ethers. - In: Krebsgefährdung am Arbeitsplatz/Arbeitsmedizinisches Kolloquium, Bericht der 19. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin, S. 205-211
- MÜLLER, P. (1980): Oxidation and reduction of alcohols and ethers. - In: Patai, S. (ed., 1980): The chemistry of ethers, crown ethers, hydroxyl groups and their sulphur analogues, p. 469-538. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto
- NEURATH, G.; FRANKE, S.; FRANCKE, W.; MARQUARDT, H. (1996): The mutagenic activity of tetrachlorobis(propyl)ether in the Salmonella microsome assay. - Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology Vol. 354, R 19
- NEURATH, G.; GUTENDORF, B.; WESTENDORF, J.; FRANKE, S.; FRANCKE, W.; MARQUARDT, H. (1997): Mutagenic activity of

- chlorinated bis(propyl)ethers: Major pollutants in the Elbe River. - Mutation Research Vol. 397, S 102
- NEURATH, G.; FRANKE, S.; FRANCKE, W.; MARQUARDT, H. (1998a): Mutagenicity of trichlorinated dipropyl ether isomers. - Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology Vol. 357, R 142
- NEURATH, G.; JASCHKE, S.; FRANKE, S.; FRANCKE, W.; MARQUARDT, H. (1998b): Metabolic activation of bis(dichloropropyl)ethers. - Proceedings of the American Association of Cancer Research Vol. 39, p. 640
- NEURATH, G.; FRANKE, S.; FRANCKE, W.; MARQUARDT, H. (1999): Mutagenic and Transforming Activity of Bis(2,3-dichloropropyl)ether, a Major Pollutant of the Elbe River. - Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology Vol. 359, R 146
- NEURATH, G.; MARTIN, F. L.; PIASECKI, A.; RUGE, A.; COLE, K. J.; FRANKE, S.; FRANCKE, W.; MARQUARDT, H. (2000): Cell Transformation and Genotoxicity induced by Bis(2,3-dichloro-1-propyl)ether. - Environmental and Molecular Mutagenesis Vol. 35, p. 312-318
- NIKI, E. (1993): Formations and reactions of peroxides in biological systems. - In: Patai, S. (ed., 1993): The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups, p. 917-936. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore
- PAASIVIRTA, J.; KOISTINEN, J. (1994): Chlorinated Ethers. - In: Kiceniuk, J. W.; Ray, S. (eds., 1994): Analysis of Contaminants in Edible Aquatic Resources, Chapter 6, p. 411-427. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore
- PATAI, SAUL (1967): The chemistry of the ether linkage. - Interscience Publishers: London, New York, Sydney, 785 S. (The Chemistry of Functional Groups)
- PATAI, SAUL (1980): The chemistry of ethers, crown ethers, hydroxyl groups and their sulphur analogues. - Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 1250 S. (The Chemistry of Functional Groups, Supplement E, Part 1)
- PATAI, SAUL (1993): The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups. - Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 608 S. (The Chemistry of Functional Groups, Supplement E2)
- PAXEUS, N.; ROBINSON, P.; BALMER, P. (1992): Study of organic pollutants in municipal wastewater in Goteborg, Sweden. - Water Science and Technology Vol. 25 (11), p. 249-256
- PERSSON, P. E. (1984): Uptake and release of environmentally occurring odorous compounds by fish - a review. - Water Research Vol. 18 (10), p. 1263-1272
- PETERS, D. (1967): Theory of the ether linkage. - In: Patai, S. (ed., 1967): The chemistry of the ether linkage, p. 1-19. Interscience Publishers: London, New York, Sydney
- POLITZER, P.; MURRAY, J. S. (1993): General and theoretical aspects of the -OH, -O-, and -O-O- groups: Integration of theory and experiment. - In: Patai, S. (ed., 1993): The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups, p. 1-40. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore
- PRAKASH, J.; NIRMALAKHANDAN, N.; SUN, B.; PEACE, J. (1996): Toxicity of binary mixtures of organic chemicals to microorganisms. - Water Research 30 (6), p. 1459-1463
- QUAGHEBEUR, D.; TEMMERMAN, I.; ANGELETTI, G. (eds., 1989): Organic contaminants in waste water, sludge and sediment: Occurrence, Fate and Disposal. - Elsevier Applied Science: London, New York
- QUINTO, I.; RADMAN, M. (1987): Carcinogenic potency in rodents versus genotoxic potency in E. coli: a correlation analysis for bifunctional alkylating agents. - Mutation

Research Vol. 181 (2), p. 235-242

RAMEY, G. D.; DAVIS, E. M. (1989): Bis(2-chloroethyl)ether and 2-ethoxyethanol treatability and toxicity in lab. scale waste stabilization ponds. - *Water Science and Technology* Vol. 21 (12), p. 1837-1840

RATLEDGE, C. (ed., 1994): *Biochemistry of microbial degradation*. - Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 590 p.

RICHARDSON, M. L. (ed., 1988): *Risk Assessment of Chemicals in the Environment*. - Royal Society of Chemistry: London, 579 p.

ROSENKRANZ, H. S.; KLOPMAN, G. (1990): Structural alerts to genotoxicity: the interaction of human and artificial intelligence. - *Mutagenesis* Vol. 5, p. 333-361

SAMPAOLO, A.; BINETTI, R. (1986): Elaboration of a practical method for priority selections and risk assessment among existing chemicals. - *Regulatory Toxicology and Pharmacology* Vol. 6 (2), p. 129-154

SEARLES, S. JR.; TAMRES, M. (1967): Basicity and complexing ability of ethers. - Patai, S. (ed., 1967): *The chemistry of the ether linkage*, p. 243-308. Interscience Publishers: London, New York, Sydney

SHELDON, L. S.; HITES, R. A. (1978): Organic compounds in the Delaware River. - *Environmental Science and Technology* Vol. 12 (10), p. 1188-1194

SHIRASU, Y.; MORIYA, M.; TEZUKA, H.; TERAMOTO, S.; OHTA, T.; INOUE, T. (1982): Mutagenicity screening studies on pesticides. - *Environmental Mutagenicity and Carcinogenesis, Proceedings of the 3rd International Conference*, p. 331-335

SHONO, T. (1980): The electrochemistry of ethers, hydroxyl groups and their sulphur analogues. - In: Patai, S. (ed., 1980): *The chemistry of ethers, crown ethers, hydroxyl groups and their sulphur analogues*, p. 327-350. Wiley & Sons:

Chichester, New York, Brisbane, Toronto

SHORTER, J. (1993): Electronic effects of ether and hydroxyl groups. - In: Patai, S. (1993): *The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups*, p. 405-472. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore

SIMMON, V. F.; KAUFMAN, K.; TARDIFF, R. G. (1977): Mutagenic activity of chemicals identified in drinking water. - *Developments in Toxicology and Environmental Science* Vol. 2, p. 249-258

SLATER, J. H. (1994): Microbial dehalogenation of haloaliphatic compounds. - In: Ratledge, C. (ed., 1994): *Biochemistry of microbial degradation*, p. 379-421. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht

SLAYDEN, S. W.; LIEBMAN, J. F. (1993): Thermochemistry of ethers, alcohols, arenes, enols and peroxides. - In: Patai, S. (ed., 1993): *The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups*, p. 103-200. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore

SMITH, W. T. JR.; PATTERSON, J. M. (1993): Analytical methods for alcohols, phenols, ethers and peroxides. - In: Patai, S. (ed., 1993): *The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups*, p. 201-240. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore

STOEBER, I. (1984): European economic community directive concerning water pollution by dangerous substances and its application. - In: Niemitz, W. (1984): *Vom Wasser*, Bd. 64, S. 83-92 (VCH-Verlagsgesellschaft: Weinheim)

SUFFET, I. H. (ed., 1977): Fate of pollutants in the air and water environments, Part II: Chemical and biological fate of pollutants in the environment. - Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 442 p. (*Advances in Environmental Science and Technology* Vol. 8)

SUFFET, I. H.; CAIRO, P. R. (1978): Analysis of

- bis(2-chloroethyl) Ether in the Delaware estuary. - *Journal of Environmental Science and Health* Vol. A 13 (2), p. 117-138
- UMWELTBEHÖRDE HAMBURG (Hrsg., 2000): Gewässergütebericht Hamburg 1999. - *Hamburger Umweltberichte* 59/2000.
- VAN DE SANDE, C. C. (1980): The mass spectra of ethers and sulphides. - In: Patai, S. (ed., 1980): *The chemistry of ethers, crown ethers, hydroxyl groups and their sulphur analogues*, p. 299-326. Wiley & Sons: Chichester, New York, Brisbane, Toronto
- VAN STEENDEREN, R. A.; THERON, S. J.; HASSETT, A. J. (1987): The occurrence of organic micro-pollutants in the Vaal River between Grootdraai Dam and Parys, South Africa. - *Water South Africa (Pretoria)* Vol. 13 (4), p. 209-214
- VILÍMEC, J.; KUŽILEK, V.; MARTINKOVÁ, P.; MÜNICH, J.; OČENÁŠKOVÁ, V.; POSPÍCHALOVÁ, D.; SVOBODOVÁ, A. (2001): Länderübergreifende Erfassung polarer organischer Mikroverunreinigungen in der Elbe auf tschechischem und deutschem Gebiet. - *Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk: Prag (Abschlußbericht des BMBF-Forschungsvorhabens 423 FZK 9705)*
- WALKER, W. W.; MANNING, C. S.; OVERSTREET, R. M.; HAWKINS, W. E. (1985): Development of aquarium fish models for environmental carcinogenesis: an intermittent-flow exposure system for volatile, hydrophobic chemicals. - *Journal of Applied Toxicology* Vol. 5 (4), p. 255-260
- WALLENFELS, K.; DIEKMANN, H. (1967): Biological formations and reactions. - PATAI, S. (1967): *The chemistry of the ether linkage*, p. 207-242. Interscience Publishers: London, New York, Sydney
- WATTS, R. J.; KONG, S.; ORR, M. P.; MILLER, G. C. (1994): Titanium dioxide-mediated photocatalysis of a biorefractory chloroether in secondary wastewater effluent. - *Environmental Technology* Vol. 15 (5), p. 469-475
- WEISBURGER, E. K.; ULLAND, B. M.; NAM, J. M.; GART, J. J.; WEISBURGER, J. H. (1981): Carcinogenicity tests of certain environmental and industrial chemicals. - *Journal of the National Cancer Institute* Vol. 67 (1), p. 75-88
- WENNRICH, L.; ENGEWALD, W.; POPP, P. (1997): Determination of chloroethers in aqueous samples using solid-phase microextraction. - *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* Vol. 25 (6), p. 329-334
- WILKIE, P. J.; HATZIMIHALIS, G.; KOUTOUFIDES, P.; CONNOR, M. A. (1996): The contribution of domestic sources to levels of key organic and inorganic pollutants in sewage: The case of Melbourne, Australia. - *Water Science and Technology* Vol. 34 (3-4), p. 63-70
- WILKINS, J. R. III; REICHES, N. A.; KRUSE, C. W. (1979): Organic chemical contaminants in drinking water and cancer. - *American Journal of Epidemiology* Vol. 110 (4), p. 420-448

# ANHANG

- ◆ **Strukturformeln**
- ◆ **Korrelationstabellen**  
*zu Kapitel 3.3.4*
- ◆ **Rohdaten-Tabellen**
  - \* **Wasserproben**  
*zu Kapitel 3.3*
  - \* **Fischgewebeproben**  
*zu Kapitel 3.4*

## Abbildungsverzeichnis

Abb. A 1: Strukturformeln der untersuchten chlorierten Ether

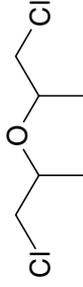
## Tabellenverzeichnis

- Tab. A 1: Korrelationsmatrix trichlorierte Ether  
Tab. A 2: Korrelationsmatrix tetrachlorierte Ether (Daten 1995-1999)  
Tab. A 3: Korrelationsmatrix tetrachlorierte Ether (Daten 2000)  
Tab. A 4: Korrelationsmatrix tri- und tetrachlorierte Ether (Daten 1995-1999)  
Tab. A 5: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen  
(Fall I: gesamte Zeitreihen 1993-2000, nicht standardisierte Daten)  
Tab. A 6: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen  
(Fall I: gesamte Zeitreihen 1993-2000, standardisierte Daten)  
Tab. A 7: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen  
(Fall II: 1997-1999, nicht standardisierte Daten)  
Tab. A 8: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen  
(Fall II: 1997-1999, standardisierte Daten)  
Tab. A 9: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Längsprofil Klöden bis  
Hinzdorf, 1992)  
Tab. A 10: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 1993-1995)  
Tab. A 11: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 1996-1997)  
Tab. A 12: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 1998-1999)  
Tab. A 13: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 2000)  
Tab. A 14: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Dommitzsch 2000)  
Tab. A 15: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 1993-1995)  
Tab. A 16: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 1996-1997)  
Tab. A 17: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 1998-1999)  
Tab. A 18: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 2000)  
Tab. A 19: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 1993-1995)  
Tab. A 20: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 1996-1997)  
Tab. A 21: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 1998-1999)  
Tab. A 22: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 2000)  
Tab. A 23: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Zollenspieker 1995)  
Tab. A 24: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Zollenspieker 2000)  
Tab. A 25: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Seemannshöft 1993-1995)  
Tab. A 26: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Seemannshöft 1996-1997)  
Tab. A 27: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Seemannshöft 1998-1999)  
Tab. A 28: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Seemannshöft 2000)  
Tab. A 29: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Grauerort 1993-1995)  
Tab. A 30: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Grauerort 1996-1997)  
Tab. A 31: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Grauerort 1998-1999)  
Tab. A 32: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Grauerort 2000)  
Tab. A 33: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Cuxhaven 1993-1997)  
Tab. A 34: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Cuxhaven 1998-1999)  
Tab. A 35: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Mulde (1993-1995)  
Tab. A 36: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Saale (1996-1997)  
Tab. A 37: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Saale (1998-1999)  
Tab. A 38: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Schwarzen Elster (1993-1995)

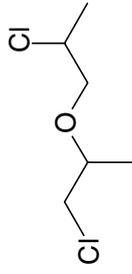
- Tab. A 39: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wochenmischproben der Messstation Schmilka (1998)*
- Tab. A 40: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wochenmischproben der Messstation Schmilka (1999)*
- Tab. A 41: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wochenmischproben der Messstation Schmilka (2000)*
- Tab. A 42: Gehalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Elbe-Brassen (Fangort: Meißen, 1994)*
- Tab. A 43: Gehalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Elbe-Brassen (Fangort: Moorburg, 1994)*
- Tab. A 44: Gehalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Elbe-Brassen (Längsprofil Prossen bis Glückstadt, 1994)*

### Dichlorierte Ether

Bis(1-chlor-2-propyl)ether



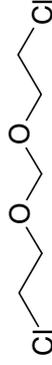
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propyl ether



Bis(2-chlorethyl)ether

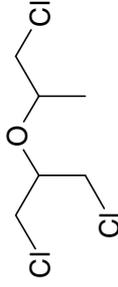


Bis(2-chlorethoxy)methan

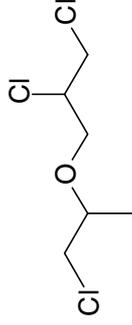


### Trichlorierte Ether

1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propyl ether

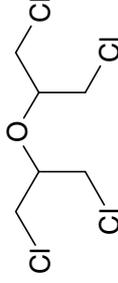


2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propyl ether

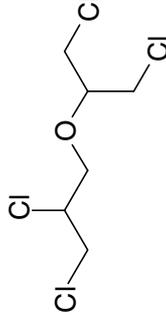


### Tetrachlorierte Ether

Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether



1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether



Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether



Abb. A 1: Strukturformeln der untersuchten chlorierten Ether

**Korrelationstabellen**  
*zu Kapitel 3.3.4*

## Legende zu Tabelle A 1 bis A 8

### Dichlorierte Ether

- Di 1** 1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether  
**Di 2** Bis(1-chlor-2-propyl)ether  
**Di 1+2** Summe dichlorierter Propylether  
**Di 3** Bis(2-chlorethyl)ether  
**Di 4** Bis(2-chlorethoxy)methan

### Trichlorierte Ether

- Tri 1** 1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether  
**Tri 2** 2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether  
**Tri Σ** Summe trichlorierter Ether

### Tetrachlorierte Ether

- Te 1** Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether  
**Te 2** Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether  
**Te 3** 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether  
**Te Σ** Summe tetrachlorierter Ether

für Proben aus dem Jahr 2000:

- ... L am linken Ufer entnommene Probe  
 ... R am rechten Ufer entnommene Probe

### Beprobungsstellen

- Smi** Schmilka  
**Dom** Dommitzsch  
**Mag** Magdeburg  
**Sna** Schnackenburg  
**Zol** Zollenspieker  
**See** Seemannshöft  
**Gra** Grauerort  
**Cux** Cuxhaven  
**SEIs** (Schwarze Elster)  
**Mul** (Mulde)  
**Saa** (Saale)

Tab. A 1: Korrelationsmatrix trichlorierte Ether

		Mag		Gra		Saa	
		Tri 1	Tri 2	Tri 1	Tri 2	Tri 1	Tri 2
Mag	Tri 1		,995 N=4 p=,005	,273 N=3 p=,824	-,207 N=3 p=,867	,977 N=4 p=,023	,971 N=4 p=,029
	Tri 2			-,386 N=3 p=,748	-,771 N=3 p=,439	,988 N=4 p=,012	,983 N=4 p=,017
Gra	Tri 1				,885 N=3 p=,309	,165 N=3 p=,894	,109 N=3 p=,930
	Tri 2					,606 N=3 p=,585	,560 N=3 p=,621
Saa	Tri 1						1,000 N=4 p=,000



Fortsetzung Tab. A 2

	See						Gra						Cux											
	Te 1		Te 2		Te 3		Te Σ		Te 1		Te 2		Te 3		Te Σ		Te 1		Te 2		Te 3		Te Σ	
Smi	Te 1	,604 N=21 p=,004	,571 N=21 p=,007	,579 N=21 p=,006	,587 N=21 p=,005	,579 N=21 p=,006	,587 N=21 p=,005	,440 N=20 p=,052	,198 N=20 p=,403	,374 N=20 p=,105	,347 N=20 p=,134	,111 N=12 p=,732	,011 N=12 p=,973	-,131 N=12 p=,685	-,038 N=12 p=,906									
	Te 2	,506 N=21 p=,019	,510 N=21 p=,018	,499 N=21 p=,021	,510 N=21 p=,018	,499 N=21 p=,021	,510 N=21 p=,018	,343 N=20 p=,139	,175 N=20 p=,460	,292 N=20 p=,212	,277 N=20 p=,237	,075 N=12 p=,814	,076 N=12 p=,814	-,148 N=12 p=,646	-,031 N=12 p=,924									
	Te 3	,560 N=21 p=,008	,532 N=21 p=,013	,547 N=21 p=,010	,550 N=21 p=,010	,547 N=21 p=,010	,550 N=21 p=,010	,410 N=20 p=,072	,172 N=20 p=,467	,356 N=20 p=,123	,323 N=20 p=,165	,049 N=12 p=,879	,005 N=12 p=,987	-,172 N=12 p=,593	-,074 N=12 p=,820									
	Te Σ	,554 N=22 p=,007	,539 N=22 p=,010	,542 N=22 p=,009	,549 N=22 p=,008	,542 N=22 p=,009	,549 N=22 p=,008	,388 N=20 p=,091	,178 N=20 p=,454	,333 N=20 p=,152	,308 N=20 p=,186	,134 N=13 p=,663	,071 N=13 p=,817	-,083 N=13 p=,789	,012 N=13 p=,968									
Mag	Te 1	,835 N=21 p=,000	,737 N=21 p=,000	,777 N=21 p=,000	,783 N=21 p=,000	,777 N=21 p=,000	,783 N=21 p=,000	,654 N=19 p=,002	,297 N=19 p=,216	,562 N=19 p=,012	,519 N=19 p=,023	,340 N=12 p=,280	-,209 N=12 p=,515	,138 N=12 p=,668	-,071 N=12 p=,825									
	Te 2	,854 N=21 p=,000	,786 N=21 p=,000	,805 N=21 p=,000	,817 N=21 p=,000	,805 N=21 p=,000	,817 N=21 p=,000	,652 N=19 p=,002	,372 N=19 p=,117	,559 N=19 p=,013	,541 N=19 p=,017	,404 N=12 p=,193	-,135 N=12 p=,675	,206 N=12 p=,520	,144 N=12 p=,656									
	Te 3	,780 N=21 p=,000	,685 N=21 p=,001	,752 N=21 p=,000	,743 N=21 p=,000	,752 N=21 p=,000	,743 N=21 p=,000	,594 N=19 p=,007	,257 N=19 p=,288	,517 N=19 p=,023	,471 N=19 p=,042	,252 N=12 p=,429	-,247 N=12 p=,438	,083 N=12 p=,799	,012 N=12 p=,971									
	Te Σ	,790 N=22 p=,000	,707 N=22 p=,000	,756 N=22 p=,000	,754 N=22 p=,000	,756 N=22 p=,000	,754 N=22 p=,000	,613 N=20 p=,004	,299 N=20 p=,200	,539 N=20 p=,014	,500 N=20 p=,025	,306 N=13 p=,309	-,262 N=13 p=,388	,164 N=13 p=,592	,057 N=13 p=,854									
Sha	Te 1	,818 N=34 p=,000	,762 N=34 p=,000	,746 N=34 p=,000	,771 N=34 p=,000	,746 N=34 p=,000	,771 N=34 p=,000	,919 N=31 p=,000	,801 N=31 p=,000	,863 N=31 p=,000	,884 N=31 p=,000	,786 N=13 p=,001	,463 N=13 p=,111	,728 N=13 p=,005	,699 N=13 p=,008									
	Te 2	,723 N=34 p=,000	,714 N=34 p=,000	,653 N=34 p=,000	,691 N=34 p=,000	,653 N=34 p=,000	,691 N=34 p=,000	,854 N=31 p=,000	,894 N=31 p=,000	,811 N=31 p=,000	,872 N=31 p=,000	,872 N=13 p=,000	,729 N=13 p=,005	,877 N=13 p=,000	,885 N=13 p=,000									
	Te 3	,825 N=34 p=,000	,765 N=34 p=,000	,785 N=34 p=,000	,793 N=34 p=,000	,785 N=34 p=,000	,793 N=34 p=,000	,936 N=31 p=,000	,779 N=31 p=,000	,897 N=31 p=,000	,899 N=31 p=,000	,703 N=13 p=,007	,366 N=13 p=,219	,647 N=13 p=,017	,606 N=13 p=,028									
	Te Σ	,805 N=34 p=,000	,763 N=34 p=,000	,748 N=34 p=,000	,770 N=34 p=,000	,748 N=34 p=,000	,770 N=34 p=,000	,925 N=31 p=,000	,843 N=31 p=,000	,881 N=31 p=,000	,908 N=31 p=,000	,805 N=13 p=,001	,536 N=13 p=,059	,771 N=13 p=,002	,750 N=13 p=,003									
Zol	Te 1	,675 N=19 p=,002	,639 N=19 p=,003	,734 N=19 p=,000	,697 N=19 p=,001	,734 N=19 p=,000	,697 N=19 p=,001	,465 N=17 p=,060	,469 N=17 p=,058	,418 N=17 p=,095	,456 N=17 p=,066	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---									
	Te 3	,669 N=19 p=,002	,641 N=19 p=,003	,743 N=19 p=,000	,701 N=19 p=,001	,743 N=19 p=,000	,701 N=19 p=,001	,538 N=17 p=,026	,542 N=17 p=,024	,498 N=17 p=,042	,535 N=17 p=,027	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---									
	Te Σ	,678 N=19 p=,001	,668 N=19 p=,002	,749 N=19 p=,000	,715 N=19 p=,001	,749 N=19 p=,000	,715 N=19 p=,001	,565 N=17 p=,018	,604 N=17 p=,010	,521 N=17 p=,032	,572 N=17 p=,016	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---	--- N=0 p=---									

Fortsetzung Tab. A 2

	See				Gra				Cux			
	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ
See	Te 1	,967 N=35 p=,000	,973 N=35 p=,000	,985 N=35 p=,000	,851 N=32 p=,000	,719 N=32 p=,000	,810 N=32 p=,000	,818 N=32 p=,000	,701 N=13 p=,008	,177 N=13 p=,563	,528 N=13 p=,064	,479 N=13 p=,098
	Te 2	,970 N=35 p=,000	,988 N=35 p=,000	,995 N=35 p=,000	,785 N=32 p=,000	,746 N=32 p=,000	,770 N=32 p=,000	,792 N=32 p=,000	,726 N=13 p=,005	,213 N=13 p=,484	,561 N=13 p=,046	,514 N=13 p=,072
	Te 3				,805 N=32 p=,000	,686 N=32 p=,000	,797 N=32 p=,000	,792 N=32 p=,000	,609 N=13 p=,027	,047 N=13 p=,879	,420 N=13 p=,154	,359 N=13 p=,228
	Te Σ				,814 N=32 p=,000	,718 N=32 p=,000	,798 N=32 p=,000	,804 N=32 p=,000	,673 N=13 p=,012	,127 N=13 p=,680	,492 N=13 p=,088	,437 N=13 p=,135
Gra	Te 1				,852 N=32 p=,000	,852 N=32 p=,000	,978 N=32 p=,000	,977 N=32 p=,000	,656 N=12 p=,020	,318 N=12 p=,314	,631 N=12 p=,028	,570 N=12 p=,053
	Te 2					,857 N=32 p=,000		,928 N=32 p=,000	,799 N=12 p=,002	,679 N=12 p=,015	,873 N=12 p=,000	,851 N=12 p=,000
	Te 3							,986 N=32 p=,000	,602 N=12 p=,039	,298 N=12 p=,346	,624 N=12 p=,030	,548 N=12 p=,065
	Te Σ							,986 N=32 p=,000	,709 N=12 p=,010	,447 N=12 p=,145	,740 N=12 p=,006	,682 N=12 p=,014
Cux	Te 1								,633 N=13 p=,020	,898 N=13 p=,000	,898 N=13 p=,000	,890 N=13 p=,000
	Te 2									,806 N=13 p=,001	,894 N=13 p=,000	,894 N=13 p=,000
	Te 3										,981 N=13 p=,000	,981 N=13 p=,000



Fortsetzung Tab. A 3

		Mag							
		Te 1 L	Te 1 R	Te 2 L	Te 2 R	Te 3 L	Te 3 R	Te Σ L	Te Σ R
Smi	Te 1 L	-,055 N=12 p=,866	-,137 N=11 p=,688	-,007 N=12 p=,983	-,111 N=11 p=,744	-,044 N=12 p=,892	-,140 N=11 p=,682	-,035 N=12 p=,914	-,120 N=12 p=,710
	Te 1 R	-,161 N=12 p=,618	-,168 N=11 p=,621	-,100 N=12 p=,757	-,137 N=11 p=,689	-,141 N=12 p=,663	-,156 N=11 p=,646	-,132 N=12 p=,682	-,161 N=12 p=,618
	Te 2 L	-,081 N=12 p=,802	-,153 N=11 p=,653	-,030 N=12 p=,925	-,125 N=11 p=,713	-,068 N=12 p=,834	-,150 N=11 p=,659	-,059 N=12 p=,855	-,126 N=12 p=,695
	Te 2 R	-,170 N=12 p=,597	-,180 N=11 p=,597	-,111 N=12 p=,731	-,149 N=11 p=,662	-,150 N=12 p=,642	-,165 N=11 p=,627	-,142 N=12 p=,659	-,158 N=12 p=,625
	Te 3 L	-,063 N=12 p=,845	-,140 N=11 p=,682	-,014 N=12 p=,965	-,113 N=11 p=,740	-,051 N=12 p=,875	-,140 N=11 p=,682	-,042 N=12 p=,896	-,116 N=12 p=,718
	Te 3 R	-,159 N=12 p=,621	-,175 N=11 p=,607	-,100 N=12 p=,758	-,143 N=11 p=,674	-,140 N=12 p=,665	-,162 N=11 p=,634	-,132 N=12 p=,683	-,157 N=12 p=,625
	Te Σ L	-,071 N=12 p=,827	-,146 N=11 p=,669	-,021 N=12 p=,949	-,119 N=11 p=,728	-,058 N=12 p=,858	-,145 N=11 p=,671	-,049 N=12 p=,879	-,122 N=12 p=,707
	Te Σ R	-,164 N=12 p=,609	-,176 N=11 p=,604	-,105 N=12 p=,746	-,145 N=11 p=,670	-,145 N=12 p=,654	-,163 N=11 p=,632	-,137 N=12 p=,672	-,158 N=12 p=,624
Dom	Te 1 L	,700 N=12 p=,011	,709 N=11 p=,015	,659 N=12 p=,020	,692 N=11 p=,018	,713 N=12 p=,009	,683 N=11 p=,020	,698 N=12 p=,012	,682 N=12 p=,015
	Te 1 R	,576 N=12 p=,050	,810 N=11 p=,003	,532 N=12 p=,075	,776 N=11 p=,005	,602 N=12 p=,038	,790 N=11 p=,004	,579 N=12 p=,048	,652 N=12 p=,022
	Te 2 L	,743 N=12 p=,006	,930 N=11 p=,000	,678 N=12 p=,015	,890 N=11 p=,000	,776 N=12 p=,003	,919 N=11 p=,000	,744 N=12 p=,005	,889 N=12 p=,000
	Te 2 R	,495 N=12 p=,101	,924 N=11 p=,000	,442 N=12 p=,150	,873 N=11 p=,000	,532 N=12 p=,075	,917 N=11 p=,000	,501 N=12 p=,097	,670 N=12 p=,017
	Te 3 L	,705 N=12 p=,010	,856 N=11 p=,001	,640 N=12 p=,025	,812 N=11 p=,002	,734 N=12 p=,007	,839 N=11 p=,001	,704 N=12 p=,011	,819 N=12 p=,001
	Te 3 R	,568 N=12 p=,054	,885 N=11 p=,000	,515 N=12 p=,086	,841 N=11 p=,001	,600 N=12 p=,039	,871 N=11 p=,000	,572 N=12 p=,052	,701 N=12 p=,011
	Te Σ L	,729 N=12 p=,007	,874 N=11 p=,000	,666 N=12 p=,018	,835 N=11 p=,001	,758 N=12 p=,004	,858 N=11 p=,001	,729 N=12 p=,007	,837 N=12 p=,001
	Te Σ R	,544 N=12 p=,068	,897 N=11 p=,000	,492 N=12 p=,105	,851 N=11 p=,001	,577 N=12 p=,049	,885 N=11 p=,000	,548 N=12 p=,065	,688 N=12 p=,013
Mag	Te 1 L		,875 N=11 p=,000	,985 N=12 p=,000	,925 N=11 p=,000	,997 N=12 p=,000	,866 N=11 p=,001	,998 N=12 p=,000	,889 N=12 p=,000
	Te 1 R			,816 N=11 p=,002	,986 N=11 p=,000	,902 N=11 p=,000	,999 N=11 p=,000	,876 N=11 p=,000	,998 N=11 p=,000
	Te 2 L				,891 N=11 p=,000	,983 N=12 p=,000	,812 N=11 p=,002	,992 N=12 p=,000	,840 N=12 p=,001
	Te 2 R					,948 N=11 p=,000	,987 N=11 p=,000	,931 N=11 p=,000	,993 N=11 p=,000
	Te 3 L						,896 N=11 p=,000	,998 N=12 p=,000	,915 N=12 p=,000
	Te 3 R							,869 N=11 p=,001	,999 N=11 p=,000
	Te Σ L								,892 N=12 p=,000

Tab. A 4: Korrelationsmatrix tri- und tetrachlorierte Ether (Daten 1995-1999)

		Smi			Mag			Sna					
		Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ
Mag	Tri 1	-,882 N=3 p=,312	-,882 N=3 p=,313	-,882 N=3 p=,312	-,464 N=4 p=,536	-,418 N=4 p=,582	-,399 N=4 p=,601	-,415 N=4 p=,585	-,411 N=4 p=,589	-,317 N=4 p=,683	-,339 N=4 p=,661	-,313 N=4 p=,687	-,321 N=4 p=,679
	Tri 2	-,397 N=3 p=,740	-,396 N=3 p=,741	-,396 N=3 p=,741	-,371 N=4 p=,629	-,323 N=4 p=,677	-,303 N=4 p=,697	-,320 N=4 p=,680	-,316 N=4 p=,684	-,219 N=4 p=,781	-,243 N=4 p=,757	-,215 N=4 p=,785	-,224 N=4 p=,776
Gra	Tri 1	-,694 N=3 p=,512	-,694 N=3 p=,511	-,694 N=3 p=,511	-,694 N=3 p=,512	-,710 N=3 p=,497	-,697 N=3 p=,509	-,705 N=3 p=,502	-,703 N=3 p=,503	-,641 N=3 p=,557	-,615 N=3 p=,579	-,669 N=3 p=,533	-,650 N=3 p=,550
	Tri 2	-,278 N=3 p=,821	-,278 N=3 p=,820	-,278 N=3 p=,820	-,278 N=3 p=,820	-,300 N=3 p=,806	-,283 N=3 p=,818	-,292 N=3 p=,811	-,291 N=3 p=,812	-,208 N=3 p=,866	-,176 N=3 p=,887	-,245 N=3 p=,842	-,220 N=3 p=,859
Saa	Tri 1	-,595 N=3 p=,594	-,595 N=3 p=,594	-,595 N=3 p=,594	-,303 N=4 p=,697	-,257 N=4 p=,743	-,234 N=4 p=,766	-,253 N=4 p=,747	-,248 N=4 p=,752	-,139 N=4 p=,861	-,158 N=4 p=,842	-,139 N=4 p=,861	-,145 N=4 p=,855
	Tri 2	-,640 N=3 p=,558	-,640 N=3 p=,558	-,640 N=3 p=,558	-,282 N=4 p=,717	-,236 N=4 p=,764	-,213 N=4 p=,787	-,232 N=4 p=,768	-,227 N=4 p=,773	-,116 N=4 p=,884	-,135 N=4 p=,865	-,117 N=4 p=,883	-,122 N=4 p=,878

		See			Gra			Cux					
		Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ	Te 1	Te 2	Te 3	Te Σ
Mag	Tri 1	-,471 N=4 p=,529	-,466 N=4 p=,534	-,451 N=4 p=,549	-,458 N=4 p=,541	-,882 N=3 p=,312	-,938 N=3 p=,226	-,926 N=3 p=,246	-,925 N=3 p=,248	-,925 N=3 p=,248	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666
	Tri 2	-,379 N=4 p=,621	-,373 N=4 p=,626	-,358 N=4 p=,642	-,366 N=4 p=,634	-,397 N=3 p=,740	-,517 N=3 p=,654	-,490 N=3 p=,674	-,487 N=3 p=,676	-,487 N=3 p=,676	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666
Gra	Tri 1	-,646 N=3 p=,552	-,664 N=3 p=,538	-,645 N=3 p=,554	-,652 N=3 p=,548	-,693 N=3 p=,512	-,591 N=3 p=,598	-,615 N=3 p=,578	-,618 N=3 p=,576	-,618 N=3 p=,576	-,1 N=1 p=,666	-,1 N=1 p=,666	-,1 N=1 p=,666
	Tri 2	-,216 N=3 p=,861	-,238 N=3 p=,847	-,214 N=3 p=,862	-,223 N=3 p=,857	-,277 N=3 p=,821	-,146 N=3 p=,907	-,177 N=3 p=,887	-,180 N=3 p=,885	-,180 N=3 p=,885	-,1 N=1 p=,666	-,1 N=1 p=,666	-,1 N=1 p=,666
Saa	Tri 1	-,303 N=4 p=,696	-,301 N=4 p=,699	-,282 N=4 p=,719	-,291 N=4 p=,709	-,596 N=3 p=,593	-,698 N=3 p=,508	-,676 N=3 p=,528	-,673 N=3 p=,530	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666
	Tri 2	-,282 N=4 p=,718	-,279 N=4 p=,721	-,259 N=4 p=,741	-,269 N=4 p=,731	-,641 N=3 p=,557	-,738 N=3 p=,472	-,716 N=3 p=,492	-,714 N=3 p=,494	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666	-,1 N=2 p=,666



**Tab. A 6: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen (Fall I: gesamte Zeitreihen 1993-2000, standardisierte Daten)**

	Smi	Dom	Mag	Sna	Zol	See	Gra	Cux	Mul	Saa
Di 1	-,832 N=3 p=,374		,007 N=4 p=,993	,365 N=4 p=,635		,786 N=4 p=,214	,896 N=3 p=,292	1 N=2 p=---	-- N=5 p=---	-,039 N=4 p=,961
Di 2	-,832 N=3 p=,374		,132 N=4 p=,868	-,345 N=4 p=,655		,692 N=4 p=,308	,885 N=3 p=,308	1 N=2 p=---	-,594 N=5 p=,291	-,368 N=4 p=,633
Di 1+2	,288 N=18 p=,246		,017 N=17 p=,948	,008 N=17 p=,977	-,685 N=6 p=,133	,142 N=18 p=,574	,044 N=17 p=,866	-- N=11 p=---	-- N=5 p=---	,115 N=12 p=,722
Di 3	-,021 N=18 p=,934		-,215 N=17 p=,407	-,147 N=30 p=,438	-,196 N=19 p=,422	-,110 N=31 p=,556	-,047 N=29 p=,808	-- N=11 p=---		-,155 N=12 p=,630
Di 4	,288 N=18 p=,246		,192 N=17 p=,460	,226 N=30 p=,229	,222 N=19 p=,361	,244 N=31 p=,186	,413 N=29 p=,026	-,148 N=11 p=,663		-,115 N=12 p=,722
Tri 1	-,832 N=3 p=,374		-,625 N=4 p=,375	-,138 N=4 p=,862		-,755 N=4 p=,245	,904 N=3 p=,281	1 N=2 p=---		-,817 N=4 p=,183
Tri 2	-,832 N=3 p=,374		-,702 N=4 p=,298	-,621 N=4 p=,379		-,440 N=4 p=,560	,600 N=3 p=,590	1 N=2 p=---		-,827 N=4 p=,173
Tri Σ	,491 N=15 p=,063		,342 N=14 p=,232	,338 N=14 p=,238	-- N=3 p=---	,419 N=15 p=,120	-,147 N=14 p=,617	-- N=11 p=---	-- N=2 p=---	,110 N=12 p=,734
Te 1	-,342 N=21 p=,130		-,382 N=21 p=,087	-,296 N=34 p=,089	,010 N=19 p=,967	-,273 N=35 p=,113	-,259 N=32 p=,152	-,291 N=13 p=,334	-- N=5 p=---	-,145 N=16 p=,592
Te 2	-,295 N=21 p=,194		-,344 N=21 p=,126	-,232 N=34 p=,187	,184 N=19 p=,451	-,216 N=35 p=,214	-,060 N=32 p=,743	-,078 N=13 p=,801	-- N=5 p=---	-,147 N=16 p=,586
Te 3	-,321 N=21 p=,157		-,387 N=21 p=,083	-,307 N=34 p=,078	,091 N=19 p=,712	-,264 N=35 p=,125	-,240 N=32 p=,187	-,206 N=13 p=,499	-- N=5 p=---	-,161 N=16 p=,552
Te Σ	-,314 N=21 p=,166		-,331 N=22 p=,132	-,285 N=34 p=,103	,109 N=19 p=,656	-,252 N=35 p=,144	-,198 N=32 p=,279	-,159 N=14 p=,588	-- N=5 p=---	-,155 N=16 p=,567
Te 1 L	,050 N=13 p=,870	-,176 N=13 p=,566	,081 N=12 p=,802							
Te 1 R	,125 N=13 p=,685	,049 N=12 p=,880	-,014 N=11 p=,968							
Te 2 L	,074 N=13 p=,810	-,147 N=13 p=,632	,186 N=12 p=,563							
Te 2 R	,130 N=13 p=,673	,103 N=12 p=,751	,091 N=11 p=,789							
Te 3 L	,063 N=13 p=,839	-,175 N=13 p=,567	,090 N=12 p=,781							
Te 3 R	,127 N=13 p=,679	,059 N=12 p=,855	,009 N=11 p=,979							
Te Σ L	,066 N=13 p=,830	-,167 N=13 p=,586	,117 N=12 p=,717							
Te Σ R	,128 N=13 p=,677	-,113 N=13 p=,713	-,031 N=12 p=,924							

**Tab. A 7: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen (Fall II: 1997-1999, nicht standardisierte Daten)**

	Smi	Mag	Sna	See	Gra	Cux	Saa
<b>Di 1</b>							
<b>Di 2</b>							
<b>Di 1+2</b>	-- N=10 p= ---	<b>,344</b> N=10 p=,331	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	<b>-,134</b> N=10 p=,712	-- N=9 p= ---	<b>,080</b> N=10 p=,826
<b>Di 3</b>	-- N=10 p= ---	<b>-,228</b> N=10 p=,526	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=9 p= ---	-- N=10 p= ---
<b>Di 4</b>	-- N=10 p= ---	<b>-,223</b> N=10 p=,536	<b>-,184</b> N=10 p=,611	<b>-,260</b> N=10 p=,467	<b>-,150</b> N=10 p=,678	<b>-,224</b> N=9 p=,562	<b>-,144</b> N=10 p=,691
<b>Tri 1</b>							
<b>Tri 2</b>							
<b>Tri Σ</b>	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	<b>-,359</b> N=10 p=,308	-- N=9 p= ---	<b>,074</b> N=10 p=,838
<b>Te 1</b>	<b>-,302</b> N=10 p=,397	<b>-,411</b> N=10 p=,238	<b>-,523</b> N=10 p=,121	<b>-,587</b> N=10 p=,074	<b>-,621</b> N=10 p=,055	<b>-,359</b> N=9 p=,343	-- N=10 p= ---
<b>Te 2</b>	<b>-,244</b> N=10 p=,497	<b>-,417</b> N=10 p=,231	<b>-,394</b> N=10 p=,260	<b>-,548</b> N=10 p=,101	<b>-,376</b> N=10 p=,285	<b>-,050</b> N=9 p=,898	-- N=10 p= ---
<b>Te 3</b>	<b>-,244</b> N=10 p=,497	<b>-,435</b> N=10 p=,210	<b>-,589</b> N=10 p=,073	<b>-,659</b> N=10 p=,038	<b>-,679</b> N=10 p=,031	<b>-,314</b> N=9 p=,410	-- N=10 p= ---
<b>Te Σ</b>	<b>-,254</b> N=10 p=,479	<b>-,428</b> N=10 p=,217	<b>-,519</b> N=10 p=,124	<b>-,617</b> N=10 p=,057	<b>-,594</b> N=10 p=,070	<b>-,248</b> N=9 p=,519	-- N=10 p= ---

**Tab. A 8: Korrelationsmatrix Stoffkonzentrationen und Abfluß an den jeweiligen Beprobungsstellen (Fall II: 1997-1999, standardisierte Daten)**

	Smi	Mag	Sna	See	Gra	Cux	Saa
Di 1							
Di 2							
Di 1+2	-- N=10 p= ---	<b>,344</b> N=10 p=,331	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	<b>-,134</b> N=10 p=,712	-- N=9 p= ---	<b>,080</b> N=10 p=,826
Di 3	-- N=10 p= ---	<b>-,228</b> N=10 p=,526	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=9 p= ---	-- N=10 p= ---
Di 4	-- N=10 p= ---	<b>-,223</b> N=10 p=,536	<b>-,184</b> N=10 p=,611	<b>-,260</b> N=10 p=,467	<b>-,150</b> N=10 p=,678	<b>-,224</b> N=9 p=,562	<b>-,144</b> N=10 p=,691
Tri 1							
Tri 2							
Tri $\Sigma$	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	-- N=10 p= ---	<b>-,359</b> N=10 p=,308	-- N=9 p= ---	<b>,074</b> N=10 p=,838
Te 1	<b>-,302</b> N=10 p=,397	<b>-,411</b> N=10 p=,238	<b>-,523</b> N=10 p=,121	<b>-,587</b> N=10 p=,074	<b>-,621</b> N=10 p=,055	<b>-,359</b> N=9 p=,343	-- N=10 p= ---
Te 2	<b>-,244</b> N=10 p=,497	<b>-,417</b> N=10 p=,231	<b>-,394</b> N=10 p=,260	<b>-,548</b> N=10 p=,101	<b>-,376</b> N=10 p=,285	<b>-,050</b> N=9 p=,898	-- N=10 p= ---
Te 3	<b>-,244</b> N=10 p=,497	<b>-,435</b> N=10 p=,210	<b>-,589</b> N=10 p=,073	<b>-,659</b> N=10 p=,038	<b>-,679</b> N=10 p=,031	<b>-,314</b> N=9 p=,410	-- N=10 p= ---
Te $\Sigma$	<b>-,254</b> N=10 p=,479	<b>-,428</b> N=10 p=,217	<b>-,519</b> N=10 p=,124	<b>-,617</b> N=10 p=,057	<b>-,594</b> N=10 p=,070	<b>-,186</b> N=10 p=,606	-- N=10 p= ---

## **Rohdaten-Tabellen**

**Wasserproben**  
*zu Kapitel 3.3*

**Fischgewebeproben**  
*zu Kapitel 3.4*

**Tab. A 9: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Längsprofil Klöden bis Hinzdorf, 1992)**

Sondermessungen der Elbe: Längsprofil Wasserproben

Beprobungsstelle	Klöden	Elster	Roßlau	Brambach	Barby	Havelberg	Hinzdorf
<i>Strom-km</i>	190	200,5	258	268	292	420	449
<b>Entnahmedatum</b>	21.05.	21.05.	21.05.	21.05.	21.05.	21.05.	21.05.
Entnahmezeit	-	-	-	-	-	-	-
<b>Abfluss</b>	-	-	-	-	-	-	-
	m <sup>3</sup> /s						
<b>Dichlorierte Ether</b>							
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether							
Bis(1-chlor-2-propyl)ether							
Summe Bis(chlorpropyl)ether							
Bis(2-chlorethyl)ether							
Bis(2-chlorethoxy)methan							
<b>Trichlorierte Ether</b>							
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether							
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether							
Summe trichlorierter Propylether							
<b>Tetrachlorierte Ether</b>							
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	0,66	0,53	0,55	0,37	0,27	0,34	0,14
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	1,59	1,60	1,50	0,84	0,69	0,70	0,24
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	2,84	2,46	2,47	1,56	1,22	1,39	0,53
Summe tetrachlorierter Propylether	5,09	4,59	4,52	2,77	2,18	2,43	0,91

**Tab. A 10: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 1993-1995)**

**Schmilka** (Str-km 3,9)

Jahr	1993					1995				
	03.05.	01.02.	29.03.	10.05.	13.09.	19.07.	10.05.	13.09.	19.07.	08.11.
<b>Entnahmedatum</b> Entnahmezeit	-	09:10	09:45	09:00	09:30	09:15	09:00	09:30	09:15	09:20
<b>Abfluss</b>	-	1383	475	461	329	227	461	329	227	268
		m <sup>3</sup> /s								
<b>Dichlorierte Ether</b>										
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether										
Bis(1-chlor-2-propyl)ether										
Summe Bis(chlorpropyl)ether		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Bis(2-chlorethyl)ether		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,04	<0,01
Bis(2-chlorethoxy)methan		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Trichlorierte Ether</b>										
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether										
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether										
Summe trichlorierter Propylether		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					
<b>Tetrachlorierte Ether</b>										
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	2,80	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,31
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	12,95	0,03	<0,02	0,06	0,10	<0,02	0,06	0,10	<0,02	0,29
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	14,70	0,03	<0,02	0,08	0,16	0,05	0,08	0,16	0,05	1,25
Summe tetrachlorierter Propylether	30,45	0,07	< BG	0,15	0,29	0,07	0,15	0,29	0,07	1,85

Tab. A 11: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 1996-1997)

Schmilka (Str-km 3,9)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss	1996				1997							
			31.01.	22.05.	17.07.	06.11.	03.02.	28.05. 09:28	23.07.	12.11.				
		m <sup>3</sup> /s	-	-	-	-	792	542	342	189	244	-	1120	163
<b>Dichlorierte Ether</b>		µg/l	-	<0,001	<0,001	<0,005								
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether		µg/l	-	<0,001	<0,001	<0,005								
Bis(1-chlor-2-propyl)ether		µg/l	-	<0,001	<0,001	<0,005								
Summe Bis(chlorpropyl)ether		µg/l								n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethyl)ether		µg/l								n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethoxy)methan		µg/l								n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Trichlorierte Ether</b>		µg/l	-	<0,001	<0,001	<0,005								
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l	-	<0,001	<0,001	<0,005								
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l	-	<0,001	<0,001	<0,005								
Summe trichlorierter Propylether		µg/l								n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Tetrachlorierte Ether</b>		µg/l	-	0,010	0,012	2,400								
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		µg/l	-	0,021	0,034	9,200				0,75	1,17	0,77	0,13	0,13
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		µg/l	-	0,025	0,038	9,300				0,96	2,32	2,31	0,43	0,43
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		µg/l	-	0,056	0,084	20,900				3,25	4,85	3,80	0,68	0,68
Summe tetrachlorierter Propylether		µg/l	-							4,96	8,34	6,88	1,24	1,24

**Tab. A 12: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 1998-1999)**

Schmilka (Str-km 3,9)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss m <sup>3</sup> /s	1998			1999				
			02.02. 17:05	27.05. 09:28	22.07. -	11.11. 09:45	02.02. 14:12	01.06. 15:53	21.07. 09:40	10.11. -
			190	124	149	765	324	178	166	129
<b>Dichlorierte Ether</b>										
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether		µg/l								
Bis(1-chlor-2-propyl)ether		µg/l								
Summe Bis(chlorpropyl)ether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethyl)ether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethoxy)methan		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Trichlorierte Ether</b>										
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
Summe trichlorierter Propylether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Tetrachlorierte Ether</b>										
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		µg/l	0,28	2,80	3,68	0,03	<0,02	0,54	0,05	5,70
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		µg/l	0,96	6,20	10,00	0,04	0,03	1,23	0,10	20,00
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		µg/l	0,74	9,40	12,10	0,05	0,04	1,73	0,15	21,00
Summe tetrachlorierter Propylether		µg/l	1,98	18,40	25,78	0,12	0,07	3,50	0,30	46,70

**Tab. A 13: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schmilka 2000)**

Schmilka (Str-km 3,9)

Jahr		2000													
		05.01.	02.02.	01.03.	29.03.	26.04.	24.05.	21.06.	19.07.	15.08.	13.09.	11.10.	08.11.	06.12.	
Entnahmedatum		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entnahmezzeit		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abfluss	m <sup>3</sup> /s	141	771	500	1040	394	185	116	250	120	128	182	150	132	
<b>Dichlorierte Ether</b>															
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l														
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l														
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l														
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l														
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l														
<b>Trichlorierte Ether</b>															
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l														
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l														
Summe trichlorierter Propylether	µg/l														
<b>Tetrachlorierte Ether</b>															
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	links rechts µg/l	0,900 0,300	0,010 0,020	1,300 0,900	0,010 0,010	0,130 0,180	<0,01 <0,01	0,010 0,010	<0,01 0,010	0,050 0,040	0,010 0,010	0,030 0,020	0,020 0,040	0,020 0,040	0,050 0,070
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	links rechts µg/l	3,000 0,900	0,020 0,030	5,500 3,500	0,010 0,020	0,270 0,380	0,010 0,010	0,020 0,020	0,010 0,020	0,210 0,170	0,010 0,010	0,060 0,030	0,080 0,130	0,080 0,100	0,150 0,230
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	links rechts µg/l	3,100 1,000	0,040 0,060	5,100 3,300	0,020 0,030	0,330 0,450	0,010 0,010	0,020 0,020	0,010 0,020	0,210 0,170	0,020 0,020	0,120 0,040	0,100 0,150	0,100 0,150	0,160 0,210
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	4,600	0,090	9,800	0,050	0,870	0,025	0,050	0,038	0,425	0,040	0,150	0,260	0,435	

**Tab. A 14: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Dommitzsch 2000)**

Dommitzsch (Str-km 172,6)

Jahr		2000													
		05.01.	02.02.	01.03.	29.03.	26.04.	24.05.	21.06.	19.07.	15.08.	13.09.	11.10.	08.11.	06.12.	
	Entnahmedatum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entnahmezeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abfluss	142	582	563	1200	464	205	141	164	136	138	195	160	148	
		m <sup>3</sup> /s													
	<b>Dichlorierte Ether</b>														
	1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l													
	Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l													
	Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l													
	Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l													
	Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l													
	<b>Trichlorierte Ether</b>														
	1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l													
	2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l													
	Summe trichlorierter Propylether	µg/l													
	<b>Tetrachlorierte Ether</b>														
	Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	links rechts	0,45 0,30	0,11 0,06	0,02 0,02	0,01 0,27	0,10 0,32	0,01 0,01	0,01 0,01	0,04 0,05	<0,01 <0,01	0,41 0,39	0,01 0,01	0,03 0,05	
	Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	links rechts	0,60 0,45	0,19 0,08	0,02 0,02	0,32 1,00	0,01 0,34	0,01 0,01	0,01 0,02	0,10 0,14	<0,01 <0,01	1,40 1,30	0,01 0,01	0,07 0,11	
	1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	links rechts	1,00 0,80	0,15 0,15	0,04 0,04	0,04 1,00	0,01 1,52	0,01 0,03	0,01 0,01	0,13 0,18	0,01 0,01	1,60 1,50	0,02 0,02	0,08 0,13	
	Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	1,80	0,37	0,08	0,07	1,52	0,03	0,03	0,32	0,02	3,30	0,04	0,24	

**Tab. A 15: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 1993-1995)**

**Magdeburg** (Str-km 318,1)

Jahr		1993					1995					
		04.05.	01.02. 07:35	29.03. 07:40	10.05. 07:35	19.07. 07:10	13.09. 07:55	08.11. 07:50				
<b>Entnahmedatum</b>												
<b>Entnahmezeit</b>												
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s		1630	676	649	394	621	498				
<b>Dichlorierte Ether</b>												
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l											
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l											
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l		0,07	0,11	0,12	0,27	0,10	0,18				
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l		<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,01	0,01				
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l		1,85	3,58	1,56	0,98	0,27	0,42				
<b>Trichlorierte Ether</b>												
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l											
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l											
Summe trichlorierter Propylether	µg/l		<0,1	<0,1	<0,1							
<b>Tetrachlorierte Ether</b>												
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l		0,14	<0,02	0,04	0,03	0,45	0,19				
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l		0,41	0,03	0,03	0,02	0,99	0,16				
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l		0,53	0,03	0,10	0,09	2,30	0,70				
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l		1,07	0,07	0,18	0,14	3,74	1,05				

**Tab. A 16: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 1996-1997)**

Magdeburg (Str-km 318,1)

Jahr		1996				1997			
		31.01. 08:30	22.05.	17.07.	06.11.	05.02.	28.05.	23.07.	12.11. 09:25
	m <sup>3</sup> /s	348	1390	1200	583	363	1090	254	
<b>Entnahmedatum</b> Entnahmezeit									
<b>Abfluss</b>									
<b>Dichlorierte Ether</b>									
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l	0,040	0,031	0,020	<0,005				
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l	0,130	0,130	0,050	<0,005		0,06	n.n.	
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l					n.n.	n.n.	n.n.	
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l					n.n.	n.n.	0,03	
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l					0,84	0,13	0,02	
<b>Trichlorierte Ether</b>									
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l	0,050	0,007	0,011	<0,005				
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l	0,040	0,002	0,006	<0,005				
Summe trichlorierter Propylether	µg/l					n.n.	n.n.	n.n.	
<b>Tetrachlorierte Ether</b>									
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,035	0,008	0,020	0,450	0,18	0,41	0,08	
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,085	0,014	0,020	0,970	0,13	0,62	0,16	
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,130	0,016	0,050	1,900	0,74	1,73	0,35	
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	0,250	0,038	0,090	3,320	1,05	2,76	0,59	

**Tab. A 17: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 1998-1999)**

Magdeburg (Str-km 318,1)

Jahr		1998				1999			
		04.02.	27.05.	22.07.	11.11.	03.02.	26.05.	21.07.	11.11.
Entnahmedatum		-	-	-	09:25	08:15	-	09:00	-
Entnahmezeit					1850	680		432	257
Abfluss	m <sup>3</sup> /s	333	252	261	1850	680	378	432	257
<b>Dichlorierte Ether</b>									
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l								
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l								
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l	n.n.	-						
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,09	-
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l	0,12	0,06	0,03	<0,02	n.n.	0,05	0,10	-
<b>Trichlorierte Ether</b>									
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l								
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l								
Summe trichlorierter Propylether	µg/l	n.n.	-						
<b>Tetrachlorierte Ether</b>									
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,17	1,20	1,42	0,10	0,03	0,84	0,20	-
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,48	2,10	2,37	0,22	0,04	1,40	0,14	-
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,47	3,90	3,87	0,24	0,05	2,87	0,55	-
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	1,12	7,20	7,66	0,56	0,12	5,11	0,89	-

**Tab. A 18: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Magdeburg 2000)**

Magdeburg (Str-km 318,1)

Jahr		2000													
		04.01.	02.02.	01.03.	29.03.	26.04.	24.05.	21.06.	19.07.	15.08.	13.09.	11.10.	08.11.	06.12.	
Entnahmedatum		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entnahmezzeit		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abfluss	m <sup>3</sup> /s	335	712	1040	1570	682	339	259	256	230	245	283	255	240	
<b>Dichlorierte Ether</b>															
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l														
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l														
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l														
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l														
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l														
<b>Trichlorierte Ether</b>															
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l														
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l														
Summe trichlorierter Propylether	µg/l														
<b>Tetrachlorierte Ether</b>															
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	links rechts µg/l	0,040 0,023	0,078 0,048	0,005 0,004	- -	0,004 -	0,002 0,002	0,009 0,008	0,002 0,003	0,012 0,009	0,017 0,010	0,083 0,130	0,006 0,009	0,004 0,005	
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	links rechts µg/l	0,066 0,034	0,150 0,099	0,013 0,010	- -	0,005 -	0,002 0,002	0,004 0,003	0,002 0,003	0,012 0,009	0,009 0,005	0,130 0,190	0,006 0,008	0,007 0,010	
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	links rechts µg/l	0,120 0,056	0,240 0,160	0,018 0,015	- -	0,010 -	0,005 0,004	0,021 0,016	0,003 0,004	0,031 0,024	0,039 0,019	0,280 0,440	0,013 0,022	0,012 0,016	
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	0,170	0,388	0,033	-	0,019	0,009	0,031	0,008	0,049	0,050	0,627	0,032	0,027	

Tab. A 19: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 1993-1995)

Schnackenburg (Str-km 474,5)

Jahr		1993					1995					
		04.05.	29.03.	10.05.	19.07.	13.09.	01.02.	29.03.	10.05.	19.07.	13.09.	08.11.
Entnahmedatum		-	-	09:00	07:50	07:30	10:20	-	09:00	07:50	07:30	08.11.
Entnahmezeit		-	-				10:20	-				10:00
Abfluss	m <sup>3</sup> /s	-	-	884	514	816	1488	-	884	514	816	510
<b>Dichlorierte Ether</b>												
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l											
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l											
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l			0,10	0,18	0,06	0,05		0,10	0,06		0,10
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l			<0,01	0,10	0,01	<0,01		<0,01	0,01		0,02
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l			0,40	0,27	0,11	1,20		0,40	0,11		0,11
<b>Trichlorierte Ether</b>												
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l											
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l											
Summe trichlorierter Propylether	µg/l			<0,1			<0,1		<0,1			
<b>Tetrachlorierte Ether</b>												
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,49	-	0,08	0,02	0,16	0,17	-	0,08	0,02	0,16	0,19
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	1,08	-	0,06	<0,02	0,17	0,41	-	0,06	<0,02	0,17	0,18
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	1,95	-	0,17	0,06	0,75	0,61	-	0,17	0,06	0,75	0,82
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	3,52	-	0,30	0,09	1,08	1,19	-	0,30	0,09	1,08	1,19

Tab. A 20: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 1996-1997)

Schnackenburg (Str-km 474,5)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss m <sup>3</sup> /s	1996				1997			
			31.01. 09:50	22.05. -	17.07. 08:00	06.11. -	05.02. 11:20	27.05. 07:50	23.07. -	12.11. 08:20
			527	1200	1150	721	515	517	794	320
<b>Dichlorierte Ether</b>										
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l		0,030	0,060	0,011	<0,005				
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l		0,130	0,080	0,020	<0,005				
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l						n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l						n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l						0,57	0,12	0,02	0,05
<b>Trichlorierte Ether</b>										
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l		0,014	0,015	<0,001	<0,005				
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l		0,013	0,006	<0,001	<0,005				
Summe trichlorierter Propylether	µg/l						n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Tetrachlorierte Ether</b>										
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l		0,135	0,090	0,060	0,440	0,25	0,31	0,73	0,59
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l		0,185	0,120	0,025	0,860	0,20	0,37	1,09	1,32
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l		0,490	0,260	0,200	1,800	0,84	1,35	2,78	2,55
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l		0,810	0,470	0,285	3,100	1,29	2,03	4,60	4,46

**Tab. A 21: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 1998-1999)**

**Schnackenburg** (Str-km 474,5)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss m <sup>3</sup> /s	1998			1999				
			04.02. 11:40	27.05. 09:20	22.07. 09:20	11.11. 11:30	03.02. 09:40	26.05. 09:00	21.07. 08:20	10.11. 10:00
			493	294	339	2360	917	448	561	292
<b>Dichlorierte Ether</b>										
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l									
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l									
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,02	0,02
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l	<0,02	0,04	0,02	n.n.	n.n.	n.n.	0,03	<0,02	0,02
<b>Trichlorierte Ether</b>										
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l									
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l									
Summe trichlorierter Propylether	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Tetrachlorierte Ether</b>										
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	1,63	1,30	1,58	0,04	0,04	0,53	0,20	0,71	
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	4,72	2,00	2,52	0,06	0,14	0,52	0,13	1,70	
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	4,36	4,30	4,39	0,08	0,18	1,52	0,58	2,20	
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	10,71	7,60	8,49	0,18	0,36	2,57	0,91	4,61	

Tab. A 22: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Schnackenburg 2000)

Schnackenburg (Str-km 47,4,5)

Jahr		2000												
		06.01.	02.02.	01.03.	29.03.	26.04.	24.05.	21.06.	21.07.	16.08.	13.09.	12.10.	09.11.	06.12.
Entnahmedatum		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entnahmezzeit														
Abfluss	m <sup>3</sup> /s	463	558	1180	1980	924	423	304	284	278	339	340	317	327
<b>Dichlorierte Ether</b>														
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l													
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l													
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l													
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l	0,03	<0,02	<0,02	0,03	0,03	<0,02	0,03	0,02	0,04	0,07	0,07	<0,02	<0,02
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l	0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,03	0,11	<0,02	0,03	0,03	0,02	0,06
<b>Trichlorierte Ether</b>														
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l													
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l													
Summe trichlorierter Propylether	µg/l													
<b>Tetrachlorierte Ether</b>														
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,087	0,120	0,037	<0,02	<0,02	<0,02	0,030	<0,02	<0,02	0,310	0,400	0,050	0,024
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,150	0,210	0,062	<0,02	<0,02	<0,02	0,045	0,022	<0,02	0,190	0,440	0,043	0,023
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,290	0,430	0,100	0,036	0,029	0,041	0,087	0,033	<0,02	0,730	1,300	0,200	0,097
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	0,527	0,760	0,199	0,056	0,049	0,061	0,162	0,065	<BG	1,230	2,140	0,293	0,144

Tab. A 23: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Zollenspieker 1995)

Zollenspieker (Str-km 598,7)

Jahr		1995						
		31.01. 12:05	28.03. 10:50	10.05. 08:20	17.07. 16:20	11.09. 14:00	06.11. 10:50	
<b>Entnahmedatum</b>								
<b>Entnahmezeit</b>								
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s	1396	880	884	531	987	429	
<b>Dichlorierte Ether</b>								
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l							
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l							
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l	0,06	0,06	0,19	0,14	0,06	0,19	
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l	1,12	1,67	0,14	0,37	0,12	0,18	
<b>Trichlorierte Ether</b>								
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l							
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l							
Summe trichlorierter Propylether	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1				
<b>Tetrachlorierte Ether</b>								
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,27	0,03	0,04	0,03	0,25	0,19	
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,79	0,04	0,02	<0,02	0,38	0,21	
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	1,10	0,07	0,06	0,13	1,11	0,83	
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	2,16	0,14	0,12	0,17	1,74	1,23	

**Tab. A 24: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Zollenspieker 2000)**

Zollenspieker (Str-km 598,7)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezzeit	Abfluss	2000												
			05.01.	02.02.	28.02.	27.03.	25.04.	22.05.	19.06.	17.07.	15.08.	11.09.	09.10.	08.11.	04.12.
		m <sup>3</sup> /s	516	566	1030	2560	1000	407	324	303	304	349	322	331	346
<b>Dichlorierte Ether</b>		µg/l													
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether		µg/l													
Bis(1-chlor-2-propyl)ether		µg/l													
Summe Bis(chlorpropyl)ether		µg/l													
Bis(2-chlorethyl)ether		µg/l	0,07	0,03	<0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
Bis(2-chlorethoxy)methan		µg/l	0,06	0,06	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
<b>Trichlorierte Ether</b>		µg/l													
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l													
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l													
Summe trichlorierter Propylether		µg/l													
<b>Tetrachlorierte Ether</b>		µg/l													
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		µg/l	0,350	0,300	0,093	0,026	<0,02	0,037	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,320	0,022	0,023
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		µg/l	0,620	0,670	0,200	0,058	<0,02	0,038	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,150	<0,02	<0,02
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		µg/l	1,200	1,100	0,390	0,120	<0,02	0,120	0,028	0,023	<0,02	<0,02	0,660	0,081	0,085
Summe tetrachlorierter Propylether		µg/l	2,170	2,070	0,683	0,204	<BG	0,195	0,048	0,043	<BG	<BG	1,130	0,113	0,118

Tab. A 25: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Seemannshöft 1993-1995)

Seemannshöft (Str-km 628,8)

Jahr		1995					1993
		31.01. 10:20	28.03. 09:30	10.05. 06:45	17.07. 14:50	11.09. 12:45	
<b>Entnahmedatum</b>		1396	880	884	531	987	429
<b>Entnahmezeit</b>							
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s						
<b>Dichlorierte Ether</b>							
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l						
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l						
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l	0,08	0,06	0,07	0,10	0,07	0,15
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l	0,01	0,02	<0,01	0,01	0,02	0,01
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l	1,74	1,52	0,64	0,51	0,09	0,11
<b>Trichlorierte Ether</b>							
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l						
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l						
Summe trichlorierter Propylether	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
<b>Tetrachlorierte Ether</b>							
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,23	0,06	0,05	0,02	0,12	0,26
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,60	0,12	<0,02	<0,02	0,13	0,23
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,88	0,19	0,03	0,08	0,57	1,00
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	1,70	0,36	0,10	0,11	0,82	1,49



Tab. A 27: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Seemannshöft 1998-1999)

Seemannshöft (Str-km 628,8)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss	1998				1999			
			02.02. 13:40	27.05. 07:20	22.07. 08:15	09.11. 08:25	02.02. 11:00	27.05. 09:10	19.07. 14:55	09.11. 14:17
		m <sup>3</sup> /s	549	313	356	1880	887	481	499	321
<b>Dichlorierte Ether</b>		µg/l								
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether		µg/l								
Bis(1-chlor-2-propyl)ether		µg/l	n.n.							
Summe Bis(chlorpropyl)ether		µg/l	n.n.	0,02						
Bis(2-chlorethyl)ether		µg/l	0,02	0,03	0,02	n.n.	n.n.	0,02	n.n.	<0,02
Bis(2-chlorethoxy)methan		µg/l								
<b>Trichlorierte Ether</b>		µg/l								
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
Summe trichlorierter Propylether		µg/l	n.n.							
<b>Tetrachlorierte Ether</b>		µg/l								
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		µg/l	1,02	1,60	1,51	0,03	0,29	0,75	0,17	0,57
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		µg/l	2,07	2,40	2,75	0,04	0,31	1,10	0,09	0,91
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		µg/l	2,47	4,40	3,95	0,06	0,64	2,21	0,40	1,60
Summe tetrachlorierter Propylether		µg/l	5,56	8,40	8,21	0,13	1,24	4,06	0,66	3,08



**Tab. A 29: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Grauerort 1993-1995)**

**Grauerort** (Str-km 660,5)

Jahr		1995					
		01.02. 07:40	30.03. 07:30	08.05. -	17.07. 10:40	11.09. 08:50	07.11. 06:10
<b>Entnahmedatum</b>		26.05.					
<b>Entnahmezeit</b>		-					
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s	-	924	-	531	987	455
<b>Dichlorierte Ether</b>							
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l						
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l						
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l		0,09	-	0,38	0,15	0,45
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l		<0,01	-	<0,01	0,01	0,01
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l		1,23	-	0,54	0,11	0,10
<b>Trichlorierte Ether</b>							
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l						
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l						
Summe trichlorierter Propylether	µg/l		<0,1	-			
<b>Tetrachlorierte Ether</b>							
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,68	0,12	-	0,03	0,02	0,24
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,82	0,28	-	<0,02	<0,02	0,19
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	2,05	0,46	-	0,12	0,03	0,91
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	3,55	0,86	-	0,16	0,07	1,34



**Tab. A 31: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Grauerort 1998-1999)**

**Grauerort** (Str-km 660,5)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss	1998				1999			
			02.02. 10:25	05.06. 10:30	22.07. 05:20	09.11. 04:55	02.02. 08:10	27.05. 05:55	19.07. 11:51	09.11. 07:21
		m <sup>3</sup> /s	549	332	356	1880	887	481	499	321
<b>Dichlorierte Ether</b>		µg/l								
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether		µg/l								
Bis(1-chlor-2-propyl)ether		µg/l	n.n.							
Summe Bis(chlorpropyl)ether		µg/l	n.n.							
Bis(2-chlorethyl)ether		µg/l	n.n.							
Bis(2-chlorethoxy)methan		µg/l	0,05	0,02	<0,02	n.n.	<0,02	<0,02	n.n.	<0,02
<b>Trichlorierte Ether</b>		µg/l								
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
Summe trichlorierter Propylether		µg/l	0,03	0,08	0,06	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,03
<b>Tetrachlorierte Ether</b>		µg/l								
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		µg/l	1,02	1,10	0,87	0,03	0,05	0,46	0,30	0,37
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		µg/l	2,18	1,10	0,70	0,03	0,09	0,54	0,21	0,39
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		µg/l	2,71	2,60	2,15	0,07	0,16	1,24	0,80	0,88
Summe tetrachlorierter Propylether		µg/l	5,91	4,80	3,72	0,13	0,30	2,24	1,31	1,64





**Tab. A 34: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Elbe (Cuxhaven 1998-1999)**

**Elbemündung/Cuxhaven** (Str-km 725,2)

Jahr	Entnahmedatum Entnahmezeit	Abfluss	1998				1999			
			02.02. 12:55	05.06. 13:05	21.07. 05:10	09.11. 05:00	02.02. 07:30	27.05.	19.07.	09.11.
		m <sup>3</sup> /s	549	332	352	1880	887	499	321	
<b>Dichlorierte Ether</b>		µg/l								
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether		µg/l								
Bis(1-chlor-2-propyl)ether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Summe Bis(chlorpropyl)ether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethyl)ether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethoxy)methan		µg/l	<0,02	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Trichlorierte Ether</b>		µg/l								
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l								
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Summe trichlorierter Propylether		µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>Tetrachlorierte Ether</b>		µg/l								
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		µg/l	0,35	0,14	0,26	0,05	0,12	0,08	0,12	
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		µg/l	0,56	0,04	0,03	0,02	0,21	n.n.	0,25	
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		µg/l	0,95	0,30	0,43	0,10	0,34	0,14	0,16	
Summe tetrachlorierter Propylether		µg/l	1,86	0,48	0,72	0,17	0,67	0,22	0,53	



Tab. A 36: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Saale (1996-1997)

Saale

Jahr	1996				1997			
	31.01. 09:20	22.05.	17.07.	06.11.	05.02.	28.05.	23.07.	12.11.
Entnahmedatum Entnahmezeit		-	-	-	-	-	-	-
Abfluss	67,2	193	190	113	103	84,5	173	51,5
	m <sup>3</sup> /s							
<b>Dichlorierte Ether</b>								
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	0,150	0,160	0,075	0,050				
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	0,590	0,470	0,180	0,160				
Summe Bis(chlorpropyl)ether					n.n.	0,22	0,23	n.n.
Bis(2-chlorethyl)ether					n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2-chlorethoxy)methan					2,06	1,11	0,17	0,09
<b>Trichlorierte Ether</b>								
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	0,150	0,029	0,022	0,030				
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	0,120	0,013	0,004	0,015				
Summe trichlorierter Propylether					n.n.	0,03	0,03	n.n.
<b>Tetrachlorierte Ether</b>								
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	0,010	<0,001	<0,001	<0,005	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	0,011	<0,001	<0,001	<0,005	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	0,027	<0,001	<0,001	<0,005	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Summe tetrachlorierter Propylether	0,048	<BG	<BG	<BG	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Tab. A 38: Konzentrationen chlorierter Ether in Wasserproben der Schwarzen Elster (1993-1995)

Schwarze Elster

Jahr		1995					
		01.02.	05.04.	03.05.	19.07. 08:15	13.09. 07:50	08.11. 08:10
Entnahmedatum		03.05.					
Entnahmezeit		-	-	-	08:15	07:50	08:10
Abfluss	m <sup>3</sup> /s	-	-	-	16,8	21,7	39,9
<b>Dichlorierte Ether</b>							
1-Chlor-2-propyl-2-chlor-1-propylether	µg/l						
Bis(1-chlor-2-propyl)ether	µg/l						
Summe Bis(chlorpropyl)ether	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Bis(2-chlorethyl)ether	µg/l	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bis(2-chlorethoxy)methan	µg/l	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Trichlorierte Ether</b>							
1,3-Dichlor-2-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l						
2,3-Dichlor-1-propyl-1-chlor-2-propylether	µg/l						
Summe trichlorierter Propylether	µg/l	-	-	-			
<b>Tetrachlorierte Ether</b>							
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Summe tetrachlorierter Propylether	µg/l	-	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG

Tab. A 39: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wochenmischproben der Messstation Schmilka (1998)

Schmilka, Messstation (Str-km 4,1)

Jahr	1998																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Woche																		
Abfluss	243	255	288	270	204	183	208	250	219	254	347	389	342	294	250	252	209	185
Tetrachlorierte Ether																		
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	1,10	1,10	1,30	1,20	0,60	1,40	1,70	1,30	1,50	1,10	1,30	0,80	0,07	0,04	0,74	1,20	1,20	1,70
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	3,40	3,70	4,50	3,90	1,90	5,70	6,10	4,20	5,90	4,00	4,60	2,30	0,16	0,10	2,40	3,40	3,50	4,70
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	4,70	4,70	5,30	5,00	2,50	5,60	7,20	5,40	6,50	4,50	5,20	3,30	0,28	0,13	3,20	5,10	4,80	6,80
Summe tetrachlorierter Propyl ether	9,20	9,50	11,10	10,10	5,00	12,70	15,00	10,90	13,90	9,60	11,10	6,40	0,51	0,27	6,34	9,70	9,50	13,20

Jahr	1998																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Woche																		
Abfluss	160	128	124	121	112	138	152	143	144	151	164	200	197	156	119	111	123	134
Tetrachlorierte Ether																		
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	3,50	3,50	3,40	1,60	0,65	2,80	1,50	3,10	2,30	4,90	3,20	3,80	4,80	4,30	6,20	4,70	4,10	4,80
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	12,70	12,50	10,00	4,00	2,20	8,60	4,10	6,80	5,00	12,30	7,60	10,70	14,60	11,80	17,30	13,90	11,40	12,70
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	14,60	15,10	14,80	6,80	2,90	11,80	6,70	9,80	6,10	14,90	9,70	12,40	15,90	13,60	20,50	15,30	13,00	15,30
Summe tetrachlorierter Propyl ether	30,80	31,10	28,20	12,40	5,75	23,20	12,30	19,70	13,40	32,10	20,50	26,90	35,30	29,70	44,00	33,90	28,50	32,80

Jahr	1998																	
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Woche																		
Abfluss	166	461	323	235	235	328	267	665	1240	754	535	411	291	229	479	412	328	328
Tetrachlorierte Ether																		
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	2,70	1,50	0,07	0,11	0,15	0,14	0,30	0,14	0,12	0,13	0,12	0,66	0,30	0,64	0,11	0,11	0,82	0,82
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	6,50	3,80	0,21	0,40	0,35	0,33	0,60	1,30	0,36	0,38	0,34	1,90	0,92	1,90	0,25	0,27	2,50	2,50
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	8,20	4,40	0,21	0,35	0,38	0,38	0,70	0,38	0,36	0,38	0,34	1,80	0,96	1,90	0,33	0,33	2,80	2,80
Summe tetrachlorierter Propyl ether	17,40	9,70	0,49	0,86	0,88	0,85	1,60	1,82	0,84	0,89	0,80	4,36	2,18	4,44	0,69	0,71	6,12	6,12

Tab. A 40: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wochenmischproben der Messstation Schmilka (1999)

Schmilka\_Messstation (Str-km 4,1)

Jahr	1999																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Woche</b>																		
<b>Abfluss</b>	329	429	380	399	477	544	444	662	1230	1210	704	529	541	434	380	334	305	229
<b>Tetrachlorierte Ether</b>																		
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	0,81	0,30	0,50	1,50	0,04	0,42	0,60	0,36	0,28	-	-	-	-	-	-	0,04	0,17	1,70
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	2,10	0,80	0,95	4,50	0,06	0,81	1,30	0,70	0,53	-	-	-	-	-	-	0,10	0,25	4,50
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	2,80	0,95	1,50	5,10	0,07	1,30	2,00	1,20	0,92	-	-	-	-	-	-	0,11	0,30	4,80
<i>Summe tetrachlorierter Propyl ether</i>	5,71	2,05	2,95	11,10	0,17	2,53	3,90	2,26	1,73	-	-	-	-	-	-	0,25	0,72	11,00

Jahr	1999																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
<b>Woche</b>																		
<b>Abfluss</b>	206	195	186	179	196	208	201	173	221	260	168	128	116	121	123	114	129	124
<b>Tetrachlorierte Ether</b>																		
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	1,60	-	2,20	2,50	1,30	1,90	2,30	2,90	0,80	1,10	1,30	2,60	3,80	0,90	3,30	3,50	2,10	0,20
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	3,60	-	4,10	5,80	3,10	4,40	6,80	8,20	1,20	1,90	3,20	6,50	9,90	1,50	5,60	9,20	4,70	0,50
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	4,60	-	6,20	7,40	3,90	5,60	6,70	8,30	1,90	3,30	3,90	7,80	12,00	2,70	9,10	10,00	5,80	0,54
<i>Summe tetrachlorierter Propyl ether</i>	9,80	-	12,50	15,70	8,30	11,90	15,80	19,40	3,90	6,30	8,40	16,90	25,70	5,10	18,00	22,70	12,60	1,24

Jahr	1999																	
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
<b>Woche</b>																		
<b>Abfluss</b>	121	124	130	147	148	131	124	140	140	133	129	125	129	152	127	160		
<b>Tetrachlorierte Ether</b>																		
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	0,07	0,06	0,60	1,00	0,75	-	0,95	0,50	1,40	1,50	1,70	0,60	1,00	0,60	1,00	0,20		
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	0,12	0,10	1,20	2,20	1,80	-	1,90	1,00	2,30	2,50	2,60	0,80	1,80	0,75	1,80	0,32		
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	0,15	0,12	1,50	2,60	2,00	-	2,60	1,50	3,60	4,20	4,20	1,50	2,80	1,50	2,60	0,55		
<i>Summe tetrachlorierter Propyl ether</i>	0,34	0,28	3,30	5,80	4,55	-	5,45	3,00	7,30	8,20	8,50	2,90	5,60	2,85	5,40	1,07		

Tab. A 41: Konzentrationen tetrachlorierter Ether in Wochenmischproben der Messstation Schmilka (2000)

Schmilka\_Messstation (Str-km 4,1)

		2000																	
Jahr		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Woche</b>		142	146	211	177	643	695	519	471	541	895	1270	989	1150	956	583	500	344	254
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s																		
<b>Tetrachlorierte Ether</b>																			
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,02	0,15	0,25	0,31	0,36	0,14	0,18	0,07	0,11	0,31	0,08	0,10	0,02	0,03	0,02	0,05	0,34	0,04
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,05	0,23	0,52	0,44	0,50	0,20	0,44	0,12	0,25	0,39	0,11	0,15	0,05	0,10	0,04	0,15	1,10	0,12
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,14	0,38	0,78	0,89	1,00	0,50	0,61	0,21	0,37	0,66	0,18	0,19	0,60	0,10	0,04	0,15	1,10	0,12
<i>Summe tetrachlorierter Propylether</i>	µg/l	0,21	0,76	1,55	1,64	1,86	0,84	1,23	0,40	0,73	1,36	0,37	0,44	0,67	0,23	0,10	0,35	2,54	0,28

		2000																	
Jahr		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
<b>Woche</b>		196	174	177	175	163	130	118	122	122	146	164	172	181	147	122	128	131	145
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s																		
<b>Tetrachlorierte Ether</b>																			
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	-	0,01	0,04	0,04	0,03	0,04	0,10
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,08	0,04	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,01	0,04	0,18	0,15	0,09	0,08	0,17
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,09	0,04	0,08	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,04	0,18	0,15	0,10	0,14	0,29
<i>Summe tetrachlorierter Propylether</i>	µg/l	0,20	0,09	0,17	0,11	0,11	0,14	0,11	0,14	0,10	0,12	0,07	0,03	0,09	0,40	0,34	0,22	0,26	0,56

		2000																	
Jahr		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
<b>Woche</b>		124	126	131	149	178	202	177	158	152	145	144	158	134	149	151	129		
<b>Abfluss</b>	m <sup>3</sup> /s																		
<b>Tetrachlorierte Ether</b>																			
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	µg/l	0,02	0,08	0,50	0,90	0,33	0,02	0,02	0,04	0,02	0,07	0,07	0,04	0,04	0,03	0,06	0,24		
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	µg/l	0,04	0,18	1,00	3,40	0,90	0,02	0,03	0,07	0,03	0,16	0,19	0,12	0,11	0,09	0,10	0,34		
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether	µg/l	0,05	0,25	1,70	3,60	1,20	0,04	0,05	0,11	0,04	0,24	0,23	0,13	0,12	0,11	0,17	0,64		
<i>Summe tetrachlorierter Propylether</i>	µg/l	0,11	0,51	3,20	7,90	2,43	0,08	0,10	0,22	0,09	0,47	0,49	0,29	0,27	0,23	0,33	1,22		

## **Rohdaten-Tabellen**

**Fischgewebeproben**  
*zu Kapitel 3.4*



**Tab. A 43: Gehalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Elbe-Brassen (Fangort: Moorburg, 1994)**

**Moorburg** (Str-km 618)

Nr.	Probenahmedatum Fangbeginn Fangende Länge [cm] Gewicht [g]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
		13.07. 12:00 13:00	26.04. - -	13.07. 12:00 13:00	13.07. 12:00 13:00	26.04. - -	13.07. 12:00 13:00	13.07. 12:00 13:00								
		37 880	36 960	41 1100	39 970	37 810	41 940	38 800	35 760	37 770	38 810	38 790	37 710	30 560	31 690	34 460
<b>Muskulatur</b>																
Fettgehalt [%]		5,33	3,92	8,94	6,06	2,73	1,31	5,41	3,01	1,77	4,96	2,99	4,70	8,29	9,46	0,77
<b>Gehalte tetrachlorierter Ether [mg/kg Fett]</b>																
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		0,80	0,68	0,61	0,43	0,71	0,31	0,49	0,40	<0,30	0,57	0,13	0,44	0,65	0,44	<0,30
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		1,77	1,44	1,70	1,22	1,72	0,43	1,18	0,51	0,30	1,55	1,28	0,19	1,68	1,93	<0,30
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		0,59	0,39	0,39	0,22	0,31	0,46	0,23	0,35	0,28	0,31	0,31	0,19	0,38	0,32	<0,30
<b>Gehalte tetrachlorierter Ether [mg/kg Frischsubstanz]</b>																
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether		0,04	0,03	0,05	0,03	0,02	0,00	0,03	0,01	<0,004	0,03	0,00	0,02	0,05	0,04	<0,004
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether		0,09	0,06	0,15	0,07	0,05	0,01	0,06	0,02	0,01	0,08	0,04	0,02	0,14	0,18	<0,004
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether		0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	<0,004

**Tab. A 44: Gehalte tetrachlorierter Ether im Muskelgewebe von Elbe-Brassen (Längsprofil Prossen bis Glückstadt, 1994)**

**Sondermessungen der Elbe: Längsprofil Fische**

Fangstelle	Prossen	Meißen	Köden	Wahrenberg	Gorleben	Hohnstorf	Moorburg	Mühlenberger Loch	Fährmannsand	Haseldorfer Binnelbe	Glückstadt
<i>Strom-km</i>	13	83	198	458	492,2	567	618	634	645	655	675
<b>Probenahmedatum</b>	<b>24.03.</b>	<b>09.05.</b>	<b>27.06.</b>	<b>06.07.</b>	<b>11.05.</b>	<b>13.06.</b>	<b>13.07.</b>	<b>02.05.</b>	<b>02.05.</b>	<b>29.04.</b>	<b>29.04.</b>
Fangbeginn	10:05	11:00	09:30	10:00	-	-	12:00	08:52	12:33	12:33	13:05
Fangende	11:45	16:30	14:00	14:30	07:00	-	13:00	09:24	13:06	13:06	13:26
<b>Muskulatur</b>											
Fettgehalt [%]	2,27	2,81	2,65	5,10	2,38	2,83	5,81	4,54	3,17	2,24	2,21
<b>Gehalte tetrachlorierter Ether [mg/kg Fett]</b>											
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	0,47	1,38	1,71	1,29	2,03	0,39	1,22	<0,25	<0,25	<0,25	2,25
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	0,99	4,96	3,45	2,93	0,77	<0,50	2,77	<0,50	<0,50	<0,50	1,06
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	1,18	5,50	11,00	1,46	0,87	<0,50	1,27	<0,50	<0,50	<0,50	1,01
<b>Gehalte tetrachlorierter Ether [mg/kg Frischsubstanz]</b>											
Bis(1,3-dichlor-2-propyl)ether	0,01	0,09	0,05	0,07	0,05	0,01	0,07	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Bis(2,3-dichlor-1-propyl)ether	0,02	0,14	0,09	0,15	0,02	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propyl ether	0,03	0,16	0,29	0,09	0,02	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,02