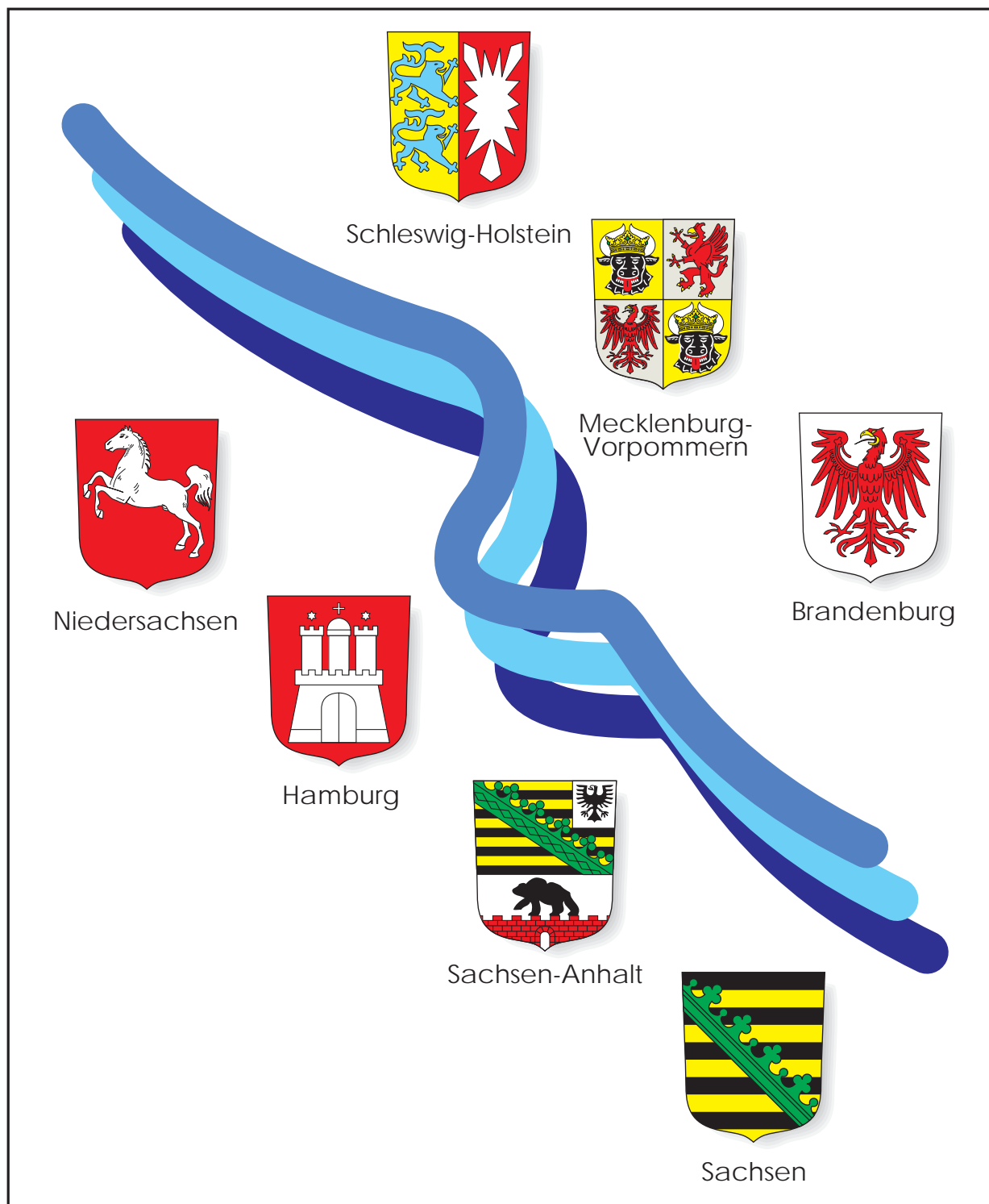


Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



Gewässergütebericht der Elbe

2005

Gewässergütebericht der Elbe

2005

Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt
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 Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
Mercatorstraße 1 - 3
24106 Kiel

Bearbeitet:

Dipl.-Ing. Michael Bergemann
Dipl.-Biol. Thomas Gaumert
Wassergütestelle Elbe
Neßdeich 120-121
21129 Hamburg

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	1
2.	Die Wasserführung der Elbe	1
3.	Der Sauerstoffhaushalt der Elbe	2
3.1	Zeitreihen an den automatischen Messstationen	2
3.2	Hubschrauber-Längsprofil von der Mündung bis zur Quelle	4
4.	Nährstoffe	7
4.1	Zeitreihen der Nährstoffgehalte	7
4.2	Hubschrauber-Längsprofil von der Mündung bis zur Quelle	11
5.	Schwermetalle	13
6.	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	22
7.	Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)	31
8.	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	31
9.	Organozinnverbindungen	36
10.	Chlorierte Ether in der Elbe, Mulde und Saale	36
10.1	Einleitung	36
10.2	Probennahme und Analyse	39
10.3	Ergebnisse	39
10.4	Schlussfolgerungen	49
11.	Schadstoffbelastung in Aalen aus der Elbe bei Schmilka und bei Gorleben	49
11.1	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen an Aalen vom Fangplatz Schmilka	50
11.2	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen an Aalen vom Fangplatz Gorleben	54
11.3	Fazit	57
12.	Cyanid-Unfall in Kolín im Januar 2006	57
12.1	Erläuterungen zu Cyaniden	57
12.2	Chronologie der Ereignisse	58
12.3	Ergebnisse der Messungen	59
13.	Vergleich der Jahresfrachten der Elbe 1986 und 2005	62
14.	Literatur	62

1. Zusammenfassung

Der vorliegende Gewässergütebericht, der gleichzeitig auch nationaler Beitrag für den zwischen Deutschland und Tschechien im Rahmen der IKSE vereinbarten Gewässergütebericht ist, beschreibt und bewertet die Ergebnisse ausgewählter Messgrößen, die im Rahmen des ARGE-ELBE-Messprogramms im Jahr 2005 im deutschen Abschnitt des Elbestromes und in Unterläufen bedeutender Nebenflüsse erhoben wurden. Durch den Vergleich der aktuellen Werte mit Befunden aus zurückliegenden Jahren erfolgt eine Trendbetrachtung für die bedeutendsten Last- und Schadstoffe an den einzelnen Untersuchungsstellen. Zusätzlich werden die beiden Hubschrauber-Längsprofilbefliegungen von der Quelle bis zur Mündung angesprochen, die als gemeinsamer Bestandteil des IKSE-Messprogramms zweimal im Jahr wichtige Erkenntnisse zum Gradientenverlauf der einzelnen Messgrößen im Gesamt-

strom unter der Berücksichtigung der Einmischung der verschiedenen Nebenflüsse und auch der Nordsee liefern. Darüberhinaus enthält der Bericht drei Sonderkapitel, die sich mit den Themen „Chlorierte Ether in der Elbe, Mulde und Saale“, „Schadstoffbelastung in Aalen aus der Elbe bei Schmilka und bei Gorleben“ und „Cyanid-Unfall in Kolín im Januar 2006“ befassen. Abschließend erfolgt ein Vergleich der Jahresfrachten für die Jahre 1986 und 2005 mit Angaben zu den prozentualen Veränderungen.

Zukünftig wird sich das nationale und internationale Überwachungsprogramm mehr und mehr an den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie ausrichten. Ab 2007 wird die sog. „Überblicksweise und Operative Überwachung“ wesentlicher Bestandteil entsprechender Aktivitäten sein, die sich dann auf das Gesamteinzugsgebiet der Elbe erstrecken.

2. Die Wasserführung der Elbe

Im Jahr 2005 hatte die Elbe eine durchschnittliche Wasserführung (Abb. 1). Der mittlere

Abfluss der Elbe lag dicht am langjährigen Mittelwert (Tab. 1). Das ausgeprägte Frühjahrs-

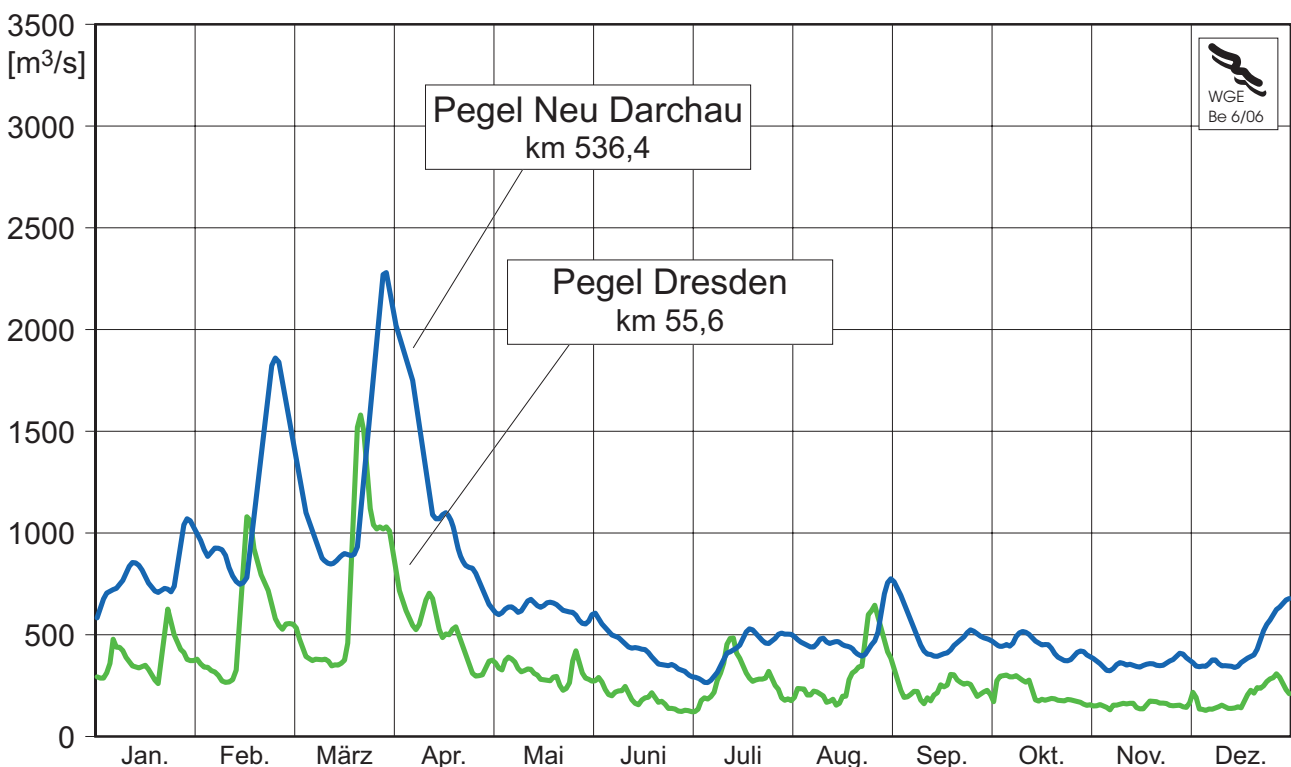


Abb. 1 Abfluss der Elbe an den Pegeln Dresden und Neu Darchau - 2005

hochwasser hatte eine übliche Höhe. Im Sommer fielen im Elbeeinzugsgebiet bei durchschnittlichen Temperaturen normale Nieder-

schlagsmengen und führten zu den für die Sommermonate typischen niedrigen Abflüsse.

Tab.1 Abfluss der Elbe - Hauptwerte

Pegel	Dresden	Neu Darchau
MQ 2005 [m ³ /s]	338	670
MQ langjährig [m ³ /s]	326 (1931 - 2003)	708 (1926 - 2001)
HQ 2005 [m ³ /s]	1 600	2 300
MHQ langjährig [m ³ /s]	1 490 (1931 - 2003)	1 890 (1926 - 2001)
NQ 2005 [m ³ /s]	122	265
MNQ langjährig [m ³ /s]	109 (1931 - 2003)	276 (1926 - 2001)

3. Der Sauerstoffhaushalt der Elbe

3.1 Zeitreihen an den automatischen Messstationen

Im Jahr 2005 konnte die Datenübertragung der automatischen Messstation Magdeburg wieder in Betrieb genommen werden, nachdem ab April 2001 aus technischen Gründen die Übertragung der Werte aus der Station an den Zentralcomputer nicht mehr möglich war. Damit stehen 2005 auch an dieser Stelle wieder kontinuierlich gemessene elektrochemische Werte zur Verfügung.

Die Sauerstoffwerte der automatischen Messstationen zeigten im Sommer 2005, wie in den Vorjahren, einen sehr ausgeprägten Tagesgang. Im Mittel der Monate Juni, Juli und August 2005 betrug die Differenz zwischen dem Maximum und dem Minimum des Sauerstoffgehaltes an den Messstationen

	mg/l O ₂
Schmilka, Elbe	1,9
Zehren, Elbe	2,4
Dommitzsch, Elbe	2,3
Magdeburg, Elbe	2,7
Cumlosen, Elbe	3,0
Schnackenburg, Elbe	3,2
Bunthaus, Elbe	2,3
Seemannshöft, Elbe	1,5
Grauerort, Elbe	1,8
Dessau, Mulde	1,5
Rosenburg, Saale	1,6

Der sommerliche Chlorophyllgehalt und die daraus resultierende Sauerstoffproduktion (tagsüber) nimmt auf der Strecke von Schmilka bis Schnackenburg (Abb. 2 bis 4) stetig zu. Bei Schnackenburg betrug 2005 das Maximum des Sauerstoffgehaltes 20,1 mg/l O₂ und des Chlorophyllgehaltes 310 µg/l. Mehrfach lag der Sauerstoffsättigungsindex über 200 %. Hohe Algendichten führen beim Absterben zu einer erhöhten Sekundärverschmutzung mit entsprechender Sauerstoffzehrung. Die Ganglinien des Chlorophyll-a und der Zehrung₂₁ bei Schnackenburg (Abb. 3) zeigen diesen Zusammenhang sehr deutlich. Die Primärverschmutzung durch sauerstoffzehrende Stoffe aus Einleitungen und anderen Einträgen ist demgegenüber verhältnismäßig gering. Mit zunehmender Laufzeit nimmt die Sekundärverschmutzung in der Mittleren Elbe zu (Vergleich Schmilka und Schnackenburg). Bei Höchsttemperaturen im Wasser von bis zu 25 °C und entsprechend beschleunigten Stoffwechselfvorgängen wurden 2005 in der Oberen und Mittleren Elbe trotzdem keine für die Fische kritischen Sauerstoffwerte beobachtet.

In der Tideelbe unterhalb des Hamburger Hafens ist der atmosphärische und biogene Sauerstoffeintrag in das Gewässer während des Sommers zum Teil unzureichend, weil hier die spe-

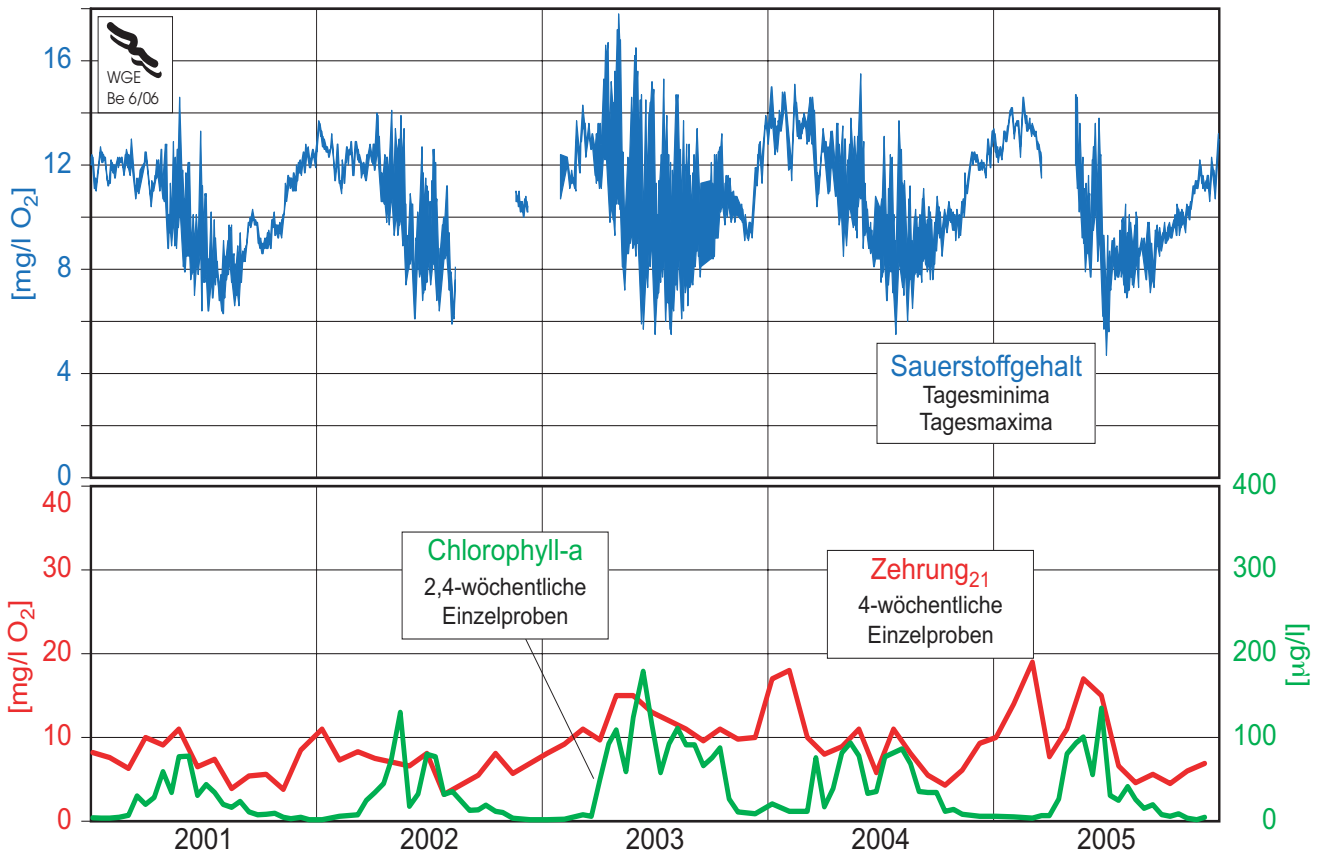


Abb. 2 Sauerstoff-, Zehrung₂₁- und Chlorophyll-a-Gehalte der Elbe 2001 - 2005 an der Messstation **Schmilka** (rechtes Ufer)

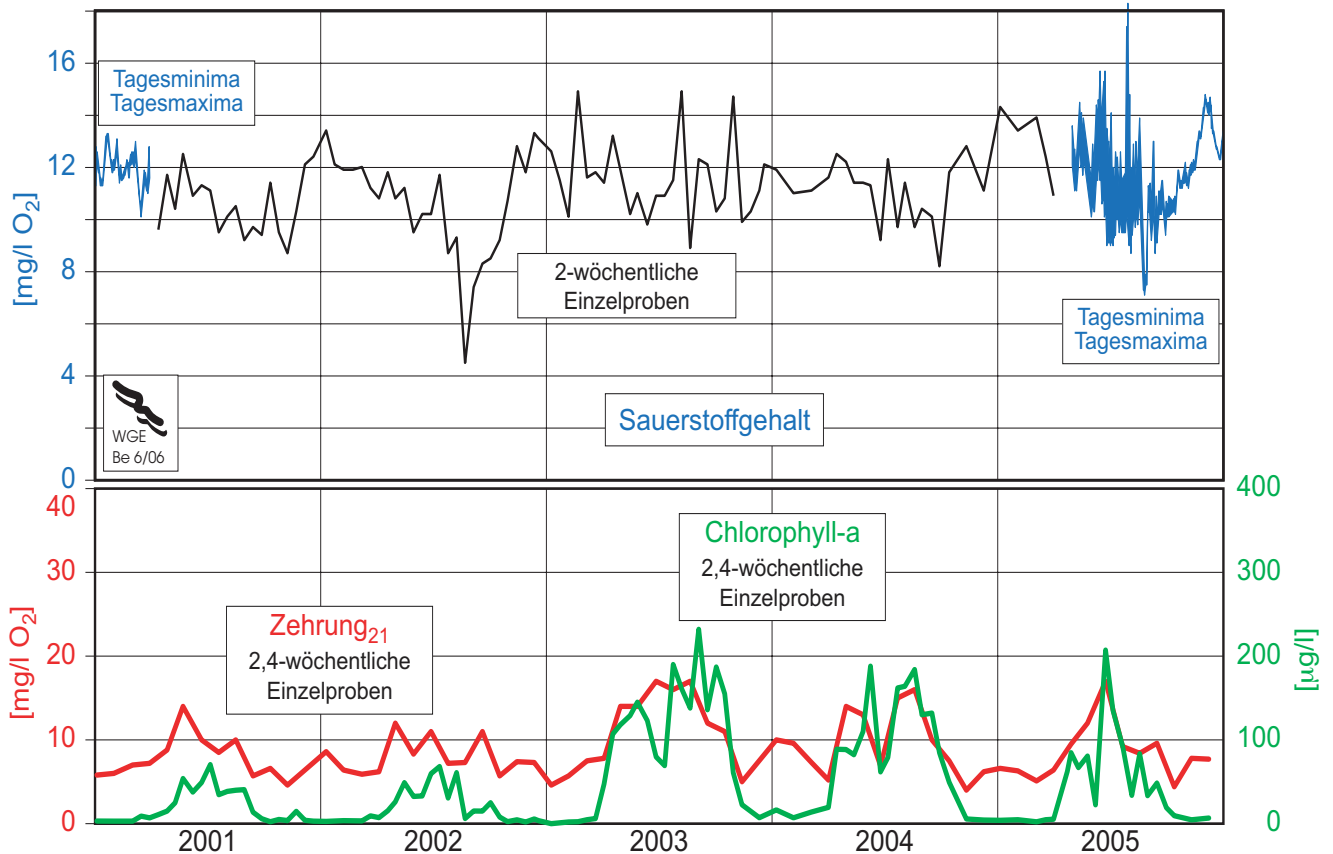


Abb. 3 Sauerstoff-, Zehrung₂₁- und Chlorophyll-a-Gehalte der Elbe 2001 - 2005 an der Messstation **Magdeburg** (linkes Ufer)

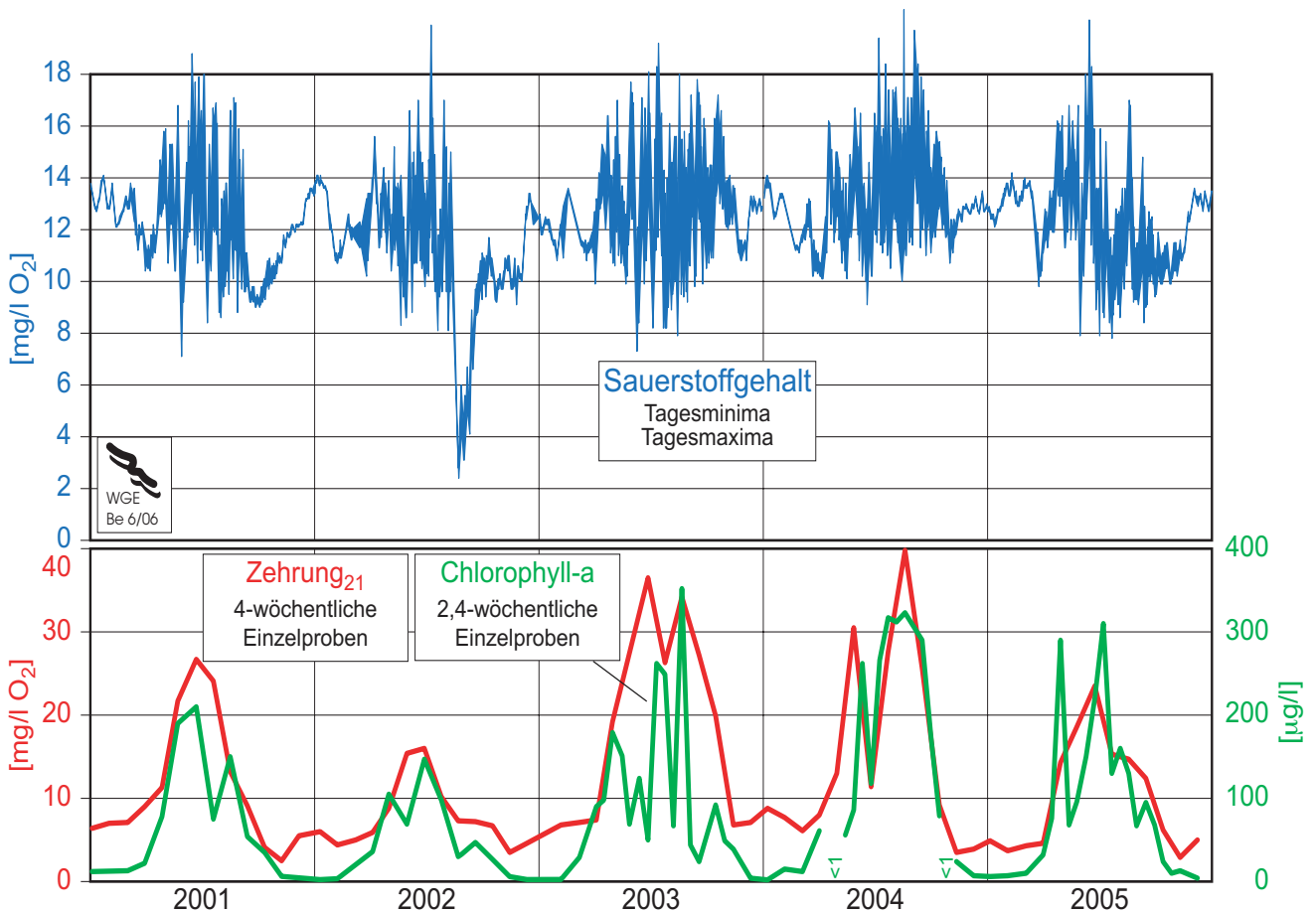


Abb. 4 Sauerstoff-, Zehrung₂₁- und Chlorophyll-a-Gehalte der Elbe 2001 - 2005 an der Messstation **Schnackenburg**

zifische Wasseroberfläche und damit der physikalische Sauerstoffeintrag kleiner ist und der biogene Sauerstoffeintrag wegen der schlechteren Lebensbedingungen für Algen ebenfalls abnimmt. Daneben wirkt sich der langsamere Nettotransport in Richtung Mündung wegen der großen Fluss-Querschnitte auf den Sauerstoffgehalt aus (Abb. 5). Ein großer Teil der Selbstreinigungsvorgänge findet auf einer vergleichsweise kurzen Strecke statt. Die Sauerstoffzehrung ist im Sommer im Bereich des Hamburger Hafenausganges (Strom-km 626) bis ungefähr Lühesand (Strom-km 648) größer als der Sauerstoffeintrag, mit der Folge, dass der Sauerstoffgehalt zeitweise unter den für das Überleben der Fische erforderlichen Mindest-

sauerstoffgehalt von 3 mg/l O₂ absinken kann. Ende Juni 2005, bei Sauerstoffwerten unter 2 mg/l O₂, wurden zwischen der neuen Hafencity und Blankenese tote Jungstint beobachtet. Jungfische reagieren besonders empfindlich auf Sauerstoffmangel.

Bis etwa Lühesand sind die sauerstoffzehrenden Substanzen größtenteils abgebaut. Es überwiegt ab Lühesand wieder der Sauerstoffeintrag, der in der Unterelbe zum größeren Teil physikalisch und zum kleineren Teil biogen erfolgt. Folglich steigt der Sauerstoffgehalt wieder an (Abb. 6). Bis zur Elbemündung (Strom-km 727) werden in der Regel keine kritischen Sauerstoffwerte beobachtet.

3.2 Hubschrauber-Längsprofil von der Mündung bis zur Quelle

Neben den 4 Hubschrauber-Längsprofilen in der Tideelbe werden jedes Jahr im Mai und August zwei große Längsprofile von der Mündung bis zur Quelle gemessen.

In Abb. 7 sind von dem Elbe-Längsprofil vom Mai 2005 die Ganglinien des Sauerstoff-, des Zehrung₂₁- und des Chlorophyll-a-Gehaltes für die gesamte Elbe dargestellt. Zusätzlich sind

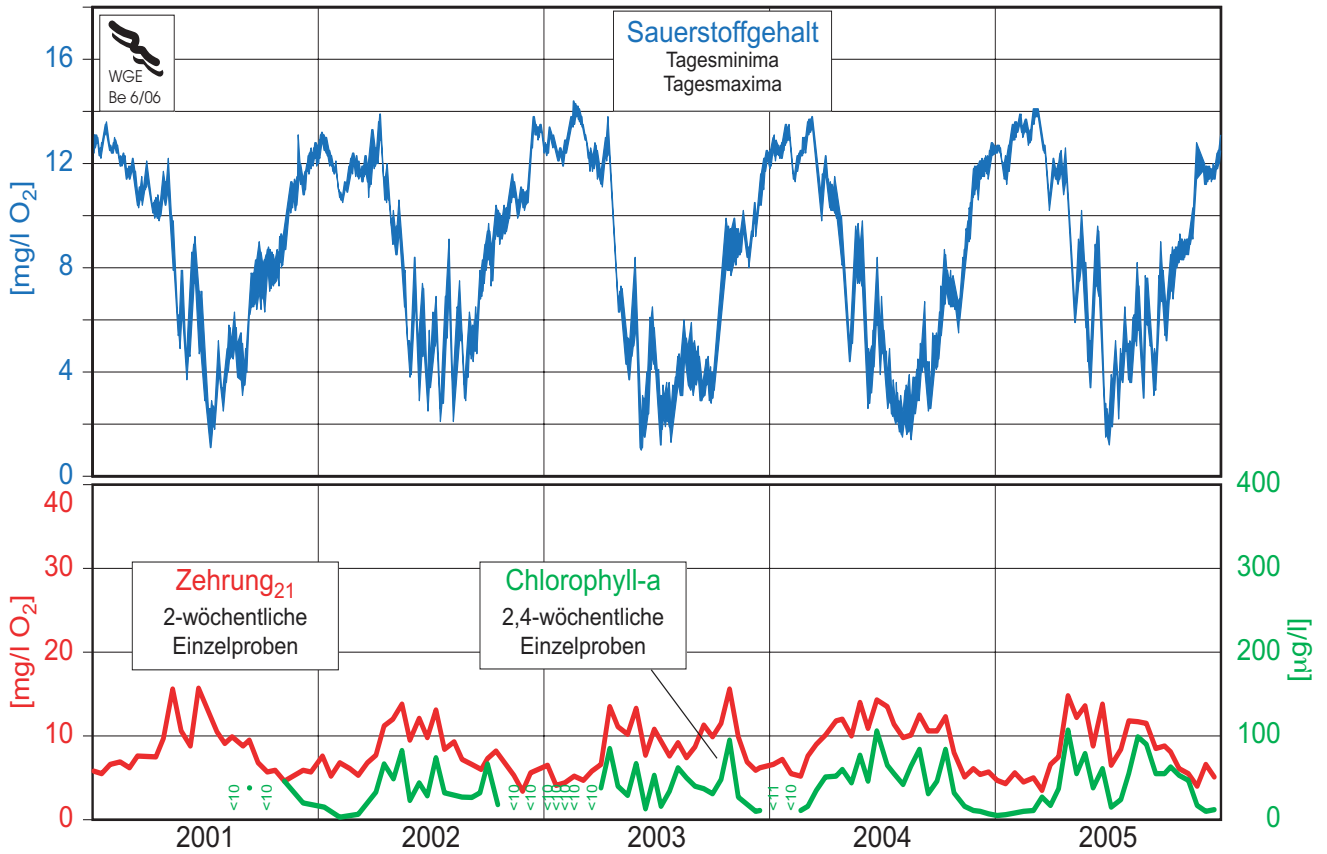


Abb. 5 Sauerstoff-, Zehrung₂₁- und Chlorophyll-a-Gehalte der Elbe 2001 - 2005 an der Messstation Seemannshöft

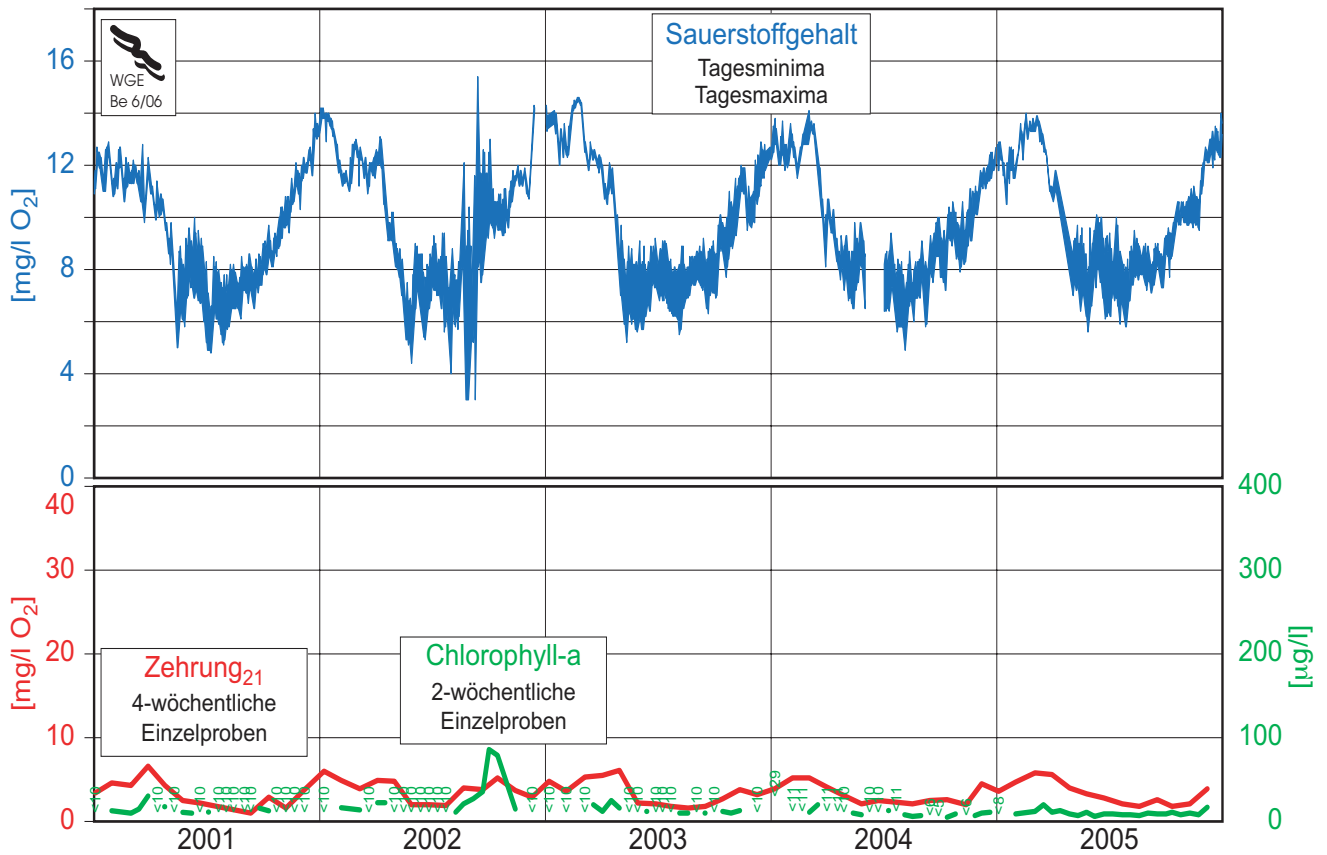


Abb. 6 Sauerstoff-, Zehrung₂₁- und Chlorophyll-a-Gehalte der Elbe 2001 - 2005 an der Messstation Grauerort

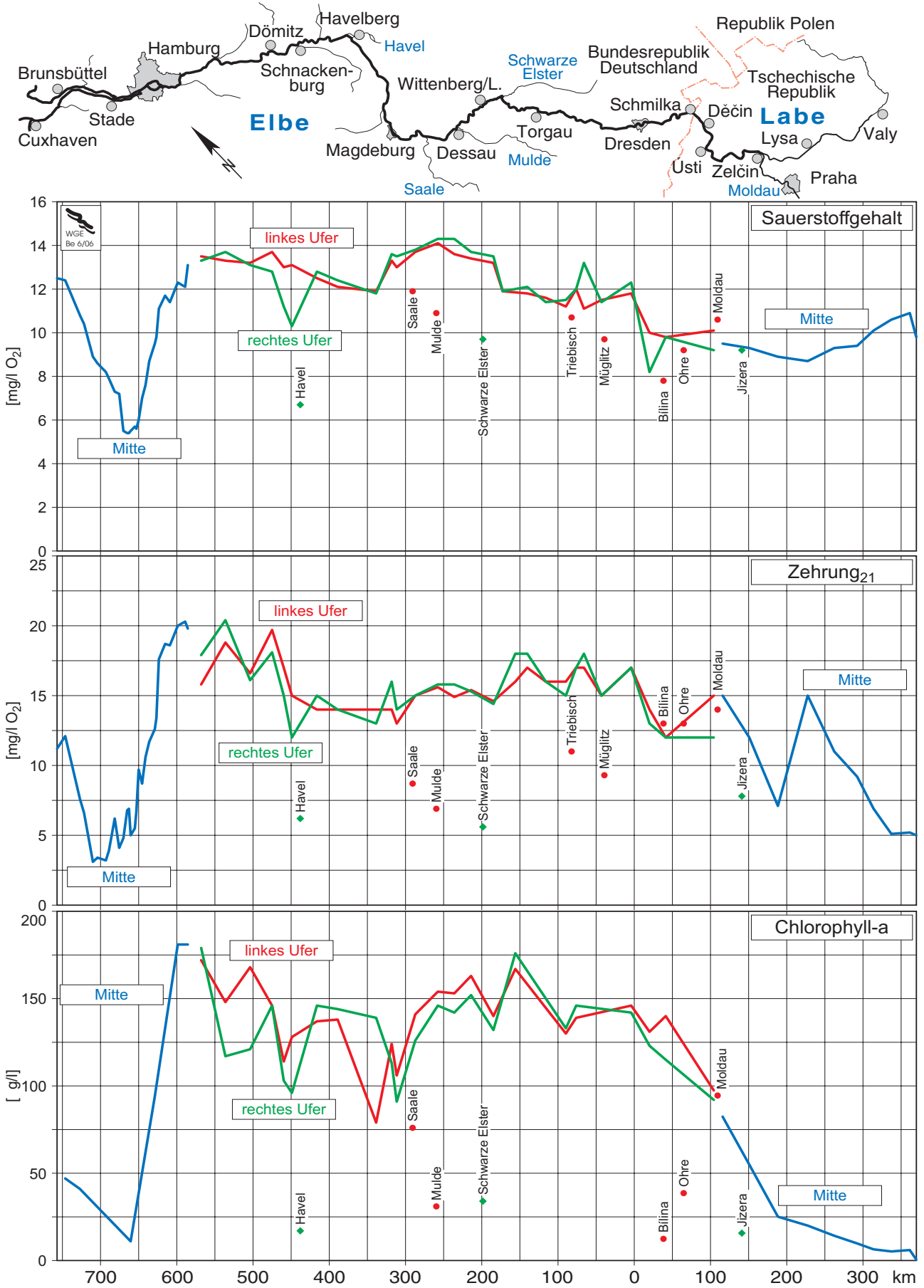


Abb. 7 Sauerstoff-, Zehrun₂₁-, Chlorophyll-a - Längsprofil der Elbe 23. - 25. Mai 2005

Messwerte aus dem Mündungsbereich der Nebenflüsse aufgetragen, die im Rahmen des Längsprofils beprobt wurden. Mit dem deutlichen Anwachsen der Phytoplankton-Population in Sachsen, erkennbar an dem Anstieg der Chlorophyll-a-Gehalte, nehmen auch die Sauerstoffgehalte zu. Die Algen produzieren dabei soviel Sauerstoff, dass der Sauerstoffsättigungsindex in der Mittleren Elbe bis auf 150% anwächst. Die Zehrung₂₁-Gehalte zeigen einen ähnlichen Konzentrationsverlauf wie die Chlorophyll-a-Werte, weil der überwiegende Teil der Zehrung auf die Sekundärverschmutzung zurückzuführen ist. Einen sichtbaren

Einfluss auf die Werte der Elbe haben die Zuflüsse der Moldau und der Havel. Die hohen Zehrungswerte mit einem Maximalwert von 20,4 mg/l O₂ bei Neu Darchau wirken sich allerdings erst unterhalb Hamburgs aus. Bei einer Wassertemperatur um 19°C sinkt der Sauerstoffgehalt auf ein Minimum von 5,4 mg/l O₂ ab, weil hier der Sauerstoffverbrauch den Sauerstoffeintrag übertrifft. Nachdem die sauerstoffzehrenden Substanzen im weiteren Verlauf weitgehend abgebaut sind (etwa bei Stade-Bützfleth, km 655), steigt der Sauerstoffgehalt wieder an.

4. Nährstoffe

4.1 Zeitreihen der Nährstoffgehalte

In Abb. 8 bis 10 sind die Ammonium-, Nitrat- und Phosphatgehalte von Schmilka bis Grauerort aufgetragen. Um die Einstufung in die ARGE-ELBE-Güteklassen nachvollziehbar zu machen, sind die jeweiligen Konzentrationsbereiche der Güteklassen rechts neben den Diagrammen dargestellt. Für die Einstufung wird der 90%-Wert (ausreisserfreies Maximum) einer Jahresreihe ermittelt und in die entsprechende Güteklasse umgesetzt. Die verbale Beschreibung der Güteklassen ist in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2 Güteklassen

Güteklasse	Beschreibung
I	unbelastet bis sehr gering belastet
I-II	gering belastet
II	mäßig belastet
II-III	kritisch belastet
III	stark verschmutzt
III-IV	sehr stark verschmutzt
IV	übermäßig verschmutzt

Die Klassifizierung der Nährstoffwerte der Elbe von Schmilka bis zur oberen Brackwasserzone bei Grauerort ergab für 2005 die folgenden Ergebnisse:

Ammonium	II-III
Nitrat	III
o-Phosphat	II-III (Schnackenburg III)

Diese Werte führten in der Mittleren Elbe im Sommer, ähnlich wie in den Vorjahren seit 1990, zu einem deutlichen Eutrophierungseffekt, erkennbar an hohen Chlorophyll-a-Gehalten (Abb. 2 bis 4, 7) und hohen pH-Werten. In der Unteren Elbe trat dieser Effekt wegen des schlechteren Lichtklimas nicht auf.

An der Messstation Schnackenburg (Strom-km 474,5) wurden 2005 die folgenden Nährstoffjahresfrachten für die Elbe ermittelt:

Ammonium	2 200 t/a N
Nitrat	79 000 t/a N
o-Phosphat	1 200 t/a P

Die Frachtwerte 2005 sind etwas höher als im Vorjahr, weil der Abfluss der Elbe 2005 um 30% höher als 2004 lag. Der Eintrag von Nährstoffen aus den Nebenflüssen in die Elbe entsprechen in etwa ihrem Flächenanteil am Gesamteinzugsgebiet. Es gibt keine auffällig hohen Einträge. Die Havel liefert im Vergleich einen recht niedrigen Eintrag, weil in ihren Seenketten große Nährstoffmengen zurückgehalten werden. So betrug 2005 an der Havel bei Toppel der 90%-Wert der Nitratgehalte nur 1,2 mg/l N. Das entspricht der Güteklasse I-II.

Die Nährstoffwerte (Abb. 8 bis 10) zeigen einen ausgeprägten Jahresgang. Da im Winter die Nitrifikation in der Elbe wegen der niedrigen

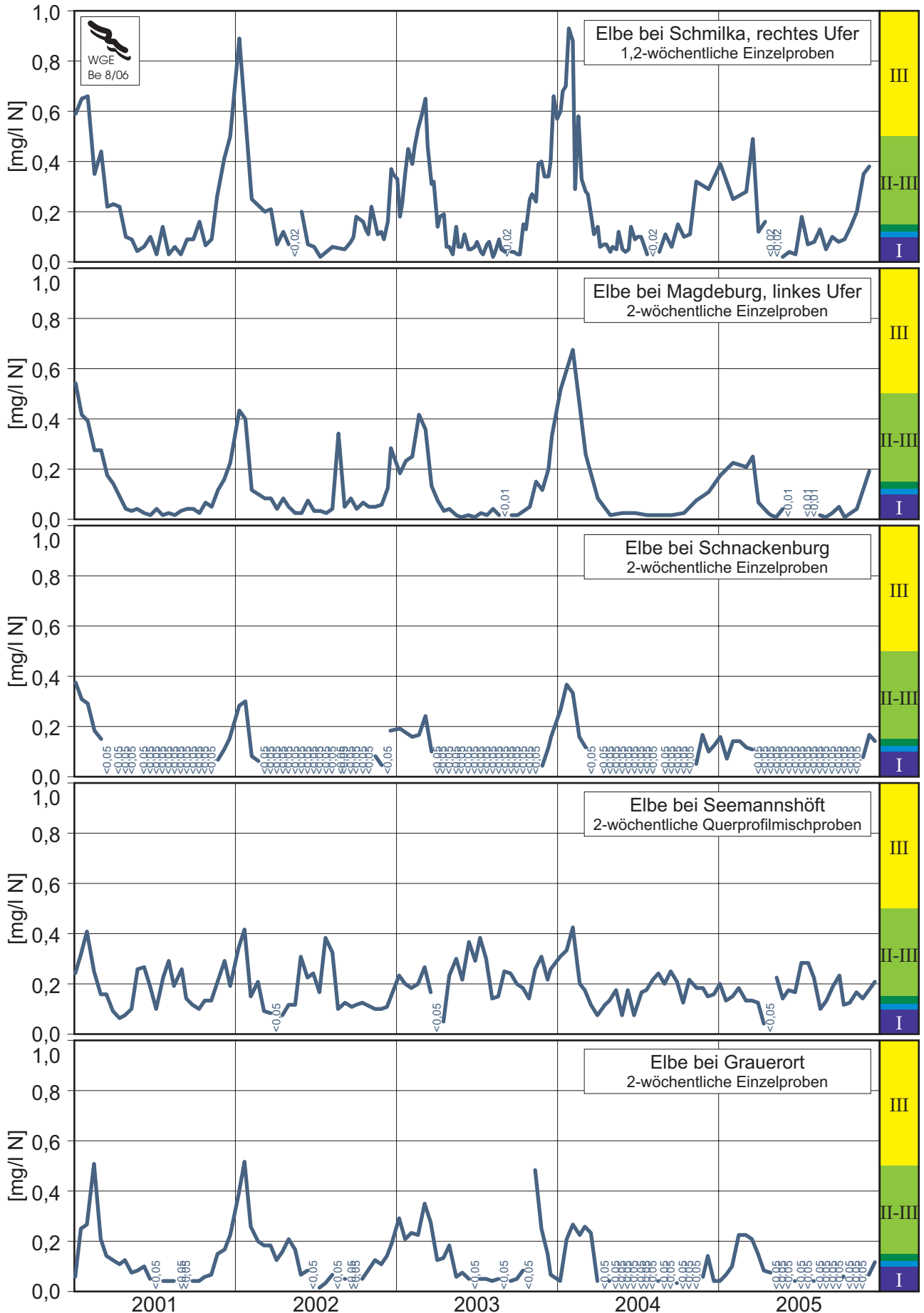


Abb. 8 Ammoniumgehalte der Elbe 2001 - 2005

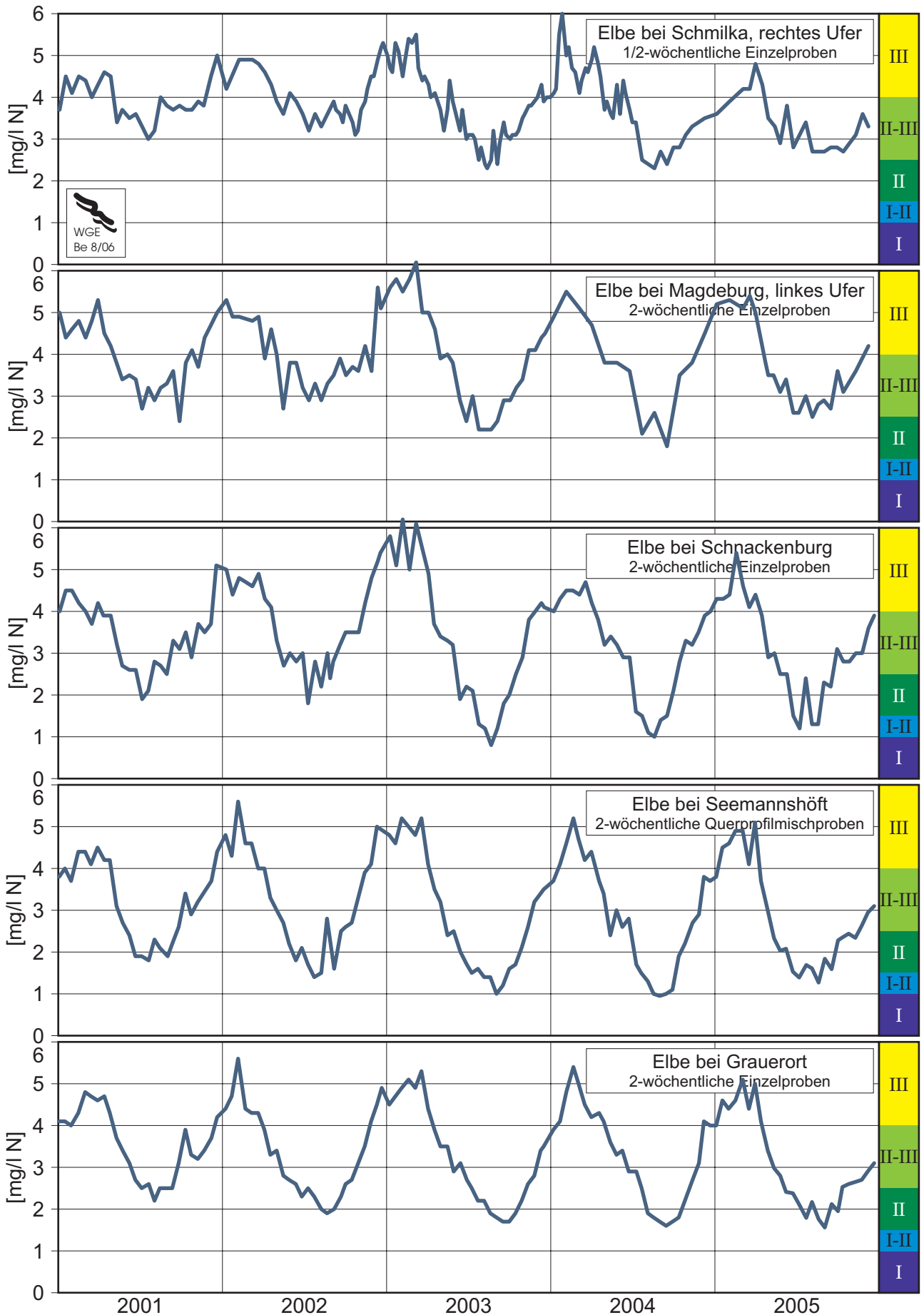


Abb. 9 Nitratgehalte der Elbe 2001 - 2005

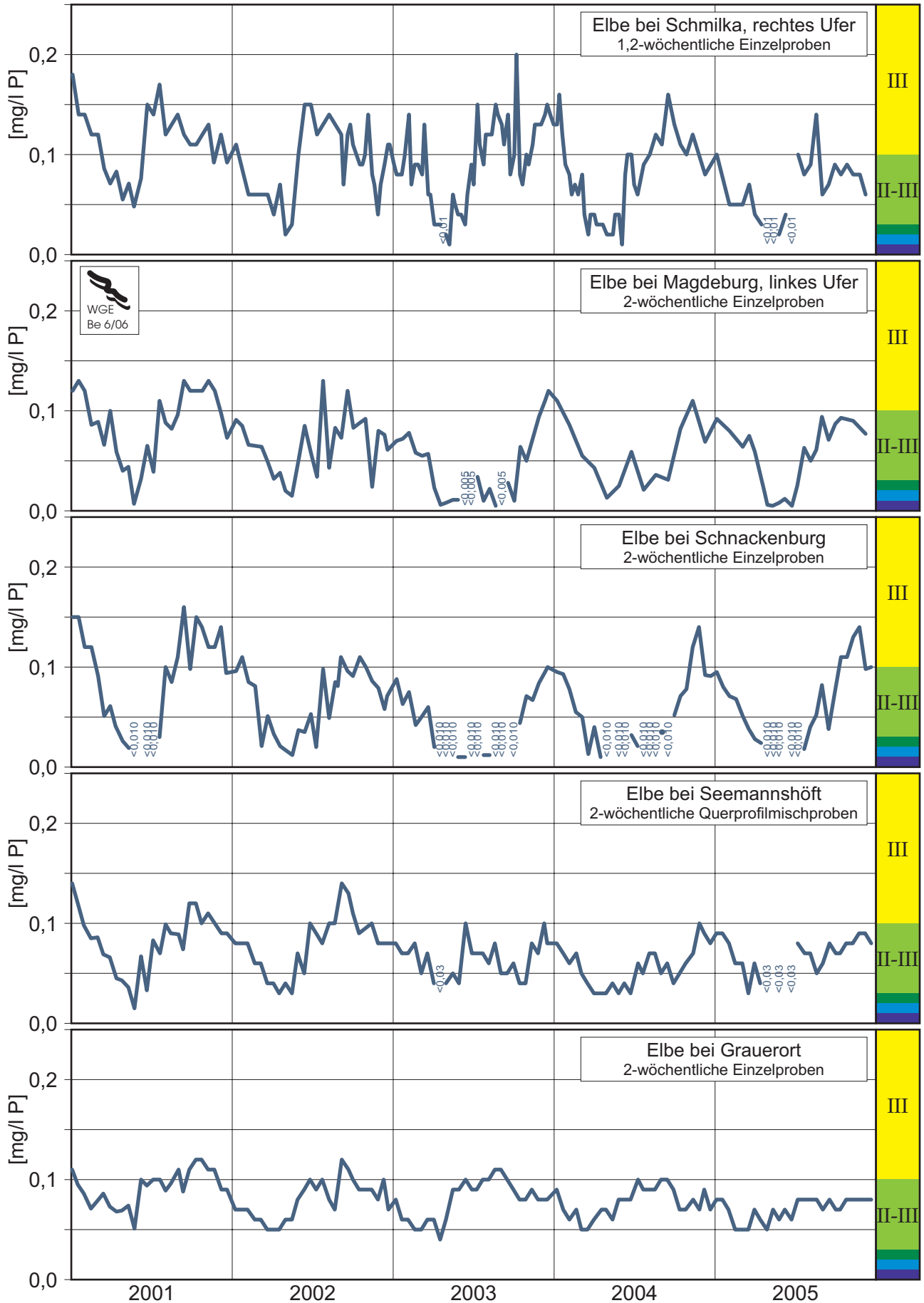


Abb. 10 o-Phosphatgehalte der Elbe 2001-2005

Wassertemperaturen zum Erliegen kommt, gibt das Wintermaximum des Ammoniums annähernd die Belastung des Stromes durch Einleitungen und Einträge im Elbegebiet wieder. Im Sommer führt der Abbau des Ammoniums im Gewässer schnell zu niedrigen Gehalten.

Das Wintermaximum des Nitrats wird durch verstärkte diffuse Einträge über Niederschläge und Abschwemmungen hervorgerufen. Begünstigt wird die Auswaschung von Nitrat aus Böden durch das deutlich verringerte Rückhaltevermögen der Vegetation im Winter. Im Jahr 2005 lag das Sommerminimum des Nitrats etwas über den der beiden Vorjahre. Dieser leichte Anstieg um ca. 0,2 mg/l N kann durch mehr Niederschlag in diesem Zeitraum erklärt werden.

4.2 Hubschrauber-Längsprofil von der Mündung bis zur Quelle

Eine Übersicht der Nährstoff-Konzentrationen im Verlauf der Elbe von der Quelle bis zur Mündung gibt Abb. 11 mit dem Längsprofil vom Mai 2005.

Die Ammoniumgehalte haben ein niedriges Niveau bis auf eine einleitungsbedingte Spitze bei Valy in Tschechien. Auch in den Mündungen der erfassten Nebenflüsse wurden, bis auf die Ohre (Eger) und die Bilina (Biela), niedrige Konzentrationen gemessen.

Die Nitratwerte steigen von der Quelle bis Valy zügig bis auf 5 mg/l N an. Danach fallen die Werte wieder ab. Einen sichtbaren Einfluss auf die Nitratgehalte der Elbe haben die Zuflüsse der Moldau, Saale und Havel. Unterhalb von Hamburg kommt es zu einem Anstieg der Nitratwerte, weil aus dem abgestorbenen

Im Frühjahr wird das o-Phosphat fast vollständig von der Biomasse aufgenommen. Dabei liegt das o-Phosphat-Minimum im März/April deutlich vor dem Nitrat-Minimum, dass in der Regel im August auftritt. Die Gesamt-Phosphor-Werte (hier nicht aufgetragen) zeigen im Gegensatz zu den o-Phosphat-Werten nur einen schwach ausgeprägten Jahresgang, weil diese Messgröße neben dem anorganischen gebundenen Phosphor auch den organisch gebundenen Phosphor erfasst. Der Phosphor bleibt also im Gewässer und wird nur umgesetzt.

Über einen größeren Zeitraum betrachtet ist der Trend der Nährstoffwerte noch immer leicht abnehmend.

Plankton Nitrat freigesetzt wird. Unterhalb von Brunsbüttel (km 693) werden die fallenden Gehalte überwiegend durch den Einfluss des Nordseewassers bestimmt.

Ähnlich verläuft das Profil der o-Phosphatgehalte. Bis Valy gibt es einen deutlichen Anstieg. Im weiteren Verlauf treten niedrige o-Phosphatwerte bis Hamburg auf. Die höchsten Phosphorwerte in den Mündungen der Nebenflüsse wurden in der Ohre (Eger) mit 0,7 mg/l P o-Phosphat und 1,0 mg/l P Gesamt-Phosphor gemessen. Unterhalb von Hamburg stirbt das Phytoplankton ab, weil in den großen Wassertiefen das Lichtklima für eine positive Photosynthese-Bilanz nicht mehr ausreicht. Beim Abbau der Sekundärverschmutzung wird o-Phosphat wieder freigesetzt, was zu einer entsprechenden Anhebung der Werte führt.

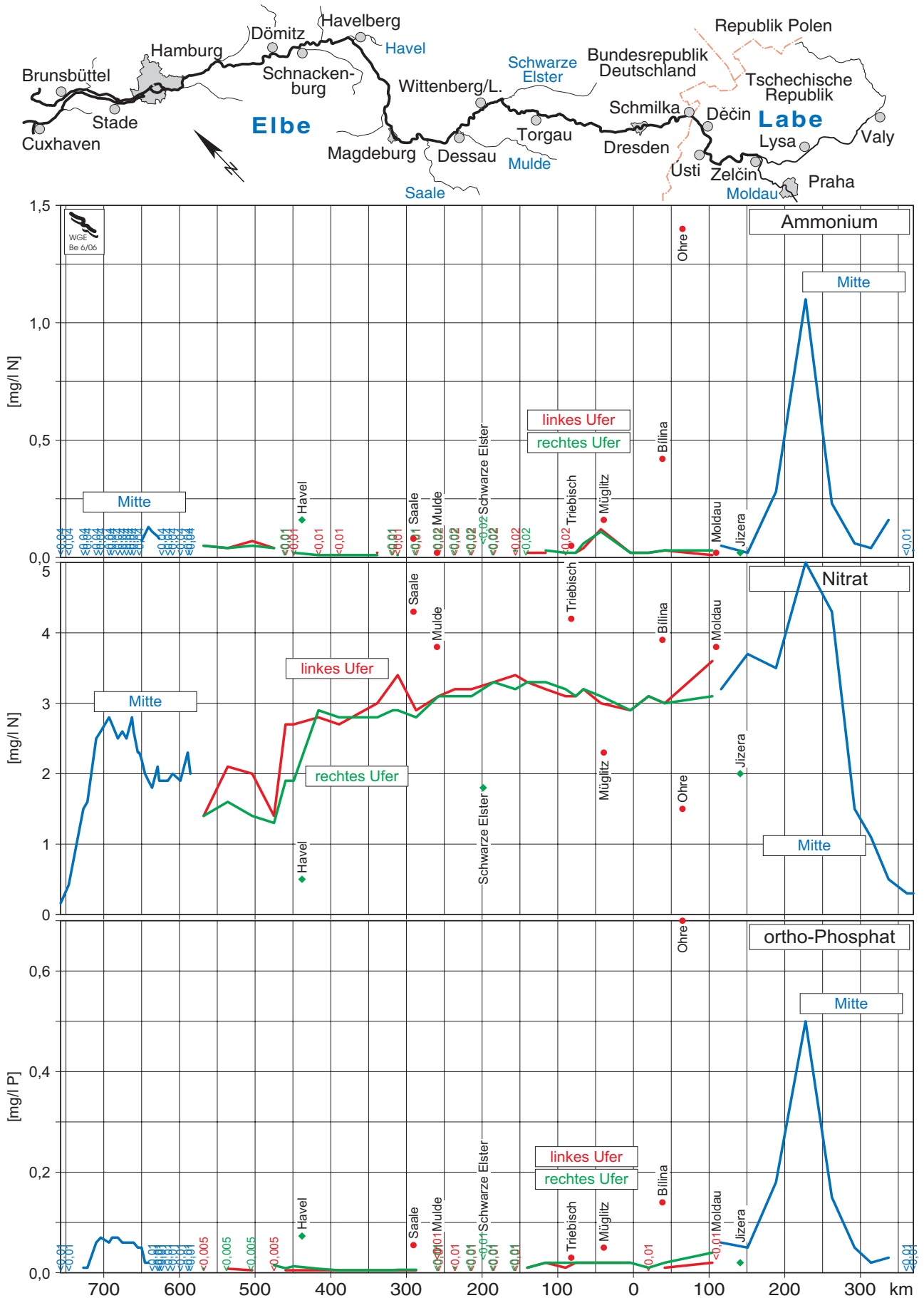


Abb. 11 Ammonium-, Nitrat-, o-Phosphat-Längsprofil der Elbe 23. - 25. Mai 2005

5. Schwermetalle

In den Abb. 12, 14, 16 und 17 sind die Gehalte für die Metalle (bzw. Metalloide) Quecksilber, Cadmium, Blei und Arsen in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten aufgetragen. Die frischen schwebstoffbürtigen Sedimente werden in den Sedimentationsbecken der automatischen Messstationen entlang der Elbe als Monatsmischproben gesammelt. Im Gegensatz zu Sedimentproben direkt aus der Elbe können diese Proben zeitlich genau eingeordnet werden. Die Grafiken sind mit den ARGE-ELBE-Güteklassen (Tab. 2) hinterlegt worden. Dabei bestimmt jeweils der 90%-Wert einer Jahresmessreihe die Güteklasse. Zur Verifizierung der Befunde sind in Abb. 13, 15 und 18 zusätzlich die in Wasserproben gemessenen Werte dargestellt.

Die 90%-Werte der Quecksilber-Gehalte (Abb. 12) liegen 2005 an allen Elbemessstationen in der Güteklasse II-III (hellgrün). Das gilt auch für die hier nicht dargestellten Messstationen Zehren, Dommitzsch, Bunthaus, Grauerort und Cuxhaven. Auch an den Mündungen der Nebenflüsse Schwarze Elster, Mulde und Saale steht jeweils eine Messstation mit einem Sedimentationbecken. Die Werte an diesen Stellen ergab für Quecksilber im Jahre 2005:

Schwarze Elster, Gorsdorf	II
Mulde, Dessau	II-III
Saale, Rosenberg	III

Die relativ geringe Belastung der Schwarzen Elster bei vielen Schadstoffen ist der Grund, warum in diesem Bericht die Werte der Schwarzen Elster nicht aufgetragen wurden. Die hohe Belastung der Saale mit Quecksilber wird auch durch die in Wasserproben gemessenen Werte (Abb. 13) bestätigt. Dabei ist erkennbar, dass die Werte in der Saale 2005 unter denen der beiden Vorjahre 2003 und 2004 liegen. Mit einer Quecksilber-Jahresfracht von 0,41 t/a für 2005 (Basis Wochenmischproben) trägt die Saale nennenswert zur Belastung der Elbe bei.

An der Messstation Schnackenburg wurde 2005 eine Quecksilber-Jahresfracht von 1,4 t/a (Basis Wochenmischproben) ermittelt. Gegenüber

dem etwas trockeneren Vorjahr 2004 gab es einen leichten Anstieg. In dem mit 2005 hydrologisch annähernd vergleichbaren Jahr 1986 waren es noch 22 t/a Quecksilber. Die IKSE gibt für die deutsch/tschechische Grenzmesstation Schmilka/Hrensko für 2005 eine Fracht von 0,28 t/a an.

Die Cadmium-Konzentrationen in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten (Abb. 14) sind etwas ungünstiger als die des Quecksilbers zu bewerten. Die 90%-Werte ergaben 2005 die folgenden Güte-Einstufungen:

Schmilka	II-III
Zehren	II-III
Dommitzsch	II-III
Magdeburg	III
Schnackenburg	III
Bunthaus	III
Seemannshöft	II-III
Grauerort	II-III
Cuxhaven	II-III
Schwarze Elster, Gorsdorf	II
Mulde, Dessau	IV
Saale, Rosenberg	III

Die hohe Cadmium-Belastung der Mulde zeigt sich auch in den Messwerten, die in Wasserproben gemessen wurden. Dabei lagen die Maximalwerte 2005 unter den hohen Werten von 2003. Der Cadmium-Eintrag der Mulde in die Elbe wirkt sich auf den Elbeabschnitt von der Mulde-Mündung bis Hamburg aus. Im Hamburger Hafen bleibt ein Teil der belasteten Schwebstoffe in den Hafenbecken liegen und wird teilweise durch die Baggerei entnommen. Zudem nimmt ab hier der Einfluss von geringer belasteten, stromauf transportierten Nordsee-Sedimenten zu, die zu einer Verdünnung der Schadstoffe führen. Am Hafenausgang bei Seemannshöft erreicht die Elbe hinsichtlich der Cadmium-Belastung wieder die gleiche Gütestufe wie in Sachsen.

Die Cadmium-Jahresfracht bei Schnackenburg betrug im Jahr 2005 6,2 t/a. Die Mulde hatte daran einen Anteil von 1,6 t/a (Basis Wochenmischproben). Im Vergleichsjahr 1986 waren es

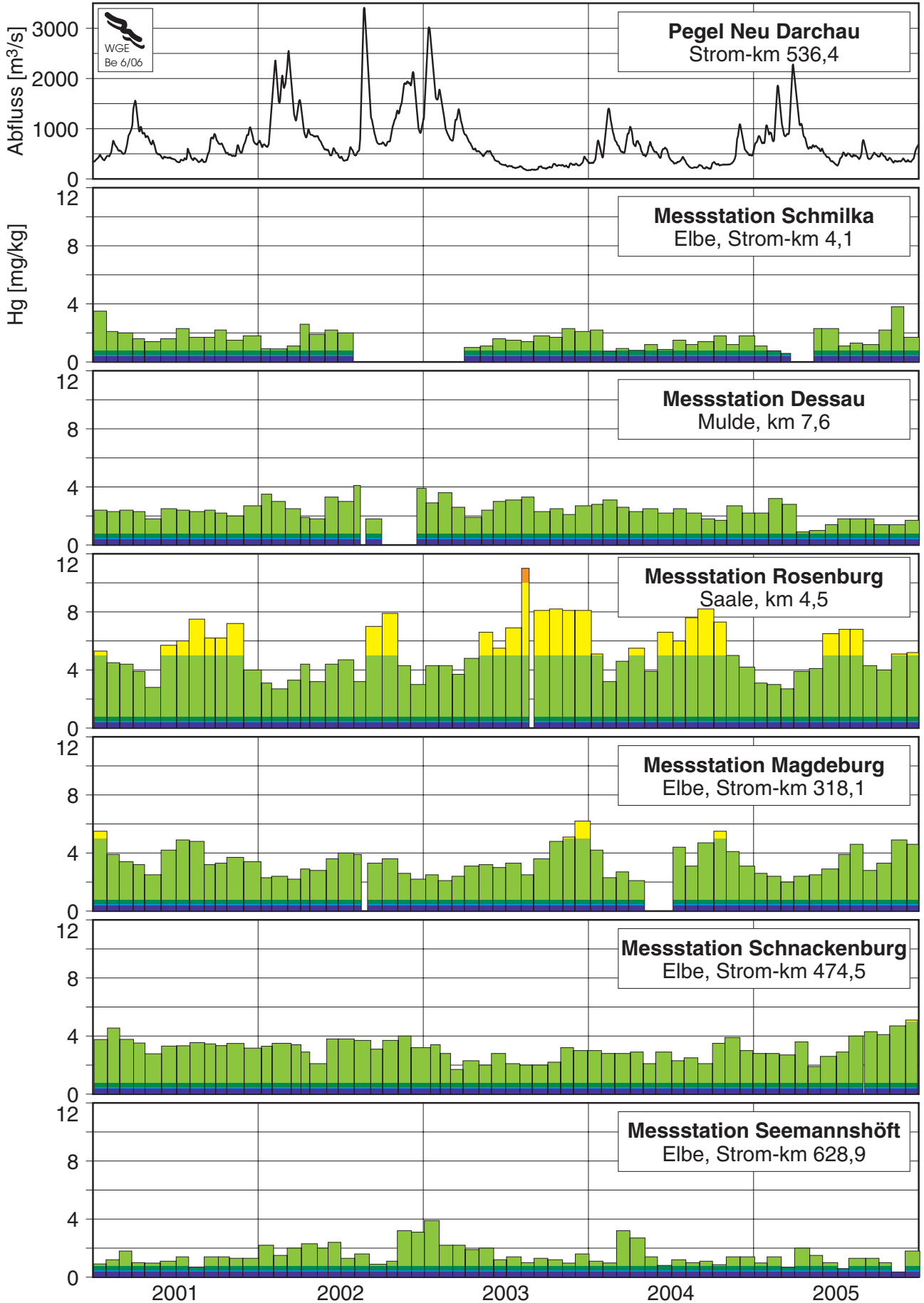


Abb. 12 Quecksilber in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten ($<20 \mu\text{m}$) der Elbe - 2001-2005

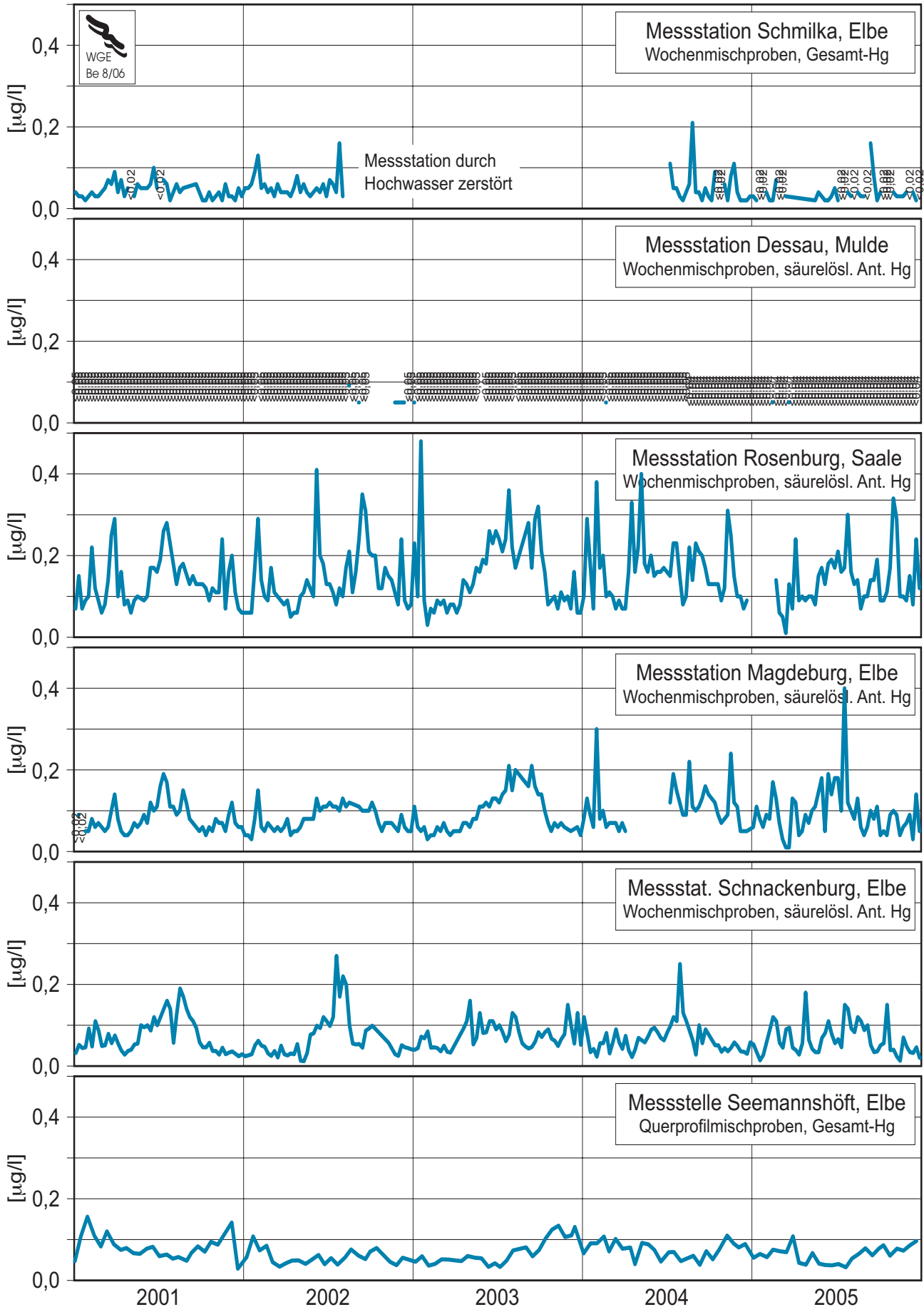


Abb. 13 Quecksilber in Wasserproben - 2001-2005

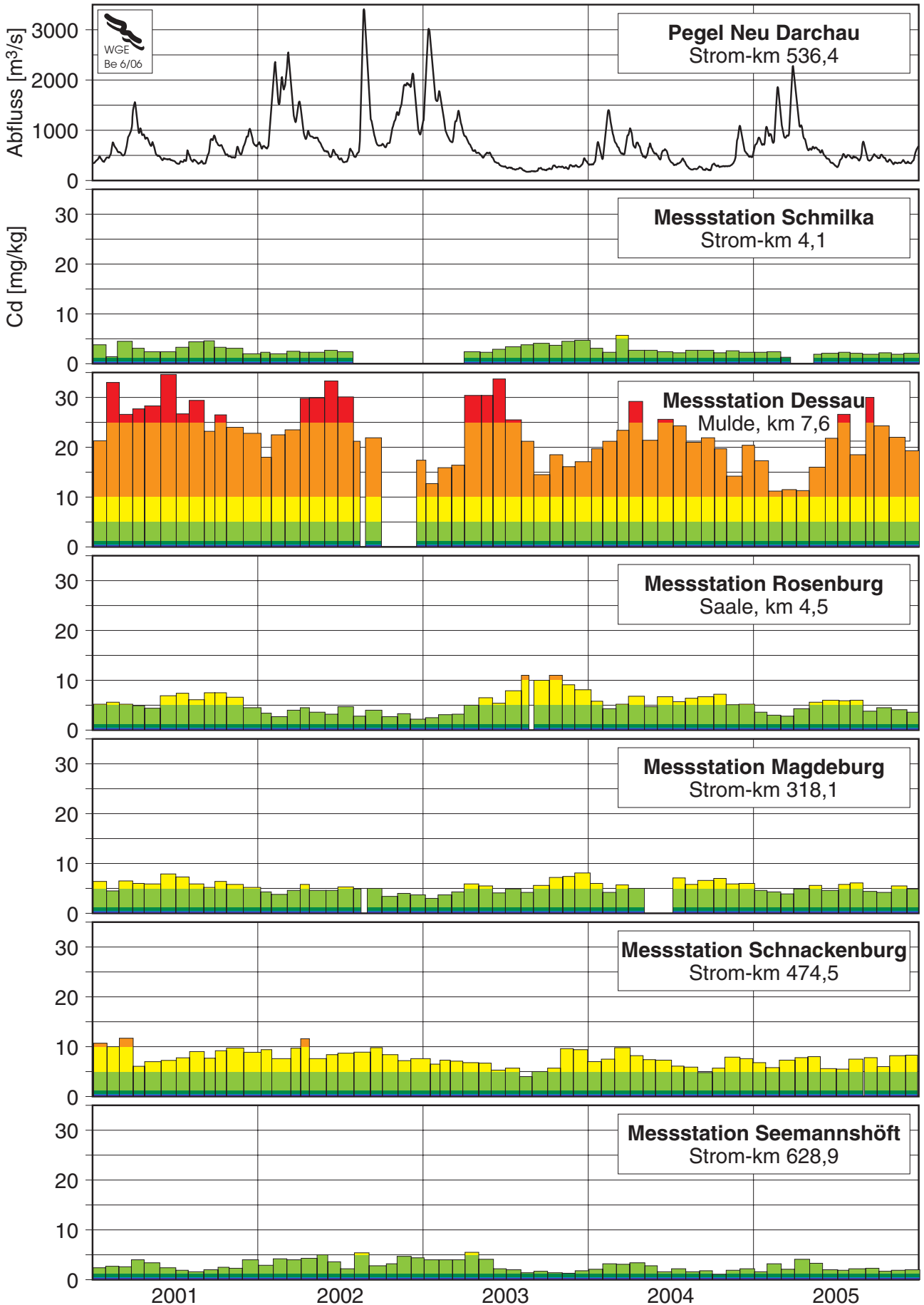


Abb. 14 Cadmium in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten ($<20 \mu\text{m}$) der Elbe - 2001-2005

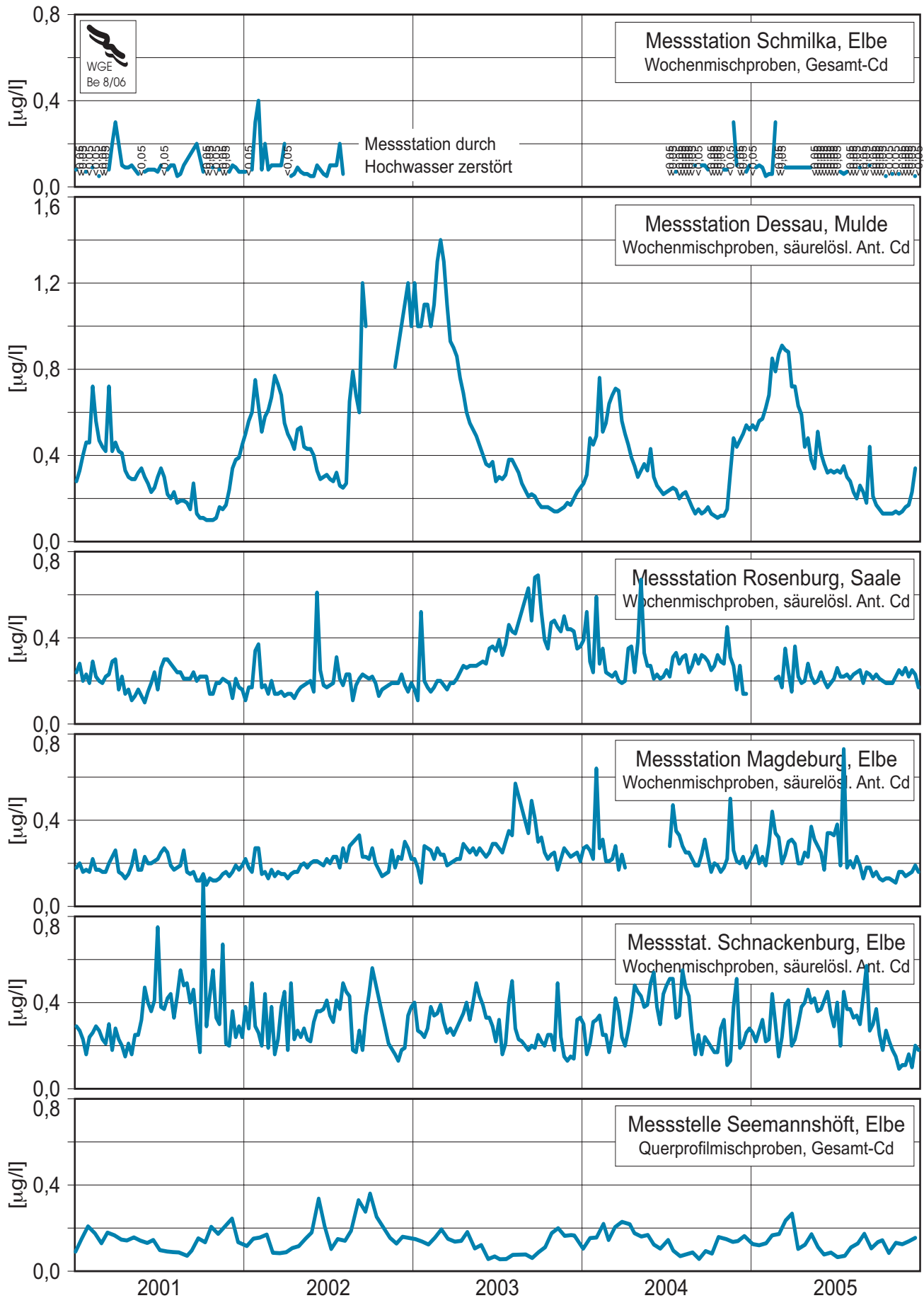


Abb. 15 Cadmium in Wasserproben - 2001-2005

13 t/a. Für Schmilka/Hrensko hat die IKSE 2005 einen Wert von 0,66 t/a berechnet.

Die Einstufung der 90%-Werte der Blei-Gehalte in den frischen schwebstoffbürtigen Sedimente (Abb. 16) ergab für 2005 die folgenden ARGE-ELBE-Güteklassen:

Schmilka	II-III
Zehren	II
Dommitzsch	II-III
Magdeburg	II-III
Schnackenburg	III
Bunthaus	II-III
Seemannshöft	II
Grauerort	II-III
Cuxhaven	II
Schwarze Elster, Gorsdorf	II
Mulde, Dessau	III-IV
Saale, Rosenberg	III

Höhere Blei-Konzentrationen in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten als in der Elbe finden sich an der Mulde- und Saalemündung. Unterhalb des Hamburger Hafens bis zur Seegrenze bei Cuxhaven werden fortschreitend geringer belastete Schwebstoffe aus der Nordsee in die Flussschwebstoffe eingemischt. Normalerweise nimmt deshalb die Schadstoffkonzentration in den Sedimenten zur Mündung hin ab. Die Blei-Werte in den frischen Sedimenten bei Cuxhaven sind jedoch ähnlich hoch wie bei Hamburg-Seemannshöft. Die Blei-Belastung der Nordsee-Schwebstoffe, die in die Elbemündung gelangen, ist somit vergleichsweise hoch. Blei wird zu einem hohen Anteil über die Atmosphäre diffus in die Gewässer eingetragen. Auch die Nordsee ist davon großflächig betroffen.

Die höchsten Blei-Werte wurden 2005, wie in den Vorjahren, bei Grauerort und Brunsbüttel in Wasserproben aus der Trübungszone gemessen. Die hohen Bleiwerte können mit den gleichzeitig auftretenden hohen Schwebstoffgehalten erklärt werden. 2005 wurden in diesem Bereich Werte der Abfiltrieren Stoffe bis zu 283 mg/l gemessen.

Die Blei-Jahresfracht, die für Schnackenburg auf der Basis von Wochenmischproben berechnet

wurde, betrug im Jahr 2005 64 t/a. Sie war damit ein wenig höher als im Vorjahr. Im Vergleichsjahr 1986 betrug die Blei-Jahresfracht bei Schnackenburg 120 t/a. Für die Grenzmesstelle Schmilka/Hrensko gibt die IKSE mit 19 t/a für 2005 den niedrigsten Wert seit 1996 an. 1996 wurde Blei u. a. zum ersten Mal gemeinsam mit den tschechischen Kollegen bilanziert.

Für die Arsen-Gehalte in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten (Abb. 17) wurden 2005 auf der Basis der 90%-Werte die folgenden Güteklassen ermittelt:

Schmilka	II-III
Zehren	III
Dommitzsch	III
Magdeburg	II-III
Schnackenburg	III
Bunthaus	III
Seemannshöft	II-III
Grauerort	II-III
Cuxhaven	II-III
Schwarze Elster, Gorsdorf	II-III
Mulde, Dessau	IV
Saale, Rosenberg	II

An der Mündung der Mulde wurden wie in den Vorjahren sehr hohe Arsenwerte in den frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten gemessen. Da ein großer Teil des Arsens in gelöster Form im Gewässer vorliegt, zeigt Abb. 18 ergänzend die in Wasserproben gefundenen Arsen-Werte. Die hohen Arsen-Konzentrationen im Wasser an der Muldemündung erreichten 2005 nicht die Spitzenwerte von 2003. Bei Cuxhaven war die Schwebstoffbelastung mit Arsen 2005 ähnlich hoch wie in Hamburg.

An der Messstation Schnackenburg wurde für 2005 eine Arsen-Jahresfracht von 61 t/a berechnet. Die Mulde hatte daran einen Anteil von 21 t/a. Für das Vergleichsjahr 1986 wurden bei Schnackenburg 110 t/a Arsen ermittelt. Bei Schmilka/Hrensko ergab die Berechnung der IKSE 2005 22 t/a.

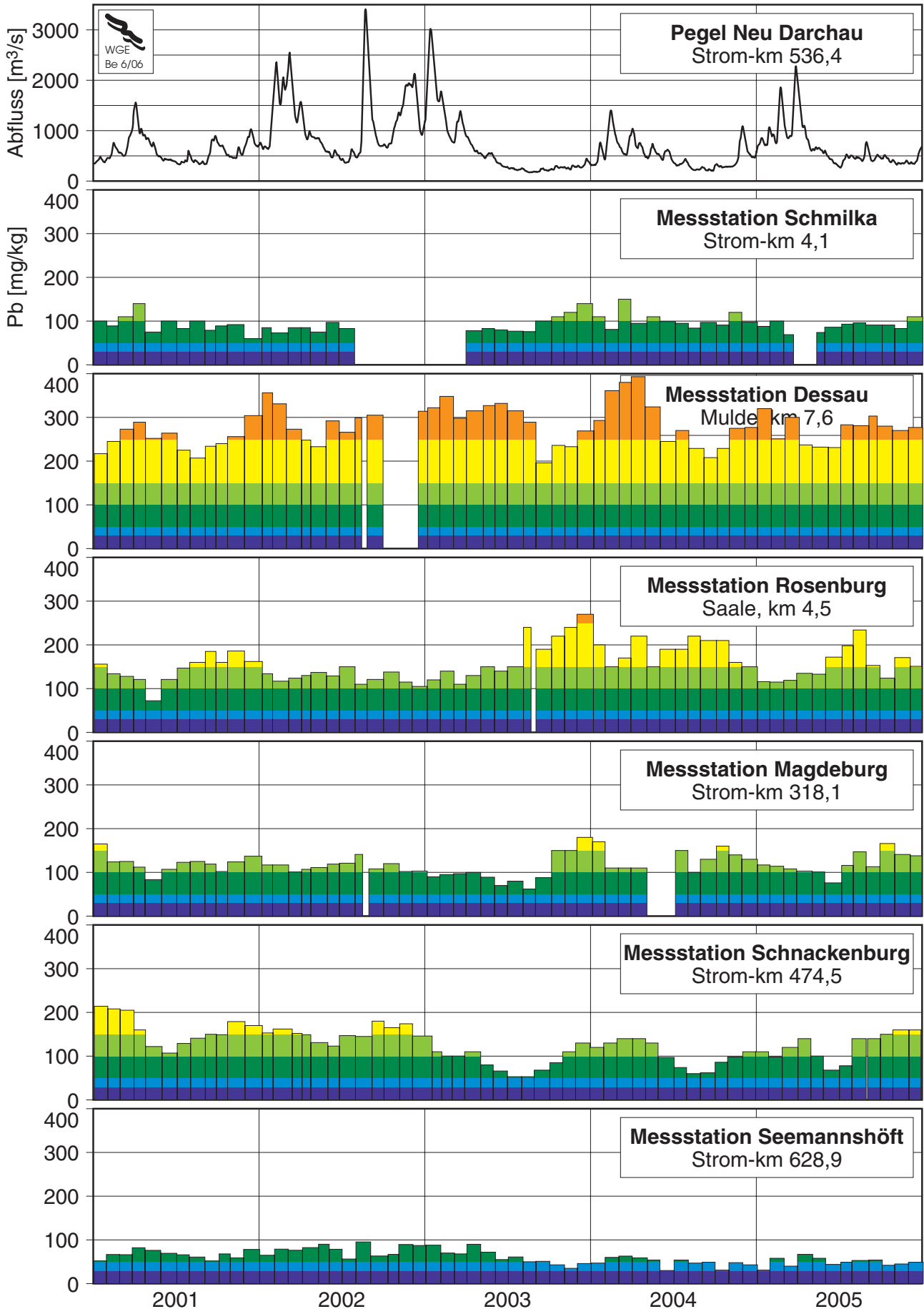


Abb. 16 Blei in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten ($<20 \mu\text{m}$) der Elbe - 2001-2005

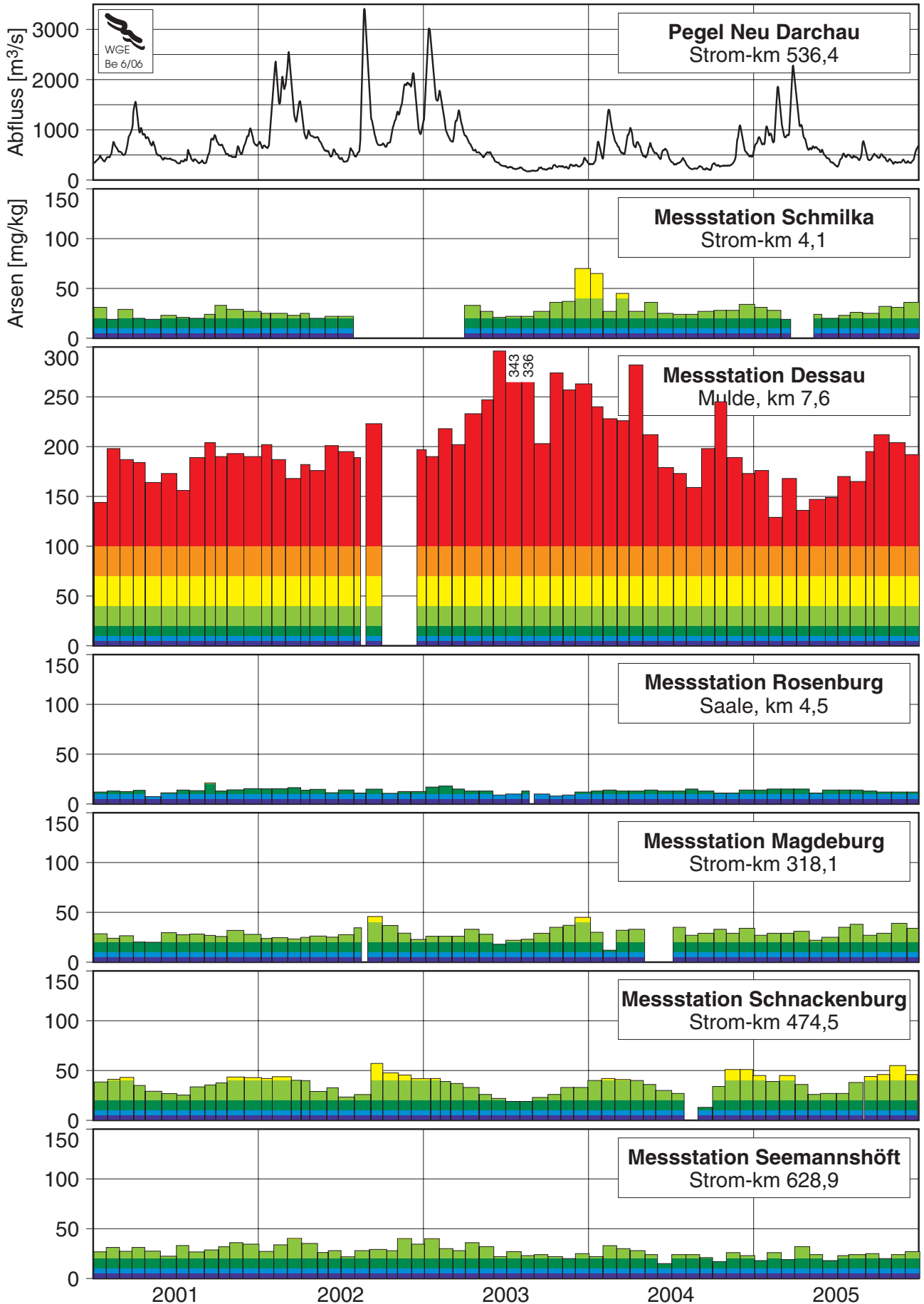


Abb. 17 Arsen in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten (<20 µm) der Elbe - 2001-2005

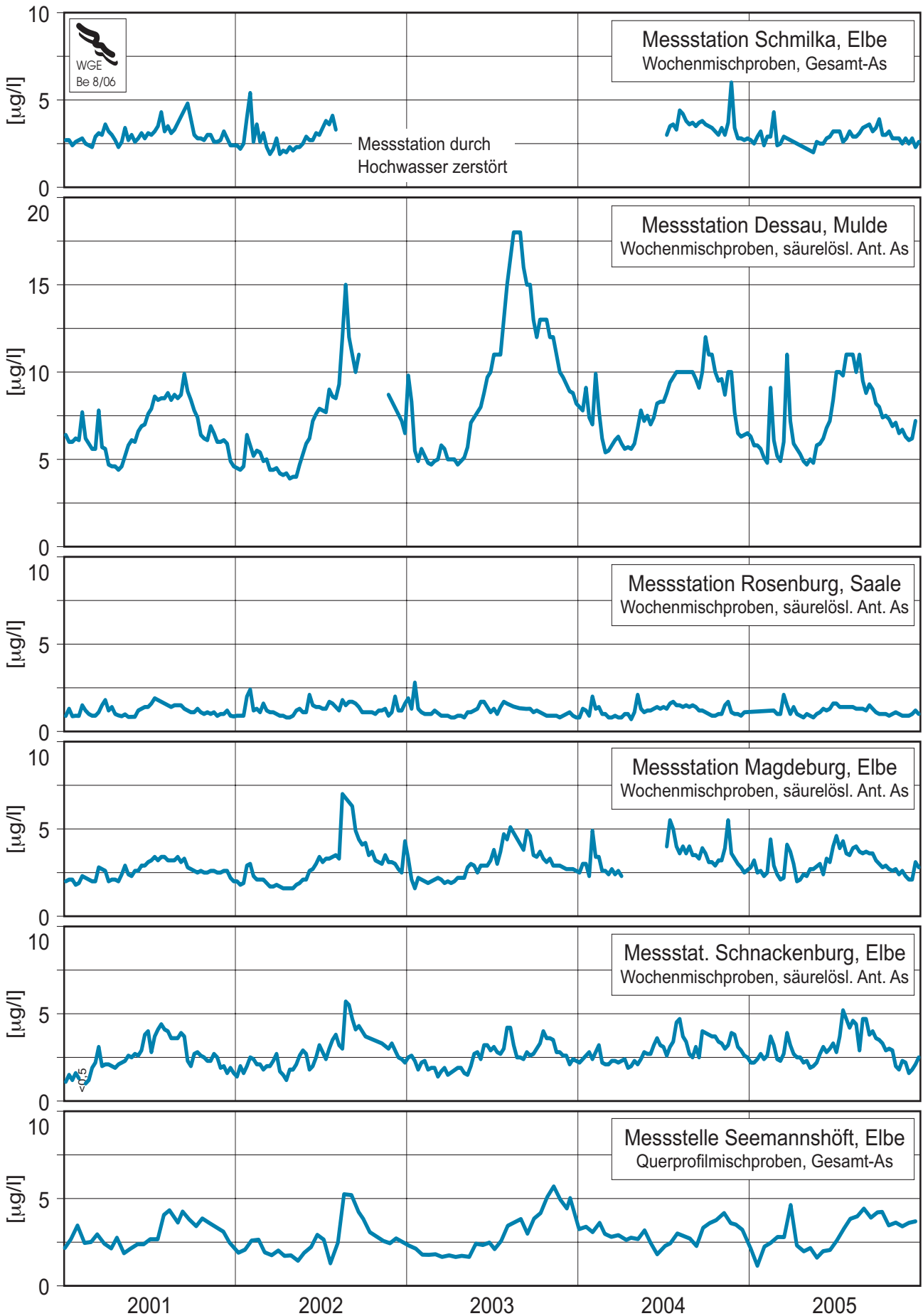


Abb. 18 Arsen in Wasserproben - 2001-2005

6. Chlorierte Kohlenwasserstoffe

In Abb. 19 und 21 sind die β -HCH- und γ -HCH-Gehalte in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten aufgetragen. Zur Bestätigung der β -HCH-Befunde, z. B. in der Mulde, sind in Abb. 20 die in Wasserproben gemessenen β -HCH-Werte dargestellt. Durch Einträge aus Altlasten im Bereich Bitterfeld kommt es in der unteren Mulde zu einem Belastungsschwerpunkt durch HCH-Isomere. Die Quelle ist laut dem Gewässerkundlichen Landesdienst Sachsen-Anhalts die ehemalige Lindanproduktion bei Bitterfeld/Wolfen. Die Sanierung aller Altlasten der DDR-Chemieindustrie in Grundwasser und Boden läuft im Rahmen des „Ökologischen Großprojekts“ seit längerer Zeit und wird über 100 Millionen EUR kosten. Dieses aufwendige Projekt wird noch mehrere Jahre Zeit in Anspruch nehmen.

In der Regel treten die höchsten Werte an der Muldemündung beim β -HCH auf. Die Konzentrationen der anderen HCH-Isomere in der Mulde kommen relativ zu β -HCH nach dem folgenden Muster vor:

$$\beta\text{-HCH} > \alpha\text{-HCH} > \gamma\text{-HCH} > \delta\text{-HCH}$$

Dieses Muster findet sich sowohl in Sedimenten als auch in Wasserproben.

Der Eintrag von HCH-Isomeren aus der Mulde in die Elbe führt an der Messstation Magdeburg zu einem deutlichen Anstieg der HCH-Werte im Vergleich zu den oberhalb der Muldemündung liegenden Messorten.

Die 90%-Werte der HCH-Gehalte in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten ergaben 2005 die folgenden Güte-Einstufungen:

	α -HCH	β -HCH	γ -HCH
Schmilka	I-II	I-II	I-II
Zehren	I-II	I-II	I-II
Dommitzsch	I-II	I-II	I-II
Magdeburg	III-IV	III-IV	I-II
Schnackenburg	II	I-II	I-II
Bunthaus	II	III	I-II
Seemannshöft	I-II	I-II	I-II
Grauerort	I-II	I-II	I-II

Cuxhaven	I-II	I-II	I-II
Schw. Elster, Gorsdorf	III	I-II	I-II
Mulde, Dessau	IV	IV	III
Saale, Rosenberg	III	III	II

δ -HCH wurde nur an wenigen Stellen bestimmt.

Die Maximalwerte der HCH-Gehalte lagen 2005 unter denen der Vorjahre. Besonders bei den Werten im Wasser gab es 2005 einen deutlichen Rückgang gegenüber 2004. Aus den Wasserproben bei Schnackenburg, die mit einem Wochenmischprobensammler gesammelt wurden, wurde die folgenden Jahresfrachten für 2005 berechnet:

	2005	1986
α -HCH [kg/a]	50	220
β -HCH [kg/a]	68	51
γ -HCH [kg/a]	23	650

Das Vergleichsjahr 1986 zeigt, dass zu Zeiten, als die Lindan-Produktion in Bitterfeld/Wolfen noch lief, das Konzentrations-Muster deutlich anders als heute war:

$$\gamma\text{-HCH} > \alpha\text{-HCH} > \beta\text{-HCH}$$

An der Messstation Schmilka/Hrensko ermittelte die IKSE 2005 für γ -HCH eine Fracht von < 9,9 kg/a.

Auf dem deutschen Elbeabschnitt wurden die höchsten Hexachlorbenzen-Gehalte in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten (Abb. 22) an der deutsch/tschechischen Grenze bei Schmilka ermittelt. Die Einstufung der 90%-Werte der HCB-Gehalte in den frischen schwebstoffbürtigen Sedimente ergab für 2005 die folgenden ARGE-ELBE-Güteklassen:

Schmilka	IV
Zehren	III
Dommitzsch	III-IV
Magdeburg	III
Schnackenburg	III
Bunthaus	II-III
Seemannshöft	I-II

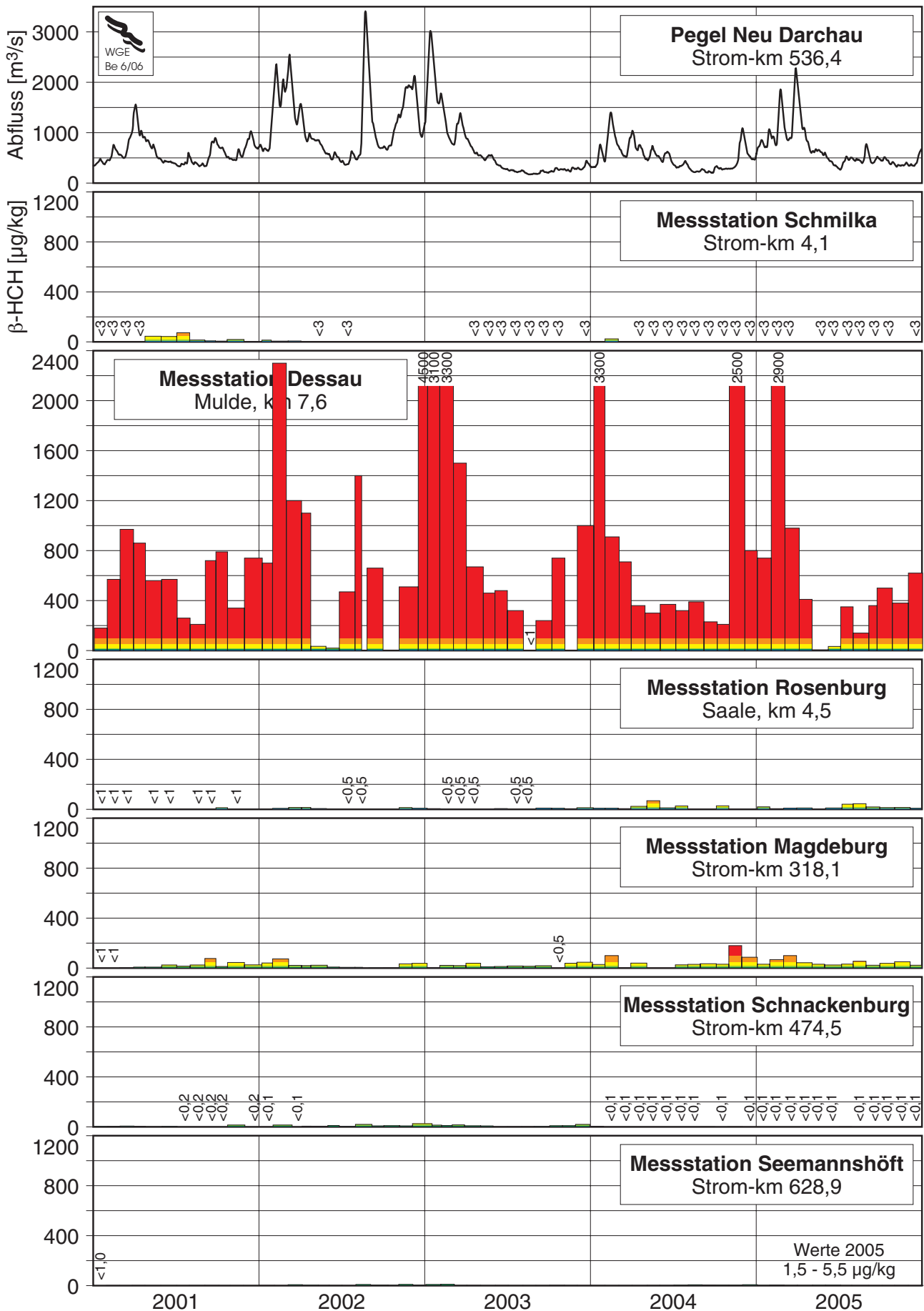


Abb. 19 β-HCH in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

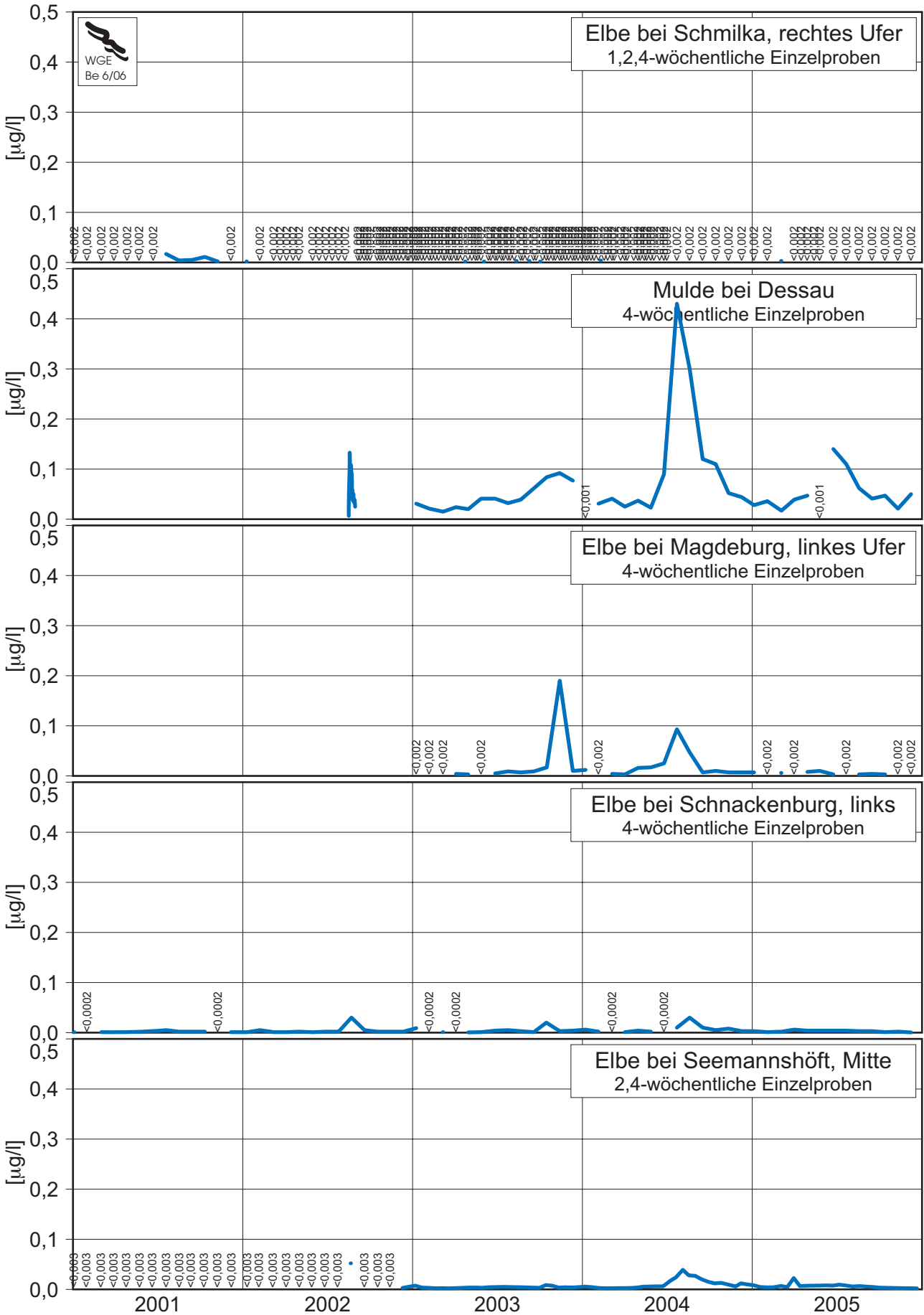


Abb. 20 β -HCH in Wasserproben - 2001-2005

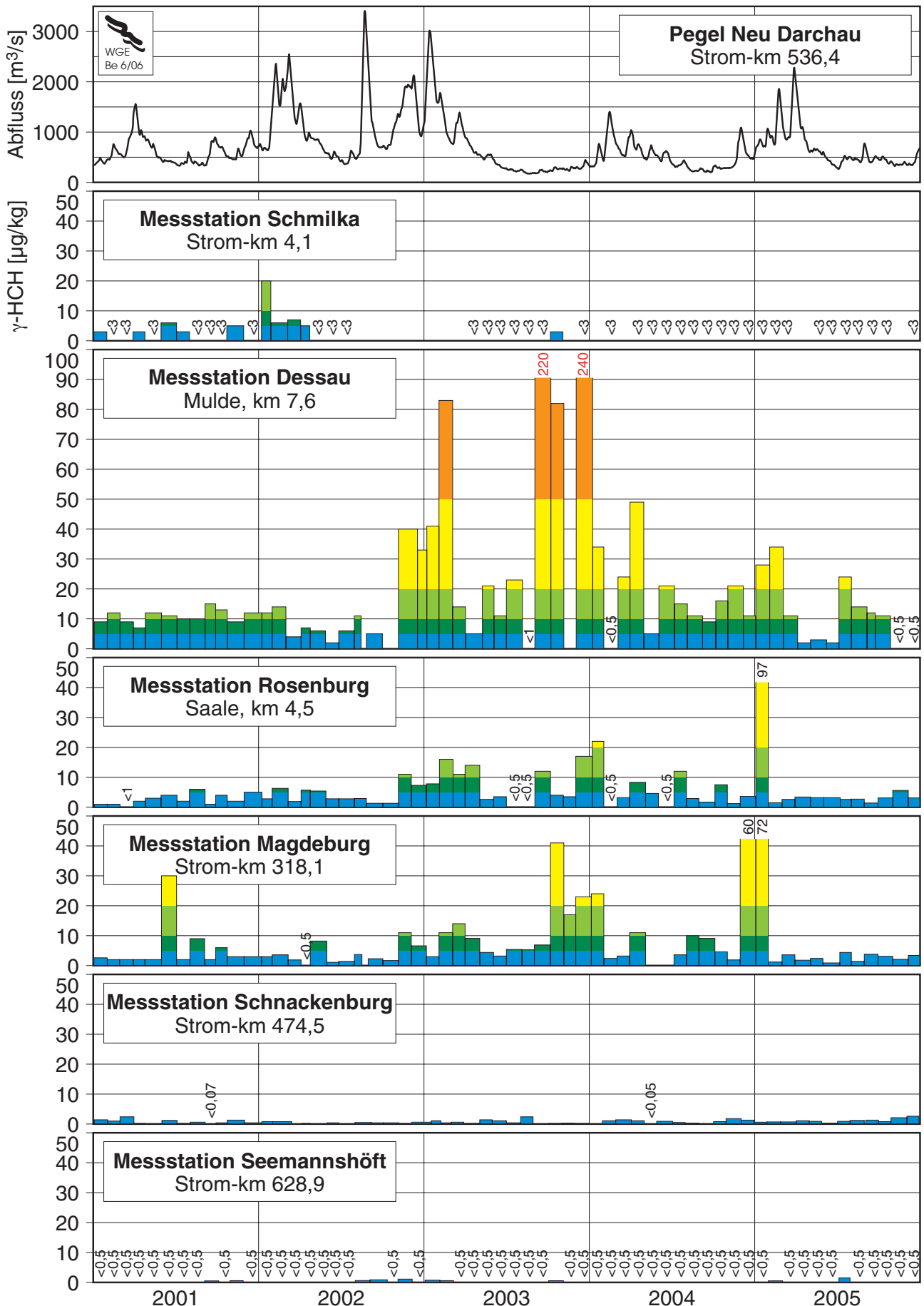


Abb. 21 γ -HCH in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

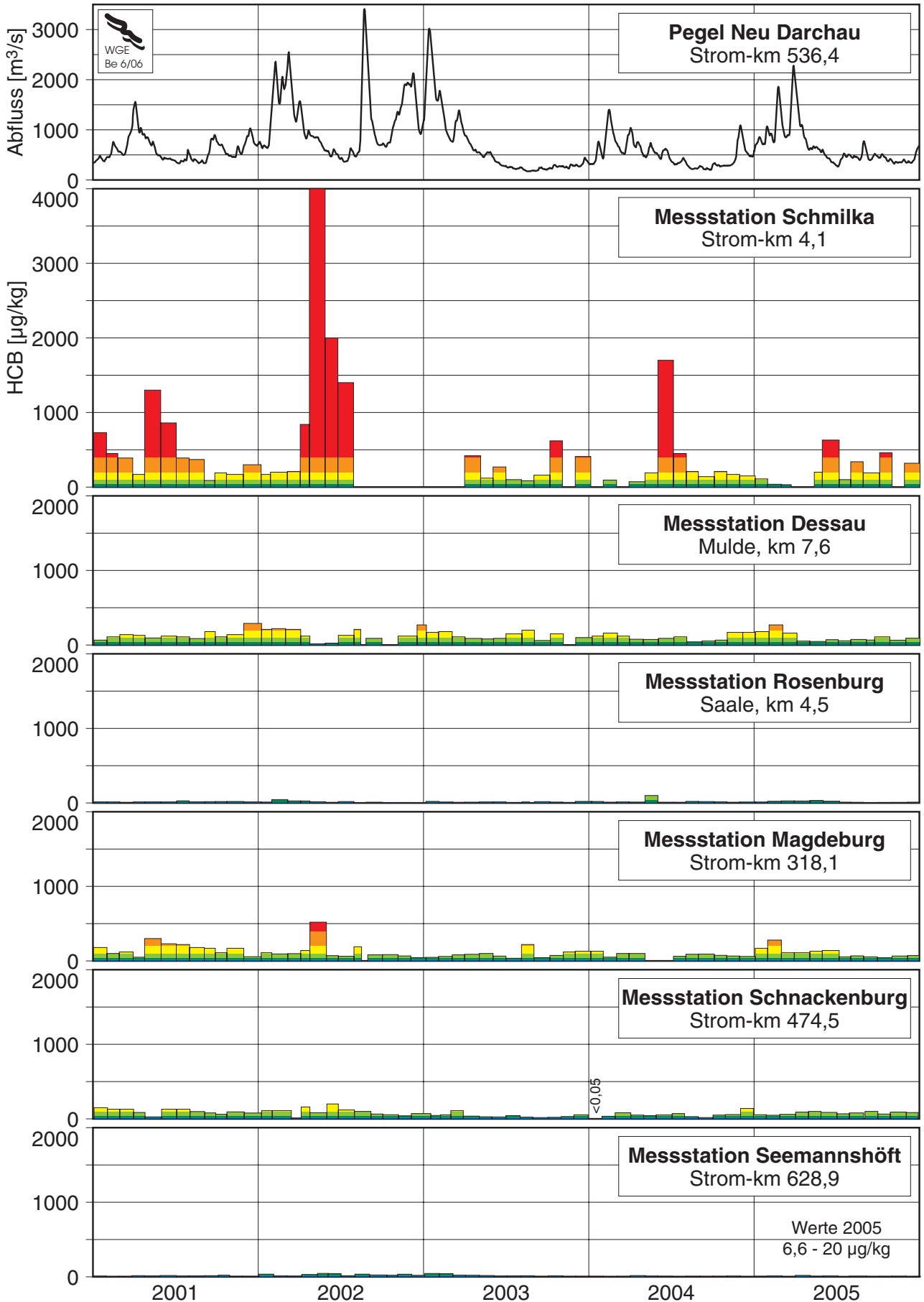


Abb. 22 Hexachlorbenzen in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

Grauerort	I-II
Cuxhaven	I-II
Schwarze Elster, Gorsdorf	I-II
Mulde, Dessau	III
Saale, Rosenberg	II

Seemannshöft	I-II	I-II	I-II
Grauerort	I-II	II	I-II
Cuxhaven	I-II	I-II	I-II
Schw. Elster, Gorsd.	II	I-II	I-II
Mulde, Dessau	III-IV	III-IV	II-III
Saale, Rosenberg	I-II	II	II

Flussabwärts von Schmilka nehmen die HCB-Werte in frischen Sedimenten allmählich durch die Verdünnungswirkung geringer belasteter Sedimente ab. Die HCB-Gehalte im Wasser sind durchweg niedrig. So lagen 2005 bei Schmilka weit über 50 % der Messungen unter der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l. Die HCB-Jahresfracht 2005 bei Schmilka/Hrensko betrug nur 9,9 kg/a (IKSE) und bei Schnackenburg 33 kg/a. Bei dem Vergleich dieser Jahresfrachten ist zu beachten, dass bei Messwerten in der Nähe der Bestimmungsgrenze die statistische Messunsicherheit zunimmt. Die starke Anreicherung von HCB im Sediment und in Fischen, die sich zum Teil von bodennah lebenden Organismen ernährt, ist insgesamt als problematisch anzusehen. So überschreiten beispielsweise die in der Muskulatur des fettreichen Aales gemessenen HCB-Werte die für Fische und Fischwaren festgelegte Höchstmenge regelmäßig im deutsch/tschechischem Grenzprofil. Im Dezember 2004 wurden 20 Aale bei Schmilka gefangen und die Untersuchung auf HCB ergab bei 18 Aalen eine Beanstandung im Sinne des Lebensmittelrechts (siehe auch Kap. 11).

DDT und seine Metaboliten DDD und DDE sind noch immer in der Umwelt zu finden, obwohl die Herstellung und Anwendung von DDT in der Bundesrepublik Deutschland seit 1972 verboten ist. Als Beispiel ist p,p'-DDD in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten in Abb. 23 aufgetragen. Erstaunlich hoch waren 2005 die p,p'-DDD-Werte bei Schnackenburg. Die ARGE-ELBE-Güteklassen auf der Basis der 90%-Werte von 2005 ergab die folgenden Einstufungen:

	p,p'-DDT	p,p'-DDD	p,p'-DDE
Schmilka	III-IV	III	II-III
Zehren	III	II-III	II
Domnitzsch	IV	II-III	II-III
Magdeburg	III	II-III	II
Schnackenburg	I-II	III-IV	I-II
Bunthaus	III	II-III	I-II

Die starke Anreicherung von DDT und seiner Abbauprodukte in Sedimenten und Fischen sowie die hohe Persistenz lässt die geringen Konzentrationen im Wasser (sehr häufig <0,0001 bis <0,005 µg/l) zu erheblichen Werten anwachsen.

Die Polychlorierten Biphenyle (PCB) zeigen ebenfalls eine hohe Persistenz. Seit 1989 ist die Herstellung und Anwendung von PCB in der Bundesrepublik Deutschland verboten. In Abb. 24 sind die Gehalte des Kongeners PCB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl) in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten dargestellt. Erkennbar ist eine sehr starke Belastung bei Schmilka (Güteklasse III-IV), die sich bis Schnackenburg auswirkt. Aus den großen Nebenflüssen Schwarze Elster, Mulde und Saale kamen 2005 keine auffälligen Einträge dieser Verbindungen. Die PCB-Gehalte im Sediment folgen in der Regel dem Konzentrationsmuster:

PCB153>PCB138>PCB180>PCB101>PCB28>PCB52

Im Wasser sind die PCB-Gehalte so niedrig, dass diese an vielen Messstellen nicht mehr gemessen werden.

Eine Übersicht über die Belastung der Sedimente mit halogenierten Kohlenwasserstoffen gibt der Summenparameter AOX (Abb. 25). Dabei werden die organischen Chlor-, Brom- und Jodverbindungen erfasst, nicht jedoch die organischen Fluorverbindungen. Letztere können in Gewässern in ähnlichen Mengen wie Chlorverbindungen vorkommen. Die höchsten AOX-Werte wurden 2005 an der Mündung der Saale gemessen.

Aus der Gruppe der leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffe wurden bei Schmilka recht hohe Werte des Trichlormethans beobachtet. Im April, Juli und Oktober wurden Konzentrationen über 1 µg/l gemessen. Die IKSE bilanzier-

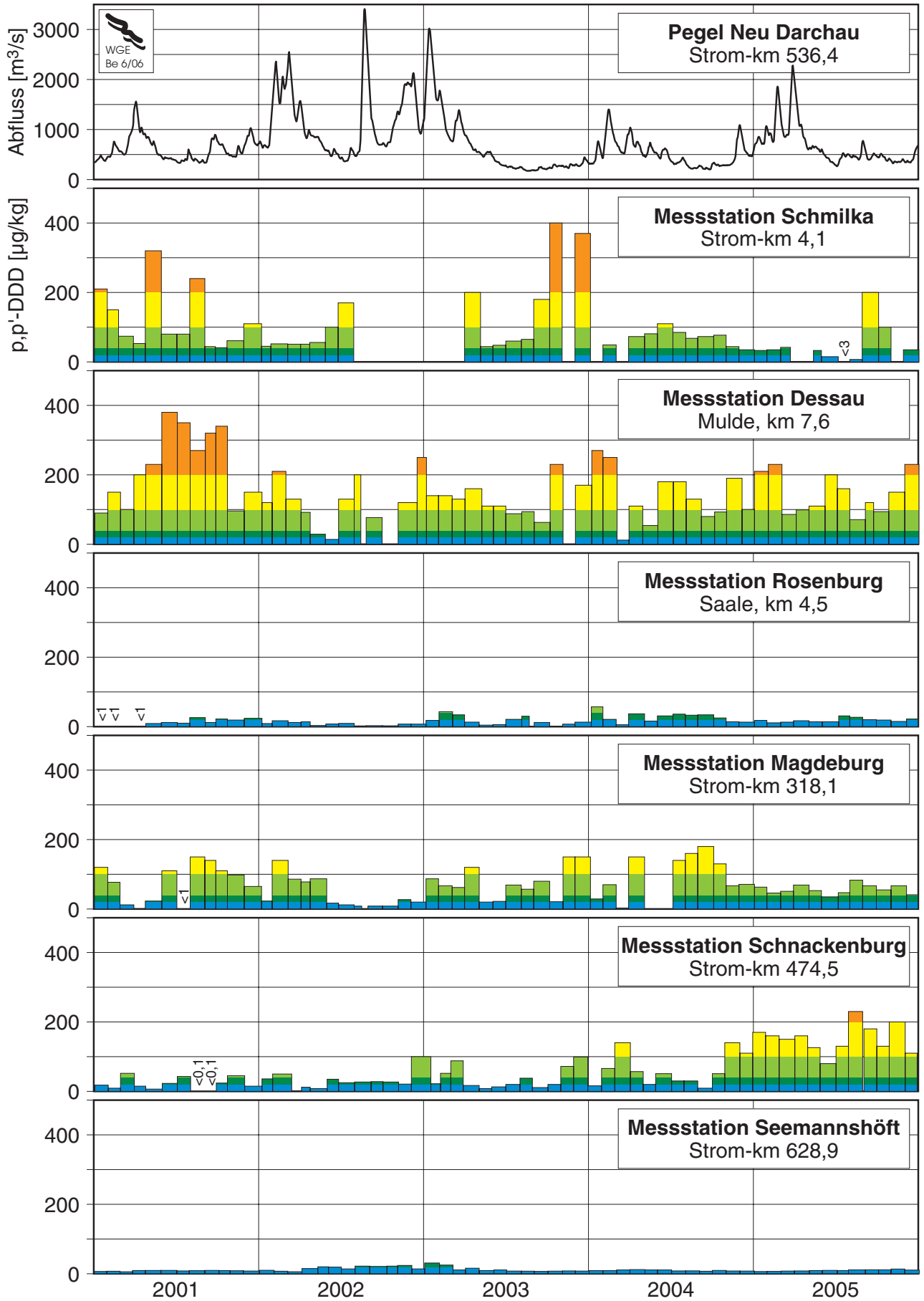


Abb. 23 p,p'-DDD in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

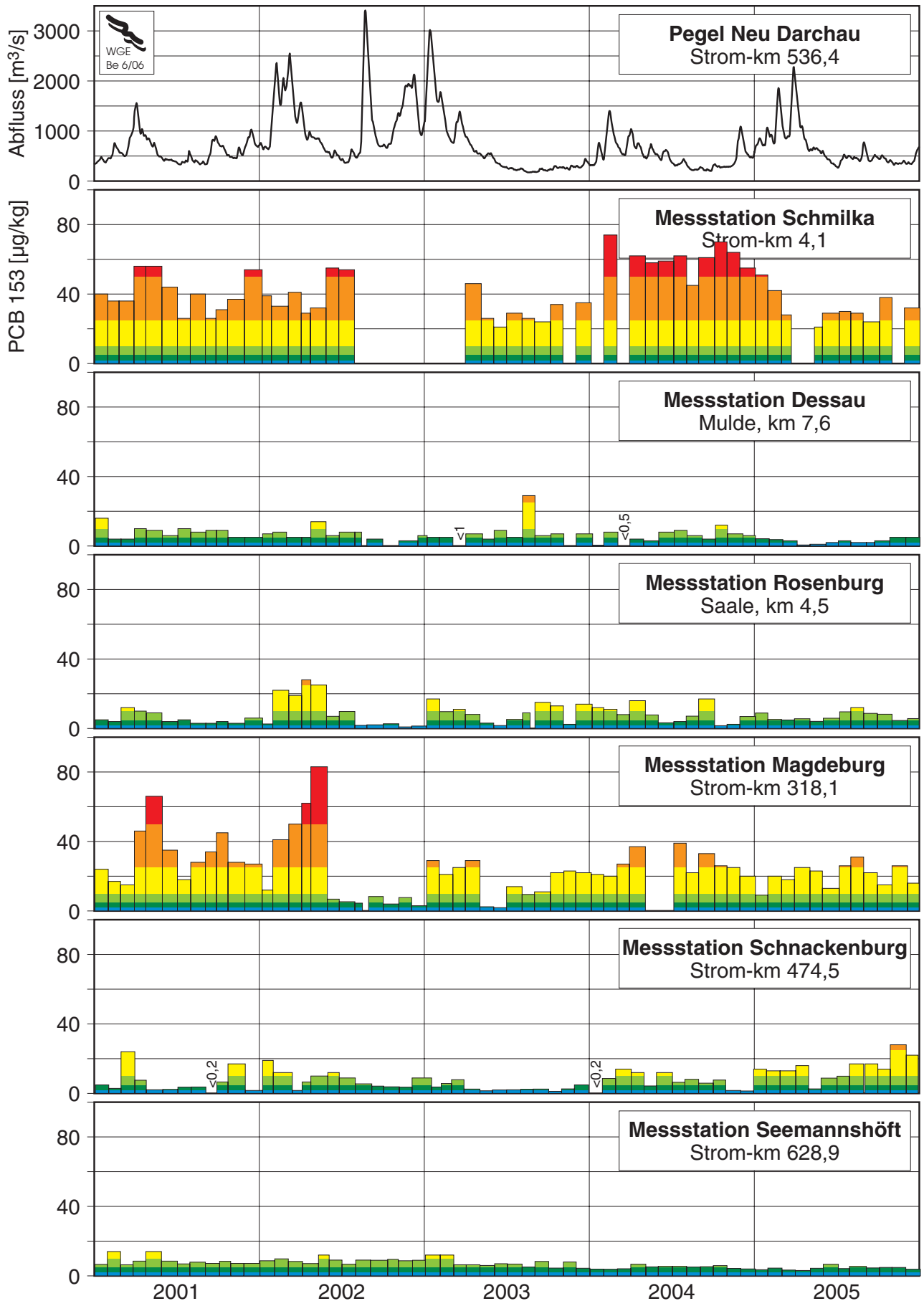


Abb. 24 PCB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl) in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten

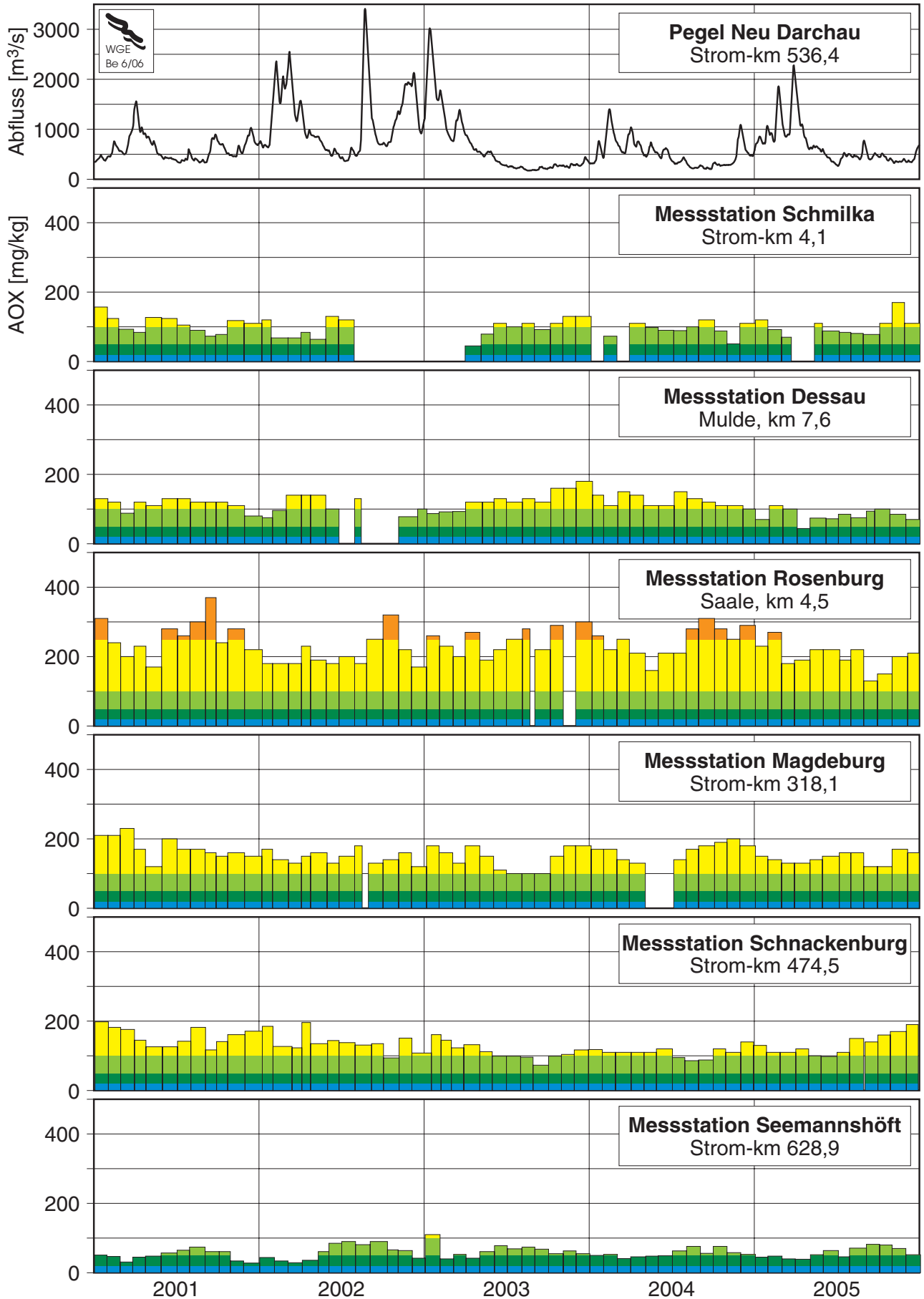


Abb. 25 AOX in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

te Trichlormethan 2005 mit 2 500 kg/a. Bei Schnackenburg wurde 2005 eine Trichlormethan-Menge von <83 kg/a ermittelt. Geringer, aber noch auffällig, war 2005 die Menge

des Tetrachlorethens mit 540 kg/a bei Schmilka/ Hrensko. Insgesamt wurde bei den leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen ein abnehmender Trend beobachtet.

7. Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)

Wie in den Vorjahren wurden an den Messstellen der Elbe und der größeren Nebenflüsse Wasserproben auf die folgenden Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel untersucht:

- Dimethoat
- Parathion-methyl
- Simazin
- Atrazin
- Desethylatrazin
- Terbuthylazin
- Sebuthylazin
- Propazin
- Ametryn
- Prometryn
- Terbutryn
- Hexazinon
- Metolachlor
- Metazachlor
- Lenacil

Die meisten Werte lagen 2005 unter der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l. Atrazin und

Desethylatrazin hingegen wiesen höhere Werte auf (Abb. 26 u. 27). Auffällig ist, dass die Maxima in den Vorjahren in der Vegetationsperiode im Mai bis August auftraten, also dann, wenn Herbizide normalerweise eingesetzt werden. Für das Herbizid Atrazin besteht schon seit längerem ein Verwendungsverbot. Desethylatrazin ist ein Metabolit (Abbauprodukt) des Atrazins. 2005 gab es bei Schmilka, Zehren, Dommitzsch und Magdeburg kein auffälliges Maximum mehr. Bei Schnackenburg hingegen trat ein Maximum des Atrazins im Mai auf (24.05. 0,2 µg/l), das auch in den Hamburger Messwerten bei Zollenspieker und Seemannshöft erkennbar war.

In den Unterläufen der großen Nebenflüsse Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel gab es 2005 für Atrazin keine auffälligen Werte. Hier wurden gelegentlich Simazinwerte über der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l beobachtet. Vereinzelt wurden auch weitere Stoffe der PBSM-Liste nachgewiesen.

8. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die folgenden 16 PAK der EPA-Liste werden regelmäßig in Wasserproben und frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe untersucht:

- Naphthalin
- Acenaphthylen
- Acenaphthen
- Fluoren
- Phenanthren
- Anthracen
- Benzo(a)anthracen
- Dibenz(ah)anthracen

- Fluoranthen
- Benzo(b)fluoranthen
- Benzo(k)fluoranthen
- Pyren
- Benzo(a)pyren
- Indeno(1,2,3-cd)pyren
- Chrysen
- Benzo(ghi)perylen

Die Summe dieser 16 PAK ergab 2005 an den Messstellen der Elbe, an denen die vollständige EPA-Liste der PAK untersucht wird, die folgenden 90%-Werte:

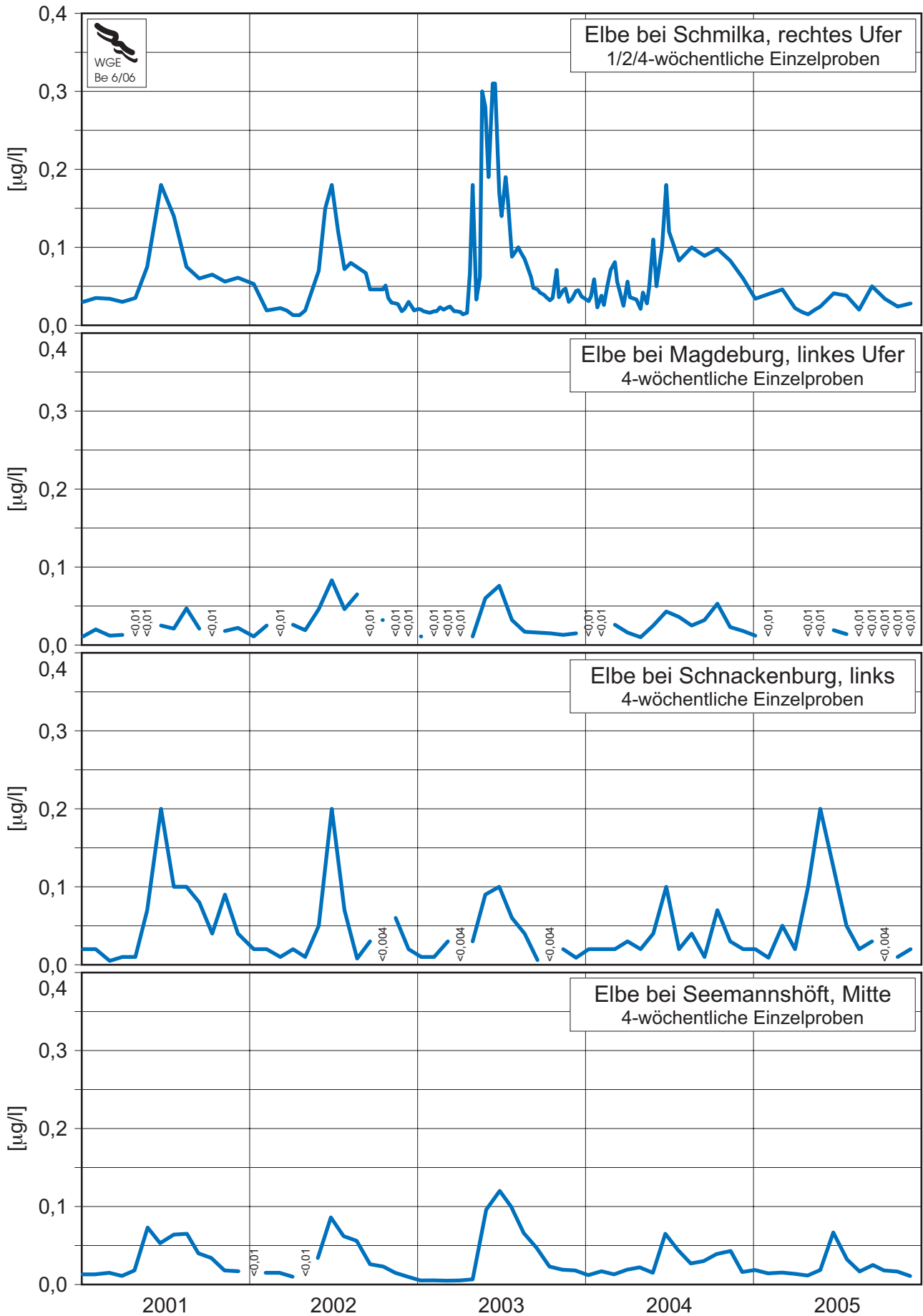


Abb. 26 Atrazin in Wasserproben - 2001-2005

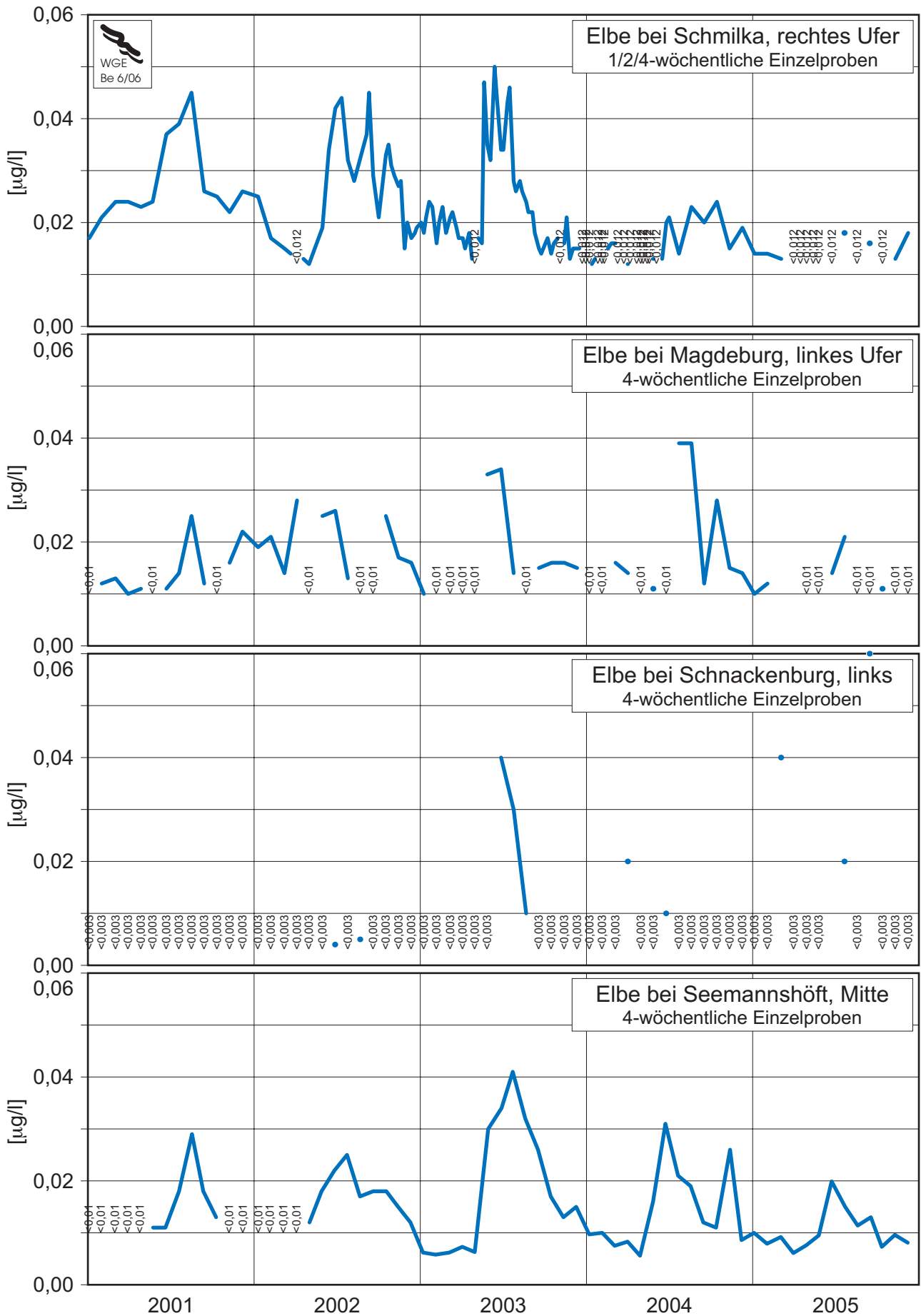


Abb. 27 Desethylatrazin in Wasserproben - 2001-2005

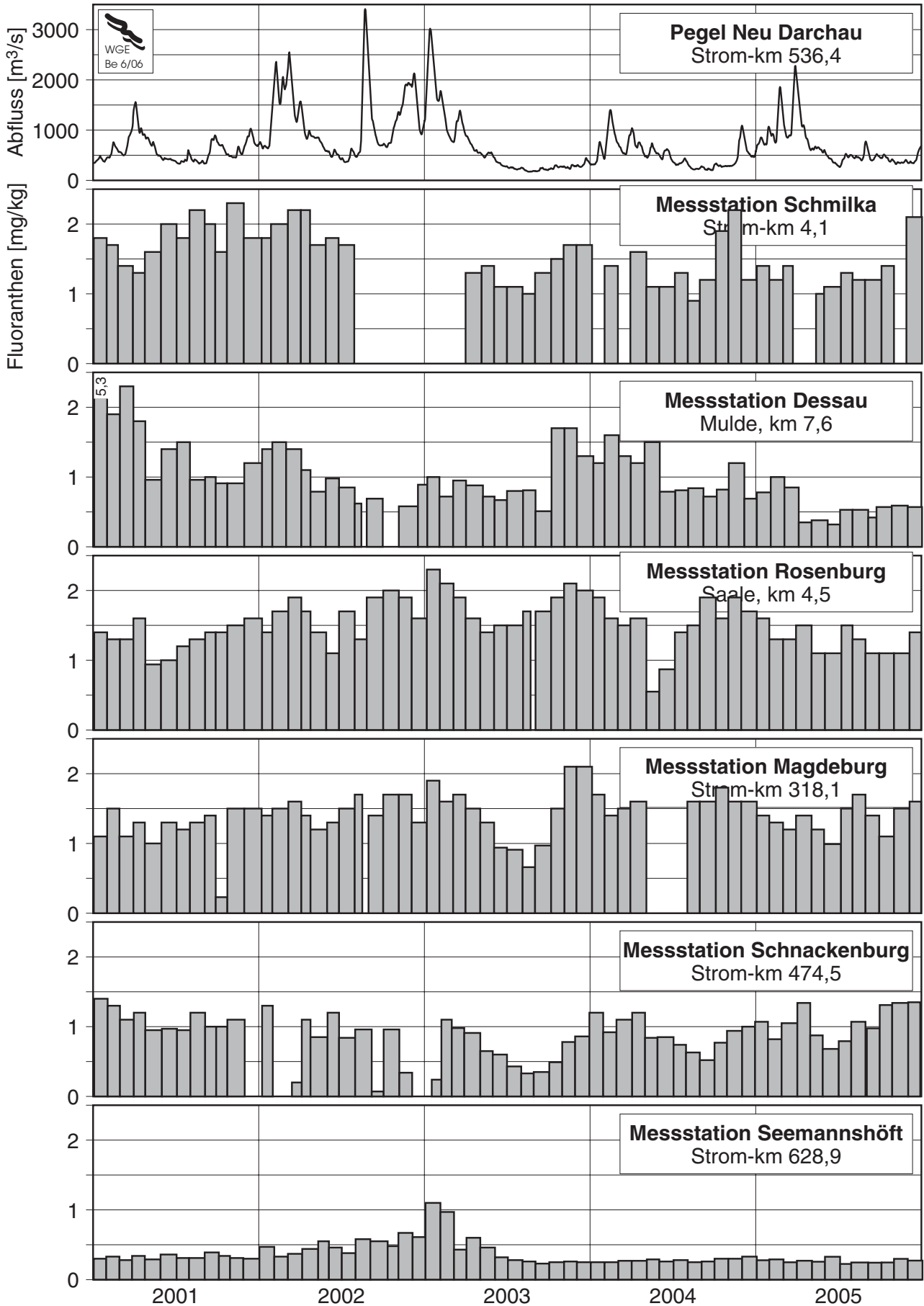


Abb. 28 Fluoranthene in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

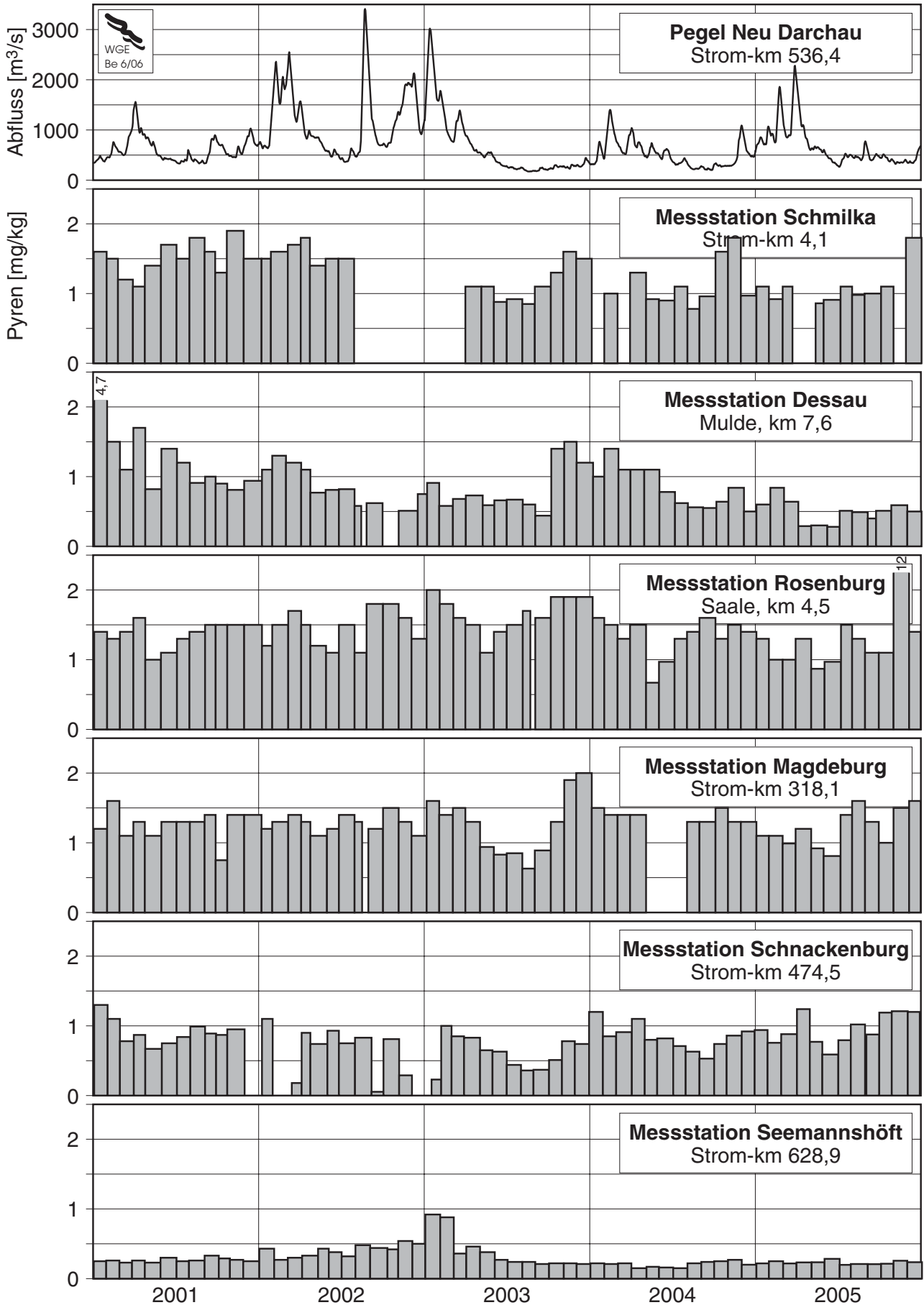


Abb. 29 Pyren in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

2005 - Summe PAK (16er EPA-Liste)

	Wasser [µg/l]	frisches Sediment [mg/kg]
Schmilka	0,11	9,8
Zehren	0,14	11
Dommitzsch	0,16	9,0
Schnackenburg	0,09	8,0
Bunthaus	-	6,2
Seemannshöft	0,13	1,9
Grauerort	-	1,8
Cuxhaven	-	0,39

Diese Aufstellung zeigt, dass die PAK sich deutlich in den frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten anreichern. Die PAK-Gehalte in diesem Kompartiment zeigen einen fallenden Gradi-

enten von Schmilka bis Hamburg. Die PAK-Gehalte im Wasser hingegen zeigen keinen Gradienten entlang der Elbe.

Fluoranthen und Pyren (Abb. 28 und 29) gehören zu den PAK mit den höchsten Gehalten in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten. In dem deutschen Abschnitt der Elbe zeigen die Messwerte keinen besonderen Belastungsschwerpunkt an. In den großen Nebenflüssen Schwarze Elster, Mulde und Saale weicht das Muster der 16 PAK-Konzentrationen etwas von dem Muster in der Elbe ab. Ein erheblicher Teil der PAK dürfte diffus in die Gewässer eingetragen werden.

9. Organozinnverbindungen

Bei den Organozinnverbindungen (Abb. 30 und 31) gibt es die zwei bekannten Belastungsschwerpunkte: Der Unterlauf der Mulde und der Hamburger Hafen. In beiden Bereichen haben Sanierungsmaßnahmen seit 1994 zu einem Rückgang der Belastung geführt. Die Belastung mit Monobutylzinn in der Mulde stammt aus Altlasten der Chemieindustrie im Raum Bitterfeld/Wolfen und gelangt zum größten Teil über den Spittelwassergraben in die Mulde. Die aufwendige Sanierung dieser Altlasten läuft, wie schon bei der Beschreibung der HCH-Isomere ausgeführt (siehe Kap. 6).

2005 wurden beim Monobutylzinn niedrigere Gehalte als im Vorjahr beobachtet. Von Werftbetrieben in Hamburg stammt die Belastung mit Tributylzinn, das in Anti-Fouling-Farben enthalten ist. Bei Wartungsarbeiten wird der Anstrich von dem Unterwasserschiff entfernt. Das abgestrahlte Material gelangt zu einem kleineren Teil in die Elbe. Die verbesserten Rückhaltemaßnahmen in den Schwimmdocks zeigen Wirkung und führen zu langsam fallenden Konzentrationen im Sediment. An der Messstation Seemannshöft wurde 2005 noch immer die ARGE-ELBE-Güteklasse III erreicht.

10. Chlorierte Ether in der Elbe, Mulde und Saale

10.1 Einleitung

In einem Sondermessprogramm der ARGE ELBE wurde 1992-94 durch erste orientierende Messungen nachgewiesen, dass die Elbe mit Chlorierten Ethern (Haloethern) stark belastet ist.

In dem ARGE-ELBE-Bericht „Chlorierte Ether in Wasser- und Fischgewebeprobe der Elbe und ihrer Nebenflüsse (1992-2000)“ wurden Messwerte der ersten 9 Jahre ausgewertet. Die Chlorierten Ether wurden als elberelevant eingestuft. Sie sind zudem potenziell trinkwasserrelevant, weil bei einer Bodenpassage des Elbe-

wassers nur ein Teil dieser Stoffe zurückgehalten wird. Erste Untersuchungen zu Metabolismus und toxikologischen Wirkmechanismen weisen auf ein mögliches genotoxisches Potenzial der isomeren Bis(dichlorpropyl)ether hin. Die **Tetrachlorierten Ether** wurden als zu überwachende Stoffgruppe festgelegt. Als wichtige Eintragsquelle wurde ein chemischer Betrieb in Ustí nad Labem festgestellt. Bei der Epichlorhydrin-Herstellung entstanden hier als Abfall-/Nebenprodukt Tetrachlorierte Ether und gelangten in die Elbe. Durch eine technische Umstellung im Betrieb Mitte der 1990er Jahre

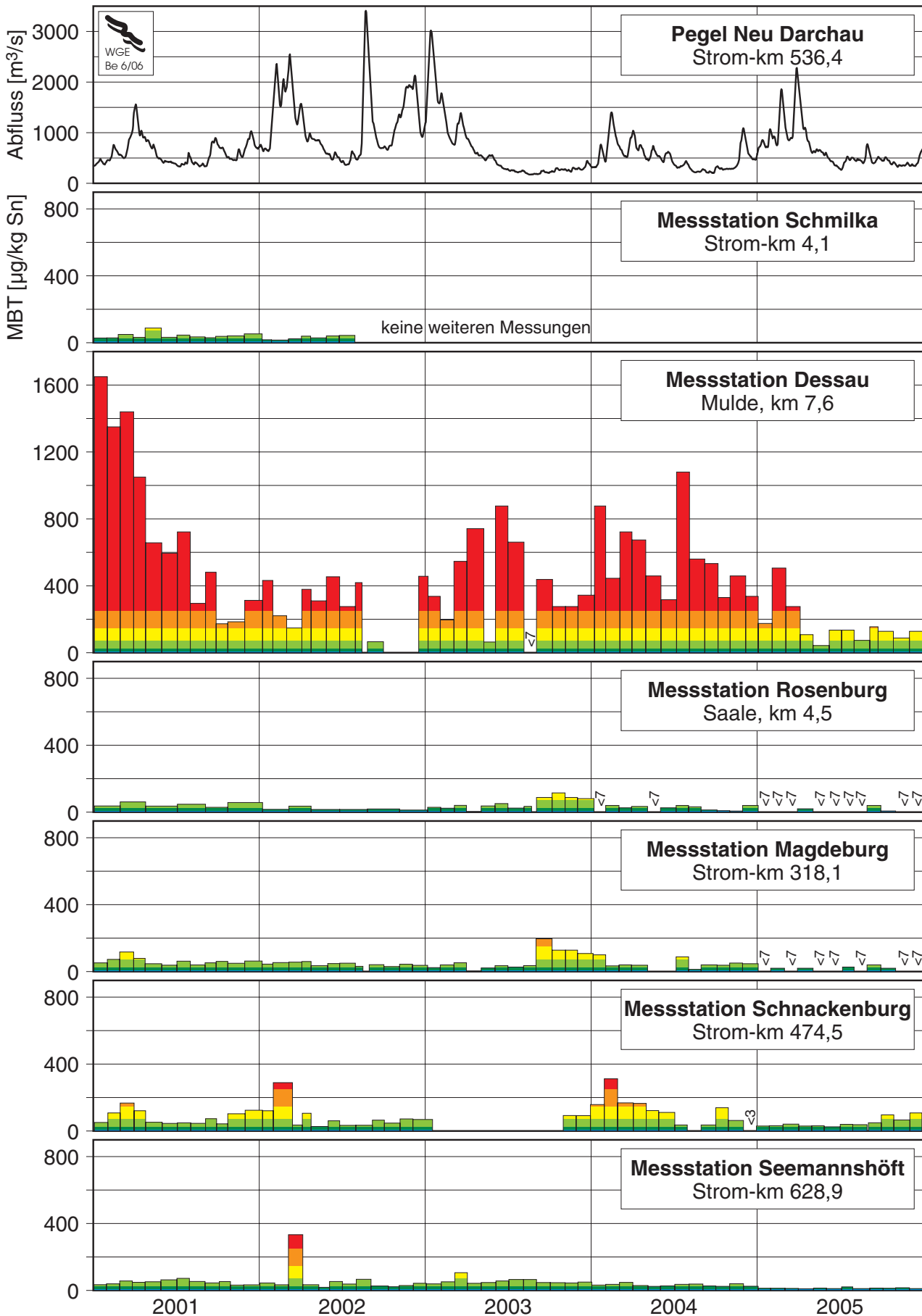


Abb. 30 Monobutylzinn in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

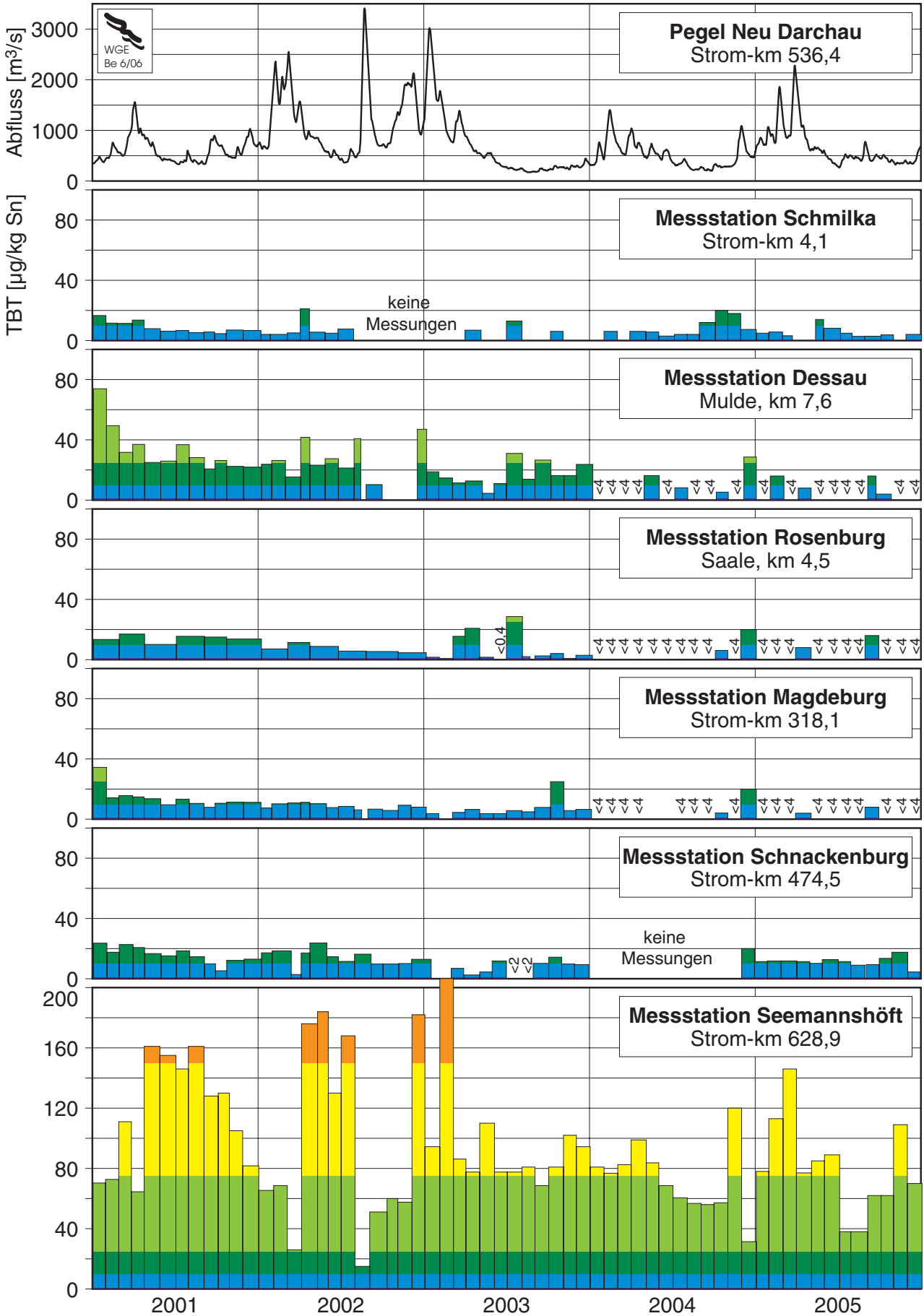


Abb. 31 Tributylzinn in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten - 2001-2005

konnte der Eintrag erheblich gesenkt werden. Es kam allerdings durch technische Probleme zu Rückschlägen bei der Sanierung. Zeitweilig gegenüber den Hamburger Werten erhöhte Chlorierte-Ether-Gehalte bei Grauerort konnten bisher keiner Quelle zugeordnet werden.

Eine Abnahme der Gehalte der Chlorierten Ether entlang des Flusslaufes wurde hauptsächlich durch eine Ausgasung aus dem Gewässer erklärt, weil der Dampfdruck der Chlorierten Ether relativ hoch ist. Eine deutlich geringere Rolle bei dem Konzentrationsrückgang spielt der biogene Abbau durch speziell angepasste Bakterien.

10.2 Probennahme und Analyse

Seit 1995 werden die 3 Tetrachlorierten 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

im Rahmen des IKSE- und ARGE-Elbe-Messprogramms durchgängig überwacht. Für die Messung dieser Verbindungen werden an den Stellen

Elbe bei Schmilka (linkes und rechtes Ufer)
 Elbe bei Zehren (linkes und rechtes Ufer)
 Elbe bei Domnitzsch (linkes und rechtes Ufer)
 Mulde bei Dessau (Flussmitte, ab 2005)
 Saale bei Rosenberg (Flussmitte)
 Elbe bei Magdeburg (linkes Ufer, bis 2004 auch rechtes Ufer)
 Elbe bei Schnackenburg (Strommitte)
 Elbe bei Zollenspieker (Strommitte)
 Elbe bei Grauerort (Strommitte)

alle 4 Wochen Wasserproben geschöpft. In Sachsen werden zusätzlich auch Wochenmisch-

10.3 Ergebnisse

In den Abbildungen 32 bis 34 sind die Tetrachlorierten-Ether-Messungen an Einzelproben für die Jahre 2000 bis 2005 als Box&Whisker-Plot aufgetragen, um einen einfachen statisti-

Aufgrund der guten Wasserlöslichkeit und eines n-Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten für Tetrachlorierte Ether von 2,84 bis 2,94 wurde eine eher geringe Anreicherung in Sedimenten und Fischen erwartet. Es wurden allerdings bei einigen Fischen recht hohe Konzentrationen im Gewebe gefunden, die auf die zeitweilige Spitzenbelastung im Wasser zurückgeführt wurden. Der Mensch würde diese Stoffe hauptsächlich über die Atemluft (Dämpfe am Arbeitsplatz) oder über das Trinkwasser aufnehmen.

proben, die aus den automatischen Messstationen Schmilka, Zehren und Domnitzsch stammen, untersucht. Im August 2002 wurde die technische Einrichtung der Messstation Schmilka, darunter die automatischen Mischprobennehmer, durch das Hochwasser zerstört. Als Ersatz für die Wochenmischproben wurden deshalb von September 2002 bis Juni 2004 wöchentlich Einzelproben am rechten Ufer in Schmilka genommen.

Die Analysen erfolgten bis 1999 durch das Institut für Organische Chemie der Universität Hamburg. Seit dem Jahr 2000 messen die jeweiligen Länderlaboratorien die Wasserproben aus ihrem Elbeabschnitt. Die niedersächsischen Proben aus Schnackenburg und Grauerort werden von dem Institut für Hygiene und Umwelt (Behörde für Wissenschaft und Gesundheit, Hamburg) zusammen mit den Proben aus Zollenspieker und Seemannshöft untersucht. An diesen 4 Stellen werden zusätzlich auch Bis[2-chlorethyl]ether und 1,7-Dichlor-3,5-dioxaheptan gemessen.

schon Vergleich der Jahresdatensätze zu ermöglichen. Nach oben und unten vom Median („Taille“ der Figur) ist die Standardabweichung des Medians als Einschnürung dargestellt.

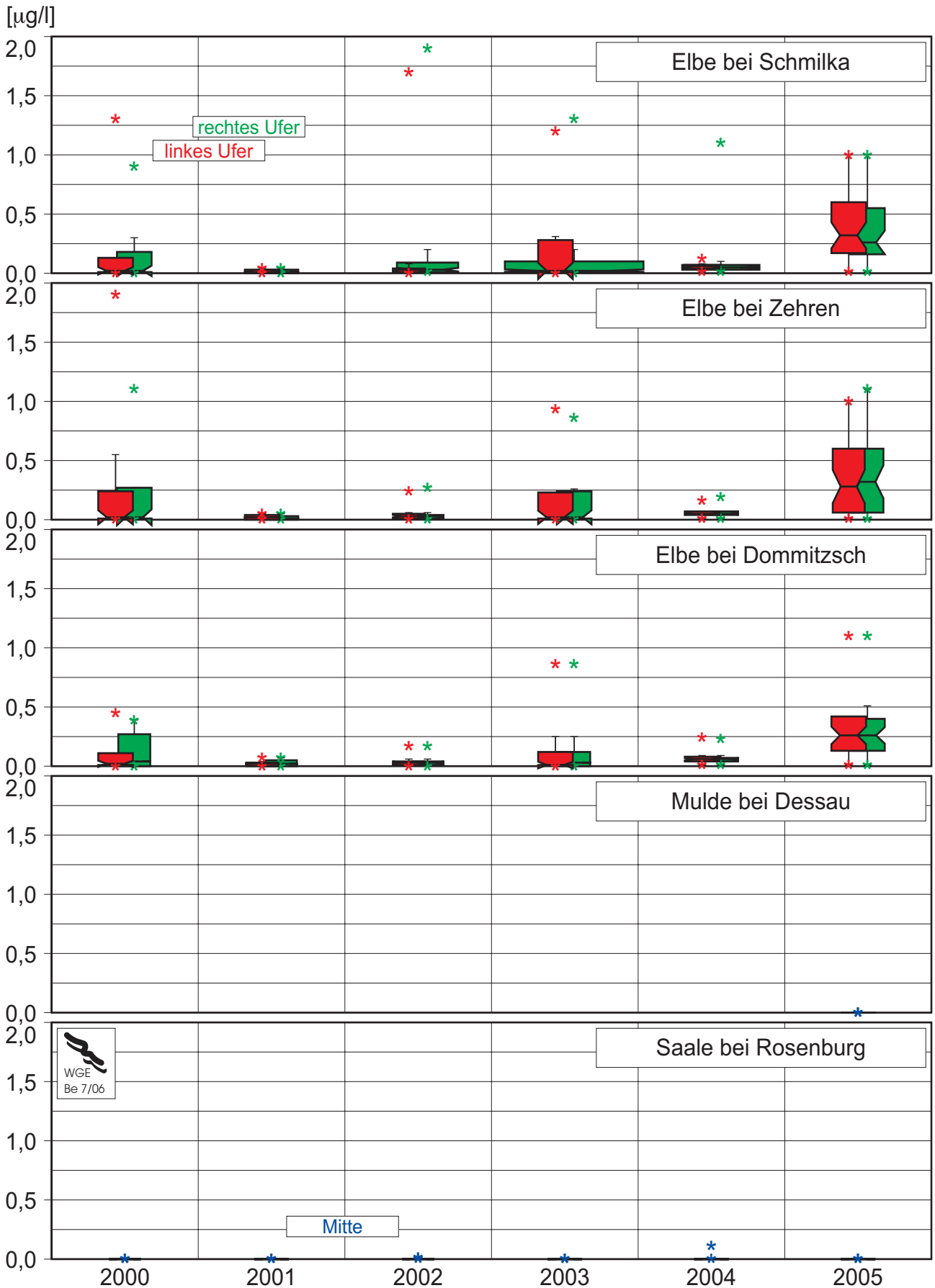


Abb. 32a Bis[1,3-dichlor-2-propyl]ether in Einzelproben der Elbe und Nebenflüssen

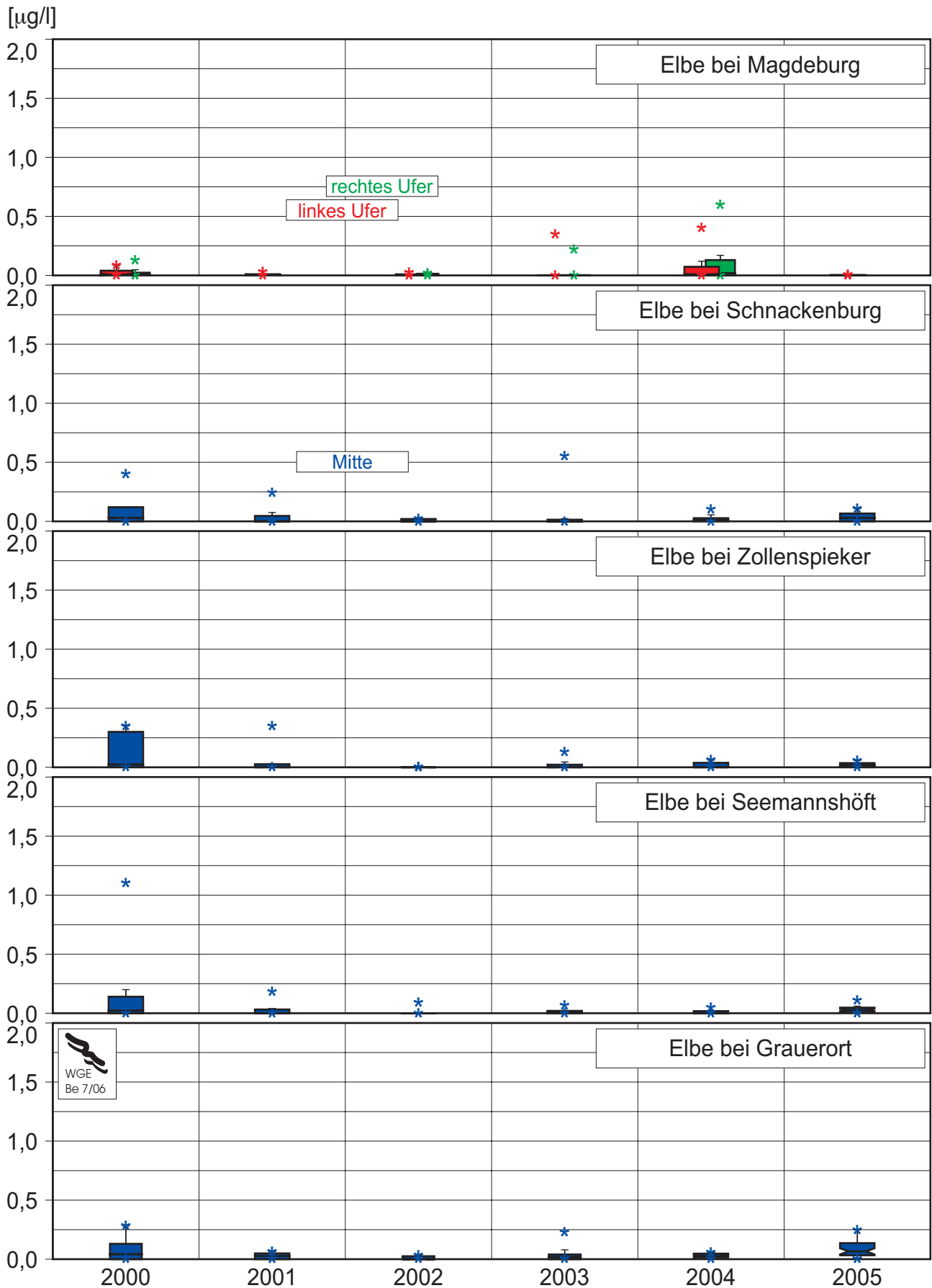


Abb. 32b Bis[1,3-dichlor-2-propyl]ether in Einzelproben der Elbe und Nebenflüssen

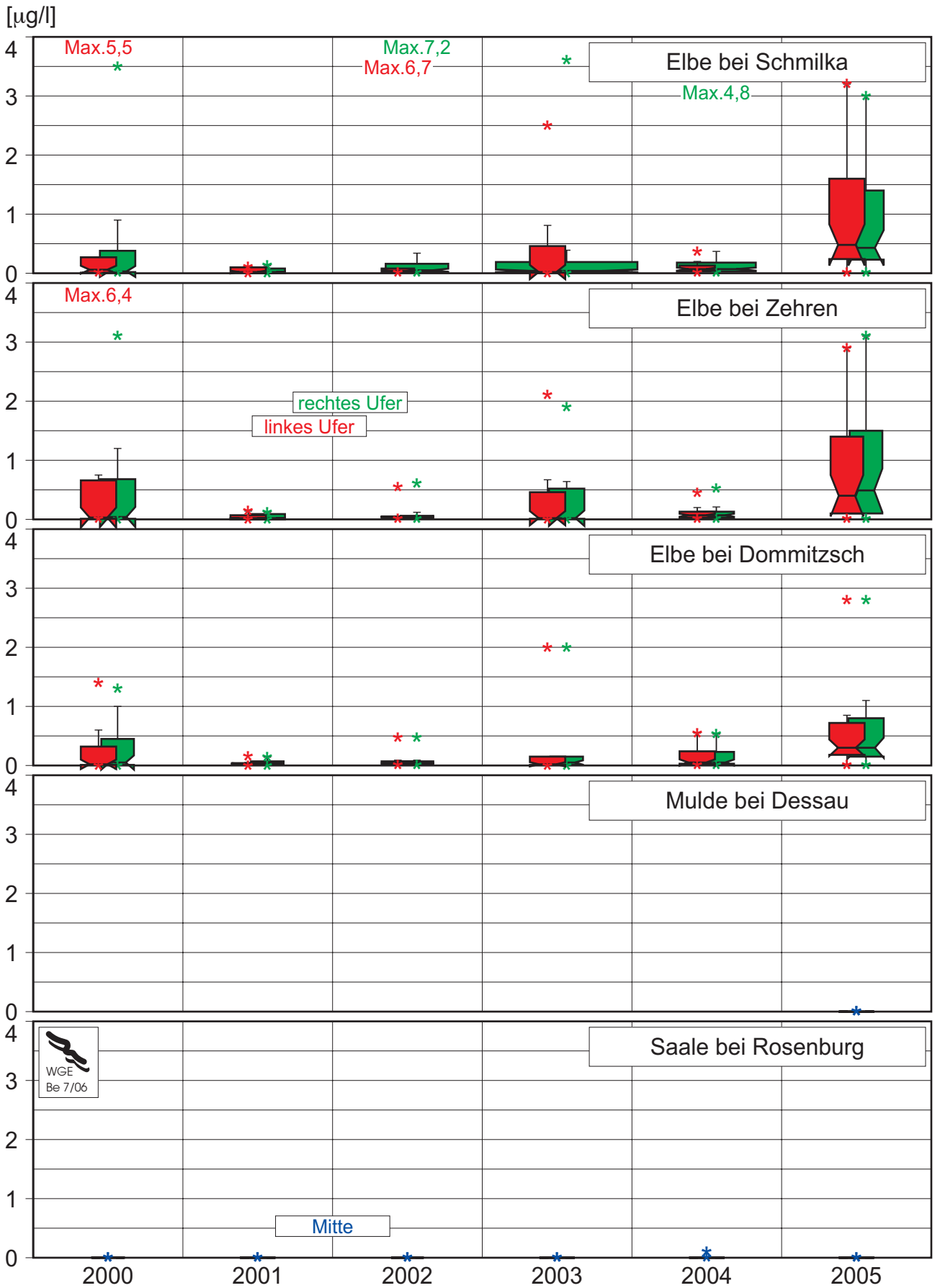


Abb. 33a Bis[2,3-dichlor-1-propyl]ether in Einzelproben der Elbe und Nebenflüssen

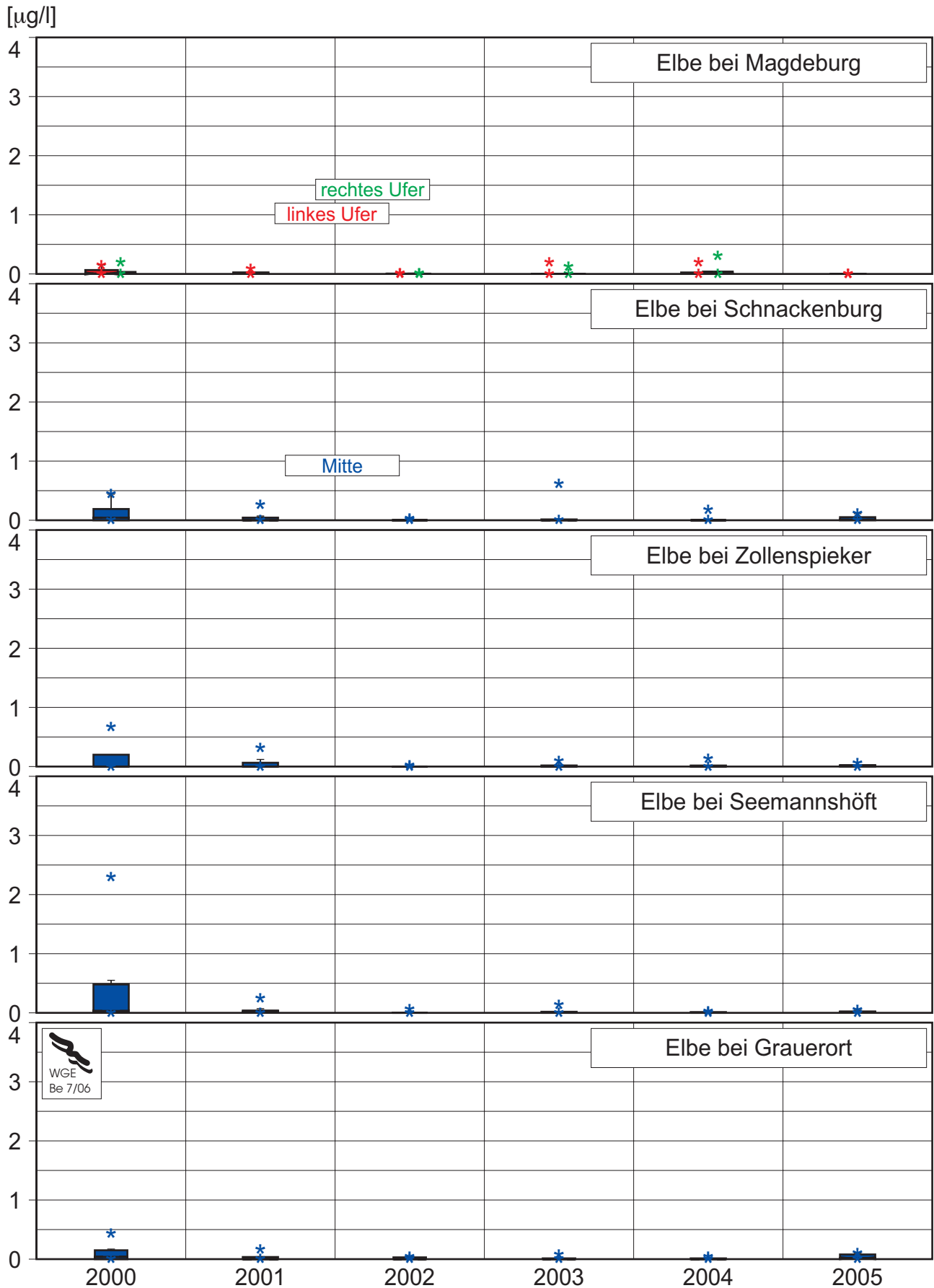


Abb. 33b Bis[2,3-dichlor-1-propyl]ether in Einzelproben der Elbe und Nebenflüssen

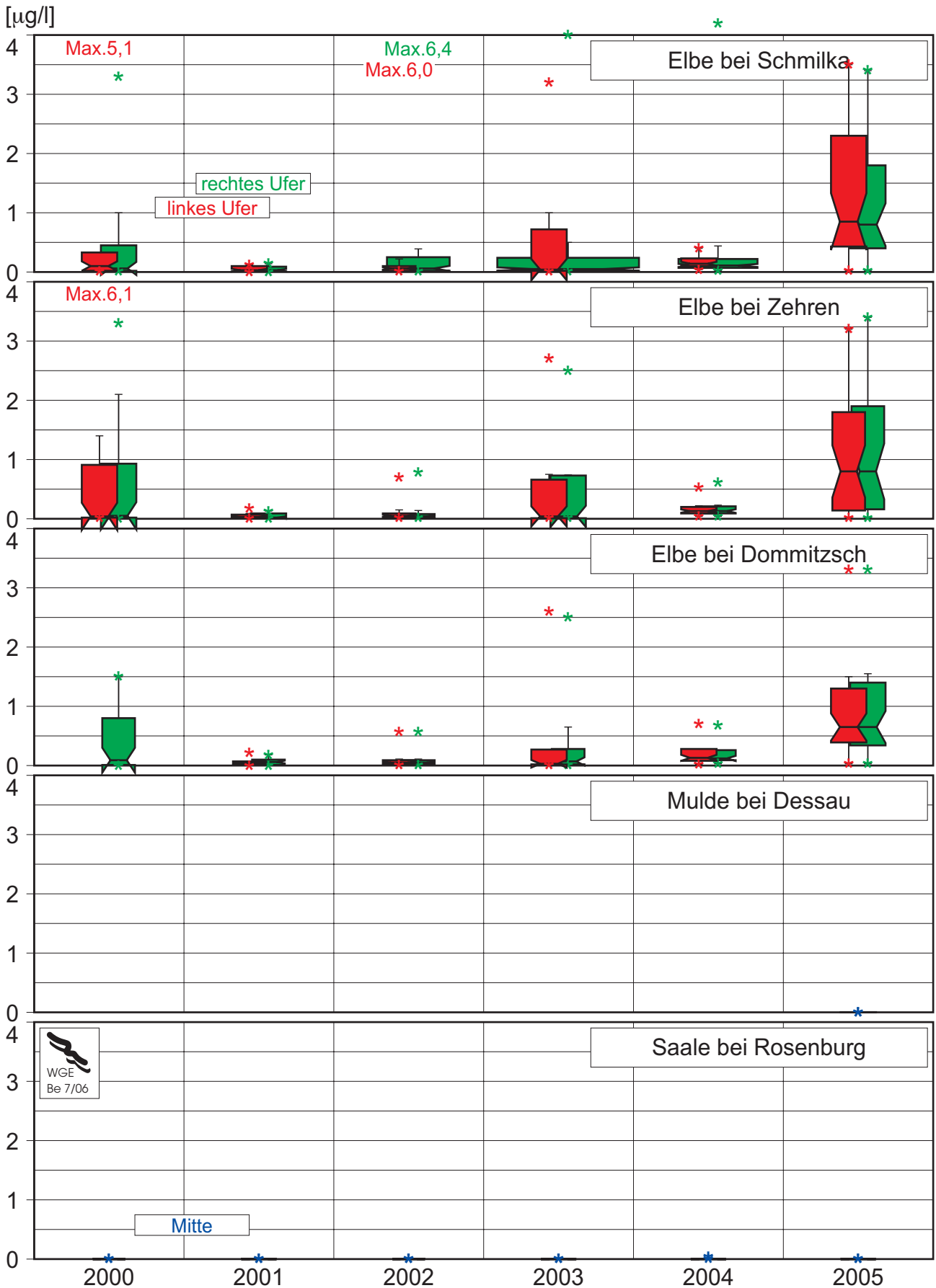


Abb. 34a 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether in Einzelproben der Elbe und Nebenflüssen

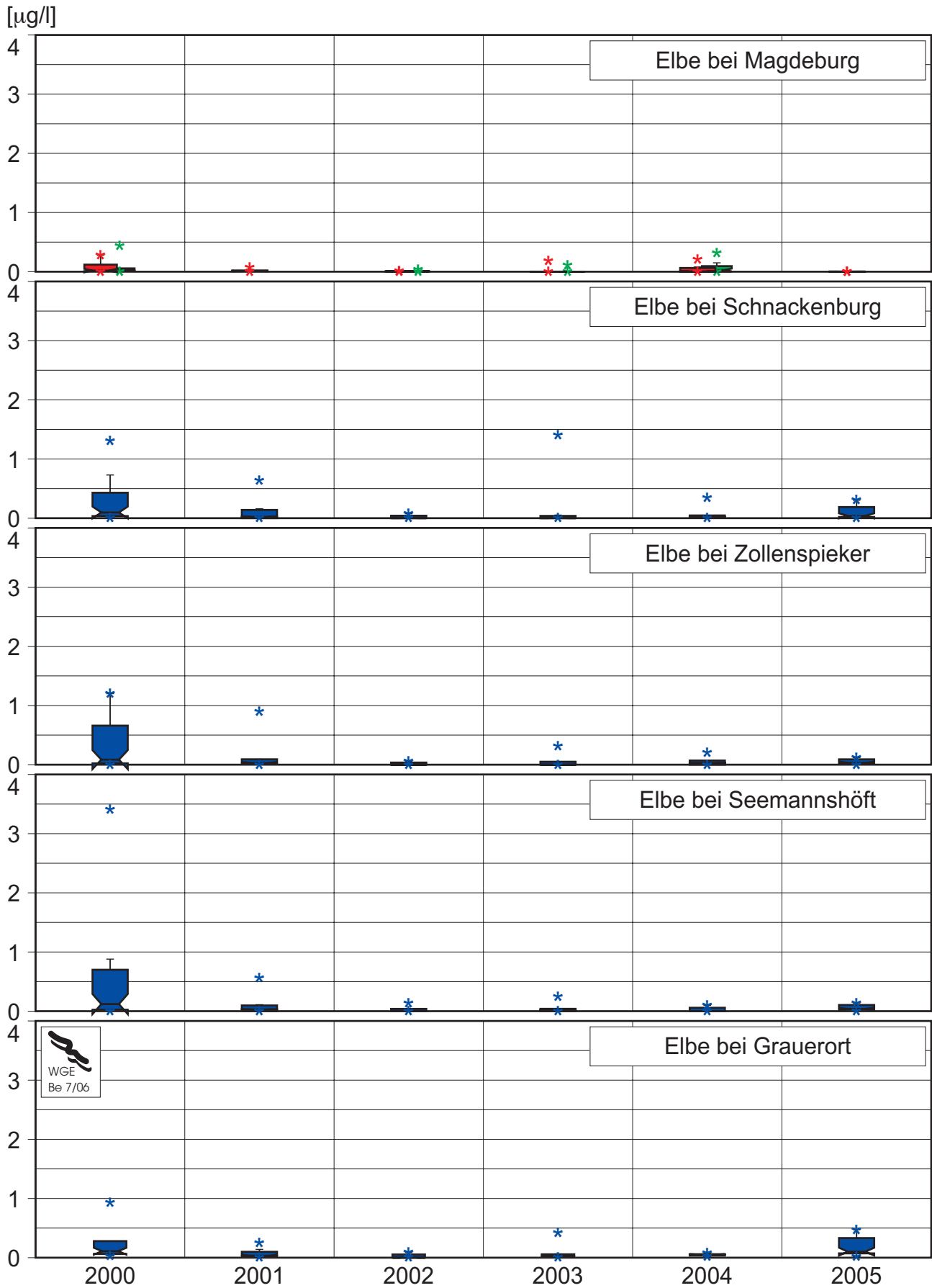


Abb. 34b 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichloro-1-propylether in Einzelproben der Elbe und Nebenflüssen

Überlappen sich die Streubereiche der Standardabweichung zweier Datensätze **nicht**, so sind diese statistisch signifikant verschieden. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt dabei höchstens 5%. Die Breite der Figur steht für die Anzahl der Messungen im Jahr, die in der Regel 13 beträgt. Farblich rot und grün differenziert sind die Proben, die am linken und rechten Ufer genommen wurden.

Die höchsten Konzentrationen in dem betrachteten Zeitraum wurden 2002 bei Schmilka gemessen. Der mittlere Gehalt (Median) lag aber bei Schmilka für alle 3 Stoffe von 2000 bis 2004 unter $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$. 2004 wurde 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether im Mittel etwas über $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$ gemessen. Im Jahr 2005 waren die Chlorigen-Ether-Gehalte bei Schmilka signifikant höher und stiegen gegenüber 2004 um Faktor 5 bis 7 an. An den stromab liegenden Messstellen Zehren und Domnitzsch wurde der gleiche Anstieg beobachtet. Im Jahr 2005 muss es folglich in Tschechien einen erhöhten Eintrag von Tetrachlorigen Ethern gegeben haben. Die Werte in den Nebenflüssen Mulde und Saale lagen fast immer unter der Bestimmungsgrenze von $0,001 \mu\text{g}/\text{l}$. Einen nennenswerten Eintrag aus den beiden Nebenflüssen in die Elbe hat es nach diesen Werten nicht gegeben. Bei Magdeburg zeigen die Werte hingegen von 2004 auf 2005 eine Abnahme auf ein sehr niedriges Niveau. Die Medianwerte der 3 Stoffe betragen hier 2005 zwischen $<0,001$ und $0,001 \mu\text{g}/\text{l}$. Weiter stromab von Schnackenburg bis Grauerort ist der Anstieg der Werte des Jahres 2005 gegenüber 2004 wieder zu sehen. Vergleicht man die Median-Werte des Jahres 2005 an den Stellen Seemannshöft und Grauerort, so liegen bei Grauerort Bis[1,3-dichlor-2-propyl]ether um Faktor 2 und 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether um Faktor 3 höher, Bis[2,3-dichlor-1-propyl]ether bleibt auf dem gleichen Niveau. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant. Es wird davon ausgegangen, dass es im Jahr 2005 auf der Strecke zwischen Hamburg und Grauerort einen zusätzlich Eintrag der beiden erstgenannten Stoffe gegeben hat. Auch in den 1990er Jahren hatte es in diesem Bereich zeitweilig ähnliche Befunde gegeben, deren Ursache nicht aufgeklärt wurde.

Abb. 35 zeigt den zeitlichen Verlauf der Messwerte aus Wochenmischproben an den sächsischen Messstationen von 2004 bis 2005. Gut erkennbar ist, dass das Stoffmuster (Verhältnis der Konzentrationen der 3 Tetrachlorigen Ether zueinander) weitgehend gleich bleibt. Eine Auswertung der Werte aus Einzelproben ergab, dass dieses Stoffmuster stromab bis Seemannshöft erkennbar ist. Erst bei Grauerort kommt es zu einer Verschiebung der Konzentrationsverhältnisse. Auffällig in Abb. 35 sind 2 Peaks im Juni und Oktober 2005, die sich über 2 bis 3 Wochen erstrecken und an allen 3 aufgetragenen Stellen ausgeprägt sind. Aber auch ein Vergleich der niedrigeren Werte der beiden Jahre zeigt im Jahr 2005 ein höheres Niveau als 2004. Die größeren Mengen in 2005 sind also nicht nur auf 2 Einzelereignisse zurückzuführen. Vielmehr ist der Eintrag Tetrachloriger Ether 2005 insgesamt über das ganze Jahr gegenüber 2004 angestiegen.

Um eine Vorstellung über die Mengen der erfassten Chlorigen Ether zu bekommen, wurden auf der Basis aller Messwerte Jahresfrachten abgeschätzt. In Tab. 3 sind die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt. An den Stellen Schmilka, Zehren und Domnitzsch sind jeweils 2 Werte angegeben, weil hier sowohl an Einzelproben als auch an Wochenmischproben gemessen wird. Die Jahresfrachten aus Wochenmischproben sind repräsentativer als jene aus Einzelproben, weil 52 Wochenmischproben jeweils 13 Einzelproben pro Jahr gegenüberstehen und eine Wochenmischprobe ein „nasser“ Mittelwert der jeweiligen Woche ist. Die Ergebnisse aus den Einzelproben sind trotzdem zusätzlich angegeben, um einen Vergleich mit den stromab gelegenen Messstellen auf der gleichen statistischen Basis durchführen zu können.

Naturgemäß bildet sich in den Frachtwerten der gleiche zeitliche und räumliche Verlauf wie in den zugrunde gelegten Konzentrationswerten aus. Es gibt einen Anstieg von 2004 auf 2005 an allen Elbe-Messstellen außer Magdeburg. Bei Grauerort findet man im Jahr 2005 höhere Werte als bei Seemannshöft. 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether zeigt die höchsten Frachtmengen. Dabei wurde die größte Stoffmenge für die Stelle Seemannshöft im

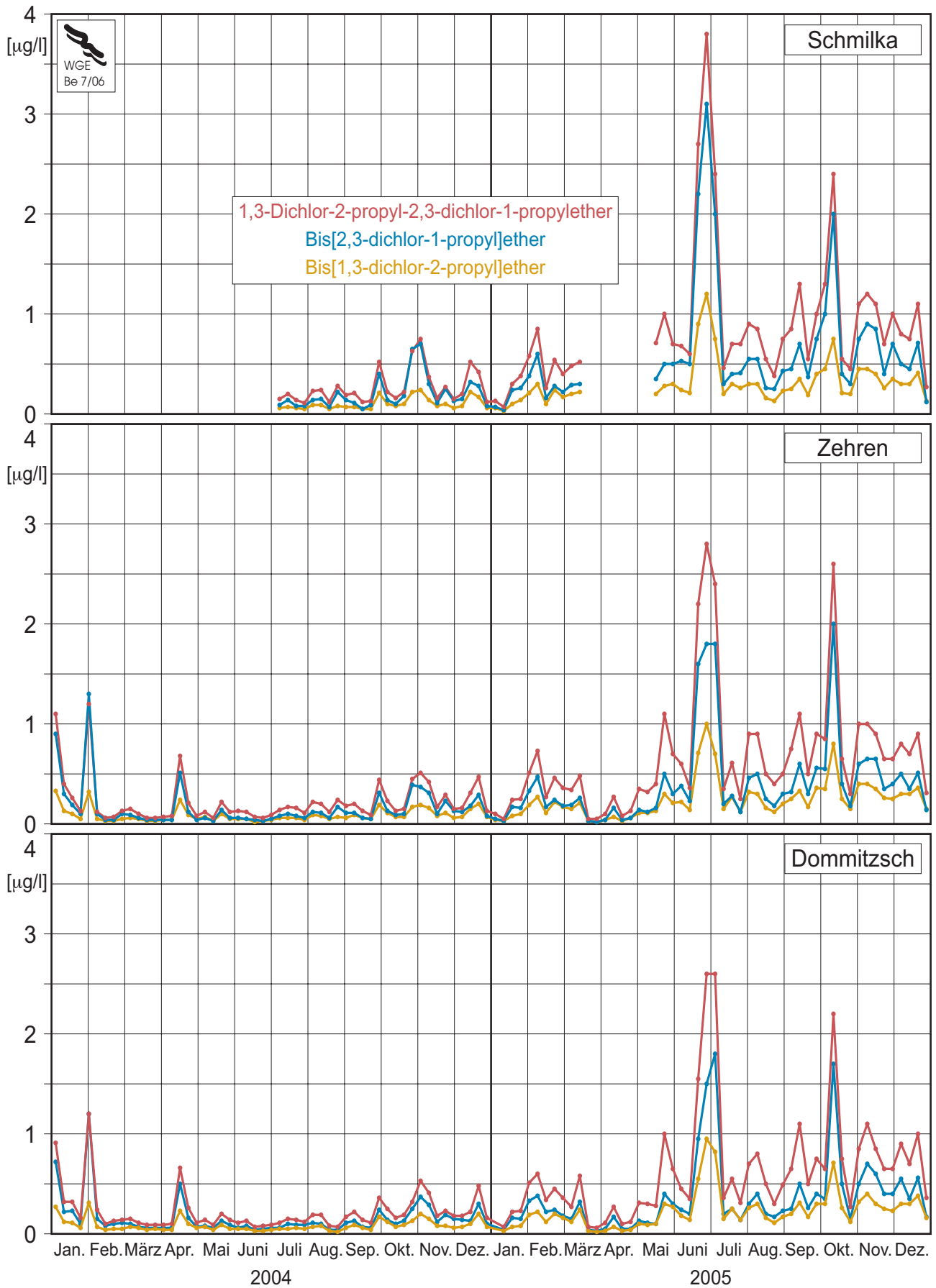


Abb. 35 Chlorierte Ether in Wochenmischproben der Elbe in Sachsen

Tab. 3 Abschätzung der Chlorierte-Ether-Jahresfrachten der Elbe, berechnet auf der Basis von Einzelproben/ Wochenmischproben

Strom-km	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Bis[1,3-dichlor-2-propyl]ether [t/a]							
Elbe bei Schmilka	3,9	1,7/ 1,1	0,19/ 0,62	2,0/ 0,88	0,51	0,49	2,6/ 2,3
Elbe bei Zehren	89,7	2,0/ 0,97	0,15/ 0,44	0,70/ 1,1	0,53/ 0,63	0,43/ 0,64	2,5/ 2,0
Elbe bei Dommitzsch	172,6	0,88/ 1,1	0,23/ 0,70	0,60/ 1,2	0,57/ 0,67	0,52/ 0,67	2,4/ 1,9
Mulde bei Dessau							<0,0025
Saale bei Rosenberg		<0,0034	<0,0085	<0,0099	<0,0031	0,060	<0,0032
Elbe bei Magdeburg	318,1	0,27	0,094	0,26	0,16	0,53	0,031
Elbe bei Schnackenburg	474,5	1,2	0,61	<0,69	0,47	0,30	0,69
Elbe bei Zollenspieker	598,7	1,7	1,1	<0,84	0,32	0,26	0,37
Elbe bei Seemannshöft	628,8	2,5	0,70	<0,92	0,37	0,22	0,54
Elbe bei Grauerort	660,5	1,8	0,63	<0,96	0,75	0,39	1,4
Bis[2,3-dichlor-1-propyl]ether [t/a]							
Elbe bei Schmilka	3,9	6,4/ 2,2	0,46/ 1,5	6,2/ 2,3	1,2	1,1	6,2/ 4,4
Elbe bei Zehren	89,7	5,4/ 2,1	0,26/ 1,2	1,3/ 2,7	1,1/ 1,3	0,81/ 1,1	5,8/ 3,2
Elbe bei Dommitzsch	172,6	2,3/ 2,6	0,37/ 1,7	1,1/ 2,7	1,1/ 1,3	0,94/ 1,2	4,6/ 3,0
Mulde bei Dessau							0,0031
Saale bei Rosenberg		<0,0034	<0,0085	<0,0099	<0,0018	0,054	<0,0032
Elbe bei Magdeburg	318,1	0,46	0,21	0,17	0,091	0,39	0,018
Elbe bei Schnackenburg	474,5	1,4	0,61	<0,69	0,52	0,43	0,54
Elbe bei Zollenspieker	598,7	2,9	1,2	<0,84	0,40	0,38	0,35
Elbe bei Seemannshöft	628,8	5,9	1,0	<0,92	0,47	<0,17	0,37
Elbe bei Grauerort	660,5	2,3	0,75	<0,96	0,33	0,19	0,82
1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether [t/a]							
Elbe bei Schmilka	3,9	6,2/ 3,5	0,52/ 1,9	5,9/ 2,4	1,4	1,4	8,5/ 6,5
Elbe bei Zehren	89,7	6,1/ 3,0	0,34/ 1,3	1,6/ 2,9	1,5/ 1,7	1,2/ 1,6	7,8/ 5,4
Elbe bei Dommitzsch	172,6	2,7/ 3,5	0,51/ 2,0	1,5/ 3,0	1,6/ 1,8	1,4/ 1,7	7,2/ 5,4
Mulde bei Dessau							0,0049
Saale bei Rosenberg		<0,0034	<0,0085	<0,0099	<0,0031	0,025	<0,0032
Elbe bei Magdeburg	318,1	0,85	0,21	0,15	0,085	0,34	0,021
Elbe bei Schnackenburg	474,5	3,7	1,4	0,74	1,1	0,90	1,6
Elbe bei Zollenspieker	598,7	5,7	2,9	<0,84	0,86	0,75	1,0
Elbe bei Seemannshöft	628,8	9,3	2,1	1,2	1,0	0,48	1,1
Elbe bei Grauerort	660,5	5,7	1,6	1,2	0,96	0,74	3,3
Bis[2-chlorethyl]ether [t/a]							
Elbe bei Schnackenburg	474,5	0,52	<0,18	<0,34	<0,20	<0,16	<0,16
Elbe bei Zollenspieker	598,7	0,52	<0,19	<0,42	<0,20	<0,17	<0,099
Elbe bei Seemannshöft	628,8	<0,47	<0,21	<0,46	<0,21	<0,17	<0,11
Elbe bei Grauerort	660,5	<0,45	<0,22	<0,48	<0,22	<0,28	<0,19
1,7-Dichlor-3,5-dioxaheptan [t/a]							
Elbe bei Schnackenburg	474,5	0,46	0,65	0,47	0,25	0,36	0,60
Elbe bei Zollenspieker	598,7	0,67	0,64	0,61	-	0,38	0,57
Elbe bei Seemannshöft	628,8	0,61	0,50	0,81	0,40	0,31	0,53
Elbe bei Grauerort	660,5	<0,45	0,38	0,69	0,23	0,46	0,52

Jahr 2000 mit 9,3 t/a berechnet. Zum Jahresanfang 2000 waren hier erhöhte Konzentrationen zusammen mit einen höheren Oberwasserab-

fluss aufgetreten. Da die Werte bei Seemannshöft gegenüber der Messstelle Zollenspieker signifikant höher waren, könnte man einen Ein-

trag im Hamburger Bereich vermuten. Es hat allerdings vor und nach diesem Ereignis keine weiteren Hinweise auf Einträge gegeben.

Nimmt man die Frachtwerte in Sachsen als Basis und die auf der Flussstrecke von Schmilka bis Dommitzsch beobachtete Abnahme als Maß für die Ausgasung der Stoffe und rechnet für 1,3-Dichlor-2-propyl-2,3-dichlor-1-propylether die Jahresfracht 2005 auf die Stelle Magdeburg hoch, so kommt man auf Werte zwischen 4 und 6 t/a. Bei Magdeburg wurde jedoch eine Jahresfracht für 2005 von 0,021 t/a ermittelt. Bei Schnackenburg hingegen wurde mit 1,6 t/a wieder ein deutlich höherer Wert ermittelt. Da ein solcher räumlicher Verlauf schwer durch Vorgänge im Gewässer zu erklären ist, liegt die

Vermutung nahe, dass die Unterschiede zwischen den Messstellen, die ähnlich auch bei den anderen beiden Verbindungen auftreten, auf analytische Unterschiede zwischen den beteiligten 3 Laboratorien zurückzuführen sind.

Bis[2-chlorethyl]ether spielt bei der Belastung der Elbe mit Chlorierten Ethern eine eher untergeordnete Rolle, weil die Werte häufig unter der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l liegen. 1,7-Dichlor-3,5-dioxaheptan liegt an den 4 untersuchten Stellen in der gleichen Größenordnung wie Bis[1,3-dichlor-2-propyl]ether und Bis[2,3-dichlor-1-propyl]ether und zeigte wie diese Stoffe im Jahr 2005 einen Anstieg gegenüber 2004.

10.4 Schlussfolgerungen

- Es hat 2005 einen signifikanten Anstieg der Tetrachlorierten-Ether-Werte gegenüber 2004 in der Elbe gegeben.
- Besonders die Gehalte in Schmilka zeigen eindeutig, dass es 2005 einen deutlich erhöhten Eintrag in Tschechien gegeben haben muss. Ein chemischer Betrieb in Usti nad Labem ist als Quelle für diese Stoffe bekannt.
- Da die Tetrachlorierten Ether trinkwasserrelevant sind, ist in Zusammenarbeit mit den tschechischen Kollegen eine Aufklärung des Anstieges und eine Reduktion der Stoffe dringend erforderlich.
- Es gab 2005 vermutlich einen chlorierte-Ether-Eintrag zwischen Hamburg und Grauerort, der aufgeklärt werden sollte.
- Es gibt bei den tetrachlorierten Ethern analytische Unterschiede zwischen den Länderlaboratorien, die jedoch nicht die Qualität der vorstehenden Aussagen beeinflussen. Diese Unterschiede sollten durch gemeinsame Vergleichsmessungen und andere Methoden der analytischen Qualitätssicherung deutlich verringert werden.
- Da an vielen Messstellen nur eine relativ geringe Anzahl von Proben auf chlorierte Ether untersucht wird und andererseits der Aufwand für die analytische Qualitätssicherung recht hoch ist, wäre eine Zusammenarbeit von Länderlaboratorien, wie sie schon zwischen Hamburg und Niedersachsen praktiziert wird, überlegenswert.

11. Schadstoffbelastung in Aalen aus der Elbe bei Schmilka und bei Gorleben

Im November 2004, also zwei Jahre nach dem katastrophalen Hochwasser der Elbe, hat die Wassergütestelle Elbe jeweils 20 Aale mit Vermarktungsgröße vom Fangplatz Schmilka (Obere Elbe, km 3,3 bis 6,1) und vom Fangplatz Gorleben (Mittlere Elbe, km 493) dem Institut

für Hygiene und Umwelt in Hamburg - Abteilung für Rückstände und Kontaminanten - zugeleitet mit dem Ziel, ausgewählte Schadstoffe im verzehrbaren Anteil (Muskulatur/Filet) bestimmen zu lassen. Es sollte festgestellt werden, ob sich die Belastung gegenüber früheren Un-

tersuchungen geändert hat und sich eventuell noch Schadstoffeinflüsse erkennen lassen, die dem zurückliegenden Hochwasser zugeschrieben werden müssen.

Die Aale vom Fangplatz Schmilka waren mit der Elektrofischerei aus der Ufersteinschüttung gefangen worden. Sie dürften die regionale Belastungssituation dieses Elbeabschnittes zutreffend widerspiegeln. Die Aale vom Fangplatz Gorleben waren einem kommerziellen Fanggerät (stromaufgerichteter Scherbretthamen) entnommen worden, mit dem überwiegend abwandernde Blankaale erfasst werden. Diese Tiere können u. U. aus Teileinzugsgebieten der Elbe stammen, die grundsätzlich ein niedrigeres oder auch höheres Belastungsniveau als der Elbestrom selbst aufweisen. Die Herkunft und das Hauptaufenthaltsgebiet der

Tiere vor ihrer Laichwanderung ist somit uneindeutig.

Das Untersuchungsspektrum betraf die relevanten Schadstoffe, die in der Kontaminantenverordnung, der Schadstoff-Höchstmengenverordnung und der Rückstands-Höchstmengenverordnung für Fische und Fischwaren geregelt sind. Aus Kostengründen wurden Dioxine und dioxinähnliche PCB nicht untersucht.

Die Untersuchungseinrichtung, das Institut für Hygiene und Umwelt in Hamburg, ist akkreditiert und nimmt regelmäßig erfolgreich an internationalen und nationalen Laborvergleichsuntersuchungen statt (Quasimeme, LVU vom BVL). Die Untersuchungsergebnisse werden als valide angesehen.

11.1 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen an Aalen vom Fangplatz Schmilka

In den Abb. 36 bis 38 sind die Einzelwerte für eine kleine Auswahl der wichtigsten Kontaminanten aufsteigend sortiert aufgetragen¹⁾. Hilfsweise wurde bei den Kontaminanten die entsprechende Höchstmenge als durchgehende rote Linie eingezogen, die eine leichte optische Entscheidungshilfe gibt, ob das Einzeltier den Anforderungen einer potenziellen Vermarktung entsprochen hätte oder nicht. Im Gegensatz zu den anorganischen Kontaminanten werden die Werte der organischen Verbindungen im Falle einer Höchstmengenüberschreitung einer gesonderten Betrachtung unterzogen: Sie gelten erst dann endgültig als lebensmittelrechtlich zu beanstanden, wenn eine Höchstmengenüberschreitung auch nach Abzug der analytischen Streubreite (nach HORWITZ) vorliegt.

Die geregelten anorganischen Kontaminanten, z. B. Quecksilber und Cadmium, zeigen keine besonderen Auffälligkeiten (Abb. 36). Alle Werte liegen deutlich unter den Höchstgehalten der Kontaminantenverordnung. Die Medianwerte aus dem Jahr 2004 entsprechen denen aus dem Jahr 2001 (Tab. 4).

Unter den geregelten organischen Kontaminanten ist HCB besonders auffällig (Abb. 34): Für alle 20 untersuchten Einzeltiere wurde eine analytische Höchstmengenüberschreitung festgestellt. Nach Abzug der analytischen Streubreite waren 18 Tiere als lebensmittelrechtlich zu beanstanden gewesen. Sie hätten nicht in den Verkehr gebracht werden dürfen. Der Medianwert mit 1,0 mg/kg Fett liegt exakt doppelt so hoch wie die festgesetzte Höchstmenge. Im Vergleich hierzu betrug im Jahr 2001 der Medianwert 1,8 mg/kg Fett (Tab. 4). Aktuell ist also ein deutlicher Rückgang beim HCB am Fangplatz Schmilka zu verzeichnen.

Bis auf Gesamt-DDT (Abb. 35) (4 analytische Höchstmengenüberschreitungen, davon eine zu beanstanden) lagen die übrigen betrachteten organischen Schadstoffe unter ihrem entsprechenden Höchstmengenwert. Gegenüber den Untersuchungsergebnissen aus dem Jahr 2001 liegen die aktuellen Befunde in der gleichen Größenordnung. Teilweise sind geringfügige Rückgänge zu verzeichnen. Ein Schadeinfluss des zurückliegenden Hochwassers im Jahr 2002 ist nicht erkennbar.

¹⁾ Die vollständigen Messwerte können bei der Wassergütestelle Elbe erfragt werden.

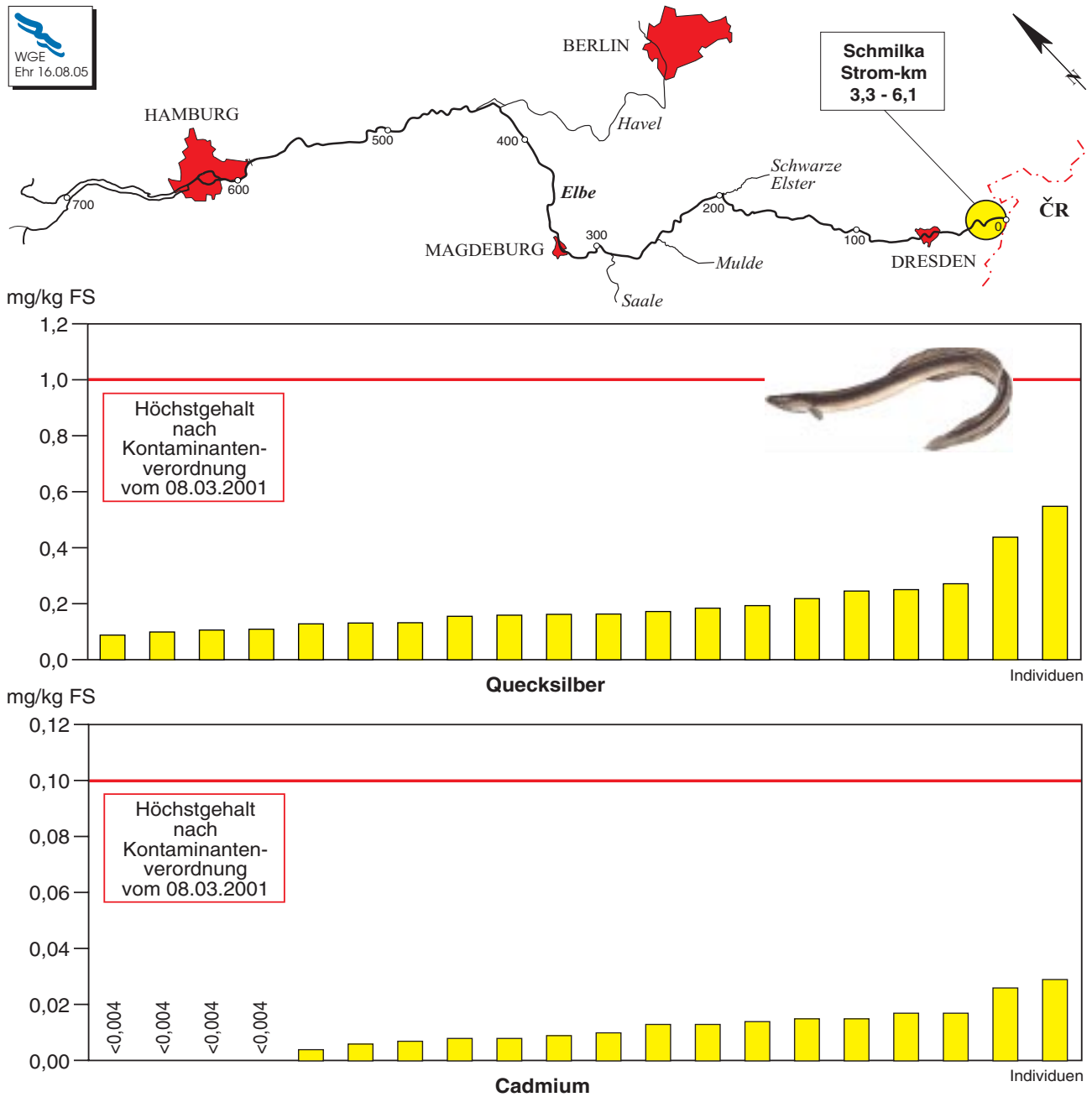


Abb. 36 Schadstoffgehalte in der Muskulatur von 20 Aalen - **Schmilka**, Nov. 2004

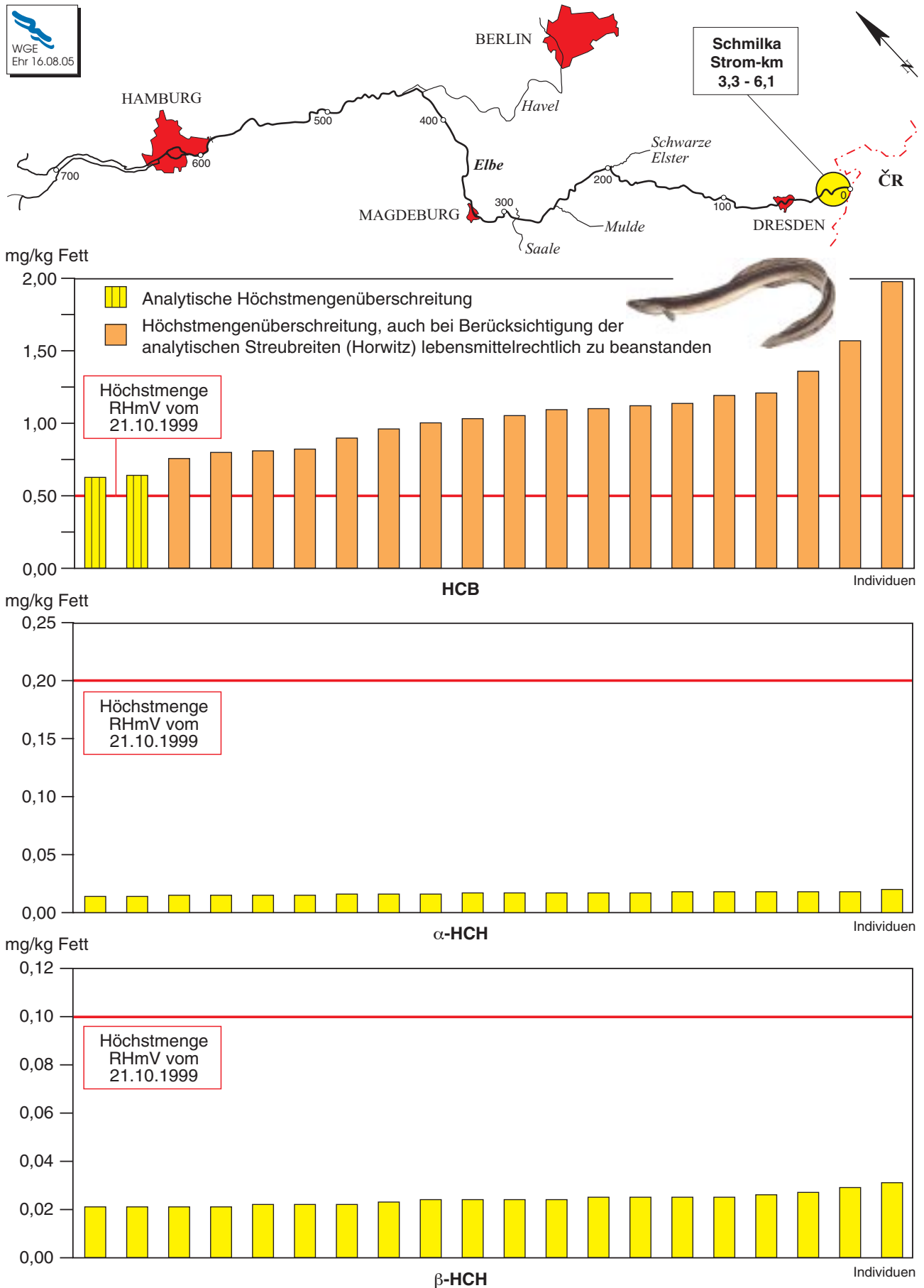


Abb. 37 Schadstoffgehalte im Fett der Muskulatur von 20 Aalen - **Schmilka**, Nov. 2004

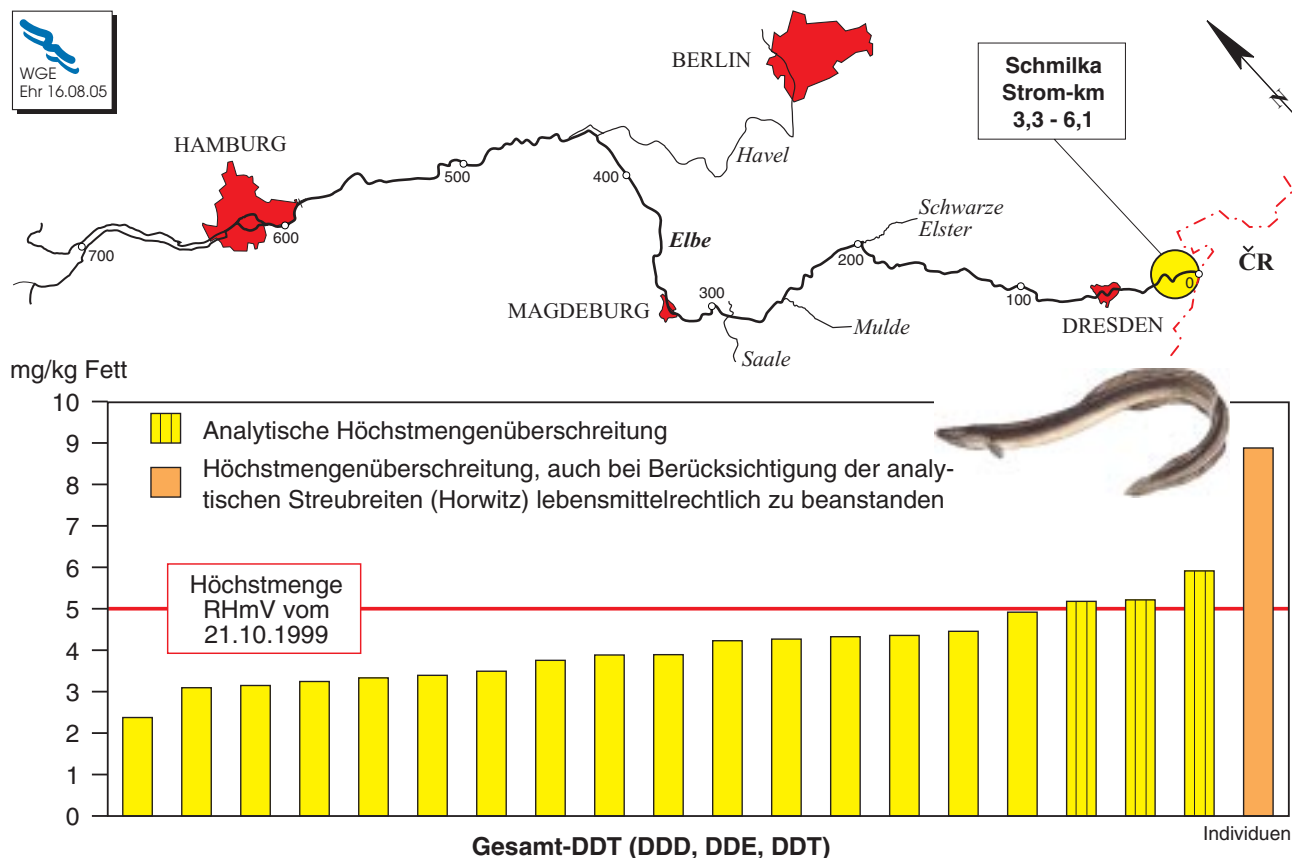


Abb. 38 Gesamt-DDT-Gehalte im Fett der Muskulatur von 20 Aalen - **Schmilka**, Nov. 2004

Tab. 4 Vergleich der Medianwerte von Aalen 2001/2002 - 2004

Jahr	Schmilka		Gorleben	
	2004	2001	2004	2002
Anzahl	20	20	20	30
Länge (cm)	59	55	64	60
Gewicht (g)	338	326	469	461
Fettgehalt Muskulatur (%)	29,6	25,5	25,6	31,3
Quecksilber (mg/kg FS)	0,16	0,21	0,11	0,17
Cadmium	0,013	0,011	0,025	0,010
PCB 138	0,12	0,20	0,046	0,14
PCB 153	0,17	0,22	0,067	0,15
PCB 180	0,087	0,11	0,035	0,057
Moschusxylol	0,017	0,024	0,0087	0,0053
Hexachlorbenzol (mg/kg Fett)	1,0	1,8	0,12	1,3
α-HCH	0,017	0,018	0,028	0,13
β-HCH	0,024	0,16	0,047	0,38
Gesamt-DDT (RHMV)	4,1	4,2	1,4	3,0

11.2 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen an Aalen vom Fangplatz Gorleben

In den Abb. 39 bis 41 sind die Einzelwerte für eine kleine Auswahl der wichtigsten Kontaminanten aufsteigend sortiert aufgetragen.

Die geregelten anorganischen Kontaminanten, z. B. Quecksilber und Cadmium, liegen bis auf eine Ausnahme unter den entsprechenden Höchstgehalten der Kontaminantenverord-

nung (Abb. 39). Die Medianwerte aus dem Jahr 2004 entsprechen denen aus dem Jahr 2002 (Tab. 4) weitgehend. Die Aal-Proben aus dem Jahr 2002 waren unmittelbar nach dem abklingenden Hochwasserereignis entnommen worden.

Unter den geregelten organischen Kontaminanten ist HCB bei insgesamt vier Tieren

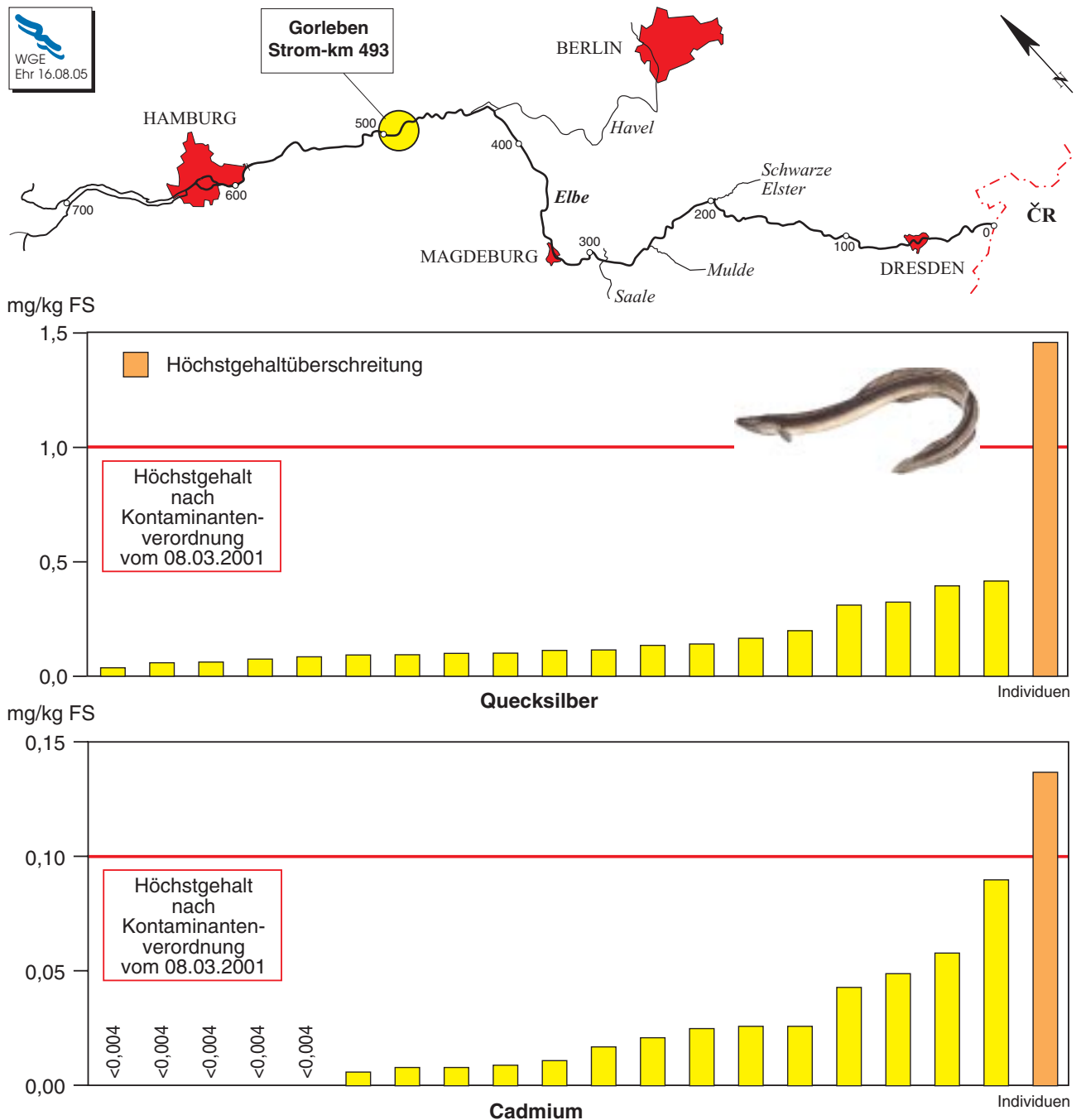


Abb. 39 Schadstoffgehalte in der Muskulatur von 20 Aalen - Gorleben, Nov. 2004

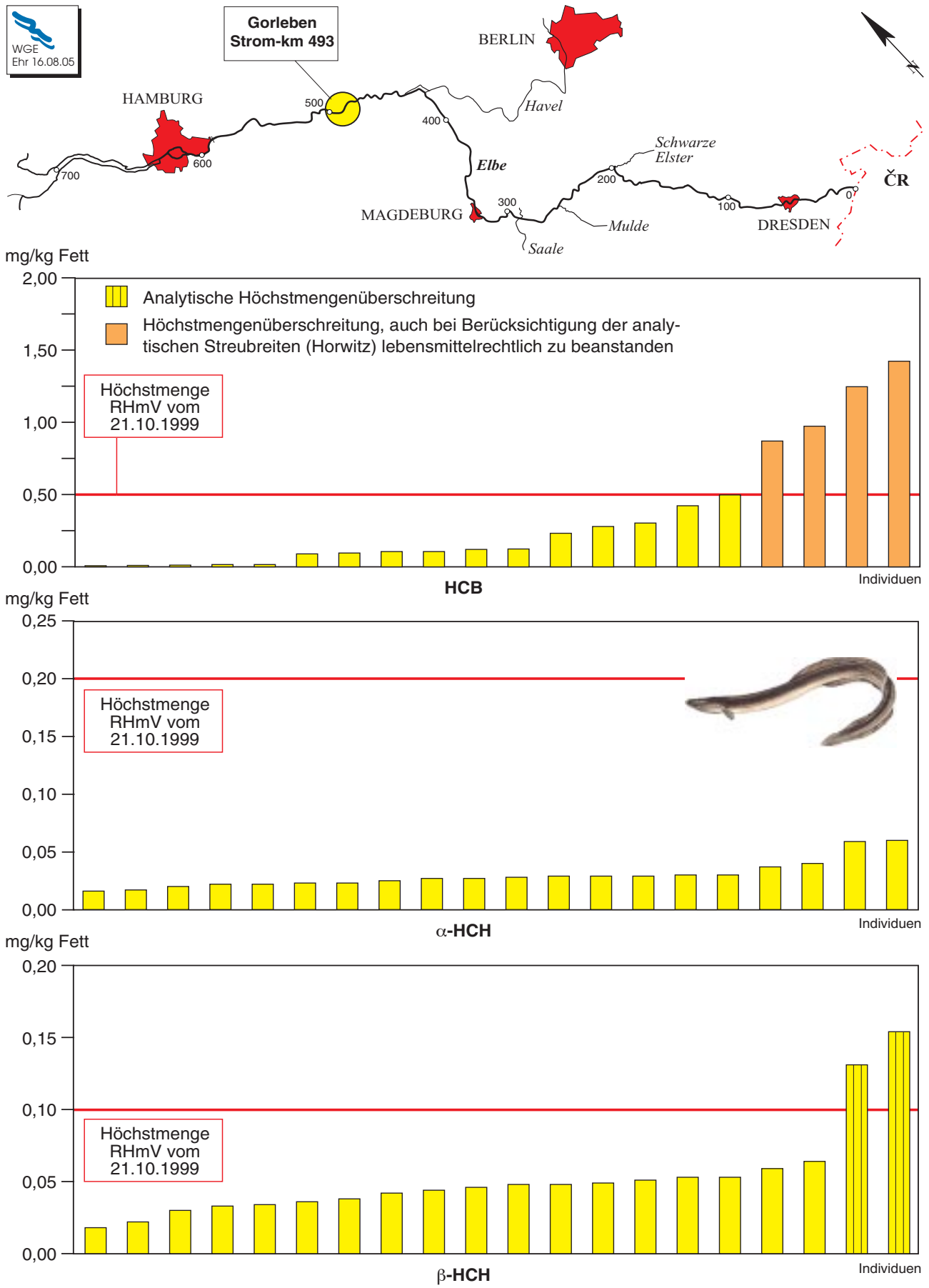


Abb. 40 Schadstoffgehalte im Fett der Muskulatur von 20 Aalen - **Gorleben**, Nov. 2004

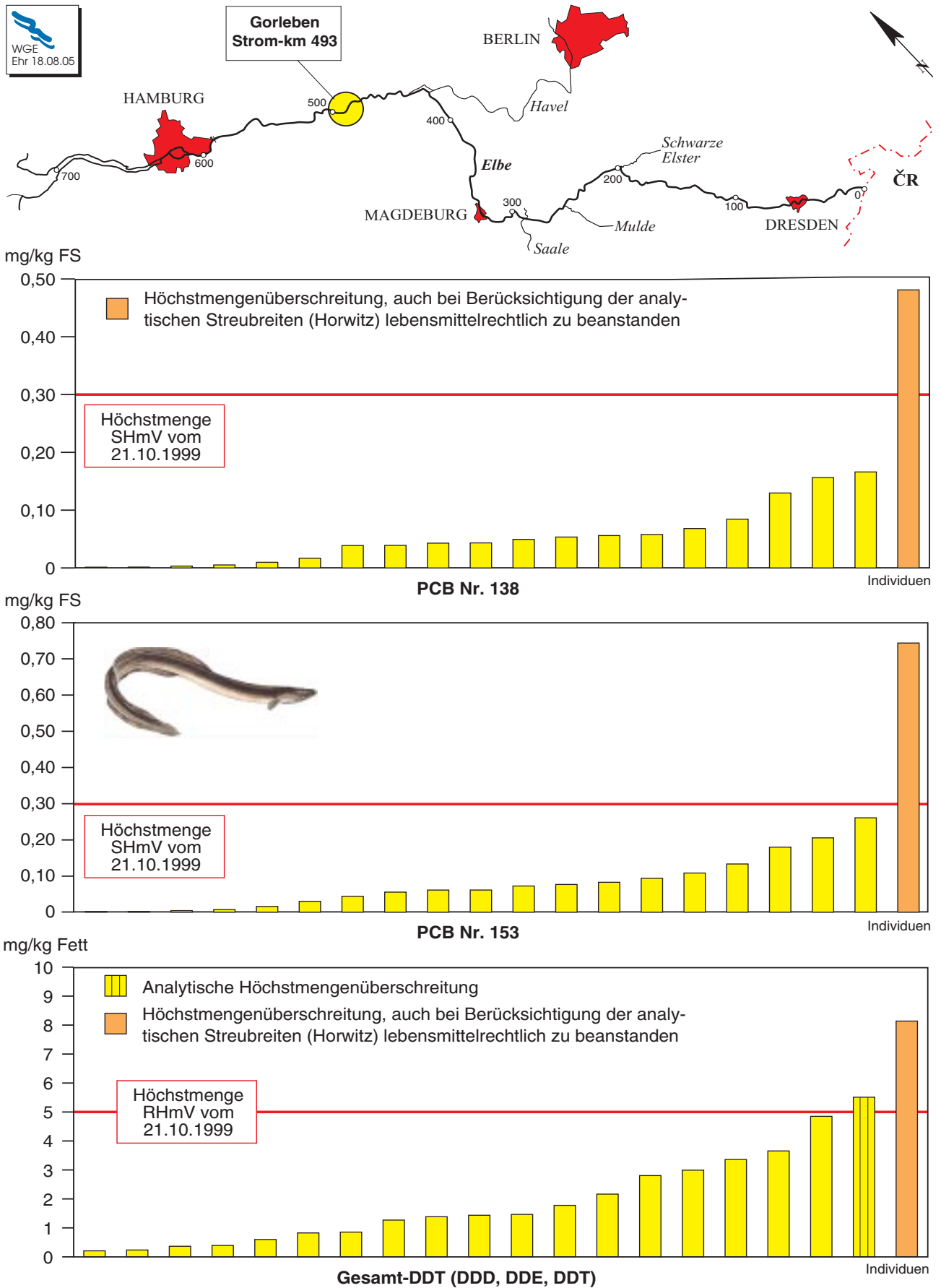


Abb. 41 PCB-Gehalte in der Muskulatur sowie Gesamt-DDT-Gehalte im Fett der Muskulatur von 20 Aalen - **Gorleben**, Nov. 2004

problematisch (Abb. 40): Sie wären auch nach Abzug der analytischen Streubreite lebensmittelrechtlich zu beanstanden gewesen. Der HCB-Medianwert im Jahr 2004 unterschreitet mit 0,12 mg/kg Fett deutlich die festgesetzte Höchstmenge von 0,5 mg/kg Fett. Im Vergleich hierzu betrug im Jahr 2002 der Medianwert 1,3 mg/kg Fett. Aktuell (2004) liegt somit der Medianwert eine Größenordnung niedriger als im Jahr 2002.

Die Höchstmenge von β -HCH wurde bei insgesamt zwei Individuen überschritten (Abb. 40). Eine abschließende lebensmittelrechtliche Beanstandung entfiel allerdings, da beide Werte nach Abzug der analytischen Streubreite den

Höchstmengenwert von 0,10 mg/kg Fett unterschritten. Der Medianwert für β -HCH betrug im Jahr 2004 0,047 mg/kg Fett (Tab. 4). Demgegenüber lag der Medianwert für die Aalproben aus dem Jahr 2002 fast eine Größenordnung höher, nämlich bei 0,38 mg/kg Fett. Ähnliches gilt auch für die α -HCH-Medianwerte.

Die Befunde der übrigen organischen Kontaminanten waren bis auf eine Ausnahme im Hinblick auf Höchstmengensüberschreitungen unauffällig. Bei fast allen organischen Kontaminanten ist gegenüber den Befunden aus dem Jahr 2002 ein Belastungsrückgang zu verzeichnen.

11.3 Fazit

Ein Einfluss des zurückliegenden August-Hochwassers 2002 ist in den aktuellen Schadstoffgehalten der Aale (2004) vom Fangplatz Schmilka (Obere Elbe) und vom Fangplatz Gorleben (Mittlere Elbe) nicht erkennbar. Gegenüber zurückliegenden Untersuchungen aus dem Jahr 2001 bzw. 2002 ist im Jahr 2004 überwiegend ein geringfügiger, teilweise auch deutlicher Rückgang der Schadstoffgehalte festzustellen. Trotzdem bleiben insbesondere die HCB-Gehalte in den Aalen vom Fangplatz Schmilka insgesamt problematisch. Bei den übrigen Kontaminanten treten Höchstmengensüberschreitungen überwiegend in Einzeltieren und damit relativ selten auf. Nur unter Berück-

sichtigung des Medianwertes würden sich bis auf die HCB-Befunde bei Aalen vom Fangplatz Schmilka keine lebensmittelrechtlichen Beanstandungen ergeben. Diese Aussage ist insofern einzuschränken, als Dioxine und dioxinähnliche PCB aus Kostengründen nicht untersucht wurden. Aus Sicht der Wassergütestelle Elbe ergibt sich aufgrund der o. g. Befunde kein Änderungsbedarf hinsichtlich der von der ARGE ELBE in Zusammenarbeit mit den für die Lebensmittelüberwachung zuständigen Landeseinrichtungen herausgegebenen „Information der Elbeanrainerländer zum Verkauf und zum Verzehr von Elbefischen“ aus dem Jahr 2001.

12. Cyanid-Unfall in Kolín im Januar 2006

12.1 Erläuterungen zu Cyaniden

Cyanide sind Salze der Blausäure (HCN). Sie werden bei der Goldgewinnung, in galvanischen Bädern und für die Synthetisierung von organischen Verbindungen der Pharmazie, der Agrarchemie und der Pigmentherstellung eingesetzt. In geringen Mengen kommen in Pflanzen, z. B. in Kernen einiger Steinobstfrüchte oder in Maniok, natürliche Substanzen vor, die Blausäure freisetzen können.

Cyanide sind in Wasser gelöst hochgiftig für Menschen, Tiere und Pflanzen. Freies Cyanid

stört Enzyme der Zellatmung und blockiert damit die Sauerstoffversorgung der Zellen. Das Entgiftungssystem des Menschen kann mit kleineren Mengen Cyaniden ohne Vergiftungserscheinungen fertig werden. Bei größeren Mengen folgt der Tod durch Ersticken.

Für Menschen sind 1 bis 2 mg/kg Körpergewicht tödlich. Cyanide werden über den Mund, die Atemorgane und die Haut aufgenommen. Ab 0,05 mg/l freies Cyanid in einem Gewässer kann es zu Vergiftungserscheinungen bei Fi-

schen kommen. Für Goldorfen wurde eine LC_{50} von 0,07 bis 1 mg/l ermittelt. Für niedere Organismen wird eine tödliche Wirkung mit 0,1 bis 10 mg/l angegeben.

In Deutschland gelten die folgenden Grenz- und Zielwerte für Gesamt-Cyanid:

Qualitätsziel Gewässer	0,01 mg/l
Trinkwasser	0,05 mg/l

12.2 Chronologie der Ereignisse

Am Montag, dem 9. Januar 2006, gab es in der Chemiefabrik Lucební Závody Draslovka in Kolín (Tschechien) einen Unfall, durch den eine erhebliche Menge Cyanide in die Elbe gelangte. Die Chemiefabrik liegt an dem Elbe-km_{CR} 195* und produziert und verarbeitet Cyanide seit vielen Jahren. Eine unverzügliche Meldung des Unfalls an die zuständigen Behörden erfolgte nicht.

Am 10.01.2006 wurde vor dem Wasserkraftwerk Kolín ein Fischsterben beobachtet. Die Meldung über ca. 50 tote Fische ging an das Stadtamt Kolín.

Am Donnerstag, den 12.01.2006, informierte das Bedienungspersonal der Staustufe Podebrady (km_{CR} 177,2) und der Staustufe Nymburk (km_{CR} 169,1) die zuständige Wasserbehörde „Povodi Labe“ über ein umfangreiches Fischsterben. Die Wasserbehörde veranlasste sofort elektrometrische Messungen vor Ort und die Entnahme von Wasser- und Fischproben, die auf verschiedene giftige Substanzen untersucht wurden.

Am 13.01.2006 wurden bei der Chemiefabrik Draslovka in Kolín Wasserproben entnommen.

Bis zum Montag, dem 16.01.2006, weitete sich das Fischsterben stromab bis zur vorletzten Staustufe Lobcovice (km_{CR} 123) vor dem Zusammenfluss von Elbe und Moldau aus. Bei Kostelec nad Labem (km_{CR} 130) wurde die Anzahl der toten Fische auf einige Tausend geschätzt. Gefunden wurden vor allem Brassens

Indirekt-Einleitung	0,1 mg/l
Abwasser	0,2 mg/l

Cyanide sind in Gewässern gut abbaubar. Der Abbau erfolgt durch Mikroorganismen oder durch photochemische Prozesse. Zusätzlich gelangen die Cyanide durch Ausgasung aus dem Wasser in die Atmosphäre. Im Sediment werden Cyanide nahezu nicht angereichert.

(*Abramis brama* L.), es waren aber auch alle anderen Fischarten von der Vergiftung betroffen.

Am 16.01.2006 um 14:00 Uhr informierte Povodi Labe über die Meldekette des Internationalen Warn- und Alarmplanes Elbe (IWAE) die stromab liegenden deutschen Bundesländer über den Unfall. In Tschechien wurde auf dem gesamten betroffenen Elbeabschnitt bis zur deutsch/tschechischen Grenze Wasserproben für die Erfassung der Cyanid-Ausbreitung genommen. In Sachsen wurde um 13:40 Uhr in der automatischen Messstation Schmilka (km_D 4,1) ein automatischer Mischprobennehmer gestartet, um das genaue Eintreffen des Cyanids messen zu können.

Am 17.01.2006 wurde in Sachsen-Anhalt mit täglichen Messungen des Cyanids bei Wittenberg/L. (km_D 214,1) begonnen. Über Pressemitteilungen und das Internet wurde die Bevölkerung in Tschechien und in den deutschen Bundesländern entlang der Elbe laufend über das Ausmass der Cyanid-Belastung und die mögliche Gefährdung informiert. In Sachsen und Sachsen-Anhalt wurde vorsorglich ein Angelverbot ausgesprochen. Zu diesem Zeitpunkt konnte bereits auf der Basis von Modellrechnungen ein Fischsterben auf dem deutschen Abschnitt der Elbe ausgeschlossen werden.

Am 23.01.2006 wurde in Hamburg in der automatischen Messstation Bunthaus ein Mischprobennehmer für die Cyanid-Messungen gestartet.

* Diese tschechische Elbe-Kilometrierung beginnt an der deutsch/tschechischen Grenze bei Hrensko mit km_{CR} 0 und zählt in Richtung der Quelle aufwärts.

12.3 Ergebnisse der Messungen

In Tschechien wurden insgesamt an 21 Messstellen Cyanidmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse einer Auswahl dieser Stellen ist in Abb. 42 dargestellt. Der höchste Gesamt-Cyanid-Wert in der Elbe wurde bei Nymburk am 12.01.2006 um 8:00 Uhr mit 0,688 mg/l gemessen. In der gleichen Probe wurde der Gehalt an freiem Cyanid mit 0,316 mg/l ermittelt. Diese hohen Werte wurden 26 km unterhalb der Einleitstelle und 3 Tage nach dem Unfall beobachtet. In Podebrady, 8 km oberhalb von Nymburk, wurde am 12.01. um 12:30 Uhr ein Gesamt-Cyanid-Gehalt von 0,579 mg/l gemessen. Das Maximum der Cyanid-Welle war dort vermutlich schon durchgelaufen. Am Unglücksort gibt es für den 12.01. keine Messwerte, weil die Ermittlung des Giftstoffes und der Herkunft zu diesem Zeitpunkt noch lief. Am 13.01.2006 um 11:00 Uhr wurde im Ablauf der Chemiefabrik Draslovka ein Gesamt-Cyanid-Wert von 2,4 mg/l und freies Cyanid mit 0,309 mg/l gemessen. Vier Tage nach dem Beginn des Unfalls wurden also noch über den üblichen Grenzwerten liegende Cyanid-Konzentrationen in die Elbe eingeleitet. In der Elbe selbst wurde bei der Fabrik am 13.01. um 12:00 Uhr ein Gesamt-Cyanid-Wert von nur noch 0,022 mg/l ermittelt.

Bei Wassertemperaturen nahe 0°C dürfte der Abbau und die Ausgasung der Cyanide recht langsam abgelaufen sein. Dass diese Vorgänge aber stattfanden, zeigt ein Vergleich der Maxima bei Nymburk und Obristvi. Das Gesamt-Cyanid nahm auf der 53 km langen Strecke um 64 % ab, das freie Cyanid sogar um 73%. Die Verdünnung der Cyanide durch den Zufluss von unbelastetem Wasser aus den Nebenflüssen hatte allerdings den Hauptanteil an der Abnahme der Cyanid-Konzentrationen im Elbe-Verlauf. Oberhalb der Moldaumündung bei Obríství wurde am 17.01.2006 ein maximaler Gesamt-Cyanid-Gehalt von 0,245 mg/l gemessen. Die Moldau führte zu diesem Zeitpunkt erheblich mehr Wasser als die Elbe. Deshalb wurde unterhalb der Moldaumündung bei Melnik nur noch ein Höchstwert von 0,130 mg/l CN_{Ges} (17.01.) gemessen. Hier war das Elbe- und das Moldauwasser noch nicht

sehr stark vermischt. Gut 80 km oberhalb der deutsch/tschechischen Grenze wurde der Trinkwassergrenzwert von 0,05 mg/l nicht mehr überschritten. Bei Litomerice (km_{CR} 63,1) wurde ein Maximum von 0,036 mg/l CN_{Ges} (19.01.) gemessen. Bei Strekov waren es 0,033 mg/l CN_{Ges} (20.01.) und bei Hrensko an der Grenze wurde der höchste Wert am 20.01. mit 0,035 mg/l CN_{Ges} ermittelt. Freies Cyanid lag hier bei 0,004 mg/l.

Am frühen Nachmittag des 19.01.2006 erreichte das Cyanid Sachsen (Abb. 43). Während des Durchlaufs der Schadstoffwelle wurden in der Gewässergütestation Schmilka vom 18.01. bis zum 24.01. 4 h-Mischproben gesammelt, davor und danach 24 h-Mischproben. Der höchste Wert wurde am 20.01. abends mit 0,029 mg/l CN_{Ges} gemessen. Auf der Basis dieser mit hoher Messdichte erhobenen Werte wurde eine Gesamt-Cyanidmenge von 1 300 kg abgeschätzt, die an der Station Schmilka zwischen dem 19.01. und 24.01. vorbeitransportiert wurde.

Der Scheitel der Schadstoffwelle passierte die Lutherstadt Wittenberg in Sachsen-Anhalt (Abb. 43) am 23.01. mit einem Höchstwert von 0,017 mg/l CN_{Ges} . Freies Cyanid wurde hier durchgängig mit <0,005 mg/l bestimmt. In Magdeburg wurde (ebenfalls am 23.01.) mit einem Wert von 0,012 mg/l CN_{Ges} nur ein einziger Wert über der Bestimmungsgrenze von 0,01 mg/l gemessen.

In der Messstation Cumlosen in Brandenburg wurden vom 26.01. bis zum 30.01. 6 h-Mischproben gesammelt und auf Gesamt-Cyanid gemessen. Alle Ergebnisse blieben unter der Bestimmungsgrenze von 0,01 mg/l.

In der Messstation Schnackenburg in Niedersachsen wurde am 27. und 28.01. vor Ort mit einem Schnelltest (CN-Küvettest, BG 0,1 mg/l) überprüft, ob nennenswerte Cyanidgehalte auftraten. Bei einem Positiv-Befund wären Proben zur genaueren Untersuchung ins Labor geschickt worden. Das war jedoch nicht der Fall.

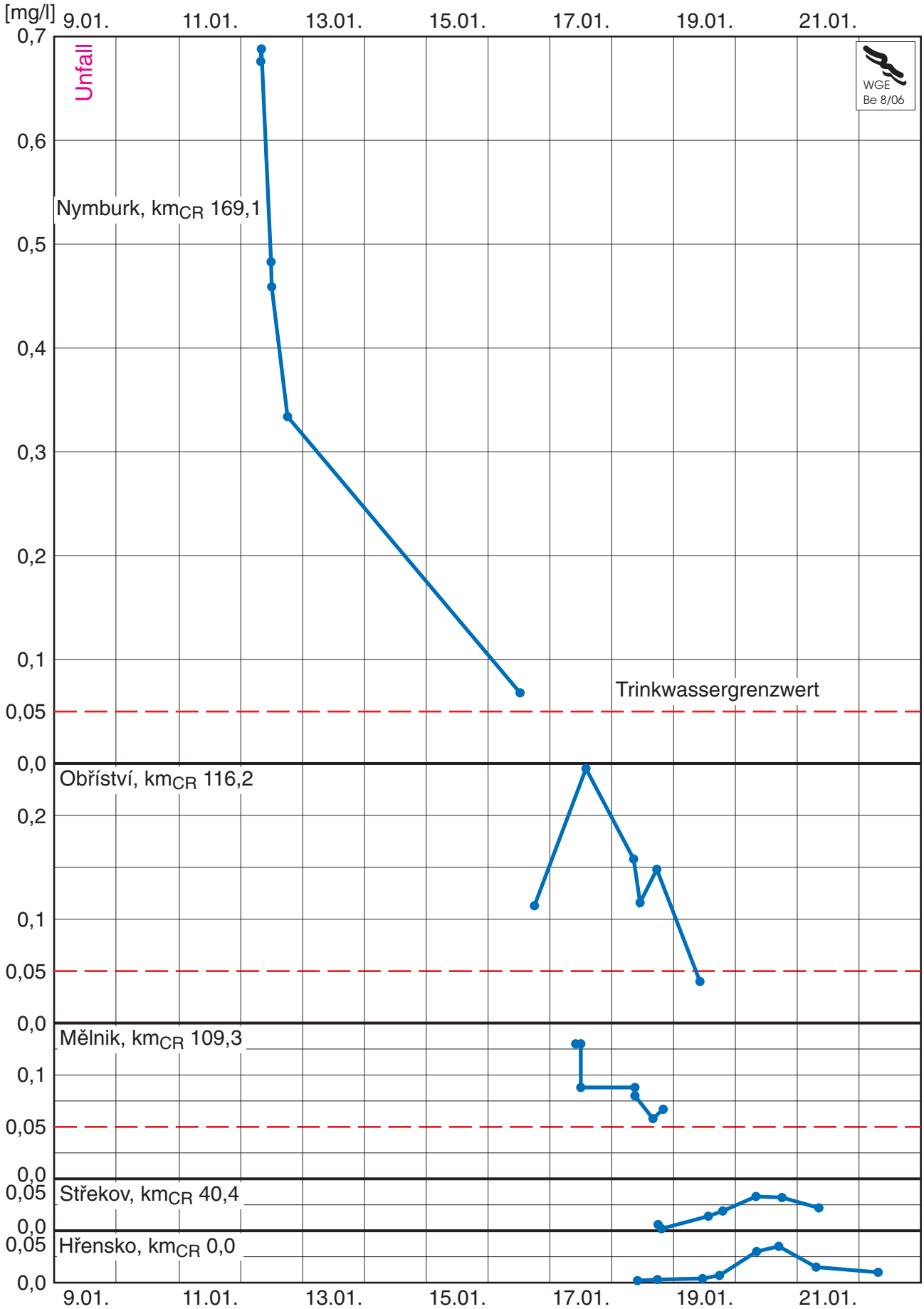


Abb. 42 Gesamt-Cyanid-Gehalte der Elbe in Tschechien - Januar 2006

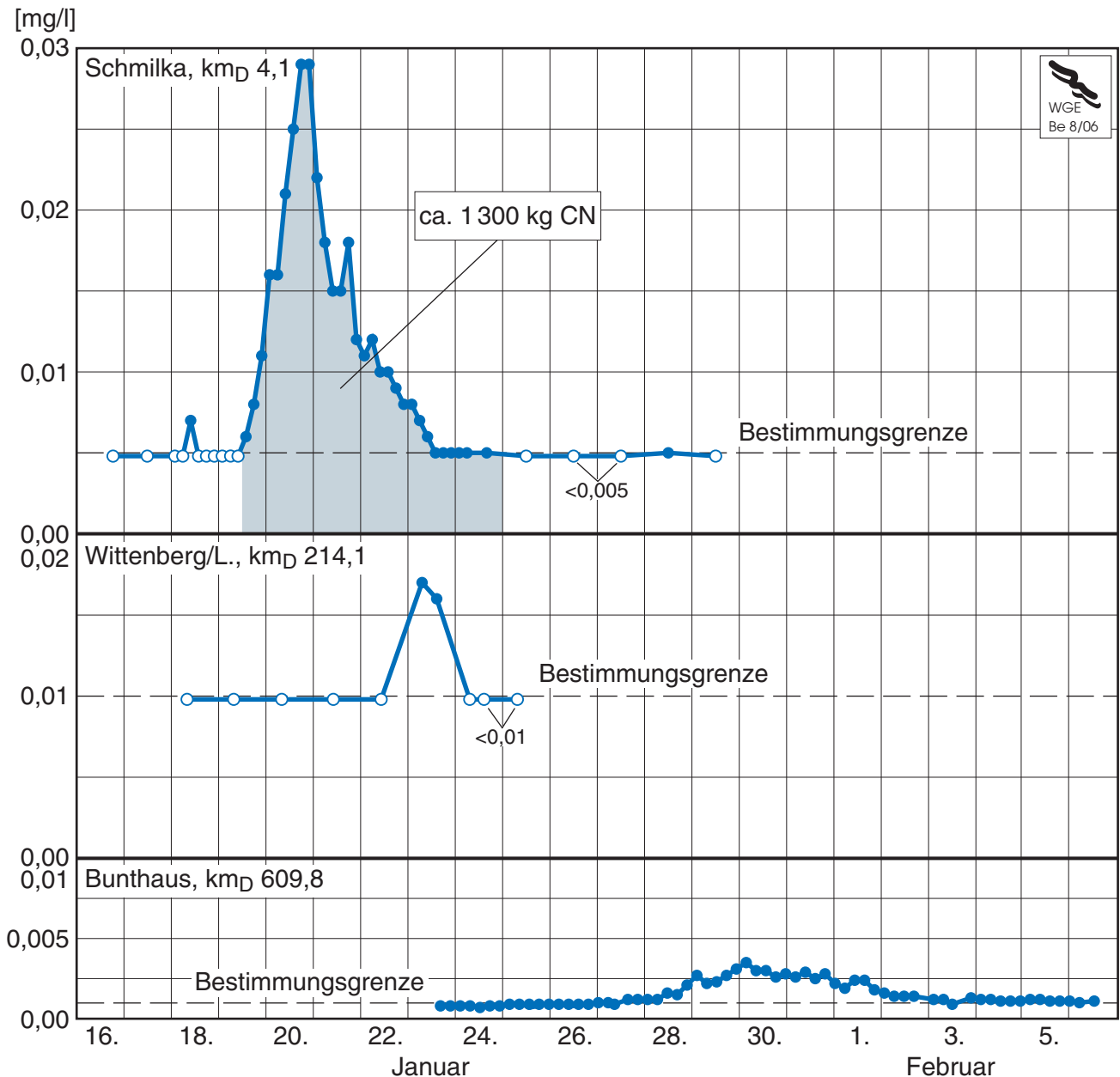


Abb. 43 Gesamt-Cyanid-Gehalte der Elbe in Deutschland - Januar/Februar 2006

In der Hamburger Messstation Bunthaus oberhalb des Hamburger Hafens wurden vom 23.01. bis zum 06.02.06 5 h-Mischproben gesammelt und auf Gesamt-Cyanid untersucht. Am 28.01. erreichte das Cyanid die Messstation und am 30.01. lief hier das Maximum durch. Bei der Betrachtung der in Abb. 43 aufgetragenen Messwerte ist zu beachten, dass viele Werte in der Nähe der niedrigen Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l lagen. Daraus ergibt sich eine etwas erhöhte Messunsicherheit. Die Schadstoffwelle konnte allerdings nur mit einer derart weit abgesenkten Bestimmungsgrenze erfasst werden.

Bei einem durchschnittlichen Abfluss der Elbe am Pegel Dresden um 210 m³/s ergaben sich für den Scheitel der Schadstoffwelle die folgenden Laufzeiten:

Strecke	km	Tage	km/Tag
Kolín bis Hrensko	195	12	16
Schmilka bis Hamburg	606*	10	61
Kolín bis Hamburg	802*	22	36

* Berücksichtigung von gemeinsamer Grenze, „kurzer Wurf“, „langer Kilometer“

Auf dem tschechischen Elbeabschnitt war die durchschnittliche Geschwindigkeit deutlich niedriger als auf dem deutschen Abschnitt, weil

sich in Tschechien die vielen Stauhaltungen verzögernd auf den Transport auswirkten.

13. Vergleich der Jahresfrachten der Elbe 1986 und 2005

In Tab. 5 sind die Jahresfrachten der Elbe für 4 Messstellen entlang der Elbe aufgeführt. Als Vergleichsjahr zu 2005 wurde 1986 ausgewählt, weil 1986 annähernd der gleiche mittlere Abfluss auftrat. Am Pegel Neu Darchau betrug der Jahresmittelwert 1986 $715 \text{ m}^3/\text{s}$ und 2005 $670 \text{ m}^3/\text{s}$. Es sind nur die Messgrößen aufgeführt, die in beiden Jahren gemessen wurden. In die Frachtenberechnung wurden alle vorliegenden Messwerte einbezogen. So werden an den Stellen Schmilka und Magdeburg wegen der Fahnen von Nebenflüssen Proben an beiden Ufern untersucht und für die Frachtenermittlung verwendet. Die Frachten bei Schmilka können sich deshalb von den Angaben der IKSE unterscheiden. Die prozentuale Veränderung des Jahres 2005 gegenüber 1986 ist in Änderungsklassen farblich markiert (siehe Legende). Diese stellen keine Bewertung dar, sondern dienen nur dem leichten Erkennen von größeren und kleineren Änderungen.

Der Vergleich ist teilweise nur eingeschränkt möglich, weil sich die chemischen Analysen-

methoden zum Teil deutlich geändert haben. Diese Auflistung dient also nur einer groben Orientierung.

Der überwiegende Teil der Messgrößen zeigt einen deutlichen Rückgang der Mengen. Besonders deutlich ist die Abnahme bei den leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen.

Einen Anstieg gegenüber 1986 gab es bei der β -HCH-Jahresfracht bei Schnackenburg, der auf Austrägen von Altlasten aus dem Raum Bitterfeld/Wolfen beruht (Kap. 6). Die hohe Schwebstofffracht (Abfiltrierbare Stoffe) bei Seemannshöft hat einen erheblichen Anteil, der nicht weitertransportiert wird, sondern im Kreislauf bewegt wird. Auf der einen Seite werden im Hamburger Hafen große Mengen Sediment umgelagert, auf der anderen Seite ist die Flutstromdominanz von Hamburg bis Glückstadt ausgeprägt und dadurch wird Sediment stromauf in die Hafenbecken transportiert. Dieser Effekt wird auch als „tidal pumping“ bezeichnet.

14. Literatur

ARGE ELBE-Veröffentlichungen in 2005

Wassergütedaten der Elbe - Zahlentafel 2004

Gewässergütebericht der Elbe 2004

Sächsischer Abschnitt der Elbe - Fischereibiologische Untersuchungen und ökologische Bewertung der Fischfauna - 1994 - 2004

Kontrolluntersuchungen im Fischaufstieg am Elbewehr bei Geesthacht Oktober - Dezember 2004

Arbeitsbericht: Elektrobefischung der sächsischen Elbe bei Schmilka, Prossen, Meißen und Merschwitz mit Elblache Althirschstein im September 2005

Die Entwicklung eines modifizierten Potamon-Typie-Indexes (Qualitätskomponente benthische Wirbellosenfauna) zur Bewertung des ökologischen Zustands der Tideelbe von Geesthacht bis zur Seegrenze

Bewertungsverfahren für die Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie

Tab. 5a Jahresfrachten der Elbe - Vergleich der Jahre 1986 und 2005

Schmilka	1986	2005	Änderung [%]
Abfiltrierbare Stoffe (t/a)	800 000	110 000	-86
Ammonium (t/a N)	12 000	1 500	-88
Nitrat (t/a N)	54000	35 000	-35
ortho-Phosphat (t/a P)	1 500	550	-63
Gesamt-Phosphor (t/a P)	2 200	1 600	-27
Chlorid (t/a Cl)	530 000	250 000	-53
Sulfat (t/a SO ₄)	1 200 000	560 000	-53
Calcium (t/a)	590 000	390 000	-34
Magnesium (t/a)	140 000	85 000	-39
Cadmium (kg/a)	23 000	550	-98
Blei (kg/a)	250 000	19 000	-92
Kupfer (kg/a)	120 000	43 000	-64
Zink (kg/a)	980 000	170 000	-83
Chrom (kg/a)	110 000	20 000	-82
Nickel (kg/a)	120 000	35 000	-71
Mangan (kg/a)	990 000	890 000	-10
Magdeburg	1986	2005	Änderung [%]
Abfiltrierbare Stoffe (t/a)	880 000	310 000	-65
Ammonium (t/a N)	51 000	1 700	-97
Nitrat (t/a N)	81 000	65 000	-20
ortho-Phosphat (t/a P)	3 500	920	-74
Gesamt-Phosphor (t/a P)	11 000	2 700	-75
DOC (t/a C)	250 000	79 000	-68
Chlorid (t/a Cl)	3 800 000	2 000 000	-47
Sulfat (t/a SO ₄)	3 100 000	1 800 000	-42
Calcium (t/a)	1 700 000	1 300 000	-24
Magnesium (t/a)	390 000	230 000	-41
Natrium (t/a)	2 000 000	960 000	-52
Kalium (t/a)	230 000	110 000	-52
Cadmium (kg/a)	36 000	2 700	-93
Blei (kg/a)	350 000	42 000	-88
Kupfer (kg/a)	320 000	63 000	-80
Zink (kg/a)	4 400 000	660 000	-85
Chrom (kg/a)	240 000	16 000	-93
Nickel (kg/a)	310 000	58 000	-81
Eisen (kg/a)	26 000 000	5 400 000	-79

Änderung [%]

-90	-50	-10	10	> 10
-----	-----	-----	----	------

Tab. 5b Jahresfrachten der Elbe - Vergleich der Jahre 1986 und 2005

Schnackenburg		1986	2005	Änderung [%]
Abfiltrierbare Stoffe	(t/a)	650 000	320 000	-51
Zehrung 7	(t/a O ₂)	260 000	94 000	-64
Zehrung 14	(t/a O ₂)	470 000	140 000	-70
Zehrung 21	(t/a O ₂)	560 000	170 000	-70
CSB	(t/a O ₂)	1 000 000	490 000	-51
Ammonium	(t/a N)	49 000	2 200	-96
Nitrat	(t/a N)	94 000	79 000	-16
Gesamt-Stickstoff	(t/a N)	190 000	94 000	-51
ortho-Phosphat	(t/a P)	3 500	1 200	-66
Gesamt-Phosphor	(t/a P)	10 000	3 600	-64
TOC	(t/a C)	350 000	210 000	-40
Chlorid	(t/a Cl)	4 400 000	2 400 000	-45
Quecksilber	(kg/a)	22 000	1 400	-94
Cadmium	(kg/a)	13 000	6 200	-52
Blei	(kg/a)	120 000	64 000	-47
Zink	(kg/a)	2 400 000	670 000	-72
Kupfer	(kg/a)	370 000	81 000	-78
Chrom	(kg/a)	260 000	35 000	-97
Nickel	(kg/a)	270 000	64 000	-76
Eisen	(kg/a)	30 000 000	9 700 000	-68
Arsen	(kg/a)	110 000	61 000	-45
Trichlormethan	(kg/a)	24 000	< 83	-97
Tetrachlormethan	(kg/a)	6 800	19	-99,7
Trichlorethen	(kg/a)	31 000	43	-99,9
Tetrachlorethen	(kg/a)	22 000	200	-99,1
α-HCH	(kg/a)	220	50	-77
β-HCH	(kg/a)	51	68	+33
γ-HCH	(kg/a)	650	23	-96
1,2,3-Trichlorbenzen	(kg/a)	660	< 6,2	< -99,1
1,2,4-Trichlorbenzen	(kg/a)	600	< 12	< -98
1,3,5-Trichlorbenzen	(kg/a)	360	< 10	< -97
1,2,3,4-Tetrachlorbenzen	(kg/a)	200	< 4,1	< -98
Hexachlorbenzen	(kg/a)	120	31	-74
Seemannshöft		1986	2005	Änderung [%]
Abfiltrierbare Stoffe	(t/a)	550 000	1 100 000	+100
Zehrung 7	(t/a O ₂)	210 000	100 000	-52
Zehrung 14	(t/a O ₂)	290 000	150 000	-48
Zehrung 21	(t/a O ₂)	350 000	170 000	-51
Ammonium	(t/a N)	50 000	4 000	-92
Nitrat	(t/a N)	110 000	77 000	-30
Gesamt-Stickstoff	(t/a N)	170 000	91 000	-46
ortho-Phosphat	(t/a P)	4 600	1 400	-70
Gesamt-Phosphor	(t/a P)	9 500	4 900	-48
TOC	(t/a C)	290 000	190 000	-34
DOC	(t/a C)	240 000	120 000	-50
Chlorid	(t/a Cl)	4 100 000	2 300 000	-44
Sulfat	(t/a SO ₄)	4 000 000	2 300 000	-43