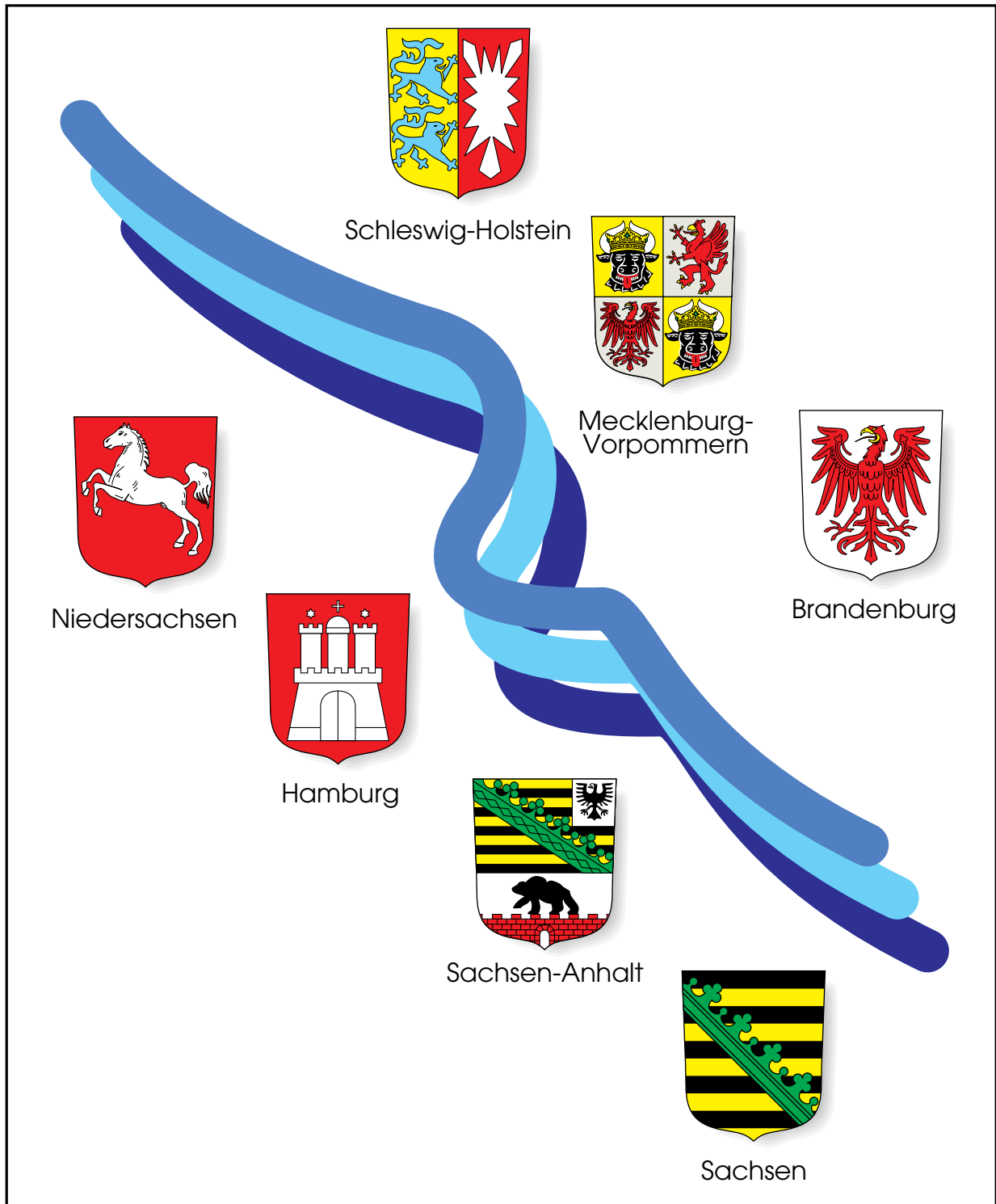


Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



Hochwasser August 2002

- Einfluss auf die Gewässergüte der Elbe -

Hochwasser August 2002

- Einfluss auf die Gewässergüte der Elbe -

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:

Wassergütestelle Elbe
Neßdeich 120-121
21129 Hamburg

Aufgestellt:

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

Inhaltsverzeichnis

1.	Meteorologie	1
2.	Hydrologie	3
2.1	Wasserstand	3
2.2	Abfluss	5
3.	Sonderuntersuchungsprogramm	6
3.1	Bedeutung der Messstationen während des Hochwassers	7
4.	Schwebstoffe	9
5.	Sauerstoffhaushalt	12
6.	Nährstoffe	18
7.	Querprofil-Probenahmen bei Seemannshöft	21
8.	Bakteriologische Wasseranalyse	22
8.1	Allgemeine Grundlagen	22
8.2	Untersuchungsergebnisse aus Sachsen	23
8.3	Untersuchungsergebnisse aus Sachsen-Anhalt	24
8.4	Untersuchungsergebnisse aus Niedersachsen	24
8.5	Untersuchungsergebnisse aus Hamburg	24
8.5	Untersuchungsergebnisse einer Längsprofiluntersuchung	25
9	Toxizitätstests	25
9.1	Allgemeine Grundlagen	25
9.2	Untersuchungsergebnisse aus Sachsen	25
9.3	Untersuchungsergebnisse aus Hamburg	25
10.	Fischfauna – Schadstoff- und bestandskundliche Untersuchungen	26
10.1	Einführung	26
10.2	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen	26
10.2.1	Brassen, Aal und Zander vom Fangplatz Schmilka (Obere Elbe in Sachsen)	26
10.2.2	Aale vom Fangplatz Gorleben (Mittlere Elbe)	27
10.3	Ergebnisse der bestandskundlichen Untersuchung	27
11.	Mineralölkohlenwasserstoffe und MTBE	27
12.	Pestizide	28
13.	Schadstoffe in Schwebstoffen	42
13.1	Metalle, Tributylzinn, PAK und Chlorierte Kohlenwasserstoffe	42
13.2	Polychlorierte Dibenzodioxine, polychlorierte Dibenzofurane (PCDD/F) und dioxinähnliche PCB	47
15	Sedimente im Hamburger Hafen	52
15	Forschungsaktivitäten	53
16	Zusammenfassung	54
17	Literatur	55
	Anhang	57

1. Meteorologie

Die besondere meteorologische Situation, die im August 2002 zu den extremen Niederschlägen über weiten Teilen Österreichs, Tschechiens, der Slowakei und Ostdeutschlands und schließlich zu dem verheerenden Hochwasser in den Einzugsgebieten Elbe und Donau führte, wurde durch so genannte "Fünf-B-Zyklone" hervorgerufen, also Tiefdruckwirbel, die große Regenmengen vom Mittelmeer nach Mitteleuropa transportieren (Abb. 1). Normalerweise entstehen diese Fünf-B-Tiefs nur im Winter. Im Vorwege der Hochwassersituation an der Elbe waren bereits vier solcher Tiefdruckgebiete außergewöhnlicherweise auch im Sommer aufgetreten. Sie sind in der Regel wegen der wärmeren Luftmassen regenreicher als im Winter. Diese Tiefs hatten dazu geführt, dass im oberen Elbeeinzugsgebiet die Böden schon so weit mit Wasser angereichert waren, dass

kein weiteres Bindungsvermögen für weitere Niederschläge mehr bestand. Zu dieser ungünstigen Wasserspeichermöglichkeit kam nun der extrem starke und flächendeckende Niederschlag des fünften Fünf-B-Tiefs („Ilse“) mit Maxima von über 300 mm im Erzgebirge. Auch in der Tschechischen Republik und Österreich fielen am 12.08.2002 verbreitet über 100 mm Niederschlag. Durch die Nord-Süd-Orientierung des Starkniederschlagsgebietes waren das gesamte Einzugsgebiet der Elbe und einige Einzugsgebiete von Nebenflüssen der Donau betroffen. Abb. 2 zeigt die Tagesniederschlagshöhen vom 6. bis zum 15.08.2002 in Deutschland. Als Folge dieser Extremniederschläge wurden weite Landstriche unter Wasser gesetzt und kommunale Bereiche sowie landwirtschaftliche Gebiete überflutet. Davon waren unter anderem im tschechischen Bereich auch

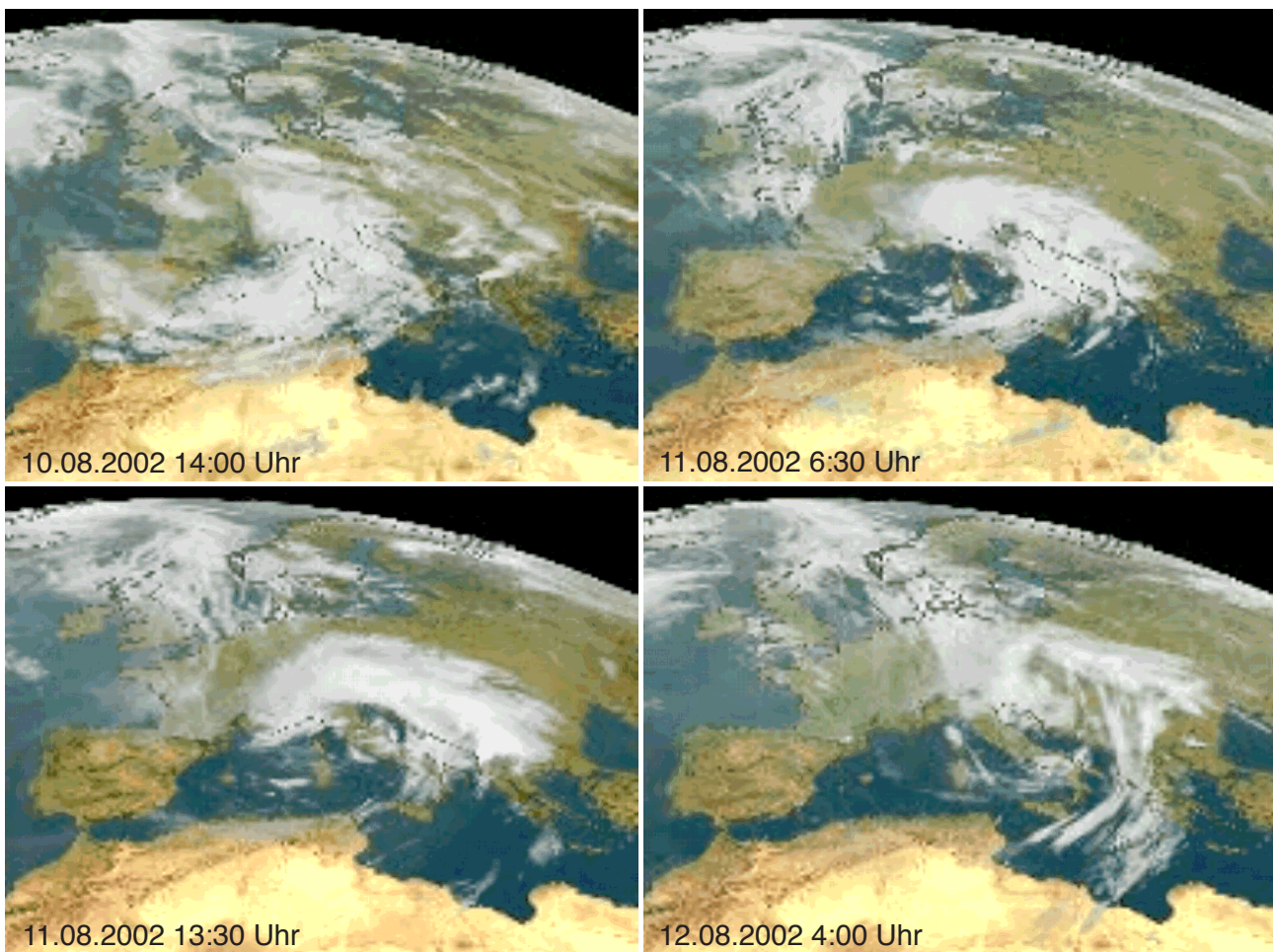
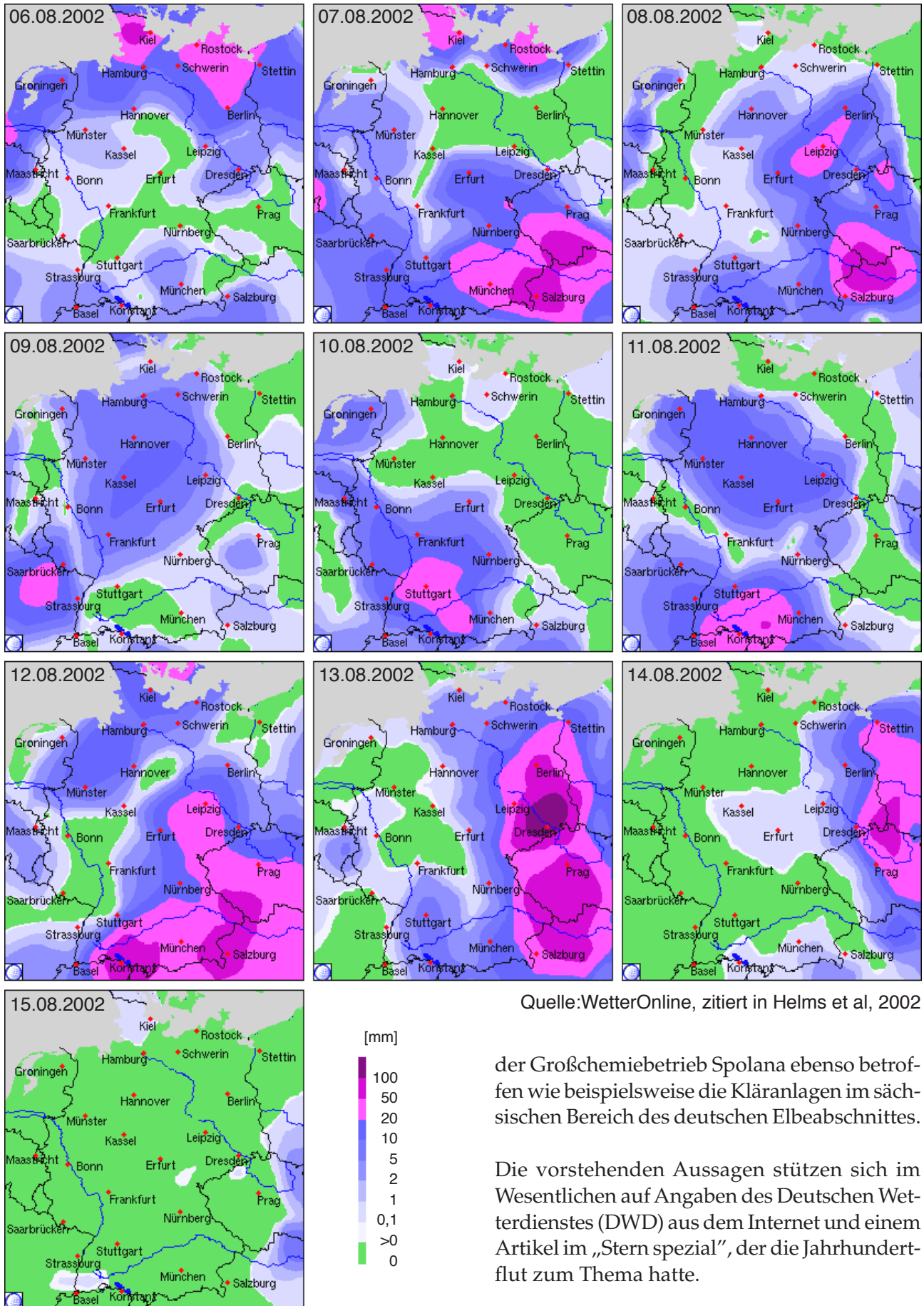


Abb. 1 Zugbahn des Tiefs über das Mittelmeer

Quelle:DLR, zitiert in Helms et al, 2002



Quelle: WetterOnline, zitiert in Helms et al, 2002

der Großchemiebetrieb Spolana ebenso betroffen wie beispielsweise die Kläranlagen im sächsischen Bereich des deutschen Elbeabschnittes.

Die vorstehenden Aussagen stützen sich im Wesentlichen auf Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aus dem Internet und einem Artikel im „Stern spezial“, der die Jahrhundertflut zum Thema hatte.

Abb. 2 Tagesniederschläge [mm] um 8:00 Uhr MESZ (in 24 h)

2. Hydrologie

Bedeutende Hochwasserereignisse in der Elbe entstehen hauptsächlich infolge intensiver Schneeschmelze bis in die Kammlagen der Mittelgebirge in Verbindung mit großflächigen, mehrtägigen, ergiebigen Regen. Weniger als ein Viertel aller bedeutender Hochwasserereignisse entstehen in den Sommermonaten durch großflächigen, mehrtägigen, ergiebigen Regen.

2.1 Wasserstand

Die Verläufe der Wasserstände für den August 2002 sind in Abb. 3 für die Elbe-Pegel Schöna, Dresden, Torgau, Lutherstadt Wittenberg, Magdeburg-Strombrücke, Wittenberge und Neu Darchau dargestellt.

In Schöna (Staatsgrenze) stieg der Wasserstand von <200 cm ab etwa dem 08.08.02 mit bis zu 10 cm/h stark an, erreichte am 10./11.08.02 ein erstes Maximum mit 623 cm, stieg nach kurzem Abfall weiter an und erreichte mit 1202 cm den Höchststand am 16.08.02 von 21:00 bis 4:00 Uhr des Folgetages. Anschließend fiel der Wasserstand bis zum 22.08.02 zunächst schnell, dann langsamer und erreichte zum Monatsende etwa wieder Mittelwasserstand.

Am Pegel Dresden (km 55,3) war der Verlauf anfangs ähnlich, das erste Maximum wurde mit 561 cm etwa 9 Stunden nach Schöna erreicht, nach kurzem Abfall erfolgte ein weiterer Anstieg bis zu einem zweiten Maximum von 716 cm am 13. August 2002, das von den Niederschlägen in den Einzugsgebieten von Weißeritz und Gottleuba verursacht wurde. Am 17.08.02 wurde in der Zeit zwischen 7:00 und 9:00 Uhr der Höchststand von 940 cm erreicht. Danach fiel der Wasserstand vergleichbar mit dem am Pegel Schöna.

Am Pegel Torgau (km 154,2) zeigte sich ein ähnlicher Verlauf, das Maximum von 945 cm wurde am 18.08.02 zwischen 2:00 und 6:00 Uhr erreicht. Der Rückgang war hier jedoch langsamer, da durch zurückfließendes Wasser aus den überfluteten Flächen eine Verzögerung eintrat.

Das Hochwasser im August 2002 wurde durch starke Niederschläge vom 6. bis 7. August im Böhmerwald, vom 11. bis 12. August in Südböhmen und vom 11. bis 13. August im Erzgebirge verursacht. Diese führten zu erheblichen Abflüssen der Moldau, der Erzgebirgsnebenflüsse und der Mulde. Die Elbe oberhalb der Moldaumündung, die Schwarze Elster und die Saale hatten in diesem Zeitraum kein Hochwasser.

Bei den weiter stromab folgenden Pegeln waren sowohl Anstieg als auch Rückgang des Wasserstandes zunehmend flacher, hier wirkten sich zufällige (Deichbrüche) und gesteuerte Rückhaltungen aus.

Am 15.08.02 wurde das Pretziener Wehr bei Magdeburg gezogen und führte mit einer Ableitung von 1000 m³/s [Mitteilung von M. Simon, IKSE] über den 27 km langen Umflutkanal zu einer erheblichen Entlastung der Stadtlagen von Schönebeck und Magdeburg.

Die Flutung von fünf Havelpoldern und Ableitung vom Elbewasser in den Havel Schlauch über das Wehr Neuwerben und die Wehrgruppe Quitzöbel am 20.08.02 bewirkten eine Absenkung des Scheitels um ca. 40 cm am Pegel Wittenberge. In Neu Darchau erschien der Scheitel als Plateau vom 22. – 26.08.2002.

Die Hochwasserwelle bewegte sich im Scheitel zwischen Schöna und Torgau mit einer Geschwindigkeit von etwa 1,4 bis 1,5 m/s, von Torgau bis Wittenberge von etwa 1,1 bis 1,3 m/s.

In Tabelle 1 sind die im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch 1999, Elbegebiet Teil I und Teil III veröffentlichten Mittelwerte (Zeitspanne 1990 bis 1999) und Höchstwerte der Wasserstände den Maximalen Wasserständen (Rohwerte) von August 2002 gegenübergestellt.

In Schöna wurde im August 2002 der bisherige Höchststand um 334 cm, in Dresden um 63 cm, in Torgau um 82 cm, in Wittenberg/Lutherstadt

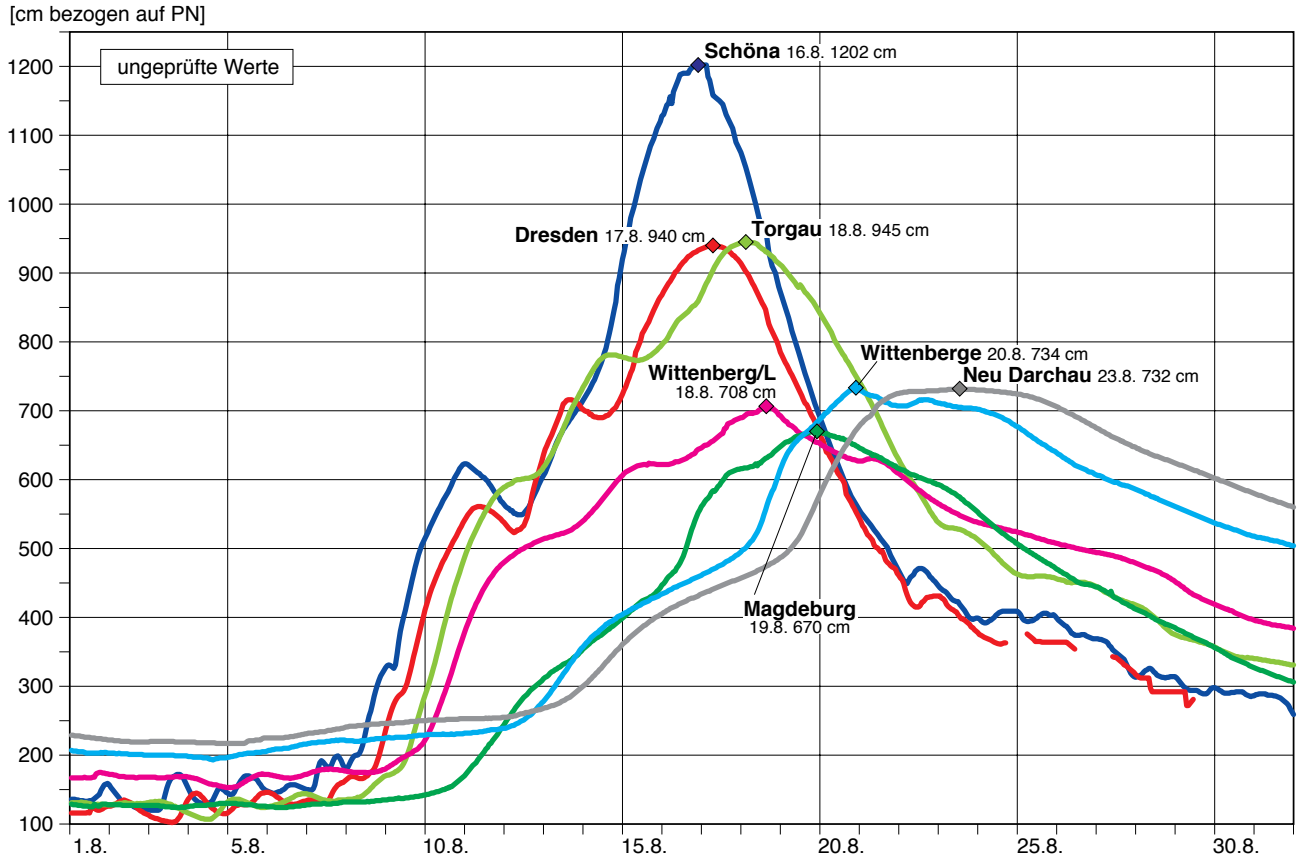


Abb. 3 Wasserstände der Elbepegel im August 2002

Tab. 1 Hauptzahlen der Wasserstände und maximale Wasserstände im August 2002

Pegel	Lage	MW (1990-99)	HHW (bis 1999)		Maximalwerte August 2002		
			cm	Datum	cm	Datum	Uhrzeit
Schöna	2,1	202	868	09.04.1941	1202	16.08.2002	21:00
Dresden	55,3	181	877	31.03.1845	940	17.08.2002	07:00
Torgau	154,2	245	863	18.03.1940	945	18.08.2002	02:00
Wittenberg/L.	214,1	244	624	30.11.1980	708	18.08.2002	16:00
Magdeburg/ Strombrücke	326,6	185	701	18.02.1941	670	19.08.2002	20:00
Wittenberge	453,9	263	715	23.01.1920	734	20.08.2002	23:00
Neu Darchau	563,5	265	724	07.04.1895	732	23.08.2002	12:00

Datenquellen: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet Teil I und Teil III 1999, Pegeldata-server, ungeprüfte Daten der WSD-OST, MW = Mittelwasserstand, HHW = höchster bekannter Wasserstand

um 84 cm, in Wittenberge um 19 cm und in Neu Darchau um 8 cm überschritten. In Magdeburg blieb der maximale Wasserstand im August dagegen 31 cm unter dem bisherigen Höchststand.

Im tidebeeinflussten Abschnitt der Elbe unterhalb des Wehres Geesthacht waren die Auswir-

kungen des Hochwassers weniger dramatisch. Infolge des größeren Querschnitts, der größeren Wassertiefe und der Tidedynamik zeigte sich am Pegel Zollenspieker (Abb. 4) nur beim Tideniedrigwasserstand ein deutlicher Anstieg um etwa 400 cm, während die Erhöhung des Tidehochwasserstands mit 80 cm gering ausfiel.

[cm bezogen auf PN]

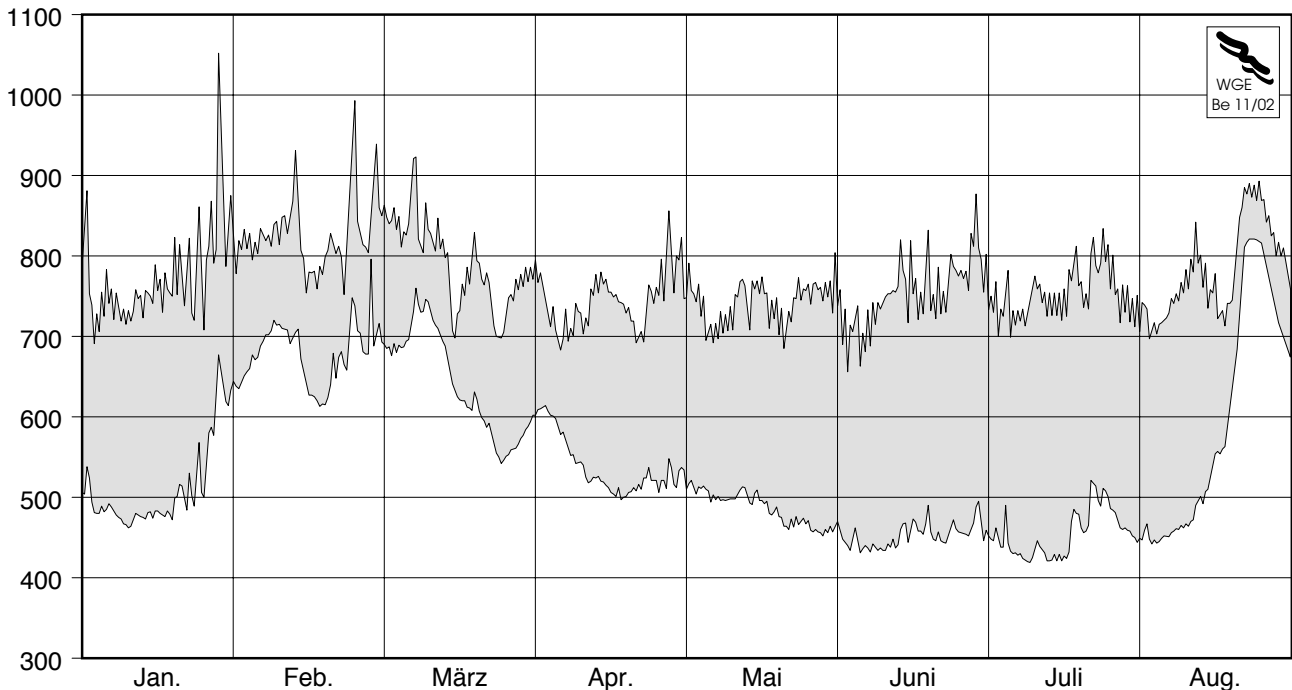


Abb. 4 Tideniedrigwasser und -hochwasser der Elbe am Pegel Zollenspieker (km 598,3) - 2002

2.2 Abfluss

Für die Elbepegel wurden die vorläufigen Werte des Tschechischen Hydrometrischen Instituts und der jeweiligen Wasser- und Schifffahrtsämter verwendet (Tab. 2).

Die höchsten Abflusswerte traten in der Moldau (Prag: 5300 m³/s) und im tschechischen Abschnitt der Elbe unterhalb der Moldaumündung auf. Im weiteren Verlauf der Elbe verflachte die Hochwasserwelle. Ohne die bereits erwähnten zufälligen und gesteuerten Rückhaltungen wären die Abflüsse am Pegel Wittenberg und weiter unterhalb deutlich höher ausgefallen. Am Pegel Neu Darchau lag das Maximum nur noch bei 3430 m³/s. Die großen

Wassermassen flossen hier über einen längeren Zeitraum ab.

Tab. 2 Hauptzahlen der Abflüsse und maximale Abflüsse im August 2002

Pegel	Lage	MQ		HHQ		Maximum 2002	
		m ³ /s	Jahresreihe	m ³ /s	Datum	m ³ /s	Datum
Schöna	2,1					4790*	16.08.02
Dresden	55,3	323	1931-1999	5700	31.03.1845	4580*	17.08.02
Torgau	154,2	340	1936-1999	3400	03.1940	4420*	18.08.02
Wittenberg/L.	214,1	352	1951-1999	2560	11.01.1982	4130*	18.08.02
Magdeburg/ Strombrücke	326,6	557	1931-1999	3600	02.04.1988	4180**	19.08.02
Wittenberge	453,9	277	1900-1999	3590	23.01.1920	3830**	21.08.02
Neu Darchau	563,5	710	1926-1999	3840	07.04.1895	3430***	23.08.02

Datenquelle für MQ (Jahresmittelwert des Abflusses) und HHQ (höchster bekannter Abfluss): DGJ 1999 Elbegebiet Teil I und Teil III

* vorläufige Werte des WSA Dresden. Pegel Schöna ist noch nicht mit Tschechien abgestimmt.

** vorläufige Werte des WSA Magdeburg

*** vorläufige Werte des WSA Lauenburg

3. Sonderuntersuchungsprogramm

Im folgende werden die Messstellen, Messgrößen und Probenfrequenzen für das Sonderuntersuchungsprogramm „Hochwasser August 2002“, wie sie von den Elbanliegerländern durchgeführt wurden, aufgeführt.

Bad Schandau täglich vom 15.-30.8.02, ab dann alle zwei Tage
Allgemeinde Güte, Coli, Metalle gel. ges., „Dioxine“, SHKW, LHKW, PBSM (ab.26.8.02)

Dresden, Albertbrücke 15.08.02, täglich vom 19.-30.8.02
Allgemeinde Güte, Coli, Metalle gel. ges., „Dioxine“, SHKW, LHKW

Meissen täglich vom 19.-30.8.02, ab dann alle zwei Tage
Allgemeinde Güte, Coli, Metalle gel. ges., „Dioxine“, SHKW, LHKW

Wittenberg/L. 2 Proben täglich vom 16.-27.8.02
Allgemeinde Güte, Coli, Metalle ges., „Dioxine“ in Schwebst. (6 Proben), LHKW, γ -HCH

Mulde, Dessau 2 Proben täglich vom 16.-27.8.02
Allgemeinde Güte, Coli, Metalle ges., „Dioxine“ in Schwebst. (8 Proben), LHKW, γ -HCH

Magdeburg, links 2 Proben täglich vom 16.-27.8.02
Allgemeinde Güte, Coli, Metalle ges., „Dioxine“ in Schwebst. (4 Proben), LHKW, γ -HCH

- Wittenberge** täglich vom 19.-27.8.02
WT, O2, pH, el. Leitf., UV254-Extinktion, Metalle ges., AOX
- Dömitz** 16., 19., 20.8.02, 2 Proben täglich vom 21.-28.8.02
Allgemeinde Güte, Metalle ges., AOX, IR-KW, ΣBTEX, ΣLHKW, ΣSHKW, ΣPCB, ΣPAK
- Wehr Geesthacht** täglich vom 19.-26.8.02
abf. Stoffe, Metalle gel. part., AOX, „Haloether“
- Bunthaus**
zwei 6h-Mischproben täglich vom 16.8.-02.9.02 Metalle ges.
täglich vom 20.8.-28.8.02 Bakteriologie
Schwebstoff-Mischproben alle 2 Tage vom 22.8.-02.09.02 Metalle, Dioxine, SHKW, PBSM, TBTX, Radioaktivität
- Seemannshöft**
zwei 6h-Mischproben täglich vom 16.8.-02.9.02 Metalle gesamt
täglich vom 20.8.-28.8.02 Bakteriologie
Schwebstoff-Mischproben alle 2 Tage vom 22.8.-02.09.02 Metalle, Dioxine, SHKW, PBSM, TBTX, Radioaktivität
3 zusätzliche Querprofile 22.,23. Und 26.08.02 Nährstoffe, Schwermetalle, CKW
- Schulau**
3 zusätzliche Probenahmen 22.,23. Und 26.08.02 Nährstoffe
- Grauerort**
3 zusätzliche Probenahmen 22.,23. Und 26.08.02 Nährstoffe, Schwermetalle
- Längsprofil**
5 zusätzliche Messstellen Schwermetalle (filtriert + Filtrerrückstand)

3.1 Bedeutung der Messstationen während des Hochwassers

Die funktionsfähigen Stationen lieferten zeitnahe und wertvolle Informationen zum Sauerstoffgehalt, zur organischen Belastung (indirekte Messung mittels UV-Extinktion) und zum Schwebstoffgehalt des Wassers (Trübungsmessung). Darüber hinaus wurden die zugänglichen Stationen als Probenahmeplattformen

für Sonderuntersuchungen eingesetzt. Dazu wurden vorhandene Probenahmegeräte und Sedimentations-Becken genutzt, in Bunthaus und Seemannshöft zusätzlich auch kurzfristig installierte Durchlaufzentrifugen. Die kontinuierlichen Biotests zeigten keine Auffälligkeiten.

Tab. 3 Betriebsübersicht der Messstationen während des Hochwassers (Stand 02.09.02)

Station	Land	Betrieb	Bemerkung
Schmilka (km 4,1)	SN	Ausfall ab 14.8.02	Stromausfall und Überflutung der Station
Zehren (km 89,6)	SN	Ausfall vom 13.8. bis 22.8.02	Stromausfall und Überflutung der Station, z. Zt. nur meteorologische Messgrößen, da Pumpen noch defekt
Domnitzsch (km 172,6)	SN	Ausfall vom 16.8. bis 23.8.02	Stromausfall
Magdeburg (km 318,1)	ST	Ausfall vom 16.8. bis 29.8.02	Stromausfall
Cumlosen (km 470,0)	BB	durchgehend in Betrieb	Sonderprobenahmen mit Probensammlern und Sedi-Becken
Schnackenburg (km 474,5)	NI	durchgehend in Betrieb	Station zeitweise nicht zugänglich
Bunthaus (km 609,8)	HH	durchgehend in Betrieb	Sonderprobenahmen mit Probensammlern, Sedi-Becken und Durchlaufzentrifuge
Seemannhöft (km 628,8)	HH	durchgehend in Betrieb	Sonderprobenahmen mit Probensammlern, Sedi-Becken und Durchlaufzentrifuge
Grauerort (km 660,6)	NI	durchgehend in Betrieb	
Gorsdorf/Schwarze Elster	ST	Ausfall vom 18.8. bis 28.8.02	Stromausfall, keine kontinuierlichen Messungen
Dessau/Mulde	ST	Ausfall vom 14.8. bis 26.8.02	Pumpenausfall wegen Überflutung
Rosenburg/Saale	ST	durchgehend in Betrieb	

Quelle: pers. Mitteilungen

Anmerkungen zu den Stationen in Sachsen-Anhalt:

Wegen des Ausfalls des Servers in der Messnetzzentrale Magdeburg ist eine Online-Übertragung von Messwerten der Stationen zur Messnetzzentrale sowie von der Messnetzzentrale zur nationale INES-Zentrale in der Wassergütestelle Elbe seit April 2001 nicht möglich.

4. Schwebstoffe

Schwebstoffe können einen erheblichen Einfluss auf die Gütesituation eines Gewässers ausüben. So beeinflussen sie beispielsweise die Eindringtiefe des Sonnenlichtes und damit die biogene Sauerstoffproduktion. Gleichzeitig sind sie Träger biologischer "Mikrorasen", die die Umsetzung bestimmter Stoffe, ähnlich einer Klärschlammflocke, begünstigen. Schließlich lagern sich an den Schwebstoffen im besonderen Maße bestimmte Schadstoffe, wie Schwermetalle, Arsen und unpolare organische Verbindungen an. Bei einer entsprechenden Vorbelastung fungieren sie als regelrechte Schadstoffträger mit den bekannten Folgen, z. B. bei der Unterbringung von Baggergut aus Hafengebäcken und bei der landwirtschaftlichen Nutzung der Vordeichsländereien. Ein indirektes Maß für abfiltrierbare Stoffe bilden die in vielen Messstationen entlang der Elbe kontinuierlich vorgenommenen Trübungsmessungen. Dabei handelt es sich um eine partikelbezogene Streulichtmessung.

Im nachfolgenden Text werden zunächst die landeseigenen Untersuchungsergebnisse in Fließrichtung betrachtet beschrieben. Die der Wassergütestelle Elbe übermittelten Befunde wurden in der Abb. 5 grafisch aufgetragen

Aus dem **sächsischen Bereich** stehen **Trübungswerte** von den Messstationen Schmilka, Zehren und Dommitzsch als Tagesmittelwerte zur Verfügung, allerdings nur bis zu dem Zeitpunkt des Ausfalls der Messeinrichtungen. Die erfassten Maximalwerte, die vor dem Hochwasserscheitel auftraten, übersteigen die Werte des davorliegenden Zeitraumes um ein Vielfaches. Nach der Wiederinbetriebnahme der Trübungsmessung an der Messstation Dommitzsch zeigt sich ein ähnliches Bild wie vor dem Durchlauf der Hochwasserwelle. Darüber hinaus stehen von den Messstellen Bad Schandau, Dresden Albertbrücke und Meissen Ergebnisse von Untersuchungen auf **abfiltrierbare Stoffe** (Einzelproben) zur Verfügung. An der Messstelle Bad Schandau erfolgte die erste Messung am 16.08.02, also an dem Tag, an dem an der Staatsgrenze der Hochwasserscheitel eintrat. Der entsprechende Wert betrug 126 mg/l ab-

filtrierbare Stoffe; er ist zugleich der Maximalwert der an diesem Tag begonnenen Untersuchungskampagne. Bis Ende August nahmen die Werte kontinuierlich ab, zum Teil auf Werte unter 5 mg/l. An der Messstelle Dresden Albertbrücke begannen die Sonderuntersuchungen am 19.08.02. Bis Ende August wurden Werte zwischen 10 und 45 mg/l gemessen. An der weiter stromab liegenden Messstelle Meissen lagen im gleichen Zeitraum die Untersuchungsergebnisse geringfügig niedriger.

Im Elbeabschnitt **Sachsen-Anhalts** wurden im Rahmen eines Sondermessprogramms an den Messstellen Wittenberg/Lutherstadt und Magdeburg zwei Einzelproben pro Tag genommen. Neben anderen Messgrößen wurden auch die Gehalte der **abfiltrierbaren Stoffe** bestimmt. Dabei trat an der Messstelle Wittenberg/Lutherstadt am 18.08.02 in der Vormittagsprobe ein Maximalwert von 160 mg/l abfiltrierbare Stoffe auf. Am selben Tage wurde dort der Hochwasserscheitel registriert. Weiter stromab bei Magdeburg wurde der entsprechende Maximalwert bereits am 16.08.02, also vor Eintritt des Hochwasserscheitels, mit einem Gehalt von 55 mg/l abfiltrierbare Stoffe festgestellt. Das unterschiedliche Verhältnis der Maximalwerte zum Scheitelwasserstand steht möglicherweise im Zusammenhang mit den Auswirkungen von Deichbrüchen und Entlastungsmaßnahmen in diesem Elbeabschnitt. Auch die beiden großen einmündenden Nebenflüsse Saale und Mulde haben sicherlich einen Einfluss ausgeübt, der derzeit aber nicht abgeschätzt werden kann. Kontinuierliche Trübungsmessungen, z. B. an den Messstationen von Saale, Mulde und Magdeburg hätten wahrscheinlich geholfen, das Gesamtgeschehen besser verstehen zu können. Entsprechende Messwerte stehen aber leider nicht zur Verfügung.

An der Messstelle Cumlosen bei Wittenberge (**Brandenburg**) wurden im Rahmen eines Sonderuntersuchungsprogrammes die gütemäßigen Auswirkungen der Hochwasserwelle täglich untersucht. Die nachfolgenden Angaben zu den **abfiltrierbaren Stoffen** stützen sich auf

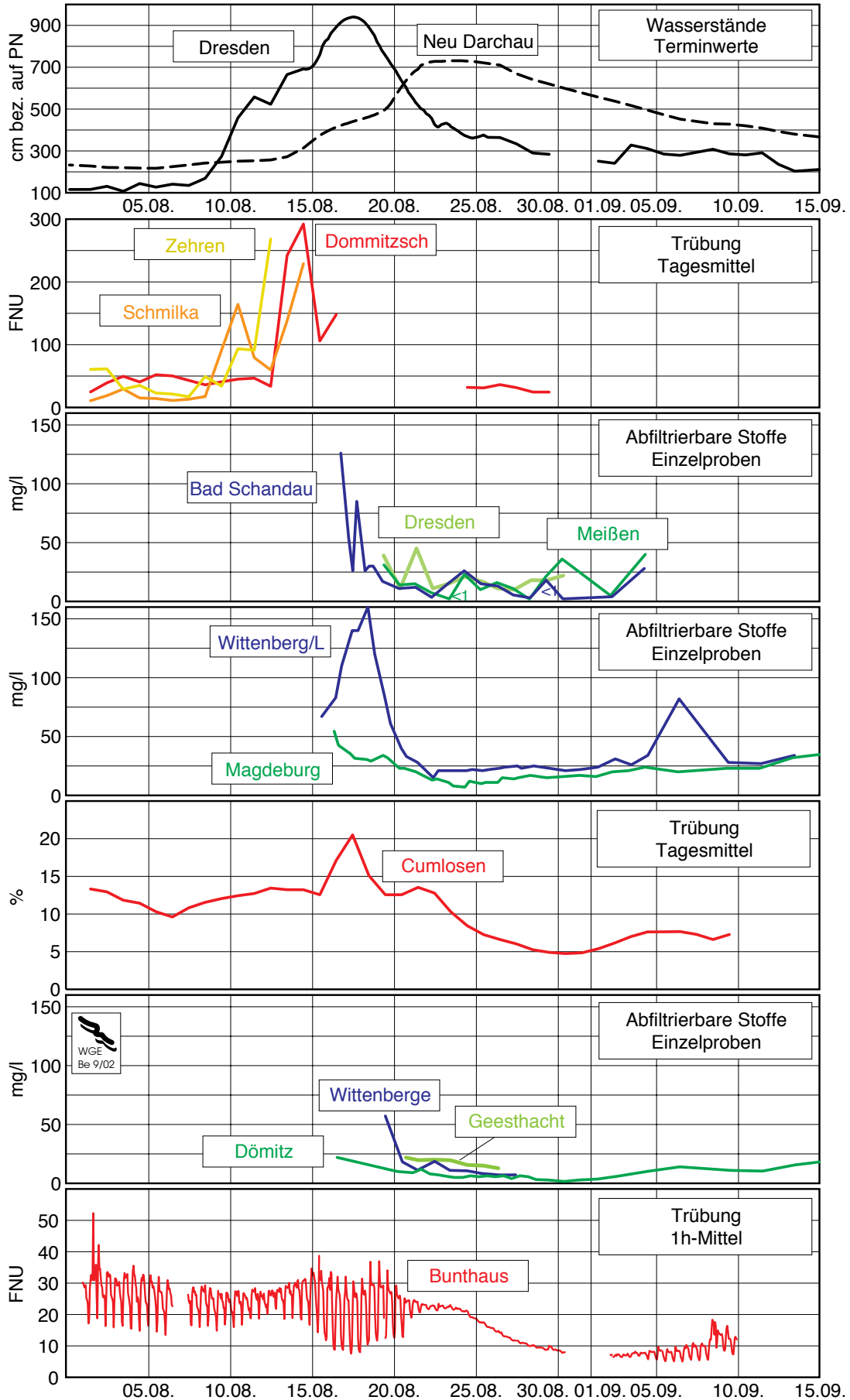


Abb.5 Abfiltrierbare Stoffe und Trübung während des Hochwassers August 2002

die Daten, die im Hochwassergütebericht für den Zeitraum 15. bis 28.08.02 der Wassergütestelle Elbe mitgeteilt wurden. Während des Untersuchungszeitraumes 16. bis 28.08.02 wurden Werte zwischen 7 und 57 mg/l gemessen. Der ebenfalls mitgeteilte Jahresmittelwert aus dem Jahr 2001 lag demgegenüber bei knapp 26 mg/l. Zusätzlich stehen kontinuierliche Trübungsmesswerte der Messstation Cumlosen zur Verfügung. Diese sind allerdings gerätespezifischer Natur und nicht vergleichbar mit den anderen nach DIN durchgeführten Trübungsmessungen. Die Auftragung in der Abb. 5 verdeutlicht, dass vor dem Hochwasserscheitel ein Trübungsmaximum auftrat, dem ein steiler Anstieg voranging. Der nachfolgende Rückgang der Messwerte erreichte zunächst am 20.08.02 das Niveau aus der Zeit vor dem steilen Anstieg. Danach verringerte sich die Trübung in etwa auf hälftige Messwerte der Ausgangssituation in der ersten August-Hälfte.

Weiter stromab bei Dömitz hat das Land **Mecklenburg-Vorpommern** ebenfalls ein auf die Hochwassersituation ausgerichtetes Sonderuntersuchungsprogramm durchgeführt. Der maximale Wert an **abfiltrierbaren Stoffen** wurde am Beginn der Untersuchungskampagne (16.08.02) mit ca. 22 mg/l registriert. Der Hochwasserscheitel trat am 21.08.02 ein; das nachfolgende Abflussgeschehen kann dann als plateau-förmig bezeichnet werden. Bereits im aufsteigenden Ast der Hochwasserwelle reduzierten sich die Gehalte an abfiltrierbaren Stoffen sehr deutlich. Während der Plateau-Phase gingen die Werte von zunächst 10 bis auf rd. 5 mg/l zurück.

Knapp oberhalb des **Wehres Geesthacht** hat die GKSS vom 20.08. bis zum 26.08.02 die **abfiltrierbaren Stoffe** in Einzelproben bestimmt. Dabei wurden Werte zwischen 13 und 22 mg/l festgestellt.

In **Hamburg** wurde die **Trübung** an den Messstationen Bunthaus und Seemannshöft kontinuierlich aufgezeichnet. Die nachfolgende Aussage stützt sich beispielhaft auf die Befunde von Bunthaus. Bis zum 20.08.02 traten in typischer Form tidebedingte Schwankungen der registrierten Signale auf. Durch die nach-

folgende Verschiebung des Kenterpunktes in den Hamburger Hafen aufgrund des stark erhöhten Oberwasserabflusses reduzierte sich die Schwankungsbreite der Messwerte erheblich. Gleichzeitig ging die Trübung bis auf hälftige Werte der Ausgangssituation vor dem 20.08.02 zurück.

Eine **Hubschrauber-Längsprofilbefliegung** der GKSS/Wassergütestelle Elbe am 16.08.2002 im tschechischen und sächsischen Bereich hatte auch die Erfassung der **abfiltrierbaren Stoffe** zum Ziel. Dabei wurde in Fließrichtung betrachtet eine steiler Gradient festgestellt mit einem Minimum-Wert in Tschechien unter 50 und einem Maximum-Wert in Sachsen von über 300 mg/l (Abb. 6). Auch hier lag der Maximum-Wert vor dem Hochwasserscheitel, der sich zu diesem Zeitpunkt in etwa an der Staatsgrenze ausgebildet hatte. Aufgrund des recht gradlinigen Verlaufes des Anstieges der abfiltrierbaren Stoffe in Fließrichtung kann die Annahme getroffen werden, dass zum Zeitpunkt dieser Befliegung der tatsächliche Maximalwert in der fließenden Welle weiter stromab im nicht erfassten Bereich lag. Weitere Teilabschnitte (Mittlere Elbe – GKSS/Wassergütestelle Elbe; Tideelbe – Wassergütestelle Elbe) wurden am 21.08.02 bzw. am 26.08.02 ebenfalls während einer Befliegung erfasst. Am 22.08.02 lag der Hochwasserscheitel in etwa bei Wittenberge/Schnackenburg, also dem Bereich der ehemaligen deutsch/deutschen Grenze. Die gemessenen abfiltrierbaren Stoffe lagen auf diesem Längsprofil-Teilstück recht gleichförmig bei 50 mg/l. Eine unmittelbare Beeinflussung der Gehalte, z. B. durch den aufsteigenden Ast der Hochwasserwelle, den Hochwasserscheitel und den absteigenden Ast ist nicht erkennbar. Während der Tideelbe-Längsprofilbefliegung am 26.08.02 lag der Hochwasserscheitel theoretisch im Hamburger Hafen. Der Hochwasserscheitel hatte allerdings beim Übergang in die Tideelbe mehr den Charakter eines Plateaus. Die Schwebstoffgehalte im Hamburger Bereich lagen mit Werten von rd. 10 bis 20 mg/l auffallend niedrig.

Fazit: Aus der Zusammenschau aller Befunde (abfiltrierbare Stoffe und Trübung) wird erkennbar, dass im Zusammenhang mit der

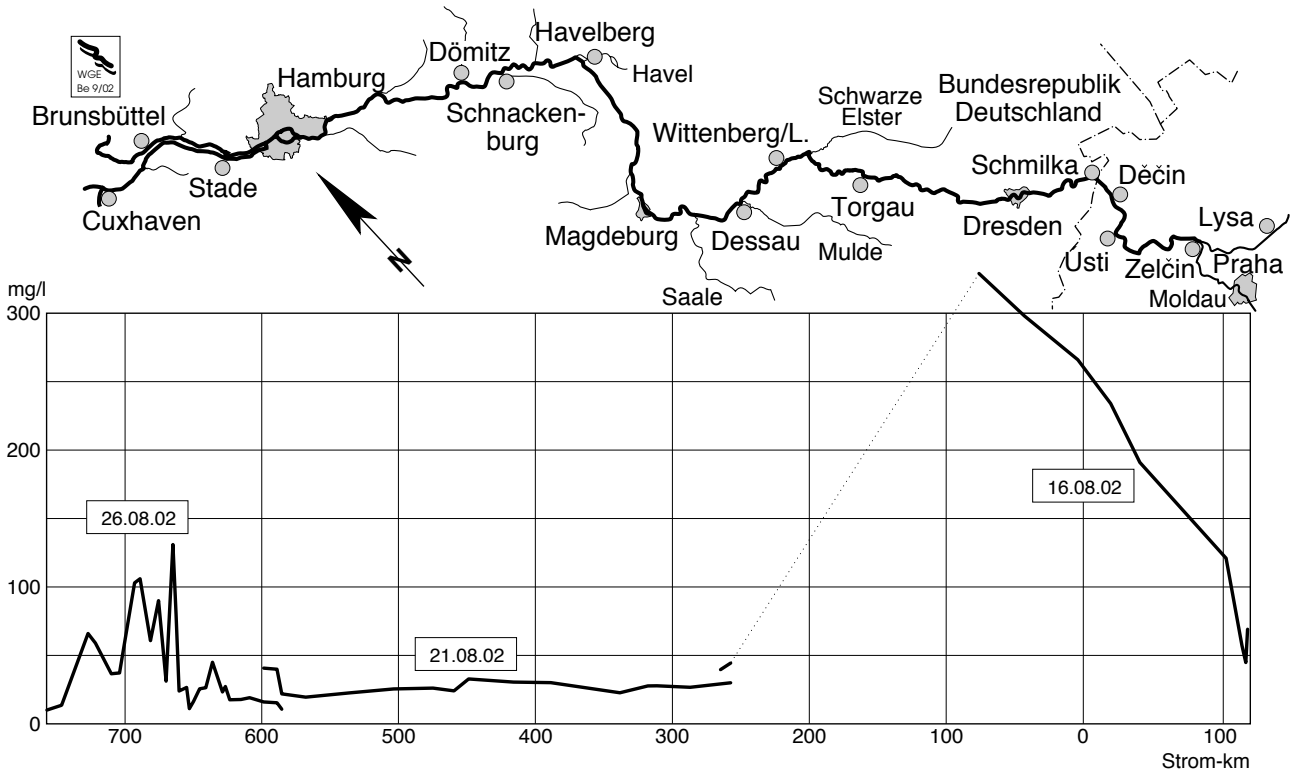


Abb. 6 Abfiltrierbare Stoffe im Längsprofil - Hochwasser August 2002

Hochwassersituation im August 2002 insbesondere in der Oberen Elbe erhebliche Mengen an abfiltrierbaren Stoffen in der fließenden Welle auftraten. Die Spitzenwerte dürften dabei deutlich über 300 mg/l gelegen haben. Auf der Fließstrecke nach Hamburg reduzierte sich der Gehalt an Schwebstoffen mehr oder minder kontinuierlich bis auf Werte unter 10 mg/l. Insbesondere im Streckenabschnitt der Mittleren

Elbe ist es offensichtlich aufgrund von Strömungswalzen, von Deichbrüchen und von Entlastungsmaßnahmen zu einem intensiven Quertransport der Schwebstoffe aus dem eigentlichen Flussbett in die überfluteten Seitenbereiche gekommen. Dort dürfte sich auch ein großer Teil der schwebstoffgebundenen Kontaminanten, wie Metalle und organische Schadstoffe unpolaren Charakters abgelagert haben.

5. Sauerstoffhaushalt

Das August-Hochwasser hatte zu einem Absinken der Sauerstoffgehalte der Elbe auf kritische Werte entlang einer ungewöhnlich großen Strecke zwischen Wittenberge (km 455) und Brunsbüttel (km 695) geführt.

Durch das Hochwasser gelangten große Mengen an sauerstoffzehrenden Stoffen in die Elbe. Die Ammoniumgehalte stiegen von sonst in der Mittel-Elbe im August üblichen Werten von 0,01 bis 0,06 mg/l N auf Spitzenwerte bis 0,63 mg/l N bei Wittenberg/L (Abb. 7, Tab. 4). Ungewöhnlich hohe Nitritwerte (max. 0,33 mg/l N bei Dömitz, Abb. 7) zeigten eine entsprechend verstärkte Nitrifikation an. Die August-typi-

schen DOC-Werte sind 4 bis 6 mg/l C. Bei Magdeburg wurde ein Maximum von 16 mg/l C ermittelt, bei Dömitz sogar 42 mg/l C (Tab. 4). An der Messstation Schnackenburg stieg der UV254-Exkursionswert von üblichen 12 bis 18 /m auf 38 /m (Abb. 8). Das entspricht ungefähr einem DOC-Wert von 17 mg/l C. Die BSB₅-Werte bei Dömitz waren mit 1 bis 3 mg/l O₂ und einem Spitzenwert über 5 mg/l O₂ recht niedrig.

Ein Vergleich der Zehrung₂₁-Längsprofile in der Tideelbe (Abb. 9) vom August 2001 und August 2002 zeigt, dass es zwar eine deutliche Verdünnung der Zehrung₂₁-Gehalte durch das

Tab. 4 Maximalwerte von Ammonium und DOC während des Hochwassers

	NH ₄ -N (mg/l N)	DOC (mg/l C)
Bad Schandau	0,57	13
Dresden, Albertbrücke	0,56	13
Meißen	0,55	13
Wittenberg/L.	0,63	10
Magdeburg	0,42	16
Dömitz	0,39	42

Hochwasser gab. Ohne einen zusätzlichen Eintrag sauerstoffzehrender Stoffe wären allerdings Werte von 2 bis 3 mg/l O₂ erreicht worden. Die Zehrung_{5,21}-Gehalte um 8 mg/l O₂ stellen also erhöhte Werte bei diesem Abfluss dar. Die transportierte Menge sauerstoffzehrender Stoffe hatte sich während des Hochwassers mehr als verdoppelt.

Zusätzlich zu den diffus eingetragenen sauerstoffzehrenden Stoffen gelangten größere Mengen ungeklärten Abwassers in die Elbe. In den vom Hochwasser betroffenen Städten und Gemeinden wurden auch etliche kommunale Kläranlagen überschwemmt oder konnten wegen des Stromausfalls nicht arbeiten. So waren in Sachsen an der Elbe 28 Kläranlagen und an der Mulde 34 Kläranlagen einige Zeit lang außer Betrieb und das Abwasser ging zwangsläufig ungeklärt in die Elbe. In Sachsen-Anhalt waren 3 Anlagen an der Elbe und 1 Anlage an der Mulde betroffen. Die größten dieser Klärwerke waren Pirna, Dresden, Meißen und Riesa. Recht schnell wurden danach die mechanischen Stufen wieder in Betrieb genommen. Das Anfahren der biologischen Stufen dauerte etwas länger, da teilweise erst der Belebtschlamm wieder aufgebaut werden mußte. Bis Mitte September waren diese kommunalen Kläranlagen wieder voll funktionsfähig. Auch in der Tschechischen Republik waren etliche kommunale Klärwerke vom Hochwasser geschädigt worden. Die Kläranlage Prag war Ende September 2002 noch außer Betrieb, weil die Stromversorgung noch nicht wiederhergestellt war. Die Inbetriebnahme wurde bis Ende 2002 geplant.

Die Algenkonzentrationen gingen durch die Verdünnungswirkung des Hochwassers deut-

lich zurück. In der Mittelelbe sind normalerweise im Sommer Chlorophyll-a-Werte von 30 bis 200 µg/l üblich. Bei Wittenberg/L. und bei Magdeburg fielen diese auf unter 10 µg/l (Abb. 10). Als Folge wurde der Tagesgang der Sauerstoffgehalte (Abb. 11 Cumlosen, Schnackenburg) deutlich kleiner. In der 2. Augushälfte stiegen die Chlorophyll-a-Gehalte wieder auf normale Werte an. Der pH-Wert ging zeitgleich mit den Chlorophyllwerten von Werten über 8 auf teilweise unter 7 zurück. Das Absinken des pH-Wertes wurde allerdings auch durch die großen Regenmengen mit pH-Werten unter 7 bewirkt. Mit den Algengehalten nahm der entsprechende biogene Sauerstoffeintrag stark ab.

In der Folge sanken die Sauerstoffwerte bei Wassertemperaturen zwischen 19 und 22 °C soweit ab, dass zeitweilig die Gefahr eines Fischsterbens bestand. In der Oberen und Mittleren Elbe werden üblicherweise im August Sauerstoffgehalte von 8 bis 16 mg/l O₂ erreicht. Während des Durchlaufs des Hochwasserscheitels bzw. kurz danach wurden die niedrigsten Werte beobachtet. Mit zunehmender Laufzeit erreichten die Sauerstoffminima ein immer geringeres Niveau. Während in Sachsen der niedrigste Wert bei ca. 5 mg/l O₂ lag, betrug dieser bei Magdeburg 4,5 und bei Schnackenburg 2,4 mg/l O₂. Zwischen Dömitz und Hamburg wurde ein Minimum um 3 mg/l O₂ gemessen. An der Messstation Grauerort wurde der absolut niedrigste Sauerstoffwert entlang der Elbe mit 2,3 mg/l O₂ erfasst. In Cuxhaven war das Sauerstoffminimum 5,5 mg/l O₂ (Messeinrichtung der Englandfähre, GKSS). In der Tideelbe waren die Sauerstoffgehalte nicht ungewöhnlich niedrig, nur die Ausdehnung des Sauerstofftales war ungewöhnlich groß (Abb. 12). Bei einer besseren

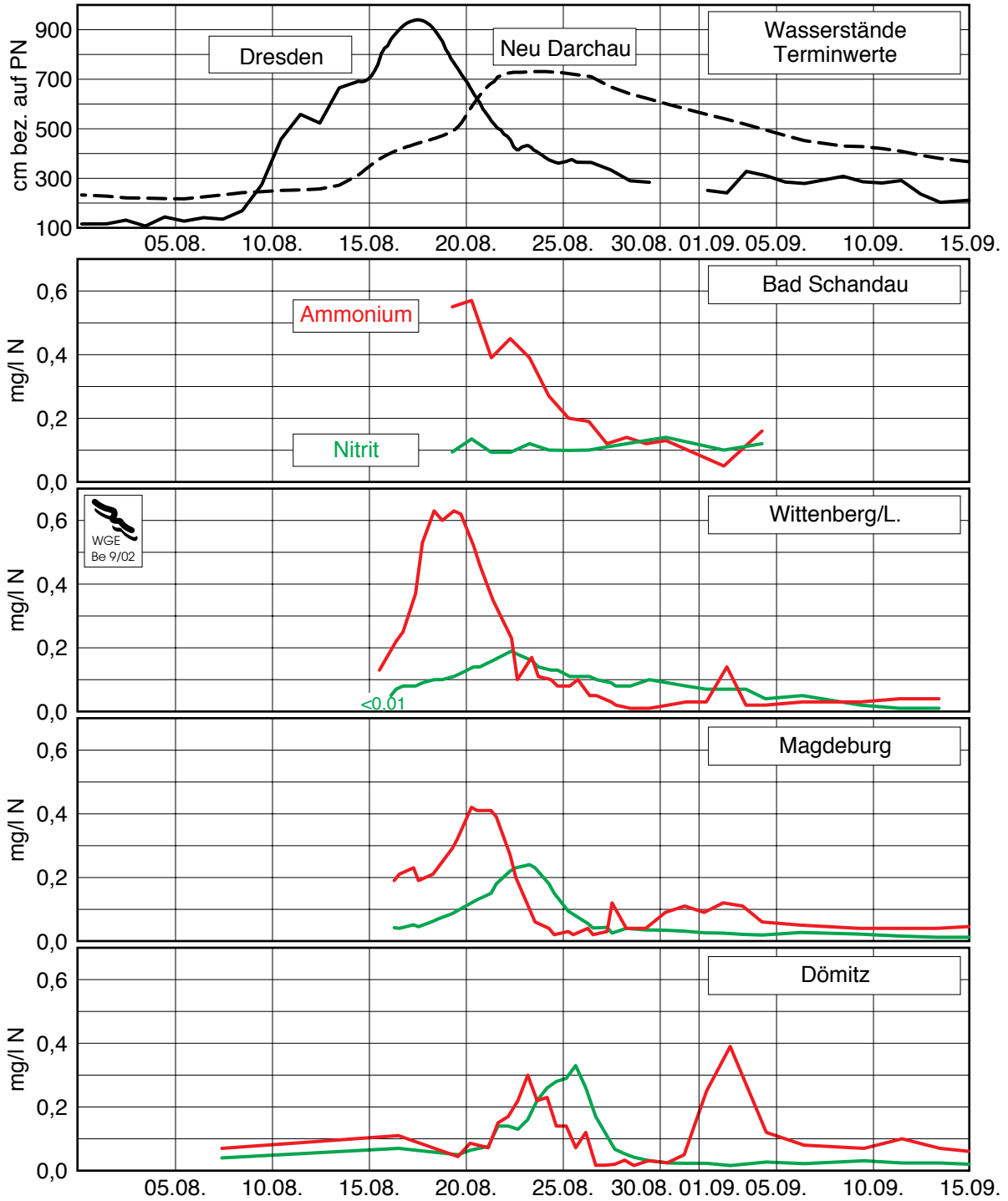


Abb. 7 Amonium- und Nitritgehalte (Einzelproben) während des Hochwassers August 2002

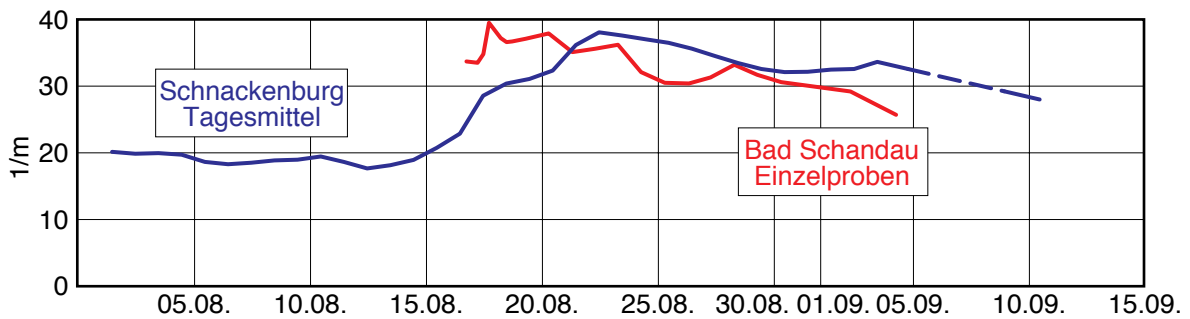


Abb. 8 UV254 nm-Absorption während des Hochwassers August 2002

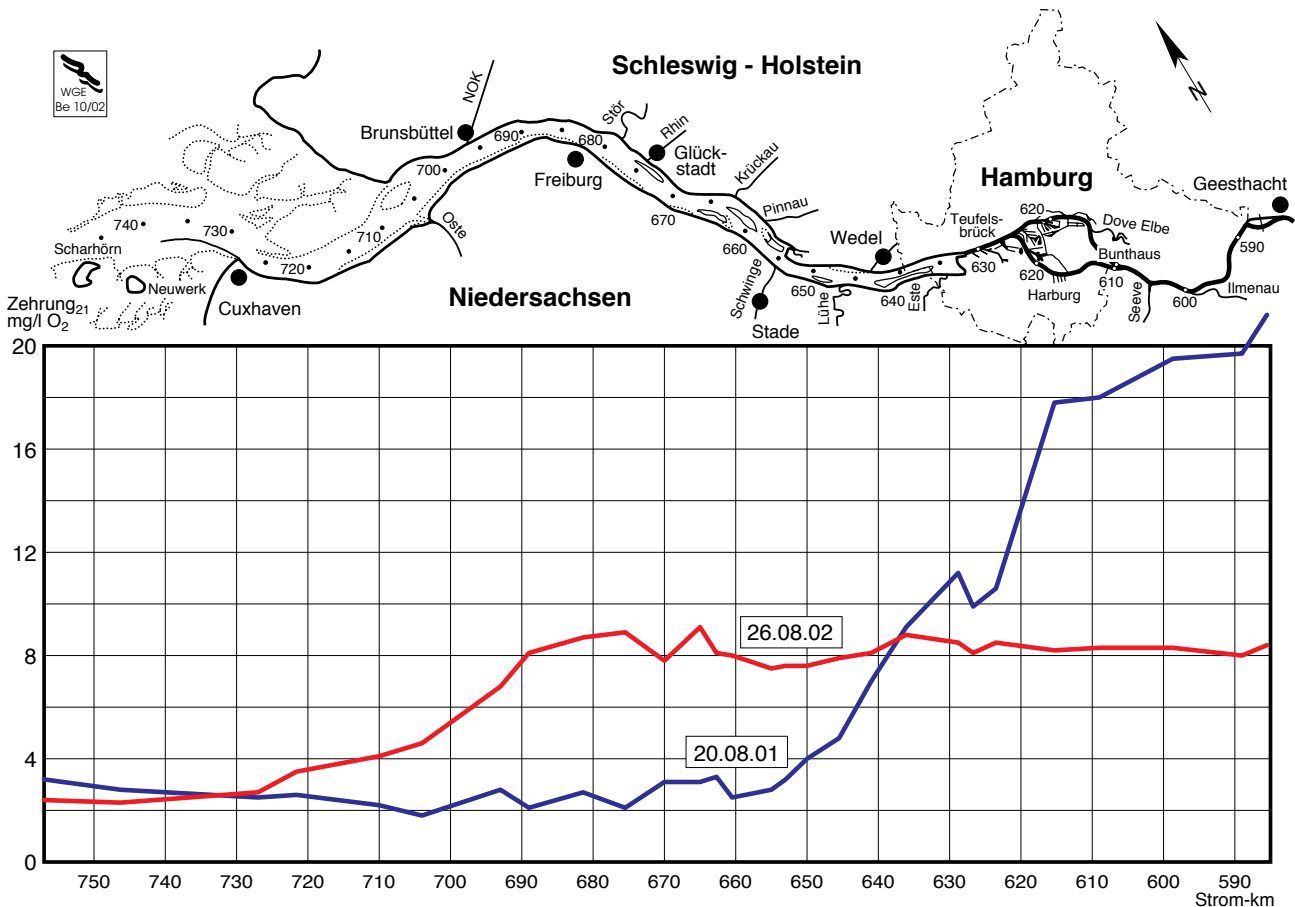


Abb. 9 Längsprofile der Zehrung₂₁ in der Tideelbe - Vergleich August 2001 und August 2002

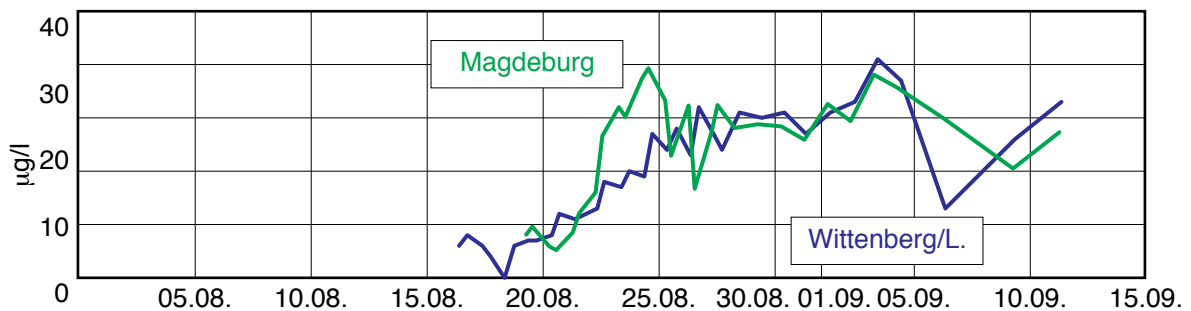


Abb. 10 Chlorophyll-a-Gehalte während des Hochwassers August 2002

Sauerstoffversorgung aus der Mittel-Elbe wäre das Sauerstofftal allerdings bei den hohen Transportgeschwindigkeiten des August-Hochwassers bis auf 5 bis 6 mg/l O₂ aufgefüllt worden.

Zu dem befürchteten Fischsterben kam es in der Elbe glücklicherweise nicht. Die Fische konnten in die sauerstoffreicheren flachen Randbereiche ausweichen, die teilweise um 2 mg/l O₂ höhere Werte hatten (mdl. Mitteilung M. Schulze, NLWK-Betriebstelle Lüneburg).

In einigen rückgestauten Nebenflüssen der Elbe führte der geringe Wasseraustausch und die absterbende und verfallende überflutete Vegetation zu einem Absinken der Sauerstoffwerte und zur Schwefelwasserstoffbildung. In den Unterläufen der Tanger, der Havel, dem Aland mit Zehrengaben, der Seege, der Löcknitz und der Sude kam es Ende August/Anfang September zu Fischsterben. Auch Muscheln und Krebse waren betroffen. An der Havel, wo zur Absenkung des Elbepegels am 21./22.08.02 eine Flutung der Havelpolder veranlasst worden war, wurde als Gegenmaßnahme der Zufluss

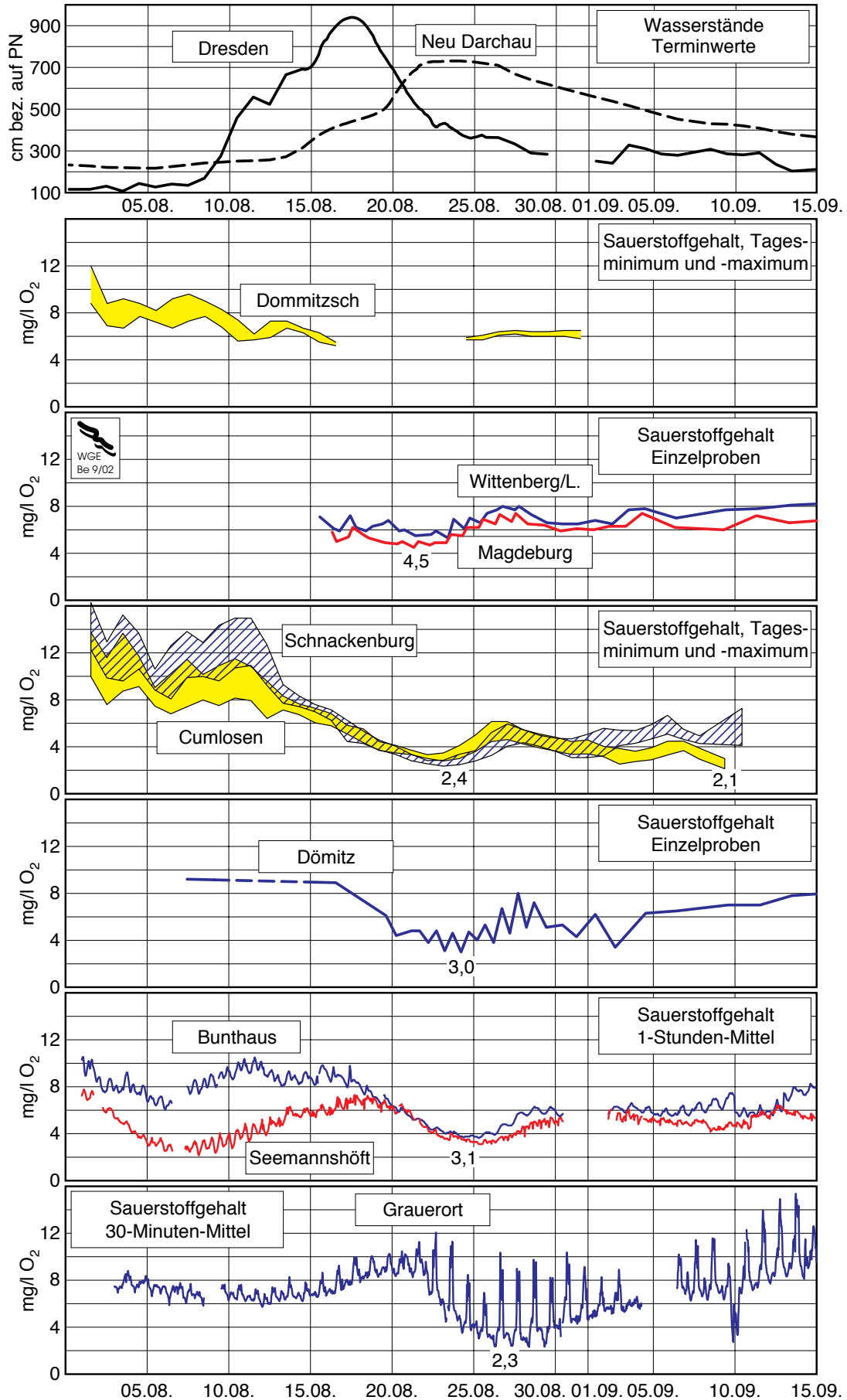


Abb. 11 Sauerstoffgehalte während des Hochwassers August 2002

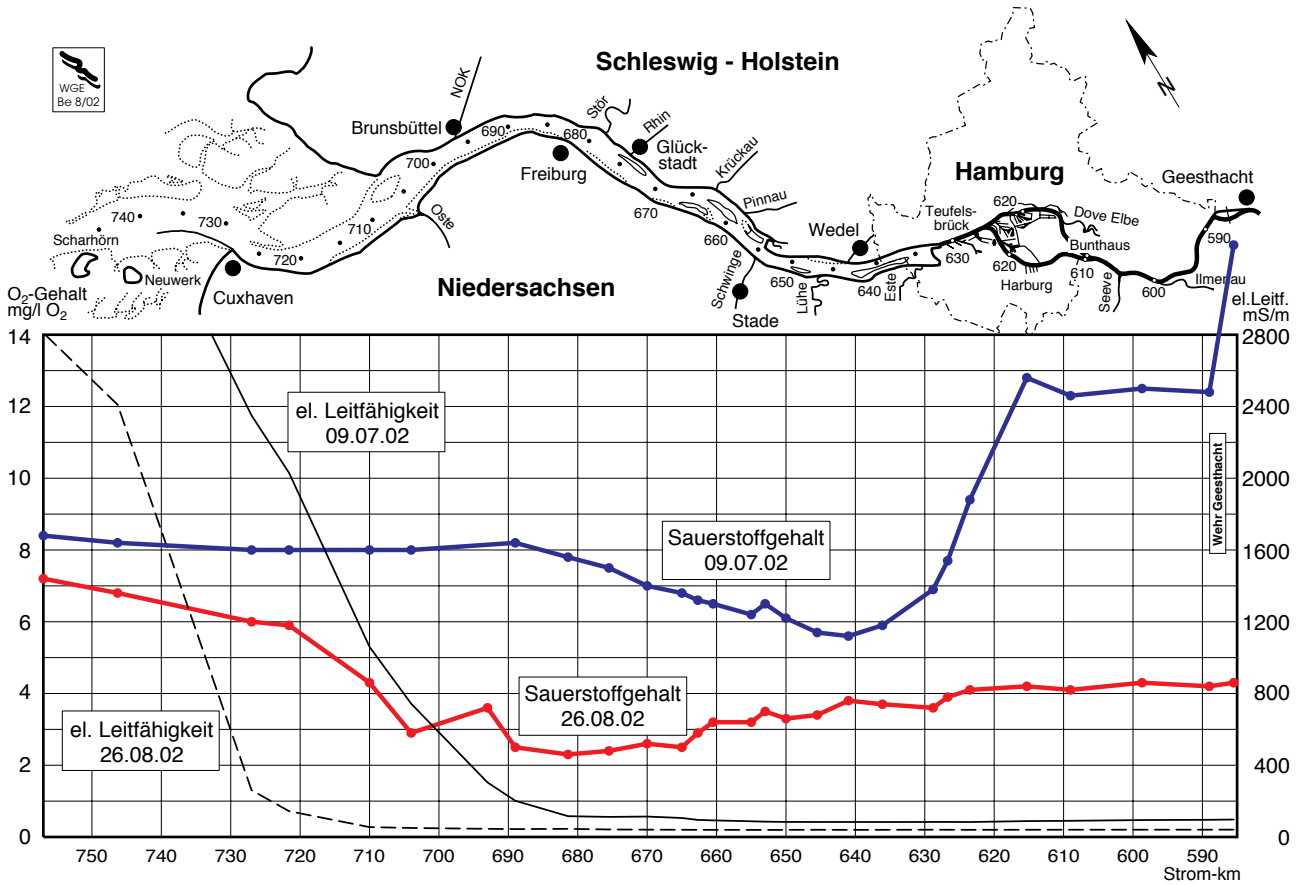


Abb. 12 Längsprofile der Sauerstoffgehalte und elektrischen Leitfähigkeit (25°C) in der Tideelbe - Vergleich Juli und August 2002

sauerstoffreicheren Wassers aus dem Rhin-speicher und dem Oberlauf der Havel bei Rathenow erhöht. Da der Einfluss der Havel bis an die Messstation Cumlosen reicht, wurde hier ein zweites Sauerstoffminimum von 2,1 mg/l O₂ am 09.09.02 (Abb. 11) gemessen. An der Seege war besonders der Gartower See und der Laascher See wegen des sehr geringen Wasseraustausches betroffen. Hier starben auch unempfindliche Arten wie Aale. Nur Wollhandkrabben und Flussmuscheln konnten überleben. Andere Nebenflüsse mit höherem Wasseraustausch wie die Mulde oder Jeetzel hatten hingegen immer gute bis ausreichende Sauerstoffwerte.

Bei Cuxhaven wurde das Absterben von Wattwürmern beobachtet. Sauerstoffmangel, wie zuerst vermutet, war jedoch nicht der Grund. Die Abb. 12 zeigt anhand der elektrischen Leitfähigkeitswerte die starke Verschiebung der Brackwasserzone in Richtung Nordsee um ca. 40 km. Bei Cuxhaven führte die Elbe kurzzeitig reines Süßwasser. Da der Bereich um Cuxhaven normalerweise deutlich von der Nordsee geprägt wird, starben hier einige empfindliche Benthon-Arten wie Wattwürmer ab, weil diese sich nicht an salzarmes Wasser anpassen können.

6. Nährstoffe

Die großen Abflussmengen des Hochwassers ließen einen erhöhten Nährstoffeintrag erwarten. Die bisher beobachteten Hochwasserereignisse zeigten immer, dass mit dem Anstieg der Pegel auch die Nitratwerte anstiegen (Abb. 13). Dieser Anstieg blieb bei diesem Hochwasser aus. Es wurde nur soviel Nitrat zusätzlich eingetragen, dass die Konzentrationen über einen längeren Zeit auf einem Niveau von 3 bis 4 mg/l N blieben (Abb. 14) und es zu keiner Verdünnung kam. Die Abnahme des Nitrats bei Dömitz (Abb. 13) nach dem Durchlauf des Hochwasserscheitels auf unter 1 mg/l N ist wohl auf eine lokale Verdünnung durch Wasser der rückgestauten Elde-Müritz-Wasserstraße zurückzuführen. Die Unterschiede ergeben sich aus der Entstehung der Hochwasserereignisse. Bei einem üblichen Frühjahrs-Hochwasser gibt es langanhaltende, ergiebige Niederschläge in einem großen Teil des Einzugsgebietes. Zusätzlich schmilzt der Schnee in höheren Lagen. Die fehlende Vegetation begünstigt die Auswaschung von Nitrat. Bei dem August 2002-Hochwasser waren die Niederschläge auf einen kleineren Teil des Einzugsgebietes beschränkt (Moldau, Erzgebirge, Mulde). Die extremen Niederschläge haben schnell das verfügbare Nitrat ausgelaugt. Zudem begrenzt

te die vollausbildete Vegetation die Auswaschung von Nitrat.

Die außergewöhnlich heftigen Niederschläge führten lokal zu einer starken Erosion. Das abfließende Wasser führte mit den Schwebstoffen auch größere Mengen Phosphor und organisch gebundenen Stickstoff mit. Leider wurden in Sachsen zum Zeitpunkt der höchsten Schwebstoffgehalte noch keine Nährstoffmessungen durchgeführt. Deshalb wurden hier die Maxima nicht erfasst. Diese könnten für Gesamt-Phosphor bei 1 mg/l P und für Gesamt-Stickstoff bei über 10 mg/l N gelegen haben. Bei Wittenberg/L. (Abb. 15) lag das Maximum für Gesamt-Phosphor bei 0,51 mg/l P (beim Hochwasserscheitel) und für Gesamt-Stickstoff bei 7,1 mg/l N. Hier folgten die Werte den Schwebstoffgehalten. Alle elbabwärts gelegenen Stellen zeigten deutlich geringere Werte.

Für die hohen Gesamt-Phosphorwerte bei Wittenberg/L. am 6.9, 9.9. und 11.9.02 fehlt bisher eine Erklärung.

Für Cuxhaven wurden von der GKSS, die an Bord der Englandfähre eine automatische Messeinrichtung betreiben, Nährstoffwerte

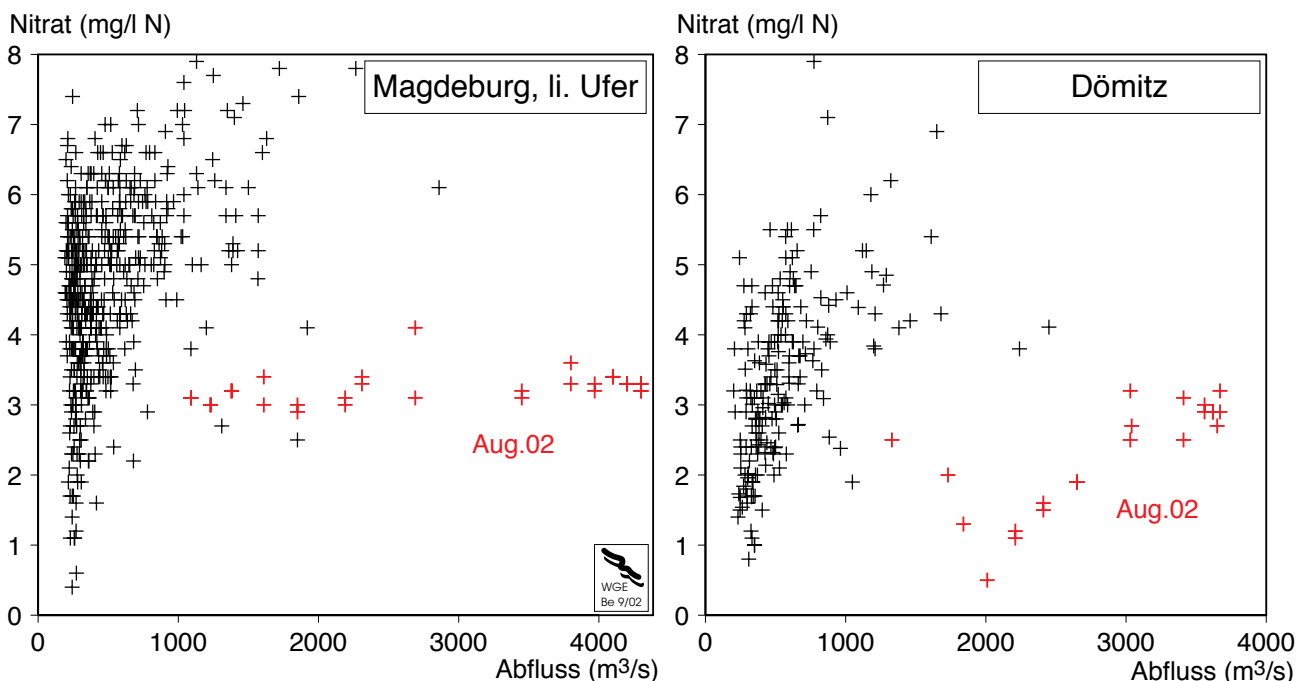


Abb. 13 Verhältnis der Abflusswerte zu den Nitratgehalten der Elbe - 1985-2001 und August 2002

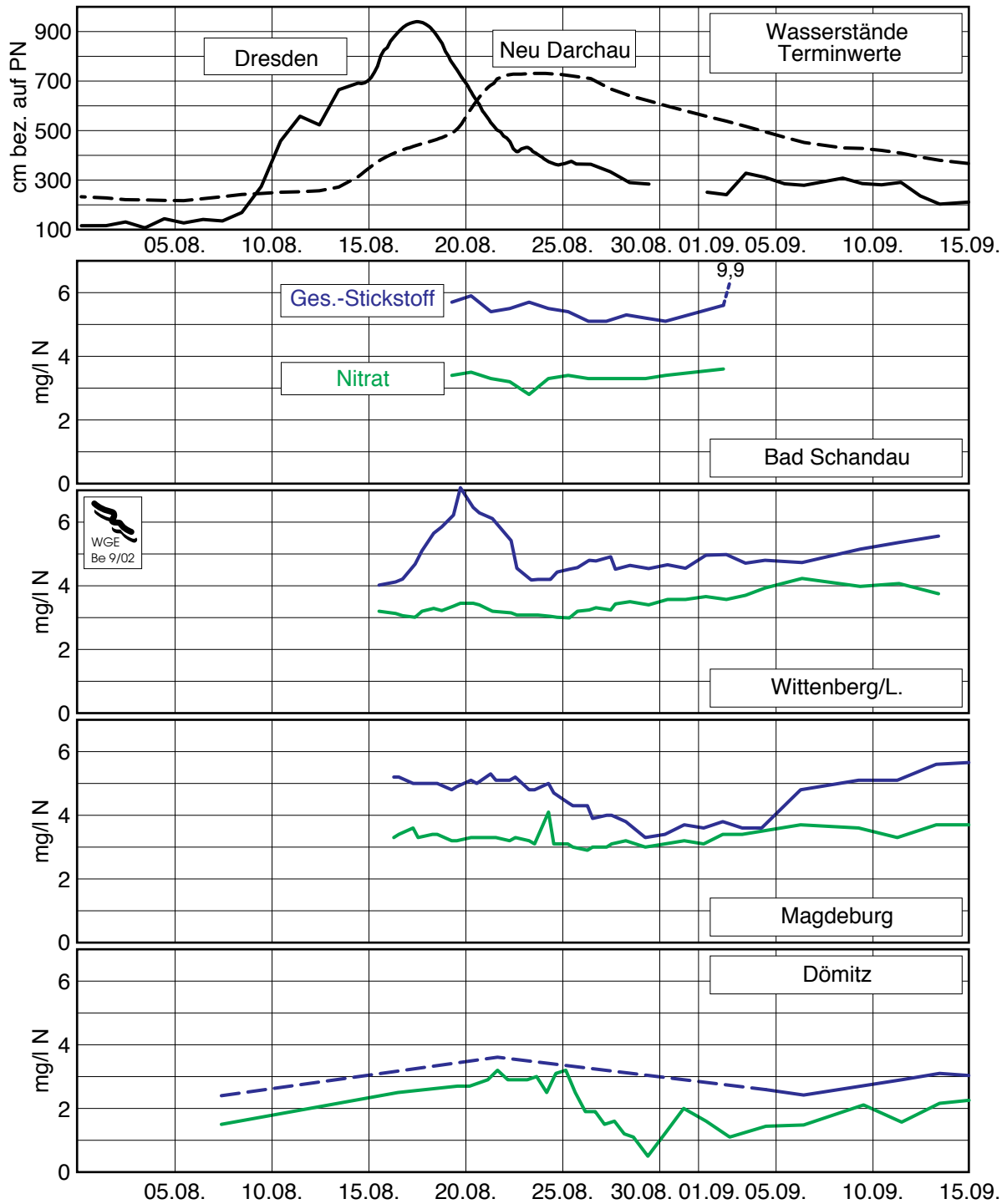


Abb. 14 Gesamtstickstoff- und Nitratgehalte (Einzelproben) während des Hochwassers August 2002

während der Liegezeit der Fähre in Cuxhaven zur Verfügung gestellt (Tab. 5).

niedrige pH-Wert von teilweise unter 7 zu einer verstärkten Freisetzung von Silikat geführt.

Die Silikatwerte in der Tideelbe waren ungewöhnlich hoch (Längsprofil 26.08.02). Es wurden Werte 5,0 bis 5,7 mg/l Si im limnischen Bereich gemessen. Im August des Vorjahres waren es nur 0,1-1 mg/l Si. Vermutlich hat der

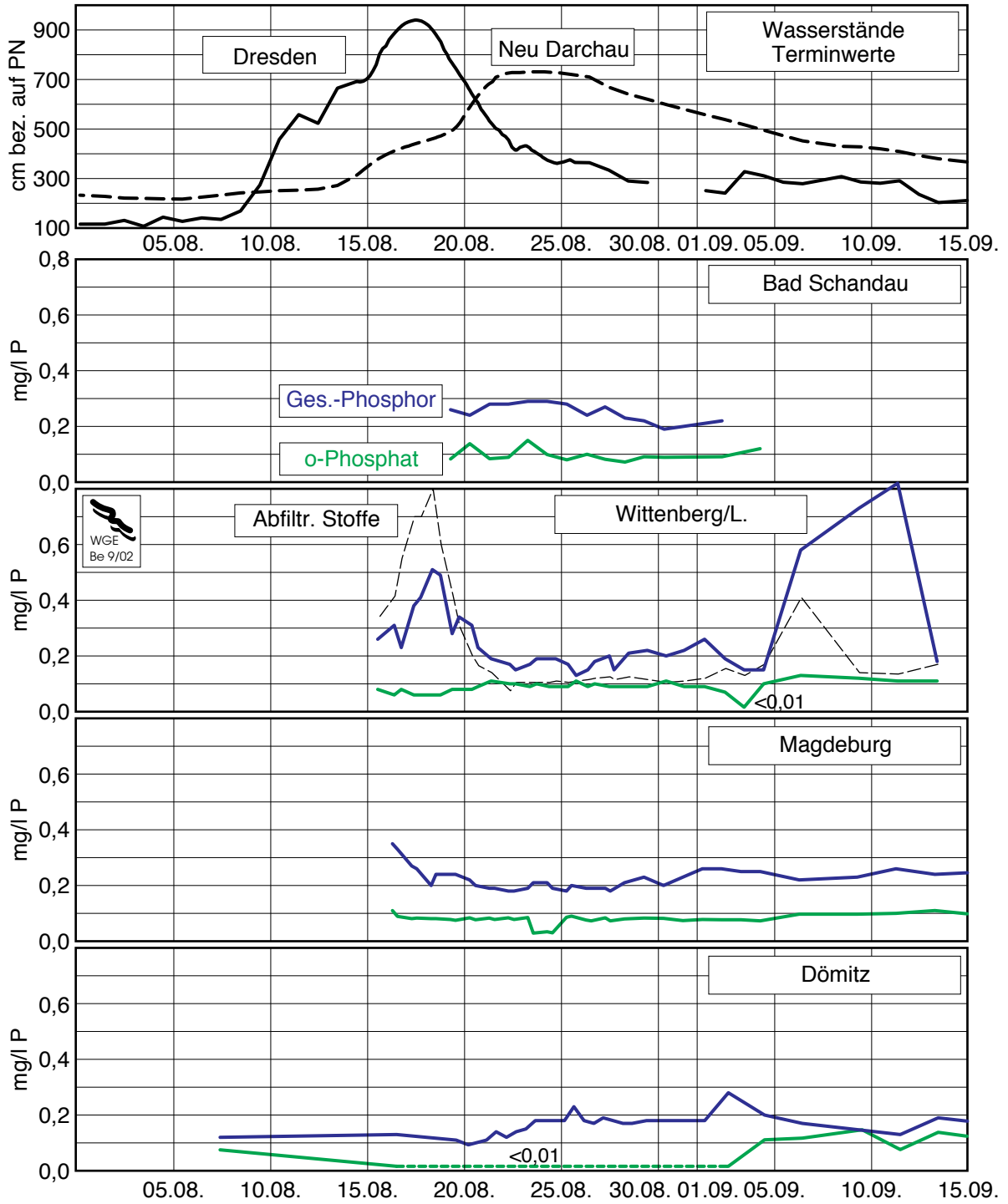


Abb. 15 Gesamtphosphor- und o-Phosphatgehalte (Einzelproben) während des Hochwassers August 2002

Tab 5 Nährstoffwerte bei Cuxhaven

		August 2002	August der Jahre 1999-2001
Nitrat	mg/l N	0,5 bis 2,5	0,7 bis 1,1
o-Phosphat	mg/l P	0,06 bis 0,12	0,08 bis 0,19

In der Mittel- und bei Hamburg ergeben sich die folgende Größenordnung für die Fracht August 2002 (Tab. 6)

Die Nährstoffmenge im August 2002 entspricht der eines normalen Frühjahrshochwassers.

Tab 6 Abschätzung der transportierten Nährstoffmengen in der Mittel- und bei Hamburg

		August 2002	August der Jahre 1999-2001
Nitrat	t N	10000 bis 15000	2000 bis 3500
Gesamt-Stickstoff	t N	20000 bis 25000	3500 bis 4500
o-Phosphat	t P	200 bis 300	60 bis 130
Gesamt-Phosphor	t P	600 bis 1000	170 bis 340

7. Querprofil-Probenahmen bei Seemannshöft

Im Querprofil der Elbe bei Hamburg (Seemannshöft, Strom-km 628,8) werden routinemäßig alle 14 Tage mit einem Laborschiff aus unterschiedlichen Tiefen und in verschiedenen Abständen vom Ufer Wasserproben entnommen, die zu einer Mischprobe vereinigt anschließend im Labor auf bestimmte Inhaltsstoffe untersucht werden. In erster Linie dienen die Ergebnisse einer plausiblen Frachtenabschätzung, z. B. von Last- und Schadstoffen, die in Richtung Nordsee transportiert werden.

Mit dem Eintritt des Elbehochwassers im August 2002 stand zu befürchten, dass die Nordsee einen erhöhten Stoffeintrag erfährt, der sich u. U. belastend, wenn nicht sogar schädlich auf dieses sensible Ökosystem auswirkt. Um entsprechende Erkenntnisse besser absichern zu können, wurden mit dem Herannahen des Hochwasserscheitels die Messaktivität durch zusätzliche Querprofil-Probenahmen bei Seemannshöft erhöht. Neben der Routineuntersuchung am 20.08.02 fanden weitere Messkampagnen am 22., 23. und 26.08.02 statt. Der letztgenannte Termin korrespondierte direkt mit der routinemäßig anstehenden Tideelbe-Längsprofilbefliegung, so dass parallel zu den Daten aus dem Querprofil auch Erkenntnisse zum Gradientenverlauf der Messgrößen in eine Gesamtbetrachtung einfließen konnten.

Die elektrische Leitfähigkeit der vier genannten Querprofilmischproben lag mit Werten zwischen 40 und 52 mS/m im Vergleich zu den Monatsmittelwerten des Vorjahres 2001 um bis zur Hälfte niedriger. Damit wird grundsätzlich

eine Verdünnungswirkung des Hochwassers angezeigt.

Auch die abfiltrierbaren Stoffe unterschritten mit Werten um 40 mg/l den Jahresmittelwert aus 2001 um rd. 15 mg/l. Bedingt durch das besondere Schwebstoffregime im Bereich der Tideelbe liegen die Werte bei Seemannshöft um einiges höher als beim Wehr Geesthacht (Strom-km 585,9). Dort wurden Schwebstoffgehalte zum Zeitpunkt des Hochwasserereignisses von zum Teil unter 15 mg/l ermittelt.

Die Untersuchung auf Nährstoffe erbrachte keine Auffälligkeit; die Befunde aus den o. g. vier Querprofilmischproben zeigten eine hohe Übereinstimmung mit den Jahresmittelwerten aus dem Jahr 2001. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die während des August-Hochwassers aufgetreten Gehalte wegen des stark erhöhten Abflusses zu einer temporären Frachterhöhung führten. Die Konzentrationswerte für Chlorid und Sulfat unterschritten aufgrund der Verdünnungswirkung die Vorjahresmittelwerte (120 mg/l) um rd. 50 %.

Die Schwermetallbefunde im Filtrat der Querprofil-Mischproben wiesen bei den Elementen Quecksilber, Cadmium, Blei, Kupfer und Zink gegenüber den Jahresmittelwerten aus 2001 eine sehr hohe Ähnlichkeit auf. Dagegen lagen die festgestellten Arsenkonzentrationen von 3,8 bis 4,7 µg/l gegenüber ihrem Bezugswert ungefähr doppelt so hoch.

Anlässlich der Längsprofilbefliegung am 26.08.02 wurden fünf Schwermetall-Einzelproben zwischen Wehr Geesthacht und Brunsbüttel zur Gradientenverfolgung gewonnen. Es wurde festgestellt, dass die Schwermetallgehalte im Filtrat in Richtung See trotz einer gewissen Schwankungsbreite geringfügig abnahmen. Die während desselben Fluges im Außenelberegion entnommenen vier BLMP-Proben wiesen überwiegend aufgrund von Verdünnungseffekten durch geringer belastetes Nordseewasser deutlich niedrigere Schwermetallgehalte auf.

Schwermetallbestimmungen am Filtrerrückstand zeigen ein ähnliches Verteilungsmuster im Längsprofil der Tideelbe wie die Filtratproben. Die Schwermetallgehalte in Filtrerrückständen der Mischproben des Querprofils Seemanshöft zeigten eine hohe Übereinstimmung mit den Jahresmittelwerten des Vorjahres. Ausgenommen hiervon ist das Element Arsen, das mit Werten zwischen 35 und 76 mg/kg deutlich über dem Vorjahresmittelwert von 33 mg/kg lag.

8. Bakteriologische Wasseranalyse

8.1 Allgemeine Grundlagen

Bakterien lassen sich in fast allen - auch unbelasteten - Oberflächengewässern nachweisen. Ihr Vorkommen im aquatischen Milieu spielt innerhalb des Gewässerhaushaltes eine außerordentlich wichtige Rolle. Als sogenannte Destruenten bzw. Reduzenten mit zum Teil sehr spezifisch ausgerichteten Stoffwechselfähigkeiten vermögen sie unter günstigen Lebensbedingungen nahezu alle organischen Verbindungen natürlichen Ursprunges anzugreifen und diese in ihre Ausgangsstoffe, nämlich Wasser, Kohlendioxid und verschiedene anorganische Stoffe, aufzuspalten (mineralisieren). Auch Material anthropogenen Ursprunges wird zu einem großen Teil von den Bakterien angegriffen und umgesetzt. Eine Ausnahme bilden die unter der Bezeichnung „biologisch schwer abbaubar“ zusammengefassten natürlichen, besonders aber künstlich vom Menschen hergestellten Verbindungen.

Die Bakterien sind somit maßgeblich und direkt an der Selbstreinigungsleistung eines Gewässers beteiligt. Die Bakterienzahl (KBE/ml) ist u.a. abhängig von der Wassertemperatur und dem Nährstoffgehalt, also den Lebensbedingungen. Der Eintrag kommunaler Abwässer oder Abwässer aus landwirtschaftlichen Betrieben bewirkt oftmals eine deutlich nachweisbare Zunahme besonders dieser, aber auch anderer Mikroorganismengruppen. Eine erhöhte Bakterienzahl deutet daher auf ein mit „biologisch leicht abbaubaren“ Substanzen belaste-

tes und auf ein mit Fäkalien verunreinigtes Gewässer hin.

Für die Beurteilung eines Gewässers aus hygienischer Sicht werden die Koloniezahl, die Coliformenzahl, die Fäkalcoliformenzahl und das Vorkommen von Salmonellen nach bestimmten Verfahren ermittelt. Als Koloniezahl wird die Zahl der sichtbaren Kolonien bezeichnet, die sich aus den in der zu untersuchenden Wasserprobe vorhandenen Bakterien in sogenannten Plattenkulturen bei einer festgelegten Bebrütungstemperatur innerhalb eines bestimmten Zeitraumes unter aeroben Bedingungen entwickeln. Da die Bakterien einzeln, in Verbänden und an organischen Teilchen adsorbiert im Gewässer vorkommen, muß die Zahl der im Labor ermittelten Kolonien nicht unbedingt mit der Zahl der entwicklungsfähigen Keime übereinstimmen. Auch die Zusammensetzung des künstlichen Nährbodens spielt für die Keimfähigkeit der verschiedenen Bakteriengruppen eine Rolle. In abwasserbelasteten Oberflächengewässern treten oftmals hohe Koloniezahlen auf, die auf einen intensiven Abbau von organischen Substanzen hinweisen. Mit der Coliformenzahl werden Darmbakterien, wie *Escherichia coli* und verwandte sogenannte coliforme Bakterien, die als Fäkalindikatoren gelten, erfasst. Mit dem Nachweis einer erhöhten Zahl dieser Bakterien wird gleichzeitig die Möglichkeit einer Belastung des zu untersuchenden Gewässers mit human-

pathogenen Keimen angenommen. Zwar können viele Krankheitserreger warmblütiger Organismen normalerweise nur eine gewisse Zeit in Oberflächengewässern überleben, doch stellt ihre Virulenz bis zum Absterben eine potenzielle Infektionsgefahr dar.

Die Einstufung bakteriologischer Befunde kann nach den Bakteriologischen Belastungsstufen der ARGE ELBE (1983) und nach Werten der EG-Richtlinie über die Qualität der Badegewässer (08.12.1975) vorgenommen werden. Beide Möglichkeiten sind in den Tab. 7 und 8 aufgeführt.

Tab 7 Bakteriologische Belastungsstufen der ARGE Elbe

Belastungsstufen	Koliformenzahl (KBE/ml)	Koloniezahl (KBE/ml)
natürliche Grundbelastung	<60	<300
gering belastet	60 - 85	300 - 800
mäßig belastet	85 - 300	800 - 30.000
deutlich belastet	300 - 800	30.000 - 80.000
stark belastet	800 - 6.000	80.000 - 400.000
sehr stark belastet	6.000 - 16.000	400.000 - 1.000.000
außerordentlich stark belastet	>16.000	>1.000.000

Tab 8 Werte der EG-Richtlinie über die Qualität der Badegewässer vom 08.12.1975

	in	Leitwert	Grenzwert
Gesamtciliforme Bakterien	100 ml	500	10.000
Fäkalcoliforme Bakterien	100 ml	100	2.000
Streptococcus faecalis	100 ml	100	
Salmonellen	1.000 ml		0

8.2 Untersuchungsergebnisse aus Sachsen

Nachdem am 20. August erhöhte Fäkalcolizahlen zunächst nur in Bad Schandau und Dresden festgestellt wurden, traten schließlich erhöhte Werte ab 22. August in Dresden und auch in Meißen und ab 26. August bis zur ersten September-Dekade nur noch in Meißen auf. Anzumerken ist, dass in der sächsischen Elbe schon die „Normalwerte“ der fäkalcoliformen Bakterien (13.000 KBE/100 ml) und auch der gesamtciliformen Keime (67.000 KBE/100 ml) über den Grenzwerten der Sächsischen Badegewässerverordnung liegen (2.000 bzw. 10.000 KBE/100 ml; SächsBadegewV vom 5. Juni 1997). Während des gesamten Untersuchungszeitraumes - wie auch bei anderen hydrologischen Situationen - wurden diese Grenzwerte ebenfalls überschritten, d. h. die Elbe hat generell zwischen Schmilka und Meißen keine Badegewässerqualität (Tab. 9).

Auch die Fäkalcoli-Keimzahlen lagen insbesondere an den Messstellen Dresden und Meißen meist über den Richtwerten der Richtlinie 75/440/EWG „Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung“ (200 Fäkalcoliforme Keime/ml bei intensiver Aufbereitung).

Nach den Bakteriologischen Belastungsstufen der ARGE ELBE ist der sächsische Elbeabschnitt während des Hochwassers als „stark“ bis „sehr stark belastet“ einzustufen. Als Ursachen für die hohe bakteriologische Belastung der sächsischen Elbe über ihr Normalniveau können in erster Linie der Ausfall bzw. die Überflutung der Kläranlagen angenommen werden.

Tab. 9 Auswertung der bakteriologischen Parameter der Hochwasserbeprobung

Messgrösse	Einheit	"Normalwerte"	Werte bei Q ₀ >1000 m ³ /s	Hochwasser 2002-Maximum		
				Wert	Datum	Ort
Fäkalcoliforme	KBE/100 ml	13 000	20 000	40 000	22.08.02	Meißen
Coliforme	KBE/100 ml	67 000	120 000	710 000	06.09.02	Meißen

8.3 Untersuchungsergebnisse aus Sachsen-Anhalt

In der Mulde bei Dessau wurden durch das LUA LSA – Dezernat 55 – am 16. und am 17. August 2002 bakteriologische Probenahmen vorgenommen. Am 16. August erfolgten jeweils zwei Probenahmen, die vormittags bzw. nachmittags stattfanden.

Folgende Ergebnisse wurden festgestellt:

Koloniezahl

2 330 / 480 / 1 960 KBE*1 000/100 ml

Gesamtcoliforme

180 000/560 000/72 000 KBE/100 ml

Fäkalcoliforme

7 000 / 4 200 / 3 300 KBE/100 ml

Die Werte für Gesamtcoliforme und Fäkalcoliforme sind deutlich erhöht.

Gleiches gilt für Proben aus der Mittleren Elbe bei Wittenberg/Lutherstadt und bei Magdeburg, die an den gleichen Tagen entnommen wurden. Ähnlich wie in Sachsen dürften auch in Sachsen-Anhalt die erhöhte bakteriologische Belastung durch den Ausfall/Überflutung von Kläranlagen und Abschwemmung aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten verursacht worden sein.

8.4 Untersuchungsergebnisse aus Niedersachsen

Im Bereich der Mittleren Elbe wurden am 21. August 2002 durch das NLWK – Betriebsstelle Lüneburg – in der Elbe bei Schnackenburg (Strom-km 475) und am Wehr Geesthacht (Strom-km 585,9) ufernah Proben entnommen, die auf ihren Gehalt an Keimen (Escherichia Coli und Coliforme) untersucht wurden.

E-coli 400 KBE/100 ml

Coliforme 8 600 KBE/100 ml

Für Geesthacht wurden folgende Werte festgestellt:

E-coli 1 200 KBE/100 ml

Coliforme 7 800 KBE/100 ml

Für Schnackenburg ergaben sich folgende Werte:

Diese Werte sind weitgehend unauffällig.

8.5 Untersuchungsergebnisse aus Hamburg

Vom 19. bis zum 27. August hat die Behörde für Umwelt und Gesundheit – Amt für Umweltschutz, Fachamt Umweltuntersuchungen – im Hamburger Elbeabschnitt bei Bunthaus (Strom-km 609) und bei Seemannshöft (Strom-km 629) bakteriologische Probenahmen durchgeführt.

Die festgestellten Werte zeigten zunächst für Gesamtcoliforme bei Bunthaus gegenüber Referenzwerten eine leichte Erhöhung. Die ent-

sprechenden Vorgaben aus der EU-Badegewässerrichtlinie wurden teilweise geringfügig überschritten. Später lagen die Werte um mehr 2 Größenordnungen unter dem entsprechenden Badegewässer-Grenzwert und damit in einem niedrigen, unauffälligen Niveau. Auch die Ergebnisse von Seemannshöft lagen deutlich unter diesem Grenzwert, allerdings auf einem etwas höheren Niveau.

Bezüglich der Fäkalcoliformen Bakterien (MPN-Methode) traten an beiden Messstellen keine Auffälligkeiten auf. Die Werte lagen knapp ein bis zwei Größenordnungen unter den Vorgaben der EU-Badegewässerrichtlinie.

Für Fäkalstreptokokken lagen die Ergebnisse von der Messtelle Bunthaus in der gleichen Größenordnung wie der entsprechende Richt-

wert der EU-Badegewässerrichtlinie. An der Messstelle Seemannshöft wurde der Richtwert um das rd. Dreifache überschritten. Gegenüber dem normalerweise vorhandenen Niveau war eine leichte Erhöhung zu verzeichnen. Salmonellen konnten nicht nachgewiesen werden, ein Verdachtsfall hat sich nicht bestätigt.

8.5 Untersuchungsergebnisse einer Längsprofiluntersuchung

Am 21. August 2002 wurde eine Längsprofilbefliegung von Zollenspieker bei Hamburg bis Roßlau oberhalb Magdeburg durch die GKSS in Zusammenarbeit mit der Wassergütestelle Elbe vorgenommen. Dabei wurden an 10 Stellen bakteriologische Proben entnommen und durch die Behörde für Umwelt und Gesundheit nach der MPN-Methode untersucht. Bis auf eine Stelle (Roßlau, 11 000 KBE/100 ml) wurde der Grenzwert der EU-Badegewässerrichtlinie

für Gesamtcoliforme (10 000 KBE/100 ml) deutlich unterschritten. Auch die Werte aus der Muldemündung waren diesbezüglich unauffällig. Die gleiche Aussage trifft auch für die Untersuchungen auf Fäkalcoliforme zu. Der Richtwert für Fäkalstreptokokken in Höhe von 100 KBE/100 ml wurde mit Werten zwischen 198 und größer 400 KBE/100 ml eher geringfügig überschritten.

9 Toxizitätstests

9.1 Allgemeine Grundlagen

Toxizitätstest sind biologische Untersuchungsverfahren, bei welchen geeignete Organismen als Testobjekte zur Prüfung der akuten, subakuten oder chronischen Giftwirkung von Wasserinhaltsstoffen unter festgelegten Bedingungen verwendet werden. Toxizitätstests die-

nen dem Ziel, die Giftigkeit von einzelnen Stoffen, von Stoffgruppen oder komplex zusammengesetzten Abwässern gegenüber repräsentativen Organismenarten unter einheitlich festgelegten Versuchsbedingungen zu ermitteln.

9.2 Untersuchungsergebnisse aus Sachsen

Die Einschätzung der akuten Toxizität/Giftigkeit des Elbwassers erfolgte durch den Leuchtbakterientest (DIN 38412 – L 34) und durch den Daphnientest (DIN 38412 – L 30). Alle untersuchten Proben hatten das Ergebnis $G_L 1$ bzw. $G_D 1$; d. h. das Wasser zeigte in der unverdün-

ten Probe keine akut giftige Wirkung auf die Testorganismen. Nach dem Ausfall der Messstationen und damit der kontinuierlichen Biotests (Alarmbiomonitoring) belegen gerade die durchgeführten Biotests für Sachsen, dass die Gewässerlebewelt nicht akut gefährdet war.

9.3 Untersuchungsergebnisse aus Hamburg

In den Messstationen Bunthaus und Seemannshöft werden für das Alarmbiomonitoring kontinuierlich ein Daphnientest und ein Algentest

betrieben. Während des August 2002-Hochwasser zeigten diese Biotests keine Auffälligkeiten

10. Fischfauna – Schadstoff- und bestandskundliche Untersuchungen

10.1 Einführung

Das extreme Hochwasser der Elbe im August 2002 hat große Siedlungsflächen, Industriegebiete und Kläranlagen überflutet. Dabei wurden Schadstoffe unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung in die Elbe eingetragen. Weitere Belastungen des Elbewassers ergaben sich durch Aufwirbelung und Abschwemmung von in Sedimentationsräumen und Vordeichsgebieten abgelagerten Schadstoffen.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse für in Wasser gelöste Stoffe zeigen, dass - von einigen Ausnahmen abgesehen - kaum erhöhte Schadstoffgehalte zu verzeichnen waren. Die großen Niederschlagsmengen hatten offensichtlich zu einer entsprechenden Verdünnung beigetragen.

Für die Belastung von Fischen sind schwebstoffgebundene Schadstoffe von Bedeutung, da diese mit der Nahrung aufgenommen werden können. Ergebnisse von Schwebstoffuntersuchungen zeigen hier im Vergleich zu den Vorjahren Erhöhungen bei den Elementen Arsen und Blei sowie bei einigen organischen Schadstoffen. In Fischen können sich diese Stoffe über die Zeit anreichern. Aus diesem Grund wur-

den im Spätherbst des Jahres 2002 nach Abklingen der Hochwasserwelle und nach der vermuteten abgeschlossenen Anreicherung Schadstoffuntersuchungen an Elbefischen durchgeführt. Berücksichtigt werden konnten in der Oberen Elbe Sachsens vom Fangplatz Schmilka (Strom-Km 1 bis 7) insgesamt 15 Brassen, 3 Aale und 3 Zander; Untersuchungseinrichtung war die Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen - Standort Dresden. Eine weitere Probenahme fand in der Mittleren Elbe bei Gorleben (Strom-km 492) statt. Von dort wurden 30 Aale mit Vermarktungsgröße dem Hygiene Institut Hamburg der Behörde für Umwelt und Gesundheit übergeben.

Da im Zusammenhang mit der Hochwasserwelle Einflüsse auf die Zusammensetzung, die Abundanz und die Altersstruktur der Fischfauna nicht auszuschließen waren, erfolgte in der sächsischen Elbe an den Standorten Schmilka, Meißen und Althirschstein eine fischereibiologische Analyse der Verhältnisse. Der ebenfalls vorgesehene Fangplatz bei Prossen musste wegen eines Orkans unberücksichtigt bleiben.

10.2 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

10.2.1 Brassen, Aal und Zander vom Fangplatz Schmilka (Obere Elbe in Sachsen)

Unterhalb des deutsch/tschechischen Grenzprofils überschritten einige der untersuchten Fische die Höchstgehalte nach Kontaminantenverordnung bzw. Höchstmengen nach Rückstands-Höchstmengenverordnung. Diesbezüglich waren auffällig die Hg-Gehalte von 13 Brassen und der beiden Zander sowie die HCB-Gehalte in den drei Aalen. Grundsätzlich kann aber ausgesagt werden, dass die Überschreitungen eher mäßiger Natur waren. Nach Abzug des analytischen Streubereiches blieben vier Brassen mit Hg-Gehalten zwischen 0,71 und 0,83 mg/kg FS (Frischsubstanz) zu beanstanden (Höchstgehalt = 0,5 mg/kg FS; beanstandungswürdig ab 0,69 mg/kg FS). Die drei Zander wären nach Abzug des analytischen Streubereiches hinsichtlich ihrer Hg-Gehalte

nicht zu beanstanden gewesen. Die über der HCB-Höchstmenge (0,5 mg/kg Fett) festgestellten Befunden in den drei Aalen mit Werten zwischen 0,83 und 1,0 mg/kg Fett hätten den Anforderungen an eine bedenkenlose Vermarktung nicht genügt.

Quecksilber und Hexachlorbenzol sind das Element bzw. die Verbindung, die als geregelte Kontaminanten auch in der Vergangenheit immer wieder zu Auffälligkeiten in Elbefischen führten. Im Vergleich zu den am nächsten zurückliegenden Befunden der ARGE ELBE aus dem Jahr 1999 lässt sich keine unmittelbar durch das Hochwasser 02 verursachte Erhöhung feststellen.

10.2.2 Aale vom Fangplatz Gorleben (Mittlere Elbe)

Von dem Fangplatz Gorleben wurden 30 Aale aus der Mittleren Elbe untersucht. Bei 26 Aale wurden Überschreitungen der Lebensmittel-Höchstmengen festgestellt. Im Einzelnen gab es 21 Überschreitungen bei der Belastung mit HCB, 1 Überschreitung bei α -HCH und 22

Überschreitungen bei β -HCH. Bei Untersuchungen in den Vorjahren wurden einige Höchstmengenüberschreitungen für HCB, seltener für HCH festgestellt. Der Befund deutet auf eine durch Flut erhöhte Belastung der Aale mit β -HCH hin.

10.3 Ergebnisse der bestandskundlichen Untersuchung

Im Zuge der Befischung der sächsischen Elbe zwischen Schmilka und Althirschstein wurden auch bestandskundliche Untersuchungen vorgenommen. Im Vergleich zu den zurückliegenden Fangauswertungen für das Jahr 2001 und früher ergaben sich keine Unterschiede hin-

sichtlich Artenzusammensetzung, Häufigkeit und Altersstruktur, die auf den Einfluss der Hochwasserwelle zurückzuführen wären. Wie in Kap. 5 beschrieben, war es in etlichen Elbenebenflüssen, aber nicht in der Elbe zu Fischersterben gekommen.

11. Mineralölkohlenwasserstoffe und MTBE

Ab der 2. Augushälfte bis Anfang September wurden in der sächsischen Elbe bei Schmilka, Bad Schandau, Dresden und Meißen Sonderproben genommen, die auf Mineralölkohlenwasserstoffe (Summe MKW), Diesel, Heizöl, Benzin (qualitativ) und auf Methyltertiärbutylether untersucht wurden. Die Belastung der Elbe mit diesen Verbindungen war offen-

sichtlich (Abb. 16). Durch Havarien, Überflutungen von Tankstellen und durch das Auslaufen einer Vielzahl von häuslichen Heizöltanks war die Elbe nachweislich mit diesen Stoffen belastet. Eine Vorbelastung aus dem tschechischen Elbeabschnitt wurde ebenfalls dokumentiert.



Abb. 16 Ölschlieren bei Schloß Pillnitz am 16. August 2002

12. Pestizide

Vorbemerkung

Zur Beschreibung des Eintrags von Pestiziden aus überschwemmten Elbauen, agrarwirtschaftlich genutzten Flächen und aus Nebenflüssen in die Elbe wurden Daten unterschiedlicher Beprobungskampagnen erhoben und ausgewertet. Ziel dieser Untersuchungen war die Erfassung der Immissionssituation in der limnischen Elbe, im Tidebereich und in der Deutschen Bucht bei unterschiedlichen Oberwasserabflüssen bzw. bei unterschiedlichen Entnahmezeiten, die sich auf die Zeiträume vor, während und nach dem Hochwasserereignis erstreckte. Unter Anwendung bewährter Probenahmetechniken und nachweisstarker Analysenverfahren wurde ein überwiegend einheitliches Stoffspektrum bestimmt und somit eine wichtige Voraussetzung geschaffen, um die vergleichende Beschreibung möglicher Konzentrationsänderungen in den betrachteten Gewässerabschnitten vornehmen zu können.

Die Entnahme von Wasserproben mit einem Hubschrauber wurde vom GKSS-Forschungszentrum Geesthacht und der ARGE ELBE (Messprogramm 2002) durchgeführt. Die Untersuchungen sind ein gemeinsames Projekt des GKSS-Forschungszentrums, des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), von Povodi Labe a. s. in Hradec Kralove und der ARGE ELBE.

Messstellen und Probenahme

Die unterschiedlichen Beprobungskampagnen werden in ihrer zeitlichen Abfolge unter Nennung der beprobten Messstellen nachfolgend beschrieben. Abb. 17 enthält die Lage der Elbe-Messstellen, Abb. 18 die Messstellen für die Probenahme im Elbeästuar und der Deutschen Bucht. In der Oberen, der Mittleren und der Tideelbe erfolgte die Probenahme mit einem Hubschrauber; weitere Wasserproben aus dem Elbeästuar und der Deutschen Bucht wurden zeitnah mit dem Forschungsschiff (FS) "Gauss" des BSH entnommen.

- a) Tideelbelängsprofil am 13.05.02 an den 7 Messstellen Grauerort, Brunsbüttel, Cuxhaven-Kugelbake, Tonne 13 (Scharhörn), Tonne 5 (Außenelbe), Vogelsander Norderelbe und Nordertill; Probenahme mit einem Hubschrauber.
- b) Mittlere Elbe am 21.08.02 an den 7 Messstellen Breitenhagen, Hohenwarthe, Tangermünde, Wahrenberg, Schnackenburg, Wehr Geesthacht und Zollenspieker; Probenahme mit einem Hubschrauber.
- c) Tideelbelängsprofil am 26.08.02 an den selben Messstellen wie Pkt. a); Probenahme mit einem Hubschrauber.
- d) Elbeästuar am 28.08.02 an den Messstellen Brunsbüttel, Cuxhaven und T30 (Deutsche Bucht); Probenahme mit dem FS "Gauss" (Fahrt 387).
- e) Elbe bei Hamburg-Teufelsbrück am 10.09.02; Probenahme vom Ponton.
- f) Elbeästuar und Deutsche Bucht vom 16. bis 20.09.02 an den Messstellen Cuxhaven, T5, T7, T9, T13, T17, T20, T25, T27, T28, T29, T30, T34, T35 und T41; Probenahme mit dem FS "Gauss" (Fahrt 388b).
- g) Elbelängsprofil vom 08. bis 09.10.2002 an den 10 Messstellen Lysa n. L., Vltava-Mündung, Dolni Berkovice, Dobkovice, Zehren, Domnitzsch, Mulde-Mündung, Magdeburg, Tangermünde und Schnackenburg; Probenahme mit einem Hubschrauber.

Stoffspektrum

Analysiert wurden insgesamt 51 organische Einzelstoffe, im Wesentlichen Herbizide der chemischen Stoffklassen der Phenoxyessigsäuren, Triazine, Harnstoffderivate, Acetanilide und Thiophosphate. 12 Stoffe bzw. Stoffgruppen sind in Annex X der Richtlinie 2000/60/EG aufgeführt (Liste prioritärer Stoffe), das als Antifoulingmittel eingesetzte Biozid Irgarol sowie der Analgetikum-Metabolit Clofibrin-

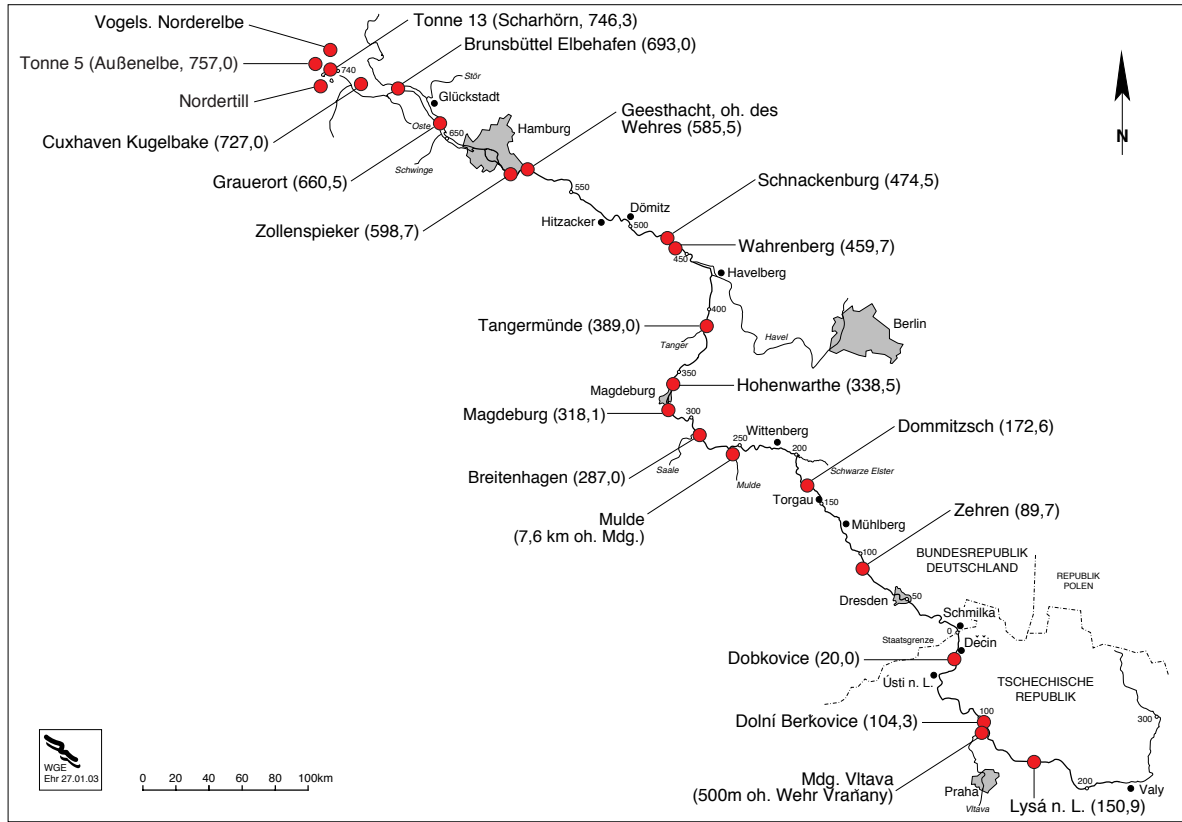


Abb. 17 Messstellen an der Elbe

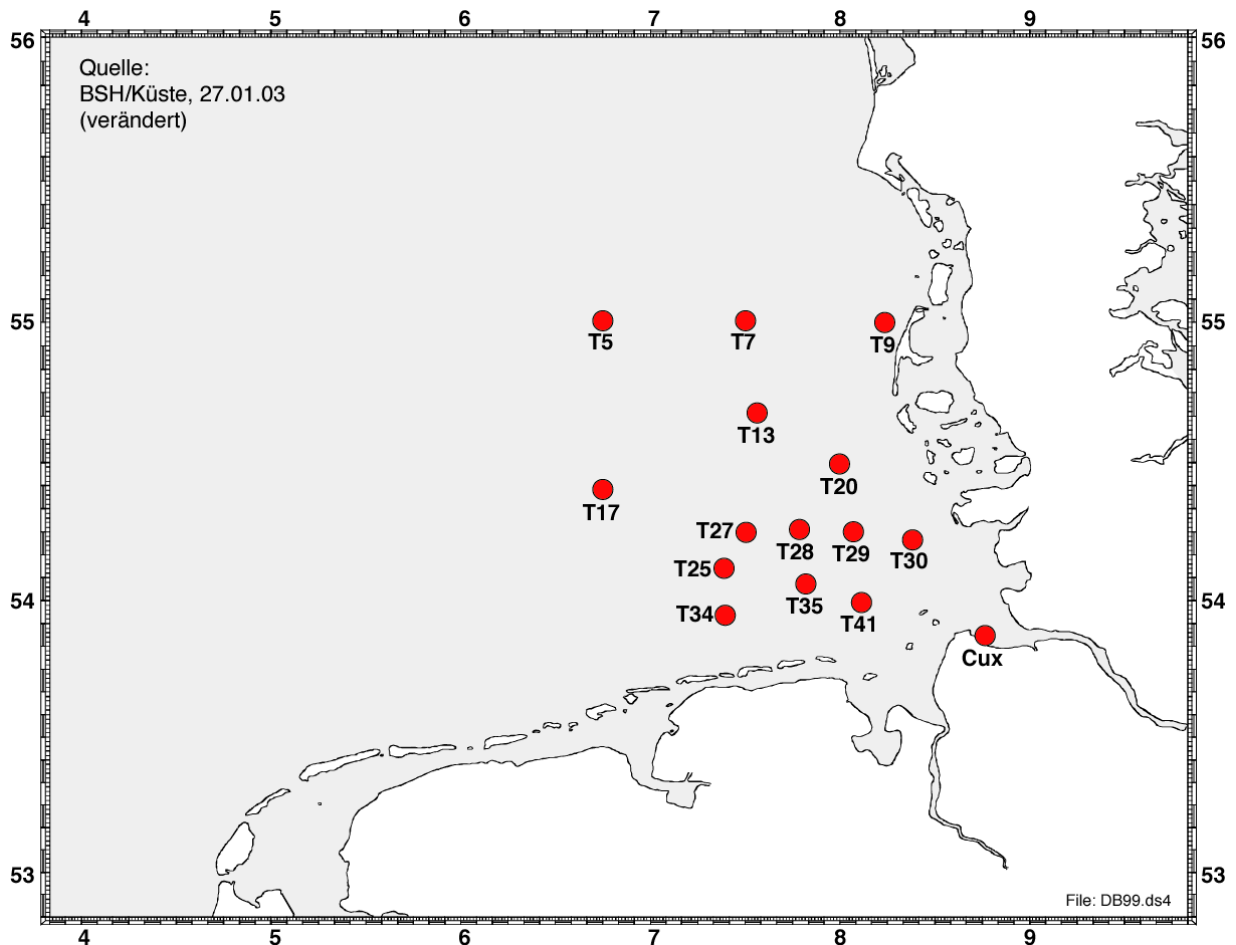


Abb. 18 Messstellen im Bereich der Deutschen Bucht

säure wurden ebenfalls analysiert. Die Analysen wurden vom BSH - Labor Sülldorf - und von Povodi Labe in Hradec Kralove durchgeführt, die eingesetzten Analysemethoden waren LC/MS/MS und GC/MSD.

Ergebnisse

Für die Ergebnisinterpretation sind die Pegelstände an den betreffenden Fließstrecken relevant. Für den Tideabschnitt wird hilfsweise der Pegel Neudarchau herangezogen. Die Ergebnisse sind in den Abb. 19 - 23 nach Stoffgruppen geordnet grafisch dargestellt, in den Tab. A1 - 6 (Anhang) sind sämtliche Analyseergebnisse aufgeführt. Abb. 17 und 18 zeigen die Messstellen der Elbe bzw. der Deutschen Bucht.

HCH-Isomere

Vor dem Hochwasserereignis am 13.05.2002 lag die Konzentrationsspannweite der HCH-Isomere in der Elbemündung und im äußeren Ästuarbereich zwischen 0,12 ng/l (δ -HCH, Nordertill) und 1,8 ng/l (β -HCH, Grauerort), wobei die drei in der Elbmündung gelegenen Messstellen Grauerort, Brunsbüttel und Cuxhaven im Vergleich zu den weiter außerhalb gelegenen Messstellen Tonne 13, Tonne 5, Vogelsander NE und Nordertill höhere Konzentrationen aufwiesen (Abb. 19, Tab. A1).

Während der Hochwassersituation am 26.08.2002 war eine deutliche Konzentrationszunahme für die meisten HCH-Isomere erkennbar, insbesondere für die beiden Isomere α - und β -HCH (Abb. 20, Tab. A2). Die Konzentrationen des insektizid wirkenden Isomers γ -HCH sind dagegen auffallend niedrig. Unterschiede in der Konzentrationsverteilung bestanden zwischen den drei in der Elbmündung gelegenen Messstellen und denen des äußeren Ästuars. Bei Brunsbüttel stieg die α -HCH-Konzentration im Vergleich zu der Probenahme im Mai von 1,6 ng/l auf 9,5 ng/l, für β -HCH von 1,9 ng/l auf 31 ng/l an, während für δ -HCH der Anstieg von 0,7 ng/l auf 1,7 ng/l an dieser Messstelle geringer, aber immer noch sehr ausgeprägt war. Eine ähnliche Isomerenverteilung wurde ebenfalls an den Messstellen Grauerort und Cuxhaven erhalten (Abb. 20). An den vier außen ge-

legenen Messstellen Tonne 13, Tonne 5, Vogelsander NE und Nordertill wiesen α - und γ -HCH die geringsten Konzentrationsänderungen im Vergleich zur Probenahme im Mai auf.

Am 28.08.02 wurden Proben vom BSH mit dem FS „Gauss“ an den beiden Messstellen Cuxhaven und Brunsbüttel entnommen (Fahrt 387). Die Analyseergebnisse unterschieden sich nur unwesentlich von denen der am 26.08.02 entnommenen Proben (vgl. Tab. A2 und A3), was bedeutet, dass sich die HCH-Konzentrationen an beiden Messstellen innerhalb von zwei Tagen nicht signifikant verändert hatten. In dem Zeitraum, in dem beide Probenahmen stattgefunden hatten, dürfte die Hochwasserwelle die Elbemündung erreicht haben.

Die HCH-Isomere α -, β - und δ -HCH sind Bestandteile des technischen HCH-Gemisches, während γ -HCH das eigentliche Insektizid ist. Allerdings entspricht die Isomerenverteilung in den Wasserproben nicht der des technischen Gemisches, was bedeutet, dass die erhöhten HCH-Konzentrationen nicht anwendungsbedingt in die Elbe gelangt sind, sondern sehr wahrscheinlich aus überfluteten Altlasten stammen. Als Punktquelle käme der ehemalige Industriestandort in Bitterfeld in Frage.

Vom 02. bis 06.09.2002 wurden vom BSH weitere Proben aus der inneren Deutschen Bucht entnommen, die Auswertung der Ergebnisse ist in dem Zwischenbericht des BSH (2002) dargestellt. Die unterschiedlichen Isomeren-Verhältnisse lassen erkennen, dass während dieses Zeitraums der westliche Teil der Deutschen Bucht praktisch nicht vom Elbehochwasser beeinflusst war, während im süd-östlichen Bereich dieser Einfluss deutlich wurde. Im nördlichen Teil dürfte das Hochwasser keinen nennenswerten Einfluss auf die betrachteten Isomerenverhältnisse ausgeübt haben.

Am 21.08.2002 wurden mittels Hubschrauber sieben Proben aus der Mittleren Elbe von Breitenhagen (km 287, oberhalb der Saalemündung) bis Zollenspieker entnommen (Abb. 21). Die Ergebnisse in Abb. 21 und Tab. A4 lassen erkennen, dass wiederum α - und β -HCH konzentrationsmäßig dominierten, während

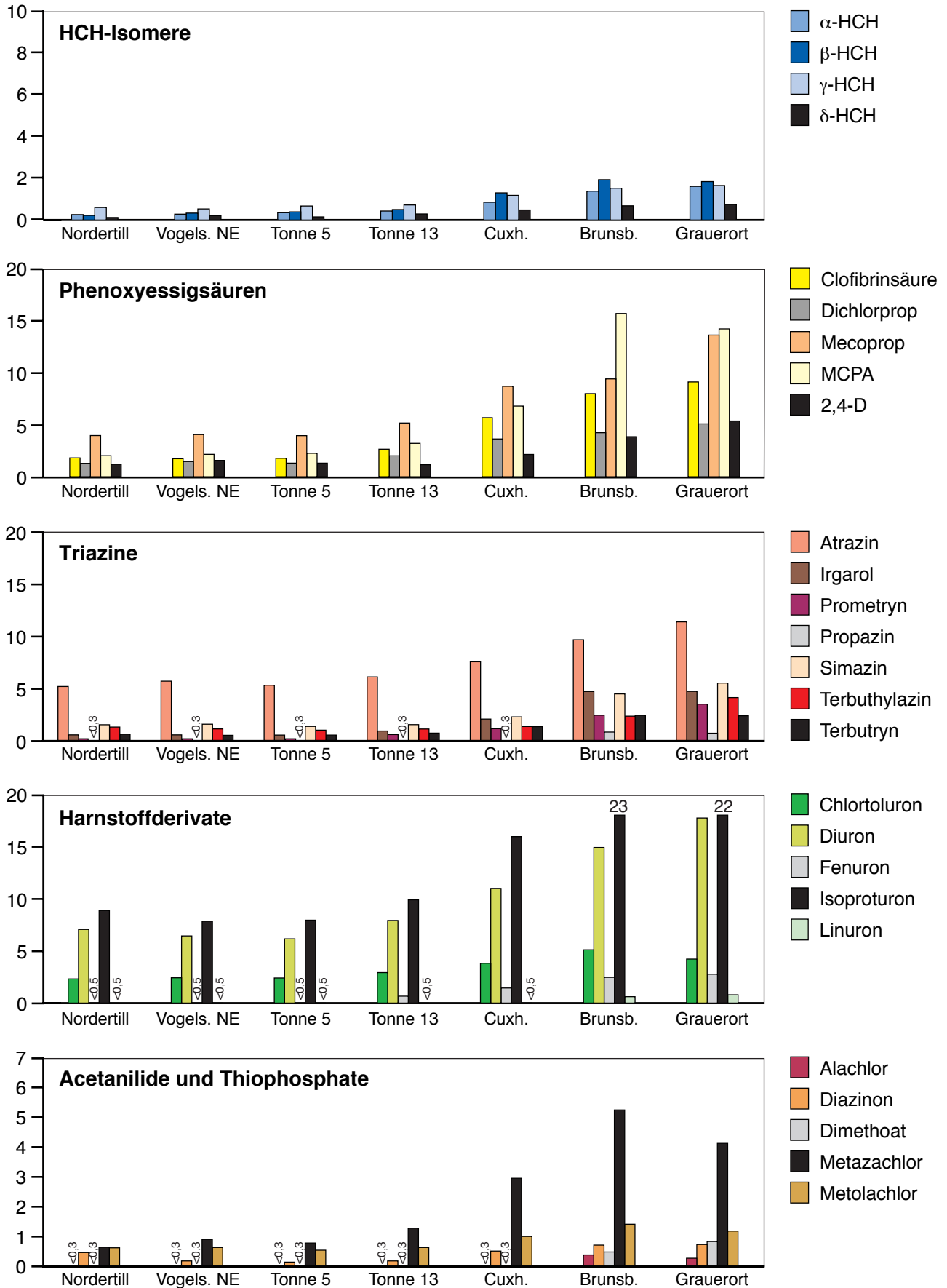


Abb. 19 Einzelstoffkonzentrationen in ng/l, Probenahme vom 13. Mai 2002

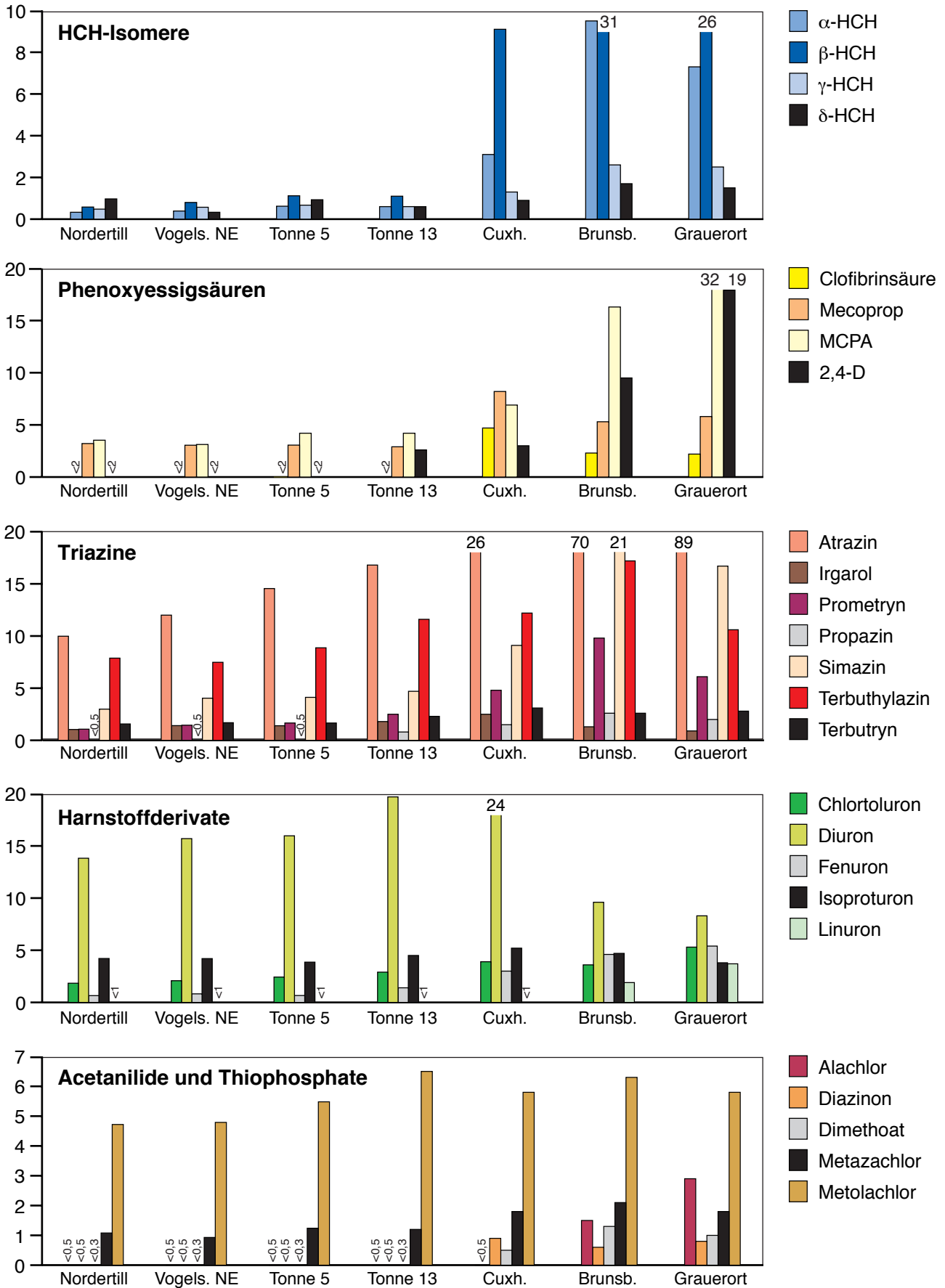


Abb. 20 Einzelstoffkonzentrationen in ng/l, Probenahme vom 26. August 2002

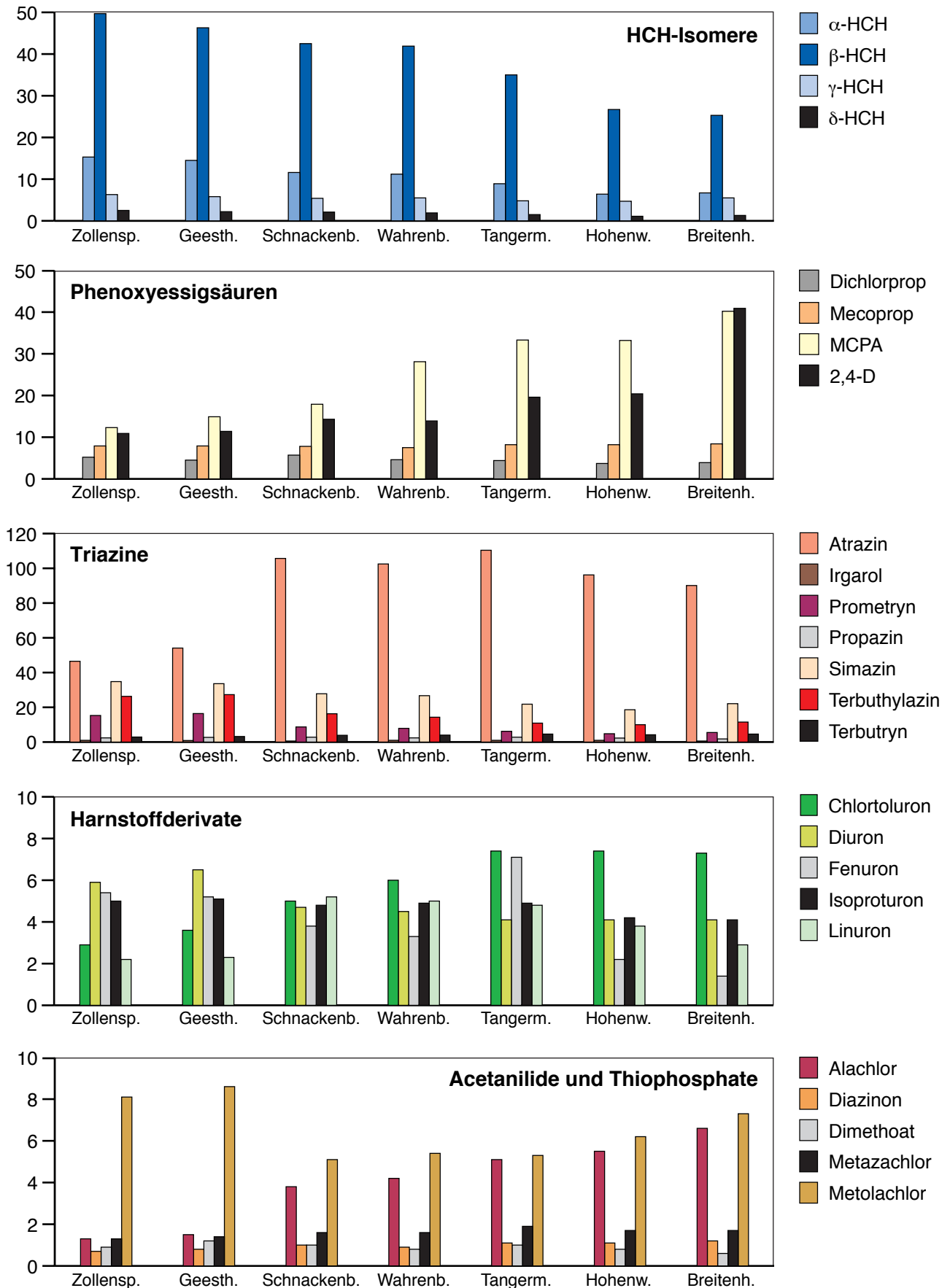


Abb. 21 Einzelstoffkonzentrationen in ng/l, Probenahme vom 21. August 2002

die Konzentrationen von γ - und δ -HCH in dem beprobten Flussabschnitt relativ unverändert geblieben sind. Auffällig ist der stetige Konzentrationsanstieg von α -, β - und δ -HCH an den Messstellen Hohenwarthe (km 338,5) und Schnackenburg (km 474,5). Die Konzentrationen dieser drei Isomere nahmen auf dieser Fließstrecke etwa um den Faktor zwei zu.

Am Tag der Probenahme erreichte der Hochwasserscheitel Magdeburg. Da die Probenahme mit dem Hubschrauber in dem betrachteten Flussabschnitt innerhalb weniger Stunden erfolgte, konnte mit dem Hubschrauber wahrscheinlich das sich flussabwärts bewegende und stets gleiche "Wellenpaket" beprobt werden. Für diese These spricht das Konzentrationsverhalten der meisten parallel analysierten Herbizide, die überwiegend besser wasserlöslich sind als die betrachteten HCH-Isomere.

Die *nach der Hochwasserwelle* erfolgte Probenahme mit einem Hubschrauber von Lysa n. L. bis Schnackenburg vom 08. bis 9.10.02 zeigte, dass sich die vier HCH-Isomere vom tschechischen Flussabschnitt bis oberhalb der Muldemündung bei Dommitzsch etwa auf gleichem Konzentrationsniveau bewegten (Abb. 22, Tab. A5). Die β -HCH-Konzentration lag stets unterhalb der BG von 1 ng/l. Ein deutlicher Konzentrationsanstieg sämtlicher Isomere trat an der Muldemündung auf, nahm mit zunehmender Entfernung von der Mündung wieder ab (Verdünnungs- und Sedimentationsvorgänge) und blieb bis Schnackenburg etwa konstant. Die β -HCH-Konzentrationen wiesen durchgängig Positivbefunde auf. Diese Probenahmereihe verdeutlicht, dass auch nach dem Hochwasserereignis ständig HCH-Isomere aus der Mulde in die Elbe eingetragen werden und bestätigen die Befunde aus den routinemäßig erhobenen Daten.

Phenoxyessigsäuren

Die Analyseergebnisse vor dem Hochwasserereignis vom 13.05. im inneren Mündungsbereich (Grauerort, Brunsbüttel und Cuxhaven) und den außen gelegenen Messstellen (Tonne 13, Tonne 5, Vogelsander NE und Nordertill) zeigten einen abnehmenden Konzentrations-

gradienten vom Ästuar bis in die Nordsee (Abb. 19). Die Konzentrationen lagen zwischen 1 ng/l (2,4-D, Nordertill) und 15 ng/l (MCPA, Brunsbüttel). Für die Einzelstoffe betragen die Spannweiten (in ng/l) für 2,4 D=1,2 - 5,3, für Dichlorprop=1,3 - 5,1, für MCPA=2 - 15, für Mecoprop=4 - 14 und für den Metaboliten Clofibrinsäure=1,8 - 9,1 (Tab. A1).

Während der *Hochwassersituation am 26.08.02* veränderte sich das Konzentrationsprofil für die meisten Phenoxyessigsäuren nur unwesentlich (Abb. 20, Tab. A2). Ausnahmen bildeten 2,4-D und MCPA an der Messstelle Grauerort, die Konzentrationen lagen etwa um den Faktor 3 (2,4-D) bzw. 2 (MCPA) höher als im Mai. Die Clofibrinsäurekonzentrationen waren im Vergleich zur vorherigen Beprobungskampagne mit Ausnahme der Messstelle Cuxhaven deutlich niedriger, im äußeren Mündungsbereich lagen sie bei <2 ng/l. Ähnliches gilt für den Einzelstoff 2,4-D (Tab. A2). Die Dichlorprop- und Ibuprofenkonzentrationen befanden sich fast ausnahmslos unterhalb der BG von 2 bzw. 25 ng/l.

Die Ergebnisse der *Probenahme vom 28.08.02* an den Messstellen *Brunsbüttel und Cuxhaven* sind in Tab. A3 zusammengefasst. Mit Ausnahme von Dichlorprop hatten sich die Einzelstoffkonzentrationen nicht wesentlich verändert. Während bei den Proben vom 26.08.02 keine Positivbefunde an den Messstellen Brunsbüttel und Cuxhaven erhalten wurden, lagen die Konzentrationen an diesem Probenahmetag für Dichlorprop bei 1,3 bzw. 2,9 ng/l (Tab. A3).

Auf einen Vergleich zwischen den Analyseergebnissen vom 26.08.02 (Tideelbe) mit denen der Messstelle T30 (Deutsche Bucht) vom 28.08.02 wird verzichtet, da die BG beider Beprobungskampagnen deutliche Unterschiede aufwiesen.

Die Ergebnisse von Wasserproben aus der *Mittleren Elbe vom 21.08.02* zeigten für 2,4-D und MCPA im Allgemeinen abnehmende Konzentrationen von den Messstellen von Breitenhagen bis Zollenspieker. Im Vergleich zu den HCH-Isomeren verhielt sich dieser Konzentrationsverlauf gegenläufig (Abb. 21). Die

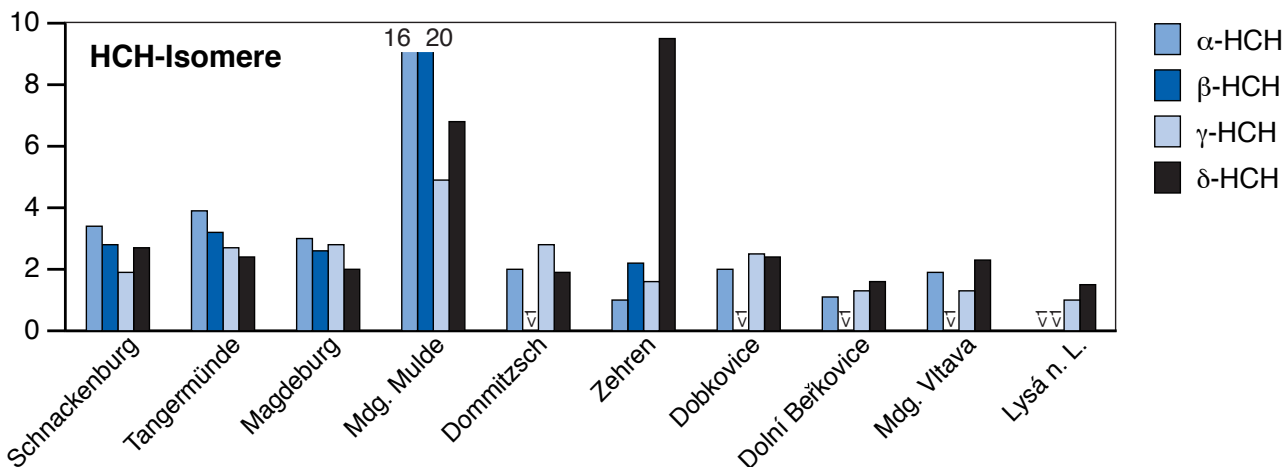


Abb. 22 Einzelstoffkonzentrationen in ng/l, Probenahme vom 8.-9. Oktober 2002

Konzentrationsspannweiten nahmen Werte (in ng/l) von 11 - 41 (2,4-D), 4 - 6 (Dichlorprop), 12 - 40 (MCPA) und 7,5 - 8,4 ein, während die Clofibrinsäurekonzentration unterhalb der BG von 2 ng/l lag (Tab. A4).

Zusätzlich wurden die unpolaren Stoffe HCB und p,p'-DDD in den Wasserproben analysiert. Die Konzentrationen bewegten sich für beide Stoffe im unteren ng/l-Bereich und sind als typisch für die Elbe einzustufen (Tab. A4).

Am 10.09.02 wurde eine Probe bei *Teufelsbrück in Hamburg* vom Ponton aus entnommen. Für Clofibrinsäure (3,2 ng/l), 2,4-D (4,6 ng/l), MCPA (5,4 ng/l) und Mecoprop (3,3 ng/l) waren die Konzentrationen an dieser Messstelle niedriger (Tab. A3) als in den Proben bei Brunsbüttel oder Cuxhaven vom 28.08.02 oder sie befanden sich etwa auf dem selben Niveau. Dies deutet darauf hin, dass die Flutwelle am 10.09.02 mit ihrem Maximum Hamburg bereits passiert hatte.

In der Zeit vom 16. bis 20.09.02 fand die Probenahme des BSH im *Elbeästuar* und der *Deutschen Bucht* mit dem FS "Gauss" (Fahrt 388a) statt (15 Messstellen, Abb. 18). Die höchsten Konzentrationsbereiche wiesen die drei Einzelstoffe Mecoprop (1 - 4,3 ng/l), MCPA (0,5 - 6,2 ng/l) und 2,4-D (0,5 - 9,8 ng/l) auf, wobei die Maximalwerte an der Messstelle Cuxhaven und die Minimalwerte im Bereich der Hohen See (T5) festgestellt wurden (Abb. 23, Tab. A6). Die Konzentrationen von Dichlorprop und Clofibrinsäure

betragen etwa die Hälfte der vorgenannten Phenoxyessigsäurekonzentrationen. Beide Stoffkonzentrationen bewegten sich - mit Ausnahme der Messstelle Cuxhaven - im Bereich der BG und dürften mit einer höheren analytischen Streubreite behaftet sein als die der anderen Analyte.

Die differenzierte Betrachtung unter Einbeziehung der Salz- und Gelbstoffkonzentrationsverteilung (Zwischenbericht des BSH, Abb. 13 und 14) während des fünftägigen Probenahmezeitraums weist drei unterschiedliche Bereiche aus, in denen sich die Stoffmuster prinzipiell voneinander unterschieden (Abb. 23).

- In den vom Elbewasser geprägten Mündungsbereich (Messstellen T41, T30, T29, T28, T27, T20 und T35, evtl. T17) wurden etwa gleiche Stoffmuster erhalten, die überwiegend in Gebieten mit relativ niedrigen Salz- und erhöhten Gelbstoffkonzentrationen vorkamen,
- in den Bereich, der außerhalb des direkt von der Elbe beeinflussten Gebietes (T34, T5, T7, T13 und T9, evtl. T17) lag,
- und den Bereich an der Messstelle Cuxhaven. An dieser Messstelle unterschieden sich die Konzentrationen und Stoffmuster erkennbar von denen aus den vorgenannten Bereichen.

Anzumerken ist, dass sich einzelne Stoffkonzentrationen im Bereich der BG bewegten

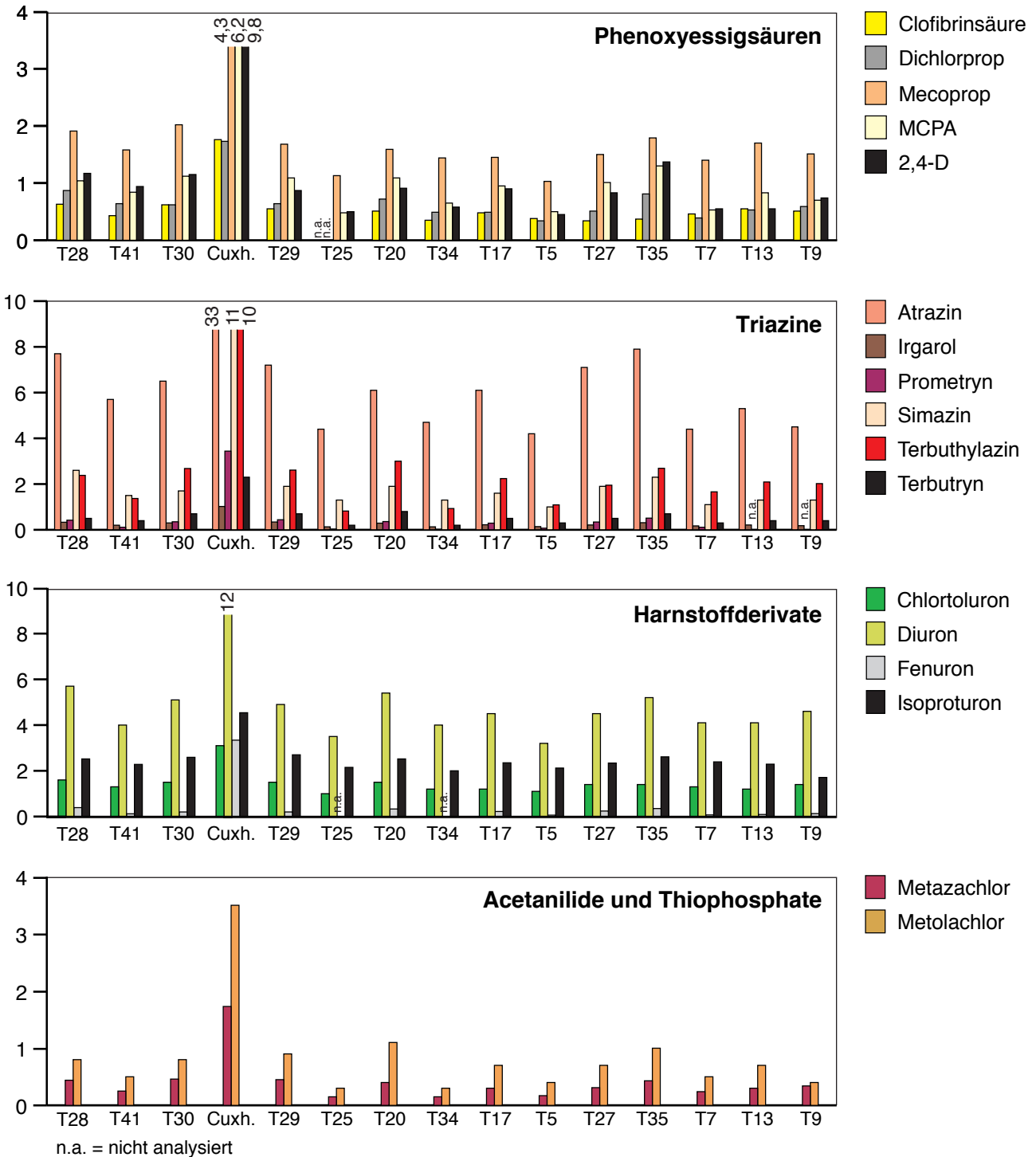


Abb. 23 Einzelstoffkonzentrationen in ng/l, Probenahme vom 16.-20. September 2002

und folglich mit einer erhöhten analytischen Unsicherheit behaftet waren. Diese Tatsache kann im Einzelfall zu unterschiedlichen Interpretationen bei der Diskussion der Stoffmuster führen.

In Wasserproben, die *nach dem Hochwasserereignis am 08. und 09.10.* in der *Oberen und Mittleren Elbe* entnommen worden sind, wurden keine Phenoxyessigsäuren bestimmt (Tab. A5).

Triazine

Vor dem Hochwasserereignis am *13.05.02* wiesen die Wasserproben aus der *Tideelbe* Konzentrationen im Bereich von $<0,3$ ng/l (Propazin, an vier Messstellen außerhalb des Mündungsbereichs) und 11 ng/l (Atrazin, Grauerort) auf. Die räumliche Stoffverteilung sah etwa ähnlich aus wie die der HCH-Isomere und der Phen-

oxyessigsäuren: die max. Stoffkonzentrationen wurden bei Grauerort analysiert, während die weiter außerhalb gelegenen Messstellen erkennbar niedrigere Konzentrationen aufwiesen (Abb. 19, Tab. A1). Konzentrationsmäßig dominierte Atrazin (5 - 11 ng/l), gefolgt von Simazin (2 - 6 ng/l) und dem Biozid Irgarol (0,5 - 5 ng/l).

Deutlich höhere Stoffkonzentrationen enthielten die Proben, die während der *Hochwassersituation am 26.08.02* entnommen worden sind. Nach wie vor dominierten die Atrazin-Konzentrationen, die etwa um den Faktor 2 - 5 gegenüber der Probenahme vom 13.05.02 höher waren (10 - 89 ng/l). Irgarol wies eine abweichende Konzentrationsverteilung im Vergleich zur Mai-Probenahme auf. Im Mai wurden die beiden höchsten Irgarol-Konzentrationen an den Messstellen Grauerort und Brunsbüttel erhalten (jeweils 5 ng/l), während diese in Richtung Nordsee weiter abnahmen (0,5 - 0,9 ng/l). In den Proben vom 26.08.02 veränderte sich die räumliche Ausbreitung dieses Biozids: an den Messstellen Grauerort und Brunsbüttel nahm die Konzentration um den Faktor 5 ab, während die Konzentrationen der außen gelegenen Messstellen um den Faktor 2 - 3 zunahm (vgl. Tab. A1 und A2).

Unterhalb der Messstelle Cuxhaven wird das Muster in der Reihenfolge von Atrazin, Terbutylazin und Simazin geprägt (die Konzentration von Terbutylazin war höher als die von Simazin, Tab. A4).

Zwei Tage später, am 28.08.02, wurden Proben an den Messstellen *Brunsbüttel und Cuxhaven* mit dem FS „Gauss“ entnommen. Wie auch bei den HCH-Isomeren und Phenoxyessigsäuren hatten sich die Stoffkonzentrationen der Triazine innerhalb von zwei Tagen nicht verändert.

In den Proben aus der *Mittleren Elbe vom 21.08.* sind die Stoffkonzentrationen höher als in der Tideelbe (Abb. 21, Tab. A4). Die Atrazin-Konzentrationen lagen im Bereich von 90 - 110 ng/l (Messstellen Breitenhagen bis Schackenburg) und gingen am Wehr Geesthacht bzw. bei Zollenspieker wieder zurück (ca. 50 ng/l). Das

Stoffmuster wurde deutlich geprägt von Atrazin, allerdings ist - bis auf die beiden Messstellen Zollenspieker und Geesthacht - das Verhältnis von Atrazin zu Simazin deutlich größer als in den Proben aus der Tideelbe (Abb. 21). Sebuthylazin konnte bei einer BG von 0,5 ng/l in keiner der Proben festgestellt werden (Tab. A1 - A4).

Irgarol, Terbutryn und Propazin kamen in gleichbleibend niedrigen Konzentrationen von 0,5 - 1 ng/l (Irgarol), 3 - 5 ng/l (Terbutryn) bzw. 2 - 3 ng/l (Propazin) vor. Die im Vergleich zur Tideelbe deutlich niedrigeren Irgarol-Konzentrationen deuten darauf hin, dass dieses Biozid vornehmlich aus dem Tideabschnitt in die Nordsee eingetragen wird.

In der am 10.09.02 bei *Teufelsbrück* entnommenen Probe waren die Triazin-Konzentrationen niedriger oder auf dem selben Niveau wie in den Proben vom 28.08.02 an den Messstellen Brunsbüttel oder Cuxhaven. Bzgl. der Triazine dürfte das Maximum der Flutwelle zu diesem Zeitpunkt bereits Hamburg passiert haben (s. auch Kap. „Phenoxyessigsäuren“).

Vom 16. bis 20.09.02 wurden das *Elbeästuar und die Deutsche Bucht* vom BSH mit dem FS „Gauss“ beprobt (Abb. 18, Fahrt 388a). Wie bereits bei den vorgenannten Beprobungskampagnen domierte Atrazin, die Konzentrationen lagen im Bereich von 4 ng/l (T5, T25 und T27) bis 33 ng/l (Cuxhaven); die max. Konzentrationen traten stets an der Messstelle Cuxhaven auf (Abb. 23, Tab. A6). Die Konzentrationsbereiche für Terbutylazin (0,8 - 10 ng/l), Simazin (1 - 11 ng/l), Terbutryn (0,2 - 2 ng/l), Prometryn (0,1 - 3 ng/l) und Irgarol (0,1 - 1 ng/l) waren deutlich niedriger. Ein stoffspezifisches, räumliches Verteilungsmuster, ähnlich wie bei den Phenoxyessigsäuren, war nicht erkennbar. Eine Erklärung für die weitgehend gleichbleibenden Konzentrationsprofile könnte in der überwiegend besseren Wasserlöslichkeit der Triazine begründet sein.

Im Anschluss an die *Hochwassersituation* fand vom 08. bis 09.10. eine Beprobung der *Oberen und Mittleren Elbe* mit einem Hubschrauber statt. Im tschechischen Elbabschnitt erfolgte ein

deutlicher Eintrag von Atrazin und Desethylatrazin durch die Vltava. Vor der Vltavamündung bei Lysa n. L. betrug die Konzentrationen 29 ng/l (Atrazin) bzw. 20 ng/l (Desethylatrazin) und stiegen in der Mündung auf 57 bzw. 31 ng/l an (Tab. A5). Wenige Stromkm unterhalb des Mündungsbereichs bei Dolní Berkovice hatten sich die Triazin-Konzentrationen kaum verändert. Bei Dobkovic, Zehren und Dommitzsch stiegen die Konzentrationsspannweiten von 40 - 48 ng/l (Atrazin) bzw. 21 - 27 ng/l (Desethylatrazin) an. In der Muldemündung waren die Konzentrationen für beide Stoffe niedrig oder bewegten sich im Bereich der BG (Tab. A5). Im weiteren Elbeverlauf bei Magdeburg, Tangermünde und Schnackenburg stabilisierten sich die Stoffkonzentrationen auf ein Niveau von 22 - 27 ng/l (Atrazin) bzw. 14 - 18 ng/l (Desethylatrazin). Auf Basis dieser Ergebnisreihe gilt die Vltava als ein wesentlicher Eintragspfad für Atrazin bzw. Desethylatrazin, was auch durch die Routineuntersuchungen bestätigt wird.

Harnstoffderivate

Ähnlich wie bei den HCH-Isomeren, Phenoxyessigsäuren und Triazinen zeigten die Analyseergebnisse vor dem Hochwasserereignis am 13.05. im inneren Mündungsbereich (Grauerort, Brunsbüttel und Cuxhaven) und den außen gelegenen Messstellen (Tonne 13, Tonne 5, Vogelsander NE und Nordertill) einen abnehmenden Konzentrationsgradienten vom Ästuar in den Nordseebereich hinein (Abb. 19, Tab. A1). Dabei glich das Konzentrationsniveau der Harnstoffderivate eher dem der Phenoxyessigsäuren als den Triazinen. Isoproturon wies stets die höchsten Konzentrationen auf (8 - 23 ng/l), gefolgt von Diuron (6 - 18 ng/l) und Chlortoluron (2-5 ng/l). Bei Fenuron (<0,5 - 3 ng/l) und Linuron (<0,5 - 0,8 ng/l) waren die Konzentrationsspannweiten überwiegend niedriger, für Linuron konnten Positivbefunde nur an den Messstellen Grauerort und Brunsbüttel erhalten werden.

Während der Hochwassersituation am 26.08.02 veränderte sich das Konzentrationsprofil für die betrachteten Stoffe (Abb. 20, Tab. A2). Während vor dem Hochwasserereignis max. Kon-

zentrationen für Isoproturon erhalten wurden (s. o.), dominierte in dieser Untersuchungsreihe Diuron (8 - 23 ng/l). Auffällig ist, dass von Cuxhaven in Richtung Nordsee die Diuron-Konzentrationen höher waren als bei den weiter innen gelegenen Messstellen Grauerort und Brunsbüttel (Abb. 20). Ziemlich gleichbleibend verlief dagegen die Isoproturon-Konzentrationen, sie betrug 4 - 5 ng/l. Relativ ähnliche Cluster lieferten die beiden Messstellen Grauerort und Brunsbüttel; Linuron zeigte höhere Konzentrationen (2 - 4 ng/l) als im Mai (0,6 - 0,8 ng/l).

Die Beprobung der Messstellen *Brunsbüttel und Cuxhaven* am 28.09.02 ergab keine nennenswerten Konzentrationsunterschiede im Vergleich zur Probenahme vom 26.08.02 (vgl. Tab. A2 und A3).

An der *Mittleren Elbe* fand die Probenahme am 21.08.02 mit einem Hubschrauber statt. Die Stoffkonzentrationen in diesem Flussabschnitt unterschieden sich nicht wesentlich von denen der Messstellen Grauerort oder Brunsbüttel (Tab. A4 und A5), allerdings waren die Stoffmuster im Vergleich zum Tideabschnitt anders geprägt (Abb. 19 - 21). Die absoluten Einzelstoffkonzentrationen (Tab. A4) bewegten sich im Bereich von (in ng/l) 3 - 7 (Chlortoluron), 4 - 5 (Isoproturon), 4 - 6 (Diuron), 1 - 7 (Fenuron) und 2 - 5 (Linuron).

Auch innerhalb dieser Fließstrecke konnten Veränderungen der Stoffmuster festgestellt werden (Abb. 21). Von der kurz vor der Saalemündung gelegenen Messstelle Breitenhagen, bei Hohenwarthe (unterhalb von Magdeburg) und Tangermünde (Tangermündung) waren die Stoffmuster ähnlich geprägt, mit Ausnahme der Messstelle Tangermünde. Während das Konzentrationsverhältnis von Chlortoluron zu Diuron, Isoproturon oder Linuron etwa 2:1 betrug und Fenuron stets die niedrigsten Konzentrationen aufwies, war bei Tangermünde die Fenuron-Konzentration etwa um das vier- bis fünffache erhöht. Eine Ursache könnte ein erhöhter Fenuroneintrag durch die Tanger sein (Abb. 21). Im weiteren Flussverlauf nahm die Chlortoluron-Konzentration an den Messstellen Wahrenberg, Schnackenburg, Geest-

hacht und Zollenspieker weiter ab. An den Messstellen Geesthacht und Zollenspieker dominierte konzentrationsmäßig Diuron anstatt Chlortoluron, das Verhältnis lag etwa bei 2:1.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass auf der Fließstrecke von Breitenhagen bis Zollenspieker die Chlortoluron-Konzentration stetig abnahm. Ab Tangermünde erhöhte sich die Fenuron-Konzentration über Zuflüsse (Tanger, Havel) oder Remobilisierungsvorgänge (Wehr Geesthacht).

Die am 10.09.02 bei *Teufelsbrück* gezogene Probe wies in der Größenordnung gleiche Harnstoffderivat-Konzentrationen auf wie diejenigen, die am 28.08.02 an den Messstellen Brunsbüttel und Cuxhaven entnommen wurden (Tab. A3).

Im *Elbeästuar und der Deutschen Bucht* wurde die Probenahme mit dem FS „Gauss“ vom 16.-20.09.02 durchgeführt (Fahrt 388b, Abb. 18), die Ergebnisse sind in der Abb. 23 und Tab. A6 dargestellt. Durch die Verdünnung mit dem Nordseewasser waren die Einzelstoffkonzentrationen im äußeren Bereich des Ästuars und in der Deutschen Bucht niedriger als an der Messstelle Cuxhaven; hier traten stets die Maximalkonzentrationen auf. In der Reihenfolge wurden folgende Konzentrationsspannweiten erhalten (Tab. A6, Werte in ng/l): Diuron=3 - 12, Isoproturon=2 - 5, Chlortoluron=1 - 3 und Fenuron=0,1 - 3. Von zwei Ausnahmen abgesehen wurde Linuron nicht bestimmt (Tab. A6). Die Stoffmuster wiesen gewisse Ähnlichkeiten mit denen von der Beprobungskampagne vom 26.05.02 auf (vgl. Abb. 20 und 23). Deutlich war, dass an der Messstelle Cuxhaven quasi ein bestimmtes Konzentrationsprofil geprägt wurde und im Verlauf der Elbefahrt sowie der Deutschen Bucht im allg. gut wiederzufinden war (Abb. 23).

In den Proben von der *Oberen und Mittleren Elbe* vom 08. bis 09.10.02 wurden keine Harnstoffderivate bestimmt (Tab. A5).

Acetanilide und Thiophosphate

Vor dem Hochwasserereignis am 13.05.02 wiesen die Wasserproben aus der *Tideelbe* bzw. aus dem *Ästuarbereich* Konzentrationsspannweiten von <0,3 ng/l (Alachlor und Dimethoat an vier Messstellen außerhalb des Mündungsbereichs sowie bei Cuxhaven) und 5 ng/l (Metazachlor, Brunsbüttel) auf (Tab. A1). Mit Ausnahme für Metazachlor bewegten sich die Konzentrationen unterhalb der BG oder waren kleiner als 1 ng/l.

Während der *Hochwassersituation* am 26.08.02 wiesen nur Metolachlor und Metazachlor in den Proben aus dem inneren und äußeren Elbeästuar durchgängig Positivbefunde auf; die Konzentrationen lagen im Bereich von 1 - 2 ng/l (Metazachlor) bzw. 5 - 7 ng/l (Metolachlor). Während vor dem Hochwasserereignis die Metazachlor - Konzentrationen am höchsten waren, änderte sich dieses Bild zugunsten von Metolachlor (Abb. 20, Tab. A2). Die Stoffmuster an den Messstellen Grauerort und Brunsbüttel waren ähnlich geprägt, allerdings wiesen Alachlor und Dimethoat im Vergleich zur Probenahme vom Mai höhere Konzentrationen auf (vergl. Tab. A1 und A2).

Die Ergebnisse der Probenahme des BSH vom 28.08.02 zeigten für die Messstellen *Brunsbüttel* und *Cuxhaven* keine Konzentrationsunterschiede im Vergleich zum 26.08.02 (vergl. Tab. A2 und A3).

Am 21.08.02 wurden in der *Mittleren Elbe* auf der Fließstrecke zwischen Breitenhagen und Zollenspieker (Abb. 17) Proben mit einem Hubschrauber entnommen. Die Metolachlor- und Alachlor-Konzentrationen waren i. d. R. am höchsten (Abb. 21, Tab. A4), sie lagen im Bereich von 5 - 9 ng/l (Metolachlor) bzw. 1 - 7 ng/l (Alachlor). Metazachlor wies mit 1 - 2 ng/l ein relativ konstantes Niveau auf.

An den Messstellen Breitenhagen, Hohenwarthe, Tangermünde, Wahrenberg und Schnackenburg waren die Stoffmuster gut vergleichbar. Erst am Wehr Geesthacht und unterhalb des Wehrs bei Zollenspieker nahm die Metolachlor-Konzentration zu, während die

Alachlor-Konzentration im Verhältnis abnahm (Abb. 21). Ähnlich wie bei den Phenoxyessigsäuren, Triazininen und Harnstoffderivaten lassen diese Ergebnisse erkennen, dass ein Stoffeintrag mit Acetaniliden und Thiophosphaten aus diesem Elbabschnitt in die Tideelbe erfolgt.

Die am 10.09.02 bei *Teufelsbrück* entnommene Einzelprobe wies im Vergleich zu den am 26. und 28.08.02 bei *Brunsbüttel* und *Cuxhaven* entnommenen Proben erhöhte Konzentrationen an Alachlor (11 ng/l), Diazinon (1,3 ng/l) und Metazachlor (12 ng/l) auf, für Metolachlor wurde ein Niveau von 5 - 6 ng/l erhalten (Tab. A3).

Die mit dem FS „Gauss“ vom 16.-20.09. entnommenen Proben wiesen nur für die Stoffe Metazachlor und Metolachlor Positivbefunde auf (Abb. 23, Tab. A6). Mit Ausnahme der Messstelle *Cuxhaven* lagen die Konzentrationen im Ästuar und in der Deutschen Bucht zu diesem Zeitpunkt unterhalb von 1 ng/l. Die Befunde verdeutlichen, dass beide Stoffe mit dem Hochwasser in die Nordsee eingetragen wurden (vgl. Abb. 19 und 23).

Die Probenahme an der *Oberen und Mittleren Elbe* wurde am 08. bis 09.10.02 mit einem Hubschrauber durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten deutliche Positivbefunde für Alachlor und Metazachlor. An der ersten Messstelle *Lysa n. L.* lagen die Konzentrationen noch für beide Stoffe unterhalb der BG von 10 ng/l, stiegen aber an der *Vltava-Mündung* deutlich an (Alachlor=29 ng/l, Metazachlor=18 ng/l) und blieben an den nachfolgenden Messstellen *Dolni Berkovice*, *Dobkovice*, *Zehren* und *Domnitzsch* auf einem Niveau von 20 - 26 ng/l (Tab. A5). Mit der Mulde dürften nur unwesentliche Alachlor-Frachten in die Elbe eingetragen worden sein (Konzentration <BG), während die Metazachlor-Konzentration in der Muldemündung von 13 ng/l (*Domnitzsch*) auf 35 ng/l sprunghaft anstieg. An den Messstellen *Magdeburg* und *Tangermünde* betrug Alachlor-Konzentration 19 ng/l bzw. 18 ng/l und lag bei *Schnackenburg* unterhalb der BG. Unterhalb der Mulde-Mündung war die Metazachlor-Konzentration relativ gleichbleibend auf einem Niveau von 14 ng/l und 18 ng/l. Auf

Basis dieser Untersuchungsreihe stellte die *Vltava-Mündung* einen wesentlichen Eintragspfad für beide Stoffe dar, während Metazachlor hauptsächlich mit der Mulde in die Elbe abgegeben wurde (Tab. A5).

Vergleich mit Qualitätsanforderungen

Eine stoffspezifische Bewertung der Analysebefunde ist nur eingeschränkt möglich, weil derzeit nicht für sämtliche Analyte bzw. Wirkstoffe Zielvorgaben (ZV) oder Qualitätsanforderungen (QA) existieren. Das Umweltbundesamt hat in einer Übersicht Qualitätsanforderungen der LAWA, IKSE, IKSR und der EG für Pestizide zusammengestellt (www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/ow_s2_.htm). Weitere Werte werden aus der Liste der Canadian Environmental Quality Guidelines (Update 2002) entnommen. Ohlenbusch et al. haben Qualitätsnormvorschläge für die sog. prioritären Stoffe (Annex X) publiziert (G. Ohlenbusch et al. 2002). Mit Hilfe dieser QA und Qualitätsnormvorschläge werden die in der Elbe und im Ästuar analysierten maximalen Konzentrationen für ausgewählte Stoffe verglichen, wobei jeweils die niedrigsten Werte aus den Literaturangaben genommen werden. Die durch Fettdruck hervorgehobenen Werte stellen eine Überschreitung dar.

Für die Bestimmung einzelner Stoffe war die angewandte Analytik nicht empfindlich genug, um den Vergleich mit Qualitätsanforderungen durchführen zu können. Dies war der Fall bei den Stoffen (in ng/l) Dichlorvos (QA=6, BG=2,5), Chlorpyrifos (QA=1, BG=3), Fenitrothion (QA=1, BG=25) und Parathion-ethyl (QA=0,2, BG=5).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die umfangreichen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass Pestizide, HCH-Isomere, Clofibrinsäure und Irgarol mit dem Hochwasser aus Nebenflüssen oder durch Remobilisierung aus Sedimenten in die Elbe und in die Nordsee eingetragen werden. Durch Verdünnung mit dem Nordseewasser entsteht im Tidebereich für viele Stoffe ein abnehmender Konzentrationsgradient, der sich vom Ästuar in die Deutsche

Tab. 10 Vergleich ausgewählter Analyseergebnisse mit Qualitätsanforderungen

Stoff	max. Konz. (Gewässer)	Qualitätsanford. (Lit.)
Alachlor	29 (Vltava)	35 (3)
Atrazin	57 (Vltava)	100 (1)
Chlortoluron	7 (Elbe)	100 (1)
2,4-D	41 (Elbe)	100 (1)
Diuron	24 (Elbe)	46 (1)
γ -HCH	6 (Mulde)	3 (2)
Hexazinon	15 (Elbe)	70 (1)
Isoproturon	6 (Elbe)	100 (1)
MCPA	40 (Elbe)	25 (4)
Prometryn	16 (Elbe)	100 (1)
Simazin	35 (Elbe)	0,8 (3)
Terbutylazin	26 (Elbe)	100 (1)

(1)=ZV-LAWA; (2)=ZV-IKSE; (3)=Ohlenbusch et al.; (4)=Canadian Environmental Quality Guidelines, Update 2002

Bucht hinein ausbildet. Der Vergleich von Stoffkonzentrationen im Elbeästuar vor und nach dem Hochwasserereignis zeigt, dass mit der Flutwelle erhebliche Stofffrachten aus stromaufwärts gelegenen Elbabschnitten in die Nordsee transportiert worden sind. Für einzelne Phenoxyessigsäuren wie 2,4-D, MCPA oder für das in Deutschland mit einem Anwendungsverbot belegte Atrazin aus der Stoffklasse der Triazine stiegen die Konzentrationen im Ästuar um das 2 - 5-fache. α -HCH und β -HCH wiesen um den Faktor 5 bzw. 15 höhere Konzentrationen auf.

Untersuchungen der Mittleren und Oberen Elbe zeigten, dass mit der Mulde hohe Frachten an HCH-Isomeren und dem Chloracetanilid Metazachlor in die Elbe gelangt sind. Atrazin, der Metabolit Desethylatrazin, Metazachlor und Alachlor (ein Chloracetanilid) wurden im tschechischen Elbabschnitt über die Vltava (Moldau) eingetragen. Bei diesen Untersuchungen erwies sich die Probenahme mit einem Hubschrauber als geeignete Methode, um während der Hochwassersituation möglichst schnell einen bestimmten Flussabschnitt beproben zu können.

Eine Besonderheit stellt die räumliche Verteilung des Biozids Irgarol in der Mittleren Elbe

und der Tideelbe dar. Irgarol gehört zur Stoffklasse der Triazine und wird als Ersatzstoff für den Antifouling-Wirkstoff Tributylzinn in Schiffsanstrichen verwendet (A. Agüera 2000). Die Untersuchungen ergaben, dass die Irgarol-Konzentrationen in der Mittleren Elbe niedriger waren als in der Tideelbe. Somit könnten die erhöhten Konzentrationen in der Tideelbe ursächlich mit dem hohen Seeschiffverkehr zusammenhängen. Eine weitere Möglichkeit wäre der Stoffaustrag in die Elbe bei Umlagerungsmaßnahmen von Hamburger Hafensedimenten. Irgarol wird darüber hinaus in der Deutschen Bucht nachgewiesen.

Innerhalb einer bestimmten Fließstrecke und am Wehr Geesthacht wurden Stoffmuster erhalten, deren Konzentrationsprofile sich im weiteren Flussverlauf veränderten. Ursachen waren Verdünnungsprozesse, Stoffeinträge aus Nebenflüssen oder die Remobilisierung aus fluviatilen Sedimenten. Im Ästuarbereich und der Deutschen Bucht bildeten sich für einzelne HCH-Isomere und für Phenoxyessigsäuren Stoffmuster aus, die vermutlich mit der Salz- und Gelbstoffkonzentration in Zusammenhang stehen. Durch die unvollständige Vermischung des mit dem Hochwasser transportierten Süßwassers mit dem Nordseewasser hatten sich unterschiedliche Konzentrationsprofile ausge-

bildet, die sich während der räumlichen Ausdehnung in der Nordsee wenig veränderten.

Ein Vergleich der Maximalkonzentrationen für ausgewählte Pestizide mit ausgewählten Qualitätsanforderungen zeigt für die meisten Stoffe keine Überschreitung, oftmals liegen Größenordnungen zwischen beiden Zahlen.

Überschreitungen gab es für die Stoffe γ -HCH (Faktor 2), MCPA (ca. Faktor 2) und Simazin (Faktor 44). Für die Stoffe Dichlorvos, Chlorpyrifos, Fenitrothion und Parathionethyl war die BG nicht niedrig genug, um einen Vergleich mit Qualitätsanforderungen vornehmen zu können.

13. Schadstoffe in Schwebstoffen

13.1 Metalle, Tributylzinn, PAK und Chlorierte Kohlenwasserstoffe

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) führte in Zusammenarbeit mit dem Landesuntersuchungsamt für Gesundheit- und Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt, Umweltlabor Magdeburg, seit dem 16.08.2002 ein Sondermessprogramm durch, im Rahmen dessen in Magdeburg bei Strom-km 325,5 mit einer Durchflusszentrifuge täglich über 5 Stunden Proben entnommen werden. Diese Schweb-

stoffe wurden auf prioritäre Schadstoffe (Metalle, persistente chlororganische Verbindungen, wie „Dioxine“ oder PCBs, PAKs und TBT) untersucht.

Die bis zum 29.08.2002 vorliegenden Befunde, die sich auf sieben Einzelergebnisse stützen, zeigen im Vergleich zu den Jahresmittelwerten des Jahres 2001 (Ergebnisse von Monatsmisch-

Tab. 11 Auslenkungen der aktuellen Befunde gegenüber Jahresmittelwerten des Jahres 2001

Element/Verbindung	Faktor der Auslenkung gegenüber 2001-Jahresmittelwerten
Quecksilber	0,3 – 0,8
Cadmium	0,8 – 1,4
Kupfer	0,9 – 1,5
Zink	0,5 - 1
Blei	1,4 – 4,5
Arsen	3,6 – 10,8
Chrom	1,1 – 1,2
Nickel	1 – 1,3
PAKs	ca. 0,3 – 0,5*)
PCBs	ca. 0,3 – 0,4**)
α-HCH	13 – 24
γ-HCH	1,3 – 3,0
pp-DDT	0,02 – 0,3
pp-DDD	1 – 1,4
pp-DDE	0,3 – 0,5
HCB	0,2 – 0,7
Tributylzinn	0,8 – 0,9

*) Die aktuellen Werte sind Summenwerte von 16 PAKs nach US-EPA 610; die Vergleichswerte aus dem Jahr 2001 stellen die Summe aus 15 Einzelverbindungen nach DIN 38407-18 dar.

***) Die aktuellen Werte sind Summenwerte von sieben Kongeneren einschl. der Nr. 118; die Vergleichswerte aus dem Jahr 2001 stellen die Summe von sechs Kongeneren dar (ohne die Nr. 118).

proben aus dem Absatzbecken der Messstation Magdeburg – km 318,1) folgende Auslenkungen (Tab. 11):

Erhöhungen, die gegenüber den Befunden aus dem Jahr 2001 besonders auffällig waren, wurden in dieser Tabelle durch **Fettdruck** hervorgehoben.

Für einige Stoffe können die IKSE-Zielvorgaben für das Schutzgut „Aquatische Lebensgemeinschaften“ (AL) und für die Nutzungsart „Landwirtschaftliche Verwertung von Sedimenten“ (LV) und der Zielwert der EU-Richtlinie 76/464 zum Vergleich herangezogen werden. Dies ist allerdings nur für die Wertereihe aus dem Jahr 2001 möglich, da die entsprechenden Zielvorgaben am Median, also dem 50-%-Wert, orientiert sind (Tab. 12). Die Zielvorgaben sind Orientierungswerte, die zur Beurteilung des (LV) zum Vergleich herangezogen werden. Dies ist allerdings nur für die Wertereihe aus dem Jahr 2001 möglich, da die entsprechenden Zielvorgaben am Median, also dem 50-%-Wert, orientiert sind (Tab. 12). Die Zielvorgaben sind Orientierungswerte, die zur Beurteilung des Maßes der Annäherung des aktuellen an den anzustrebenden Gewässergütezustand dienen.

Aus der Tab. 12 ist ersichtlich, dass bereits im Jahr 2001 die Zielvorgaben für Quecksilber, Cadmium, Kupfer, Zink, Blei und HCB in den Schwebstoffproben aus dem Magdeburger Sedimentationsbecken überschritten wurden.

Diese Angaben sind in der Tabelle durch **Fettdruck** markiert.

Für die Proben, die während des Hochwasserereignisses im August 2002 gewonnen wurden, kann die Aussage getroffen werden, dass die analysierten Einzelwerte bei einem Vergleich mit den Median-Werten der IKSE-Zielvorgaben, der streng genommen nicht zulässig ist, zu Überschreitungen führen. Diese waren auffällig für die Elemente Blei, Cadmium, Zink und Arsen.

Die Güteklassen der ARGE ELBE für ausgewählte organische Mikroverunreinigungen berücksichtigen u. a. das DDT und seine Metaboliten, die HCH-Isomere sowie die PCB-Kongenerne. Die dort für die einzelnen Güteklassen festgelegten Werte (Güteklasse II entspricht der Zielvorgabe) sind allerdings 90-%-Werte, denen mehr als 9 Messungen zugrunde liegen müssen. Sie können also für die aktuellen Stichproben aus der Hochwasserwelle im August 2002 nicht herangezogen werden. Ein Rückblick in die Datenreihe aus dem Jahr 2001 (12 Monatsmischproben aus dem Sedimentationsbecken Magdeburg) zeigt, dass diese Verbindungen bis auf α - und γ -HCH die ARGE-ELBE-Zielvorgaben überschritten.

Für einen Überblick sind die aktuellen Befunde neben den Ergebnissen aus dem Jahr 2001 als Minimum-, Mittel- und Maximumwerte in den Abb. 24 grafisch aufgetragen. Zusätzlich

Tab. 12 IKSE-Zielvorgaben, EU-Zielwert und Medianwerte von Monatsmischproben aus dem Magdeburger Sedimentationsbecken - 2001

Stoff	Maßeinheit	Zielvorgabe AL	Zielvorgabe LV	Zielwert EU RL 76/464	Median 2001
Quecksilber	mg/kg	0,8	0,8	-	3,5
Cadmium	mg/kg	1,2	1,5	-	6,0
Kupfer	mg/kg	80	80	80	106
Zink	mg/kg	400	200	400	1.140
Blei	mg/kg	100	100	100	124
Arsen	mg/kg	40	30	40	27,2
Chrom	mg/kg	320	150	320	105
Nickel	mg/kg	120	60	120	53,9
γ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$	-	10	-	2,3
HCB	$\mu\text{g}/\text{kg}$	-	40	-	170
Tributylzinn	$\mu\text{g}/\text{kg Sn}$	10	10	10	12,3

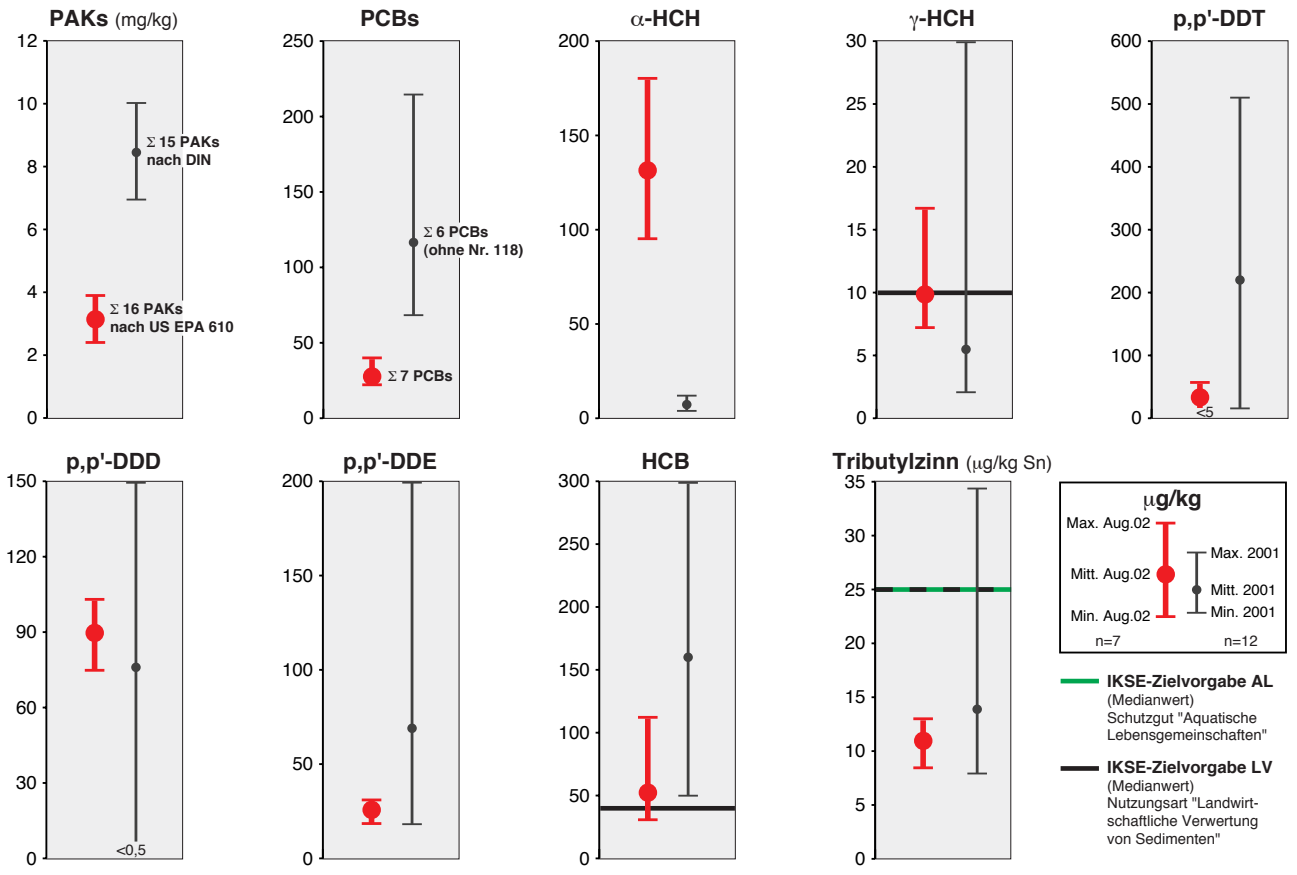
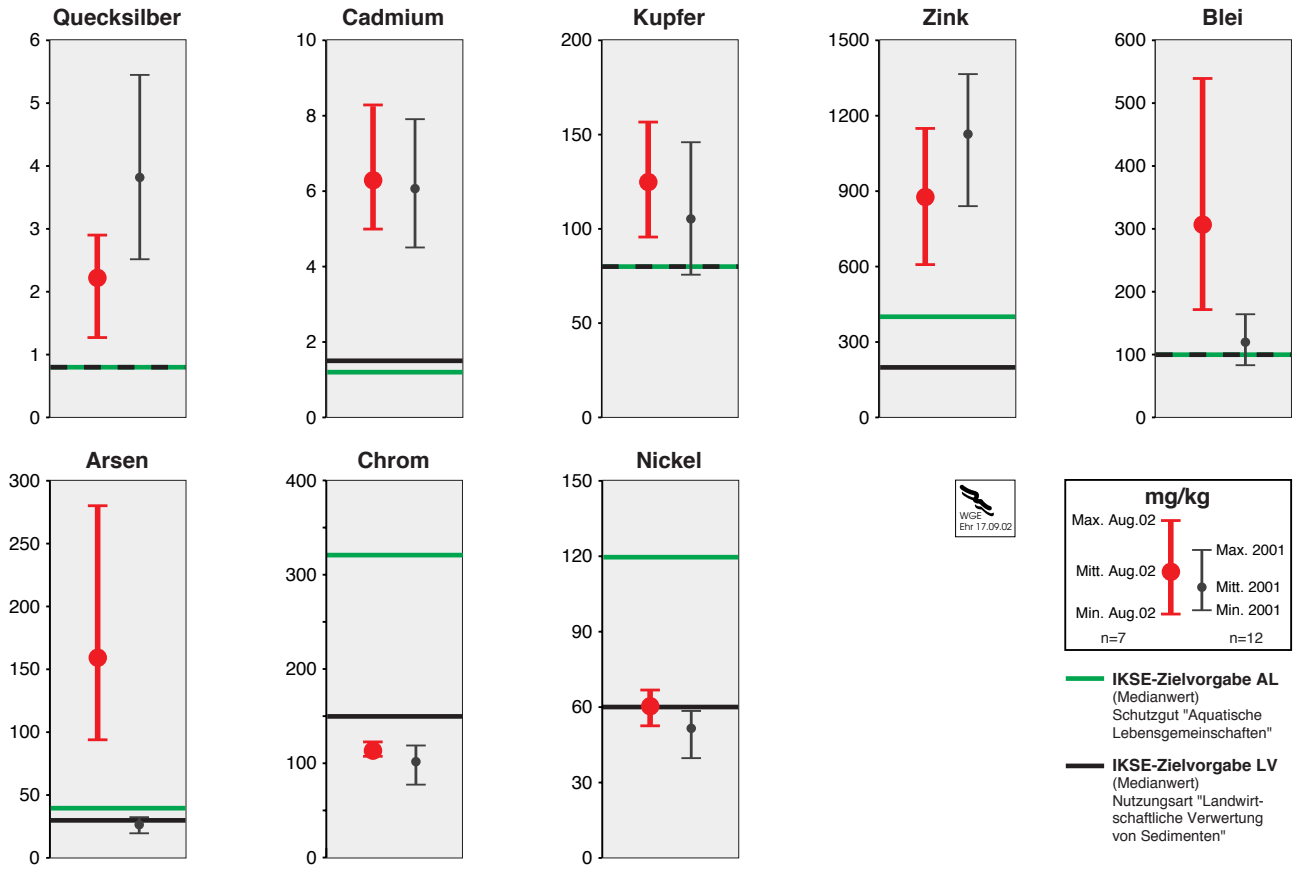


Abb. 24 Spanweiten der Gehalte in Feststoffen bei Magdeburg - Hochwasser August 2002 und Jahr 2001

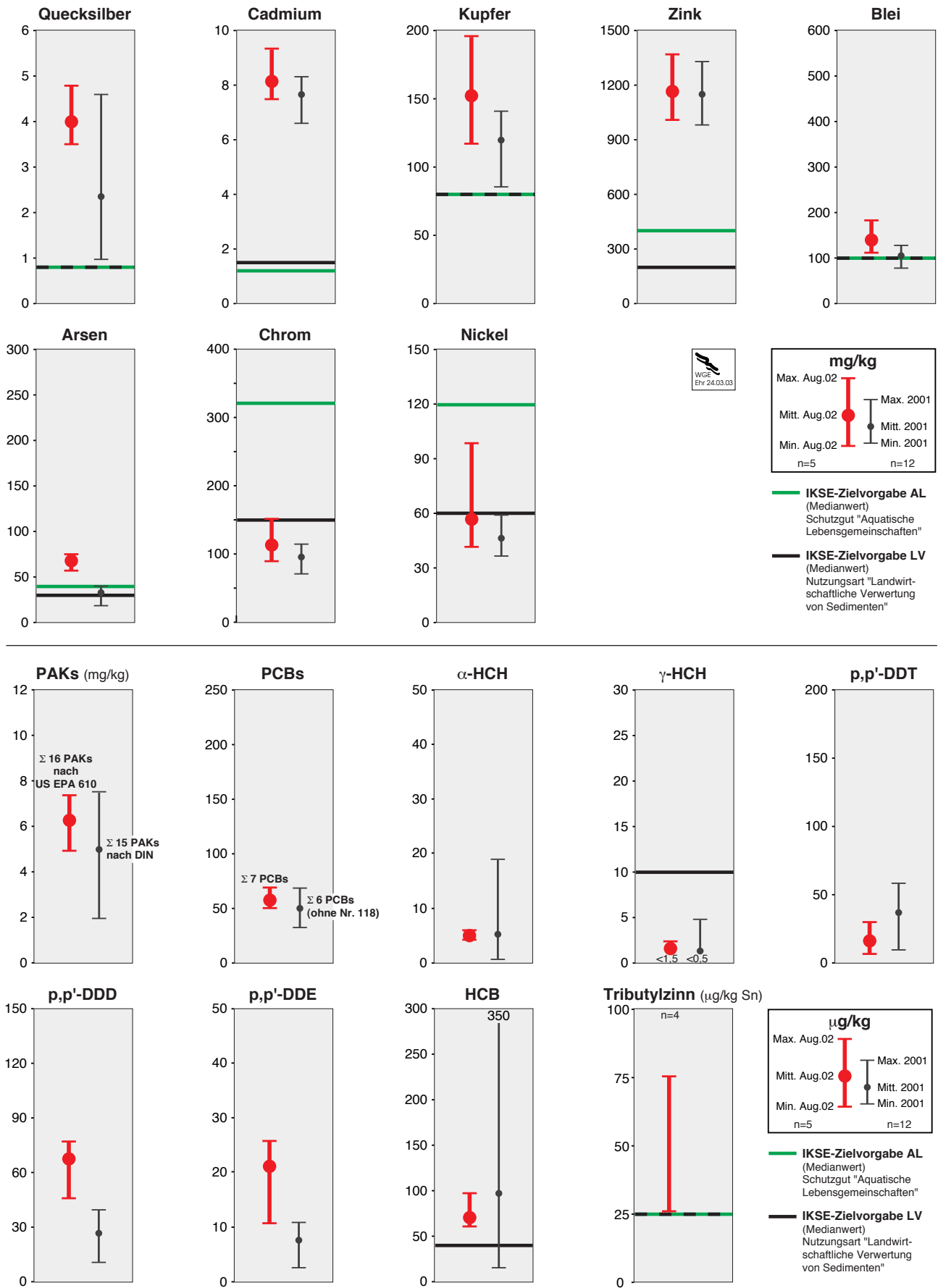


Abb. 25 Spannweiten der Gehalte in Feststoffen bei Bunthaus - Hochwasser August 2002 und Jahr 2001

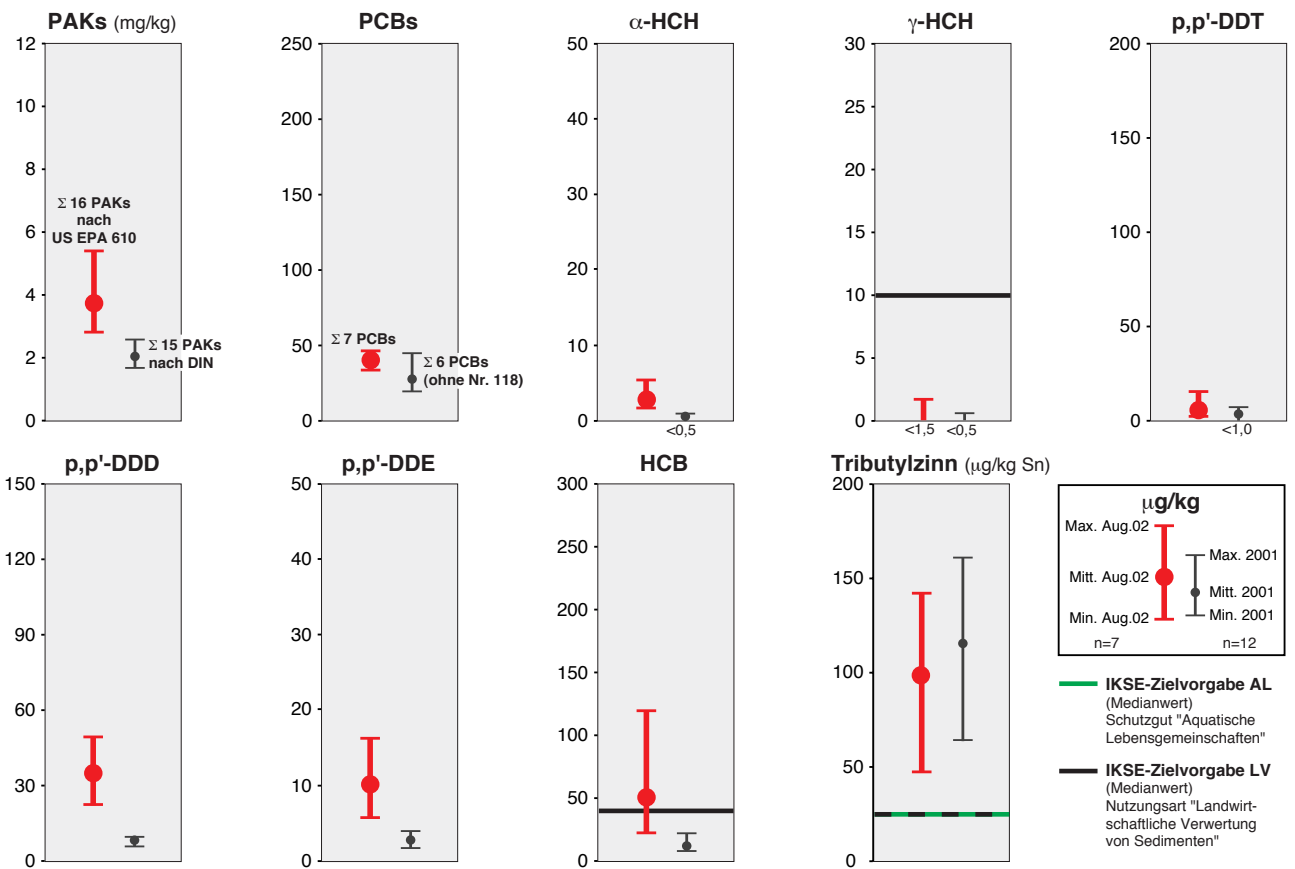
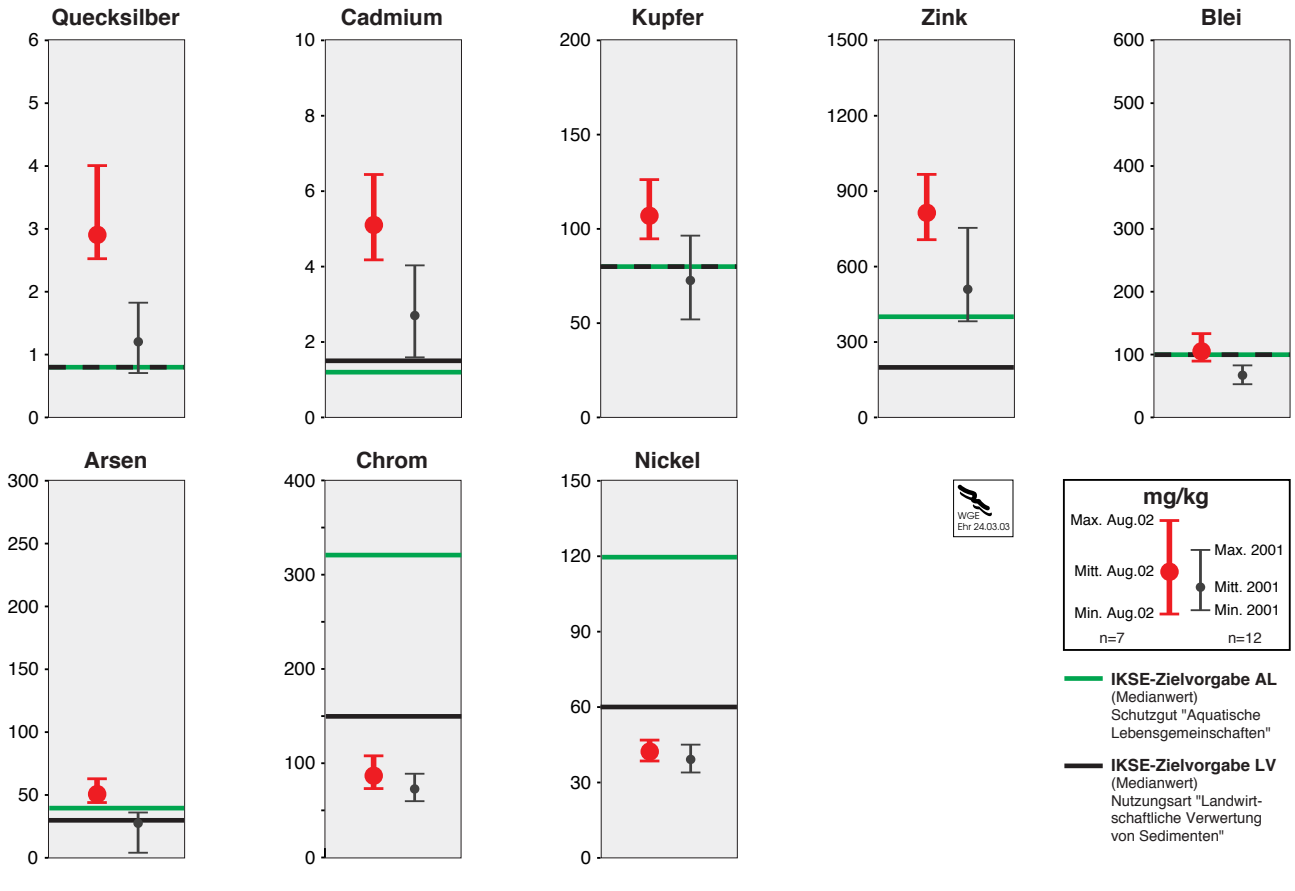


Abb. 26 Spannweiten der Gehalte in Feststoffen bei Seemannshöft - Hochwasser August 2002 und Jahr 2001

sind dort für eine grobe Einordnung dieser statistischen Größen die IKSE-Zielvorgaben (Median-Werte) eingeblendet

Ähnliche Untersuchungen wie bei Magdeburg erfolgten durch die Behörde für Umwelt und Gesundheit der Freien und Hansestadt Hamburg auch an den beiden Hamburger Messstationen Bunthaus (Strom-km 609,8) und Seemannshöft (Strom-km 628,8; Abb. 25 und 26). Die Ergebnisdiskussion kann daher in vergleichbarer Weise geführt werden.

Für die festgestellten Metallgehalte bei der Messstation Bunthaus kann ausgesagt werden, dass - bis auf Blei und Arsen - die aktuellen Hochwasserwerte in einer ähnlichen Größenordnung lagen, wie die Befunde des Vergleichszeitraumes 2001. Blei und Arsen lagen eindeutig über den Vergleichswerten aus dem Jahr 2001. Bis auf das Element Chrom erreichten oder überstiegen alle Metallgehalte, die während des August-Hochwassers ermittelt wurden, die entsprechenden IKSE-Zielvorgaben AL und LV.

Die Spannweiten der berücksichtigten organischen Verbindungen in Feststoffen bei Bunthaus entsprachen in etwa denen der Vergleichsergebnisse aus dem Jahr 2001. Ausnahmen bil-

deten die beiden Metabolite des DDTs, nämlich p,p'-DDD und p,p'-DDE, die deutlich über den Werten des Jahres 2001 lagen.

Für die aktuellen Metallgehalte bei Seemannshöft ergibt sich ein etwas anderes Bild als bei Bunthaus: Bedingt durch die sich bei normalen hydrologischen Verhältnissen im Hamburger Hafengebiet absetzenden Schwebstoffe ist die Beladung bei Seemannshöft grundsätzlich geringer als bei Bunthaus. Durch den Einfluss der besonderen Hochwassersituation erfolgte allerdings ein rascher Schwebstofftransport durch den Hamburger Hafen ohne nennenswerte Sedimentation. Daher liegen die Metallgehalte der Hochwasserwelle unterhalb des Hamburger Stromspaltungsgebietes deutlich höher als die Befunde des Vergleichszeitraumes 2001. Nur Chrom und Nickel zeigten vergleichbare Werte.

Aus denselben Gründen lagen auch die Spannweiten der organischen Verbindungen PAKs, α -HCH, p,p'-DDD, p,p'-DDE und HCB bei Seemannshöft eindeutig höher als im Vergleichszeitraum 2001. Die übrigen organischen Verbindungen wichen nur unwesentlich von den Werten ab, die aus dem Jahr 2001 bekannt sind.

13.2 Polychlorierte Dibenzodioxine, polychlorierte Dibenzofurane (PCDD/F) und dioxinähnliche PCB

Vorbemerkung

Im Focus des öffentlichen Interesses während des Elbehochwassers stand die mögliche Freisetzung von PCDD/F und dioxinähnlichen PCB aus dem Fabrikgelände der Spolana und aus Altlasten aus dem Raum Bitterfeld. Es war zu befürchten, dass PCDD/F direkt (Spolana) oder indirekt über die Mulde (Bitterfeld) in die Elbe emittiert werden könnten. Durch die Analyse von Schwebstoffen, entnommen an unterschiedlichen Messstellen und zu unterschiedlichen Zeiten, sollte mit den TEQ-Werten eine Einschätzung über die momentane Belastungssituation der Elbe und Mulde mit diesen gefährlichen Stoffen ermöglicht werden.

Im Folgenden werden die von den ARGE-ELBE-Partnern zur Verfügung gestellten und eigene Analysenergebnisse dargestellt und bewertet. Berücksichtigt werden außerdem Daten von Hochwassersedimenten („Schlämmen“), die sich auf überfluteten Flächen abgelagert hatten. Mit Ausnahme der Daten für diese Feststoffe sind sämtliche Ergebnisse in Tab. 13 entweder als I-TEQ- oder WHO-TEQ-Werte zusammengefasst, wobei im Einzelfall in der Summe der WHO-TEQ auch die dioxinähnlichen PCB enthalten sein können (s. Legende Tab. 13). Bei den dioxinähnlichen PCB handelt es sich um mono-ortho und non-ortho chlorierte Biphenyle (WHO-PCB).

Tab. 13 Analysenergebnisse zur Bestimmung von PCDD/F und dioxinähnlichen PCB in Schwebstoffen

	I-TEQ (ng/kg TM)	Vergleichswerte I-TEQ (ng/kg TM)
16.08.2002, Schöpfproben Hubschrauber		
Spolana	11*	8 880 (Sed., außerh. Flutdamm 19.08.02)
Obristvi	6,8*	68* und 6,3* (Sed., Neratovice 13.05.02)
Schmilka	20*	30 (August 1998)
Muldenmung	25*	
Wittenberg/Lutherstadt, Schöpfproben		
16.08.02	8,7	
17.08.02	5,7	
18.08.02	15	
19.08.02	9,8	
20.08.02	16	
21.08.02	4,4	
Mulde/Dessau, Schöpfproben und schwebstoffbürtige Sedimente (+)		
16.08.02	30	137 (August 1998)
17.08.02	105	339 (April 1994)
18.08.02	62	
19.08.02	59	
20.08.02	125	
22.08.02	54	
23.-26.08.02 +	151	
26.-28.08.02 +	60	
Magdeburg, Durchlaufzentrifuge		
16.08.02	52	51 (August 1998)
17.08.02	70	80 (BfG 2000, normaler Abfluss)
18.08.02	77	
19.08.02	85	
20.08.02	84	
29.08.02	41	
Magdeburg, Schöpfproben		
21.08.02	86	
24.08.02	51	
26.08.02	37	
28.08.02	41	
Bunthaus/Zollenspieker, Durchlaufzentrifuge		
22.08.02	84	66 [#] und 73 [#] (1998)
24.08.02	109	31 [#] und 33 [#] (1999)
28.08.02	119	107 (April 1994)
05.09.02	76	
11.09.02	55	
Seemannshöft, Durchlaufzentrifuge		
22.08.02	63	12 [#] und 22 [#] (1998)
24.08.02	85	16 [#] und 18 [#] (1999)
26.08.02	76	
28.08.02	52	
30.08.02	49	
04.09.02	52	

* WHO-TEQ incl. 12 dioxinähnliche PCB; # WHO-TEQ

Die PCDD/F-Ergebnisse, ausgedrückt als I-TEQ, unterscheiden sich in den meisten Fällen nur geringfügig von den WHO-TEQ-Werten. Diese Information ist in Betracht zu ziehen, wenn es um die Interpretation von entsprechenden Analysenergebnissen geht.

Messstellen Spolana, Obristvi, Schmilka und Muldemündung (Hubschrauberbefliegung)

Um erste Ergebnisse über eine mögliche Belastung mit PCDD/F und dioxinähnlichen PCB von der Elbe und der Muldemündung zu erhalten, wurden am 16.08.02 vier Proben á 30 L mit einem Hubschrauber während einer Befliegung durch die GKSS entnommen. Die erste Wasserprobe wurde in Höhe des tschechischen Betriebs Spolana entnommen, die zweite stammt von der flussabwärts gelegenen Messstelle Obristvi (ca. 4 km unterhalb Spolana bzw. 110 km oberhalb der deutsch-tschechischen Grenze) und die dritte Probe von der deutsch-tschechischen Grenze bei Schmilka. Die vierte Probe wurde in der Muldemündung entnommen. Nach Filtration des gesamten Volumens wurden die PCDD/F und dioxinähnlichen PCB im Schwebstoff bestimmt.

Die WHO-TEQ-Werte der beiden tschechischen Probenahmestellen Spolana und Obristvi sind als niedrig einzustufen (11 ng/kg TM bzw. 6,8 ng/kg TM). Im Vergleich zu dem Wert von der Probenahmestelle Schmilka liegen sie etwa um den Faktor zwei (Spolana) bzw. drei (Obristvi) niedriger. Zuflüsse aus überschwemmten Nebenflusseinzugsgebieten und die Remobilisierung der Schadstoffe aus den Sedimenten könnten die Ursache für die Konzentrationszunahme bei Schmilka sein. Der WHO-TEQ-Wert von der Muldemündung ist in seiner Höhe (25 ng/kg TM) vergleichbar mit dem von der Probenahmestelle Schmilka (20 ng/kg TM, Tab. 13).

Die detaillierte Auswertung dieser Ergebnisse ermöglicht weitergehende Schlussfolgerungen. So liegt der Anteil der dioxinähnlichen PCB an den WHO-TEQ-Werten in beiden tschechischen Proben oberhalb von 50%, während der PCB-Anteil in den Proben von Schmilka und der Muldemündung etwa 20% bzw. 26% beträgt.

Aus dieser Abschätzung lässt sich ableiten, dass die Schadstoffe zumindest bis Obristvi wahrscheinlich selben Ursprungs sind.

Ergebnisse von zwei Sedimentmischproben, die am 13.05.02 unterhalb von Spolana (Neratovice, (117,3 km bzw. 118 km oberh. der Grenze) entnommen wurden, stützen diese Annahme. In diesen Proben sind WHO-TEQ-Werte von 68 ng/kg TM bzw. 6,3 ng/kg TM festgestellt worden (Tab. 13), auch sie weisen einen sehr hohen Gehalt dioxinähnlicher PCB auf.

Im Auftrag des tschechischen Umweltministeriums wurden am 19.08.02 auf dem Gelände der Spolana von verschiedenen Stellen Proben (überwiegend Wasserproben) entnommen und analysiert. In einer Sedimentprobe, die von außerhalb eines Flutdamms stammt, wurden 8 880 ng/kg TM I-TEQ festgestellt (Tab. 13). Dieser sehr hohe Wert, die Befunde der beiden Sedimentproben von Neratovice und der hohe Anteil der dioxinähnlichen PCB erlauben die Schlussfolgerung, dass die chemische Fabrik Spolana ein bedeutender Emittent für diese Schadstoffe in die Elbe ist. Wahrscheinlich lassen sich zusätzliche Erkenntnisse aus dem Stoffverteilungsmuster (pattern) gewinnen.

Messstelle Wittenberg

An der vor der Muldemündung gelegenen Messstelle Wittenberg wurde in dem Zeitraum vom 16.08. bis 21.08.02 vom Landesuntersuchungsamt für Gesundheits-, Umwelt- und Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt sechs Proben entnommen. Analysiert wurden jeweils Schöpfproben. An der Elbe-Messstelle Wittenberg liegen die I-TEQ-Werte zwischen 4,4 ng/kg TM und 16 ng/kg TM, die beiden höchsten Werte von 15 ng/kg TM und 16 ng/kg TM wurden in den Proben vom 18. bzw. 20.08.02 analysiert (Tab. 13). Ein Zusammenhang mit dem erhöhten Pegelstand am Pegel Wittenberg ist zu vermuten.

Messstelle Mulde (Dessau)

Die Probenahme lag in dem Zeitraum vom 16. bis zum 28.08.02, entnommen wurden sechs Schöpfproben und zwei Mischproben schweb-

stoffbürtiger Sedimente aus dem Sedimentationsbecken. Die I-TEQ-Werte sind in Tab. 13 dargestellt, sie sind höher als die der Elbe-Messstelle Wittenberg. Erhöhte I-TEQ-Werte von >100 ng/kg TM enthalten die Proben vom 17., 20. und die Mischprobe vom 23.-26. August 2002. Eine gute Übereinstimmung weisen die Ergebnisse der Schöpfproben vom 16.08. auf. Die mit dem Hubschrauber entnommene Probe hat einen WHO-TEQ-Wert von 25 ng/kg TM, in der am selben Tag von der Behörde entnommenen Schöpfprobe beträgt der I-TEQ-Wert 30 ng/kg TM (Tab. 13). Die weiteren I-TEQ-Werte <100 ng/kg TM sind um etwa den Faktor zwei höher als die am 16.08.02 entnommenen Proben. Der Vergleich mit Werten von der Messstelle Wittenberg und von dieser Messstelle zeigt, dass die Mulde eine erhebliche Eintragsquelle für PCDD/F in die Elbe darstellt. Kontaminationsherd dürfte das Altlasteninventar im Raum Bitterfeld sein. Im August 1998 analysierte die Umweltbehörde Hamburg einen deutlich höheren I-TEQ-Wert von 137 ng/kg TM in einer Probe aus der Muldemündung (schwebstoffbürtige Sedimente).

Messstelle Magdeburg

An der Messstelle Magdeburg wurden bei km 325,5 (Eisenbahnbrücke) von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz sechs Proben in dem Zeitraum vom 16. bis 29.08.02 mit der Durchlaufzentrifuge entnommen. Die I-TEQ-Werte weisen eine Spannweite von 41 ng/kg TM bis 85 ng/kg TM auf, der Einfluss der Mulde auf die Schadstoffgehalte an der Messstelle Magdeburg ist erkennbar (Tab. 13). Die hohen I-TEQ-Werte von 77 ng/kg TM, 85 ng/kg TM und 84 ng/kg TM wurden in Proben vom 18., 19. und 20.08.02 bestimmt, in einem Zeitraum, als der Pegel bei Magdeburg die höchsten Wasserstände anzeigte.

Die Gehalte von vier Schöpfproben, die in dem Zeitraum vom 21. bis 28.08.02 entnommen wurden, unterscheiden sich nicht wesentlich von den Werten der BfG (Tab. 13).

Zum Vergleich: Im Jahr 2000 wurde bei normalem Oberwasserabfluss ein mittlerer I-TEQ-Wert von 80 ng/kg TM von der BfG bestimmt.

Im August 1998 bestimmte die Umweltbehörde Hamburg in schwebstoffbürtigen Sedimenten einen I-TEQ-Wert von 51 ng/kg TM.

Messstellen Bunthaus/Zollenspieker und Seemannshöft

Die Schwebstoffproben wurden jeweils in den Messstationen mit einer Durchlaufzentrifuge während des Zeitraums vom 22.08. bis 11.09.02 (Bunthaus/Zollenspieker, fünf Proben) bzw. vom 22.08. bis 04.09.02 (Seemannshöft, sechs Proben) entnommen. In Tab. 13 sind die I-TEQ-Werte dargestellt. Aus Tab. 13 ist ersichtlich, dass die Maximalwerte von der Messstelle Bunthaus/Zollenspieker höher sind als die von der elbeaufwärts gelegenen Messstelle Magdeburg. Die I-TEQ-Werte >100 ng/kg TM wurden an der Messstelle Bunthaus/Zollenspieker am 24.08. und 28.08.02 erhalten, als der Wasserstand am Pegel Neu Darchau die höchsten Werte zeigte. Die I-TEQ-Werte der Proben von Seemannshöft sind etwa vergleichbar mit denen von der Messstelle Magdeburg, die Spannweite liegt im Bereich von 49 ng/kg TM bis 85 ng/kg TM.

Im Jahr 1998 analysierte die Umweltbehörde Hamburg WHO-TEQ-Werte von 66 ng/kg TM bzw. 73 ng/kg TM und 31 ng/kg TM bzw. 33 ng/kg TM in Schwebstoffproben von der Messstelle Bunthaus/Zollenspieker (hier 1999). In Proben von der Messstelle Seemannshöft lagen die entsprechenden Werte bei 12 ng/kg TM und 22 ng/kg TM (1998) bzw. bei 16 ng/kg TM und 18 ng/kg TM (1999). Beide Messstellen wiesen in beiden Vergleichsjahren somit deutlich niedrigere Werte auf. Die während des Hochwassers aufgetretenen hohen I-TEQ-Werte sind wahrscheinlich zu einem großen Teil auf die Remobilisierung von PCDD/F aus den abgelagerten Sedimenten zurückzuführen.

Landseitig entnommene Hochwassersedimente ("Schlämme")

Während des Hochwassers sedimentierte ein Teil der Elbe-Schwebstoffe auf überschwemmten Flächen, darunter auch in Wohngebieten. Es war zu befürchten, dass diese "Schlämme" erhöhte PCDD/F-Gehalte aufweisen und mög-

licherweise eine Gefahr für die Bevölkerung darstellen, wenn Personen in direktem Kontakt mit ihnen gelangen. Untersuchungen zu dieser Thematik waren daher von öffentlichem Interesse.

Oberes Elbtal

Hochwassersedimente wurden zwischen dem 19.08. und 23.08.2002 in den Orten Bad Schandau, Rathmannsdorf, Rathen, Pirna und Dresden Wostra Proben entnommen und auf den Gehalt an PCDD/F analysiert. Die I-TEQ-Werte lagen im Bereich von 5,6 ng/kg TM (Bad Schandau) und 14 ng/kg TM (Rathmannsdorf). Unter Berücksichtigung des I-TEQ-Wertes von 100 ng/kg TM der BBodSchV (Kinderspielflächen) dürften diese Werte als niedrig einzustufen sein.

Hitzacker (Altstadt) und Laasche (Campingplatz)

An den beiden niedersächsischen Orten Hitzacker und Laasche wurden ebenfalls Hochwassersedimente beprobt und analysiert. Obwohl die I-TEQ-Werte beider Proben sich um ungefähr zwei Größenordnungen voneinander unterscheiden, sind sie als niedrig einzustufen. Der I-TEQ-Wert der Probe aus Laasche (Campingplatz) betrug 0,94 ng/kg TM, während die Probe aus Hitzacker (Altstadt) 45 ng/kg TM aufwies.

Richtwert- und Orientierungswerte für aquatische Sedimente

Richt- und Orientierungswerte zur Abschätzung einer möglichen Gefährdung von Tieren durch die Aufnahme von Nahrung aus aquatischen Sedimenten sind in der Literatur aus dem europäischen Raum kaum zu finden. Nachfolgend werden I-TEQ- bzw. WHO-TEQ-Werte genannt, mit denen eine Einschätzung der Analyseergebnisse vorgenommen werden kann.

In der Fachliteratur wird ein I-TEQ-Wert von 20 ng/kg TM („save sediment value“) genannt (Evers, 1996).

Des Weiteren wird in Handlungsempfehlungen für die Bewertung von Sedimenten (Bewertungskomplex Exposition) ein Maßnahmewert von 100 ng/kg TM angeführt (Calmano, 2001).

Diskussion

Die Analyse von Schwebstoff- und Sedimentproben zeigt, dass durch das Hochwasserereignis PCDD/F in die Elbe eingetragen und/oder von bereits abgelagerten Sedimenten remobilisiert wurden. Auf der Basis des „save sediment values“ von I-TEQ=20 ng/kg TM ist der größte Teil der Schwebstoffe als belastet einzustufen. In Proben aus der Muldemündung bei Dessau und vom Stromspaltungsgebiet bei Bunthaus/Zollenspieker lagen die I-TEQ-Werte z. T. noch deutlich oberhalb des Maßnahmewertes von 100 ng/kg TM. Als bedeutende Eintragsquelle kommt der kontaminierte Boden der Altlast im Raum Bitterfeld in Betracht. Im Jahr 1994 wurde bei einem normalen Oberwasserabfluss ein noch deutlich höherer I-TEQ-Wert von 339 ng/kg TM in schwebstoffbürtigen Sedimenten aus der Muldemündung analysiert, für Bunthaus konnte in diesem Untersuchungs-jahr ein hoher Gehalt von 107 ng/kg TM festgestellt werden. Die Auswertung von Pegelständen lässt bei einigen Messstellen einen Zusammenhang zwischen der Höhe des I-TEQ-Wertes im Schwebstoff und dem Pegelstand - also dem Oberwasserabfluss - vermuten.

Die Anwendung der hierarchischen Clusteranalyse mit den PCDD/F-Verteilungsmustern ermöglicht prinzipiell eine Einschätzung zur Probenherkunft. Das Amt für Umweltuntersuchungen der Umweltbehörde Hamburg hatte in der Vergangenheit mit früher erhobenen Daten eine statistische Analyse durchgeführt, dabei konnte eine Zuordnung von Stoffmustern zu bestimmten Probenkollektiven festgestellt werden (Hamburger Umweltberichte 57/99). Die vom Amt für Umweltuntersuchungen erneut durchgeführte hierarchische Clusteranalyse mit PCDD/F-Ergebnissen ausgewählter Schwebstoffproben der beiden Messstellen Bunthaus/Zollenspieker und Seemannshöft zeigte, dass auch diese während des Hochwassers entnommenen Proben in das sog. „Bitter-

feld-Elbe-Cluster“ fallen. Eine umfassende statistische Analyse auf der Basis sämtlicher PCDD/F-Ergebnisse inkl. vorhandener Ergebnisse dioxinähnlicher PCB wäre sinnvoll. Möglicherweise lässt sich mit einer größeren Datenbasis diese o. g. Aussage verifizieren, auch ist die Zuordnung von bestimmten Stoffverteilungsmustern zu den Proben aus dem tschechischen Elbeabschnitt nicht unwahrscheinlich.

Ein Teil der mit PCDD/F beladenen Schwebstoffe gelangt in die Nordsee und könnte mittel- bis langfristig zu einer Beeinträchtigung von in diesem Ökosystem lebenden Organismen führen. Auch ist von einer Anreicherung dieser Stoffe in Fischen auszugehen. Um diesbezügliche Aussagen treffen zu können, ist die Analyse von biologischem Material uner-

15 Sedimente im Hamburger Hafen

Im Hamburger Elbabschnitt und im Hamburger Hafenbereich werden jährlich nach Durchgang des Winterhochwassers an 14 festgelegten Probenahmepunkten (Maaß V. et al. 1997) oberflächennahe Sedimentproben entnommen und auf das Vorkommen anorganischer und organischer Messgrößen analysiert. Im Jahr 2002 fand diese Probenahme am 16.07. statt; ungefähr sechs Wochen später erreichte die Hochwasserwelle Hamburg.

Die Hafenbecken stellen eine sog. Senke für Schadstoffe dar, die von oberstrom eingetragen und im Fluss transportiert werden. Um einen möglichen Einfluss durch das Hochwasser erkennen zu können, wurden am 09.09.2002 an 6 Probenahmepunkten Sedimentproben entnommen. In Tab. 14 ist für die einzelnen Messgrößen jeweils die Auslenkung zwischen den Analysenergebnissen vor und nach der Hochwassersituation als Faktor dargestellt.

Tab. 1 zeigt, dass lokal für die meisten Metalle eine relativ geringe Auslenkung erhalten wurde. Auf die einzelnen Probenahmepunkte bezogen betrug die Spannweite der Faktoren für As=0,7-1,8; Pb=0,8-1,4; Cd=0,8-1,9; Cr=0,9-1,4; Cu=0,7-2,5; Hg=0,8-1,4 und Zn=0,8-1,6. Für die Schwermetalle wurden im Vergleich zur Situa-

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

tion vor und nach dem Hochwasser und für unterschiedliche Hafenbecken Konzentrationserhöhungen festgestellt.

Tab. 14 Abweichung der Sedimentwerte September 2002 von Juli 2002 (Auslenkungsfaktoren)

	Außeneste	Köhlfleet	Reiher- stieg N	Reiher- stieg V	Rethe	Bullen- hausen
Arsen <20 µm	0,85	0,97	1,08	0,97	1,11	0,88
Blei <20 µm	0,81	0,99	1,00	1,01	0,98	0,83
Cadmium <20 µm	1,08	1,40	1,58	0,93	1,00	0,89
Chrom <20 µm	0,73	0,96	0,87	0,94	0,92	0,78
Kupfer <20 µm	1,04	1,28	1,18	1,00	1,09	0,93
Nickel <20 µm	0,80	0,93	0,93	0,88	0,89	0,83
Quecksilber<20 µm	0,68	0,80	1,50	0,87	1,00	0,84
Zink <20 µm	1,02	1,26	1,37	1,15	1,16	1,00
PAK Σ 16 US-EPA	0,78	0,66	0,52	0,85	0,78	0,83
PCB Σ 6 TrinwVO	1,67	1,07	0,91	1,35	1,25	1,70
α-HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
γ-HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
p,p'-DDT	1,00	1,00	3,00	2,27	2,33	1,71
p,p'-DDD	1,00	0,67	0,67	0,85	1,00	2,00
p,p'-DDE	1,00	0,17	0,50	0,33	1,11	1,50
Hexachlorbenzol	1,33	1,00	0,57	0,89	1,24	1,00
TBT	0,97	0,60	0,16	0,73	0,74	1,13

15 Forschungsaktivitäten

Wie bereits erwähnt, wurden während des Hochwasserereignisses im August 2002 zahlreiche, zumeist nicht zeitgerecht koordinierte Messaktivitäten zur Schadstoffbelastung durch die verschiedenen Disziplinen initiiert (Ackermann 2002 und BSH 2002). Da durch die Flut und ihre Ablagerung vor allem auch Wohnsiedlungen und landwirtschaftliche Nutzflächen betroffen waren, beschloss das Bundesministerium für Bildung und Forschung eine Ad-hoc-Forschungsgruppe zu etablieren und die Koordination der Forschungsaktivitäten dem Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Gewässerforschung in Magdeburg, zu übertragen. Gemeinsam mit der Universität Hamburg wurde mit Partnern aus universitären und außeruniversitären Einrichtungen, die bereits Erfahrungen im Einzugsgebiet gesammelt haben, ein Forschungsprogramm aufgestellt. Die Forschungsaktivitäten konzentrieren sich auf die Belastung des Wassers, der Schwebstoffe,

der Sedimente und der in Überschwemmungsflächen abgelagerten Hochflutsedimente bzw. Schlämme mit Schwermetallen, Metalloiden, Radionukliden, organischen Schadstoffen und hygienisch bzw. toxikologisch relevanten Größen. Die Veränderungen durch Vegetation, Bodenbearbeitung, Umlagerung und hydrologisch-meteorologische Einflüsse sollen ausgewiesen werden. Für die operativen Kontakte mit den Ländern und als direkter Ansprechpartner wurde die Wassergütestelle Elbe mit Zustimmung der ARGE ELBE benannt.

Die Forschungsnehmer werden in der Lage sein bis Ende 2003 Aussagen zur Veränderung belasteter Kompartimente zu treffen und damit das Gefährdungspotential in Einklang mit den zuständigen Stellen zu beurteilen. Das Verbundvorhaben umfasst neun Teilprojekte mit insgesamt 28 Arbeitspaketen.

16 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Auswirkungen des extremen Hochwassers August 2002 auf die Gütesituation der Elbe. Jedes Anrainerland hat wegen der Eilbedürftigkeit und wegen des hohen Informationsbedürfnisses individuell auf das katastrophale Ereignis reagieren müssen, z. B. bei der Aufstellung von Sonderuntersuchungsprogrammen und ihrer Durchführung sowie bei der Landesberichtserstattung. Da eine Koordinierung der Untersuchungen nicht mehr rechtzeitig in der ARGE ELBE abgestimmt werden konnte, waren die von den Anrainerländern durchgeführten Sondermessprogramme inhomogen bezüglich der Messgrößen, der Matrizes, der Untersuchungsverfahren und der Zeitpunkte der Messungen/Probenahmen.

In diesem Bericht wird versucht, im Nachhinein eine geordnete Zusammenschau der wichtigsten Untersuchungsbefunde herbeizuführen. Aufgrund der o. g. Umstände ergab sich eine zweigeteilte Vorgehensweise bei der Dokumentation: Zum einen werden wichtige Einzelaktivitäten der Länder zur Erfassung der Gütesituation beschrieben und die Ergebnisse dargestellt. Zum anderen wird – soweit es die Datenlage hergab – die Entwicklung von verschiedenen Messgrößen im Längsverlauf der Elbe betrachtet. Die Einordnung der Untersuchungsbefunde erfolgt u. a. durch einen Vergleich mit Ergebnissen aus dem Jahr 2001 sowie mit den IKSE/ARGE-ELBE-Zielvorgaben für die Schutzgüter "Aquatische Lebensgemeinschaften" und "Landwirtschaftliche Verwertung von Sedimenten". Weitere Möglichkeiten der Bewertung durch einschlägige nationale und internationale Literatur wurden genutzt, soweit dies sinnvoll erschien.

Insgesamt betrachtet kann festgestellt werden, dass trotz erhöhter Last- und Schadstoffeinträge in den Elbeschlauch in der Regel das Belastungsniveau aus den 1970er und 1980er Jahren nicht erreicht wurde. Die große Verdünnungswirkung der enormen Wassermengen hat dazu beigetragen, dass die festgestellten Konzentrationswerte meist im Spannweitenbereich der zurückliegenden Jahre blie-

ben. Eine Ausnahme bilden Mineralölprodukte, die durch Havarien, Überflutungen von Tankstellen und durch das Auslaufen einer Vielzahl von häuslichen Heizöltanks nachweislich und offensichtlich die Elbe belasteten. Eine entsprechende Vorbelastung aus dem tschechischen Elbeabschnitt wurde ebenfalls dokumentiert.

Zu einem großen Teil haben sich die von der Elbe mitgeführten Schwebstoffe in den Überflutungsbereichen des Stromes abgelagert. Betroffen waren dabei auch landwirtschaftlich genutzte Flächen, die z. B. nach Deichbrüchen überschwemmt waren. Da viele Schadstoffe an Schwebstoff gebunden vorliegen, ergibt sich hieraus eine besondere Problematik. Diese starken Sedimentationsprozesse, insbesondere im Mittellauf der Elbe, haben dazu beigetragen, dass der Schwebstoffeintrag in die Tideelbe relativ gering blieb. Üblicherweise im Hamburger Hafenbereich stattfindende Sedimentationen waren wegen der extrem kurzen Verweilzeiten der Wasserkörper kaum zu verzeichnen. Abschätzungen für den Eintrag in die Nordsee ergaben, dass durch die Hochwasserwelle die überwiegend gelösten Stoffe in einer Größenordnung von rd. 20 bis 30 % (Ausnahme: Arsen 70 %) einer normalen Jahresfracht seewärts transportiert wurden. Austräge bestimmter Pestizide aus dem Moldau- und Muldesystem ließen sich ebenfalls bis in die Nordsee hinaus verfolgen.

Auffällig waren umfangreiche Fischsterben in Elbenebenflüssen und deren Überflutungsbereichen. Durch den mehrwöchig anhaltenden Rückstau des Wassers und den damit verbundenen Überstau der Vegetation kam es dort zu massiven Fäulnisprozessen, die bereichsweise zu einem totalen Sauerstoffverbrauch führten.

17 Literatur

- Ackermann F., E. Claus, P. Heining, J. Pelzer, B. Schubert, August-Hochwasser 2002: Muldeschadstoffe non stop Richtung Nordsee ??, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz/Berlin, 2002, Poster, gezeigt auf dem 10. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2002
- Agüera A., L. Piedra, M.D. Hernando, A.R.Fernandez-Alba: Multi-residue method for the analysis of five antifouling agents in marine and coastal waters by gas chromatography-mass spectrometry with large-volume injection. *J. Chromatogr. A* 889 (2000), 261-269
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Umweltauswirkungen des Elbehochwassers vom August 2002 auf die Deutsche Bucht, Zwischenbericht Oktober 2002
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Das Auguthochwasser 2002 im Elbegebiet, Koblenz, September 2002
- Calmano, W., Hrsg., Untersuchung und Bewertung von Sedimenten, Springer Verlag 2001
- Evers, E.H.G. et al.: Levels, temporal trends and risk of dioxins and related compounds in Dutch aquatic environment. *Organohalogen compounds* Vol. 18 (1996), pp 117-122
- Hamburger Umweltberichte 57/99
- Helms M., B. Büchele, J. Ihringer, Das Elbe-Hochwasser im August 2002 - Ein Überblick hydrologischer Prozesse und erste Erkenntnisse, IWK der Uni Karlsruhe (TH), 2002, Poster, gezeigt auf dem 10. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2002
- Junge F. W., K. Jendryschik, B. Scharf, A. Arnold, Visueller Vergleich von Sedimentkernen aus dem Bitterfelder Muldestausee (Sachsen-Anhalt) vor und nach dem Katastrophen-Hochwasser der Mulde vom August 2002, Arbeitsstelle Schadstoffdynamik in Einzugsgebieten, Leipzig und Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Gewässerforschung Magdeburg, 2002, Poster, gezeigt auf dem 10. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2002
- Maaß V., Schmidt C., Lüschoff R., Leitz T.: Sedimentuntersuchungen im Hamburger Hafen 1994/95. Hamburger Wirtschaftsbehörde - Strom- und Hafenbau (1997)
- Ohlenbusch G., J. Jahnel, D. Schudoma, F.H. Frimmel: Ableitung von Qualitätsnormen für prioritäre Stoffe der EU-Wasserrahmenrichtlinie. *Vom Wasser*, 98, 55-64 (2002)
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Vorläufiger Kurzbericht über die meteorologisch-hydrologische Situation beim Hochwasser im August 2002, Version 5, 02.12.02

Anhang

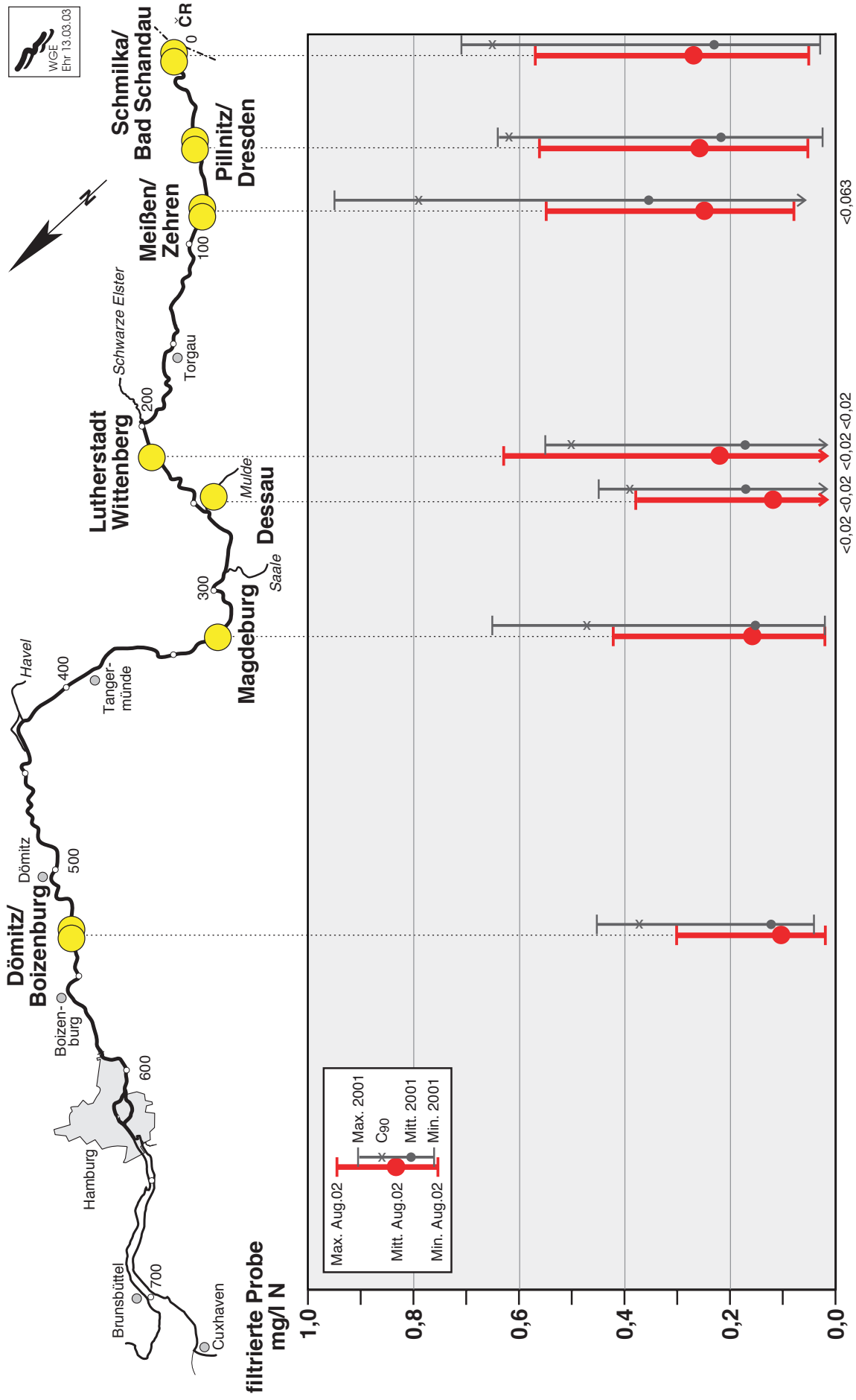


Abb. A1 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Ammonium -

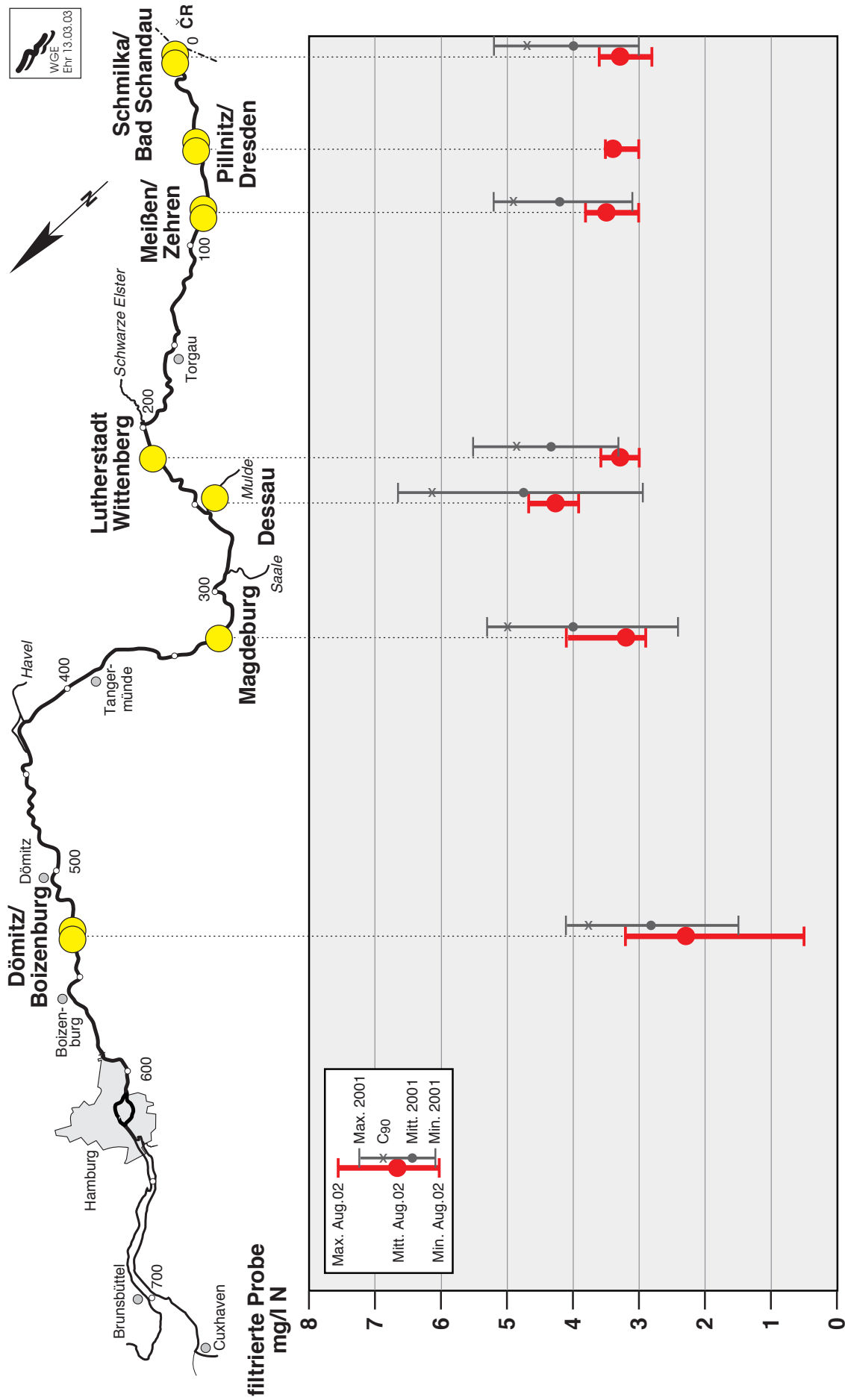


Abb. A2 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Nitrat -

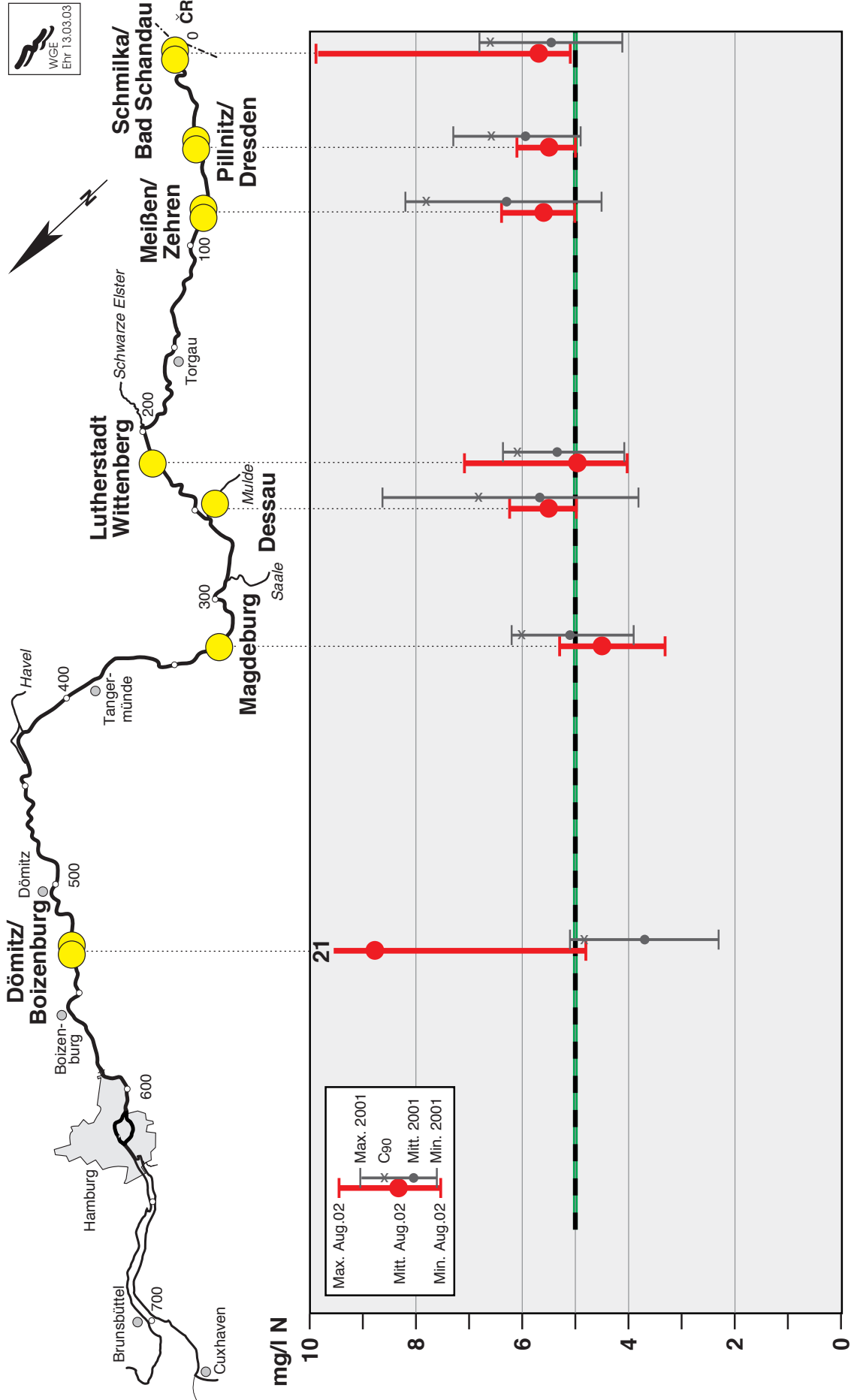


Abb. A3 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Gesamt-Stickstoff -

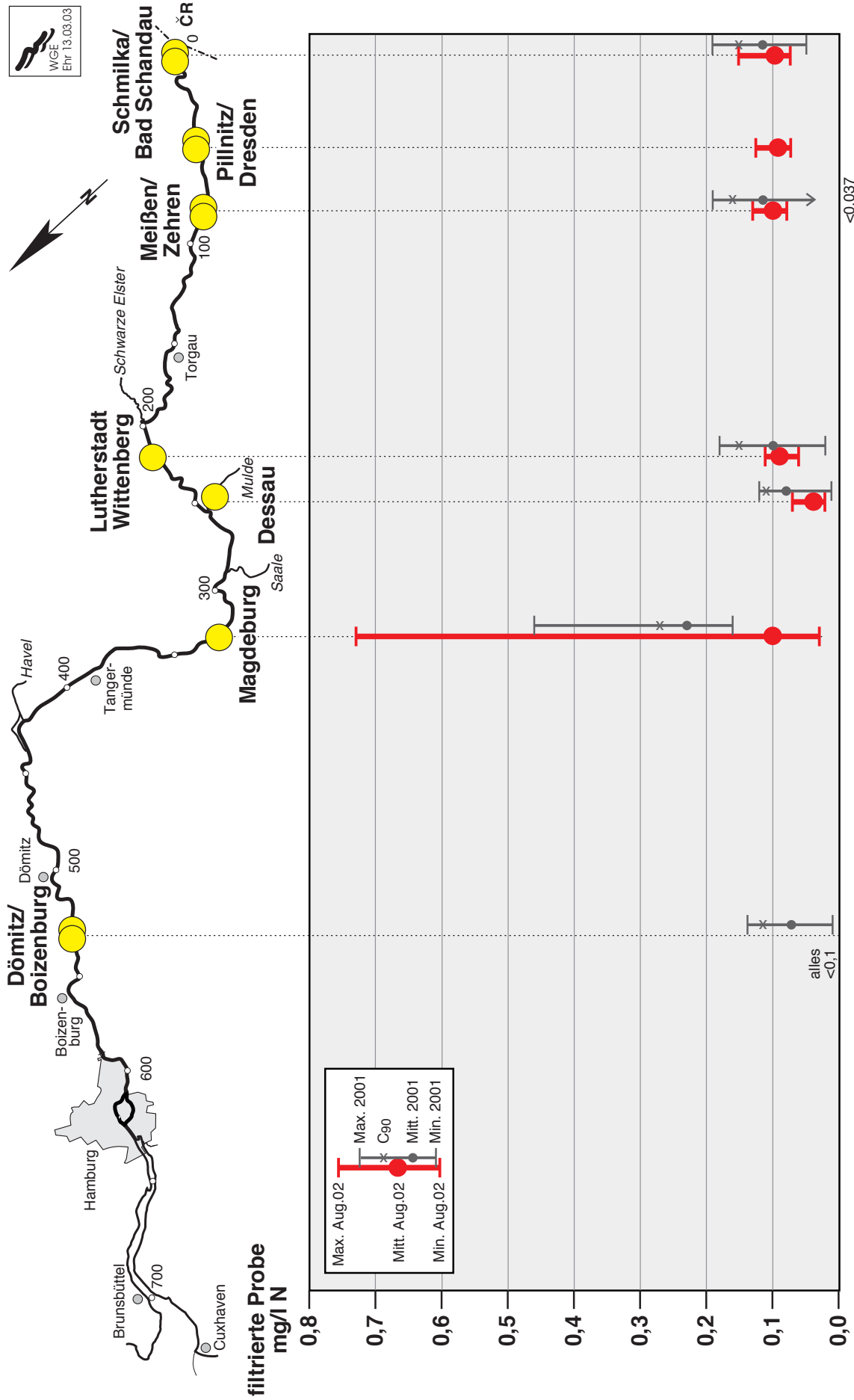
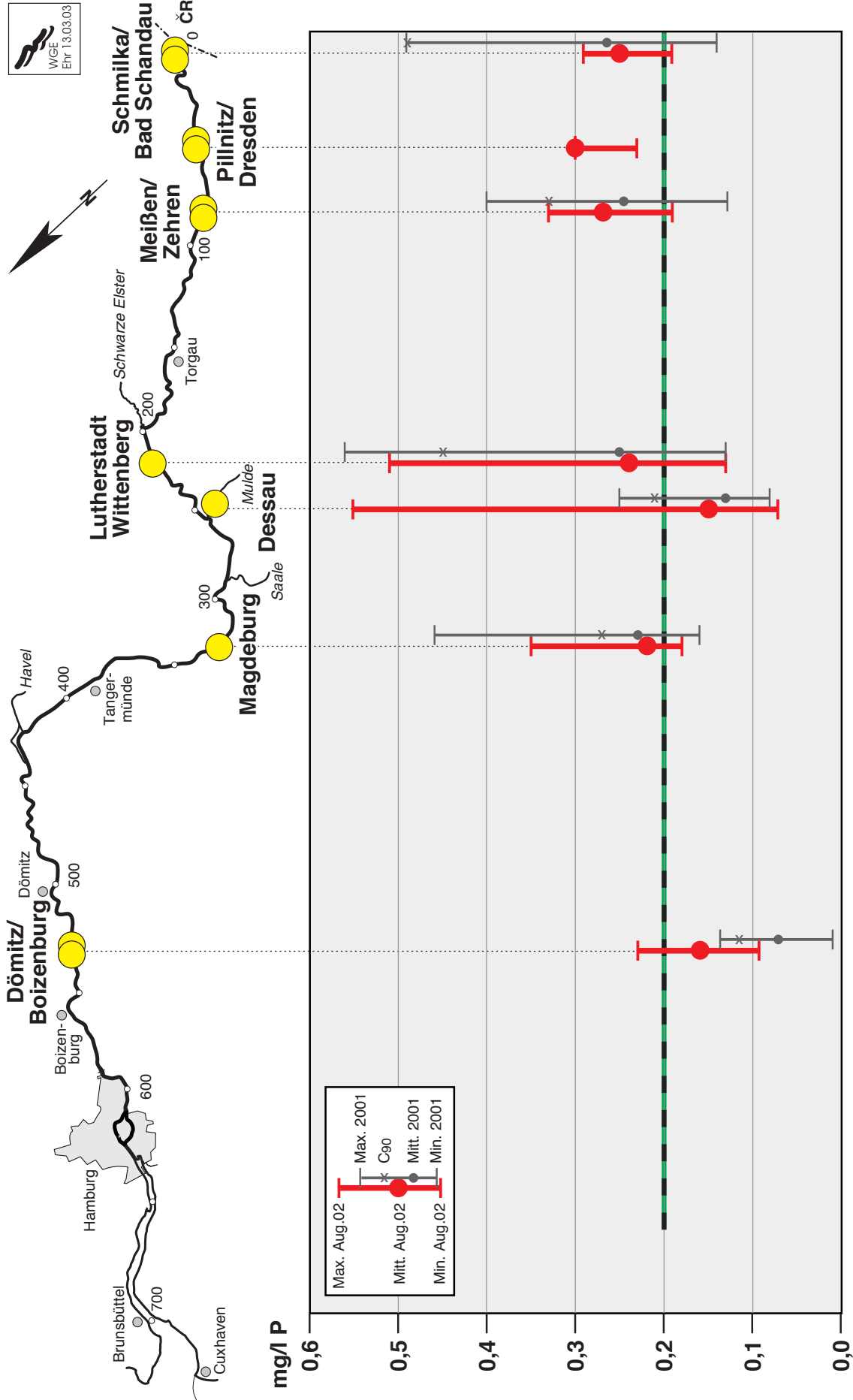


Abb. A4 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - o-Phosphat -



IKSE-Zielvorgabe AL (90-Prozent-Wert, C₉₀) Schutzgut "Aquatische Lebensgemeinschaften"
 IKSE-Zielvorgabe (90-Prozent-Wert, C₉₀) Nutzungsarten "Trinkwasserversorgung, Berufsfischerrei und landwirtschaftliche Bewässerung"

Abb. A5 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Gesamt-Phosphor -

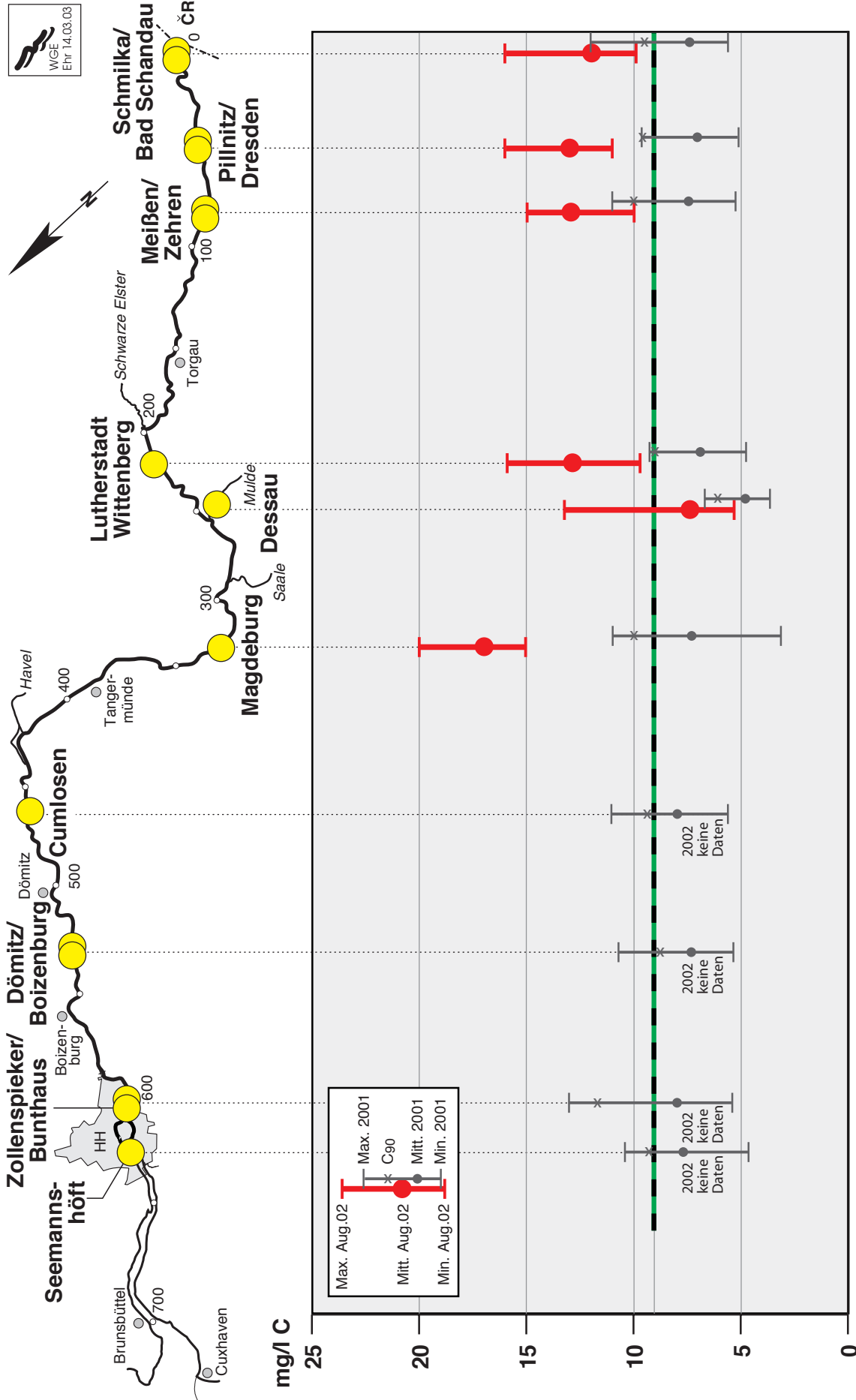


Abb. A6 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - TOC -

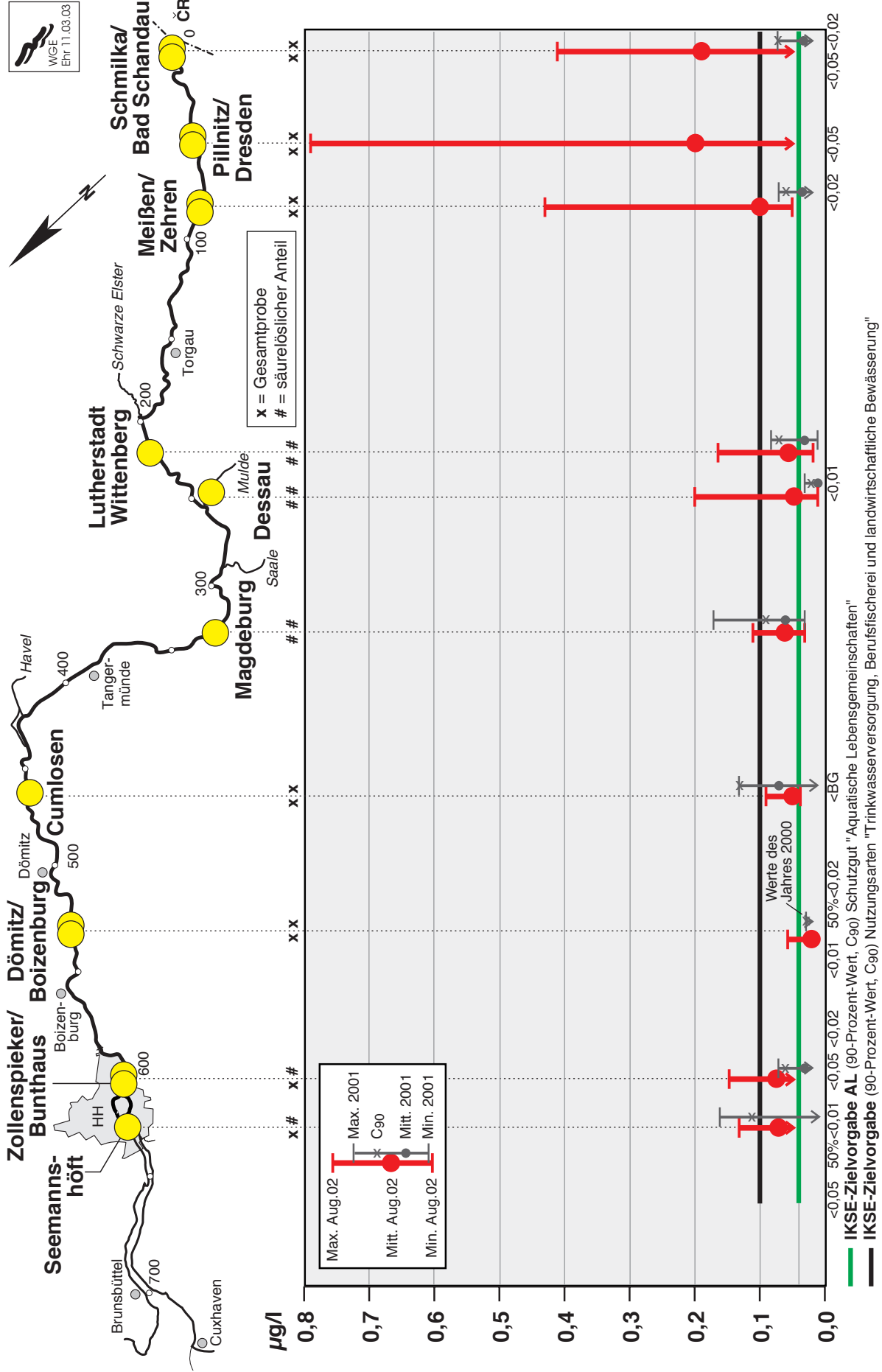


Abb. A7 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Quecksilber -

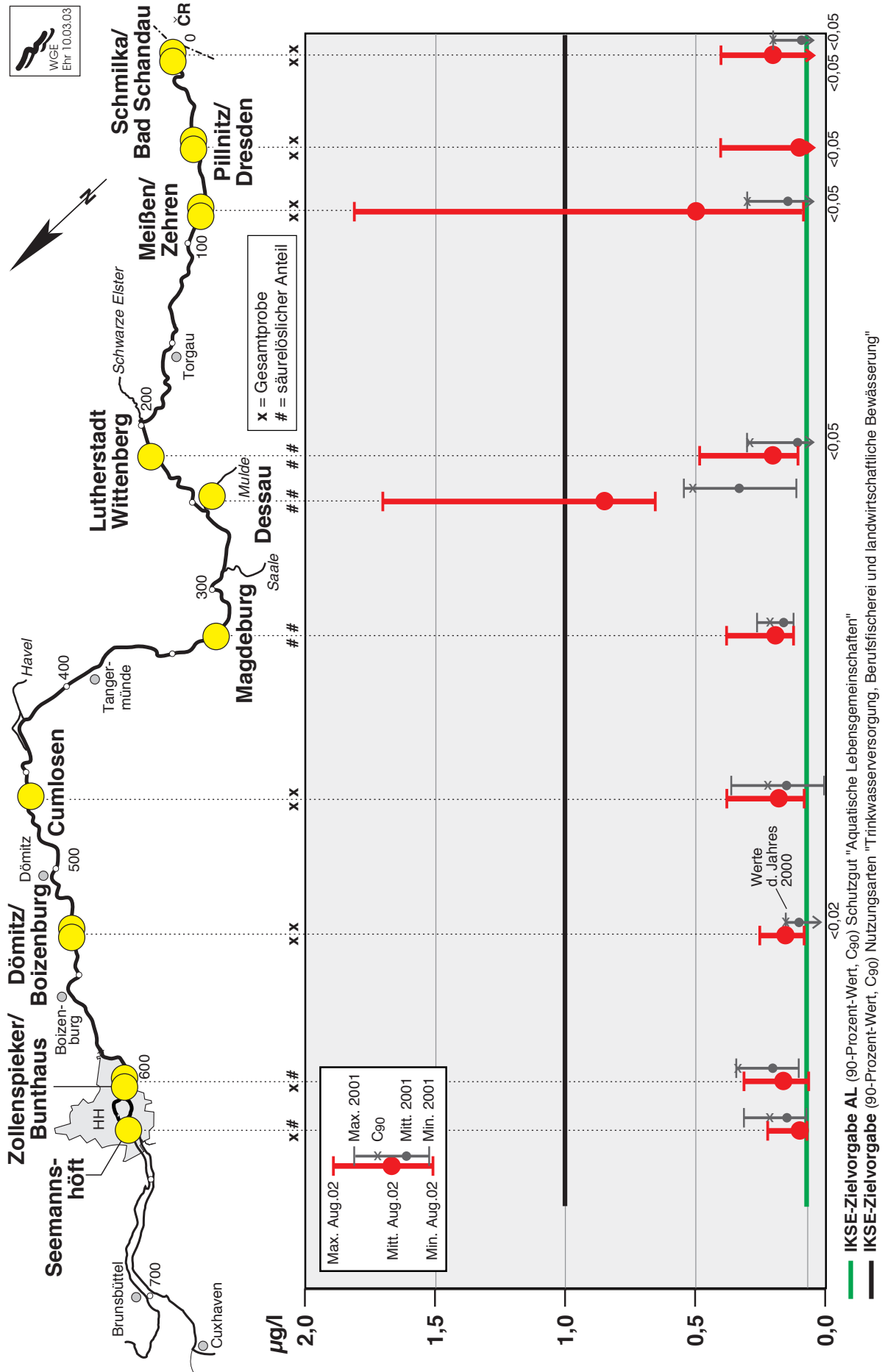


Abb. A8 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Cadmium -

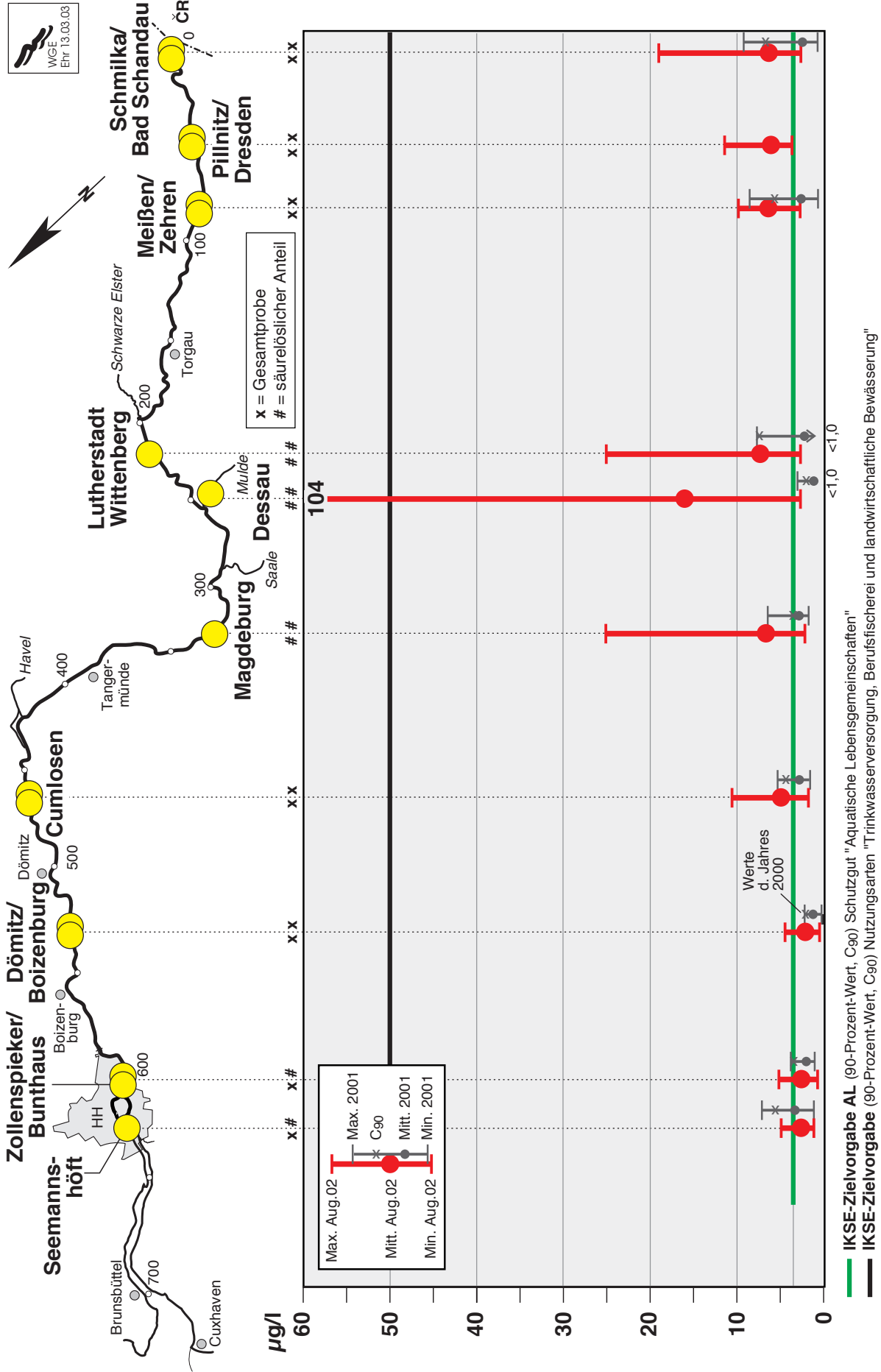


Abb. A9 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Blei -

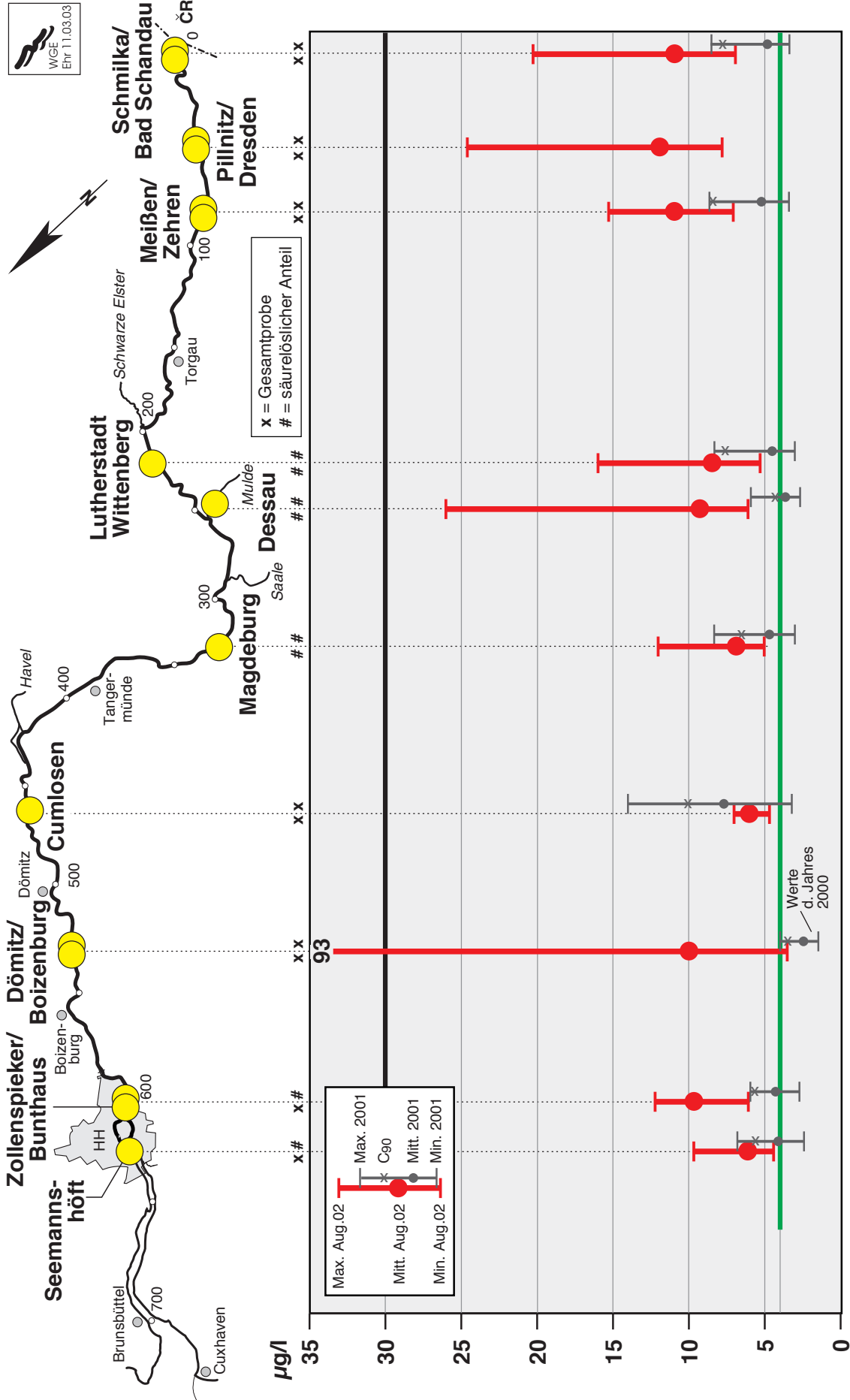


Abb. A10 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Kupfer -

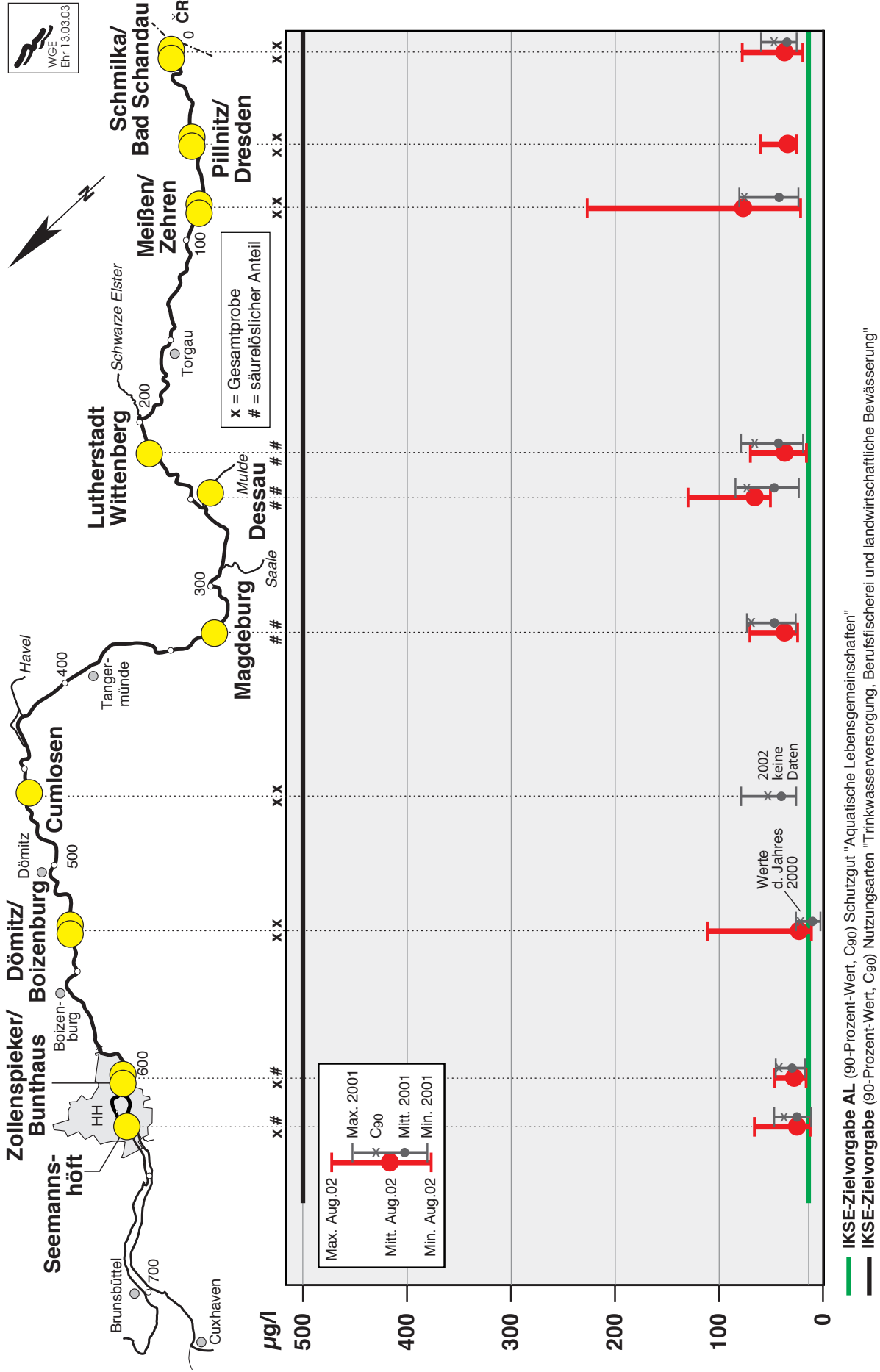


Abb. A11 Vergleich der Spanneiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Zink -

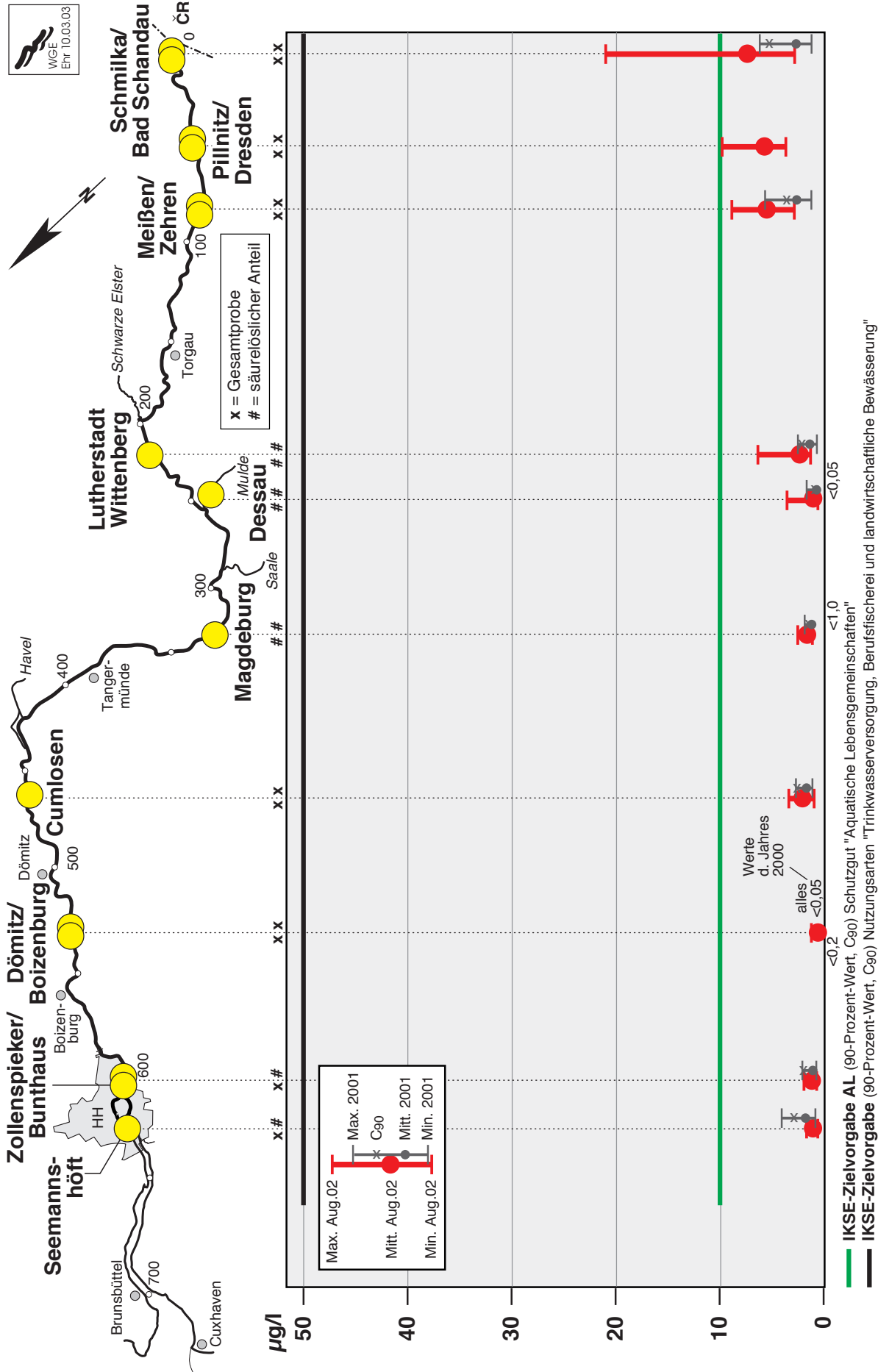


Abb. A12 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Chrom -

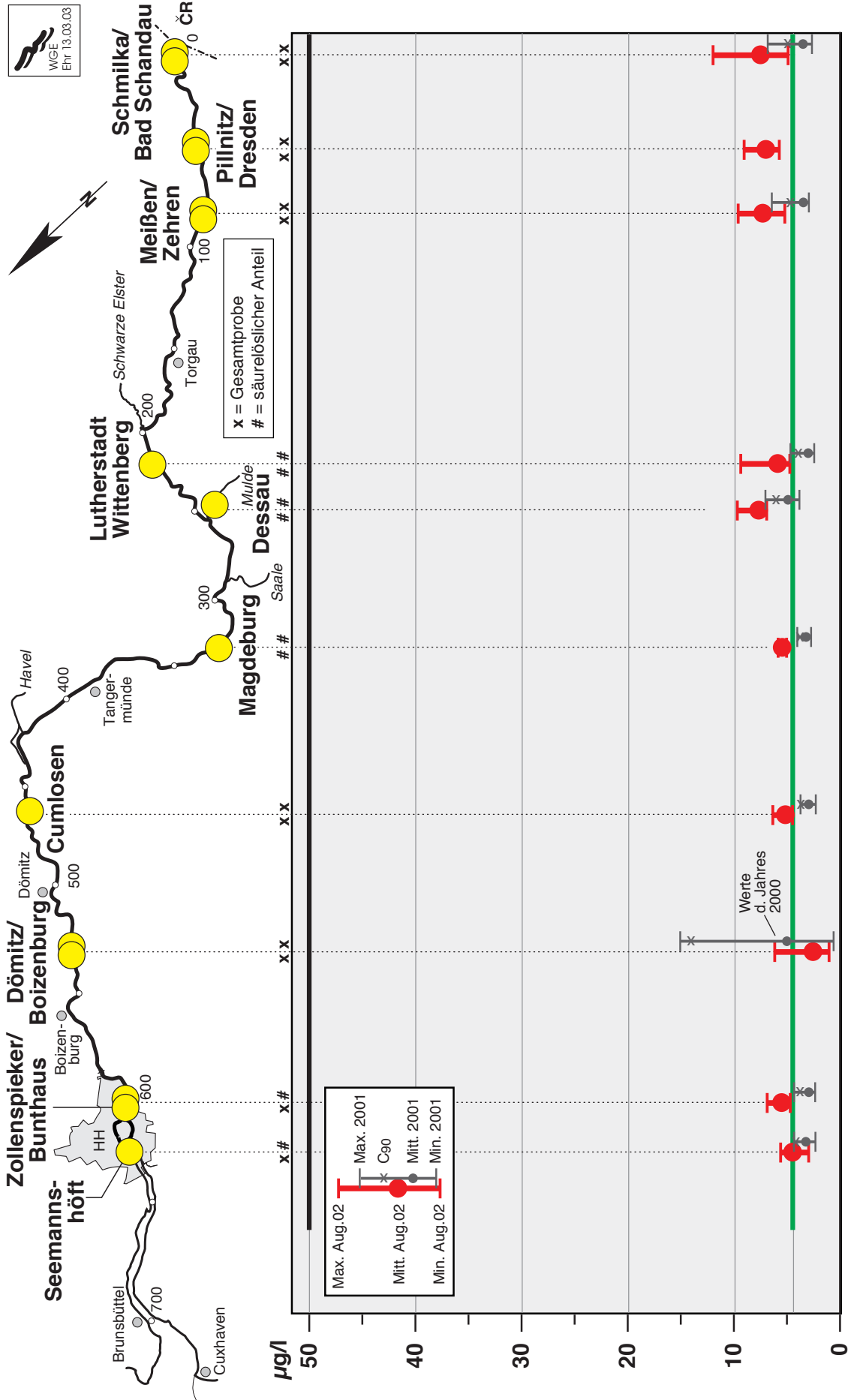


Abb. A13 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Nickel -

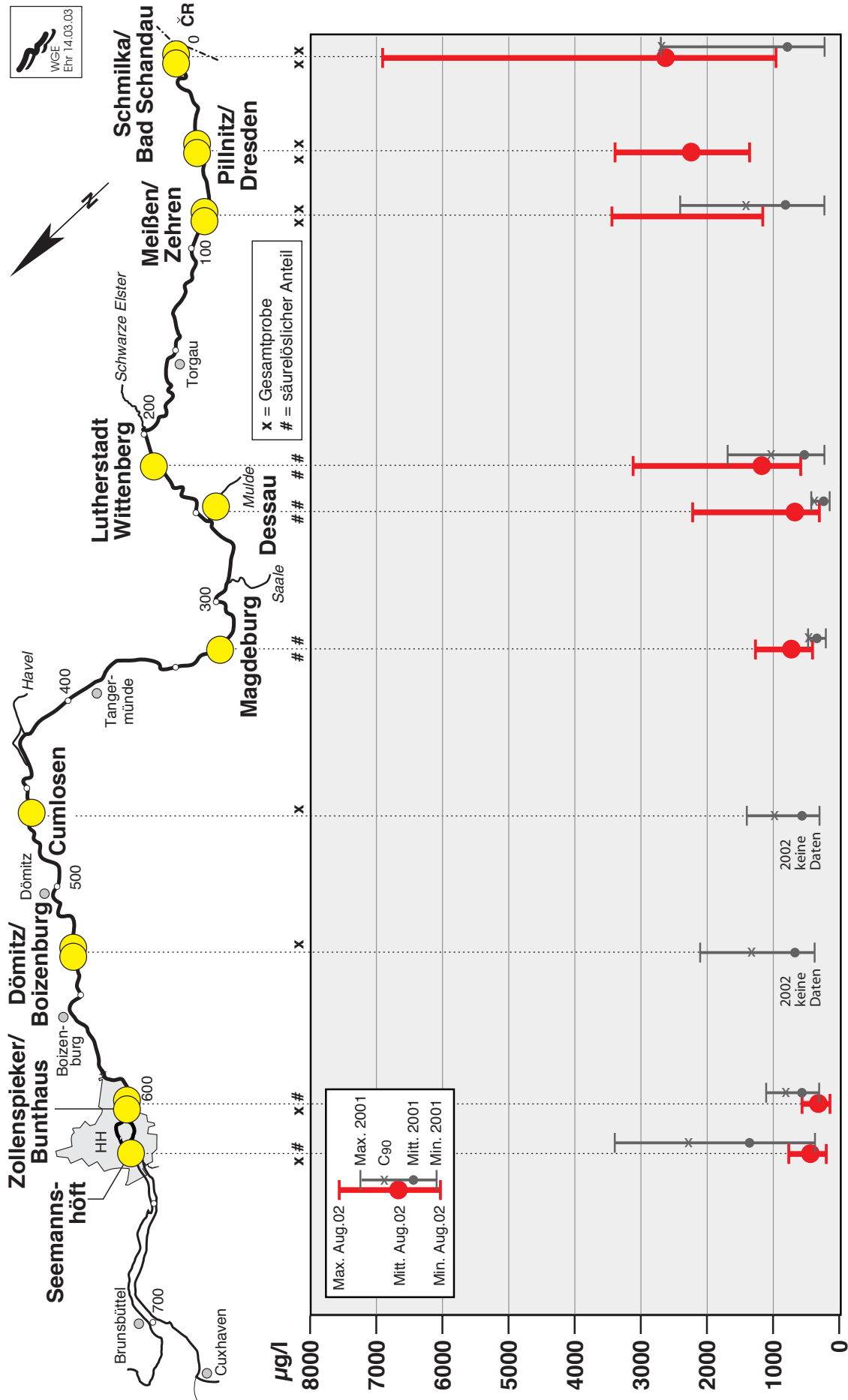


Abb. A14 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Eisen -

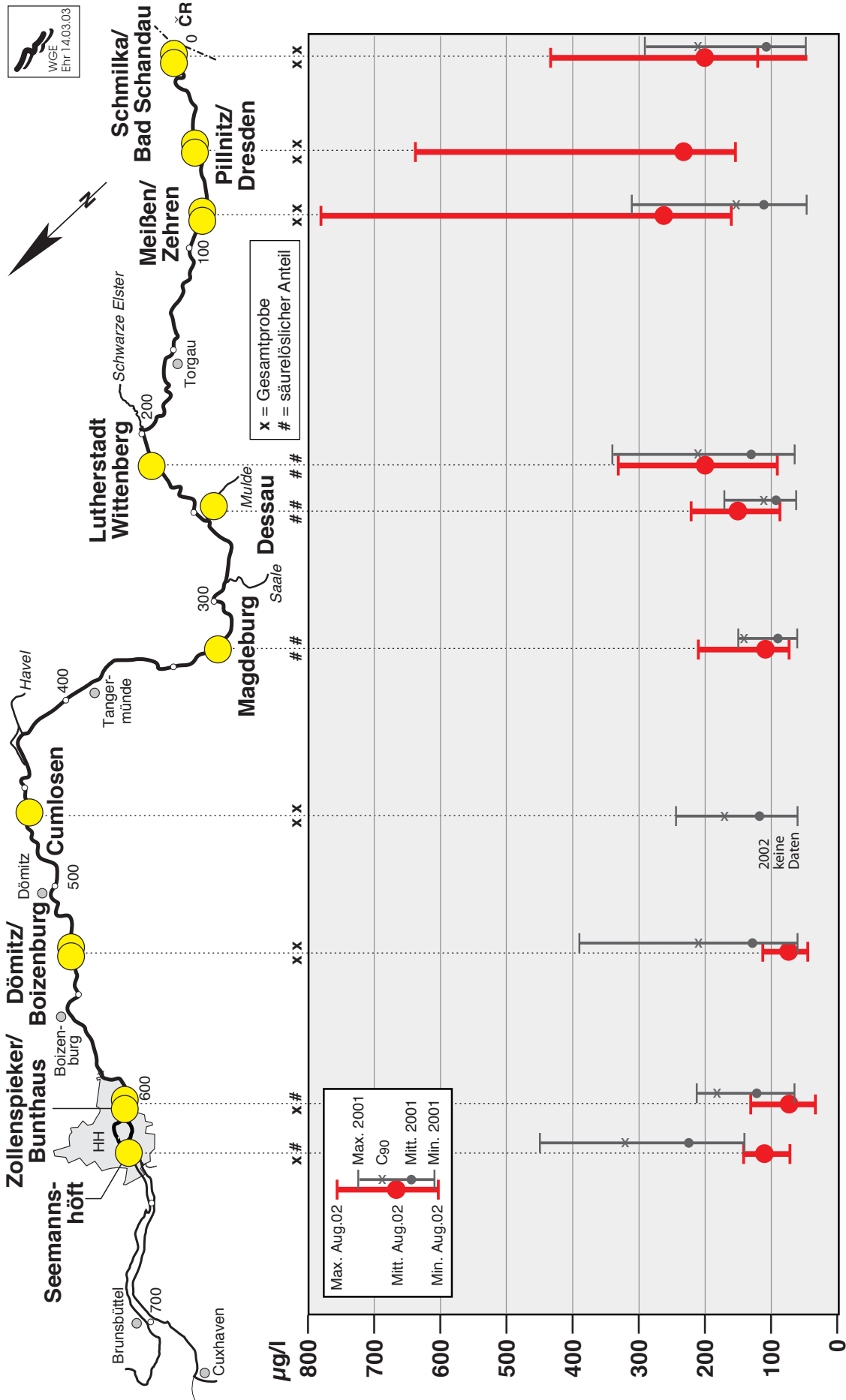


Abb. A15 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Mangan -

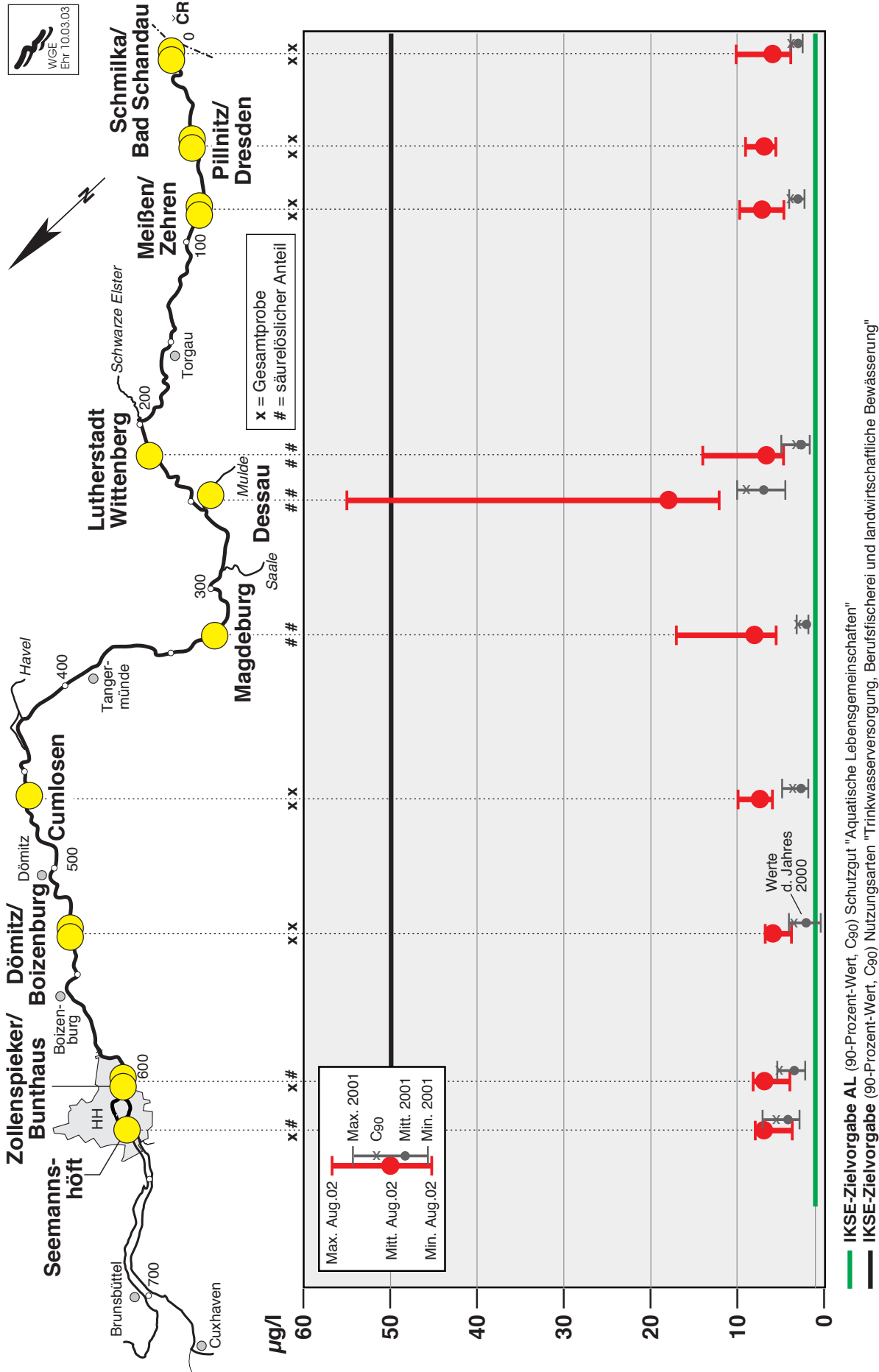


Abb. A16 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Arsen

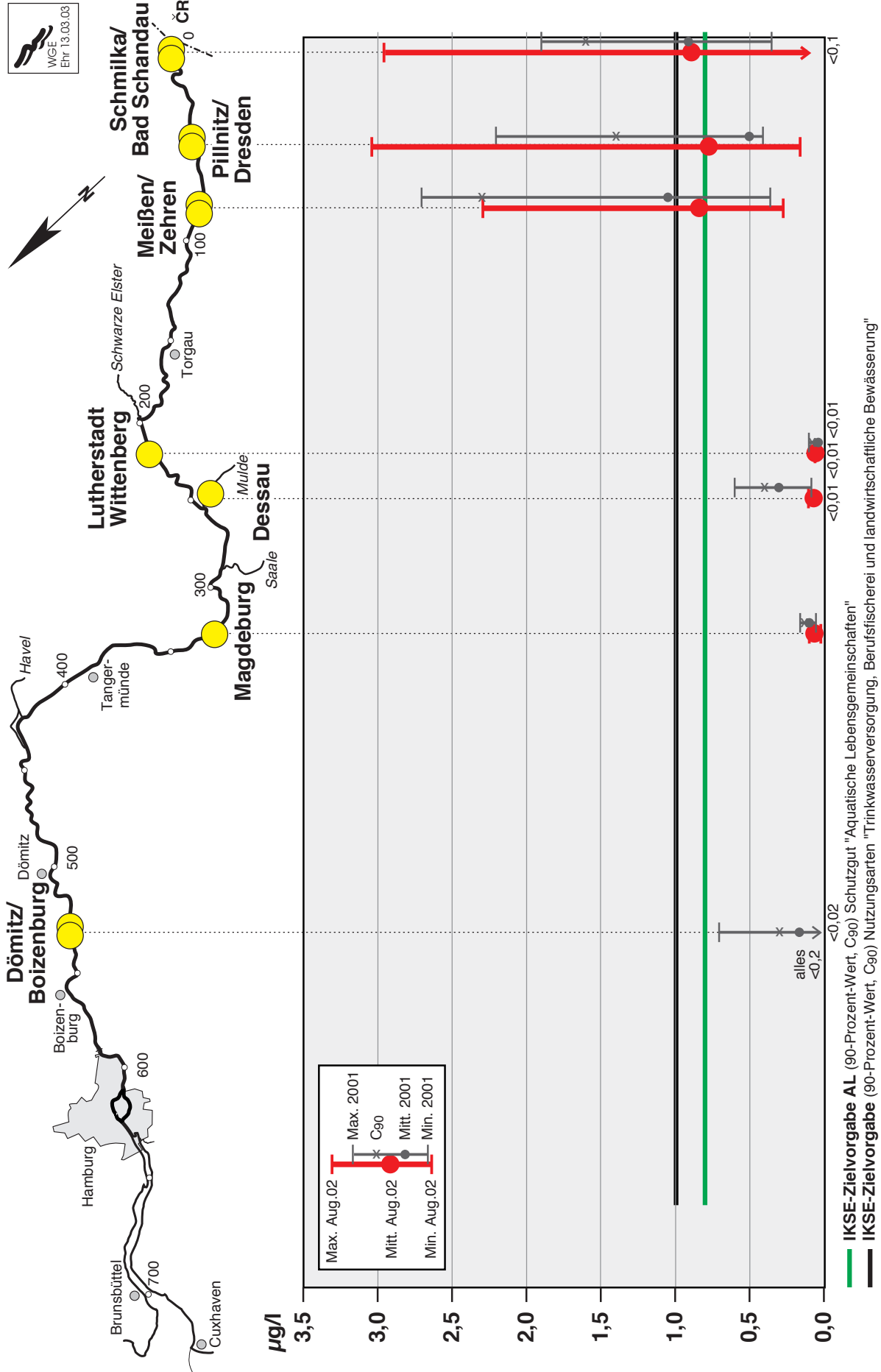


Abb. A17 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Trichlormethan (Chloroform) -

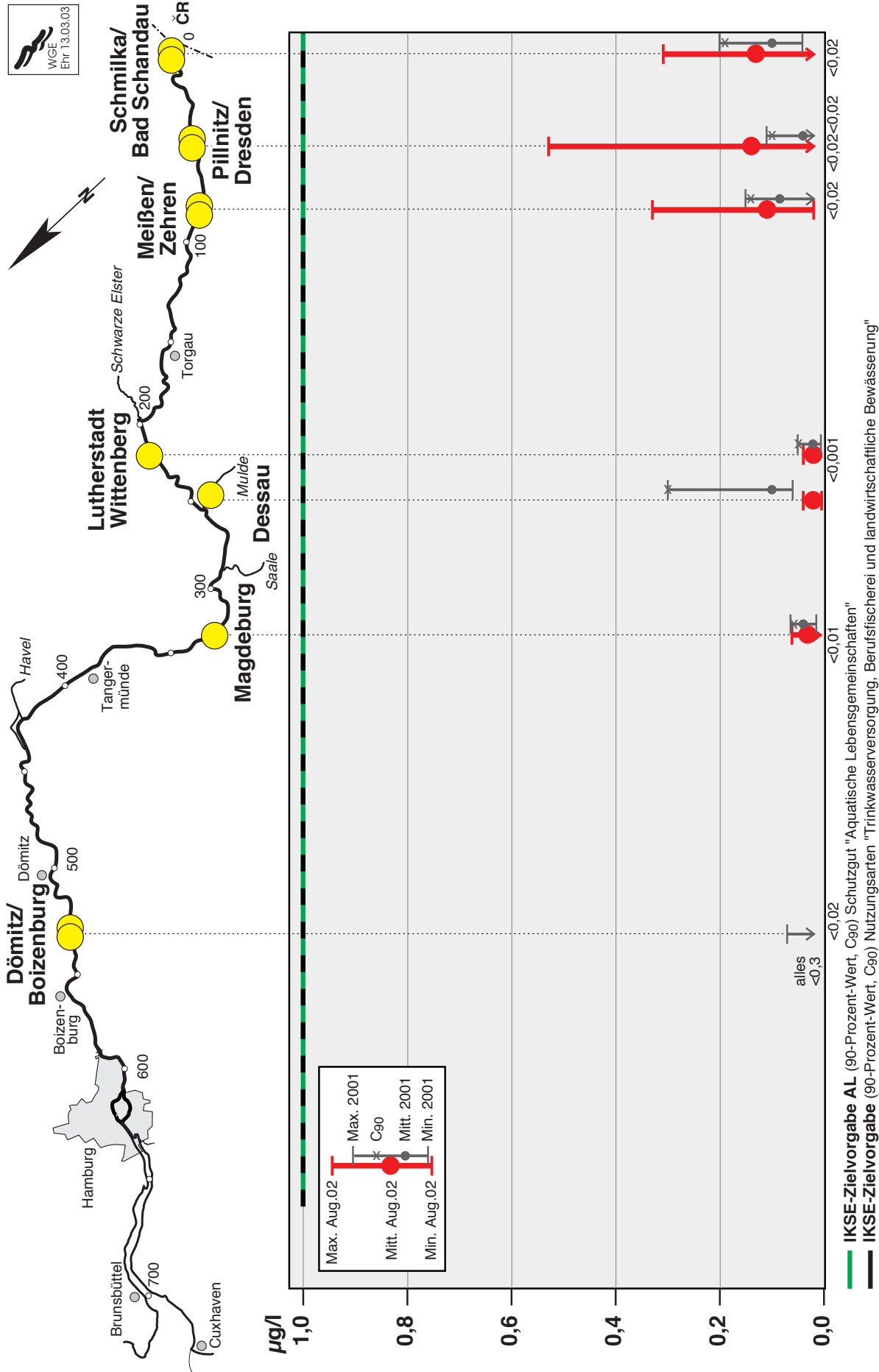


Abb. A18 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Trichlorethen (Tri) -

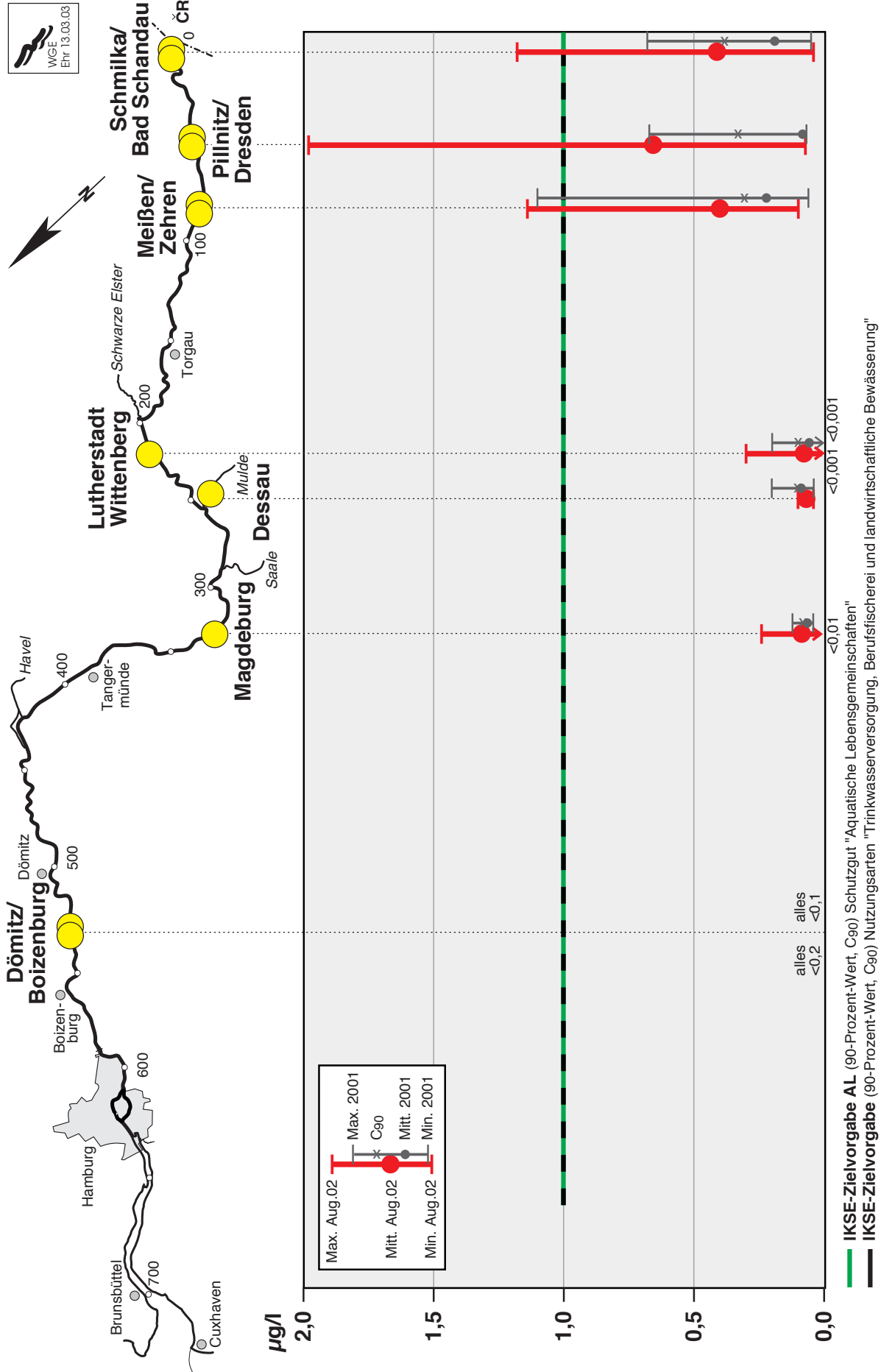


Abb. A19 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Tetrachlorethen (Per) -

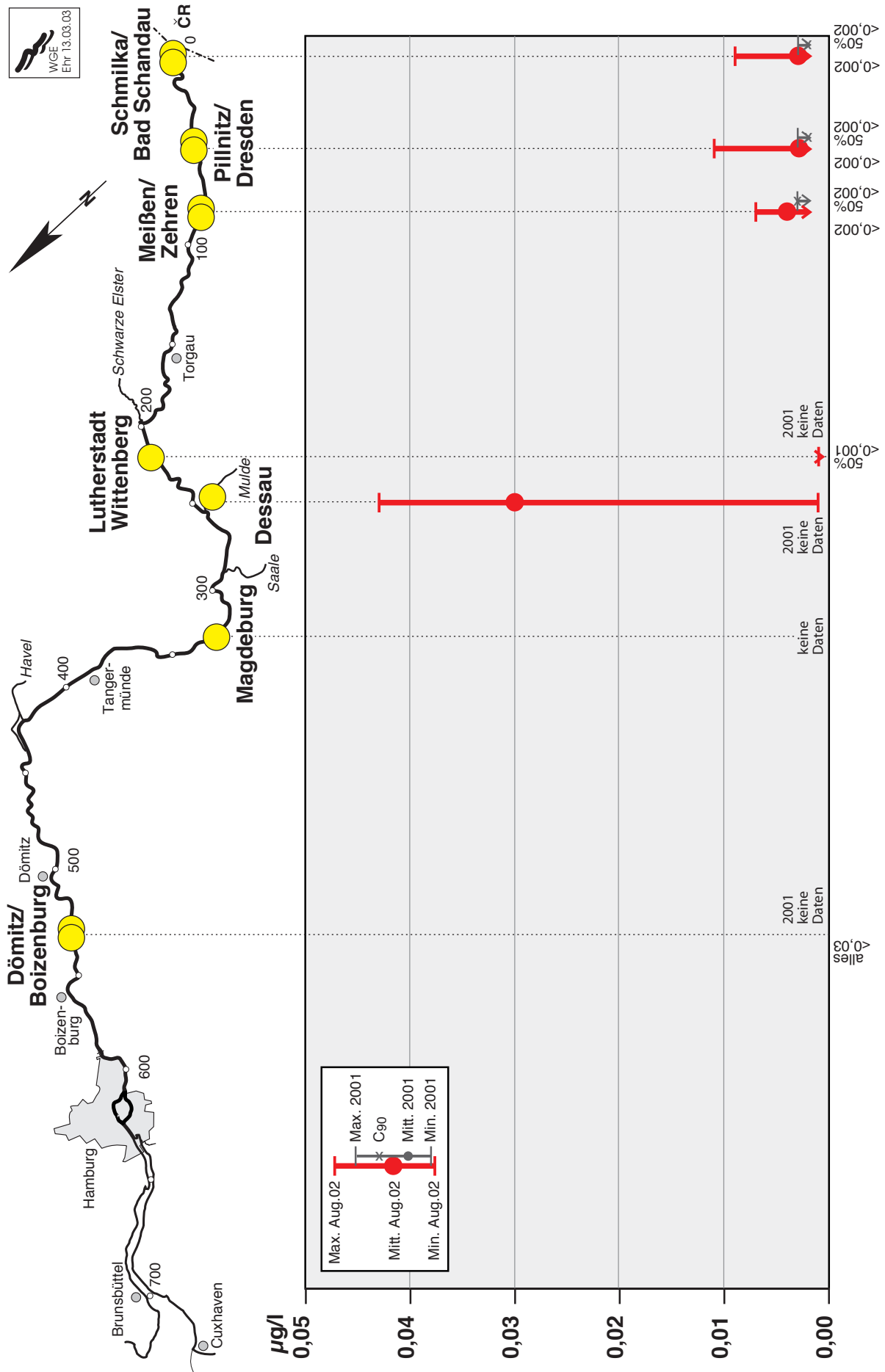


Abb. A20 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - α -HCH -

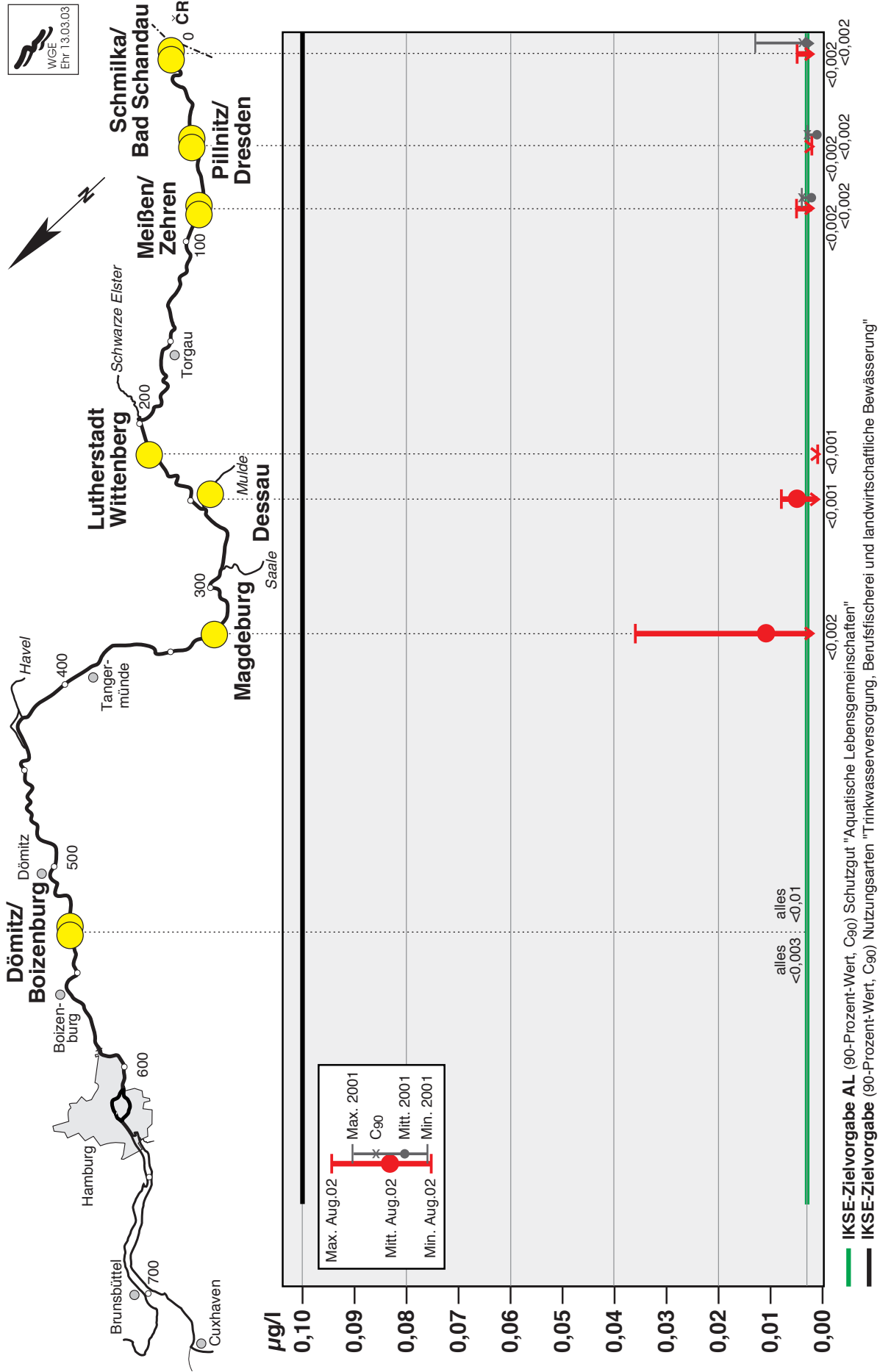


Abb. A21 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - γ -HCH (Lindan) -

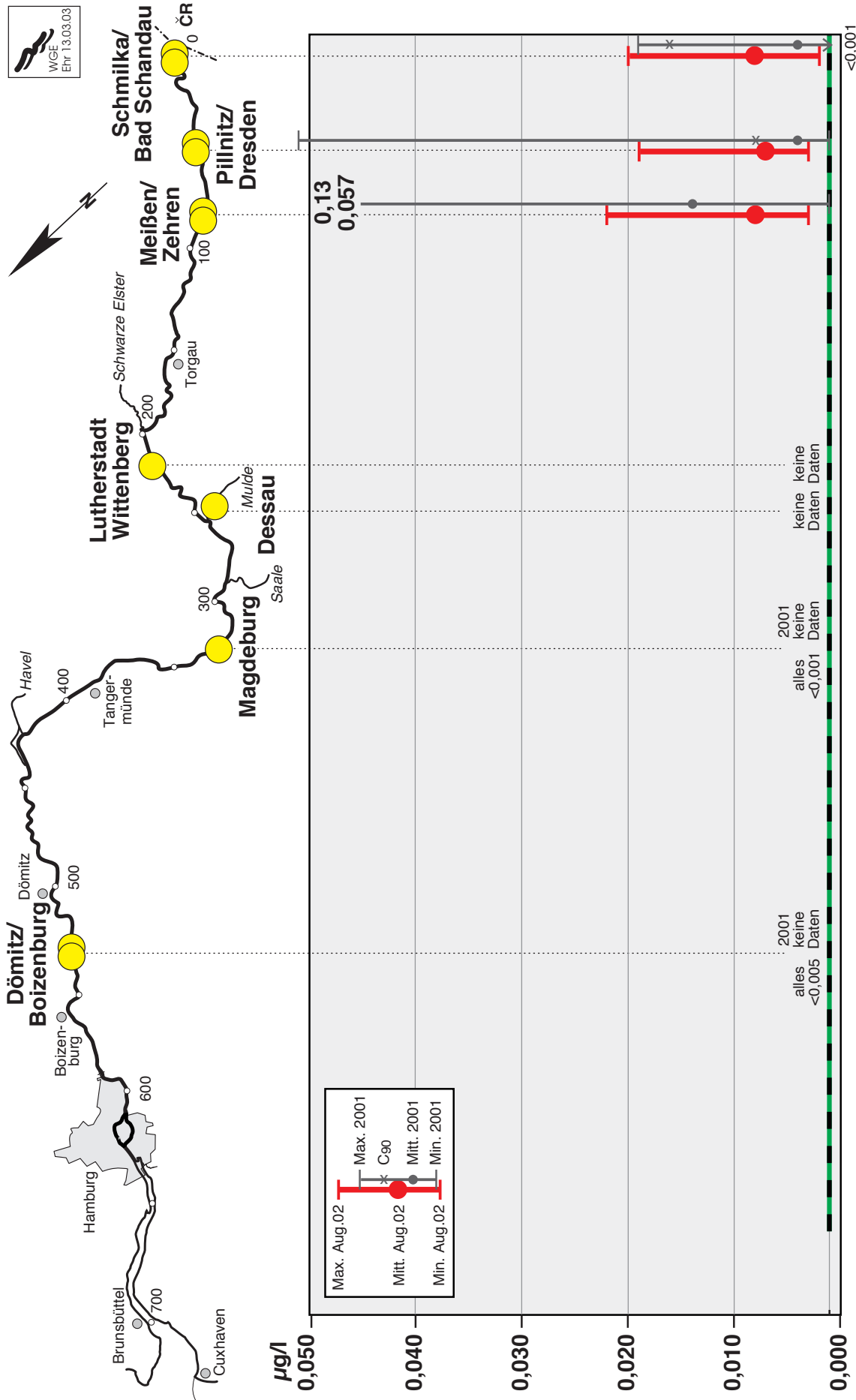


Abb. A22 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - Hexachlorbenzen (HCB) -

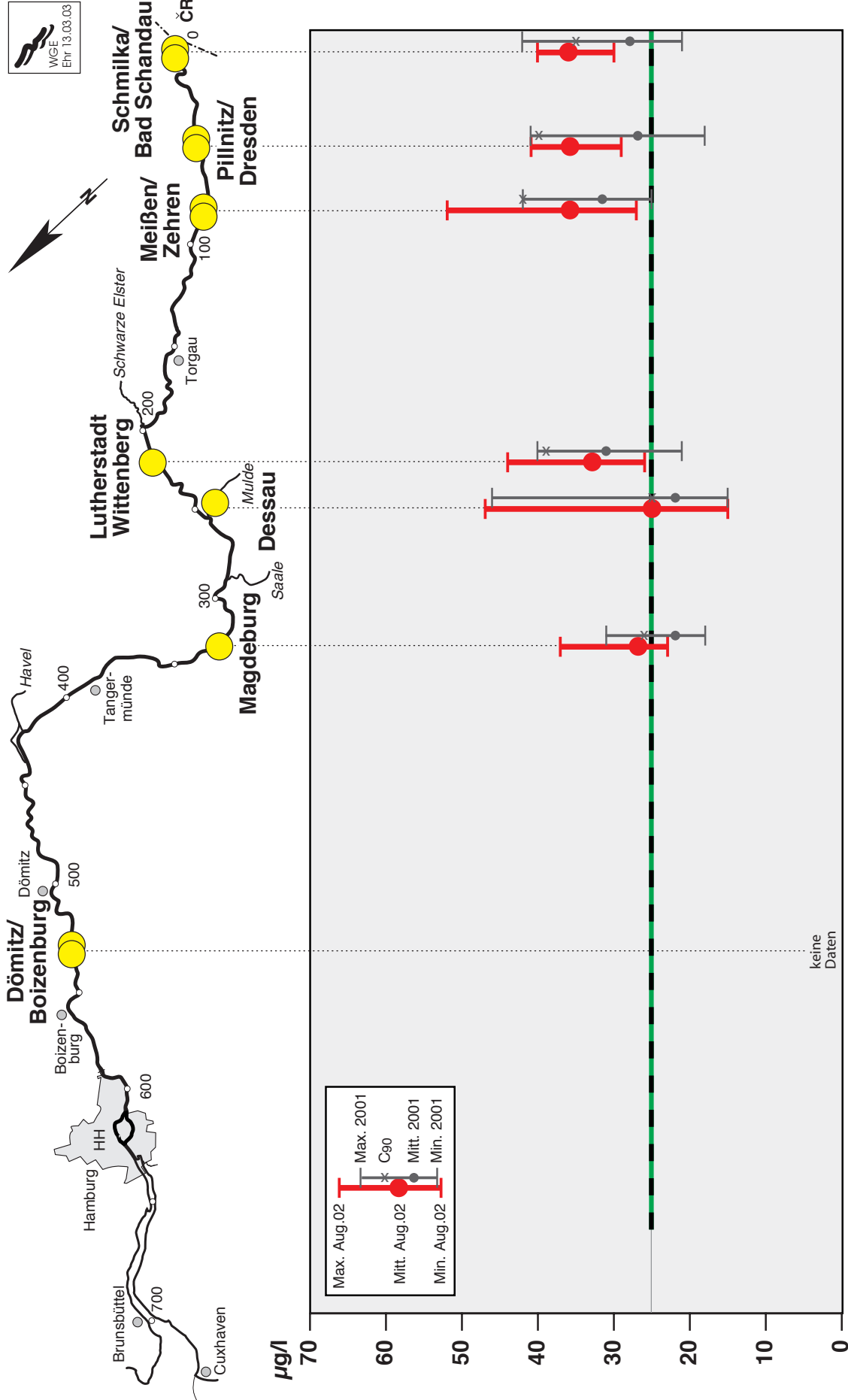


Abb. A22 Vergleich der Spannweiten des Hochwassers August 2002 mit dem Jahr 2001 - AOX -

Tab. A1 Probenahme 13.05.02

Konzentrationen in ng/l							
Stoff	Nordertill	Vogels. Norderelbe	Tonne 5	Tonne 13	Cuxhaven	Brunsbüttel	Grauerort
α-HCH	0,26	0,28	0,35	0,43	0,85	1,38	1,61
β-HCH	0,22	0,33	0,39	0,50	1,30	1,93	1,84
γ-HCH	0,60	0,53	0,67	0,72	1,18	1,52	1,65
δ-HCH	0,12	0,21	0,15	0,29	0,48	0,68	0,74
2-4-D	1,19	1,57	1,31	1,16	2,14	3,84	5,34
Alachlor	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,40	0,29
Atrazin	5,17	5,68	5,29	6,09	7,54	9,65	11,40
Azinphos-ethyl	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Azinphos-methyl	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorfenvinphos	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorpyriphos-ethyl	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,58	<0,5
Chlorpyriphos-methyl	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Chlortoluron	2,31	2,42	2,40	2,92	3,81	5,10	4,21
Clofibrinsäure	1,81	1,73	1,77	2,64	5,66	7,96	9,08
Diazinon	0,48	0,20	0,16	0,20	0,53	0,73	0,75
Dichlorprop	1,29	1,46	1,31	2,01	3,62	4,22	5,07
Dichlorvos	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Dimethoat	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,50	0,85
Diuron	7,05	6,43	6,15	7,91	10,98	14,90	17,72
Fenitrothion	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Fenthion	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenuron	<0,5	<0,5	<0,5	0,66	1,44	2,46	2,76
Irgarol	0,54	0,54	0,52	0,91	2,05	4,69	4,70
Isoproturon	8,86	7,84	7,94	9,89	15,94	23,33	22,46
Linuron	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,61	0,79
Malathion	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MCPA	2,02	2,15	2,25	3,20	6,77	15,64	14,16
Mecoprop	3,95	4,04	3,94	5,15	8,66	9,37	13,57
Metamitron	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4,48
Metazachlor	0,66	0,92	0,80	1,30	2,97	5,26	4,14
Metolachlor	0,64	0,65	0,56	0,65	1,02	1,43	1,20
Metribuzin	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Monolinuron	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Parathion-ethyl	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Pendimethalin							
Prometryn	0,25	0,36	0,32	0,57	1,13	2,42	3,48
Propazin	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,28	0,81	0,70
Sebuthylazin	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Simazin	1,51	1,56	1,35	1,52	2,26	4,46	5,50
Terbuthylazin	1,29	1,11	0,99	1,10	1,34	2,33	4,11
Terbutryn	0,61	0,50	0,52	0,71	1,33	2,40	2,37

<"Wert"=Wert unterhalb der Bestimmungsgrenze

Tab. A2 Längsprofil 26.08.02

Angaben in ng/l	Nordertill	Vogelsander Norderelbe	Tonne 5	Tonne 13	Cuxhaven- Kugelbake	Brunsbüttel	Grauerort
Salzgehalt [psu]	21,34	19,32	17,58	14,82	1,35	0,23	0,20
α -HCH	0,33	0,39	0,62	0,6	3,1	9,5	7,3
β -HCH	0,58	0,80	1,12	1,1	9,1	31,2	25,5
γ -HCH	0,48	0,57	0,67	0,6	1,3	2,6	2,5
δ -HCH	0,97	0,33	0,93	0,6	0,9	1,7	1,5
Alachlor	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,5	2,9
Atrazin	9,98	12,00	14,55	16,8	26,0	70,0	89,4
Azinphos-ethyl	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Azinphos-methyl	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorfenvinphos	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorpyriphos-ethyl	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorpyriphos-methyl	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Chlortoluron	1,84	2,08	2,43	2,9	3,9	3,6	5,3
Clofibrinsäure	<2	<2	<2	<2	4,7	2,3	2,2
2,4-D	<2	<2	<2	2,6	3,0	9,5	18,8
Diazinon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	0,6	0,8
Dichlorprop	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,5
Dichlorvos	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Dimethoat	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5	1,3	1,0
Diuron	13,82	15,70	15,97	19,7	23,9	9,6	8,3
Fenitrothion	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Fenthion	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenuron	0,65	0,82	0,66	1,4	3,0	4,6	5,4
Ibuprofen	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Irgarol	1,04	1,41	1,40	1,8	2,5	1,3	0,9
Isoproturon	4,21	4,20	3,86	4,5	5,2	4,7	3,8
Linuron	<1	<1	<1	<1	<1	1,9	3,7
Malathion	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MCPA	3,53	3,12	4,20	4,2	6,9	16,3	31,6
Mecoprop	3,21	3,05	3,06	2,9	8,2	5,3	5,8
Metamitron	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Metazachlor	1,08	0,93	1,24	1,2	1,8	2,1	1,8
Metolachlor	4,72	4,79	5,48	6,5	5,8	6,3	5,8
Metribuzin	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Monolinuron	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Parathion-ethyl	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pendimethalin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prometryn	1,07	1,45	1,66	2,5	4,8	9,8	6,1
Propazin	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1,5	2,6	2,0
Sebuthylazin	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Simazin	2,99	4,04	4,12	4,7	9,1	20,6	16,7
Terbutylazin	7,88	7,48	8,87	11,6	12,2	17,2	10,6
Terbutryn	1,57	1,69	1,66	2,3	3,1	2,6	2,8

<"Wert"=Wert unterhalb der BG

Tab. A3 Elbe-Längsprofil 28.08.02

Angaben in ng/l	T30	Cuxhaven	Brunsbüttel	Teufelsbrück 10.9.02
Salzgehalt [psu]	28,9	9,0	0,5	
α-HCH	0,1	3,4	9,7	
β-HCH	0,1	7,9	23,3	
γ-HCH	0,3	1,1	2,7	
δ-HCH	n.a.	n.a.	n.a.	
Alachlor	<0,5	0,5	1,6	10,5
Atrazin	5,7	29,2	63,2	32,4
Azinphos-ethyl	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Azinphos-methyl	<1	<1	<1	<1
Chlorfenvinphos	<1	<1	<1	<1
Chlorpyrifos-ethyl	<1	<1	<1	<1
Chlorpyrifos-methyl	<3	<3	<3	<3
Chlortoluron	1,7	3,3	3,8	2,9
Clofibrinsäure	1,0	2,9	2,5	3,2
2,4-D	<0,5	5,1	11,5	4,6
Diazinon	<0,3	0,6	0,3	1,3
Dichlorprop	<0,5	1,3	2,9	<2
Dichlorvos	<25	<25	<25	<25
Dimethoat		0,5	1,2	0,5
Diuron	7,8	15,8	13,6	17,9
Fenitrothion	<25	<25	<25	<25
Fenthion	<3	<3	<3	<3
Fenuron	0,1	3,0	5,1	2,0
Ibuprofen	<25	<25	<25	<25
Irgarol	0,3	2,3	2,0	2,2
Isoproturon	2,4	4,6	4,5	5,5
Linuron	<1	<1	1,9	<1
Malathion	<1	<1	<1	<1
MCPA	1,0	9,1	18,2	5,4
Mecoprop	1,2	6,2	8,4	3,3
Metamitron	<3	<3	<3	<3
Metazachlor	0,3	1,7	2,6	11,5
Metolachlor	1,0	5,4	5,5	5,1
Metribuzin	<3	<3	<3	<3
Monolinuron	<1	<1	<1	<1
Parathion-ethyl	<5	<5	<5	<5
Pendimethalin	<1	<1	<1	<1
Prometryn	0,3	5,2	10,3	3,7
Propazin	<0,3	1,2	2,1	1,3
Sebuthylazin	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Simazin	1,3	11,1	22,9	10,7
Terbuthylazin	2,9	13,9	19,5	10,2
Terbutryn	<0,5	2,8	2,5	2,2

n.a.=nicht analysiert

<"Wert"=Wert unterhalb der BG

Tab. A4 Längsprofil 21.08.02

Angaben in ng/l

	Zollenspieker	Geesthacht	Schnackenburg	Wahrenberg	Tangermünde	Hohenwarthe	Breitenhagen
Salzgehalt [psu]							
α -HCH	15,3	14,5	11,6	11,2	8,9	6,4	6,7
β -HCH	49,7	46,3	42,5	41,9	35,0	26,7	25,3
γ -HCH	6,3	5,8	5,4	5,5	4,8	4,7	5,5
δ -HCH	2,5	2,2	2,1	1,9	1,5	1,1	1,3
Alachlor	1,3	1,5	3,8	4,2	5,1	5,5	6,6
Atrazin	46,5	54,1	105,7	102,5	110,4	96,2	90,1
Azinphos-ethyl	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Azinphos-methyl	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorfenvinphos	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorpyriphos-ethyl	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlorpyriphos-methyl	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Chlortoluron	2,9	3,6	5,0	6,0	7,4	7,4	7,3
Clofibrinsäure	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
2,4-D	10,9	11,4	14,3	13,9	19,6	20,4	40,9
Diazinon	0,7	0,8	1,0	0,9	1,1	1,1	1,2
Dichlorprop	5,2	4,5	5,7	4,6	4,4	3,7	3,9
Dichlorvos	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Dimethoat	0,9	1,2	1,0	0,8	1,0	0,8	0,6
Diuron	5,9	6,5	4,7	4,5	4,1	4,1	4,1
Fenitrothion	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Fenthion	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenuron	5,4	5,2	3,8	3,3	7,1	2,2	1,4
Ibuprofen	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Irgarol	1,0	0,9	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6
Isoproturon	5,0	5,1	4,8	4,9	4,9	4,2	4,1
Linuron	2,2	2,3	5,2	5,0	4,8	3,8	2,9
Malathion	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MCPA	12,3	14,9	17,9	28,1	33,3	33,2	40,2
Mecoprop	7,9	7,9	7,8	7,5	8,2	8,2	8,4
Metamitron	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Metazachlor	1,3	1,4	1,6	1,6	1,9	1,7	1,7
Metolachlor	8,1	8,6	5,1	5,4	5,3	6,2	7,3
Metribuzin	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Monolinuron	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Parathion-ethyl	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pendimethalin	<1	<1	<1	1,0	1,1	<1	<1
Prometryn	15,3	16,4	8,7	7,9	6,2	4,8	5,5
Propazin	2,4	2,7	2,8	2,4	2,8	2,3	1,8
Sebuthylazin	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Simazin	34,8	33,6	27,8	26,7	21,8	18,6	22,1
Terbutylazin	26,3	27,3	16,3	14,3	10,9	10,0	11,5
Terbutryn	2,9	3,2	3,9	4,0	4,6	4,2	4,6
HCB	1,2	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2
p,p-DDD	1,5	1	2,1	2	2,8	2	2,3

<"Wert"= Wert unterhalb der BG

Tab. A5 Probenahme 08.10. - 09.10.02

Angaben in ng/l

	Schnackenburg	Tangermünde	Magdeburg	Mdg. Mulde	Dommitzsch	Zehren	Dobkovice	Dolni Berkovice	Mdg. Vltava Vranany	Lysa
α-HCH	3,4	3,9	3	16	2	1	2	1,1	1,9	<1
β-HCH	2,8	3,2	2,6	20	<1	2,2	<1	<1	<1	<1
γ-HCH	1,9	2,7	2,8	4,9	2,8	1,6	2,5	1,3	1,3	1
δ-HCH	2,7	2,4	2	6,8	1,9	9,5	2,4	1,6	2,3	1,5
Alachlor	<10	18	19	<10	20	25	25	26	29	<10
Ametryn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Atrazin	22	28	27	5,8	40	48	48	59	57	29
Chlorpyrifos	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cyanazin	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Desethylatrazin	14	18	14	<5	21	27	26	45	31	20
Dimethoat	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hexazinon	<10	<10	<10	<10	<10	12	11	16	15	<10
Imazin	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Lenacil	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Metazachlor	14	18	17	35	13	14	18	11	18	<10
Metolachlor	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Prometryn	<5	<5	<5	13	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Propazin	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sebuthylazin	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Terbuthylazin	<5	<5	<5	5,9	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Terbutryn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Trifluralin	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

<"Wert"=Wert unterhalb der BG

Tab. A6 Probenahme 16.09. - 20.09.02, FS "Gauss" (388a)

Angaben in ng/l

Ort	T28	T41	T30	Cuxhaven	T29	T25	T20	T34	T17	T5	T27	T35	T7	T13	T9
Alachlor	n.a.	n.a.	n.a.	1,3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Atrazin	7,7	5,7	6,5	33,0	7,2	4,4	6,1	4,7	6,1	4,2	7,1	7,9	4,4	5,3	4,5
Chlortoluron	1,6	1,3	1,5	3,1	1,5	1,0	1,5	1,2	1,2	1,1	1,4	1,4	1,3	1,2	1,4
Clofibrinsäure	0,63	0,43	0,62	1,80	0,55	n.a.	0,51	0,35	0,48	0,38	0,34	0,37	0,46	0,55	0,51
2,4-D	1,20	0,94	1,20	9,80	0,87	0,50	0,91	0,58	0,90	0,45	0,83	1,40	0,55	0,55	0,74
Diazinon	n.a.	n.a.	n.a.	0,4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Dichlorprop	0,87	0,64	0,62	1,70	0,64	n.a.	0,72	0,49	0,49	0,34	0,51	0,81	0,39	0,53	0,59
Dimethoat	0,07	n.a.	n.a.	0,12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Diuron	5,7	4,0	5,1	12,0	4,9	3,5	5,4	4,0	4,5	3,2	4,5	5,2	4,1	4,1	4,6
Fenuron	0,39	0,12	0,20	3,30	0,20	n.a.	0,33	n.a.	0,22	0,06	0,24	0,35	0,07	0,09	0,13
Irgarol	0,33	0,20	0,30	1,02	0,34	0,13	0,29	0,13	0,22	0,14	0,21	0,31	0,17	0,21	0,18
Isoproturon	2,50	2,30	2,60	4,50	2,70	2,20	2,50	2,00	2,40	2,10	2,30	2,60	2,40	2,30	1,70
Linuron	n.a.	n.a.	n.a.	0,8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
MCPA	1,00	0,84	1,10	6,20	1,10	0,48	1,10	0,65	0,95	0,50	1,00	1,30	0,53	0,83	0,70
Mecoprop	1,90	1,60	2,00	4,30	1,70	1,10	1,60	1,40	1,50	1,00	1,50	1,80	1,40	1,70	1,50
Metazachlor	0,44	0,25	0,46	1,73	0,45	0,15	0,40	0,15	0,30	0,17	0,31	0,43	0,24	0,30	0,34
Metolachlor	0,8	0,5	0,8	3,5	0,9	0,3	1,1	0,3	0,7	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	0,4
Prometryn	0,42	0,11	0,35	3,40	0,44	0,03	0,36	0,02	0,29	0,07	0,34	0,51	0,11	n.a.	n.a.
Propazin	n.a.	n.a.	n.a.	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Simazin	2,6	1,5	1,7	11,1	1,9	1,3	1,9	1,3	1,6	1,0	1,9	2,3	1,1	1,3	1,3
Terbutylazin	2,40	1,40	2,70	9,70	2,60	0,82	3,00	0,93	2,20	1,10	2,00	2,70	1,70	2,10	2,00
Terbutryn	0,5	0,4	0,7	2,3	0,7	0,2	0,8	0,2	0,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,4	0,4

n.a.=nicht analysiert