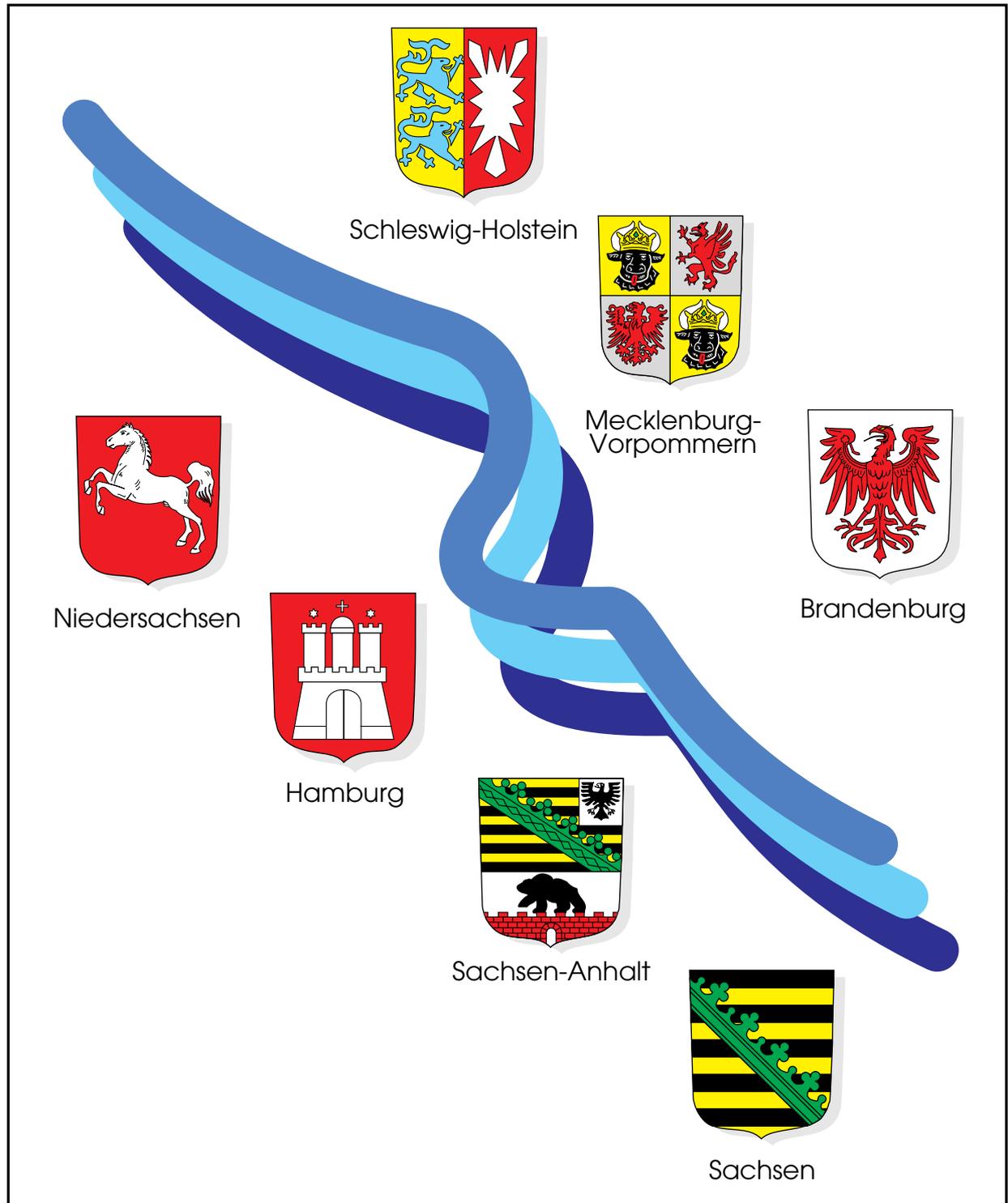


Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



Protokoll einer Wiederholungs-Meßfahrt auf der Mittelelbe

10 Jahre nach der Wiedervereinigung Deutschlands

2000

**Protokoll einer Wiederholungs-Meßfahrt
auf der Mittelelbe
10 Jahre nach der Wiedervereinigung Deutschlands**

Ministerium für Landwirtschaft,
Umweltschutz und Raumordnung
des Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 103
1 4 4 7 3 P o t s d a m

Umweltbehörde Hamburg
Billstraße 84
2 0 5 3 9 H a m b u r g

Ministerium für Bau, Landesentwicklung und
Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern
Schloßstraße 6 - 8
1 9 0 5 3 S c h w e r i n

Niedersächsisches Umweltministerium
Archivstraße 2
3 0 1 6 9 H a n n o v e r

Sächsisches Staatsministerium
für Umwelt und Landwirtschaft
Wilhelm-Buck-Straße 2
0 1 0 9 7 D r e s d e n

Ministerium für Raumordnung
und Umwelt
des Landes Sachsen-Anhalt
Olvenstedter Straße 4
3 9 1 0 8 M a g d e b u r g

Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten
des Landes Schleswig-Holstein
Mercatorstraße 1 - 3
2 4 1 0 6 K i e l

Bearbeitet:

Dipl.-Ing. (FH) Dieter Spott
UFZ – Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH
Brückstraße 3 a
3 9 1 1 4 M a g d e b u r g

unter Mitwirkung von:

Dipl.-Chem. Erwin Becker
Staatliches Amt für Umweltschutz
Otto-von-Guericke-Str. 5
3 9 1 0 4 M a g d e b u r g

Aufgestellt:

Prof. Dr. Heinrich Reincke
Wassergütestelle Elbe
Neßdeich 120 – 121
2 1 1 2 9 H a m b u r g

Vorwort

Mit dem vorliegenden Protokoll der "Wiederholungsmeßfahrt auf der Mittelelbe 10 Jahre nach der Wiedervereinigung Deutschlands" werden die positiven Veränderungen der Wasserqualität in den letzten 10 Jahren an der Elbe umfassend dokumentiert. Die Koordination bei der Wiederholungsmeßfahrt oblag dem "Staatlichen Amt für Umweltschutz" in Magdeburg, dem "Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle GmbH" sowie der Wassergütestelle Elbe, wobei die in den letzten 10 Jahren gewachsene Zusammenarbeit zwischen den Dienststellen und die damit verbundene Kreativität und Motivation bei der Durchführung gemeinsamer Güteuntersuchungen beispielhaft ist. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle den Mitarbeitern der beteiligten Institutionen.

Geschäftsleiter der Wassergütestelle Elbe

A handwritten signature in black ink, reading "Heinrich Reincke". The signature is written in a cursive style with a large initial 'H' and 'R'.

Prof. Dr. Heinrich Reincke

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufgabenstellung und Organisation	1
2. Allgemeines zur untersuchten Elbestrecke sowie zur hydrologischen und meteorologischen Situation	2
3. Bereisungsergebnisse	5
3.1 Vorbemerkungen	5
3.2 Aktueller Sauerstoffgehalt	6
3.3 Organische Belastung	6
3.4 Chlorid- und Sulfatkonzentration	9
3.5 Stickstoffverbindungen	10
3.6 Arsen und Schwermetalle	15
3.7 AOX und organische Spurenstoffe	23
3.7.1 Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	23
3.7.2 Niedermolekulare Chlorkohlenwasserstoffe	24
3.7.3 Chlororganische Insektizide	27
3.7.4 Chlorbenzole und Hexachlor-1,3-butadien	27
3.7.5 Polychlorierte Biphenyle (PCB)	30
3.7.6 Nitroaromaten und Chlornitrobenzole	30
3.7.7 Phosphorsäureester und Triazine	33
3.8 Biologische und bakteriologische Untersuchungen	36
4. Zusammenfassende Charakterisierung der Belastungssituation im Mai 2000	38

1. Aufgabenstellung und Organisation

Am 16./17. Mai 1990 erfolgte die "erste deutsch/deutsche Meßfahrt auf der Mittel-elbe", deren Ergebnisse von der ARGE ELBE im gleichen Jahr veröffentlicht wurden. Dabei konnten teilweise Meßgrößen analysiert werden, die im Elbeabschnitt mit den hochbelasteten Nebenflüssen Mulde und Saale vorher noch nicht bestimmt worden waren (AOX, einige organische Spurenstoffe usw.). Die gewonnenen Daten sind von besonderem Interesse, da zum Zeitpunkt der Untersuchung der größte Teil der industriellen Emittenten noch in Betrieb war. Exakt 10 Jahre nach dieser Meßfahrt sollte zur Dokumentation der eingetretenen wassergütemäßigen Veränderungen die Längsprofiluntersuchung zur gleichen Jahreszeit sowie mit den gleichen Probenahmestellen und Meßgrößen wiederholt werden.

Die Untersuchung am 16./17.05.2000 erfolgte wie 1990 vom Schiff aus, dabei war die Entnahme der Stichproben nicht transportzeitkonform. Die Probenahmestellen sind in Abb. 1 dargestellt und in Tab. 3 gemeinsam mit Strom-km, Datum und Uhrzeit der Beprobung aufgeführt. Mit Ausnahme der Elbe-Orte Hohenwarthe links, oberh. Havel rechts sowie Hinzdorf links und rechts wurde an allen Entnahmepunkten die 85 Kriterien des kompletten Meßprogramms untersucht. An den namentlich aufgeführten Stellen wurde auf die Bestimmung der Schwermetalle und der organischen Spurenstoffe verzichtet. Das Labor des Staatlichen Amtes für Umweltschutz Magdeburg analysierte die Gesamtheit der Meßgrößen aller entnommenen Proben. Meßprogramm und untersuchte Stoffgruppen sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Meßprogramm der Elbebereisung am 16./17.05.2000

Meßstelle	Elbe-km	Allgem. Meßgr.u. Salze	org. Summen-Meßgr.	Stickstoffverbindungen	Schwermetalle u. As	Chlorkohlenwasserstoffe	Pestizide Nitroaromaten u.a.	Biolog. Kenngrößen
16.05.2000								
Elbe, Roßlau links	257,7	•	•	•	•	•	•	•
Mulde-Mündung	259,5	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Breitenhagen links	287,2	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Breitenhagen rechts	287,2	•	•	•	•	•	•	•
Saale-Mündung	290,7	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Magdeburg links	318,0	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Magdeburg rechts	318,0	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Hohenwarthe links	338,5	•	•	•				•
17.05.2000								
Elbe, Tangermünde links	388,0	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Tangermünde rechts	388,0	•	•	•	•	•	•	•
Elbe oberh. Havel-Mdg. re.	437,0	•	•	•	•	•	•	•
Havel-Mündung	438,0	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Hinzdorf links	449,0	•	•	•				•
Elbe, Hinzdorf rechts	449,0	•	•	•				•
Elbe, Schnackenburg links	474,5	•	•	•	•	•	•	•
Elbe, Schnackenburg rechts	474,5	•	•	•	•	•	•	•

2. Allgemeines zur untersuchten Elbestrecke sowie zur hydrologischen und meteorologischen Situation

Mit der Längsschnittuntersuchung von Roßlau bis Schnackenburg wird der Teilabschnitt der mittleren Elbe mit den bedeutendsten Nebenflußeinmündungen auf deutschem Gebiet und der ehemals größten Abwasserbelastung - neben dem Dresdener Raum - erfaßt (Abb. 1). Es handelt sich um eine Flachlandfließstrecke, deren Ufer durch Buhnen festgelegt sind. Dadurch wird das Gewässer zum "Stromschlauch" eingeeengt, woraus hohe Fließgeschwindigkeiten resultieren. Andererseits bilden die strömungsberuhigten Buhnenfelder Senken für partikulär gebundene Stoffe. Dabei ist diese Sedimentation für einen großen Teil der partikulären Substanz aber nur temporär, da Hochwässer und schiffahrtsbedingte Turbulenzen für eine Resuspension und damit für einen Weitertransport sorgen.

Trotz vorherrschender hoher Turbulenz erfolgt die horizontale Einmischung der Nebenflüsse in den Wasserkörper der Elbe nur sehr zögerlich, woraus bei bestimmten Stoffen hohe Konzentrationsgradienten im Querprofil resultieren. Das erfordert die Wasseruntersuchung mindestens an beiden Ufern (vgl. z.B. Abb. 3). Eine Frachtberechnung aus den gewonnenen Konzentrationswerten ist jedoch auch dabei erst dann gerechtfertigt, wenn der Querprofilgradient annähernd linear verläuft.

Zur Darstellung der hydrologischen Situation bei der Bereisung wurden im allgemeinen die Durchflußwerte der Terminablesungen vom Probenahmetag benutzt. Zum Ausgleich der in einigen Fällen hohen Fließzeit zwischen hydrologischem Pegel und Probenahmestelle wurde für die Elbe in Roßlau und die Havel-Mündung der Werte vom Vortag bzw. bei der Mulde-Mündung die Ablesung 2 Tage vor der Probenahme ohne weitere Korrekturen verwendet (Tab. 5). Die Wasserführung der Elbe lag an den Meßtagen bei 62-65% des langjährigen MQ-Wertes, die der Mulde bei 55%, der Saale bei 76% und die der Havel bei 23% des langjährigen MQ-Wertes. An den Vortagen der Bereisung war mit Ausnahme der Havel ein relativ gleichmäßiges Absinken der Wasserstände zu verzeichnen. Ein Vergleich der Durchflüsse mit den Tageswerten bei der Bereisung von 1990 ist in Tab. 2 dargestellt. Der Pegel Neu Darchau wurde dabei nicht in die Gegenüberstellung einbezogen, weil die Wasserführungen der ab 1.11.1997 gültigen neuen Durchflußtafel deutlich von den Werten der bis dahin verwendeten Tafel abweichen.

Temperatur und Lichtangebot sind wesentliche Einflußfaktoren für die biologische Entwicklung und die Stoffumsetzungen im Fluß. Hierbei haben auch die Wetterverhältnisse an den Vortagen Bedeutung, denn die Situation an einer bestimmten Meßstelle im Fließgewässer ist

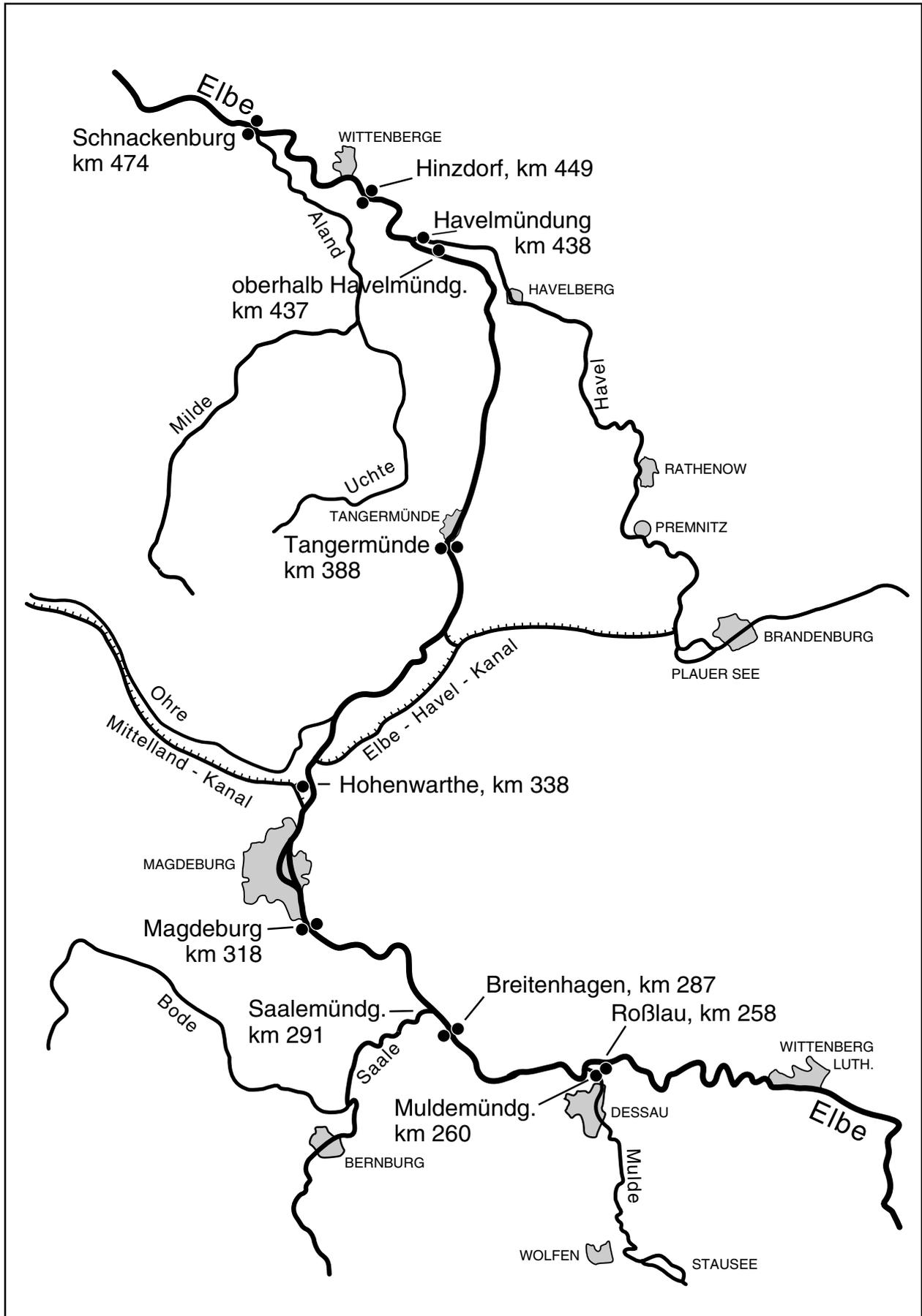


Abb.1: Übersicht der Probenahmestellen bei der Elbemeßfahrt am 16./17.5.2000

Tab. 2: Wasserführungen der Elbe und wichtiger Nebenflüsse bei den Längsschnittuntersuchungen im Mai 1990 und 2000

Bereisungsmeßstelle, Strom-km	hydrologischer Pegel, Strom-km	Q 1990 m ³ /s	Q 2000 m ³ /s
Elbe Roßlau 257,7	Wittenberg 214,1	257	218
MULDE-Mündung (259,5)	Bad Düben -	40,3	34,8
Elbe Breitenhagen 287,0	Aken 274,7	293	259
SAALE-Mündung (290,7)	Calbe-Grizehne -	69,6	87,9
Elbe Magdeburg 318,0	Magdeburg-Strombrücke 326,6	351	357
Elbe Tangermünde 388,0	Tangermünde 388,2	365	365
HAVEL-Mündung (438,0)	Havelberg-Stadt -	34,9	24,6
Elbe Hinzdorf 449,0	Wittenberge 454,6	423	438

immer das Ergebnis der oberhalb an den Vortagen schon abgelaufenen Entwicklungen und Prozesse. Für einen ersten Vergleich der Situation bei den Bereisungen 1990 und 2000 werden Meßwerte der Wetterstation Magdeburg für den Zeitraum von 10 Tagen einschließlich des ersten Bereisungstages herangezogen. Es ergibt sich für 2000 gegenüber 1990 eine um rund 3 °C höhere Lufttemperatur (Mittelwert für den 7.-16. Mai: 1990: 15,3 °C, 2000: 18,6 °C) und eine Summe der Sonnenscheindauer von 1990 = 82,3 Std. und 2000 = 137,1 Std. Von diesen Daten ausgehend, kann für die Bereisung am 16./17.5.2000 relativ betrachtet von etwas höheren Umsetzungen und der Möglichkeit zu einer stärkeren Phytoplanktonentwicklung ausgegangen werden. Dank der Ende 1990 an der Elbe in Magdeburg in Betrieb genommenen Gütemeßstation des StAU Magdeburg lassen sich für Mai 2000 auch folgende Tagessummen der Globalstrahlung nennen (im Vergleich zu den in der Wetterstation Magdeburg gemessenen Sonnenscheinstunden):

Datum	Globalstrahlung (Tagessumme) J/cm ²	Sonnenschein- Std.
10.05.2000	2183	13,1
11.05.2000	2352	14,4
12.05.2000	2447	14,4
13.05.2000	2509	15,0
14.05.2000	2513	15,1
15.05.2000	2507	15,0
16.05.2000	2397	14,6
17.05.2000	1907	10,2

Parallel zum Rückgang der Globalstrahlung vom 16. zum 17. Mai verringert sich das an der Meßstation Magdeburg ermittelte Tagesmaximum des Sauerstoffgehaltes von 13,1 auf 9,8 mg/l bei vergleichbarer Wassertemperatur.

3. Bereisungsergebnisse

3.1 Vorbemerkungen

Wie bereits angedeutet, erfolgten die Probenahmen vom Schiff aus und nicht transportzeitkonform. Beide Faktoren können zu Konsequenzen für die Qualität der gewonnenen Meßwerte führen. So wird das während der Probenahme in Ufernähe liegende Schiff von dem Wasser eingeholt, durch das es vorher gefahren ist. Da die während der Fahrt erzeugten schiffahrtsbedingten Turbulenzen zu einer Sedimentresuspension führen, besteht die Gefahr eines zusätzlichen Erfassens dieser Stoffe. Das kann besonders bei Meßgrößen mit einem hohen partikulären Anteil (z.B. Schwermetalle) in unterschiedlichem Grade zu Konzentrationserhöhungen führen, die die Aussagen über die Entwicklung im Flußlängsschnitt verunsichern.

Aus den Tracerversuchen der BfG im Jahre 1997 ergibt sich für die hier untersuchte Elbestrecke von Roßlau bis Schnackenburg eine Transportzeit von im Mittel 82 Stunden. Am 16./17.5.2000 lag jedoch zwischen der ersten und der letzten Probenahme eine Zeitspanne von nur rd. 30 Std. (die Zeitangaben sind vergleichbar, da die BfG-Messungen bei einem Durchfluß in Magdeburg von im Mittel 367 m³/s durchgeführt wurden und die Wasserführung am 16.05.2000 bei 357 m³/s lag).

Der fließenden Welle vorausseilende Probenahmen konnten in früheren Jahren mit ihren diskontinuierlichen oder auch stoßweisen Abwasserbelastungen dazu führen, daß man bei Längsschnittuntersuchungen in eine Schmutzwelle hinein- und wieder herausfuhr, usw. Die Längsprofile waren entsprechend wenig aussagefähig. Heutzutage - bei wesentlich niedrigeren Abwasserbelastungen - resultiert die Notwendigkeit einer zumindest annähernd transportzeitkonformen Probenahme bei longitudinalen Messungen in der Vegetationsperiode aus der positiven Korrelation zwischen der Phytoplanktonkonzentration und dem Alter der fließenden Welle. Durch die Algen (-biomasse) wird während dieser Zeit der Sauerstoffhaushalt, die organische Belastung (Sekundärverschmutzung!) und teilweise auch das Nährstoffregime dominiert. Die Meßwerte von nicht transportzeitgerechten Längsschnittuntersuchungen können deshalb zu Fehlinterpretationen nicht nur beim Chlorophyllgehalt führen.

Trotz dieser Vorbehalte wird ein Teil der gewonnenen Meßwerte in Längsschnittdiagrammen dargestellt, um die seit der "ersten deutsch/deutschen Meßfahrt auf der Mittelelbe" vor exakt 10 Jahren eingetretene Entwicklung der Wasserbeschaffenheit augenfällig zu machen.

3.2 Aktuelle Sauerstoffgehalte

Die Sauerstoffgehalte der Elbe unterliegen während der Vegetationsperiode einem entsprechend der jeweiligen Phytoplanktonentwicklung und dem Lichtangebot mehr oder weniger stark ausgeprägtem Tag-Nacht-Gang. Die in Tab. 3 zusammengestellten Meßwerte widerspiegeln deshalb auch eher die unterschiedliche Tageszeit bei der Untersuchung als ein Längsschnittverhalten. Die Konzentrationen belegen schon für die frühen Vormittagsstunden eine Sauerstoffübersättigung durch die biogene Produktion, im Maximum erreichen die SSI-Werte 138%. Bei der Bereisung 1990 lagen die SSI-Werte meist zwischen etwa 30 und 40%. Trotz der 1990 niedrigeren Phytoplanktongehalte und eines geringeren Lichtangebotes vor und während der Bereisung ist auch hier von einer biogenen Sauerstoffproduktion auszugehen, nur waren die Sauerstoffzehrungen durch die hohe Abwasserbelastung so hoch, daß der gebildete Sauerstoff praktisch sofort wieder verbraucht wurde.

Tab. 3: Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigungsindex bei der Elbebe-
reisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Uhr- Zeit	TW Grad C	O ₂ mg/l	SSI %
257,7	Elbe Roßlau links	16.05.2000	9:00	20,4	10,2	113
(259,5)	Mulde-Mündung	16.05.2000	9:20	20,5	9,5	106
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.2000	11:30	20,9	11,9	133
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.2000	11:15	20,6	11,4	127
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.2000	11:55	20,6	10,9	121
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.2000	13:50	21,2	11,2	126
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.2000	14:05	21,3	12,2	138
338,5	Elbe, Hohenwarthe links	16.05.2000	15:35	21,5	12,0	136
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.2000	8:20	21,0	10,1	113
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.2000	8:05	21,0	9,9	111
437,0	Elbe oh. Havel-Mdg. rechts	17.05.2000	11:30	21,8	11,0	125
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.2000	11:40	22,2	9,5	109
449,0	Elbe, Hinzdorf links	17.05.2000	12:30	21,9	11,2	128
449,0	Elbe, Hinzdorf rechts	17.05.2000	12:25	21,6	10,8	123
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.2000	14:30	22,3	11,1	128
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.2000	14:15	22,3	10,9	125

3.3 Organische Belastung

Die Befunde für die organischen Summenmeßgrößen sind in Tab. 4 zusammengestellt. Abgesehen von der Havel treten beim DOC im untersuchten Längsschnitt nur geringe Konzentrationsänderungen auf, die zudem im Fehlerbereich der Bestimmungsmethode liegen dürften ($\bar{x} = 5,5$ mg/l, $s = 0,3$ mg/l). Gegenüber 1990 haben sich die Konzentrationen um rd. 40

bis 50% erniedrigt. Bei diesem Vergleich bildet die Havel-Mündung eine Ausnahme: Die DOC-Konzentration hat sich hier nur unwesentlich verringert und liegt mit 9,7 mg/l deutlich über den Werten der Elbe und der anderen Nebenflüsse (die regelmäßigen Kontrolluntersuchungen des StAU Magdeburg bestätigen diesen Befund).

Tab. 4: Organische Summenmeßgrößen

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	DOC mg/l	TOC mg/l	CSB-ges mg/l	UV-254 E/cm	AOX µg/l
257,7	Elbe Roßlau links	16.05.00	5,4	8,4	29	0,131	24
(259,5)	Mulde-Mündung	16.05.00	5,0	6,9	16	0,094	21
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.00	5,6	8,4	31	0,123	25
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.00	5,4	12,0	32	0,130	23
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.00	5,4	8,8	19	0,103	25
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.00	5,8	11,0	29	0,118	24
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.00	5,3	8,3	32	0,125	27
338,5	Elbe, Hohenwarthe links	16.05.00	5,9	13,0	32	0,118	32
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.00	5,4	11,0	30	0,117	25
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.00	5,6	7,9	30	0,117	22
437,0	Elbe oh. Havel-Mdg. rechts	17.05.00	6,0	7,9	33	0,117	25
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.00	9,7	11,0	28	0,202	19
449,0	Elbe, Hinzdorf links	17.05.00	5,4	7,8	29	0,121	24
449,0	Elbe, Hinzdorf rechts	17.05.00	5,9	8,2	30	0,125	23
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.00	6,1	9,5	30	0,119	22
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.00	5,1	11,0	30	0,124	22

Insbesondere durch die Stilllegung der Zellstoffindustrie im Dresdener Raum und an den Nebenflüssen im Verlaufe des Jahres 1990 sind die Meßwerte der UV-Absorption bei 254 nm - wieder mit Ausnahme der Havel - um im Mittel rd. 60% zurückgegangen (Abb. 2). In der Havel hat sich im Vergleich der Jahre 1990 und 2000 praktisch keine Veränderung ergeben. Es zeigt sich eine auffallende Parallele zum DOC. Die Ursachen für die gegenüber der Elbe markant höheren Konzentrationen gelösten organischen Kohlenstoffs und UV-aktiver Substanzen in der Havel sind nicht bekannt. Vermutet wird eine größere Belastung mit nicht abbaubaren, huminstoffähnlichen Reststoffen aus den Kläranlagen insbesondere der Millionenstadt Berlin (die Abwasserlast liegt in der Elbe bis einschließlich Sachsen-Anhalt bei etwa $60 \text{ E/l}\cdot\text{s}^{-1} \text{ MNQ}$, in der Havel bei etwa $250 \text{ E/l}\cdot\text{s}^{-1} \text{ MNQ}$!).

Aus den vorliegenden TOC-Konzentrationswerten läßt sich nicht auf das Längsschnittverhalten dieses Kriteriums schließen. Auch das Verhältnis zu den Meßwerten von 1990 ist großen Schwankungen unterworfen. Für die Elbeprobe ergibt sich eine Abnahme der Gehalte, die zwischen 10 und 48% liegt.

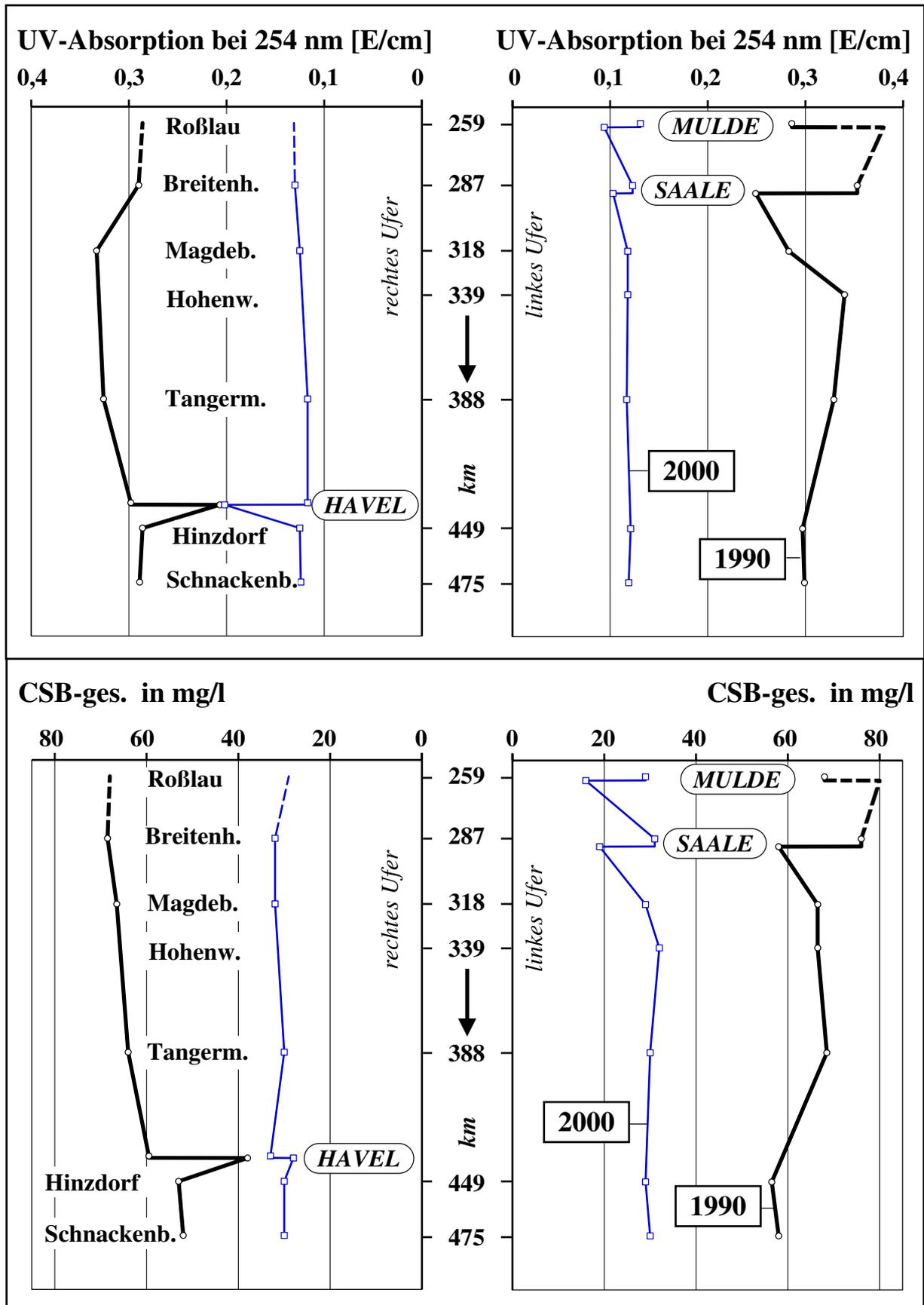


Abb. 2: UV-Absorption bei 254 nm und Gesamt-CSB der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

Aus drei von der UFZ-Gewässerforschung Magdeburg während der Vegetationsperioden der Jahre 1997-99 durchgeführten annähernd transportzeitkonformen Elbeuntersuchungen ergab sich stets mit zunehmender Fließstrecke eine relativ gleichmäßige Erhöhung der Gesamt-CSB-Konzentration. Ein paralleles Verhalten zeigten die POC- und Chlorophyll-a-Gehalte. Das heißt, die sich mit dem Alter der fließenden Welle erhöhende Phytoplanktonbiomasse liefert heute einen wesentlichen Anteil an der organischen Belastung der Elbe, sie führt zur Sekundärverschmutzung. Auswirkungen werden z.B. im "Sauerstoffloch" unterhalb Hamburgs beobachtet.

Die bei der Elbebereisung am 16./17.05.2000 gewonnenen Gesamt-CSB-Meßwerte zeigen abweichend von diesen Befunden keine Konzentrationszunahme im Flußlängsschnitt (Abb. 2). Die Ursache hierfür dürfte in der fehlenden Fließzeitkonformität der Probenahme zu suchen sein. Bei den Chlorophyll-a-Gehalten (Tab. 14) deutet sich lediglich am ersten Untersuchungstag zwischen Roßlau und Magdeburg (linkes Ufer) der erwartete Biomassezuwachs an, allerdings lassen sich die Befunde vom zweiten Tag nicht interpretieren, da bei der Bestimmung offensichtlich die Differenzierung zwischen Chlorophyll a und dem Phaeopigment nicht gelungen ist.

Beim Vergleich der Belastungssituation von Mai 1990 mit der vom Mai 2000 erweist es sich als sehr günstig, daß beide Bereisungen bei praktisch der gleichen Elbewasserführung erfolgten, so daß die ohnehin problematische Berechnung von Frachtwerten nicht notwendig ist. Der höchste Konzentrationsrückgang beim Gesamt-CSB um mindestens 80% ist an der Mulde zu verzeichnen, Ursache ist vor allem die Stilllegung von zwei Zellstoffwerken. Auch beim Belastungsrückgang in der Saale (-67%) haben Betriebsstilllegungen neben dem Kläranlagenbau Bedeutung. Die vergleichsweise unbedeutende Erniedrigung der CSB-Gehalte in der Havel (-26%) hängt neben dem relativ geringeren industriellen Anteil an der Gesamtbelastung, der auch 1990 schon verhältnismäßig günstigen Situation hinsichtlich vorhandener Abwasserreinigungsanlagen (Berlin!) und der Bioproduktion in dem größtenteils rückgestauten Fließgewässer zusammen. In der Elbe selbst liegen die Rückgänge zwischen 56 und 45% (Querprofilmittel), wobei auch hier die Stilllegung der Zellstoffproduktion (Raum Dresden) von wesentlicher Bedeutung ist.

3.4 Chlorid- und Sulfatkonzentration

Die Hauptsalzbelastung der mittleren Elbe erfolgt durch den Zufluß der Saale (Tab. 5). Die hohen Salzkonzentrationen dieses Nebenflusses sind zum Teil geogen bedingt (besonders beim Sulfat), resultieren aber auch - beim Chlorid größtenteils - aus Salzwassereinleitungen von Bergbau und Industrie. Abb. 3 zeigt sehr deutlich die nur zögerliche Einmischung der

Tab. 5: Elektrische Leitfähigkeit, Chlorid- und Sulfatgehalt sowie pH-Wert bei der Elbebe-
reisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Q m ³ /s	el. Leitf μS/cm	Chlorid mg/l	Sulfat mg/l	pH
257,7	Elbe Roßlau links	16.05.00	218,0	470	33	91	9,1
(259,5)	Mulde-Mündung	16.05.00	34,8	560	46	121	9,0
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.00	259,0	480	33	95	9,3
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.00	259,0	470	32	90	9,2
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.00	87,9	2400	437	284	8,2
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.00	357,0	1210	208	170	8,9
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.00	357,0	750	93	117	9,2
338,5	Elbe, Hohenwarthe links	16.05.00	357,0	1090	172	154	8,9
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.00	365,0	1030	152	140	8,9
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.00	365,0	1000	148	141	8,9
437,0	Elbe oh. Havel-Mdg. rechts	17.05.00		970	143	142	8,9
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.00	24,6	730	61	126	8,1
449,0	Elbe, Hinzdorf links	17.05.00	438,0	980	143	142	8,9
449,0	Elbe, Hinzdorf rechts	17.05.00	438,0	950	137	142	8,8
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.00	466,0	960	137	141	8,9
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.00	466,0	940	133	140	8,8

Saale in den Wasserkörper der Elbe, nach 100 km Fließstrecke ist bei Tangermünde der Konzentrationsausgleich erst annähernd erreicht. Außerdem wird in den Diagrammen der Belastungsrückgang seit 1990 deutlich, der an der Saale vor allem durch die Stilllegung der Kaliindustrie im Südharz-Revier verursacht wurde (Konzentrationsverminderung beim Chlorid 62%, beim Sulfat 30%). Aber auch oberhalb von Mulde und Saale ist der Chloridgehalt um 44% und der Sulfatgehalt um 22% zurückgegangen. Die geringsten Veränderungen sind bei der Havel mit -32% und -18% eingetreten.

3.5 Stickstoffverbindungen

Die Meßwerte der im Mai 2000 analysierten anorganischen Stickstoffverbindungen sind in Tab. 6 zusammengefaßt und in den Abb. 4 und 5 im Vergleich zu den Befunden von 1990 im Längsschnitt dargestellt.

Die im Mai 2000 gemessenen Ammonium-Konzentrationen liegen in der Elbe bei 0,03 bis 0,06 mgN/l und sind damit gegenüber den Werten von 1990 um 90-99% zurückgegangen. Bemerkenswert ist auch die Belastungsreduzierung in den Nebenflüssen, insbesondere in der Saale. Diese positive Entwicklung resultiert vor allem aus der Reduzierung industrieller Abwassereinleitungen (in der Saale besonders Düngemittelbetriebe). Daneben hat die zunehmende biologische Kommunalabwasserreinigung und der Belastungsrückgang aus der Landwirtschaft Bedeutung. Bei der Beurteilung weiterhin zu berücksichtigen ist die wieder mög-

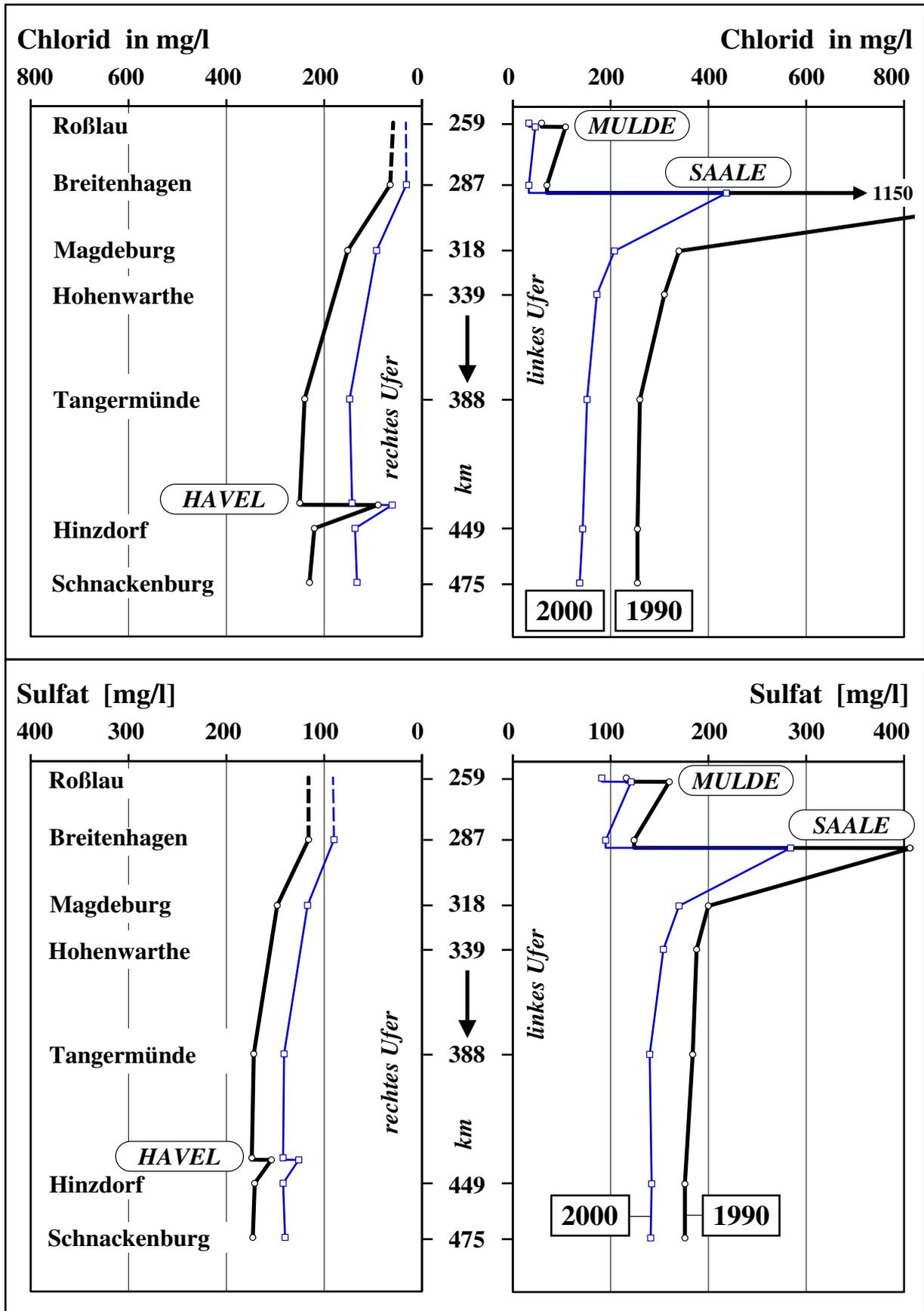


Abb. 3: Chlorid- und Sulfatkonzentration der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

Tab. 6: Konzentration anorganischer Stickstoffverbindungen bei der Elbebereitung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Q m ³ /s	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	TIN mg/l
257,7	Elbe Roßlau links	16.05.00	218,0	0,05	0,020	3,2	3,27
(259,5)	Mulde-Mündung	16.05.00	34,8	0,04	0,033	3,8	3,87
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.00	259,0	0,03	0,020	2,9	2,95
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.00	259,0	0,04	0,018	2,9	2,96
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.00	87,9	0,11	0,111	6,1	6,32
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.00	357,0	0,06	0,047	4,1	4,21
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.00	357,0	0,03	0,028	3,2	3,26
338,5	Elbe, Hohenwarthe links	16.05.00	357,0	0,04	0,035	3,8	3,88
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.00	365,0	0,04	0,022	3,2	3,26
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.00	365,0	0,03	0,021	3,2	3,25
437,0	Elbe oh. Havel-Mdg. rechts	17.05.00		0,04	0,019	2,9	2,96
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.00	24,6	0,05	0,015	0,1	0,17
449,0	Elbe, Hinzdorf links	17.05.00	438,0	0,04	0,019	2,9	2,96
449,0	Elbe, Hinzdorf rechts	17.05.00	438,0	0,05	0,019	2,7	2,77
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.00	466,0	0,03	0,017	2,9	2,95
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.00	466,0	0,03	0,017	2,7	2,75

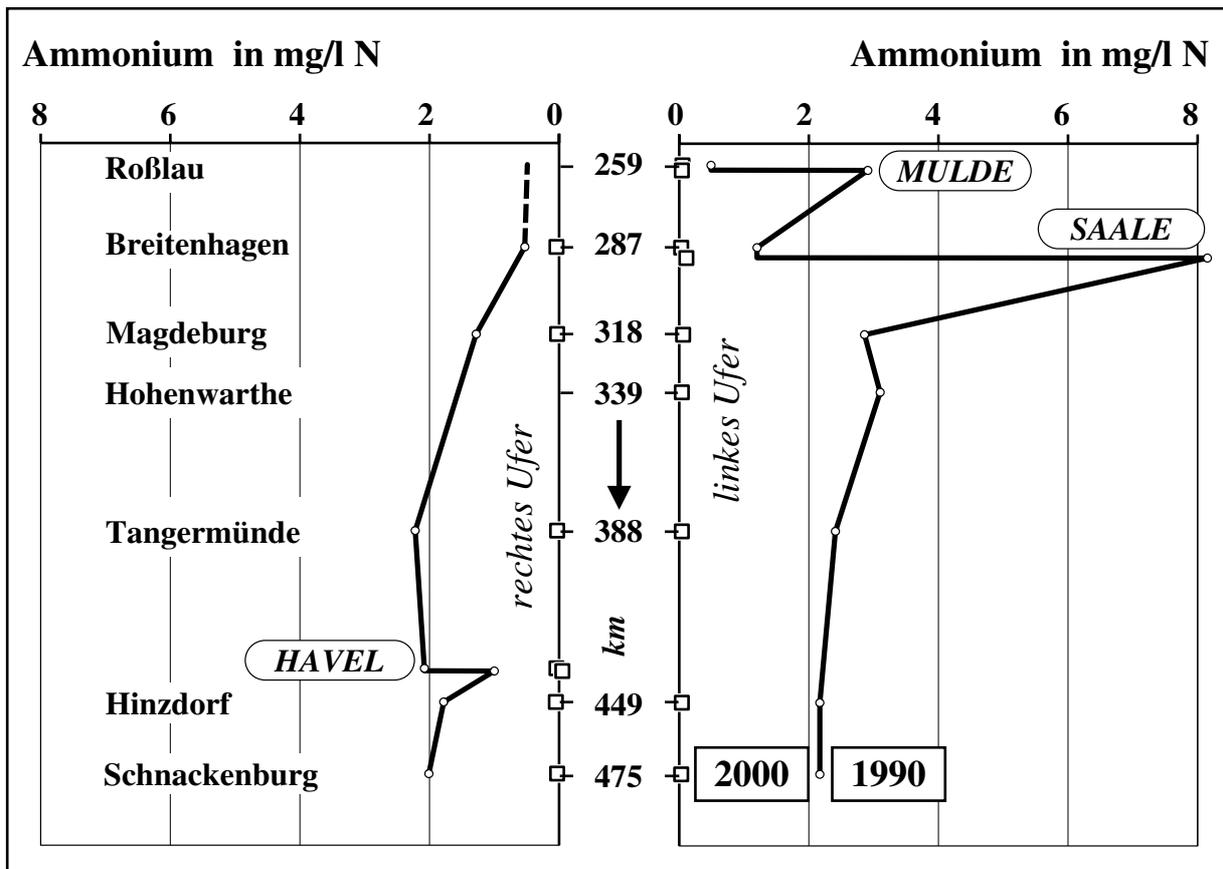


Abb. 4: Ammoniumkonzentration der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

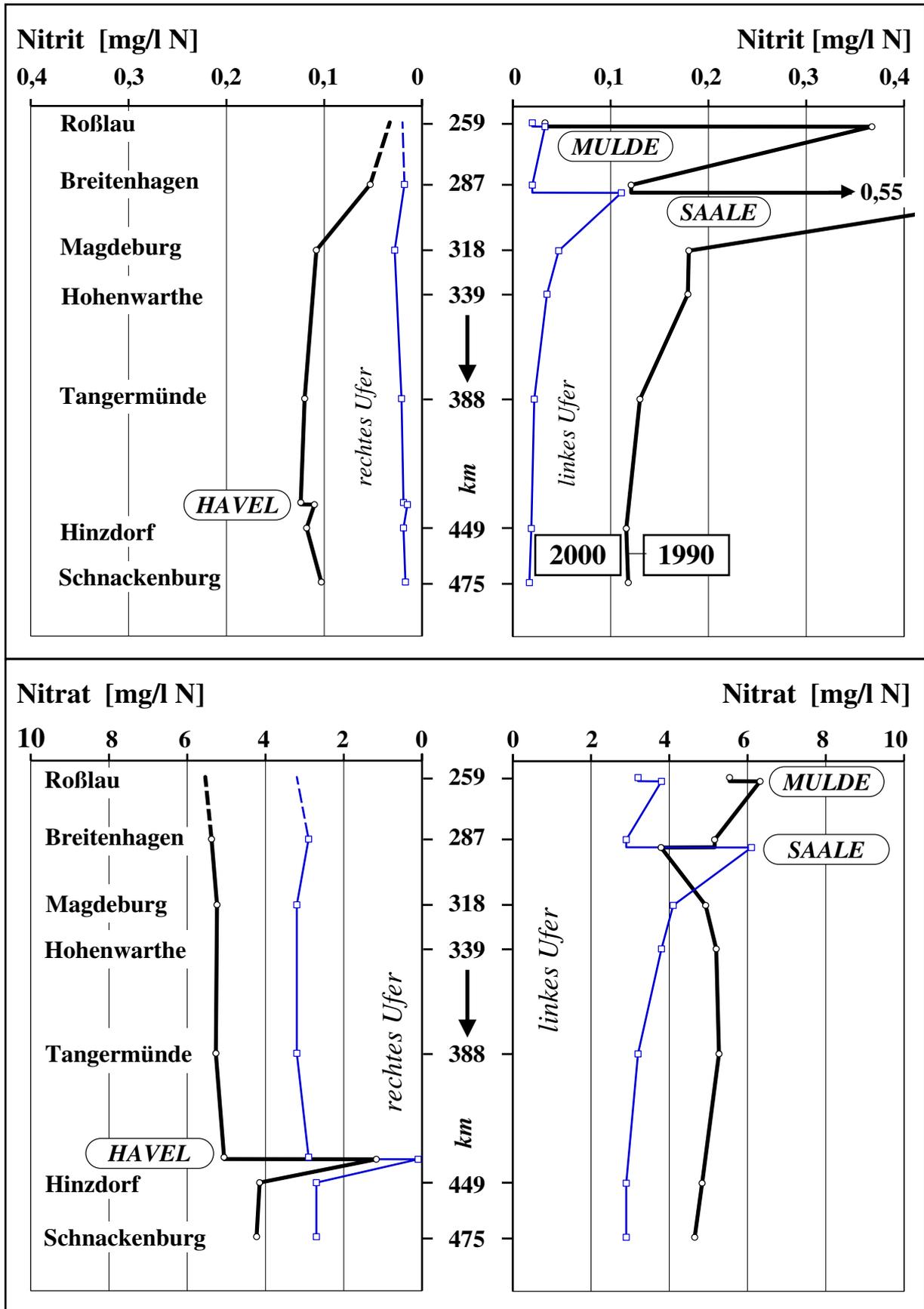


Abb. 5: Nitrit- und Nitratkonzentration der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

liche Nitrifikation im Gewässer und die Inkorporation insbesondere durch das Phytoplankton.

Insbesondere unterhalb der Mündungen von Mulde und Saale sind auch die Nitritgehalte der Elbe in der Größenordnung von 80% zurückgegangen, jedoch werden die Leitwerte für Fischgewässer (78/659/EWG) - vor allem in der Saale - noch deutlich überschritten (vgl. Tab. 6 und Abb. 5).

Nitrat ist heute selbst in der Saale wieder die Hauptspeichersubstanz für gebundenen Stickstoff. Bei der Bereisung lagen die Konzentrationswerte in der Elbe zwischen 2,7 und 3,8 (4,1) mg/l N. In der Saale wurde ein Nitratgehalt von 6,1 mg/l N ermittelt, ein Wert, der im Bereich vergleichbarer anderer Messungen liegt. Eine Erklärung für diese gegenüber der Elbe und den anderen Nebenflüssen auffallend hohen Belastung ist u.a. bei der hohen Besiedlungsdichte im Saale-Einzugsgebiet zu suchen (Abwasserlast von 103 E/l*s⁻¹ MNQ, im Elbe-Einzugsgebiet bis einschließlich des Landes Sachsen-Anhalt dagegen nur rd. 60 E/l*s⁻¹ MNQ). In der Havel wurde mit 0,1 mg/l N eine extrem niedrige Nitratkonzentration ermittelt. Solche Werte sind in diesem Nebenfluß nicht ungewöhnlich, nur ist der Eintrittstermin verfrüht, was mit der abnormen Wetterentwicklung im Frühjahr 2000 im Zusammenhang stehen dürfte. Ursache für den minimalen Nitrat- oder auch TIN-Gehalt ist der Verbrauch durch das sich reichlich entwickelnde Phytoplankton in dem rückgestauten Fluß, der außerdem eine Reihe von Seen durchfließt.

Hinsichtlich der Entwicklung der Nitratkonzentrationen seit 1990 bestehen bei Elbe und Saale deutliche Unterschiede. In der Elbe sind die Gehalte nach den Stichprobenbefunden der Bereisung von 1990 und 2000 um im Mittel rd. 40% zurückgegangen, wobei aber nach durchflußbereinigten Daten von der Meßstelle Magdeburg zwischenzeitlich (bis etwa 1994) ein weiterer Anstieg aufgetreten war. Letzteres ist u.a. auf den Rückgang des Nitratverbrauches durch Denitrifikation in den Zeiten stärkster Abwasserbelastung nach Stabilisierung der Sauerstoffversorgung zurückzuführen. Bei der Saale ergibt sich nach den Befunden der beiden Bereisungen eine Konzentrationszunahme für Mai 2000, verursacht offensichtlich durch den sehr niedrigen Wert von 1990. Naheliegend für dessen Erklärung ist auch hier die Annahme von Denitrifikationsverlusten im gesamten Flußsystem, wahrscheinlich insbesondere in den Saale-Nebenflüssen. Eine Trendaussage hinsichtlich der allgemeinen Belastungssituation an der Havel ist nach den vorliegenden Analysendaten nicht möglich, da hier in der Vegetationsperiode das sich oberhalb der Meßstelle zeitlich unterschiedlich entwickelnde Phytoplankton und nicht der Eintrag von außen die Konzentrationshöhe bestimmt.

3.6 Arsen und Schwermetalle

Die im Mai 2000 gemessenen **Arsen**-Gesamtgehalte lagen insgesamt zwischen 1,1 und 5,3 µg/l (Tab. 7). Als Folge des ehemaligen Erzbergbaus im Einzugsgebiet ist die Mulde mit Abstand am höchsten belastet (Haldensickerwässer, Stollenwässer). Bei der ersten deutsch/deutschen Meßfahrt auf der Mittelelbe 1990 wurde der Arsen-Gesamtgehalt nur an wenigen ausgewählten Stellen gemessen, diese Konzentrationswerte (µg/l) werden nachstehend und in Abb. 6 den Befunden von 2000 gegenübergestellt:

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	5,6	2,3
Mulde-Mündung	5,8	5,3
Saale-Mündung	4,0	1,4
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	5,7	2,3
Havel-Mündung	1,8	1,1

(die Buchstaben A oder B kennzeichnen nach "Protokoll der ersten deutsch/deutschen Meßfahrt auf der Mittelelbe...1990" das Laboratorium, dessen Meßwerte von 1990 für die Gegenüberstellung benutzt wurden.)

Verglichen mit den Analysenwerten der Staatlichen Ämter für Umweltschutz von 1996-98 ist der Befund von Roßlau auffallend niedrig und sollte nicht zu einer Trendaussage herangezogen werden. Die Mulde zeigt eine praktisch unverändert hohe Belastung, bei Saale und Havel kann von einem Rückgang der Einträge ausgegangen werden.

Hinsichtlich verfügbarer Vergleichsproben von 1990 besteht beim **Cadmium** die gleiche Situation wie beim Arsen, für die entsprechenden Gesamtgehalte ergibt sich folgende Überblick (in µg/l):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,28	0,17
Mulde-Mündung	0,59	0,45
Saale-Mündung	0,30	0,22
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,31	0,24
Havel-Mündung	0,11	<0,10

Insgesamt zeigen die Untersuchungsbefunde zwar einen Rückgang der Cadmium-Gehalte im Wasser, jedoch ist dieser deutlich geringer als bei anderen Metallen, die Güteklasse verbessert sich nicht. Eine hohe Belastung weist nach wie vor die Mulde auf, Ergebnis von Erzbergbau, Erzverhüttung und Metallverarbeitung seit Jahrhunderten sowie hoher geogener Hintergrundwerte in Einzugsgebiet (Erzgebirge!), Abb. 6.

Tab. 7: Schwermetall- und Arsen-Gesamtgehalte in der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Bereisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	As µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau links	16.05.2000	2,3	0,17	1,3	3,7	380	0,05	200	2,8	2,4	34
	Mulde-Mündung	16.05.2000	5,3	0,45	<1,0	2,9	160	<0,05	120	4,8	1,4	32
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.2000	3,1	0,28	1,3	3,8	420	0,05	210	3,2	2,6	38
287,0 (290,7)	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.2000	2,5	0,22	1,3	3,8	430	<0,05	210	2,9	2,3	35
	Saale-Mündung	16.05.2000	1,4	0,22	1,6	5,7	440	0,14	130	3,7	6,9	76
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.2000	2,3	0,24	1,3	4,2	370	0,08	170	3,2	3,5	44
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.2000	2,4	0,22	1,2	4,6	370	0,08	190	2,8	2,7	40
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.2000	2,6	0,28	1,5	4,4	430	0,08	200	3,2	3,9	43
388,0 (438,0)	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.2000	2,5	0,25	1,5	5,6	360	0,08	180	3,2	3,6	42
	Havel-Mündung	17.05.2000	1,1	<0,1	<1,0	2,1	180	<0,05	330	<2,0	1,0	<10
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.2000	2,7	0,29	1,6	4,8	390	0,10	190	3,1	3,4	48
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.2000	2,4	0,25	1,3	4,4	350	0,09	190	2,9	2,7	34

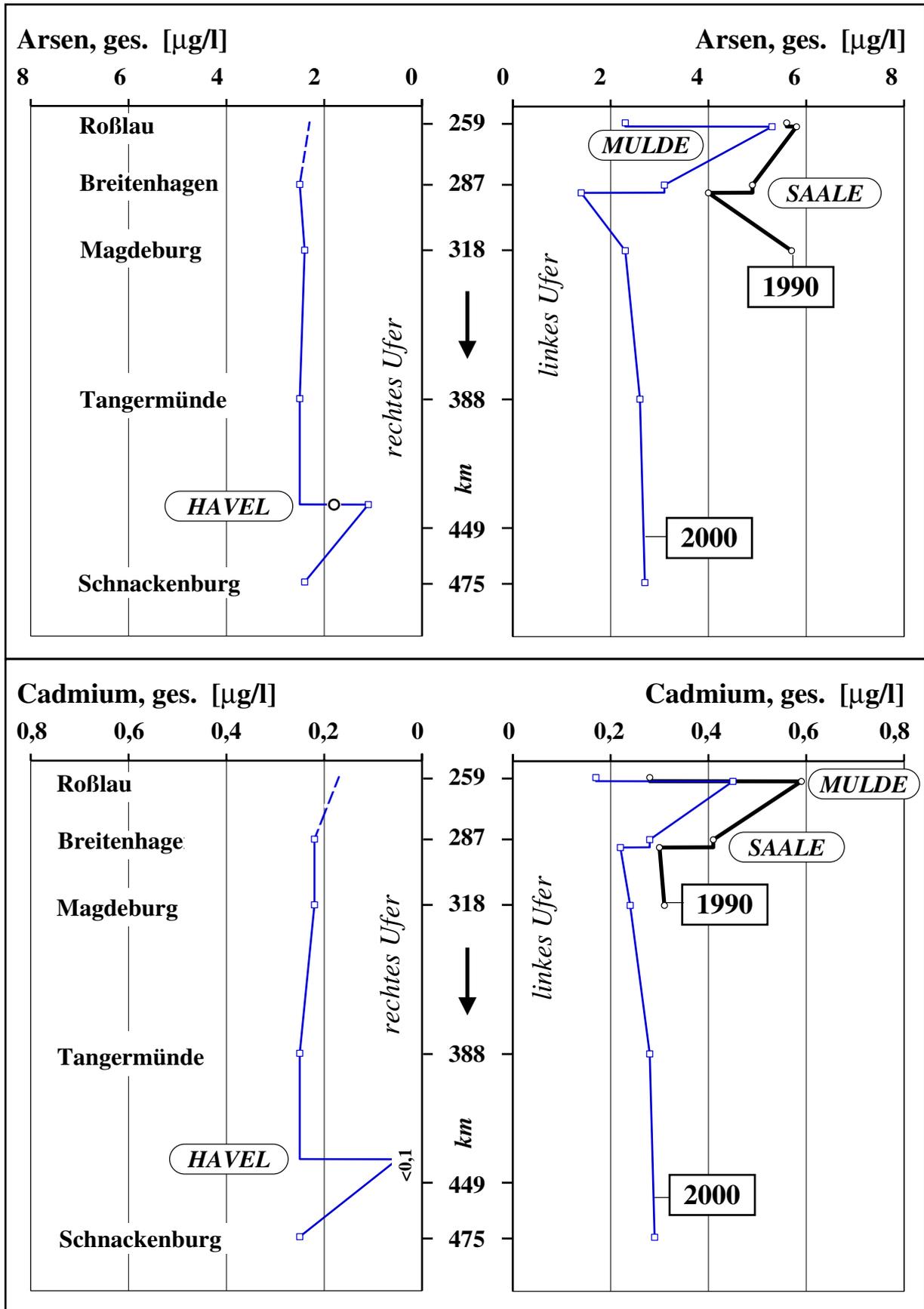


Abb. 6: Arsen- und Cadmium-Gesamtgehalt im Wasser der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

Beim **Chrom** kennzeichnet der Konzentrationsrückgang ($\mu\text{g/l}$) in der unfiltrierten Wasserprobe den Rückgang bzw. die Einstellung industrieller Abwasserbelastungen besonders aus Oberelbe (Lederfabrikation) und Mulde (chemische Industrie):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	10,8	1,3
Mulde-Mündung	10,5	<1,0
Saale-Mündung	7,4	1,6
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	10,7	1,3
Havel-Mündung	2,6	<1,0

Die Elbe und ihre Nebenflüsse sind nach der Konzentrationsreduzierung um bis zu über 90% als bezüglich der Wasserphase praktisch anthropogen unbelastet einzustufen.

Sehr hohe Konzentrationsrückgänge (in $\mu\text{g/l}$) sind auch beim **Kupfer** zu verzeichnen:

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	16	3,7
Mulde-Mündung	14	2,9
Saale-Mündung	15	5,7
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	14	4,2
Havel-Mündung	6	2,1

Beim Kupfer stehen für die Vergleichsjahre Untersuchungsbefunde für alle Meßstellen zur Verfügung, deren grafische Darstellung die positive Beschaffenheitsentwicklung zwischen 1990 und 2000 verdeutlicht (Abb. 7). Verantwortlich für die hohen Belastungen 1990 waren neben anderen Emittenten die Kunstseidenindustrie in Pirna und einschlägige Betriebe in der Mansfeld-Sangerhäuser Kupferschiefermulde. Nach Stilllegung dieser Produktionsstandorte bleiben diffuse Einträge aus Sedimenten und von Altlaststandorten. Letzteres ist u.a. für den vergleichsweise hohen Kupfer-Gesamtgehalt in der Saale verantwortlich.

Auch der kontinuierliche leichte Konzentrationsanstieg im Elbelängsschnitt dürfte wie bei anderen Elementen (Abb. 6 und 7) mit der Remobilisierung belasteter Flußsedimente in Zusammenhang stehen. Zur Erklärung ist auf einen zweiten Effekt hinzuweisen, nämlich die Erhöhung der Schwebefähigkeit bzw. die Verhinderung der erneuten Sedimentation durch Anlagerung der belasteten Partikel an Schwebstoff-Flocken mit Hilfe insbesondere algenbürtiger Exopolymere. Mit steigender Biomassekonzentration im Flußlängsprofil entsprechend dem wachsenden Alter der "fließenden Welle" ist eine Verstärkung dieses Effektes zu erwarten.

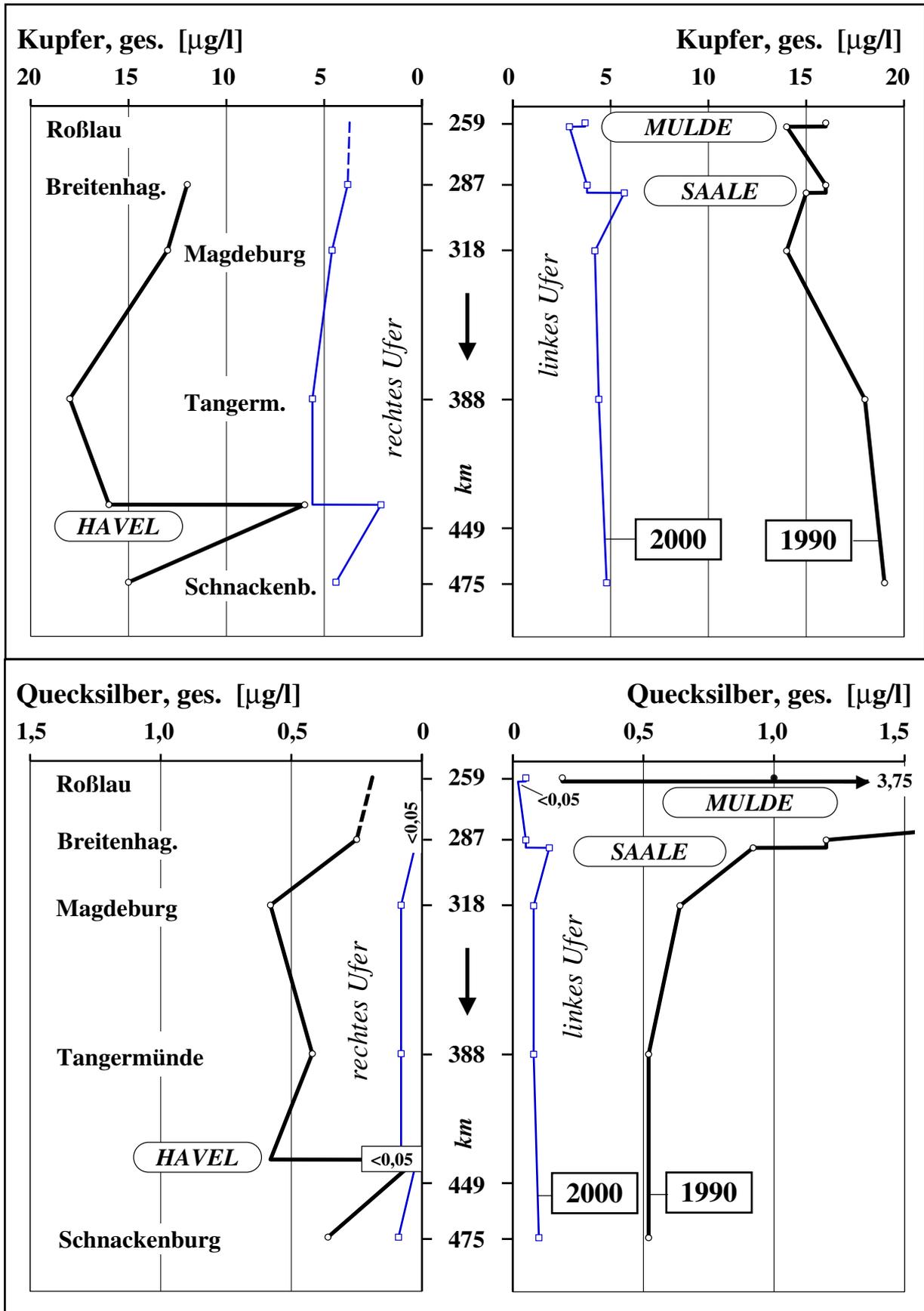


Abb. 7: Kupfer- und Quecksilber-Gesamtgehalt im Wasser der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

Für das **Quecksilber** und die ausgewählten Meßstellen ergibt sich folgender Wertvergleich:

	1990 (B)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,19	0,05
Mulde-Mündung	3,75	<0,05
Saale-Mündung	(0,92)	0,14
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,64	0,08
Havel-Mündung	<0,02	<0,05

(Angaben in µg/l; Wert in (...): Labor A)

Die enorme Verbesserung der Beschaffenheitssituation beim Quecksilber ist vor allem auf die Stilllegung von Produktionsanlagen an Mulde und Saale zurückzuführen (Chloralkalielektrolyse nach dem Amalgamverfahren). Bei Beurteilung und Vergleich der Meßwerte muß berücksichtigt werden, daß die Stichprobenuntersuchungsergebnisse 1990 noch sehr großen Schwankungen unterworfen waren und ein repräsentativer Wert kaum ausweisbar ist. Inzwischen werden die Kontrollergebnisse immer ausgeglichener. Die in der Saale und abgeschwächt auch in der unterhalb liegenden Elbestrecke noch relativ hohen Quecksilber-Gesamtgehalte resultieren vor allem aus den diffusen Einträgen aus Sedimenten und Altlasten (beispielsweise belastete Haldensickerwässer, die der Saale in Schkopau über die Laucha zugeführt werden).

Die heutige **Nickel**-Belastung der untersuchten Elbestrecke und der Nebenflüsse mit Ausnahme der Havel ist nach wie vor kritisch zu bewerten, obwohl nachfolgende Gegenüberstellung eine deutliche Verbesserung der Situation erkennen läßt (in µg/l):

	1990 (B)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	8	2,8
Mulde-Mündung	9	4,8
Saale-Mündung	14	3,7
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	11	3,2
Havel-Mündung	6	<2,0

Beim **Blei** sind als Hauptemittenten Bergbau und Metallverhüttung zu nennen. Nach Stilllegung dieser Produktionsanlagen verbleiben als wesentliche Metalllieferanten die alten Bergwerkshalden und Grubenwässer. Daneben muß- zumindest bei der Mulde - von höheren geogenen Grundbelastungen ausgegangen werden. Auch industrielle Einträge spielen eine Rolle. Schließlich hat das Schwermetallpotential der Gewässersedimente Bedeutung für den Verunreinigungsgrad der Gewässer. Zwischen 1990 und 2000 kam es zu einer deutlichen Verbesserung der Wasserbeschaffenheit in Elbe und Nebenflüssen (in µg/l):

	1990 (B)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	9,0	2,4
Mulde-Mündung	4,1	1,4
Saale-Mündung	22,9	6,9
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	9,5	3,5
Havel-Mündung	5,2	1,0

Aus den einleitenden Anmerkungen wäre eine sehr hohe Belastung der Mulde abzuleiten, die aber augenscheinlich nicht auftritt. Ursache hierfür ist die Retentionswirkung des Muldestausees, die bei dem fast ausschließlich partikulär gebundenen Blei besonders hoch ist. Die Konzentrationsentwicklung ist im Längsprofil in Abb. 8 dargestellt, wobei allerdings die Meßwerte des rechten Ufers von 1990 unberücksichtigt bleiben, da sie - vermutlich durch ungleiche Erfassung zusätzlich aufgewirbelter Sedimente - eine völlig anormale Entwicklung aufweisen. Abb. 8 veranschaulicht die verdünnende Wirkung der Mulde und die hohe Belastung der Elbe durch die Saale.

Die bei den Elbebereisungen 1990 und 2000 ermittelten **Zink**-Gesamtgehalte (in µg/l) werden nachstehend für die ausgewählten Meßstellen gegenübergestellt:

	1990 (B)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	203	34
Mulde-Mündung	92	32
Saale-Mündung	346	76
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	157	44
Havel-Mündung	111	<10

Es zeigt sich durchgehend eine deutliche Verbesserung der Beschaffenheitssituation, wobei aber mit Ausnahme der Havel alle im Mai 2000 gewonnenen Stichprobenmeßwerte sogar noch die Zielvorgaben der Güteklasse III überschreiten. Die Quellen der Belastung sind sehr vielfältig und reichen von den Abwässern der Industrie bis zu denen der Haushalte. Auch Bergbau und Metallverhüttung spielen beim Zink eine Rolle und sind nach Stilllegung über Altlaststandorte und kontaminierte Sedimente sowie Grubenwässer mitverantwortlich für die gegenwärtige Zinkbelastung des Flußwassers. Mit Abb. 8 wird nochmals die Entwicklung seit 1990 angedeutet und als heutige Hauptbelastung der mittleren Elbe die Saale hervorgehoben (Begründung des für 1990 nicht dargestellten rechten Ufers und für die Herausnahme des Meßwertes Tangermünde, linkes Ufer, aus der Kurve siehe beim Blei).

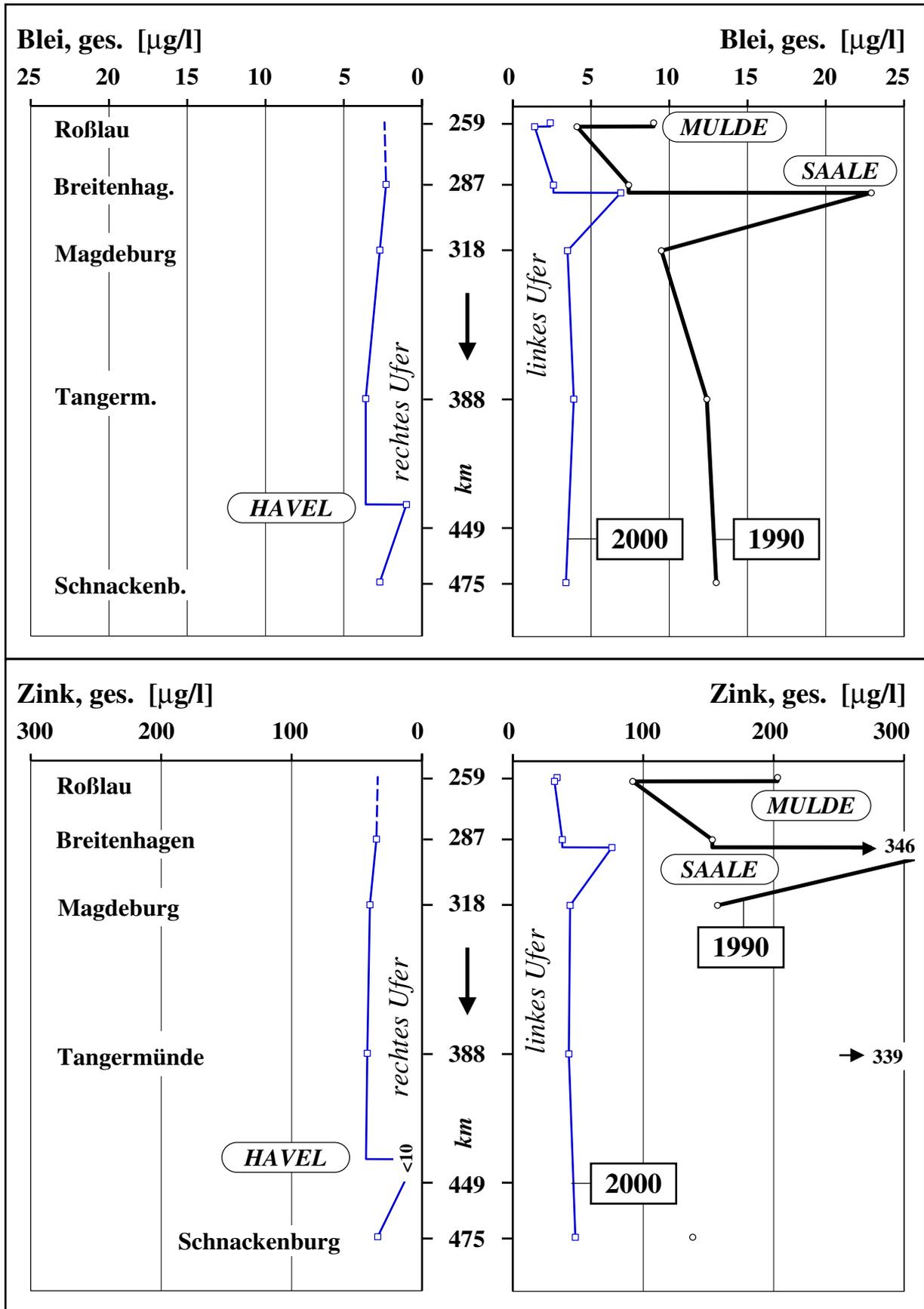


Abb. 8: Blei- und Zink-Gesamtgehalt im Wasser der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

3.7 AOX und organische Spurenstoffe

Vorbemerkung: Während bei beiden Elbebereisungen die AOX-Bestimmung an allen Probenahmestellen erfolgte, war die Untersuchung der organischen Einzelstoffe im Spurenbereich im Mai 1990 meistens auf folgende Meßstellen beschränkt:

Strom-km	Entnahmestelle
257,7	Elbe Roßlau, linkes Ufer
(259,5)	Mulde-Mündung
287,0	Elbe Breitenhagen, linkes Ufer
(290,7)	Saale-Mündung
318,0	Elbe Magdeburg, linkes Ufer
(438,0)	Havel-Mündung

Bei den nachfolgenden Gegenüberstellungen wird die Elbe in Breitenhagen wegen der hier noch sehr unsicheren Einmischungssituation nicht berücksichtigt. In den Texten wird in Klammern nach dem heutigen Namen des Einzelstoffes die alte und im Protokoll für 1990 benutzte Bezeichnung aufgeführt.

3.7.1 Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)

Die bei der Bereisung 2000 gewonnenen Analysenergebnisse für diese Summenmeßgröße sind in Tab. 4 enthalten. Im Vergleich zu den Meßwerten von 1990 ergibt sich folgende Konzentrationsentwicklung (in µg/l):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	101	24
Mulde-Mündung	841	21
Saale-Mündung	260	25
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	198	24
Havel-Mündung	30	19

Noch deutlicher wird die eingetretene Entlastung der Gewässer im Längsschnittdiagramm (Abb. 9). Ursache für diese Entwicklung ist neben der Rückläufigkeit einer Vielzahl von kleineren Belastungsquellen in der Hauptsache die Einstellung der Zellstoffproduktion im Dresdener Raum sowie an der unteren Mulde und damit gleichzeitig der Wegfall der Zellstoffbleiche mittels Chlor, bei der der allergrößte Teil der mit dem AOX in der Summe erfaßten organischen Chlorverbindungen entsteht.

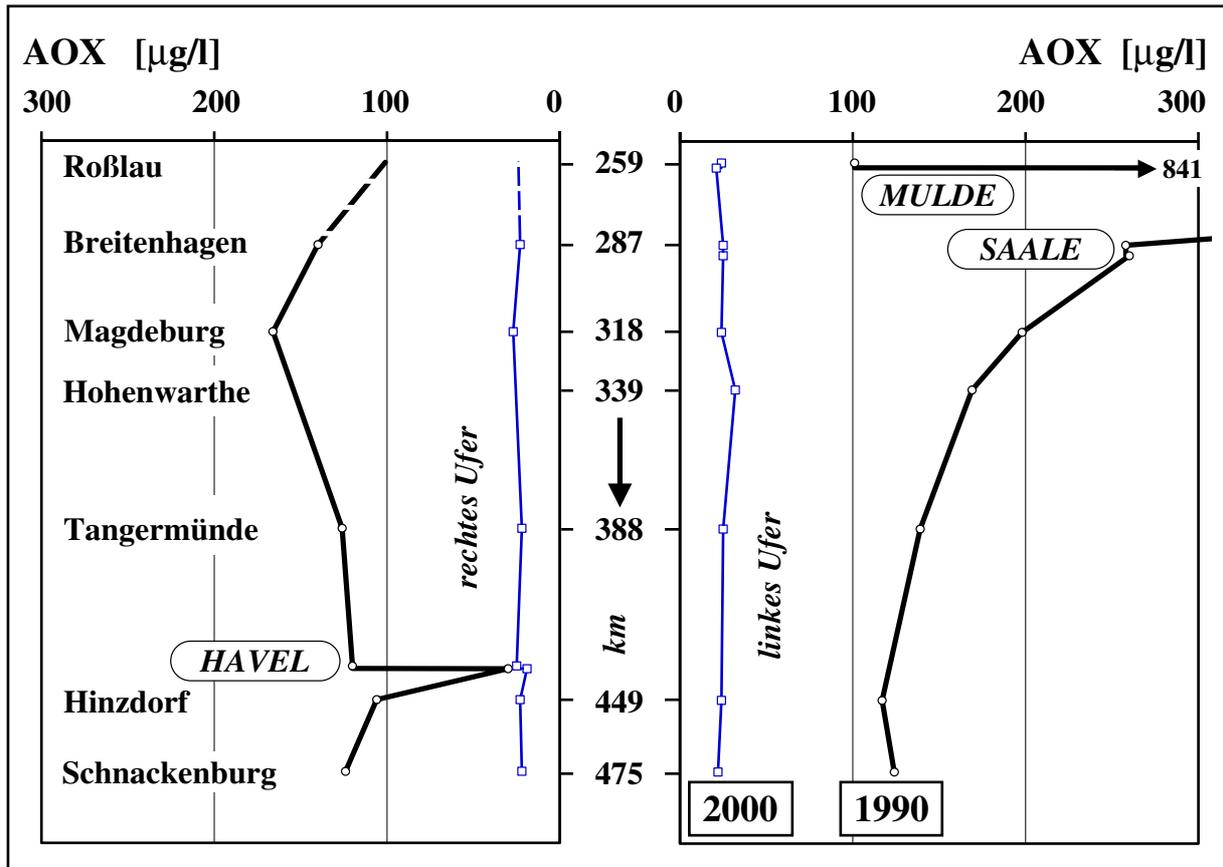


Abb. 9: AOX-Konzentration der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

3.7.2 Niedermolekulare Chlorkohlenwasserstoffe

Die bei der Bereisung im Mai 2000 gewonnenen Konzentrationswerte sind in Tab. 8 zusammengefaßt. Alle aufgeführten Substanzen wurden auch 1990 schon bestimmt.

Ein Gehalt an **Dichlormethan** und **1,2-Dichlorethan** konnten 1990 lediglich in der Mulde nachgewiesen werden (0,25 und 0,3 µg/l), im März 2000 lagen die Meßwerte aller Proben unter der Bestimmungsgrenze.

Beim **Trichlormethan** (Chloroform) ergibt sich zwischen 1990 und 2000 folgende Konzentrationsentwicklung (in µg/l):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,31	0,18
Mulde-Mündung	33,0	0,26
Saale-Mündung	0,13	0,07
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	3,18	0,12
Havel-Mündung	0,05	0,11

Tab. 8: Konzentration niedermolekularer Chlorkohlenwasserstoffe in der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Bereisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Dichlor- methan µg/l	Trichlor- methan µg/l	Tetra- chlor- methan µg/l	1,2-Di- chlor- ethan µg/l	1,1,1-Tri- chlor- ethan µg/l	1,1,2,2- Tetra- chlor- ethan µg/l	Trichlor- ethen µg/l	1,1,2,2- Tetra- chlor- ethen µg/l
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau links	16.05.00	<0,100	0,180	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,044	0,110
287,0	Mulde-Mündung	16.05.00	<0,100	0,260	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,140	0,150
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.00	<0,100	0,170	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,058	0,120
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.00	<0,100	0,180	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,052	0,130
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.00	<0,100	0,070	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,046	0,032
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.00	<0,100	0,120	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,053	0,100
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.00	<0,100	0,150	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,045	0,130
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.00	<0,100	0,110	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,035	0,075
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.00	<0,100	0,110	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,038	0,071
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.00	<0,100	0,110	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,028	0,042
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.00	<0,100	0,075	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,045	0,048
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.00	<0,100	0,069	<0,010	<0,500	<0,010	<0,100	0,040	0,042

Die hohen Gewässerbelastung insbesondere der Mulde im Mai 1990 wurde verschuldet durch die chemische Industrie und die Zellstoffindustrie mit ihren Abwässern aus der Chlorbleiche.

Das 1990 mit Ausnahme der Havel an allen Stellen nachweisbare **Tetrachlormethan** (Tetrachlorkohlenstoff) lag im Mai 2000 durchgehend unter der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l (1990 waren als Maximum aller Untersuchungen 5,5 µg/l in der Mulde gemessen worden).

Ebenfalls unter der Bestimmungsgrenze lagen bei der Bereisung im Mai 2000 die Gehalte an **1,1,1-Trichlorethan** und **1,1,2,2-Tetrachlorethan**, bei letzterem wurde 1990 in der Mulde eine Konzentration von 30,3 µg/l ermittelt.

Trichlorethen (Trichlorethylen) zeigt folgende Konzentrationsentwicklung (in µg/l):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,12	0,044
Mulde-Mündung	26,0	0,140
Saale-Mündung	1,99	0,046
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	1,28	0,053
Havel-Mündung	0,007	0,028

Eine ähnliche Situation ist beim **1,1,2,2-Tetrachlorethen** (Perchlorethylen) zu verzeichnen (Angaben in µg/l):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,18	0,044
Mulde-Mündung	7,65	0,140
Saale-Mündung	0,93	0,046
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	1,99	0,053
Havel-Mündung	0,05	0,028

Bei den beiden zuletzt aufgeführten Verbindungen dürfte der Rückgang der Gewässerbelastung hauptsächlich mit Produktionsstillegungen in der Industrie verbunden sein. Von keinem der untersuchten niedermolekularen Chlorkohlenwasserstoffe wurden nach den Stichproben-Untersuchungsergebnissen die Zielvorgaben der Gewässergüteklasse I-II für "Industriechemikalien" in der Wasserphase überschritten.

3.7.3 Chlororganische Insektizide

Die Meßergebnisse zu dieser Stoffgruppe sind in Tab. 9 zusammengestellt. Mit Ausnahme des δ -HCH wurden die aufgeführten Substanzen auch 1990 analysiert. Die höchste Konzentrationsabnahme der im Abstand von 10 Jahren beprobten Gewässerstellen trat beim α -HCH auf (Angaben in $\mu\text{g/l}$):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,004	0,002
Mulde-Mündung	0,055	0,007
Saale-Mündung	0,001	<0,002
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,009	<0,002
Havel-Mündung	<0,001	<0,002

Mit Ausnahme des β -HCH-Meßwertes der Mulde (0,019 $\mu\text{g/l}$) lagen im Mai 2000 alle Konzentrationen bei oder unter 0,005 $\mu\text{g/l}$ bzw. unter der Bestimmungsgrenze (Tab. 9).

3.7.4 Chlorbenzole und Hexachlor-1,3-butadien

Die Untersuchungsbefunde vom Mai 2000 enthält Tab. 10. Während Monochlorbenzol-Konzentration durchgehend an allen untersuchten Gewässerstellen unter der Bestimmungsgrenze liegt, erfolgt bei den **Dichlorbenzolen** eine merkliche Belastung durch die Mulde, die nach dem Stichprobenergebnis beim 1,4-Dichlorbenzol bis in die Gewässergüteklasse III-IV reicht. Ein Vergleich mit der Situation von 1990 ist nicht möglich, da die besprochenen Substanzen damals nicht analysiert wurden.

Die Konzentrationen von **Tri-, Tetra- und Pentachlorbenzol** liegen durchgehend unter der Bestimmungsgrenze, während diese Stoffe 1990 an allen untersuchten Gewässerstellen nachgewiesen werden konnten. Hauptbelastungsquelle der Elbe war die Mulde. Als Maximalgehalte wurden damals 0,48 $\mu\text{g/l}$ 1,2,3-Trichlorbenzol und 2,7 $\mu\text{g/l}$ 1,2,4-Trichlorbenzol ermittelt.

Beim **Hexachlorbenzol** (HCB) ist folgende Entwicklung zu verzeichnen (Angaben in $\mu\text{g/l}$):

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,038	0,003
Mulde-Mündung	0,015	<0,001
Saale-Mündung	0,009	<0,001
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,016	0,003
Havel-Mündung	0,008	<0,001

Tab. 9: Konzentration chlororganischer Insektizide in der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Bereisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	α -HCH $\mu\text{g/l}$	β -HCH $\mu\text{g/l}$	γ -HCH $\mu\text{g/l}$	δ -HCH $\mu\text{g/l}$	p,p'-DDE $\mu\text{g/l}$	p,p'-DDD $\mu\text{g/l}$
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau Mulde-Mündung	links links	16.05.2000 16.05.2000	<0,002 0,019	0,005 0,004	<0,002 0,004	<0,002 <0,002	0,003 <0,002
287,0	Elbe, Breitenhagen	links	16.05.2000	0,004	0,005	0,002	<0,002	0,004
287,0	Elbe, Breitenhagen	rechts	16.05.2000	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	0,004
(290,7)	Saale-Mündung		16.05.2000	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
318,0	Elbe, Magdeburg	links	16.05.2000	<0,002	0,004	0,005	<0,002	<0,002
318,0	Elbe, Magdeburg	rechts	16.05.2000	<0,002	0,003	0,003	<0,002	0,004
388,0	Elbe, Tangermünde	links	17.05.2000	0,003	0,003	0,003	<0,002	<0,002
388,0	Elbe, Tangermünde	rechts	17.05.2000	<0,002	0,002	0,004	<0,002	0,003
(438,0)	Havel-Mündung		17.05.2000	<0,002	0,002	0,004	<0,002	<0,002
474,5	Elbe, Schnackenburg	links	17.05.2000	0,004	0,004	0,004	<0,002	0,002
474,5	Elbe, Schnackenburg	rechts	17.05.2000	0,004	0,003	0,002	<0,002	<0,002

Tab. 10: Konzentrationen von Chlorbenzolen und Hexachlor-1,3-butadien in der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Be-
reisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Mono- Chlor- benzol µg/l	1,2- Di- chlor- benzol µg/l	1,3- Di- chlor- benzol µg/l	1,4- Di- chlor- benzol µg/l	1,2,3- Tri- chlor- benzol µg/l	1,2,4- Tri- chlor- benzol µg/l	1,3,5- Tri- chlor- benzol µg/l	1,2,3,4- Tetra- chlor- benzol µg/l	Penta- chlor- benzol µg/l	Hexa- chlor- benzol (HCB) µg/l	Hexa- chlor- 1,3-Bu- tadien µg/l
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau links	16.05.00	<0,10	<0,01	0,010	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,003	<0,01
	Mulde-Mdg.	16.05.00	<0,10	0,049	0,058	0,086	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	<0,001	<0,01
287,0	Elbe, Breitenh. links	16.05.00	<0,10	0,012	0,014	0,016	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,007	<0,01
287,0 (290,7)	Elbe, Breitenh. rechts	16.05.00	<0,10	<0,01	0,011	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,005	<0,01
	Saale-Mdg.	16.05.00	<0,10	<0,01	0,012	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	<0,001	<0,01
318,0	Elbe, Magdeb. links	16.05.00	<0,10	<0,01	0,010	0,020	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,003	<0,01
318,0	Elbe, Magdeb. rechts	16.05.00	<0,10	<0,01	0,013	0,019	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,018	<0,01
388,0	Elbe, Tangerm. links	17.05.00	<0,10	<0,01	0,015	0,016	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,002	<0,01
388,0	Elbe, Tangerm. rechts	17.05.00	<0,10	<0,01	0,016	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,002	<0,01
(438,0)	Havel-Mdg.	17.05.00	<0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	<0,001	<0,01
474,5	Elbe, Schnack. links	17.05.00	<0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,002	<0,01
474,5	Elbe, Schnack. rechts	17.05.00	<0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	0,002	<0,01

Die Hauptbelastung des Stromes mit HCB erfolgt im Bereich der oberen Elbe in Tschechien, wobei die Konzentrationen zwischen 1990 und 2000 deutlich zurückgegangen sind. Dennoch liegen die Elbe-Meßwerte der Stichproben in der Gewässergüteklasse III der Zielvorgaben für "Industriechemikalien" in der Wasserphase; mit dem Wert für das rechte Ufer von Magdeburg wird sogar die Gewässergüteklasse IV erreicht (vgl. Tab, 10).

Die Meßwerte für Hexachlor-1,3-Butadien liegen durchgehend unter der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l, Vergleichswerte aus dem Jahr 1990 existieren nicht.

3.7.5 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die Analysenbefunde aller untersuchten PCB-Congeneren liegen an allen Meßstellen unter der Bestimmungsgrenze (Tab. 11). 1990 wurden für die einzelnen PCBs Konzentrationen zwischen <0,0005 und 0,004 µg/l ermittelt, wobei der genannte Höchstwert für PCB-138 in der Mulde gefunden wurde.

3.7.6 Nitroaromaten und Chlornitrobenzole

Insgesamt wurden aus dieser Substanzgruppe 12 Einzelverbindungen analysiert (Tab. 12), Vergleichsuntersuchungen von 1990 liegen aber nur für die drei Chlornitrobenzol-Isomeren vor. Mit einer Ausnahme überschreiten die Meßwerte insgesamt die Grenzen der Gewässergüteklasse I-II nicht. Der Nitrobenzolgehalt in der Saale ist in die Güteklasse II einzuordnen. Da die Befunde eine relativ geringe Relevanz besitzen, wird nachfolgend lediglich die Entwicklung zwischen 1990 und 2000 am Beispiel der Chlornitrobenzole dargestellt.

1-Chlor-2-nitrobenzol (o-Chlornitrobenzol), µg/l:

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,001	<0,010
Mulde-Mündung	4,700	0,230
Saale-Mündung	0,024	<0,010
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,114	0,016
Havel-Mündung	0,003	<0,010

1-Chlor-3-nitrobenzol (m-Chlornitrobenzol), µg/l:

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	<0,001	<0,01
Mulde-Mündung	1,500	<0,01
Saale-Mündung	0,003	<0,01
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,039	<0,01
Havel-Mündung	0,001	<0,01

Tab. 12: Konzentrationen von Nitroaromaten und Chlornitrobenzolen in der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Berei-
 sung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Nitro- benzol µg/l	2- Nitro- toluol µg/l	3- Nitro- toluol µg/l	4- Nitro- toluol µg/l	2,4-Di- nitro- toluol µg/l	2,6-Di- nitro- toluol µg/l	1- Chlor- 2-nitro- benzol µg/l	1- Chlor- 3-nitro- benzol µg/l	1- Chlor- 4-nitro- benzol µg/l	1,2- Dichlor- 4-nitro- benzol µg/l	1,3- Dichlor- 4-nitro- benzol µg/l	1,4- Dichlor- 2-nitro- benzol µg/l
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau links	16.05.00	0,021	0,014	<0,01	0,051	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Mulde-Mdg.	16.05.00	0,030	<0,01	<0,01	0,017	<0,01	<0,01	0,230	<0,01	0,037	<0,01	0,16	<0,01
287,0	Elbe, Breitenh. links	16.05.00	0,020	<0,01	<0,01	0,037	<0,01	<0,01	0,044	<0,01	0,014	<0,01	0,02	<0,01
287,0 (290,7)	Elbe, Breitenh. rechts	16.05.00	0,021	0,010	<0,01	0,041	<0,01	<0,01	0,020	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
	Saale-Mdg.	16.05.00	0,067	<0,01	<0,01	0,011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
318,0	Elbe, Magdeb. links	16.05.00	0,050	0,013	<0,01	0,032	<0,01	<0,01	0,016	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
318,0	Elbe, Magdeb. rechts	16.05.00	0,025	<0,01	<0,01	0,035	0,011	<0,01	0,020	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
388,0	Elbe, Tangerm. links	17.05.00	0,031	<0,01	<0,01	0,025	<0,01	<0,01	0,021	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
388,0	Elbe, Tangerm. rechts	17.05.00	0,027	<0,01	<0,01	0,027	0,011	<0,01	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
(438,0)	Havel-Mdg.	17.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
474,5	Elbe, Schnack. links	17.05.00	0,032	<0,01	<0,01	0,024	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
474,5	Elbe, Schnack. rechts	17.05.00	0,027	<0,01	<0,01	0,023	<0,01	<0,01	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

1-Chlor-4-nitrobenzol (p-Chlornitrobenzol), µg/l:

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,025	<0,010
Mulde-Mündung	5,100	0,037
Saale-Mündung	0,018	<0,010
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,011	<0,010
Havel-Mündung	0,002	<0,010

Bei allen drei Isomeren erfolgte die Belastung der Elbe 1990 fast ausschließlich durch die Mulde. Auf sehr viel niedrigerem Konzentrationsniveau ist dieser Eintragspfad erhalten geblieben.

3.7.7 Phosphorsäureester und Triazine

Die Phosphorsäureester **Dimethoat** und **Parathion-methyl** lagen in ihrer Konzentration im Mai 2000 durchgehend unter der Bestimmungsgrenze (Tab. 13). 1990 waren diese Verbindungen in der Mulde noch mit 45,6 bzw. 65,5 µg/l und nach Einmischung in die Elbe selbst nach über 200 km Fließstrecke in Schnackenburg noch mit rd. 6 bzw. 0,2 µg/l nachweisbar.

Bei den Triazinen lag bei der Bereisung 2000 der Gehalt an **Simazin**, **Propazin** und **Lenacil** an allen Meßstellen unter der Bestimmungsgrenze, **Ametryn** und **Prometryn** konnten in geringer Konzentration lediglich in der Mulde nachgewiesen werden (Tab. 13). Zum Vergleich: 1990 wurde in der Mulde ein Simazin- bzw. Prometryngehalt von 27,5 bzw. 19,9 µg/l ermittelt. Wie bei den Phosphorsäureestern stehen die hohen Belastungen im Zusammenhang mit der Herstellung dieser Stoffe im Muldeinzugsgebiet.

Das in früheren Jahren im Maisanbau in großer Menge eingesetzte **Atrazin** wurde in den Elbewasserproben noch mit 0,017-0,042 µg/l nachgewiesen, die Konzentration von **Desethylatrazin** - hauptsächlich Abbauprodukt des Herbizids - liegt im gleichen Bereich. Die Nebenflüsse sind geringer belastet als die Elbe. Im Vergleich mit 1990 ergibt sich folgendes Bild:

	1990 (A)	2000
Elbe Roßlau, linkes Ufer	0,06	0,023
Mulde-Mündung	0,14	0,01
Saale-Mündung	0,08	<0,010
Elbe Magdeburg, linkes Ufer	0,13	0,017
Havel-Mündung	<0,05	0,018

Der Konzentrationen in der Elbe sind trotz des Anwendungsverbotes noch auffallend hoch, das zeigt sich auch bei der grafischen Darstellung aller Meßwerte (Abb. 10).

Tab. 13: Konzentration der Phosphorsäureester und Triazine in der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Bereisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Di- methoat µg/l	Para- thion methyl µg/l	Sima- zin µg/l	Atrazin µg/l	Des- ethyl- atrazin µg/l	Propa- zin µg/l	Ame- tryn µg/l	Prome- tryn µg/l	Hexa- zinon µg/l	Lena- cil µg/l
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau links	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,023	0,019	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01
	Mulde-Mündung	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,024	<0,01	0,013	0,018	<0,01	<0,01
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,040	0,021	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	0,035	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	0,048	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	<0,01
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,037	0,023	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,030	0,018	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,018	0,024	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,032	0,044	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.00	<0,01	<0,01	<0,01	0,042	0,028	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

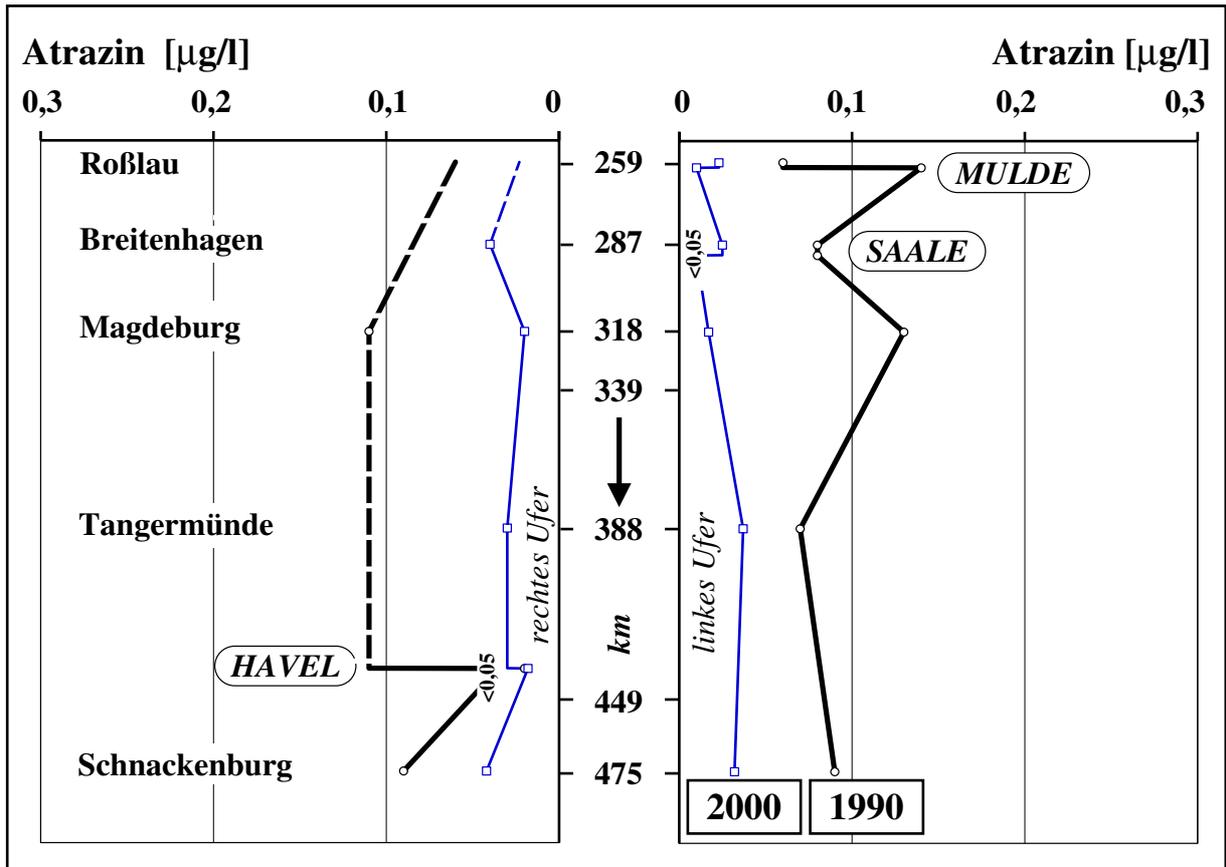


Abb. 10: Atrazin-Konzentration der mittleren Elbe und wichtiger Nebenflußmündungen bei den Bereisungen im Mai 1990 und 2000

Hexazinon, ein Totalherbizid, wurde mit $0,014 \mu\text{g/l}$ nur im oberen Abschnitt der untersuchten Elbestrecke nachgewiesen.

3.8 Biologische und bakteriologische Untersuchungen

Als Maß für die Phytoplanktonbiomasse-Konzentration in der Elbe und den untersuchten Nebengewässern wurde der Chlorophyll-a-Gehalt sowie die Phaeopigmentkonzentration nach DIN bestimmt (Tab. 14). Auf die Bedeutung des Phytoplanktons für die organische Belastung der Gewässer und die Schwierigkeiten bei der Interpretation der Meßwerte im Längsprofil ist bereits im Abschnitt 3.3 eingegangen worden. Bei der Bereisung 1990 wurden keine Pigmentuntersuchungen durchgeführt, jedoch ist ein Vergleich solcher Stichprobenuntersuchungsergebnisse ohnehin problematisch, da über einen längeren Zeitraum etwa gleiche hydrologische und meteorologische Bedingungen vorausgesetzt werden müssen.

Die Befunde der bakteriologischen Untersuchung zeigen die noch vorhandene Verunreinigung der Gewässer, insbesondere deren Abwasserbelastung (Tab. 14). Auch wenn mit der Koloniezahl nur ein geringer Teil der Gesamtbakterien erfaßt wird, lassen die auf Agar vermehrbaren saprophytischen Bakterien Rückschlüsse auf die Belastung des Wassers mit abbaubaren organischen Stoffen zu. Unter diesem Gesichtspunkt ist ein Vergleich mit den Kontrolluntersuchungsergebnissen des Jahres 1990 (StAU Magdeburg: Jahresbericht Elbe 1990) aufschlußreich. Danach liegen die bei der Bereisung 2000 ermittelten Koloniezahlen bei 0,3 bis rd. 1% der Medianwerte von 1990, ein deutliches Zeichen für die Verbesserung der Wasserbeschaffenheit. Andererseits belegt der mit Ausnahme der Havel an allen Meßstellen positive Nachweis von *Escherichia coli* fäkale Verunreinigungen. In gleiche Richtung weisen die Untersuchungsbefunde für Coliforme und Fäkalcoliforme.

Die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse lassen nur teilweise eine logische Entwicklung im Elbelängsprofil erkennen. Neben der methodischen Problematik dürfte das auch mit der Erfassung unterschiedlicher Mengen resuspendierter Sedimente bei der Probenahme zusammenhängen.

Tab. 14: Biologische und bakteriologische Untersuchungsbefunde von der mittleren Elbe und wichtigen Nebenflüssen bei der Bereisung am 16./17.05.2000

Strom- km	Entnahmestelle	Datum	Chl.a µg/l	Phaeo- pigment µg/l	Kolonie-Z (Agar) K/ml	Coliforme P48 K/ml	Fäkal- coliforme P24 K/100ml	E. coli Nachweis in 100ml
257,7 (259,5)	Elbe Roßlau links	16.05.00	107,0	85,9	270	50	200	ja
	Mulde-Mündung	16.05.00	61,0	50,9	440	310	500	ja
287,0	Elbe, Breitenhagen links	16.05.00	134,0	85,7	210	50	0	ja
287,0	Elbe, Breitenhagen rechts	16.05.00	151,0	75,8	240	160	400	ja
(290,7)	Saale-Mündung	16.05.00	54,8	12,2	780	200	400	ja
318,0	Elbe, Magdeburg links	16.05.00	148,0	56,7	300	70	200	ja
318,0	Elbe, Magdeburg rechts	16.05.00	136,0	92,0	400	60	200	ja
338,5	Elbe, Hohenwarthe links	16.05.00	147,0	64,9	370	300	200	ja
388,0	Elbe, Tangermünde links	17.05.00	95,3	168,0	210	110	400	ja
388,0	Elbe, Tangermünde rechts	17.05.00	85,8	109,0	140	40	300	ja
437,0	Elbe oh. Havel-Mdg. rechts	17.05.00	101,0	107,0	440	100	500	ja
(438,0)	Havel-Mündung	17.05.00	43,2	27,5	200	40	500	nein
449,0	Elbe, Hinzdorf links	17.05.00	91,8	105,0	310	20	400	ja
449,0	Elbe, Hinzdorf rechts	17.05.00	89,4	93,6	440	80	100	ja
474,5	Elbe, Schnackenburg links	17.05.00	84,1	104,0	340	30	100	ja
474,5	Elbe, Schnackenburg rechts	17.05.00	81,7	110,0	390	30	400	ja

4. Zusammenfassende Charakterisierung der Belastungssituation im Mai 2000

Jeweils am 16./17. Mai wurde in den Jahren 1990 und 2000 eine Längsprofiluntersuchung der Elbestrecke von Roßlau bis Schnackenburg durchgeführt. Die Gegenüberstellung der gewonnenen Meßwerte zeigt insgesamt betrachtet eine erstaunliche Verbesserung der Wasserbeschaffenheit. Teilweise liegen die im Jahr 2000 ermittelten Konzentrationen unter der Nachweisgrenze oder sind so niedrig, daß sie sich - wie beim Ammonium - im Vergleich zu den Werten von 1990 grafisch kaum noch darstellen lassen (Abb. 4). Bei anderen Kriterien - z. B. Arsen, Cadmium, Quecksilber, Zink - sind die Gesamtgehalte im Wasser zwar auch zurückgegangen, jedoch werden die Zielvorgaben für die aquatische Lebensgemeinschaft noch nicht erreicht.

Bei der Bewertung der Meßwerte darf aber nicht unberücksichtigt bleiben, daß es sich um Stichproben-Untersuchungsergebnisse handelt, mit denen sich z. B. eine Wassergütekassifizierung nicht durchführen läßt. Selbst für den Vergleich mit den Zielvorgaben der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) sind die 90-Perzentil-Werte der Kontrolluntersuchungen eines Jahres erforderlich. Wenn in Tab. 15 dennoch eine Gegenüberstellung der Befunde wichtiger Bereisungs-Meßstellen mit diesen Zielvorgaben erfolgt, so soll das eine erste Orientierung zum erreichten Stand der Gewässersanierung ermöglichen und auf noch vorhandene wesentliche Belastungen hinweisen. Die Zielvorgaben für die aquatische Lebensgemeinschaft werden noch deutlich überschritten von Arsen, Cadmium und Zink, γ -Hexachlorcyclohexan und Hexachlorbenzen (letzteres nur in der Elbe). Von den Nebenflüssen ist die Mulde Belastungsschwerpunkt bei Arsen und Cadmium, die Saale vor allem bei Quecksilber, Blei und Zink.

Verglichen mit anderen großen Flüssen Deutschlands ist die organische Gesamtbelastung (CSB, TOC) der Elbe hoch und überschreitet die Zielvorgaben der IKSE. Bei der gegenüber der Zeit vor 10 Jahren stark zurückgegangenen Verunreinigung durch Abwassereinleitungen gewinnt während der Vegetationsperiode die Sekundärverschmutzung durch eine zu üppige Phytoplanktonentwicklung stark an Bedeutung. Dabei ist die jeweilige Algendichte oder Höhe der organischen Belastung abhängig von der zurückgelegten Fließstrecke bzw. vom Alter der "fließenden Welle". Um die Biomasse- oder z. B. auch die CSB-Entwicklung im Flußlängsschnitt richtig zu erfassen, ist deshalb eine transportzeitkonforme Untersuchungen notwendig. Da diese Aussage auch für andere Meßgrößen Bedeutung hat, ist beim heutigen Kenntnisstand die Forderung nach Berücksichtigung der Transportzeit bei jeder Art von Längsschnittuntersuchung gültig.

Tab. 15: Vergleich der Zielvorgaben der IKSE (1997) mit den Meßwerten der Stichproben von der Bereisung am 16./17.05.2000

Meßgröße	Zielvorgabe		Stichproben-Meßwerte bei der Bereisung am 16./17.07.2000					
	Trinkwasser-versorgung u.a.*	Aquatische Lebensgemeinschaft	Elbe Roßlau linkes Ufer	Mulde Mündung Mitte	Saale Mündung Mitte	Elbe Magdeburg linkes Ufer	Havel Mündung Mitte	
CSB	24	24	29	16	19	29	28	
TOC	9	9	8,4	6,9	8,8	11	11	
Arsen	50	1	2,3	5,3	1,4	2,3	1,1	
Cadmium	1	0,07	0,17	0,45	0,22	0,24	<0,10	
Chrom	50	10	1,3	<1,0	1,6	1,3	<1,0	
Kupfer	30	4	3,7	2,9	5,7	4,2	2,1	
Quecksilber	0,1	0,04	0,05	<0,05	0,14	0,08	<0,05	
Nickel	50	4,5	2,8	4,8	3,7	3,2	<2,0	
Blei	50	3,5	2,4	1,4	6,9	3,50	1,0	
Zink	500	14	34	32	76	44	<10	
AOX	25	25	24	21	25	24	19	
Trichlormethan	1,0	0,8	0,18	0,26	0,07	0,12	0,11	
Tetrachlormethan	1,0	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
1,2-Dichlorethan	1,0	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
1,1,2-Trichlorethen	1,0	1,0	0,044	0,14	0,046	0,053	0,028	
1,1,2,2-Tetrachlorethen	1,0	1,0	0,11	0,15	0,03	0,10	0,04	
γ-Hexachlorcyclohexan	0,1	0,003	0,005	0,004	0,002	0,005	0,004	
1,2,3-Trichlorbenzol	1,0	8	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
1,2,4-Trichlorbenzol	1,0	4	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
1,2,5-Trichlorbenzen	0,1	20	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Hexachlorbenzen	0,001	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	
Parathion-methyl	0,1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Dimethoat	0,1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	

* Zielvorgaben für die Nutzungsarten Trinkwasserversorgung, Berufsfischerei und landwirtschaftliche Bewässerung