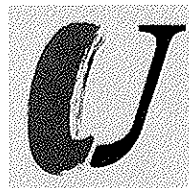


Studien und Tagungsberichte  
Band 20/21

**Untersuchungen der Oder zur  
Belastung der Schwebstoff- bzw.  
Sedimentphase und angrenzender  
Bereiche**

Forschungsbericht 1998



LANDESUMWELTAMT  
BRANDENBURG



Diese Arbeit wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes als Forschungsvorhaben „Wasser 102 04 393“, ergänzt durch Ausarbeitungen des Landesumweltamtes Brandenburg, erstellt und mit Fördermitteln im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert.

**Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg ISSN 0948-0838**

**Herausgeber:**

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)  
Berliner Str. 21–25  
14467 Potsdam  
Tel.: 0331/23 23 259 Fax.: 0331/29 21 08  
e-mail: infoline@munr-lua-p-b.brandenburg.de

**Band 20/21**

**Untersuchungen der Oder zur Belastung der Schwebstoff- bzw. Sedimentphase und angrenzender Bereiche**  
Oktober 1999

**Themenleitung und fachliche Redaktion:**

Dipl.-Chem. Frank Sonnenburg  
Dipl.-Chem. Hania Borhardt

**Autoren:**

Landesumweltamt Brandenburg, Abteilung Ökologie und Umweltanalytik  
Dipl.-Chem. Frank Sonnenburg  
Dipl.-Chem. Hania Borhardt  
Dipl.-Chem. Ulrike Haberlau  
Dipl.-Chem. Moana Engelke  
Dipl.-Chem. Regina Böhme  
Dipl.-Chem. Henry Hentschel  
Dipl.-Ing. (FH) Jörg Müller  
Dipl.-Chem. Regina Reeck  
Dr. Eberhardt Tucek  
Dipl.-Chem. Oliver Merten  
Dipl.-Chem. Ines Klonek  
Dr. Joachim Tessmann

Landesumweltamt Brandenburg, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft  
Dipl.-Ing. Eberhard Schmidt

Forschungsstation Eberswalde, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg (ZALF)  
Dr. Wilfried Hierold  
Michael Monse

Staatliches Veterinär- und Lebensmitteluntersuchungsamt Potsdam  
Prof. Dr. Dr. Bert Schlatterer  
Dr. T. Wiesmüller

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Geologische Wissenschaften  
Dr. Joachim Lehmann  
Dr. Jürgen Eidam

Verwendung digitaler Daten der Landesvermessung mit Genehmigung des LVerMA BB, GB-G 6/97

Gesamtherstellung:  
druckpunkt Birkenwerder GmbH, Triftweg 20, 16547 Birkenwerder

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers.

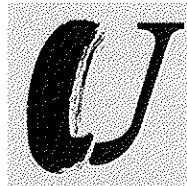
Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung.

Schutzgebühr 20,- DM

Studien und Tagungsberichte  
Band 20/21

**Untersuchungen der Oder zur  
Belastung der Schwebstoff- bzw.  
Sedimentphase und angrenzender  
Bereiche**

Forschungsbericht 1998



LANDESUMWELTAMT  
BRANDENBURG



# Inhalt

	<b>Vorwort</b>	6
1	<b>Einleitung</b>	7
2	<b>Zielstellung des Gesamtmonitoringvorhabens „Grenzoder“</b>	7
3	<b>Charakteristik der Oder und ihres Einzugsgebietes</b>	8
	<i>Sonnenburg, F.; Stein, B.</i>	
3.1	Hydrologisches Verhalten	8
3.1.1	Gesamtodereinzugsgebiet	8
3.1.2	Einzugsgebiet der Oder im deutsch-polnischen Grenzgewässerabschnitt	9
3.1.3	Abflussverhalten des Jahres 1996	11
3.2	Allgemeine Darstellung der Beschaffenheitssituation der Oder im Grenzgewässerabschnitt	12
3.2.1	Wasserbeschaffenheit der Grenzoder	12
3.2.2	Abwassereinleitung	13
3.2.3	Zuflüsse	13
4	<b>Messprogramm</b>	14
	<i>Borchardt, H.; Sonnenburg, F.; Böhme, R.; Müller, J.</i>	
4.1	Messnetze	16
4.2	Probenahmetechnik	20
4.3	Stoffspektrum und Analytik	21
4.4	Screeninguntersuchungen	25
5	<b>Untersuchungsergebnisse</b>	27
5.1	<b>Mineralogische und geochemische Charakteristik der rezenten Gewässerfeststoffe der Oder</b>	27
	<i>Lehmann, J.; Eidam, J.</i>	
5.1.1	Material und Methoden	27
5.1.2.	Morphologische Ausbildung der Feststoffproben	27
5.1.3.	Phasenbestand der Feststoffe	29
5.1.4.	Chemische Zusammensetzung der Feststoffe	30
5.1.5.	Zusammenfassung	31
5.2	<b>Sediment- und Schwebstoffbeschaffenheit der Oder</b>	32
	<i>Borchardt, H.; Sonnenburg, F.; Hentschel, H.; Engelke, M.; Haberlau, U.</i>	
5.2.1	Sediment	32
5.2.1.1	Standardparameter	32
5.2.1.2	Summenparameter	33
5.2.1.3	Metalle und Metalloide	34
5.2.1.4	Organische Parameter	41
5.2.1.5	Biologische Parameter	49
5.2.2	Schwebstoff	50
5.2.2.1	Schwebstoffbeschaffenheit im Flusslängsschnitt (Entnahme mittels Schwebstoffzentrifuge)	50
5.2.2.1.1	Standardparameter	50
5.2.2.1.2	Summenparameter	52
5.2.2.1.3	Metalle und Metalloide	53
5.2.2.1.4	Organische Parameter	57
5.2.2.2	Untersuchung von frischen, schwebstoffbürtigen Sediment (Sedimentationsbecken)	63
5.2.2.2.1	Standardparameter	63
5.2.2.2.2	Summenparameter	64
5.2.2.2.3	Metalle und Metalloide	66
5.2.2.2.4	Organische Parameter	69
5.3	<b>Wasserbeschaffenheit der Oder</b>	74
	<i>Sonnenburg, F.; Borchardt, H.; Hentschel, H.; Engelke, M.; Haberlau, U.</i>	
5.3.1	Darstellung der aktuellen Untersuchungstätigkeit im Rahmen der behördlichen Gewässerüberwachung	74
5.3.2	Wasserbeschaffenheit	75

5.3.2.1	Standardparameter	76
5.3.2.2	Summenparameter	79
5.3.2.3	Metalle und Metalloide	80
5.3.2.4	Organische Parameter	83
<b>5.4</b>	<b>Abwassereinleitungen</b>	<b>87</b>
	<i>Sonnenburg, F.</i>	
5.4.1	Kurzdarstellung wesentlicher punktueller Einträge	87
5.4.2	Charakterisierung der Abwasserbeschaffenheit anhand ausgewählter Parameter	88
5.5	Organische Spurenstoffe und Schwermetalle in Brassen ( <i>Ambramis brama</i> ) und Dreikantmuscheln ( <i>Dreissena polymorpha</i> )	96
	<i>Schlatterer, B.; Wiesmüller, T.</i>	
5.5.1	Probenahmestellenauswahl und Probenahme	96
5.5.2	Bioakkumulation	96
5.5.3	Schadstoffgehalte	97
5.5.3.1	Schwermetalle	97
5.5.3.2	Organische Spurenstoffe	100
5.5.4	Zusammenfassung	112
<b>5.6</b>	<b>Atmosphärische Deposition</b>	<b>113</b>
	<i>Merten, O.; Tucek, E.; Reeck, R.; Klonek, I.</i>	
5.6.1	Untersuchungsprogramm	114
5.6.1.1	Auswahl der Messstellen	114
5.6.1.2	Probenahmemethoden und Analytik	115
5.6.2.	Beschaffenheit der Niederschläge	120
5.6.2.1	Niederschlagsmenge und Grundparameter	120
5.6.2.2	Spuren- und Halbmetalle im Regen und Staubniederschlag	125
5.6.2.3	Organische Stoffe	127
5.6.3	Bewertung der Ergebnisse	134
5.6.4	Zusammenfassung	137
<b>5.7</b>	<b>Auenbödenuntersuchung ausgewählter Abschnitte im Poldergebiet und Deichvorland</b>	<b>138</b>
	<i>Tessmann, J.; Hierold, W.; Monse, M.</i>	
5.7.1	Einleitung	138
5.7.2	Untersuchungsprogramm	138
5.7.3	Untersuchungsergebnisse	138
5.7.3.1	Bodenkundliche Charakterisierung	138
5.7.3.2	Physiko-chemische, chemische, biologische und ökotoxikologische Parameter	141
5.7.4	Zusammenfassung	147
<b>5.8</b>	<b>Grundwasser</b>	<b>148</b>
5.8.1	Geohydrologische Aspekte der Wechselwirkung zwischen den Wasserständen der Oder und den Grundwasserständen in der Oderniederung	148
	<i>Schmidt, E.</i>	
5.8.1.1	Einleitung	148
5.8.1.2	Charakteristik des Beispielgebietes	148
5.8.1.2.1	Allgemeine Beschreibung	148
5.8.1.2.2	Hydrogeologie	148
5.8.1.2.3	Abflussregime	149
5.8.1.3	Grundwasserstands-Messnetz	149
5.8.1.4	Grundwasserstände	151
5.8.1.4.1	Allgemeiner Trend	151
5.8.1.4.2	Einfluss der Entfernung von der Oder	151
5.8.1.4.3	Wirkung des Sommerhochwassers 1997	152
5.8.2	Betrachtung ausgewählter Beschaffenheitsparameter in einem Grundwasserabstrom der Oder	154
	<i>Sonnenburg, F.</i>	
5.8.2.1	Methodik	154
5.8.2.2	Verhalten ausgewählter Parameter im Grundwasserabstrom der Oder	156
5.8.2.3	Zusammenfassung	163

<b>6</b>	<b>Ergebnisdiskussion und Zusammenfassung des Vorhabens</b>	164
<b>6.1</b>	<b>Betrachtung kompartimentübergreifender Ereignisse anhand von Fallbeispielen</b>	164
6.1.1	Bewertung der Probenahmezeiträume im Zusammenhang mit dem Abflussgeschehen	165
6.1.2	Bewertung der strömungs- und abflussmäßig auf die Probenahmestelle bzw. entnahmemethodisch bedingten Einwirkungen auf die Beschaffenheit des Probenahmemateriales	165
6.1.3	Kompartimentübergreifende Schadstoffbelastung anhand ausgewählter Elemente und Verbindungen	169
<b>6.2</b>	<b>Zusammenfassung – deutsche Fassung</b>	174
<b>6.2</b>	<b>Zusammenfassung – englische Fassung</b>	179
<b>6.2</b>	<b>Zusammenfassung – polnische Fassung</b>	184
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	193
	<b>Danksagung</b>	197
	<b>Berichtskennblatt</b>	198

Die detaillierten Tagesmesswerte sind in einem Anlagenband zusammengefasst und können beim Herausgeber gesondert kostenfrei abgefordert werden:

#### Anlagenband

<b>A 1</b>	<b>Hydrologische Situation</b>
A 1-1 bis A 1-2	Abflussganglinien
A 1-3 bis A 1-8	Abflusstabellen
<b>A 2</b>	<b>Untersuchungs- und Auswertungsprogramm</b>
A 2-1 bis A 2-12	Messstellendokumentation – Sediment
A 2-13 bis A 2-20	Messstellendokumentation – Schwebstoff
<b>A 3</b>	<b>Anlagen Sediment</b>
A 3-1	Voruntersuchungen Sedimente '95
A 3-2 bis A 3-17	Sedimentproben '96
<b>A 4</b>	<b>Anlagen Schwebstoff</b>
A 4-1	Voruntersuchungen Schwebstoffe '95
A 4-2 bis A 4-15	Schwebstoffproben Sedimentationsbecken '96
A 4-16 bis A 4-29	Schwebstoffproben Zentrifuge '96
A 4-30 bis A 4-39	Zentrifugatproben '96
<b>A 5</b>	<b>Anlagen Wasser</b>
A 5-1 bis A 5-12	Lausitzer Neiße, Razdorf
A 5-13 bis A 5-18	Oder, Milow Strommitte
A 5-19 bis A 5-24	Oder, o. h. Eisenhüttenstadt
A 5-20 bis A 5-27	Oder-Spree-Kanal, Höhe Fähre EH
A 5-28 bis A 5-33	Oder, Aurith
A 5-34 bis A 5-45	Oder, Frankfurt(O)
A 5-46 bis A 5-51	Oder, Lebus
A 5-52 bis A 5-57	Oder, Kietz
A 5-58 bis A 5-60	Oder, Groß Neuendorf
A 5-61 bis A 5-72	Oder, Hohenwutzen
A 5-73 bis A 5-78	Oder, Schwedt, Grenzbrücke
A 5-79 bis A 5-87	Oder, Widuchowa Strommitte
A 5-88 bis A 5-90	Westoder, o. h. Gartz
A 5-91 bis A 5-96	Westoder, Mescherin
A 5-97 bis A 5-98	Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße, Hohensaaten
A 5-99 bis A 5-104	Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße, Gatow Strommitte

<b>A 6</b>	<b>Anlagen Biota</b>
A 6-1 bis A 6-14	Fische
A 6-15 bis A 6-16	Muscheln
<b>A 7</b>	<b>Anlagen Deposition</b>
A 7-1 bis A 7-15	Niederschlagsmenge und Grundparameter
A 7-16 bis A 7-17	Grundparameter
A 7-18 bis A 7-25	Spurenmoleküle und Halbmetalle im Regen und im Staubbiederschlag
A 7-26 bis A 7-29	Organische Stoffe – leichtflüchtige organische Stoffe –
A 7-30 bis A 7-36	Organische Stoffe – Konzentration schwerflüchtige organische Spurenstoffe –
A 7-37 bis A 7-40	Jahresgang der Frachten
<b>A 8</b>	<b>Anlagen Auenböden</b>
A 8-1 bis A 8-7	Auenböden '96
A 8-8 bis A 8-12	Topographische Karten und Lageschema Trassen
A 8-13 bis A 8-21	Schichtenverzeichnisse, Relief- und Schichtendarstellung
A 8-22 bis A 8-24	Aufnahmeblätter für die bodenkundliche Kartierung nach KA 3
<b>A 9</b>	<b>Anlagen Abwasser</b>
A 9-1 bis A 9-9	Abwasserproben '96
<b>A10</b>	<b>Anlagen Grundwasser</b>
A10-1 bis A10-7	Analysenwerte der Grundwasserpegel der Trasse Groß Neuendorf
A10-8 bis A10-17	AMB (Automatische Messstation Beschaffenheit) Frankfurt(O) und Hohenwutzen

*Sehr geehrte Leserinnen und Leser,*

zweifellos ist die Oder im Vergleich der großen europäischen Ströme bisher wenig reguliert und kanalisiert worden. Und sie ist mit ihrem Umland eines der schönsten Fließgewässer im Osten Mitteleuropas. Hier hat sich eine naturnahe Landschaft mit Altwässern, Nebenarmen und Baum- und Buschgruppen im Deichvorland erhalten, die Lebensraum für zahlreiche schützenswerte Tiere und Pflanzen ist.

Diese unverwechselbar vielfältige Landschaft bedeutet für die Anrainer Verpflichtung, dafür Sorge zu tragen, dass auch die Beschaffenheit des Wassers und die Schwebstoffbelastung des Stromes mit dem Reichtum der Landschaft in Einklang steht.

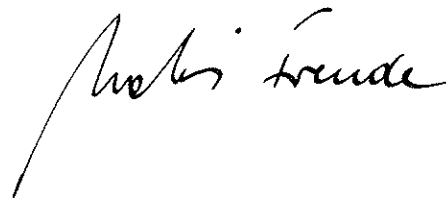
So wird in Zusammenarbeit mit dem polnischen Nachbarn schon seit vielen Jahren ein umfangreiches Messprogramm zur Wasserbeschaffenheit realisiert, das Voraussetzung für Sanierungskonzepte ist. Mit dem hier vorgelegten Forschungsbericht wird darüber hinaus auf der Grundlage aufwendiger Monitoringprogramme erstmals umfangreiches Material zur Schwebstofffracht und zu den Sedimentbelastungen zusammengefasst dargestellt.

Die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Wasserbeschaffenheit, Stofftransport in Schwebstoffen und Schadstoffbelastung in den abgelagerten Sedimenten ist einerseits ausschlaggebend für die Bilanz des Schadstofftransportes in die Ostsee, andererseits auch für den Nachweis von Beeinflussungen der angrenzenden Auen und des Grundwassers. Insofern beinhaltet der Bericht auch eine Einschätzung der medienübergreifenden Wirkungen, die weit über die einfachen Betrachtungen der Wassergüteprobleme im Strom hin-

ausgeht. Naturschutz, Immissionsschutz, Bodenschutz und Gewässerschutz bilden eine Einheit, ein effizienter Schutz ist nur bei enger Verbindung und maßvoller Wichtung aller Teilbereiche möglich.

Die Oder ist das bedeutendste Grenzgewässer Brandenburgs. Eine internationale Zusammenarbeit muss auf allen Ebenen des Natur- und technischen Umweltschutzes unter Berücksichtigung vieler Aspekte der Nutzung vorangetrieben werden. Und das erfordert auch medienübergreifende Betrachtungen. Es zeugt von der ökologischen Fachkompetenz und dem Umweltbewusstsein der Bearbeiter, aber auch von wissenschaftlicher Neugier, dass eine Reihe von übergreifenden Themen in Angriff genommen wurden, die über die unmittelbaren Wirkungen der Belastungen der Oder hinausgehen.

Es bleibt zu wünschen, dass die Arbeit nicht nur die fachliche Landschaft Brandenburgs, sondern auch die länderübergreifende Zusammenarbeit mit den polnischen Nachbarn, aber auch mit Tschechien, wo die Oder ihre Quellen hat, stärkt.



Prof. Dr. M. Freude  
Präsident  
des Landesumweltamtes Brandenburg



# 1 Einleitung

Auf der Grundlage der seit Jahren bestehenden Zusammenarbeit des Umweltbundesamtes und des Landesumweltamtes Brandenburg über Untersuchungen zur Beschaffenheit der Oder als Grenzgewässer der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen erfolgt mit diesem Forschungsbericht eine Fortsetzung dieser gemeinsamen Tätigkeit zur Gewässeruntersuchung und Bewertung der Oder. Während sich an Rhein und Elbe die Aufmerksamkeit vermehrt anderen Flusskompartimenten und Gewässerparametern zugewandt hat, stehen diese Prozesse an der Oder in der Anfangsphase. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass zu einzelnen Themen bereits hervorragende Teilarbeiten vorliegen, aber gemeinsame gewässerumfassende Untersuchungen und Bewertungen der 3 Anrainerstaaten erst in naher Zukunft folgen. Mit der Gründung der Internationalen Kommission zum Schutz der Oder (IKSO) im April 1996 und der schon seit 1992 tätigen deutsch-polnischen Grenzgewässerkommission wurden Instrumentarien geschaffen, die eine intensive Zusammenarbeit und Betrachtungen über den Fluss Oder hinaus ermöglichen.

Der erste Forschungsbericht wurde vom LUA 1993/94 fertiggestellt, es ist eine 2-bändige Dokumentation zur Aus- und

Bewertung des vorhandenen Informationsmaterials über die Oder und ihre deutschen Nebenflüsse (LUA Fachbeiträge 1994). Das jetzige Forschungsthema wurde 1994 zur Förderung durch das Umweltbundesamt beantragt. Das Projekt umfasst Untersuchungen der Sediment-, Schwebstoff- und Wasserphase und betrachtet die Beschaffenheit von Überschwemmungsgebieten und Größenordnungen der Belastungen durch Abwassereinleitungen und atmosphärischer Deposition; darüber hinaus erfolgen Untersuchungen über die Belastungen lebender Materie wie Fisch und Dreissena.

Eine besonders hohe Flexibilität wurde den beteiligten Laboratorien abverlangt. Die große Proben- und Parametervielfalt bedurfte neben organisatorischem Talent den Mut, sich mit nichtalltäglichen Problemen der Probenahme, -vorbereitung und Analytik zu beschäftigen. Es sei nur am Rande erwähnt, dass einige Fachkollegen es kaum geahnt hätten, sich einmal mit Themen der Erkundung von Munitionsverdachtsflächen, dem Elektrofischen, auch umfangreichem Finanzhaushaltsrecht und anderen, nicht analytischen Tätigkeiten zu beschäftigen.

## 2 Zielstellung des Gesamtmonitoringvorhabens „Grenzoder“

Im Rahmen des Vorhabens gilt es, eine Untersuchung und Bewertung der Beschaffenheit des Sedimentes und Schwebstoffes in der Grenzoder vorzunehmen. Dabei sind die Zustände angrenzender Kompartimente, wie

- Wasserphase der Oder,
- ausgewählte Polderflächen im Gebiet des Nationalparks „Unteres Odertal“,
- qualitative Belastungen über Abwasser und atmosphärische Deposition sowie
- andere Lebensformen (Fisch, Dreissena) des Biotabereiches

ebenfalls zu analysieren und zu bewerten. Obwohl die Untersuchung von Stoffpfaden, Mobilität, Transportverhalten u. a. nicht Gegenstand des Vorhabens ist, können kausale Belastungszusammenhänge formuliert werden.

So ist auf weitergehende Fragestellungen, wie

- Belastung der Grenzoder durch atmosphärische Nahdeposition industrieller Quellen,
- Belastung von Flutungsflächen durch Oderschwebstoffe und atmosphärische Nahdeposition,
- Belastungen von Lebensformen durch Schadstoffeinträge über Zuflüsse und Abwasser und

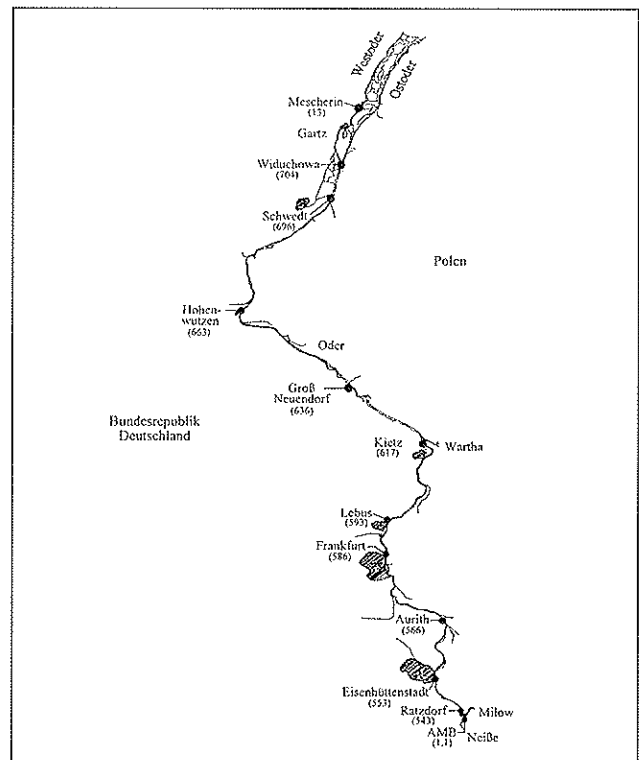


Abb. 1.-1: Teilstück der Oder im deutsch-polnischen Grenzgewässerabschnitt

- Auswirkungen von Konzentrationsänderungen im Fluss auf die Beschaffenheit eines Grundwasserabstromes

einzufragen und der Versuch zu unternehmen, darauf Antworten zu geben.

Der Schwerpunkt der Identifizierung und quantitativen Erfassung liegt auf dem Gebiet der Schwermetalle und organischen Spurenstoffe. Besonderer Wert wird auf die Analyse identischer Stoffe und Stoffgruppen in allen Kompartimenten gelegt.

Neben der Schaffung gewässerspezifischer Grundlagen zur Belastung der Oder sind Anregungen für weitergehende

Untersuchungen zu geben. Die erhaltenen Ergebnisse können in die aktuelle Gewässerüberwachung einfließen und die Basis für notwendige Entscheidungen zur Erweiterung, aber auch Reduzierung des Grenzgewässermessprogrammes darstellen.

Da der deutsch-polnische Grenzgewässerabschnitt nur einen Teil des gesamten Gewässersystems Oder repräsentiert, können Rückschlüsse auf Belastungen durch Zuflüsse (Warta, Lausitzer Neiße) und den mittleren Teil der Oder gezogen sowie Hinweise auf das Auftreten von Stoffen und Verbindungen im Stettiner Haff gegeben werden.

## 3 Charakteristik der Oder und ihres Einzugsgebietes

### 3.1 Hydrologisches Verhalten

Die hydrologische Charakteristika der Oder wurde auszugsweise der ausführlichen Darstellung von Stein, B. aus [SONNENBURG et al.] entnommen; die Hauptwerte wurden aktualisiert.

#### 3.1.1 Gesamteinzugsgebiet

Die 854 km lange Oder stellt mit einer mittleren Jahresabflussmenge von  $16,4 \cdot 10^3 \text{ hm}^3$  am Pegel Hohensaaten-Finow (Jahresreihe 1921/96 ohne 1945) den sechstgrößten Süßwasserzufluss zur Ostsee dar. Ihr Einzugsgebiet umfasst Territorien der Länder Tschechien, Polen und Deutschland (Tab. 3.1.1.-1.). Auf einer Fließgewässerstrecke von 197,7 km bilden die Lausitzer Neiße von 161,7 km (Fluss-km 542,4–704,1) die Oder und von 17,1 km (Fluss-km 0,0–17,1) die Westoder die Staatsgrenze zwischen der Republik Polen und der Bundesrepublik Deutschland. Dazu bilden 1,4 km der Lausitzer Neiße die polnisch-tschechische Staatsgrenze. Die Oder entspringt in einer Höhe von 634 m über dem Meeresspiegel am 25 km östlich von Olomouc (*Olmütz*) gelegenen Fidlův Kopec (*Lieselberg*) im Mittelgebirge Oderské Vrchy (*mährisches Odergebirge*) der tschechischen Ostsudeten. Sie durchfließt die Moravská braná (*Mährische Pforte*) bei Ostrava (*Ostrau*) in nordöstlicher Richtung bis Bohumin (*Oderberg*) und wendet sich dann nach Nordwest. Diese Richtung verfolgt sie, abgesehen von 2 nach Nord führenden Durchbrüchen bei Malczyce/Chobiena (*Maltsch/Köben*) und unterhalb von Nowa Sól (*Neusalz*), bis zur Mündung der Lausitzer Neiße. Nach dem Zusammenfluss mit der Lausitzer Neiße wendet sich die Oder nun als Grenzfluss in nördliche Richtung, tangiert in ihrem Verlauf unterhalb Frankfurt(O) das rund 800 km<sup>2</sup> große eingedeichte Oderbruch, das maßgeblich unter Friedrich dem

Großen durch wasserbauliche Maßnahmen von 1746 bis 1753 seine heutige Gestalt erhielt, schwenkt dabei nach der Warta- (*Warthe-*) Mündung nordwestlich ein, um ab Hohensaaten nach Nordost bis Nord zu fließen. Durch das Wehr Widuchowa (*Marienhof*) wird bei Strom-km 704,1 die Oder in die Odra Wschodnia (*Ostoder*), die als eigentliche Stromoder anzusehen ist und im letzten Teil Regalica (*Reglitz*) benannt wird, und in die Odra Zachodnia (*Westoder*) geteilt. Danach fließt sie unterhalb des Jezioro Dabie (*Damm'schen See's*) auf polnischem Gebiet wieder als ein Strom, nun als Domiąża (Papenwasser), in das Zalew Szczeciński (*Stettiner Haff*) und wird über die drei Arme Peene-Strom, Świna (*Swine*) und Dziwna (*Dievenow*) zur Oderbucht in die Ostsee entwässert.

Tab. 3.1.1.-1.: Flächenmäßige Einzugsgebietsgrößen der Oder

Staat	Einzugsgebiet A <sub>e0</sub> in km <sup>2</sup>	Anteil Gesamteinzugsgebiet in %
<b>Gesamteinzugsgebiet</b>	<b>118.861</b>	
Tschechische Republik	7.217	6
Republik Polen	106.057	89
Bundesrepublik Deutschland	5.587	5

Anmerkungen:

- Gesamteinzugsgebietsgröße und polnischer Anteil nach IMGW Wroclaw (1994)
- Die tschechische Einzugsgebietsgröße wurde aus der Differenz zu den polnischen und deutschen Einzugsgebietsanteilen bestimmt.
- Derzeitig liegen keine verbindlichen Angaben der 3 Anrainerstaaten zu der Gewässerlänge und den Einzugsgebietsgrößen vor.

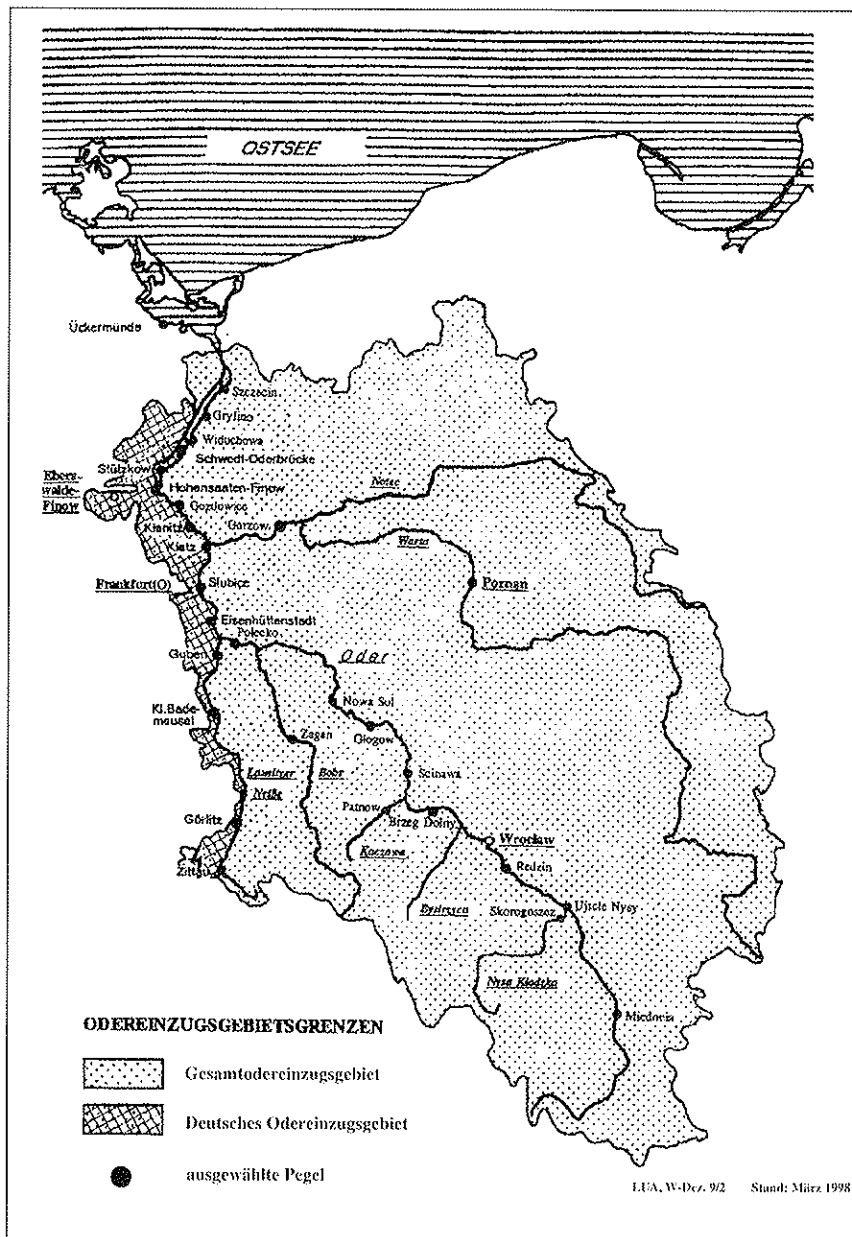


Abb. 3.1.2.-1: Einzugsgebiet Oder

Unterhalb Hohensaaten ist der Oderflusslauf durch ein ausge dehntes Poldersystem geprägt, das im Bereich des Nationalparks „Unteres Odertal“ liegt und unter anderem der Hochwasserentlastung der Unteren Oder dient. Zu den bedeutendsten Nebenflüssen zählen

**linksseitig:** die Opawa (*Oppa*), Nysa Kłodzka (*Glatzer Neiße*), Olawa (*Ohle*), Bystrzyca (*Weistritz*), der Kaczawa (*Katzbach*), Bóbr (*Bober*) und die Lausitzer Neiße (*Nysa Łużycka*)

**rechtsseitig:** die Ostravice (*Ostrawitz*), Olza (*Olsa*), Kodnica (*Klodnitz*), Mała Panew (*Malapanie*), Stobrawa (*Stober*), Widawa (*Weide*), Barycz (*Bartsch*), Warta (*Warthe*) und Myśla (*Mietzel*).

Entsprechend der Geomorphologie und dem Abflussverhalten wird die Oder in folgende 3 große Einzugsgebietsteile untergliedert:

**obere Oder**

– von den Quellen bis Wrocław (*Breslau*)

**mittlere Oder**

– von Wrocław (*Breslau*) bis zur Mündung der Warta (*Warthe*)

**untere Oder**

– von Mündung der Warta (*Warthe*) bis zur Mündung in das Zalew Szczeciński (*Stettiner Haff*).

Die südliche Einzugsgebietsgrenze bildet die langgestreckte Mittelgebirgskette von den westlichen *Besiden der Karpaten* bis zu den *Sudeten*, deren nördliche Ausläufer sämtlich von der *Mährischen* bis zur *Lausitzer Pforte* ebenso wie der östliche Teil des *Lausitzer Gebirges* zur Oder hin entwässern. Diese schließt den westlichen Teil der *Oberschlesisch-Polnischen-Platte* ein, zwischen der und den Vorhöfen der *Sudeten* sich ab der *Mährischen Pforte* nach Nordwesten die *Schlesische Bucht des norddeutschen Flachlandes* ausdehnt. Zu letzterer gehört der überwiegende Teil des Einzugsgebietes.

Eine besondere Eigentümlichkeit des Odereinzugsgebietes besteht darin, dass sein Zuflussgebiet im mittleren und unteren Teil auf der rechten Seite weit mächtiger entwickelt ist als auf der linken und dass der Flusslauf nahe am linken Rande des gesamten Einzugsgebietes liegt. Diese

Besonderheit resultiert aus dem sehr späten Durchbruch der Oder in Richtung Norden durch die Endmoränen bei Frankfurt (O). Zuvor bewegte sie sich im Berliner Urstromtal. Erst im letzten Fünftel ihrer Stromlänge nimmt die Oder rechtsseitig die Warta (*Warthe*), die zusammen mit der Noteć (*Netze*) die tiefe Flachlandzone aus östlicher Richtung durchfließt, auf und verdoppelt damit ihr Einzugsgebiet auf rund 91 % der Gesamteinzugsgebietsgröße. Es überwiegt im Gesamteinzugsgebiet der Anteil des Flachlandes gegenüber dem Berg- und Hügelland.

### 3.1.2 Einzugsgebiet der Oder im deutsch-polnischen Grenzgewässerabschnitt

Das deutsche Odereinzugsgebiet erstreckt sich linksseitig der Lausitzer Neiße (ab dem Dreiländereck) und der Oder (ab

Oder-Strom-km 542,4) nach Norden über das Wehr Widuchowa (*Marienhof*) bei Oder-Strom km 704,1, das die Oder in die Odra Wschodnia (*Ostoder*) und Odra Zachodnia (*Westoder*) unterteilt, bis zum Westoder-Strom-km 17,1 unterhalb des Gütemesspegels Westoder/Mescherin. Die Einzugsgebietsgröße beträgt 5.587 km<sup>2</sup>. Anschließend bzw. ab dem Wehr Widuchowa (*Marienhof*) durchfließt die geteilte Oder polnisches Territorium bis zum Wiederausammenfluss bei Szczecin (*Stettin*) und der Mündung in das Zalew Szczecinski (*Stettiner Haff*).

scheidend beeinflusst. Eine kontinuierliche Abflussermittlung unterhalb Hohensaaten-Finow konnte zudem mit den bisher vorhandenen Messgeräten aufgrund der Rückstauproblematik nicht erfolgen. Für die beiden Abflussmessstellen der Oder gelten die in den Tabellen 3.1.2.-1 bis 2 aufgeführten, langjährigen Hauptzahlen der Abflüsse.

Ausgehend von dem deutschen Einzugsgebiet, das einem Anteil am Gesamteinzugsgebiet von 5 % entspricht, besitzen die deutschen Nebenvorfluter mit Ausnahme der Lausitzer Neiße und der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße kaum Einfluss auf das Abflussgeschehen der Oder/Westoder. Dieses gilt auch für den Hoch- und Niedrigwasserbereich.

Das deutsche Odereinzugsgebiet lässt sich grundsätzlich in folgende 6 oberirdische Teileinzugsgebiete untergliedern:

- I Lausitzer Neiße
- II Oder-Spree-Kanal mit Neuzeller Niederung
- III Brieskower See mit Brieskower Kanal, Alter Schlaube, Ziltendorfer Niederung
- IV Gebiet Frankfurt(O)/Lebus mit Bardaune, Klinge, Altzeschdorfer Mühlenfließ
- V Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße mit Finow/Finow-Kanal, Alter Oder (Oderbruch), Welse und anliegenden Poldern
- VI Gebiet von der Mündung der Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße bis zur Staatsgrenze mit Polder Gartzzer Bruch, Salveybach, Staffelder Polder

Der Grenzoderabschnitt wird wasser-mengenmäßig auf deutscher Seite durch die beiden Abflussmessstellen Eisenhüttenstadt (Kennziffer 60300,0) und Hohensaaten-Finow (Kennziffer 60308,0) repräsentativ erfasst, da nach der Mündung der Lausitzer Neiße nur noch die Warta (*Warthe*) die Wasserführung ent-

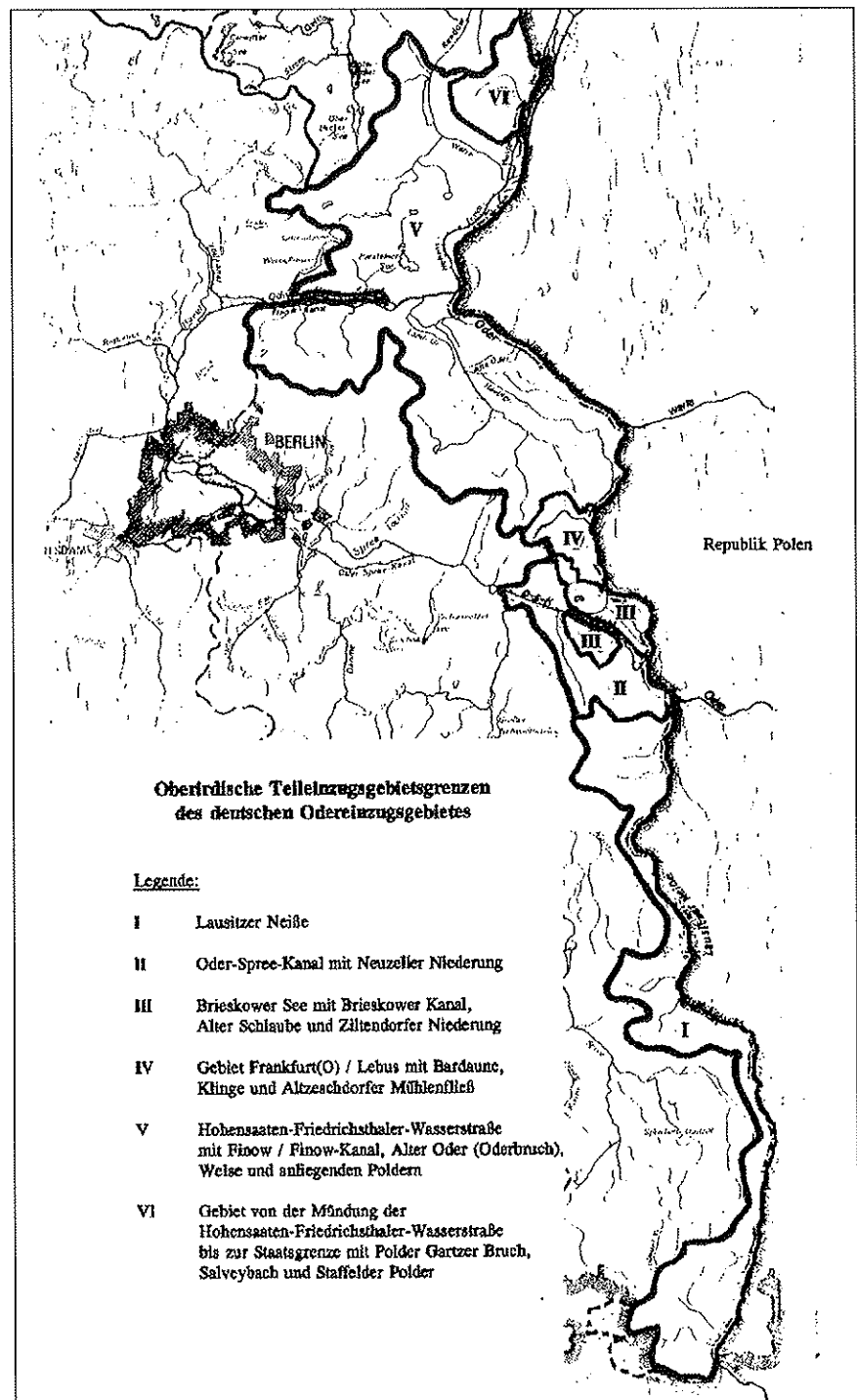


Abb. 3.1.2.-2: Grenzen der deutschen Teileinzugsgebiete

Tab. 3.1.2.-1: Hauptwerte der Abflüsse 1921/96 ohne 1945 am Pegel Eisenhüttenstadt/Oder (60300,0)

Hauptzahlen der Abflüsse [m³/s]		Jahresreihe 1921/96 ohne 1945											60 300,0		
Pegel: Eisenhüttenstadt 252,7 km oberhalb der Mündung		Gewässer: Oder PNP = NN + 25,15 m		Abflüsse gemessen seit: 1921 *											
Tageswerte sind: Terminwerte bis 08.11.1984 Tagesmittelwerte ab ab 09.11.1984				AEo = 52033 km² NNQ = 70,4 am 12.07.1922 HHQ = 2500 am 06.11.1930											
	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Wi.	So.	Jahr
NQ	84,8	82,3	90,4	108	114	115	92,0	74,0	70,4	73,6	73,6	74,4	82,3	70,4	70,4
MNQ	200	211	230	249	274	309	238	198	171	163	162	169	165	133	124
MQ	261	292	322	357	423	434	339	288	253	241	221	220	348	260	304
MHQ	362	411	457	509	644	598	509	436	406	403	325	323	827	770	992
HQ	2500	1190	1240	1690	2040	1550	1380	1940	1690	1770	1840	1490	2500	1940	2500
Anmerkung: * – Messungen vor 1921 fanden keine Berücksichtigung.															

Tab. 3.1.2.-2: Hauptwerte der Abflüsse 1921/96 ohne 1945 am Pegel Hohensaaten-Finow/Oder (60308,0)

Hauptzahlen der Abflüsse [m³/s]		Jahresreihe 1921/96 ohne 1945											60 308,0		
Pegel: Hohensaaten-Finow 141,9 km oberhalb der Mündung		Gewässer: Oder PNP = NN + 0,16 m		Abflüsse gemessen seit 1921 *											
Tageswerte sind: Terminwerte bis 31.10.1980 Tagesmittelwerte ab 01.11.1980				AEo = 109564 km² NNQ = 111 am 11./14.09.1921 HHQ = 3480 am 03.04.1888 **											
	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Wi.	So.	Jahr
NQ	148	205	179	207	208	254	191	158	126	114	111	124	148	111	111
MNQ	377	403	445	486	550	597	454	368	312	308	310	324	331	258	244
MQ	446	510	568	638	731	755	580	475	404	393	378	379	608	435	521
MHQ	544	632	729	823	976	937	752	630	551	521	475	463	1180	925	1250
HQ	2580	1470	1760	2120	2330	2180	1450	2000	1760	1600	1900	1280	2580	2000	2580
Anmerkungen: * – Die erste Messung ist vom 30.03.1894 bekannt. ** – Der HHQ-Wert wurde nachträglich über den Pegel Neuglietzen ermittelt.															

### 3.1.3 Abflussverhalten des Jahres 1996

Das Abflussjahr 1996 (November 1995 bis Oktober 1996) weist ein ausgeprägtes Frühjahrshochwasser von Ende März bis Anfang Juni und zwei kleinere Hochwasserwellen in den Monaten Juli und September aus. Als Abflusshauptwerte gelten an den Oberpegeln:

Eisenhüttenstadt

NQ = 162 m³/s, MQ = 349 m³/s und HQ = 934 m³/s

Hohensaaten-Finow

NQ = 314 m³/s, MQ = 530 m³/s und HQ = 1080 m³/s.

Im Vergleich zu den mehrjährigen Hauptwerten ist das Untersuchungsjahr 1996 ein durchschnittliches Abflussjahr. Der Jahres-MQ-Wert lag an den Pegeln Eisenhüttenstadt und

Hohensaaten-Finow bei 115 % bzw. 102 % der Vergleichswerte der Jahresreihe 1921/96 ohne 1945.

Als besonders nachteilig für die Beschaffenheitsuntersuchungen war die langanhaltende Vereisung (Treibeis/Randeis-Eisstau-Eisdecke) der Oder zu bezeichnen, die im Untersuchungsjahr 1996 von Anfang Dezember 1995 bis Ende März 1996 andauerte und eine Beprobung fast aller Kompartimente unmöglich machte. Ungünstig wirkte sich auch das innerhalb weniger Tage auf den Eisstand folgende Frühjahrshochwasser aus, da einzelne Probenahmekampagnen (insbesondere Schwebstoff) mehrere Wochen in Anspruch nahm und eine eindeutige Trennung bzw. separate Interpretation von Abflussphasen im Untersuchungsjahr teilweise nicht zu realisieren war.

Tab. 3.1.2.-3: Tabelle ausgewählter Hauptzahlen der Abflüsse 1956/90 im Grenzoderlängsschnitt

Ausgewählte Hauptzahlen der Abflüsse im Grenzoderlängsschnitt [m³/s] Jahresreihe 1956/90							
Gewässer	Odra (Oder)	Lausitzer Neiße	Oder	Odra (Oder)	Warta (Warthe)	Odra (Oder)	Oder
Pegel	Plecko (Polfenzig)	Guben 2	Eisenhütten- stadt	Slubice (Frankfurt(O)- Dammvorstadt)	Gorzow (Landsberg)	Godowice (Güstebiese)	Hohensaaten- Finow
Pegelnennziffer	42020	66028,0	60300,0	43021	43213	43022	60308,0
Pegelnullpunkt	NN + 32,62 m	NN + 37,48 m	NN + 25,15 m	NN + 17,45 m	NN + 15,33 m	NN + 3,02 m	NN + 0,16 m
Lage (Strom-km)	530,3	13,8 (oh. Mdg.)	554,1	584,1	56,4	645,3	664,9
Einzugsgebietsgröße AEo [km²]	47 152	3 933 *	52 033	53 382	52 404	109 729	109 564
NNQ	52,3	5,20	70,4	**	**	**	111
am	04.01.1954	08.01.1934	12.07.1922	**	**	**	11./14.09.1921
NQ	68,0	5,49	90,6	81,0	64,7	180	179
am	1960	31.07.1990	27.09.1990, oft	11.12.1959 u. 24.08.1969	12.12.1959 u. 08.08.1963	25./26. + 28. 08.1963 u. 17.01.1985	11.01.1985
MNQ	117	11,7	139	141	106	266	264
MQ	272	30,9	317	322	224	553	551
MHQ	824	182	945	922	514	1250	1224
HQ	1680	605	1770	1820	1110	2170	1970
am	31.08.1977	23.07.1981	31.08./01.09. 1977	01.09.1977 u. 24.02.1987	21./22.03.1972	03.09.1977 u. 22./24.03.1979	23.03.1979
HHQ	**	605	2500	**	**	**	3480
am	**	23.07.1981	06.11.1930	**	**	**	03.08.1888
Anmerkungen: * – Wegen vorübergehender Verlegung der Malxe durch Bergbau beträgt das AEo derzeit 4125,2 km². ** – Zu den Extremwerten liegen derzeit keine verbindlichen Angaben von der Republik Polen vor. (Pegelnullpunkt Pegel Eisenhüttenstadt bis 29. 11. 1995: NN + 25,15 m, ab 30. 11. 1995: NN +25,17 m)							

### 3.2 Allgemeine Darstellung der Beschaffenheitssituation der Oder im Grenzgewässerabschnitt

#### 3.2.1 Wasserbeschaffenheit der Grenzoder

Für die Wasserphase der Oder kann man in Hinblick auf einige Parameter auf langjährige Messreihen der vor Ort ansässigen Institutionen, wie der Wasserwirtschaftsdirection Oder-Havel und seit 1992 dem Landesumweltamt Brandenburg (LUA) zurückgreifen. Außerdem wurde 1993 ein Untersuchungsprogramm unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetalle und organischer Spurenstoffe in der Wasserphase durchgeführt. Aufgrund fehlender gerätetechnischer Voraussetzungen sind jedoch stoffliche Identifikationen und langjährige Messreihen zu diesen beiden Parametergruppen aus den 80er Jahren nicht vorhanden. Aussagen zur Schadstoffbelastung der Schwebstoffe und Sedimente der Oder sind nur im geringen Umfang in der Literatur zu finden, obwohl von einigen Institutionen, wie der Bundesanstalt für Gewäs-

serkunde Berlin und dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin Untersuchungen durchgeführt worden sind. Im Jahr 1992 wurden in Zusammenarbeit LUA und GKSS, Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Wasser/Schwebstoff-Stichprobenserien genommen, die erste Schlüsse auf hohe Quecksilber- und Cadmiumgehalte im Schwebstoff und somit auch im Sediment zuließen. Nennenswerte oder signifikant grenzwertüberschreitende Konzentrationen (in Bezug auf Schutzgüter) kommen an den betrachteten Messstellen in der Oder nicht vor. Ausnahmen bilden jedoch die abwasserfahnenbeeinflussten Gewässerabschnitte. Hier können wesentlich höhere Werte gefunden werden. Typische Belastungsquellen, wie z. B. die EKO-Stahl AG als Vertreter der Hüttenindustrie, verursachen einen signifikanten Anstieg der Konzentrationswerte von Mangan und Zink. Ein erhöhter Cadmiumeintrag über eine Belastungsquelle aus der Warta ist ebenfalls zu vermuten. Höchstkonzentrationen von toxischen Stoffen nach den Wasserqualitätsrichtlinien der Europäischen Union 80/778/EWG wurden auch durch Maximalwerte nicht überschritten. Anhand der identifizierten und qualitativ ermittelten Parameter im Rahmen des Untersuchungsprogrammes

ergeben sich nur für die Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) signifikante Überschreitungen des TVO-Grenzwertes bzw. der Richtlinie 80/778/EWG.

### 3.2.2 Abwassereinleitungen

Eine Verbesserung der Wasserbeschaffenheit der Oder und vorgelagerten Küstengewässer kann durch die Reduzierung des Lasteintrages seitens der Punktbelastungsquellen erreicht werden. Obwohl diese neben dem diffusen und grundwasserbedingten Eintrag nur zu einem Teil zur Schadstofflast beitragen, ist ihre Erfassung und das gesetzliche Instrumentarium zur Lastreduzierung gegeben.

Aufgrund der Rekonstruktion und des Neubaus einer Reihe von Kläranlagen im deutschen Einzugsgebiet kann durchaus von einer signifikanten Verringerung gesprochen werden, auch wenn dieser Beitrag nur einen Bruchteil zur Gesamtlast der Oder ausmacht. Weitaus komplizierter stellt sich die Kontrolle der Stoffvielfalt dar. Infolge der analytischen Voraussetzungen zur qualitativen und quantitativen Erfassung dieser Vielfalt ergeben sich neue Aspekte des Stoffverhaltens auf dem Weg in das Gewässer und im Fluss selbst. Bei der Betrachtung der Abwasserquellen erfolgt eine Auswertung der Direkteinleiter in das Grenzgewässer. Alle anderen Quellen im deutschen Einzugsgebiet können als Summe über die Zuflüsse erfasst werden. In Tabelle 3.2.2.-1. sind die wesentlichen Direkteinleiter in das Grenzgewässer dargestellt.

Neben den „Hots Spots“ der deutschen Seite existiert im Abschnitt der Grenzoder/Wartamündung die Direkteinleitung der kommunalen und industriellen Kläranlage der Zellstoffindustrie und Stadt Küstrin. Aktuelle Angaben seitens des polnischen Einleiters liegen nicht vor. Aufgrund der eingeleiteten Abwassermengen, die zwischen 10.000 und 30.000 m<sup>3</sup>/d liegen, bilden sich je nach Konzentrationsgradient Abwasserfahnen aus, deren Längen über 10 Flusskilometer messtechnisch nachweisbar sind. Daher treten je nach Lage der Probenahmestelle gravierende Konzentrationssprünge im Flusslängsschnitt einzelner Kompartimente auf.

### 3.2.3 Zuflüsse

Durch Verlegungs- und Begradigungsarbeit der letzten Jahrhunderte kann im Grenzabschnitt der Oder von einer fast vollständigen Eindeichung gesprochen werden. Neben der Schifffahrt war die Gewinnung von landwirtschaftlicher Nutzfläche einer der Hauptgründe. Dieses Wasserwirtschaftsmanagement vereinfacht in einem nicht unbedeutenden Maße das komplexe Gewässersystem der Oder im Grenzabschnitt. Bei der Planung der Messnetze und Auswertung des Beschaffenheitsdaten sind neben der Grenzoder nur 3 wesentliche Gewässer zu berücksichtigen

- Lausitzer Neiße (deutsch-polnisches Grenzgewässer)
- Warta (polnischer Zufluss)
- Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße (deutscher Zufluss).

Dabei kommt der Warta als rechtsseitiger Zufluss die dominierende Rolle zu. Leider war eine Einbindung der polnischen Seite nicht gegeben.

Alle anderen bei der hydrologischen Betrachtung aufgeführten deutschen und polnischen Zuflüsse haben keinen signifikanten Einfluss auf die Wasserbeschaffenheit des betrachteten Flussabschnittes bzw. stellen im Sinne der Beschaffenheit der Oder unwesentliche Zuflüsse dar.

Tab. 3.2.2.-1: Direkteinleitungen in die Grenzoder (Stand 1997), deutsches Einzugsgebiet

Nr.	Kläranlage	Branche	Kapazität	Jahresschmutzmenge (JSM) in m <sup>3</sup>
<b>Gewerbliche Direkteinleiter</b>				
1	EKO Stahl GmbH Eisenhüttenstadt	Eisen-/Stahlerzeugung		11 302 000
2	Papierfabrik Haindl Schwedt/O	Papier/Pappe	183 TEW	4 635 000
3	Schwedter Papier- und Karton GmbH	Papier/Pappe	max. 216 TEW	5 400 000
4	PCK GmbH Schwedt	Erdölverarbeitung	200 TEW	7 802 000
<b>Kommunale Direkteinleiter</b>				
5	Eisenhüttenstadt	kommunal	99 TEW	3 750 000
6	Frankfurt(O)	kommunal	99 TEW	6 300 000

Angaben Landesumweltamt, Obere Wasserbehörde  
TEW – 1000 Einwohnerwerte

## 4 Messprogramm

### Kompartimente

Zur Lösung der Aufgabenstellungen ist ein breites Kompartimentspektrum mit einer hohen Parametervielfalt zu untersuchen. Eine Basis stellen dabei die Stoffgruppen der Schwermetalle und organischen Spurenstoffe dar. Den Kernpunkt (oder Ausgangspunkt) des Vorhabens bildet die Untersuchung der Belastung der Sedimente und Schwebstoffe. Daraus leitet sich für ein Gesamtmonitoring die Untersuchung folgender Phasen ab

- Sedimente, Schwebstoffe,
- Wasser (Summe aus flüssiger und schwebender Phase des Flusses), Abwasser und Grundwasser,
- Boden (Polderflächen),
- Atmosphärische Deposition,
- Lebende Materie (Fisch, Dreissena).

Es wird von der Betrachtungsweise ausgegangen, dass die Erfassung der Beschaffenheiten einzelner Kompartimente im Rahmen eines Monitorings Rückschlüsse auf die Auswirkung von Belastungsquellen im Flussabschnitt der Grenzoder zulassen. Dieser Flussabschnitt wird als territoriales Ganzes mit Eingangs- und Ausgangsgrößen interpretiert. Die Wasser-Schwebstoff-Sedimentphasen sind durch dynamische Konzentrationsgleichgewichte und Stofftransportprozesse im offenen System gekennzeichnet. Neben den Abwasser-einleitungen, Zuflüssen, atmosphärische Nahdepositionen wird der oberhalb der gemeinsamen deutsch-polnischen Grenze befindliche Flussabschnitt ebenfalls als eine Eingangsgröße bewertet. Das Grundwasser im Abstrom, die teilweise gefluteten Bodenflächen in den Poldergebieten und ausgewählte Lebensformen im Fluss werden durch das Vorhandensein von Schadstoffen in der Grenzoder und deren Akkumulation in ihrer Beschaffenheit beeinflusst. Zur Planung der Teilvorhaben werden ausgewählte Beschaffenheitsabhängigkeiten zugrunde gelegt.

Die Belastungen der Flusskompartimente Wasser-Schwebstoff-Sediment werden nur im Zusammenhang mit deutschen Zuflüssen und Abwassereinleitungen betrachtet. Das kann als relativ „einfach“ und erfassbar bezeichnet werden. Darüber hinaus vorhandene Themenkomplexe, wie z. B. diffuse Einträge über Wasser-Bodenpfad (Oberflächenabfluss, Eintrag über Grundwasserzuflüsse), Austräge durch Diffusion bei leichtflüchtigen Stoffen, Adsorptions-/Aggregationszustände von Schadstoffen in einem Kompartiment u.a. werden nicht betrachtet. Auch die Bewertung der Belastung weiterer Phasen durch atmosphärische Deposition bezieht sich im Wesentlichen auf qualitative Aussagen und besonders auffällige Hot Spots.

Belastungsquellen werden vor allem durch Konzentrationsanalogien oder Stoffmusterverteilungen in den Komparti-

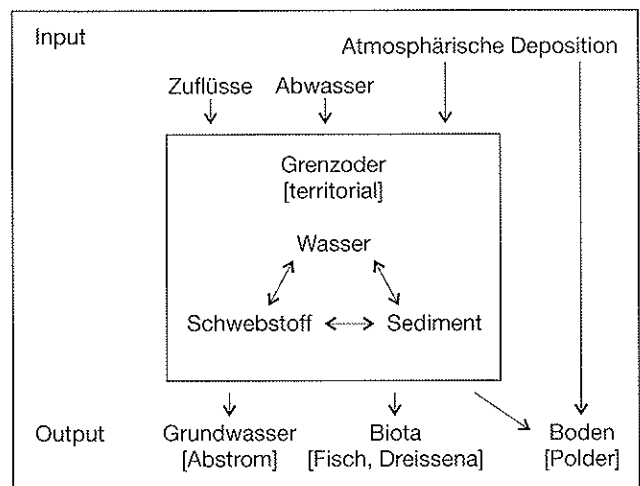


Abb. 4.-1: Ausgewählte Beschaffenheitszusammenhänge einzelner Kompartimente

menten beurteilt. Eine sehr tiefgreifende Spezialisierung ist aufgrund der Themenbreite des Vorhabens nicht möglich und auch nicht vorgesehen.

### Zu analysierende Parameter

Anhand nachfolgender Tabellen sind die zu analysierenden Parameter bezüglich Kompartiment ersichtlich. Die Parameterauswahl erfolgt nach mehreren Gesichtspunkten:

- nach allgemeinen Regeln der Untersuchungspraxis (Literaturquellen),
- nach der Möglichkeit, die Parameter in allen Kompartimenten zu analysieren,
- nach den technischen Voraussetzungen und vorhandenen Erkenntnisstand,
- ergänzt durch fakultative Parameter zur Bewertung der einzelnen Kompartimente.

Vor der Hauptuntersuchungsphase sind Screeninguntersuchungen durchzuführen, um eine weitere Spezifizierung der Parameterspektren zu erreichen. Durch fakultative Parameter können umfassendere Beschreibungen der Beschaffenheit erfolgen, deren Festlegungen liegen in der Zuständigkeit eines jeden Themenbearbeiters.

Die abgestimmten Einzelverbindungen der Stoffklassen des Analysenspektrums sind in Tabelle 4.-1 bis 4.-4 aufgeführt. Tabellenfelder, die mit einem „H“ gekennzeichnet sind weisen darauf hin, dass z. T. schon längerfristige Untersuchungsreihen vorliegen und der Parameter zur Beschaffenheitsbewertung notwendig ist. Felder, die mit einem „S“ gekennzeichnet sind, zeigen an, dass die Monitoringprogramme um diese Stoffgruppen zu erweitern sind. Bei den meisten Analysen-



Tab. 4.-1: Anorganisches Parameterspektrum

Parameter/Stoffgruppe	Sediment	Schwebstoff	Flusswasser	Biota	Deposition	Aueböden	Abwasser	Grundwasser
<b>Standarduntersuchungen</b>								
pH-Wert	H	H	H		H	H	H	H
Leitfähigkeit	H	H	H		H	H	H	H
Korngrößenanalyse	S					H		
Trockenrückstand	H	H				H		
Glühverlust	H	H				H		
<b>Summenparameter</b>								
Phosphor, gesamt	H	H	H		H	H	H	H
Stickstoff, gesamt	H	H	H		H	H	H	
Schwefel, gesamt	H	H				H		
Kohlenstoff, gesamt (TC)	H	H				H	H	
TOC	H	H	H		H	H	H	
<b>Anionen</b>								
Cl, F, NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>4</sub> , o-PO <sub>4</sub>			F		F	F		F
<b>Kationen</b>								
Na, K, Ca, Mg, Al			F		F	F		F
<b>Schwermetalle</b>								
Hg, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn, Zn	H	H	H	H	H	H	F	

H – Hauptprogramm, S – Screening, F – Fakultativ bzw. ausgewählte Parameter

Tab. 4.-2: Organisches Analysenspektrum I

Parameter/Stoffgruppe	Sediment	Schwebstoff	Flusswasser	Biota	Deposition	Aueböden	Abwasser	Grundwasser
<b>Organische Summenparameter</b>								
Adsorbierbare Organische Halogenide (AOX)	H	H	H		H	H		
Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)	H	H	H			H		
Tenside (MBAS)			H					
<b>Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	H	H	H		H	H		
<b>Benzen-Toluen-Xylol (BTX)</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	H	H	H		H	H		
<b>Phenole</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	H	H	H	H	H	H		
<b>Polychlorierte Biphenyle (PCB)</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	H	H	H	H	S	H		
<b>Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen(EPA/TVCO)	H	H	H	H			H	
<b>Komplexbildner</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen			H					

H – Hauptprogramm, S – Screening, F – Fakultativ bzw. ausgewählte Parameter

verfahren handelt es sich um „Non Target“-Methoden. Die zu analysierenden und zu bewertenden Einzelverbindungen sind anhand von Screeninguntersuchungen festzulegen.

Da trotz des breiten Parameterspektrums zum toxikologischen Verhalten durch Einzel- und Summenwirkungen nur unvollkommene Aussagen getroffen werden können, wurden biolo-

gische Untersuchungsverfahren für Sediment und Aueböden in das Programm aufgenommen. Biotestverfahren besitzen neben einer Reihe von noch zu lösenden methodischen Problemen einen nicht unerheblichen „Wartungs“-bedarf. Es bleibt zu wünschen übrig, dass mit Aufbau der Messstationen der Nachholebedarf insbesondere dynamischer Biotestverfahren vermindert wird.

Tab. 4.-3: Organisches Analysenspektrum II

Parameter/Stoffgruppe	Sediment	Schwebstoff	Wasser	Biota	Deposition	Aueböden	Abwasser	Grundwasser
<b>Pestizide</b>								
Phenylharnstoffderivate	H	H				S		
Phenoxy-carbonsäuren	H	H				S		
Phosphorsäureester	H	H				S		
DDT und -Derivate	H	H	H	H	H	H		
HCB, PCBz	H	H	H	H	H	H		
HCH	H	H	H	H	H	H		
Triazine	H	H	H		H	S		
Diene	H	H	H	H		S		
<b>Metallorganyle</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	S	S		S				
<b>Phthalsäureester</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	S	S	S		S	S		
<b>Dioxine und Furane</b>								
ausgewählte Einzelverbindungen	S	S		S				

H – Hauptprogramm, S – Screening, F – Fakultativ bzw. ausgewählte Parameter

Tab. 4.-4: Biologische Testspektren

Parameter/Stoffgruppe	Sediment	Schwebstoff	Wasser	Biota	Deposition	Aueböden	Abwasser	Grundwasser
<b>Akute und chronische Ökotoxizität</b>								
Sediment-Chromotest	F					F		
Leuchtbakterientest	H					H		
Daphnientest	H					H		
Algentest	F					F		
Verlängerter Daphnientest	F					F		
Respiration						S		

H – Hauptprogramm, S – Screening, F – Fakultativ bzw. ausgewählte Parameter

## 4.1 Messnetze

Analog des Prinzips Gesamtvorhaben-Teilvorhaben werden für die einzelnen Kompartimente Teilmessnetze erarbeitet, die neben der Parameterkompatibilität eine vergleichende Bewertung durch identische Messpunkte zulassen. Bei Planung der Beschaffenheitserfassung einzelner Kompartimente besitzen 2 wesentliche Komponenten einen entscheidenden Einfluss. Das sind

- der zeitliche (dynamische) Faktor zur Bewertung der Veränderlichkeit und
- der territoriale (statische) Faktor zur Aufnahme eines Ist-Zustandes.

Der Aufbau entsprechender Teilmessnetze ist abhängig von der Realisierbarkeit (Zugänglichkeit des Pegels, Aufwendungen für die Probenahme, dynamisches Verhalten des Untersuchungsgegenstandes u. a.) und der Leistungsfähigkeit der die Proben bearbeitenden Laboratorien (diese abhängig von

Probenvorbereitung, Analysenaufwendungen u. a.). Darüber hinaus ist prinzipiell die Sinnfälligkeitsprüfung mit der Frage „Was ist notwendig zur Erreichung des Zieles“ zu stellen. Ein einzelnes Messnetz ist überschaubar, eine Vielzahl von Teilmessnetzen lässt durch Vervielfältigungseffekte die Anzahl der zu analysierenden Proben schnell ansteigen. Als Grundlage für alle Teilmessnetze dienen die seit Jahrzehnten beprobten Pegel zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit. Das Messnetz wurde im Zeitraum 1989 – 1993 überarbeitet, um der aktuellen Belastungssituation gerecht zu werden. So sind die Messpegel (oder die Entnahmestellen) für Sedimente und Schwebstoffe in wesentlichen Dingen identisch mit den Wasserprobenahmestellen.

In Teilprojekten, die essentiell die Quellen der Belastung registrieren sollen, erfolgt die Festlegung anhand des Verlaufes der Abwasserfahne, der Hauptwindrichtung u. a. Einflussgrößen. Die Aufgabenstellung des Gesamtvorhabens besteht in der Erfassung und Bewertung der Beschaffenheit der einzelnen Kompartimente der Oder von Fluss-km 542,4 bis 704,1

und Westoder von Fluss-km 0 bis 17,1. Aufgrund des eingedeichten Flusslaufes gibt es vom deutschen Einzugsgebiet u. h. der Neißemündung nur kleinere Zuflüsse von völlig untergeordneter Bedeutung ( $MQ < ca. 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Diese sind beispielsweise der Hauptgraben/Eisenhüttenstadt, die Klinge Frankfurt (O), das Alteschdorfer Mühlenfließ u. a. Schadstoffeinträge aus dem Oderbruch, Raum Eberswalde-Finow u. a. Kleineinzugsgebiete gelangen über die Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße u. h. der Ortschaft Friedrichsthal in die Westoder.

Aufgrund der Urbarmachung des Bodens für landwirtschaftliche Zwecke verfügt das Gewässersystem im deutschen Einzugsgebiet über größere Niederungsgebiete, die je nach Jahreszeit durch Heberleitungen bewässert und über Schöpferwerke trocken gehalten werden. Als eines der größten Gebiete ist der Oderbruch einzuschätzen.

Als weitere Besonderheit sind die Poldergebiete im Nationalpark „Unteres Odertal“ anzusehen. Hier können über umfangreiche Schleusen- und Schöpferwerkssysteme größere Flächen geflutet werden, um Hochwasserschäden durch Abflachung der Hochwasserwelle zu vermeiden.

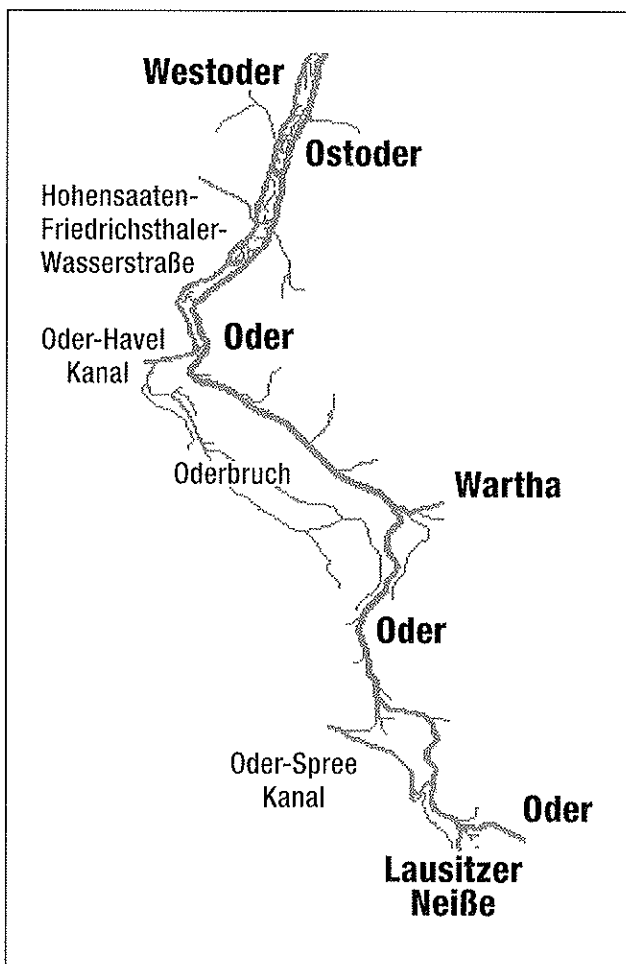


Abb. 4.1.-1: Flussabschnitt Grenzoder

## Messnetz Sediment, Schwebstoff, Wasser

Neben kleineren Gewässern und deren vernachlässigbaren Einfluss auf die Beschaffenheit der Kompartimente in der Oder kann von deutscher Seite nur die Lausitzer Neiße als ein kontinuierlich fließender Zufluss betrachtet werden. Eine Beprobung der Warta konnte im Rahmen des FE-Vorhabens mit der polnischen Seite nicht erreicht werden.

Oder-Spree-Kanal, Brieskower Kanal (keine Schifffahrtsnutzung) und Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße sind künstlich angelegte Wasserwege. Dort wird das Primat auf Wasserscheitelhaltung und Schleusensteuerung gelegt. Das Attribut „fließend“ kann hier nicht oder nur zeitweise angewendet werden.

### – Sediment

Grundlage einer Beschaffenheitsbewertung bildet eine links- und rechtsseitige Beprobung des abgelagerten Sedimentes mittels Boot. Sedimente weisen keine Homogenität im Flussquerschnitt auf und besitzen gegenüber Schadstoffeinträgen oder Einmündungen ein Gedächtnis. Ein Problem bereitet das Absetzverhalten. In künstlich geschaffenen Flussabschnitten ohne strömungstechnisch beruhigte Zonen ist eine Sedimentgewinnung mit den genutzten Probenahmetechniken nicht oder nur sehr schwer möglich. Hier bilden Wasserbauwerke (Schleusen, Wehre, Buhnenbereiche u. a.) die einzigen Orte, wo sich Sedimente ablagern können. Deshalb war trotz intensiver Suche eine rechtsseitige Beprobung im Flussabschnitt Schwedt-Widuchowa nicht erfolgreich.

### – Schwebstoffe

Die Entnahme des Wasser-Schwebstoffgemisches erfolgt mittels einer Pumpe, die auf einem Schwimmer installiert ist. Die erhaltenen Schwebstoffe entstammen unmittelbar unterhalb der Wasseroberfläche. Der Schwimmer pendelt horizontal im Gewässer zwischen Ufer und Flussmitte, so dass die Entnahme nicht nur aus einer Strömungslinie erfolgt. Aufgrund der komplexen, räumlichen Aspekte, unter denen ein Flussquerschnitt betrachtet werden sollte, ist das analysierte Material nur als eine Stichprobe anzusehen. Gegenüber der Sediment- und Wasserprobenahme stellt die des Schwebstoffes zeitlich und in Bezug auf die technischen Aufwendungen die höchsten Anforderungen.

## Messnetz Biota, Polderflächen

Zur Gestaltung des Messnetzes im Teilvorhaben Biota (Fisch, Dreissena) sei bemerkt, dass zum Beginn die Frage „Wenig Messstellen, größere Beprobungsfrequenz ↔ größere Messstellenanzahl, nur eine territoriale Beprobungsserie?“ gelöst werden musste. Zur Erhöhung der statistischen Aussagekraft und eines geringeren organisatorischen Aufwandes wurde das erste Prinzip bevorzugt.

Tab. 4.1.-1: Probenahmestellen Sediment-Schwebstoff-Wasser, Flussabschnitt Grenzoder

Bez.-Nr.	Art	Probenahmestelle Lage	Lokalisierung im Querprofil		
			links	Mitte	rechts
od1	Sediment Wasser	Oder, Pegel Milow ~ Fluss-km 542,4	X	X	X
od2	Sediment Schwebstoff Wasser	Oder, Pegel Eisenhüttenstadt ~ Fluss-km 551-553	X X	X	X
od3	Sediment Schwebstoff Wasser	Oder, Pegel Aurith ~ Fluss-km 565	X X		X
od4	Sediment Schwebstoff Wasser	Oder, Pegel Frankfurt(O) ~ Fluss-km 585	X X	X	X
od5	Sediment Wasser	Oder, Pegel Lebus ~ Fluss-km 593	X X		X
od6	Sediment Schwebstoff Wasser	Oder, Pegel Kietz ~ Fluss-km 617	X X	X	X
od7	Sediment Wasser	Oder, Pegel Groß Neuendorf ~ Fluss-km 635	X X		X
od8	Sediment Schwebstoff Wasser	Oder, Pegel Hohenwutzen ~ Fluss-km 659	X X	X	X
od9	Sediment Schwebstoff Wasser	Oder, Pegel Schwedt ~ Fluss-km 695	X	X X	
od10	Sediment Wasser	Oder, Pegel Widuchowa ~ Fluss-km 704	X X	X	
od12	Sediment Schwebstoff Wasser	Westoder, Pegel Mescherin ~ Fluss-km 14 zeitweise Q gegen 0 m³/s	X	X X	

Q Durchfluss

Tab. 4.1.-2: Zuflüsse, Kanalmündungen – deutsche Seite

Bez.-Nr.	Art	Probenahmestelle	Lokalisierung im Querprofil		
			links	Mitte	rechts
od13	Sediment Schwebstoff Wasser	Lausitzer Neiße Pegel Ratzdorf ~ Fluss-km 1-2	X X	X	
od14	Sediment Wasser	Oder-Spree-Kanal Pegel Fähre Eisenhüttenstadt (zeitweise Q gegen 0 m³/s)		X X(4w)	
od15	Sediment Wasser	Brieskower Kanal Pegel Mündungsbereich Brieskower See zeitweise Q gegen 0 m³/s		X X(4w)	
od18	Sediment Schwebstoff Wasser	Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße Pegel Gatow zeitweise Q gegen 0 m³/s		X X X	

(4w) – Beprobungsfrequenz 4-wöchentlich; Q – Durchfluss

Tab. 4.1.-3: Probenahmestellen Biota

Nr.	Bezeichnung	Lage	Möglichkeiten der Belastung
1.	Biota 2	Oder bei Milow, Fluss-km 542-544 (ident.mit od1)	- poln. Einzugsgebiet des Pegels
2.	Biota 4	Oder o.h. Frankfurt(O), ~ Fluss-km 580 (ident.mit od4)	- Einzugsgebiet des Pegels - KA b. Eisenhüttenstadt
3.	Biota 6	Oder b. Hohenwutzen, Fluss-km 661-663 (ident.mit od8)	- Einzugsgebiet des Pegels - Warta, KA Kostrzyn
4.	Biota 7	Oder b. Schwedt, Fluss-km 698-700 (ident.mit od9-10)	- Einzugsgebiet

Tab. 4.1.-4: Probenahmestellen Polderflächen (Aueböden)

Nr.	Bezeichnung	Lage	Belastungsquellen
1.	Aueböd 1	Lunower Polder	relative Backgroundfläche - kein Einfluss Odersediment
2.	Aueböd 2	Vordeichgelände Lunower Polder	- Flutungsrate hoch (~ jährlich)
3.	Aueböd 3	Fiddichower Polder	- Nassdeposition Raum Schwedt - Flutungsrate mittelmäßig (~ zeitl. Abstand mehrere Jahre)

Im Mittelpunkt der Betrachtung der Auebödenproblematik stehen die Auswirkungen von zeitlichen Überflutungen der Polderflächen während der Hochwasserphasen der Oder und den darauf folgenden Ablagerungen von Schwebstoffen.

### Messnetz Abwassereinleitungen

Von deutscher Seite existieren 4 Direkteinleitungen in die Grenzoder. Die Belastungsquelle Kostrzyn/Republik Polen wird nicht in die Auswertung einbezogen, da kein aktuelles Informationsmaterial vorliegt. Nach Angaben der polnischen Seite aus dem Jahr 1988 betrug der mittlere Tagesabfluss aus den Zellstoffwerken 55.000 m<sup>3</sup>/d und der Stadt Kostrzyn 5.000 m<sup>3</sup>/d. Die Abwässer wurden nur mechanisch gereinigt.

Tab. 4.1.-5: Einleitungsstellen Direkteinleiter Grenzoder

Abwassereinleiter	Flusskilometer
Kommunale Kläranlage Eisenhüttenstadt	551,2
Industrielle Kläranlage EKO Stahl AG	560,1
Kommunale Kläranlage Frankfurt(O)	586,1
Industrielle und kommunale Kläranlage Zellstoff/Stadt Kostrzyn	ca. 617,5 (Mündungsbereich Warta)
Industrielle Sammeleinleitung Erdölverarbeit./Zellstoff/Papier Schwedt	697,6

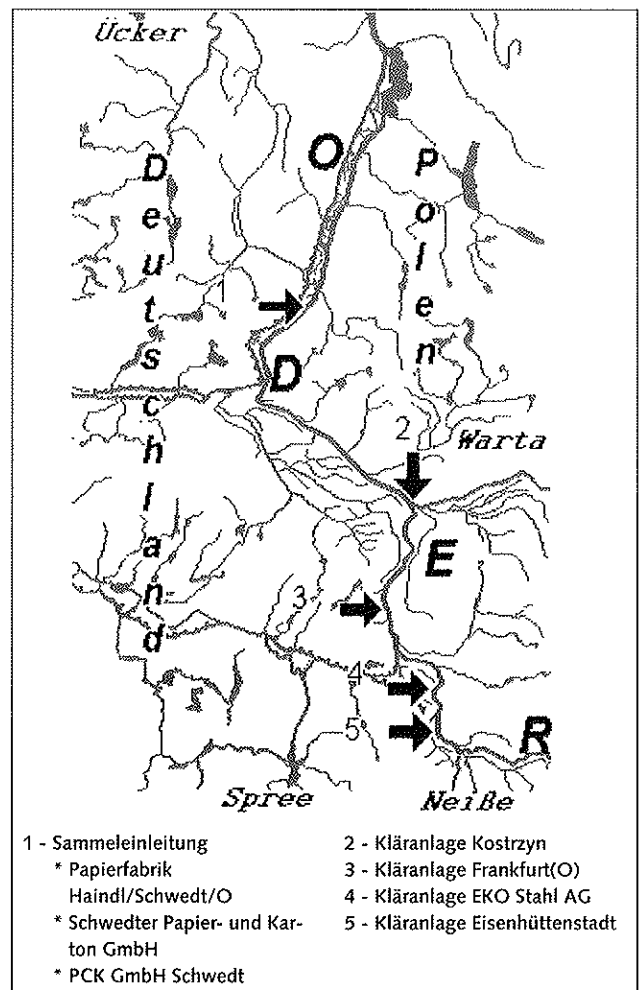


Abb. 4.1.-2: Territoriale Darstellung wesentlicher Direkteinleiter im Grenzoderabschnitt

## Messnetz Nassdeposition

Tab. 4.1.-6: Zusammenfassung der Nassdepositionsmessstellen und deren Belastungsquellen

Bezeichnung	Lage	Belastungsquellen
Nassdepo 1	Nähe Oderdeich Fluss-km 559	- EKO Stahl AG - Stadt Eisenhüttenstadt
Nassdepo 2	Lebus, Naturschutzstation Fluss-km 590	relativer Backgroundpegel
Nassdepo 3	Lunower Polder Fluss-km 671	relativer Backgroundpegel
Nassdepo 4	Nähe Oderdeich Fluss-km 703	- PCK AG Schwedt; Stadt Schwedt - Papier-/Zellstoffindustrie

Neben der Überflutung und Ablagerung von Schwebstoffen bzw. den daran adsorbierten Schadstoffen erfolgt eine Belastung der Polderflächen während der Trockenphase über den atmosphärischen Pfad. Dabei spielt insbesondere die Nahdeposition eine nicht unwesentliche Rolle. Schwerpunkt bildeten dabei auf deutscher Seite die Hauptindustrieregionen Eisenhüttenstadt und Schwedt im Grenzgewässerabschnitt der Oder.

## 4.2 Probenahmetechnik

### – Sedimente

Die Oberflächensedimente wurden mit einem von Hand zu bedienenden Bodengreifer nach van Veen aus den oberen 10 bis 20 cm entnommen. Im Gebiet o. h. Schwedt erfolgte die Beprobung in den Bühnenfeldern, u. h. Schwedt in der beruhigten Uferzone. Die Proben wurden vor Ort per Hand homogenisiert, von groben Fremdstoffen befreit und für die nachfolgende Analytik in die entsprechenden Gefäße abgefüllt (Glasgefäße für Organik, Kunststoffgefäße für Schwermetalle und Toxizitätstests). Bis zur Aufarbeitung wurden die Proben im Tiefkühlschrank bzw. im Kühlschrank gelagert.

### – Schwebstoffgewinnung mit Sedimentationsbecken

Um einen Überblick über die zeitliche Änderung von Schadstoffgehalten im Schwebstoff zu erhalten, sind in den Wassergütemessstationen des Odereinzugsgebietes stationäre Sedimentationsbecken aus Acrylglas installiert worden, mit denen kontinuierlich aus der fließenden Welle die aktuellen Schwebstoffe abgefangen werden.

Die Flusswasserzufuhr erfolgt permanent über Pumpen in die Messstationen. Bei einem Abscheidegrad von 20–30 % sedimentieren etwa 30–40 g Schwebstoffe pro Tag. Entwickelt wurden diese Absetzbecken von der Wassergütestelle Elbe.

Aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeit (1 cm/s) in den Becken sich absetzenden Schwebstoffe (frisches, schwebstoffbürtiges Sediment) werden im vierwöchentlichen Rhythmus entnommen.

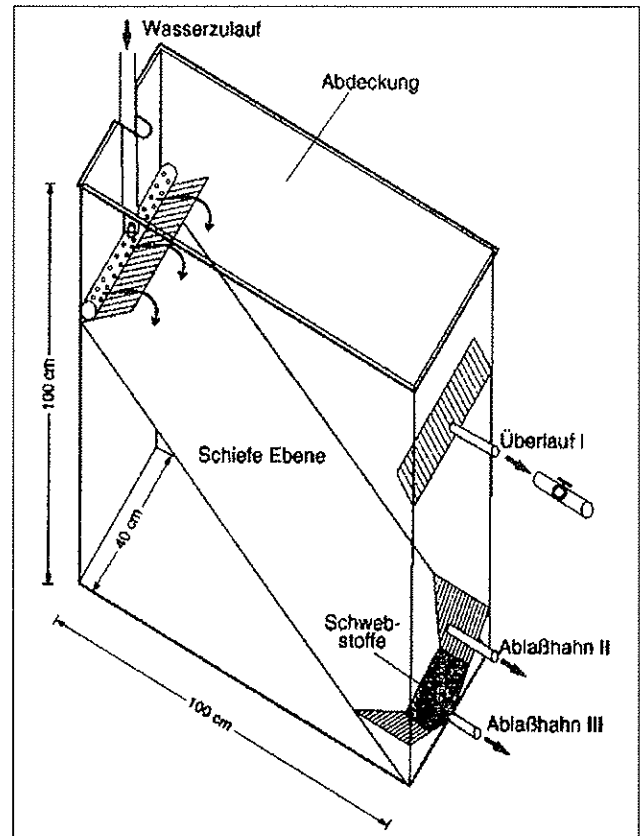


Abb. 4.2.-1.: Aufbau Sedimentationsbecken

### – Schwebstoffgewinnung mit Durchflusszentrifuge

Zum Abscheiden des Schwebstoffes von der Wasserphase wurde eine Zentrifuge der Firma Westfalia Separator AG verwendet, die mit einem Edelstahlkammerseparator ausgestattet ist. Der Abscheidegrad beträgt ca. 90 %. Die Wasserzufuhr erfolgte über eine Grundfos-Pumpe, die mittels eines Schwimmers in die Strömung gebracht wurde. Die Entnahmetiefe betrug ca. 30 cm unter der Wasseroberfläche. Um eine ausreichende Probemenge zu erhalten, wurde mit einem Durchsatz von etwa 200 l Flusswasser pro Stunde gearbeitet. Die Probenahmezeit ist je nach Schwebstoffgehalt des Wassers zwischen 6 und 8 Stunden variiert worden. Während der Schwebstoffprobenahme wurde außerdem eine Zentrifugatprobe gezogen.

### – Abwasser

Die Probenahme erfolgte gemäß DIN 38 402-11 und LAWA-AQS-Merkblatt P-8/1. Die Mehrzahl der Parameter ist aus der qualifizierte Stichprobe bestimmt worden. Lediglich für die AOX-Untersuchung wurde eine Einzelprobe gezogen und direkt in die Probenflasche eingefüllt.

Für die qualifizierte Stichprobe sind mittels Teleskopschöpfer in einem Abstand von 2 min. mindestens 5 Stichproben à 1 Liter am Ablauf der Kläranlage entnommen worden. Für die Durchmischung kam die Homogenisierapparatur der Fa. Behr zum Einsatz. Nach 2minütigem Homogenisieren wurden die Probenahmeflaschen vorsichtig befüllt. Leitfähigkeit, Wasser-

temperatur und pH-Wert sind vor Ort an der Entnahmestelle aus der Stichprobe gemessen worden.

– Grundwasser

Richtlinie für die Entnahme von Grundwasser waren die DIN 38 402-13 und das LAWA-AQS-Merkblatt P8-2. Die Proben wurden aus fest installierten Grundwassermessstellen gezogen. Als Pumpe diente das Modell MP1 der Fa. Grundfoss.

Vor Beginn der Arbeiten bestimmten wir mit dem Kabellichtlot den Grundwasserstand und die Sohlentiefe. Einbautiefe und Förderrate der Grundwasserpumpe wurden entsprechend eingestellt. Nach dem Freipumpen des Grundwasserrohres bis zur Konstanz der Parameter Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH und Redoxspannung konnten die Proben in die vorbereiteten Gefäße abgefüllt werden.

– Fließgewässer

Die Flusswasserprobenahme erfolgte mit einem 10l Schöpf-eimer vom Ufer aus, bei Vorhandensein von Brücken aus Strommitte, bei nicht vermishtem Querprofil auch mit Boot. Die Entnahme geschah unterhalb der Gewässeroberfläche. Um das Absetzen von Schwimmstoffen zu vermeiden, wurde das Probengut vor dem Befüllen der Gefäße vorsichtig mit einem Rührstab durchmischt. Leicht veränderliche Parameter wie Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Leitfähigkeit bestimmten wir sofort an der Entnahmestelle.

Bei allen Kompartimenten wurden die Proben gekühlt, zum Teil zusätzlich konserviert, ins Labor transportiert.

### 4.3 Stoffspektrum und Analytik

– Sediment / Schwebstoff / Boden

Parameter	Probenaufbereitung	Analysenverfahren
pH	Lufttrocknung, Sieben < 2 mm	elektrometrisch mit Glaselektrode (Einstabmesskette); DIN 38 414 S5
Elektrische Leitfähigkeit bei 20°C	Lufttrocknung, Sieben < 2 mm	elektrometrisch mit Platinmesszelle nach Hoffmann, A 13.4.2. im Methodenbuch-Bodenuntersuchungen
Glühverlust	105°C-Trocknung, Sieben < 2 mm	gravimetrisch; DIN 38 414 S3
TC TOC Gesamtstickstoff Gesamtschwefel	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm für TOC: Entfernen des anorganischen Kohlenstoffs mit HCl	oxidative Hochtemperaturverbrennung bei 1150°C und Wärmeleitfähigkeitsdetektion Gerät: Vario EL (Elementaranalysesysteme GmbH Hanau)
Gesamtphosphor	Nasssiebung auf < 20 µm, Gefriertrocknung, Aufschluss mit HCl/HNO <sub>3</sub> im Mikrowellenaufschlussgerät Boden: Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 250 µm, Königwasseraufschluss	ICP-OES-Bestimmung
<b>Metalle und Metalloide</b> Eisen Mangan Zink Kupfer Nickel Chrom	Nasssiebung auf < 20 µm, Gefriertrocknung, Aufschluss mit HCl/HNO <sub>3</sub> im Mikrowellenaufschlussgerät Boden: Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 250 µm, Königwasseraufschluss	ICP-OES-Bestimmung
Arsen	siehe Metalle und Metalloide	AAS (Hydridverfahren) Boden: ICP-OES
Blei Cadmium	siehe Metalle und Metalloide	Graphitrohr-AAS
Quecksilber	siehe Metalle und Metalloide	Reduktion durch SnCl <sub>2</sub> , Kaltdampf-AAS, FIMS
AOX	Sieben < 2 mm, Gefriertrocknung, Mahlen < 100 µm	mikrocoulometrische Bestimmung, DIN 38 414-S18
MKW	Sieben < 2 mm, Gefriertrocknung, Mahlen < 100 µm, Extraktion mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan bei Raumtemperatur, Aluminiumoxid-Trennschritt	DIN 38 409-H18 mittels FTIR Boden: DIN 38 409-H18 mittels FTIR und nach LAGA KW-85 (1990)

Parameter	Probenaufbereitung	Analysenverfahren
<b>LHKW</b> Trichlormethan Tetrachlormethan Tribrommethan 1,1-Dichlorethen Trichlorethen Tetrachlorethen 1,2-Dichlorethan 1,1,1-Trichlorethan 1,1,2-Trichlorethan 1,2-Dichlorbenzen 1,3-Dichlorbenzen 1,4-Dichlorbenzen	Frischprobe	Headspace-Technik, Messung an DB 624 und DB 5 (30 m x 0,32 mm x 1,08 µm Film) mittels ECD und FID
<b>BTX</b> Benzen Ethylbenzen Toluol Xylen Cumol Chlorbenzen	Frischprobe	Headspace-Technik, Messung an DB 624 und DB 5 (30 m x 0,32 mm x 1,08 mm Film) mittels ECD und FID
<b>Chlorpestizide</b> DDT DDD DDE HCB Pentachlorbenzol α-HCH β-HCH γ-HCH δ-HCH	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Extraktion mit Aceton/Hexan 1:1; Verdampfung und Wiederaufnahme mit n-Hexan; 1. Clean-up: über Glassäule mit akt. Kieselgel 2. Clean-up: aktiviertes Kupfer	Gaschromatographie auf HP5 und PAS 1701, jeweils 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm Film mittels ECD
<b>PCB</b> PCB 28 PCB 52 PCB 101 PCB 138 PCB 153 PCB 180	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Extraktion mit Aceton/Hexan 1:1; Verdampfung und Wiederaufnahme mit n-Hexan; 1. Clean-up: über Glassäule mit akt. Kieselgel 2. Clean-up: aktiviertes Kupfer	Gaschromatographie auf HP5 und PAS 1701, jeweils 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm Film mittels ECD
<b>Diene</b> Dieldrin Endrin Endrinaldehyd Endosulfansulfat Endosulfan Heptachlor Heptachloreoxid	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Extraktion mit Aceton/Hexan 1:1; Verdampfung und Wiederaufnahme mit n-Hexan; 1. Clean-up: über Glassäule mit akt. Kieselgel 2. Clean-up: aktiviertes Kupfer	Gaschromatographie auf HP5 und PAS 1701, jeweils 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm Film mittels ECD
<b>Triazine</b> Desisopropylatrazin Desethylatrazin Simazin Metribuzin Cyanazin Atrazin Propazin Prometryn Terbutryn	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm,	HPLC
<b>Phenylharnstoffderivate</b> Fenuron Chloridazon Metoxuron Chlortoluron Diuron Isoproturon Metobromuron Metazachlor Linuron Metolachlor	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm,	HPLC



Parameter	Probenaufbereitung	Analysenverfahren
<b>Phosphorsäureester</b> Dichlorvos Dimethoat Parathionmethyl Malathion Fenitrothion Parathion Fenthion Azinophosmethyl Azinophosethyl	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; SFE	GC-MSD (SIM)
Phenoxycarbonsäuren Bentazon 2.4-D MCPA 2.4.5-T 2.4-DP MCPP 2.4.5-TP 2.4-DB MCPB	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm,	
<b>PAK</b> Naphthalen Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren Benz(a)anthracen Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenz[a,h]anthracen Benzo[ghi]perylen Indeno[1,2,3-cd]pyren	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Extrographie der im Masseverhältnis 1:1 mit Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gemischten Probe mit Toluol bei 90°C; Verdampfung und Wiederaufnahme mit Acetonitril Clean-up: Silicagel Nucleoprep 100 - 20 / CN-Phase Nucleoprep 100 - 20 CN  Boden: Extrographie mit Toluol,	HPLC-Gradientenelution mit Acetonitril -H <sub>2</sub> O; Fluoreszenz- und UV-Detektion  Geräte: HPLC-Module der Fa. Shimadzu Trennsäule Vydac 201 TP 5415 + SEPSERV Ultrasep ES 125 x 4  HPLC mit FLD und DAD nach EPA 610 (Trennsäule ET 150-8-4 Nucleosil 5 C18 PAH)
<b>Phenole</b> Phenol 2-Methyl-Phenol 3-Methyl-Phenol 4-Methyl-Phenol 2-Chlorphenol 2,4-Dimethylphenol 3-Methyl-4-Chlorphenol 2,4-Dichlorphenol 2,6-Dichlorphenol o-Nitrophenol 2,4,6-Trichlorphenol 2,4,5-Trichlorphenol p-Nitrophenol 2,3,4,6-Tetrachlorphenol 2,4-Dinitrophenol Pentachlorphenol 2-Methyl-4,6-Dinitrophenol Dinoseb	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Silylierung	GC/MS; Detektion im SIM-Modus
<b>Phthalsäureester</b> Dimethylphthalat Diethylphthalat Di-n-butylphthalat Di-(2-ethylhexyl)phthalat Di-n-octylphthalat Benzylbutylphthalat	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Extrographie der im Masseverhältnis 1:1 mit Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gemischten Probe mit Toluol bei 90°C; Verdampfung und Wiederaufnahme mit Acetonitril	GC/MS: temperaturprogrammierte Kapillar-GC (T = 100 ... 320°C), MS-Detektion, Säule HP-5MS 25m

Parameter	Probenaufbereitung	Analysenverfahren
Metallorganyle Dioxine und Furane	Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm; Gefriertrocknung, Sieben < 2 mm, Mahlen < 100 µm;	HRGC/HRMS
<b>Biologische Parameter</b> Leuchtbakterientest	Sieben < 2 mm, Lufttrocknung; Eluatherstellung, Wasser/Boden-Verhältnis: 2:1; 2 h Überkopfschüttler	nach DIN 38 412-L34 Lumistox, Fa. Dr. Lange
Daphnientest	Sieben < 2 mm, Lufttrocknung; Wasser/Boden-Verhältnis: 4:1 (Boden bleibt im Testsystem)	nach DIN 38 412-L30
Respiration	Sieben < 2 mm; Einstellen der Wasserhaltekapazität auf 60 %	Messung des O <sub>2</sub> -Verbrauchs mittels BSB-digi (Respiromat, Fa. Bühler)

– Wasser / Abwasser / Grundwasser / Zentrifugat

Parameter	Probenaufbereitung	Analysenverfahren
Temperatur		Widerstandsthermometer
pH		elektrometrisch mit Glaselektrode (Einstabmesskette) DIN 38 414 S5
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C		elektrometrisch mit Platinmesszelle
Stickstoff anorg. ges. Phosphor ges.		
TOC DOC	Ausgasen des anorganischen Kohlenstoffs	DIN 38 409-H3
<b>Metalle und Metalloide</b> Eisen Mangan Zink Kupfer Nickel Chrom Arsen Blei Cadmium Quecksilber		Hydridverfahren Graphitrohr-AAS Graphitrohr-AAS Reduktion durch SnCl <sub>2</sub> , Kaltdampf-AAS
AOX	Säulenmethode	mikrocoulometrische Bestimmung; DIN 38 409-H14
MKW	Extraktion mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan, Aluminiumoxid-Trennschritt, Bezugssubstanz Squalan	DIN 38 409-H18 mit FTIR
Tenside		
<b>LHKW</b> Trichlormethan Tetrachlormethan Tribrommethan 1,1-Dichlorethen Trichlorethen Tetrachlorethen 1,2-Dichlorethan 1,1,1-Trichlorethan 1,1,2-Trichlorethan 1,2-Dichlorbenzen 1,3-Dichlorbenzen 1,4-Dichlorbenzen	10 ml Wasserprobe	Headspace-Technik, GC: Messung an DB 624 und DB 5 (30 m x 0,32 mm x 1,08 mm Film) mittels ECD

Parameter	Probenaufbereitung	Analysenverfahren
<b>BTX</b> Benzen Ethylbenzen Toluen Xylen Cumol Chlorbenzen 1,2,3-Trichlorbenzen 1,2,4-Trichlorbenzen 1,3,5-Trichlorbenzen	10 ml Wasserprobe	Headspace-Technik, GC: Messung an DB 624 und DB 5 (30 m x 0,32 mm x 1,08 mm Film) mittels ECD und FID
<b>Chlorpestizide</b> DDT; DDD; DDE HCB Pentachlorbenzol $\alpha$ -HCH; $\beta$ -HCH; $\gamma$ -HCH $\delta$ -HCH	1 l Wasserprobe auf Festphase RP18 angereichert; Elution mit Aceton + Hexan; Einengen des Extraktes unter N <sub>2</sub> -Atmosphäre; Rückstand in 100 $\mu$ l Hexan aufnehmen; Clean up über Chromatographiesäule mit aktiviertem Kieselgel	GC-ECD: HP-5-Säule GC-MSD: HP-5 MS
<b>Diene</b> Aldrin Dieldrin Endrin Endrinaldehyd Endosulfansulfat Endosulfan Heptachlor Heptachlorepoxyd	1 l Wasserprobe auf Festphase RP18 angereichert; Elution mit Aceton + Hexan; Einengen des Extraktes unter N <sub>2</sub> -Atmosphäre; Rückstand in 100 $\mu$ l Hexan aufnehmen; Clean up über Chromatographiesäule mit aktiviertem Kieselgel	GC - ECD
<b>Triazine</b> Desisopropylatrazin Desethylatrazin Simazin Metribuzin Cyanazin Atrazin Propazin Prometryn Terbutryn		HPLC
<b>Komplexbildner</b> EDTA NTA		GC - NPD
<b>PCB</b> PCB 28 PCB 52 PCB 101 PCB 138 PCB 153 PCB 180	1 l Wasserprobe auf Festphase RP18 angereichert; Elution mit Aceton + Hexan; Einengen des Extraktes unter N <sub>2</sub> -Atmosphäre; Rückstand in 100 $\mu$ l Hexan aufnehmen; Clean up über Chromatographiesäule mit aktiviertem Kieselgel	GC - ECD
<b>Phenole</b> 2-Cl-Phenol 3-Methyl-4-Chlorphenol 2,4-Dichlorphenol 2,4,6-Trichlorphenol Pentachlorphenol		GC/MS; Detektion im SIM-Modus

#### 4.4 Screeninguntersuchungen

In Vorbereitung des Untersuchungsjahres wurden zur organisatorischen und fachlichen Stützung des festgelegten Parameterspektrums Stichproben einzelner Kompartimente analysiert.

– Metallparameter

Eine hervorragende Methode zur Multielement-Analyse stellt die Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA) dar. Insbesondere zur

halbquantitativen Erfassung zeigen sich zwischen Sediment- und Schwebstoffproben größere Unterschiede. Durch abweichenden Dichten wirkt der Fluss wie eine Trennsäule auf feste Teilchen. Während im Sediment der Anteil an Silikaten und Zirkonium überwiegt, weist Schwebstoff höhere Gehalte an Eisen, Kalzium, Mangan, Titan, Phosphor, Magnesium, Schwefel und Zink auf. Eine der Ursachen der Differenz dürften im biogenen Anteil begründet sein, der besonders am Schwebstoff wesentlich größer ist.

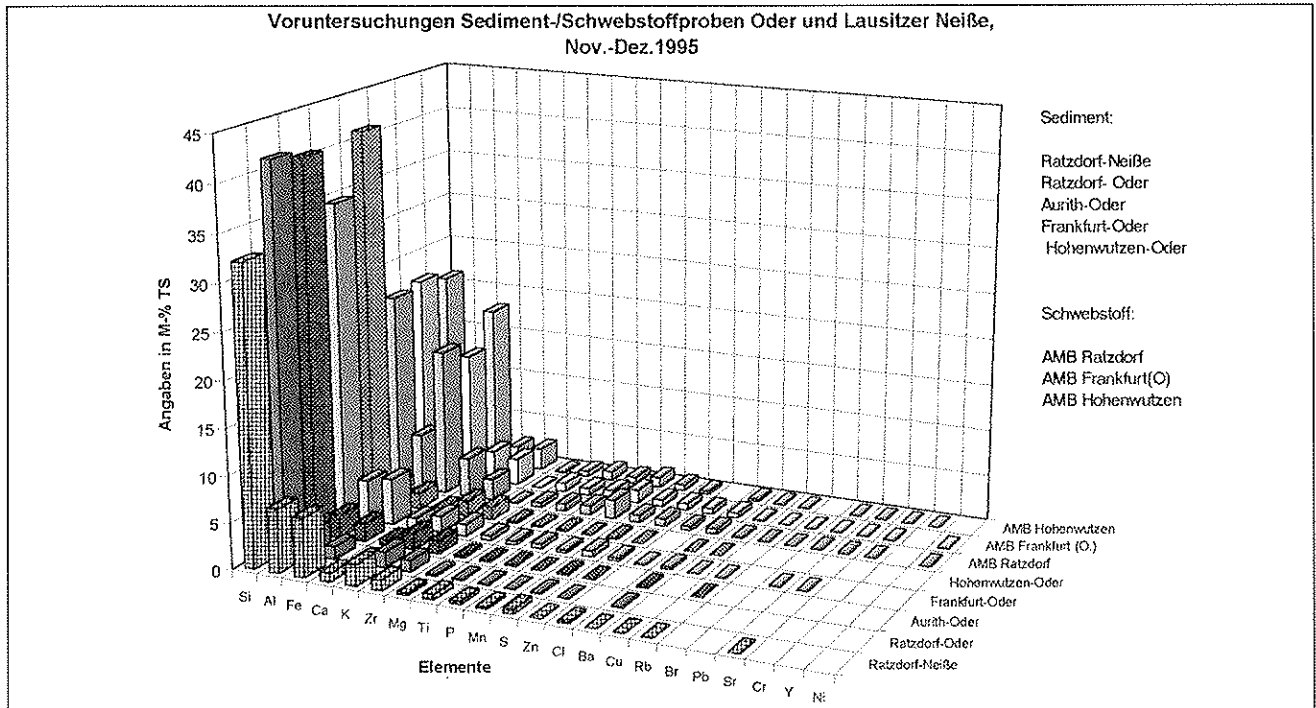


Abb. 4.4.-1: Elementgehalte ausgewählter Sediment- und Schwebstoffproben mittels Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA)

– Organische Parameter

Sinn der Voruntersuchung bestand in der Verfahrensoptimierung auf zu erwartende Gehalte. Dem diente auch die Analyse auf Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die eine Nutzungseinschränkende Rolle gespielt haben. Zwischen der Sediment- und Schwebstoffprobenserien ergeben sich Unterschiede im Auftreten von Verbindungsmustern. Die Schwebstoffe zeigen eine deutlich ausgeprägtere anthro-

pogene Beeinflussung bezüglich petrogenen (z. B. Naphthalen-Gehalte) und pyrolytischer (z. B. Fluoranthen-, Pyren-Gehalte) Art im Vergleich zur Sedimentprobenserie [HEEMKEN et. al.; KOCH, R. et. al.]. Eine geringfügige Abweichung dieser allgemeinen Behauptung zeigt die Sedimentprobe der Lausitzer Neiße mit höheren Konzentrationen von Benzo(ghi)perylen und Dibenz(a,h)anthracen.

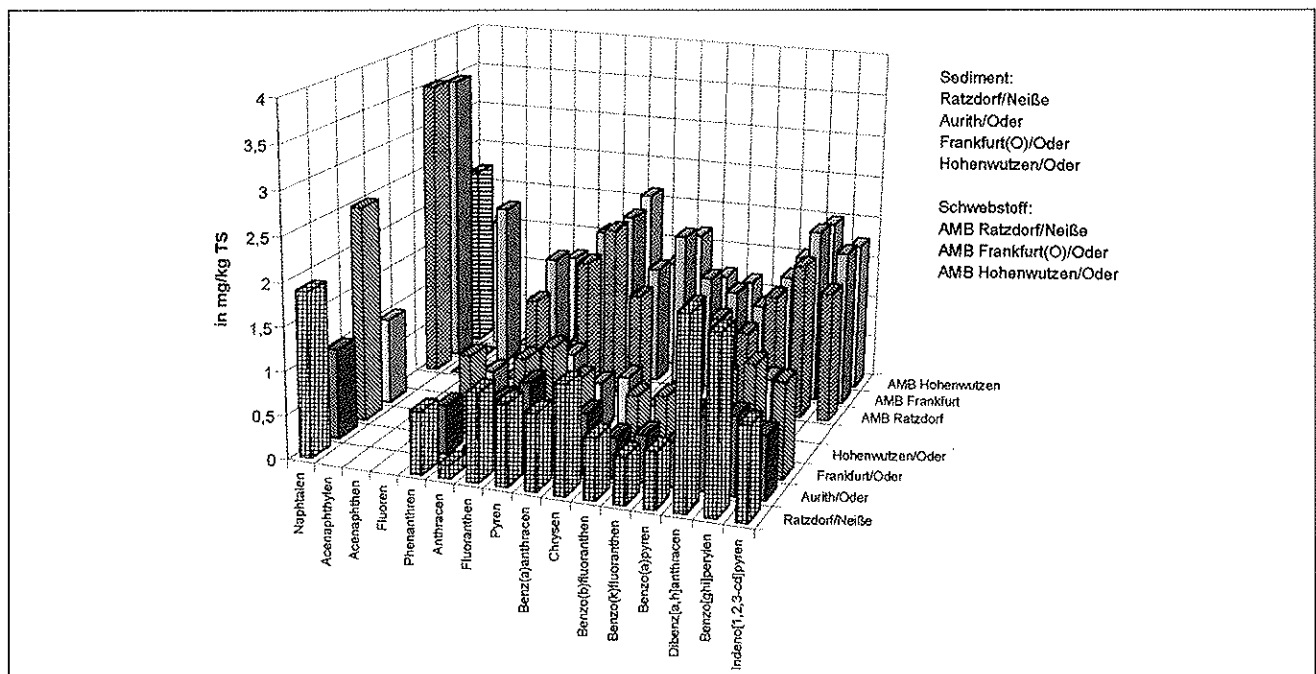


Abb. 4.4.-2: Gehalte an PAK ausgewählter Sediment- und Schwebstoffproben

– Summenparameter

Ein signifikanter Konzentrationsunterschied zwischen Sediment- und Schwebstoffproben ergibt sich beim Parameter Adsorbierbare Organische Halogenide (AOX). Ursachen dieser Differenz sind einerseits auf unterschiedliche Probenahme-techniken (Sammelbecken <-> Zentrifuge), Erfassungszeiträu-

me (Stichprobe <-> 4 Wochenzeitraum) und auf Konzentrationsänderung in der fließenden Welle zurückzuführen. Deutlich erkennbar sind die höchsten Belastungen am Messpunkt Frankfurt(O) als Endpunkt einer belasteten Gewässerstrecke.

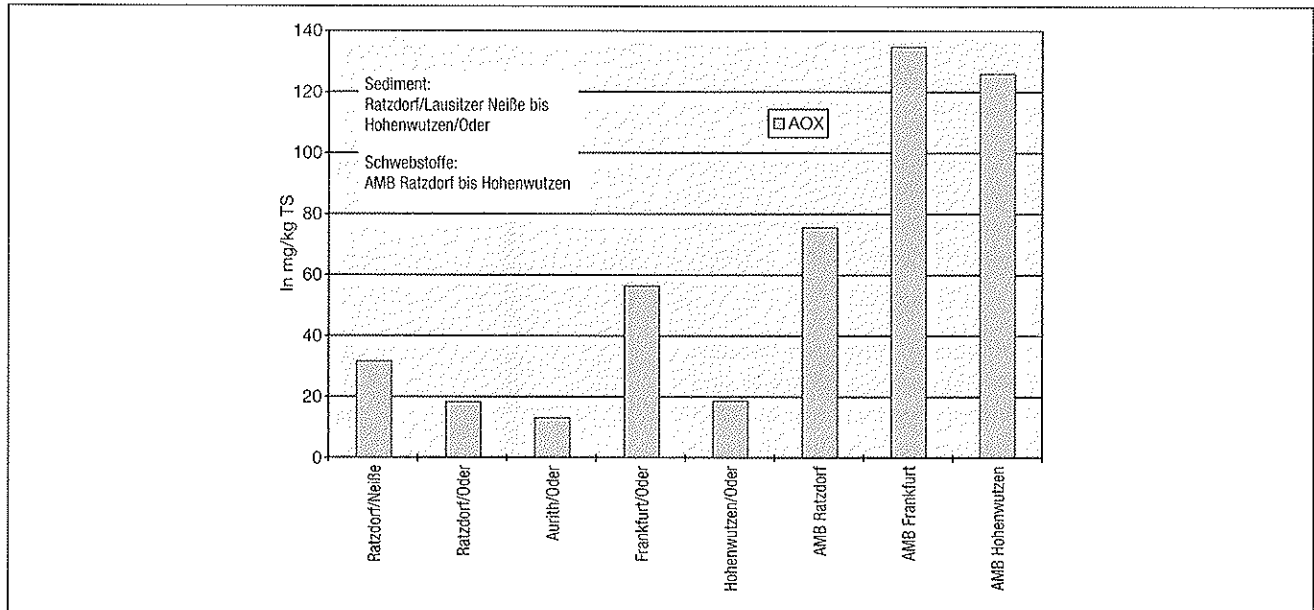


Abb. 4.4.-3: Gehalte an AOX ausgewählter Sediment- und Schwebstoffproben

## 5 Untersuchungsergebnisse

### 5.1 Mineralogische und geochemische Charakteristik der rezenten Gewässerfeststoffe der Oder

Zwischen 1989 und 1995 sind durch das Institut für Geologische Wissenschaften der Universität Greifswald diskontinuierlich Schwebstoff- und Sedimentproben der Oder gewonnen und geochemisch sowie mineralogisch-phasenanalytisch untersucht worden. Die Ergebnisse liegen in Form von Graduierungsarbeiten oder Forschungsberichten überwiegend unveröffentlicht vor [TOBIES 1990, KRAUSE 1992, KIRCHNER 1994, FIETZ 1996, EIDAM et al. 1994]. Als ein Beitrag zu dem vorliegenden Forschungsbericht werden einige Ergebnisse zusammengefasst dargestellt.

#### 5.1.1 Material und Methoden

Die Schwebstoff- und Sedimentproben sind an den in der Anlage A3-1 (Anlagenband) dargestellten Punkten entnommen worden. Die Sedimente entstammen ufernahen Bereichen. Die Schwebstoffproben sind aus jeweils 200 Liter Wasser durch Filtration (Membranfilter: Porenweite < 0,45 µm)

oder Zentrifugation gewonnen worden. Die Probenentnahme erfolgte hier von Brücken oder mit Booten aus der Flussmitte. Die Proben repräsentieren mittlere Durchflussverhältnisse. Die Untersuchungen wurden bei den Schwebstoffen an den gefriergetrockneten Gesamtproben, bei den Sedimenten vorwiegend am gefriergetrockneten Kornanteil < 63 µm durchgeführt. Vor den mineralogischen Analysen sind die Anteile organischer Substanz entfernt worden. Die Elementgehaltsbestimmungen erfolgten nach Königswasser-Mineralsäure-Totalaufschluss mittels AAS oder ICP-AES. Zur Ermittlung des Mineralbestandes und des Gefüges der Feststoffe wurden die Röntgendiffraktometrie, Differentialthermoanalyse, Rasterelektronenmikroskopie, Transmissions-Elektronenmikroskopie und Elektronenstrahlmikroanalyse genutzt. Die methodischen Details sind den oben zitierten Arbeiten zu entnehmen.

#### 5.1.2 Morphologische Ausbildung der Feststoffproben

Die Geländearbeiten und die Sedimentuntersuchungen zeigen, dass bei den rezenten Feststoffablagerungen der Oder sandige Bildungen mit geringem organogenem Anteil vorherrschen.

Tab. 5.1.2.-1: Organischer Anteil und Kornverteilung des anorganischen Restes von Sedimenten (n = 8) und Schwebstoffen (n = 14) der Oder, Mittelwert (Min - Max)

Masse-%	Schwebstoffe	Sedimente
Organischer Anteil	27 (19-35)	24 (13-48)
Kornfraktion < 2 µm	53 (42-76)	25 (6-34)
Kornfraktion 2 – 63 µm	40 (14-50)	33 (11-50)
Kornfraktion > 63 µm	7 (2-17)	42 (20-83)

Organische und feinkörnige Schlicke lagern sich als schwebstoffbürtige Fraktion geringer Sinkgeschwindigkeit bevorzugt in strömungsberuhigten Gewässerabschnitten (Buhnen) ab. Sie unterliegen intensiven, durchflussbedingten Umlagerungsprozessen.

Ihre stofflichen Eigenschaften ähneln denen der Schwebstoffe, die bei Mittel- und Niedrigwasser suspendiert sind. KIRCHNER (1994) hat Schlick-Sediment-Proben granulometrisch untersucht und Feinkornanteile (< 2 µm) bis 34 Masse-% festgestellt (Tab.5.1.2.-1.). Die Schlicke sind entsprechend den Redoxbedingungen rotbraun bis schwarz gefärbt. Sie überlagern sandige Bildungen mit deutlichen Schichtgrenzen. Bei den sandigen Sedimenten dominiert die Fraktion 0,4–1 mm.

Die **Schwebstoffkonzentrationen** von 19 Proben, die überwiegend in Schwedt genommen worden sind, betragen im Durchschnitt 17,0 mg TS/l (1,9–37,5). Es sind keine Hochwasserereignisse erfasst worden. Hohe Schwebstoffkonzentrationen bei Trockenwetterabflüssen zeigen, dass die Menge des fluviatil suspendierten Materials nicht allein von der Größe der natürlichen, gefälle- und abflussbedingten kinetischen Energie des Wasserkörpers bestimmt wird, sondern erhebliche biogene Anteile beinhaltet. Im anorganischen Anteil der Schwebstoffe überwiegt mit durchschnittlich 53 Masse-% (42–76 Masse-%, n = 14) die Fraktion < 2 µm.

Die Schwebstoffe bauen sich aus festen und gelförmigen anorganischen und organischen Komponenten auf, wobei die festen Partikel als Einzelkörner oder im Verbund mit anderen Schwebstoffbestandteilen, als Flocken, im Wasserkörper bewegt werden. Die Feststoffe entstammen allen genetischen Bereichen. Ihre Art und ihre Mengenanteile in der Suspension spiegeln die natürlichen und anthropogenen Bedingungen im Einzugsgebiet wider. Vom flächen-/volumenbezogenen optischen Eindruck her überwiegen die organischen Anteile, wobei pflanzliches Mikrobenthos und -plankton in den Vordergrund treten. Im fluviatilen Milieu sind die Feststoffpartikel bis auf extreme Ausnahmesituationen (Hochwasser mit starkem terrigenen Eintrag, frische äolische Deposition) stets von wasserhaltigen, kolloidalen Überzügen umhüllt.

Die Umhüllungen (coatings, Biofilme) entstehen aus physiologischen und physikochemischen Ursachen [DEGENS 1979; CHARACKLIS & MARSHALL 1990, FLEMMING 1991]. Sie

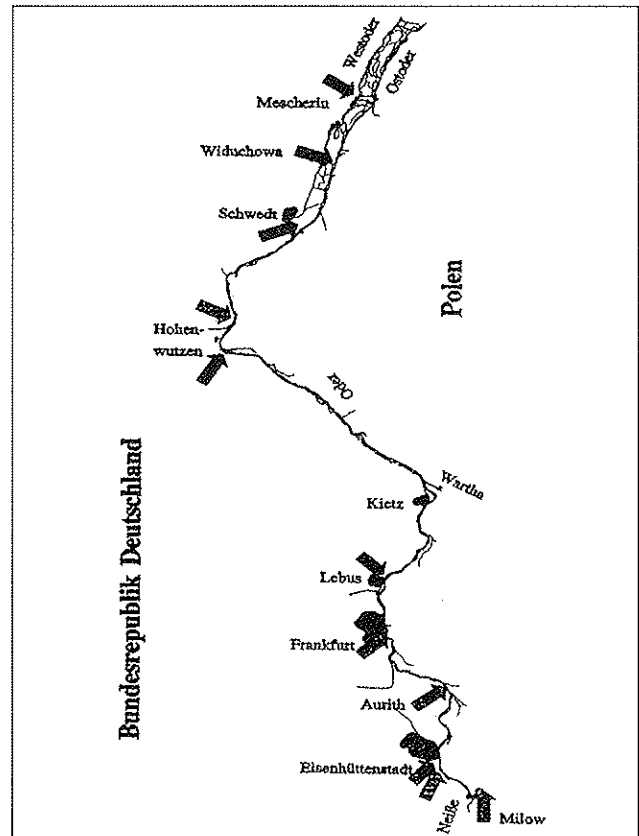


Abb. 5.1.2.-1: Lage der Messstellen an der Oder

werden in vergleichbarer Form auch im terrestrischen Bereich, beispielsweise als Sekundärfilter in porösen Gesteinen, beobachtet und in der Abwassertechnologie zielgerichtet genutzt. Eine visuelle Unterscheidung von metall(hydr)oxidischen und organischen Anteilen ist nicht möglich. Die Existenz der gelförmigen Feststoffüberzüge ist untrennbar mit mikrobiellem Leben verbunden. Eine oft beschriebene Erscheinungsform von Gel-Phasen sind extrazelluläre polymere Substanzen (FLEMMING 1991), oder exopolymere Substanzen [KOOPS & KARBE 1994], die überwiegend als exopolymere Polysaccharide ausgebildet sind [BLUHM et al. 1982, CHENU & JAUNET 1992] und zusammengefasst als EPS bezeichnet werden. Ihre herausragende Eigenschaft ist das Sorptionsvermögen gegenüber anderen Partikeln oder gegenüber gelösten Wasserinhaltsstoffen und Schadstoffen.

Die EPS-Adsorption gilt als der grundlegende Mechanismus der Flockenbildung [GREGORY 1978, EISMA 1993]. Die mikroskopischen Untersuchungen frischer Schwebstoffe vermitteln den Eindruck, dass die dichten Mineralkörner sowie die festen organischen Partikel in unterschiedlichem Maße das Substrat und die Bewuchsgrundlage für eine intensive Besiedlung mit einer sehr vielfältigen belebten Materie bilden. Damit stellen sich die Schwebstoffflocken als biozönotische Strukturen dar [KAUSCH 1996], die u. a. durch die biologische Produktion stark wasserhaltiger organischer Substanzen den fluviatilen Transport relativer schwerer Partikel ermöglichen und in denen die Feststoffe höherer Dichte mit ihrer Stabilität,

ihrem Potential an auslaugbaren Elementen, Energie und ihrer Fähigkeit zum Ladungsausgleich essentielle Bedeutung für die lebende Materie im Gewässer besitzen. Derartige Schwebstoffflocken sind eine typische Bildung der nährstoffreichen mitteleuropäischen Flüsse.

Die Schwebstoffgefüge wurden anhand kryopräparierter, relativ frischer Proben des Messpunktes Schwedt rasterelektronenmikroskopisch untersucht. Die Anlagen A3-2 bis A3-4 lassen u. a. die EPS-Strukturen der Schwebstoffe erkennen. Sie erscheinen nach der durch die Sublimation bedingten Entwässerung als gerüst- oder netzbildende Fäden, deren Ausgangspunkte als Haftpunkte auf den festen Partikeln liegen und die damit die räumliche Koordination der Schwebstoffbestandteile aufzeigen. Es können EPS-Strukturen unterschieden werden, die in genetischem Zusammenhang zu Bakterien, zu pilzähnlichen Gebilden oder zu Kieselalgen stehen.

### 5.1.3 Phasenbestand der Feststoffe

Die Sedimente bestehen wie die Schwebstoffe aus biogenen, geogenen und anthropogenen Bestandteilen. Der aus dem Glühverlust bis 550 °C abgeleitete Anteil organi-

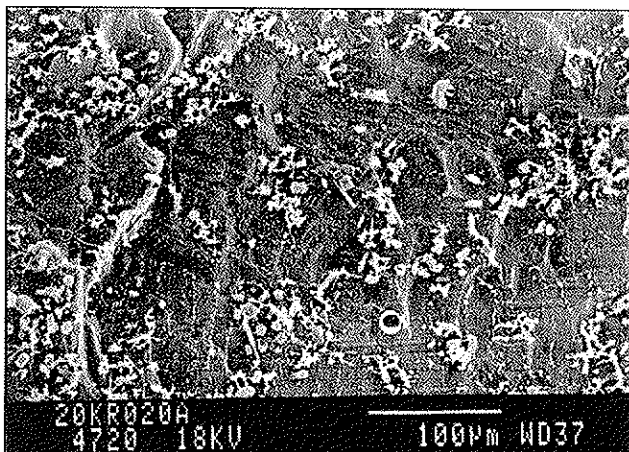


Abb. 5.1.3.-1: Kryo-REM-Aufnahme – Schwebstoffe der Oder (Schwedt November 1994); Einzelpartikel und EPS-vernetzte Flocken

scher Substanz der Schlicksedimente ist in Abhängigkeit von den Sedimentationsbedingungen sehr wechselhaft und liegt im Mittel bei 24 (13–48) Masse-%. Der C/N-Quotient der Proben liegt zwischen 8 und 13 und spricht damit nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1989) für die Dominanz abgestorbener organischer Materie. Die vorherrschenden anorganischen Phasen sind Opal-a, Fe-Mn-(Hydr)oxide, Quarz, Feldspäte, Aragonit, Calcit, Dolomit, Muskovit-Illit, Biotit, Kaolinit, Chlorit, Gips, Glaukonit, Granat, Aschen, Schlacken, Gläser, Ziegelbruch und Gesteinsbruchstücke. In der Schluff- und Sandfraktion überwiegen Quarz (50–90 Masse-%), Feldspäte (10 %) sowie Karbonate, die in einzelnen Fällen Gehalte von bis 60 % erreichen können und über-

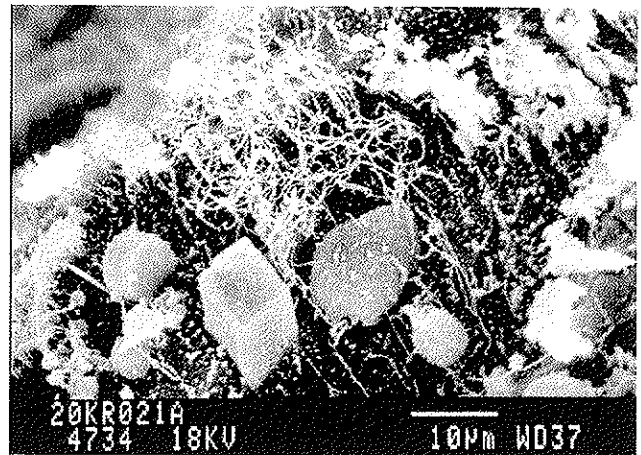


Abb. 5.1.3.-2: Kryo-REM-Aufnahme – Schwebstoffe der Oder (Schwedt April 95); Kieselalgen und bakteriell-sklerotinitisches EPS

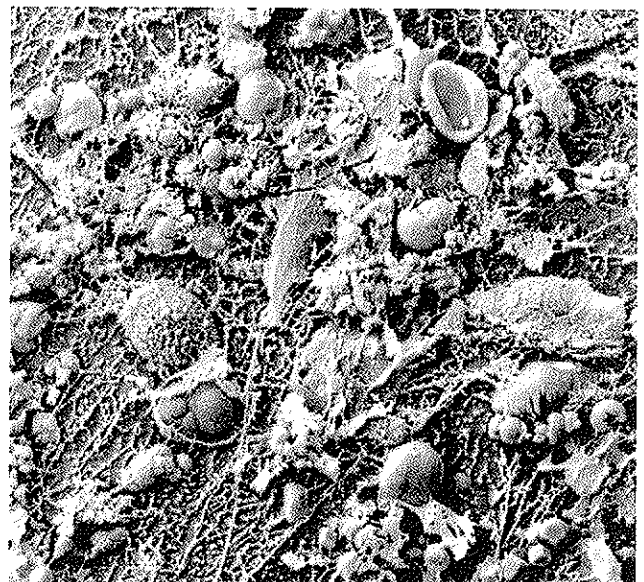


Abb. 5.1.3.-3: Kryo-REM-Aufnahme - Schwebstoffflocken der Oder (Schwedt Sept. 1995); biogene (Ostracodenschalen) und geogene Einzelpartikel sind über bakterielle EPS vernetzt

wiegend biogenen Ursprunges sind. In der Tonfraktion < 2 µm wird eine Zunahme der Schichtsilikate (quellfähige Wechsellagerungsminerale, Kaolinit, Muskovit-Illit, Chlorit) beobachtet.

Die Proben enthalten bis zu 10 % Opal-a, der aus Skelettresten von Kieselalgen besteht und insbesondere in der Fraktion 2–63 µm angereichert ist. KIRCHNER (1994) hat den quantitativen Mineralbestand der Korngrößenfraktionen der Sedimentproben ermittelt und laterale Gehaltsänderungen festgestellt, die durch die geologischen Bedingungen der jeweiligen Teileinzugsgebiete bestimmt werden. So verringert sich in Fließrichtung das Kaolinit-Dreischichttonmineral-Verhältnis. Das bedeutet, dass die Mineralassoziation des

mesozoisch-tertiär geprägten Nordrandes des Böhmisches Massivs von der Assoziation der quartären Gesteine abgelöst wird. Die Größe der spezifischen Oberfläche der Sedimente wird signifikant durch die Korngröße und den Anteil organischer Substanz bestimmt. Sie erreicht Werte bis 140 m<sup>2</sup>/g.

Alle Sedimentbestandteile finden sich auch in den **Schwebstoffen** wieder. Ihre Mengenanteile unterscheiden sich jedoch und variieren in Abhängigkeit von den hydrologischen und klimatischen Bedingungen. Die Schwebstoffproben der Lokalität Schwedt weisen nach FIETZ (1996) mit durchschnittlich 32 Masse-% höhere Gehalte an organischer Substanz als die Sedimente auf. Das gilt auch für Skelettopal mit im Mittel 18 %. Entsprechend niedriger sind die Mineralgehalte (Schichtsilikate 11–40 Masse-%, Quarz und Feldspäte 14–22 %, Karbonate 2–7 %). Es ist bemerkenswert, dass auch bei den vorliegenden mittleren Durchflüssen relativ schwere Mineralpartikel aufgrund ihrer Einbindung in die Flockenstruktur in Suspension transportiert werden. Mit der rasterelektronenmikroskopischen Mikroanalyse konnten u. a. Steinkohlenaschen, Braunkohlenaschen, Stahlwerksschlacken, Anatas, Titanit, Apatit, Eisenphosphate, Amphibole, Baryt und Buntmetallerze als akzessorische Bestandteile der Schwebstoffe bestimmt werden.

Die planktische Diatomeenvergesellschaftung der Oder zwischen Warthe-Mündung und Schwedt wurde durch JONAS (1991) untersucht. Es sind 190 Formen unterschieden worden, wobei oligohalobe und beta-mesosaprobe Formen vorherrschten. Die häufigsten Arten waren *Achnanthes lanceolata*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymatopleura solea*, *Gomphonema parvulum*, *Melosira granulata*, *Melosira varians*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia sigmaidea* und *Synedra ulna*.

### 5.1.4 Chemische Zusammensetzung der Feststoffe

In der Tabelle 5.1.4.-1 sind die Medianwerte der Hauptelementgehalte der Sediment- und Schwebstoffproben der Oder dargestellt worden. Es zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Schlicksedimenten und den Schwebstoffen, die ihre enge genetische Verbindung unterstreicht. Die Elemente, die den detritischen, geogenen Mineralbestand repräsentieren (Si, Ti, Al, Mg) sind in den Sedimenten relativ angereichert. Bei Mn und Ca werden in den Schwebstoffen höhere Gehalte angetroffen. Diese Anreicherungen sind beim Mn redoxbedingt und beim Ca vermutlich mit authigenen Calcitneubildungen zu erklären, die im Zusammenhang mit der biologischen Primärproduktion stehen und auch in den anderen ostdeutschen Fließgewässern festgestellt wurden.

Die Gehalte der geogenen, detritischen Hauptelemente der Schwebstoffe werden von den hydromorphologischen Bedingungen des beprobten Flussabschnittes bestimmt. Parameter

wie Fließgefälle, Oberwasserabfluss und Fließgeschwindigkeit bestimmen den erosiven Anteil an der Feststoffzusammensetzung. Der Vergleich mit den anderen Flüsse zeigt, dass die Schwebstoffe der Oder im beprobten Flussabschnitt des Unterlaufes niedrigere Erosionsfrachtanteile aufweisen als die Elbe und die Saale. Die Gehalte der Oder sind jedoch höher als die des typischen Flachlandflusses Havel. Die Aussage wird auch durch die Spurenelementverteilung bestätigt (Tab. 5.1.4.-2.).

Tab. 5.1.4.-1: Hauptelemente von Sediment- und Schwebstoffproben der Oder und Vergleichsangaben zur Schwebstoffzusammensetzung von Elbe, Saale und Havel

Element	Oder	Oder	Elbe	Saale	Havel
	Sedimente	Schwebstoffe			
	n = 9	n = 14	n = 450	n = 28	n = 24
Masse-% TS					
SiO <sub>2</sub>	44,40	39,60	n. b.	n. b.	n. b.
TiO <sub>2</sub>	0,54	0,41	0,52	0,53	0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,26	7,46	17,08	19,26	4,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,20	7,16	10,02	11,14	7,54
MnO	0,56	1,18	0,54	0,27	0,85
MgO	0,88	0,77	1,12	n. b.	0,60
CaO	2,84	3,13	3,08	4,82	6,59
Na <sub>2</sub> O	0,53	0,32	n. b.	n. b.	n. b.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,05	2,12	2,64	1,86	2,23
LOI 1050 °C	25,90	38,30	n. b.	n. b.	n. b.

Der Vergleich mit den Standardgesteinskonzentrationen nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) gibt erste Hinweise zur Unterscheidung geogener und anthropogener Elemente. Danach müssen Sr, V, Zr, Sc und Y zu den geogenen Elementen gezählt werden, die bevorzugt an Schwerminerale gebunden sind und sich im Sediment anreichern. Die Feststoffkonzentrationen von As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Pb und Zn sind z. T. durch die geologischen Besonderheiten im Einzugsgebiet, besonders aber durch anthropogene Einflüsse bedingt. Als wesentliche Quelle der Belastungen, die die der Elbe noch überschreiten, müssen die schlesischen Bergbaureviere angesehen werden. Bemerkenswert hoch sind die partikulären Hg- und Cd-Gehalte. Anhand der untersuchten Proben deutet sich bei einigen Schwermetallen seit 1989 eine Verringerung der Feststoffbelastung an (Anlage A3-5 im Anlagenband). Von LEHMANN et al. (1996) wurde die laterale Entwicklung der suspendierten, partikulären Schwermetallgehalte bis in den Greifswalder Bodden verfolgt. Obwohl sich die Gehalte nach der Einmündung der Oder in den lagunären Flachwasserbereich im Stettiner Haff und im Peenestrom kontinuierlich verringern, muss die Oder als eine gefährliche Belastungsquelle der Ostsee angesehen werden.



Tab. 5.1.4.-2: Spurenelementgehalte von Sediment- und Schwebstoffproben der Oder und Vergleichsangaben zur Schwebstoffzusammensetzung von Elbe, Saale und Havel (Medianwerte, Angaben in mg/kg, n. b. = nicht bestimmt)

Element	Standardgestein	Oder		Elbe	Saale	Havel
		Sedimente	Schwebstoffe	Schwebstoffe	Schwebstoffe	Schwebstoffe
		n = 9	n = 14	n = 450	n = 28	n = 24
As	13	41	50	26	n. b.	n. b.
Ba	580	1430	1190	670	830	530
Cd	0,3	10	10	n. b.	n. b.	n. b.
Co	19	36	35	n. b.	n. b.	n. b.
Cr	90	232	188	165	177	171
Cu	45	196	172	130	177	113
Hg	0,4	n. b.	5	n. b.	n. b.	n. b.
Ni	68	78	77	n. b.	n. b.	n. b.
Pb	20	227	260	82	n. b.	n. b.
Sr	300	171	171	180	237	143
V	130	72	52	n. b.	n. b.	n. b.
Zn	95	1770	1800	1450	1740	1350
Zr	160	194	66	98	78	20
Sc	13	n. b.	5	n. b.	n. b.	n. b.
Y	26	n. b.	21	n. b.	n. b.	n. b.

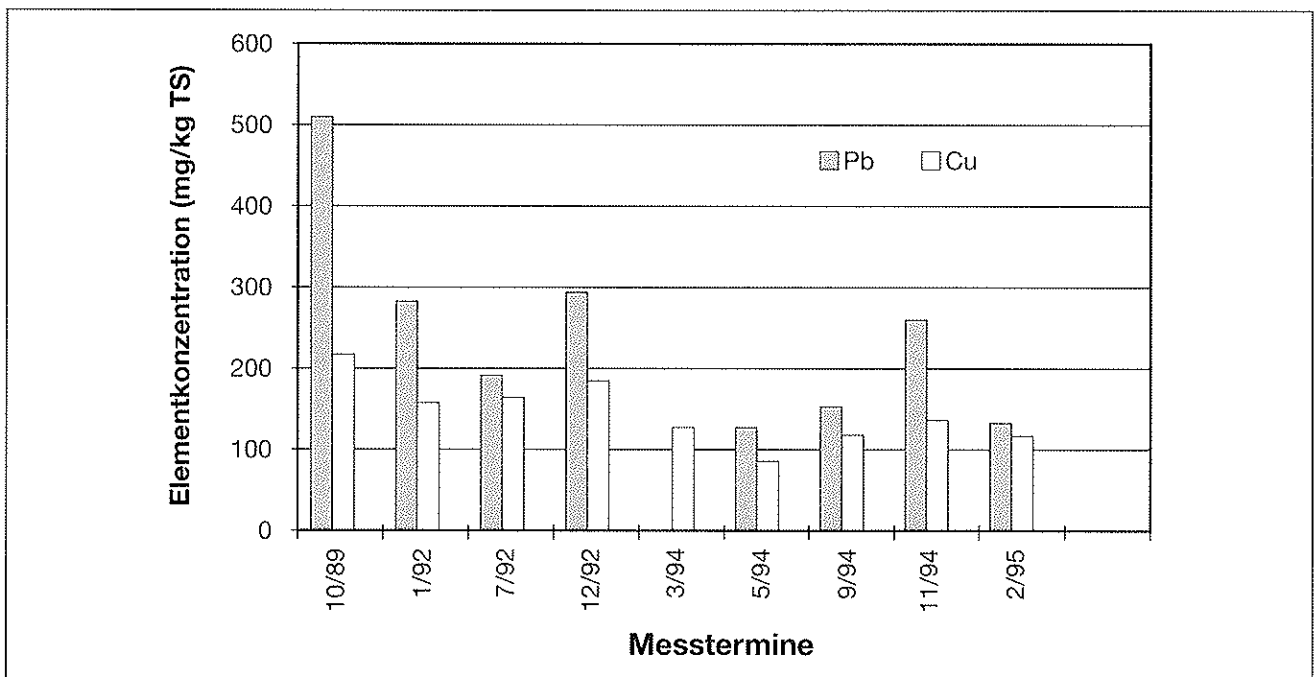


Abb. 5.1.4.-1: Zeitliche Entwicklung der Pb- und Cu-Gehalte von Schwebstoffproben, Messstelle Schwedt /Oder (in mg/kg TS)

### 5.1.5 Zusammenfassung

Proben von Schwebstoffen und schwebstoffbürtigen Schlicksedimenten der Oder weisen höhere Gehalte an toxischen Schwermetallen auf als andere ostdeutsche Flüsse. Die Ursachen dafür sind in den geogenen und anthropogenen Quellen des schlesischen Raumes zu vermuten. Der partikuläre Schadstofftransport wird durch die Zusammensetzung und das

Gefüge der Gewässerfeststoffe gefördert. Begünstigende Schwebstoffeigenschaften sind ein hoher Feinkornanteil des anorganischen Phasenbestandes (53 % < 2 µm), hohe Gehalte an sorptiv wirksamer organischer Substanz (27 %) sowie an z. T. quellfähigen Tonmineralen. Das intensiv vernetzte EPS-Gefüge der Schwebstoffflocken verursacht eine Vergrößerung der aktiven Oberfläche und ermöglicht darüber hinaus den Transport von Schwermetallen und Erzpartikeln.

## 5.2 Sediment- und Schwebstoffbeschaffenheit der Oder

### 5.2.1 Sediment

#### 5.2.1.1 Standardparameter

– Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)

Die TOC-Gehalte liegen in einem Bereich von 1,2 bis 11 %. Die Gleichmäßigkeit des Probenmaterials wird stark von den Sedimentationsbedingungen an den jeweiligen Probenahmestellen beeinflusst. So ist z. B. die 11,2 % TOC in Schwedt darauf zurückzuführen, dass an einem Wehr frisch sedimentierter Schwebstoff entnommen wurde. Jedoch schwanken die Werte auch an gegenüberliegenden Probenahmestellen und aufgrund des Niederschlagshochwasser zwischen den beiden Probenahmeserien im Juni und September.

Überdurchschnittliche Gehalte findet man im Flussabschnitt Eisenhüttenhüttenstadt - Aurith und bei Slubice (Frankfurt).

Die im Juni wesentlich höheren TOC-Werte bei Groß Neuen- dorf und Hohenwutzen an der polnischen Uferseite könnte man mit dem Hochwassereintrag der Zuflüsse auf polnischer Seite erklären. Da sich der Einfluss auf die Sedimente als zu komplex darstellt, ist der Median für den Grenzoderabschnitt berechnet worden.

Für die Juni-Proben liegt er bei 4,0 % und für September bei 3,5 %. Somit sind die TOC-Gehalte der Odersedimente ver- gleichbar mit anderen deutschen Flüssen. In der Neiße unmit- telbar vor Einmündung in die Oder findet man etwa 4,7 % und im Oder-Spree-Kanal 6,3 % Gesamtgehalt organisch gebundenen Kohlenstoff.

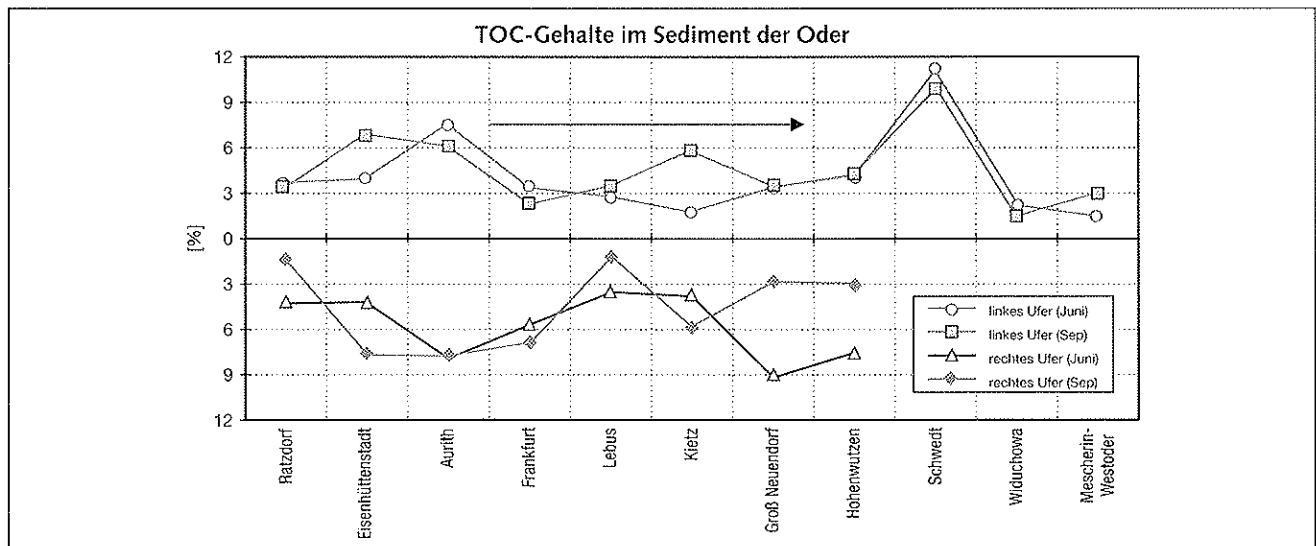


Abb. 5.2.1.1.-1: TOC-Werte in Odersedimenten

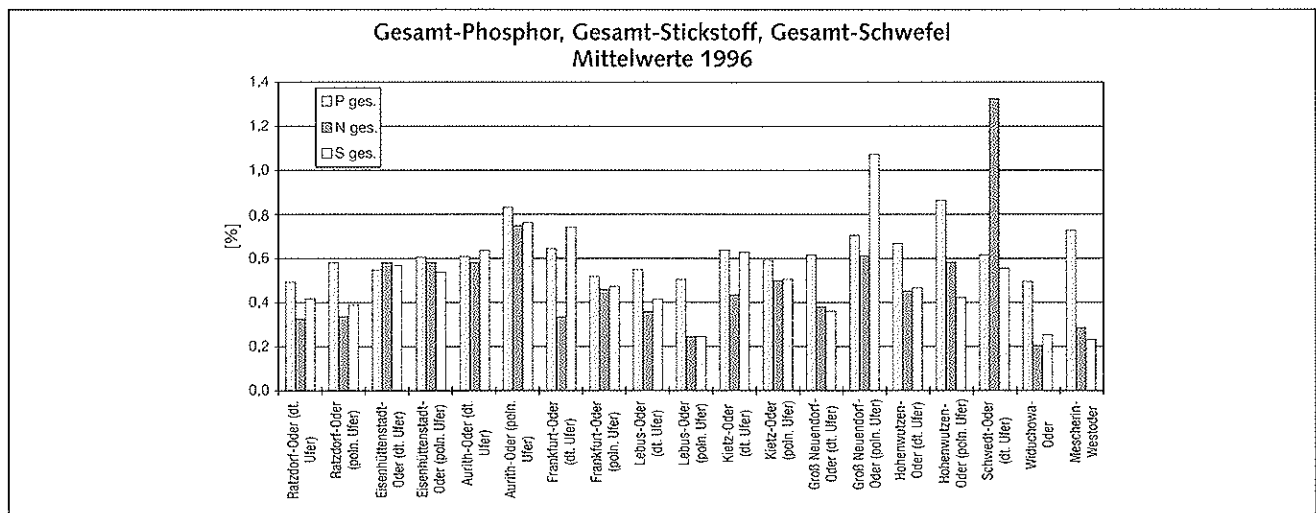


Abb. 5.2.1.1.-2: P, N, S ges. im Sediment (Mittelwerte der Juni- und Septemberbeprobung 1996)

– Gesamt-Phosphor, Gesamt-Stickstoff, Gesamt-Schwefel  
Vorhergehend Untersuchungen im Oberflächensediment der Oder zeigen, bedingt durch Klärwerkseinflüsse und Abspülungen landwirtschaftlich genutzter Böden, das mit hohen Nährstoffkonzentrationen zu rechnen ist. Besonders Ammonium, Nitrat und Phosphat sind bedeutsam für die Verbringung von Baggergut. Einer möglichen Grundwassergefährdung vor allem durch die leicht löslichen Nitrate sollte durch die Ausbringung auf bindige Böden entgegengewirkt werden.

Im Fluss spielt das „Nährstoffdepot“ Sediment u. a. für das Algenwachstum eine große Rolle. Phosphor liegt hauptsächlich als Phosphat und in organischen Verbindungen vor (organischen Säuren, Phospholipiden, Zuckerphosphaten und in Huminstoffen). In den Odersedimenten sind relativ hohe P-werte in einem Schwankungsbereich von ca. 0,4 bis 0,9 % (Median: 0,6 %) gemessen worden. Die Neißewerte liegen bei 0,42 %. Die Gesamt-Stickstoff-Gehalte in der Oder schwanken über einen großen Bereich, liegen durchschnittlich bei etwa 0,4 %, wie auch in der Neiße und sind somit wesentlich geringer als in den Schwebstoffen. Ähnlich den Schwebstoffen liegen die Gesamt-Schwefelgehalte bei ca. 0,45 %, in der Lausitzer Neiße bei 0,64 %.

### 5.2.1.2 Summenparameter

– Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

In einem Gewässer findet man stets Kohlenwasserstoffe, die z. B. aus Blättern, Blüten und Plankton stammen und somit eine biogene Grundbelastung darstellen. Durch den Eintrag von Mineralölen und -produkten über die Schifffahrt, Straßenabschwemmungen, Luftstaub oder unsachgemäßen Umgang erhöht sich der Kohlenwasserstoffgehalt und führt teilweise zu einer erheblichen Belastung der Gewässer. Zur Herkunft

der Kohlenwasserstoffe ist hier aufgrund der angewandten, summarischen Analysenmethode und des vielfältigen Verteilungsmusters keine Aussage möglich. Die Messergebnisse geben den Gehalt an biogenen und mineralölbürtigen Kohlenwasserstoffen nach Säulentrennung über Aluminiumoxid wider. Wie aus Abbildung 5.2.1.2.-1 zu entnehmen ist, schwanken die Konzentrationen sowohl im Flusslängsschnitt als auch an den Probenahmestellen stark. Es wurden Werte zwischen 14 und 420 mg/kg TS gemessen.

Diese Schwankungen können hauptsächlich auf die unterschiedliche Korngrößenverteilung in den Sedimentproben zurückgeführt werden, da Kohlenwasserstoffe eher in der Feinkornfraktion (<20 µm) vorhanden sind. So sind beispielsweise in den feinsandigen Proben aus Widuchowa und Mescherin (Westoder) nur geringe Gehalte zu finden. Höhere Konzentrationen wurden dagegen in Schwedt gemessen. Bei diesen Proben handelt es sich um frisch abgelagerten Schwebstoff, der aus einer Wehrkammer entnommen wurde. An der Messstelle Groß Neuendorf (poln. Ufer) wurde im Juni mit einem Wert von 420 mg/kg TS das ca. Vierfache des Septemberwertes ermittelt. Diese Differenz zwischen den Entnahmen kann sowohl auf einen erhöhten Feinkornanteil in der Juni-probe als auch auf einen Eintrag aus der o. h. des Messpunktes befindlichen Einmündung der Warta (z. B. Punktbelastungsquellen Raum Kostrzyn) zurückgeführt werden. Weiterhin auffällig ist der erhöhte Wert an der Messstelle Kietz im September sowie der Anstieg der Gehalte im Raum Eisenhüttenstadt, die aufgrund der dort vorhandenen Punktbelastungen anthropogen bedingt sein können. Auch im Oder-Spree-Kanal, einem Gewässer mit geringer Fließgeschwindigkeit und Schiffsverkehr, wurden höhere Kohlenwasserstoffkonzentrationen (350 mg/kg TS im Juni, 417 mg/kg TS im September) gefunden, deren Ursache neben aktuellen Quellen insbesondere im Altlastenbereich zu suchen sind.

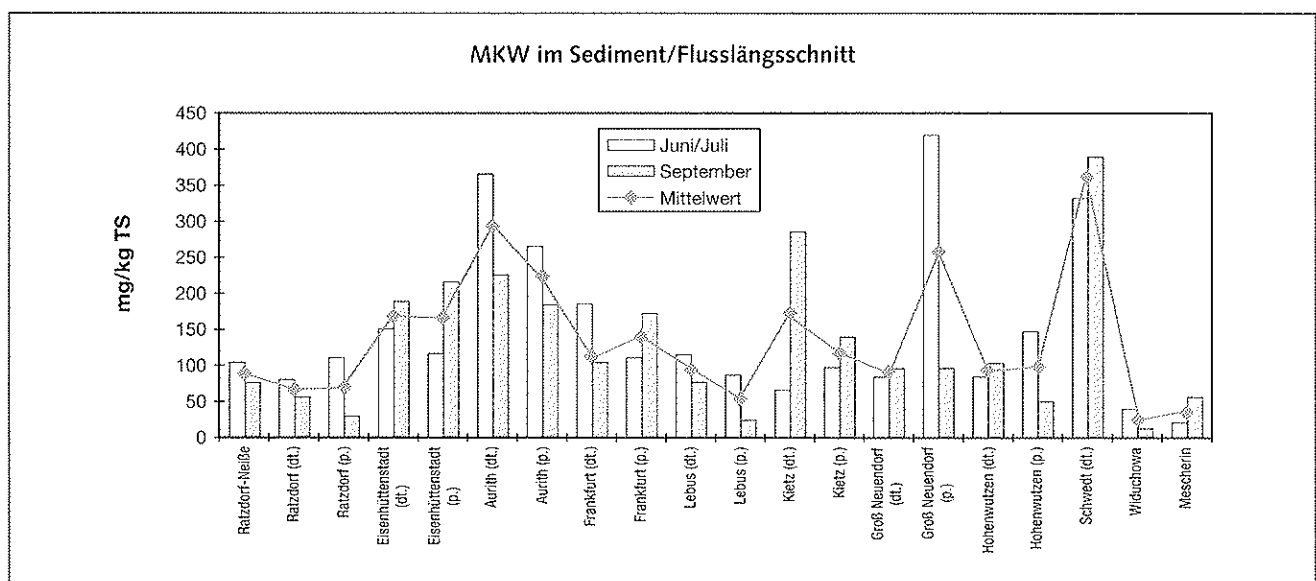


Abb. 5.2.1.2.-1: KW-Konzentrationen im Sediment, Flusslängsschnitt (Fraktion < 2 mm)

– Adsorbierbare, organisch gebundene Halogenide (AOX)

Die Belastung eines Gewässers mit organischen Halogenverbindungen lässt sich sowohl durch Einzelstoff- als auch durch Summenparameter-Analytik ermitteln. Es kann davon ausgegangen werden, dass mit der Bestimmung des Gruppenparameters AOX ein fast vollständiges Bild über die Belastung mit halogenorganischen Stoffen abgegeben wird. Abbildung 5.2.1.2.-2 stellt den AOX-Gehalt der Sedimente aus der Lausitzer Neiße bei Ratzdorf und der Oder dar.

Im Flusslängsschnitt der Oder liegen die AOX-Werte zwischen 18,5 und 115,9 mg/kg TS. Für diese Schwankungen sind punktuelle Einträge, Korngrößeneffekte und jahreszeitlich bedingte Änderungen des Oderabflusses verantwortlich. Bei Eisenhüttenstadt und Aurith erhöhen sich die AOX-Werte im Vergleich zur Probenahmestelle bei Ratzdorf um ca. 40 mg/kg TS (Mittelwert). Die in diesem Gewässerabschnitt vorhandenen Punktbelastungsquellen können hier als Ursache angesehen werden. In den Septemberproben aus Kietz ist ebenfalls ein Anstieg der AOX-Gehalte zu verzeichnen, was auf eine Belastungsquelle in diesem Bereich hindeutet. Deutlich höhere AOX-Konzentrationen wurden, wie bei den Kohlenwasserstoffen auch, in der Juniprobe Groß Neuendorf, poln. Ufer mit 111,5 mg/kg TS, in den Schwedtproben (115,9 und 105 mg/kg TS) und im Oder-Spree-Kanal (114 und 114,3 mg/kg TS) gefunden. Für die feinsandigen Sedimente aus Widuchowa und Mescherin (Westoder) sind die niedrigsten AOX-Gehalte gemessen worden.

Zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit kann das Bewertungssystem für Schwebstoffe und Sedimente nach ARGE/UBA herangezogen werden. Da aber nicht genügend Messwerte zur Berechnung des 90-Perzentil vorliegen, kann nur anhand der Mittelwerte eine Grobeinschätzung zur Beschaffenheit der untersuchten Sedimente erfolgen. Demnach ist die Belastung der Odersedimente mit AOX, außer an den Probenahmestellen Schwedt und Oder-Spree-Kanal, als mäßig einzuschätzen.

### 5.2.1.3 Metalle und Metalloide

Spurenmoleküle werden seit Beginn der Industrialisierung in zunehmendem Umfang in aquatische Systeme eingetragen. In Gewässern liegen diese zum Teil toxischen Substanzen in der Regel zu über 90 % in partikulärer Form vor und gelangen mit den absinkenden Schwebstoffen in das Sediment [MERIAN]. Sedimente sind somit Träger und mögliche Quelle von Kontaminanten in aquatischen Systemen.

Die entscheidenden Faktoren für eine Mobilisierung von Metallen sind die physiko-chemischen und biochemischen Bedingungen im Gewässer bzw. im Sediment, wie pH-Wert-Änderungen, wechselnde Redoxverhältnisse, Anwesenheit von Komplexbildnern, sorbtive Oberflächen und mikrobielle Aktivitäten. Schwermetalle sind sehr viel stärker an feinkörnigen als an groberen Feststoffen angelagert. Die Gehalte der Feinkornfraktion unterliegen deutlich geringeren Schwankungen (zeitlich und räumlich) als die von gröberen Fraktionen und sind deshalb aussagekräftiger für die Belastung eines größeren Gewässerabschnitts [STEFFEN]. Die Untersuchung von Metallen in der Feinkornfraktion hat sich sowohl auf nationaler wie auf internationaler Ebene durchgesetzt, wobei sich insbesondere die < 20 µm-Feinkornfraktion für Trendausagen anbietet [ACKERMANN et. al.].

Für die Bewertung von Sediment- und Schwebstoffproben gibt es noch keine (gesetzlich festgelegten) Grenzwerte oder Richtlinien. Ein weit verbreitetes Klassifizierungssystem zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit ist der von G. MÜLLER vorgeschlagene Geoakkumulations-Index ( $I_{geo}$ ) [MÜLLER], welcher auf dem geochemischen Backgroundwert für Tongesteine basiert [TUREKIAN et. al.].

Der  $I_{geo}$  ist universell auf Fließgewässer anwendbar, wodurch eine Vergleichbarkeit der Belastung von Gewässern ermöglicht wird. Allerdings beinhaltet der Index keine Wichtung der Metalle bezüglich ihrer biotoxischen Wirkung und gibt damit

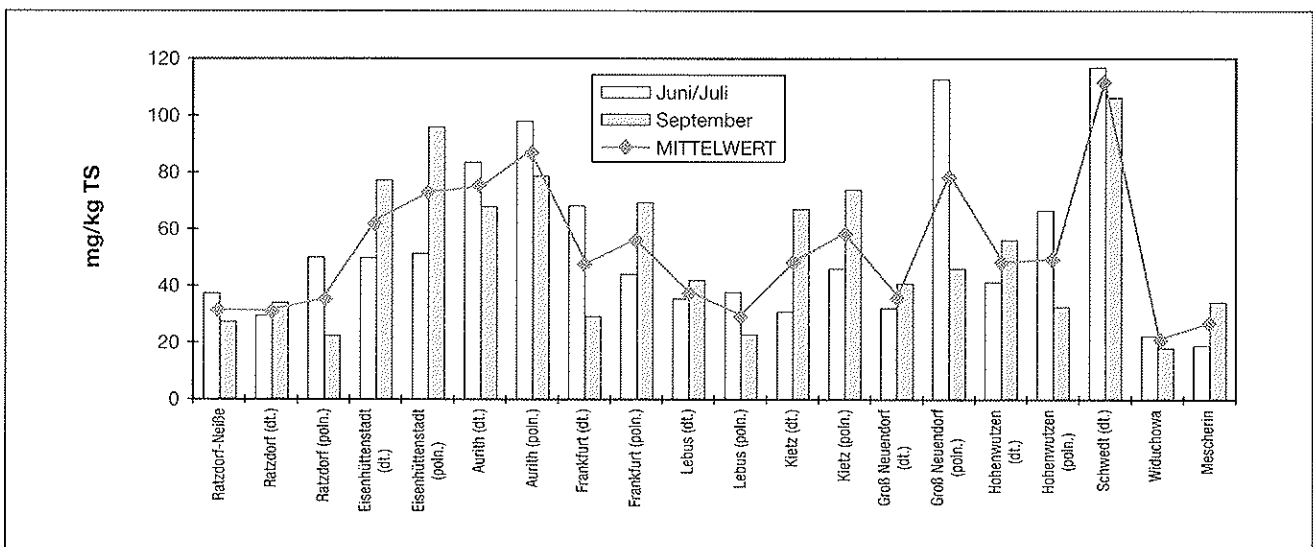


Abb. 5.2.1.2.-2: AOX-Konzentration im Sediment, Längsprofil (Fraktion < 2 mm)

kaum Hinweise für die ökotoxikologische Bewertung des Sediments. Im Gegensatz dazu werden in jüngster Zeit wirkungsbezogene Bewertungssysteme entwickelt, die für die Gewässerbeurteilung bevorzugt werden sollten. So dienen beispielsweise in den Bewertungssystemen des Arbeitskreises „Zielvorgaben“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und der AG zur Reinhaltung der Elbe Zielvorgaben für einzelne Schutzgüter bzw. Nutzungsarten als Grundlage für eine Klasseneinteilung [ARGE ELBE 1996, LAWA-AK „ZV“ 1996, LAWA-AK „ZV“ 1998, IKSE 1997].

Diese Zielvorgaben werden von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser auf der Basis von toxikologischen Ergebnissen ermittelt und auf folgende Schutzgüter bzw. Nutzungen bezogen:

- aquatische Lebensgemeinschaften,
- Schwebstoffe und Sedimente,
- Berufs- und Sportfischerei,
- Trinkwasserversorgung,
- Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen.

In Tabelle 5.2.1.3.-1 ist das vom LAWA-AK „ZV“ vorgeschlagene Bewertungssystem zur Beurteilung der Schwebstoffqualität dargestellt, das auch für den Feinkornanteil (< 20 µm) der Sedimente angewendet werden kann.

Tab. 5.2.1.3.-1: Klassenobergrenzen in mg/kg TS zur Güteklassifizierung von Schwermetallen in Sedimenten und Schwebstoffen (nach LAWA-AK ZV)

Güteklasse	Cu (S)	Ni (S)	Cd (A)	Pb (A/S)	Cr (S)	Zn (S)	Hg (A)
I geogener Hintergrundwert	20	30	0,3	25	80	100	0,2
I – II sehr geringe Belastung	40	40	0,6	50	90	150	0,4
II mäßige Belastung	60	50	1,2	100	100	200	0,8
II – III deutliche Belastung	120	100	2,4	200	200	400	1,6
III erhöhte Belastung	240	200	4,8	400	400	800	3,2
III – IV hohe Belastung	480	400	9,6	800	800	1600	6,4
IV sehr hohe Belastung	> 480	> 400	> 9,6	> 800	> 800	> 1600	> 6,4

(S) – Schutzgut „Schwebstoff/Sedimente“

(A) – Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaft“

Tab. 5.2.1.3.-2: Klassenobergrenzen in mg/kg TS zur Klassifizierung von Schwermetallen und Arsen in Schwebstoffen und Sedimenten (nach ARGE/UBA)

Klasse	Cu	Ni	Cd	Pb	Cr	Zn	Hg	As
I geogener Hintergrund	20–30	30	0,2–0,4	25–30	60–80	90–110	0,2–0,4	5
I–II sehr geringe Belastung	40	40	0,5	50	90	150	0,5	10
II geringe Belastung	100	50	1,2	100	100	200	0,8	20
II–III mäßige Belastung	150	150	5	150	150	500	5	40
III erhöhte Belastung	250	250	10	250	250	1000	10	70
III–IV hohe Belastung	500	500	25	500	500	2000	25	100
IV sehr hohe Belastung	> 500	> 500	> 25	> 500	> 500	> 2000	> 25	> 100

Dieses Klassifizierungssystem für Kenngrößen der Fließgewässer-Messprogramme bezieht sich auf das Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaften“ als strengste Zielvorgabe und ist in 4 Haupt- und 3 Unterklassen unterteilt. Die mittleren geogenen Hintergrundbelastungen bilden die Güteklasse I, die Obergrenzen der Güteklasse II entsprechen den schutzgutbezogenen Zielvorgaben. Für Schwermetalle wird das 50-Perzentil (ersatzweise auch der Mittelwert) als Überwachungswert zur Ermittlung der Güteklasse herangezogen.

Speziell für die Beurteilung der Arsenbelastung dient an dieser Stelle das in Zusammenarbeit von Umweltbundesamt (UBA) und Wassergütestelle Elbe entwickelte und von der ARGE ELBE angewandte Klassifizierungssystem (Tabelle 5.2.1.3.-2).

Dieses Bewertungssystem zur Klasseneinteilung von Schwermetallen und Arsen in Schwebstoffen und Sedimenten umfasst, ähnlich wie das System nach LAWA-AK „ZV“, 4 Haupt- und 3 Nebenklassen. Die für das Gewässer typischen geogenen Hintergrundkonzentrationen bilden die Klasse I, die Obergrenzen der Klasse II entsprechen den Zielvorgaben der LAWA. Der Überwachungswert ist dabei ebenfalls das 50-Perzentil. Die mittlere Belastung der Odersedimente mit Schwermetallen und Arsen ist in Tabelle 5.2.1.3.-3 dargestellt.

Tab. 5.2.1.3.-3: Mittlere Belastung der Odersedimente (< 20 µm-Fraktion) mit Schwermetallen und Arsen in mg/kg TS, Güteklasse nach LAWA-AK ZV bzw. nach ARGE/UBA (für As), Anzahl der Messungen n = 38

Element	Minimum	Maximum	Median	Güteklasse
Kupfer	110	315	193	III
Nickel	66	153	84	II–III
Cadmium	3,3	37	6,8	III–IV
Blei	126	348	200	III
Chrom	127	340	167	II–III
Zink	718	2515	1628	III–IV
Quecksilber	1,3	7,1	3,8	IV
Arsen	33	113	65	III

Ein Vergleich der Mediane der untersuchten Schwermetalle und Arsen in Tabelle 5.2.1.3.-3 mit den in Erprobung befindlichen Zielvorgaben der LAWA (Obergrenzen der Klasse II in Tabelle 5.2.1.3.-1 (für Schwermetalle) und Tabelle 5.2.1.3.-2 (für Arsen)) ergibt, dass die Konzentrationen der Elemente Kupfer, Cadmium, Blei, Zink, Quecksilber und Arsen diese Zielvorgaben überschreiten. Besonders auffällig sind dabei die Elemente Cadmium, Zink und Quecksilber, deren mittlere Konzentrationen hohe Belastungen (Güteklasse III–IV) aufweisen. Die mittleren Konzentrationen der Elemente Kupfer, Blei und Arsen zeigen eine erhöhte Belastung (Güteklasse III). Dagegen ist das Odersediment mit den Elementen Nickel und Chrom deutlich belastet (Güteklasse II–III) und die mittleren Konzentrationen halten somit nur die Zielvorgabe für das Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaft“ ein, obwohl an der Messstelle Ratzdorf (rechtes Ufer) einmalig eine Überschreitung festgestellt wurde.

In den Abbildungen 5.2.1.3.-1 bis 5.2.1.3.-8 sind die Belastungen der Odersedimente mit den Elementen Kupfer, Nickel, Cadmium, Blei, Chrom, Zink, Quecksilber und Arsen im Flusslängsschnitt dargestellt. An den Probenahmestellen im Oderabschnitt Ratzdorf bis Hohenwutzen erfolgte die Sedimententnahme jeweils an beiden Uferseiten (In Fließrichtung gesehen: rechtes Ufer → P, linkes Ufer → D).

Die Flusslängsschnittuntersuchungen im Frühjahr (Frischsedimentablagerungen nach dem Frühjahrshochwasser) und im Herbst (Altsedimentablagerungen) sind in den elementbezogenen Diagrammen nebeneinander dargestellt.

Abhängig von den jeweiligen Bedingungen im Gewässer kommt **Kupfer** gelöst als Kupfer(II)ion, komplexiert mit anorganischen- und organischen Liganden sowie partikulär gebunden vor. Es gelangt hauptsächlich durch Abwassereinleitungen, beispielsweise aus Bergbau-/Erzaufbereitungsanlagen und Galvanikbetrieben in Oberflächengewässer. Kupferverbindungen werden auch als Fungizide, Algizide und als Biozide in Antifouling-Farben eingesetzt. Die Erhöhung der Kupferkonzentration an der Entnahmestelle Ratzdorf Oder P (im Vergleich zur Entnahmestelle Ratzdorf Oder D) ist auf eine Vorbelastung der Oder durch industrielle Einleiter am Flussoberlauf zurückzuführen.

Dem gegenüber wurden in der Neiße, kurz vor der Einmündung in die Oder Kupfer-Gehalte bis 123 mg/kg TS gefunden, was der Güteklasse III (erhöhte Belastung) entspricht. Im Oderabschnitt Ratzdorf bis Hohenwutzen erreicht die Kupfer-Belastung die Güteklasse III (erhöhte Belastung). Bedingt durch die Abwassereinleitungen der Kläranlage Eisenhüttenstadt Süd und der EKO Stahl GmbH sowie durch den

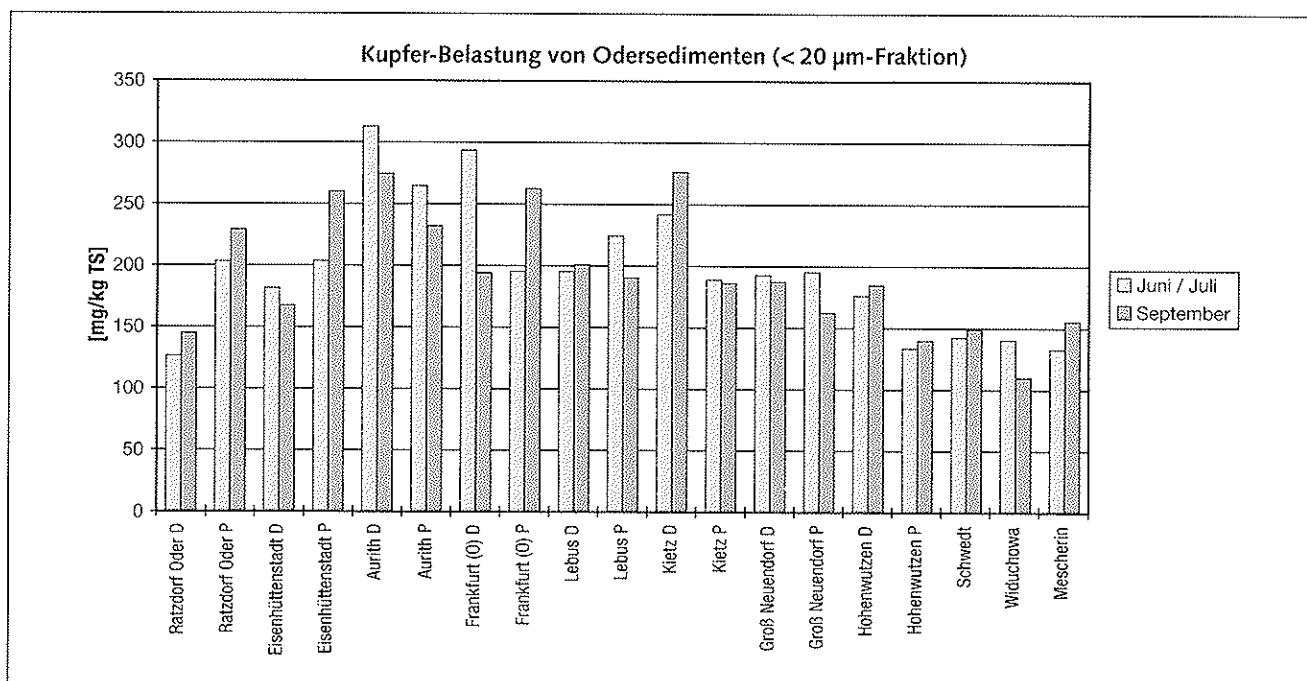


Abb. 5.2.1.3.-1: Kupfer-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

Einfluss des Oder-Spree-Kanals zeichnen sich dabei Belastungsschwerpunkte im Oderbereich Eisenhüttenstadt bis Frankfurt ab. Der Oder-Spree-Kanal weist Kupfer-Gehalte bis 325 mg/kg TS auf und muss ebenfalls in die Güteklasse III eingestuft werden. Im Untersuchungsabschnitt Hohenwutzen bis Mescherin ist das Sediment deutlich mit Kupfer belastet (Güteklasse II–III).

**Nickel** ist in der Regel in natürlichen Gewässern nur in Spuren enthalten und liegt in gelöster Form (zweiwertiges Ion, komplexiert) oder partikulär gebunden vor. Es wird hauptsächlich durch Abwässer der chemischen Industrie sowie metallverarbeitenden Betrieben in Oberflächengewässer eingetragen. Das Sediment ist im gesamten Flusslängsschnitt der Oder, ebenso in der Neiße und im Oder-Spree-Kanal deutlich mit Nickel belastet (Güteklasse II–III). An der Entnahmestelle Ratzdorf Oder P schwanken die Gehalte beim Vergleich von der Frühjahrs- mit der Herbstbeprobung um den Faktor 2. Hier wurde während der Herbstbeprobung mit 153 mg/kg TS die höchste Nickel-Belastung (Güteklasse III) festgestellt. 3 Werte überschreiten die Grenze zur erhöhten Belastung (Klasse III).

**Cadmium**-Verbindungen kommen in der Natur nur in sehr geringen Konzentrationen vor, gelangen aber aufgrund der vielfältigen industriellen Verwendung (Farbpigmente, Oberflächenbeschichtung von Metallen, Stabilisatoren für Kunststoffe) durch entsprechende Einträge in Oberflächengewässer. Das Sediment ist durch das Element Cadmium im gesamten Flusslängsschnitt hoch belastet (Güteklasse III–IV). Der Oder-Spree-Kanal ist ebenfalls in die Güteklasse III–IV, die Neiße bei Ratzdorf in die Güteklasse III (erhöhte Belastung) einzustufen. Einen besonders starken Anstieg zeigen die Cadmium-

Werte an der Odermessstelle Groß Neuendorf P unterhalb der Wartaeinmündung. Hier wird die Güteklasse IV (sehr hohe Belastung) erreicht, wobei die Obergrenze der Güteklasse III–IV im Mittel um mehr als das Dreifache überschritten wird. Ursache hierfür kann nur eine Belastungsquelle am Oberlauf der Warta sein. Der Cd-Eintrag durch die Warta wirkt sich auf den gesamten Oderuntersuchungsabschnitt von Hohenwutzen bis Mescherin (Westoder) aus, wobei die Gehalte im Bereich der Obergrenze der Güteklasse III–IV (hohe Belastung) liegen.

**Blei** kann in Wasser gelöst (Blei(II)-Ionen, Komplexverbindungen) oder ungelöst (Sulfat, Karbonat, Phosphat) vorkommen. Bedingt durch die Adsorption an Schwebstoffe ist ein sehr großer Teil des Bleis partikulär gebunden. Blei wird durch Abwässer der Chemie- und Hüttenindustrie sowie auch durch häusliche Abwässer in Oberflächengewässer eingebracht.

Die Blei-Belastung der Odersedimente liegt im Flusslängsschnitt überwiegend in der Güteklasse III (erhöhte Belastung). Die Neiße bei Ratzdorf ist mit 116 mg/kg TS deutlich bleibelastet (Klasse II–III). Dagegen ist der Oder-Spree-Kanal mit einer mittleren Blei-Konzentration von 565 mg/kg TS hoch belastet (Klasse III–IV). Aufgrund dessen und in Folge der Abwassereinleitung der EKO Stahl AG ist der Oderabschnitt Aurith bis Frankfurt als Belastungsschwerpunkt erkennbar (Güteklasse III). Weitere Belastungsspitzen sind, teilweise uferseitig verschieden, in den Bereichen Kietz bis Widuchowa festzustellen (Klasse III).

**Chrom** kommt in Gewässern in drei- und sechswertiger Form vor und ist infolge Adsorption an Schwebstoffteilchen zu einem großen Teil partikulär gebunden. Das Element kann in

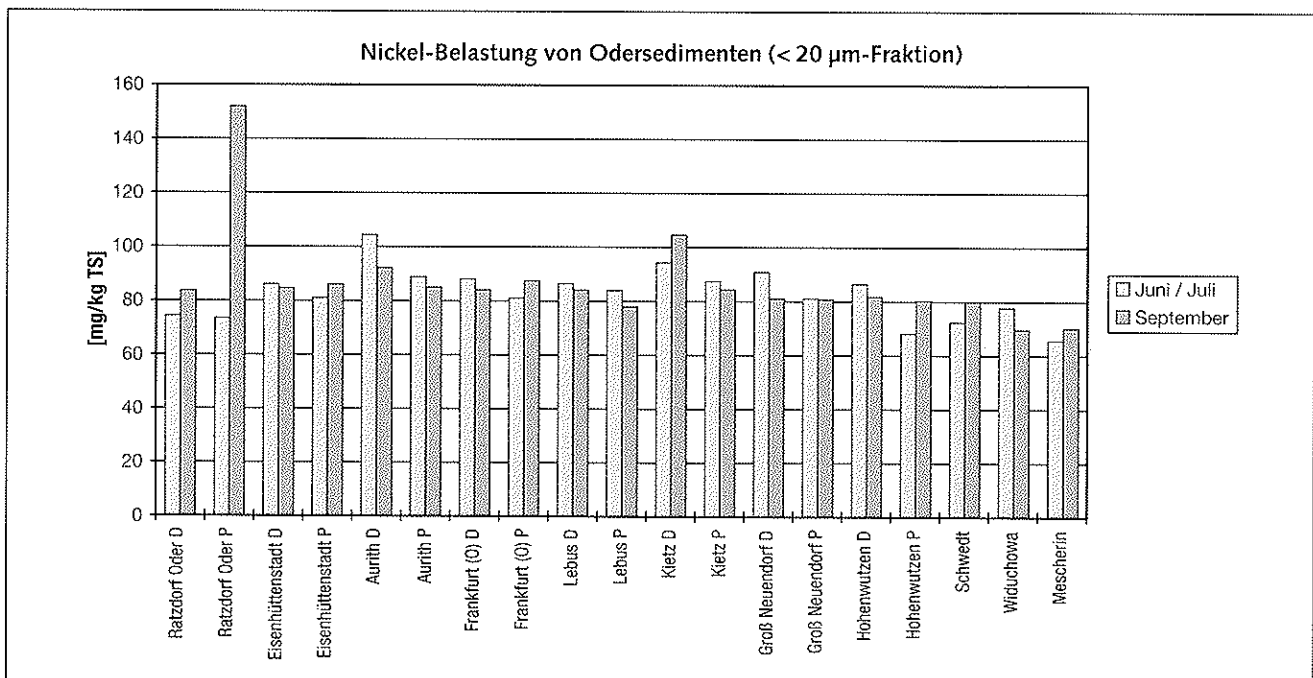


Abb. 5.2.1.3.-2: Nickel-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

seinen Verbindungen in Abwässern von Gerbereien, Galvanikbetrieben sowie Betrieben der Textil- und Lackindustrie enthalten sein. Das Odersediment ist in Bezug auf das Element Chrom überwiegend deutlich belastet (Güteklasse II–III). In der Neiße, kurz vor der Einmündung in die Oder, wurde der niedrigste mittlere Cr-Gehalt von 130 mg/kg TS gefunden. Auch im Oder-Spree-Kanal, wo die mittlere Chrom-Konzentration bei 145 mg/kg TS liegt, ist der Chrom-

gehalt geringer. An der Messstelle Ratzdorf Oder P ist der Chrom-Gehalt im Sediment, ebenso wie bei Nickel, bei der Herbstbeprobung um mehr als das Doppelte höher als bei der Frühjahrsbeprobung. Ein punktueller Anstieg der Chrom-Konzentration an der Messstelle Groß Neuendorf P (mittlerer Cr-Gehalt 275 mg/kg TS, Güteklasse III) ist auf Belastungsquellen an der Warta zurückzuführen (Analogie zum Element Cadmium).

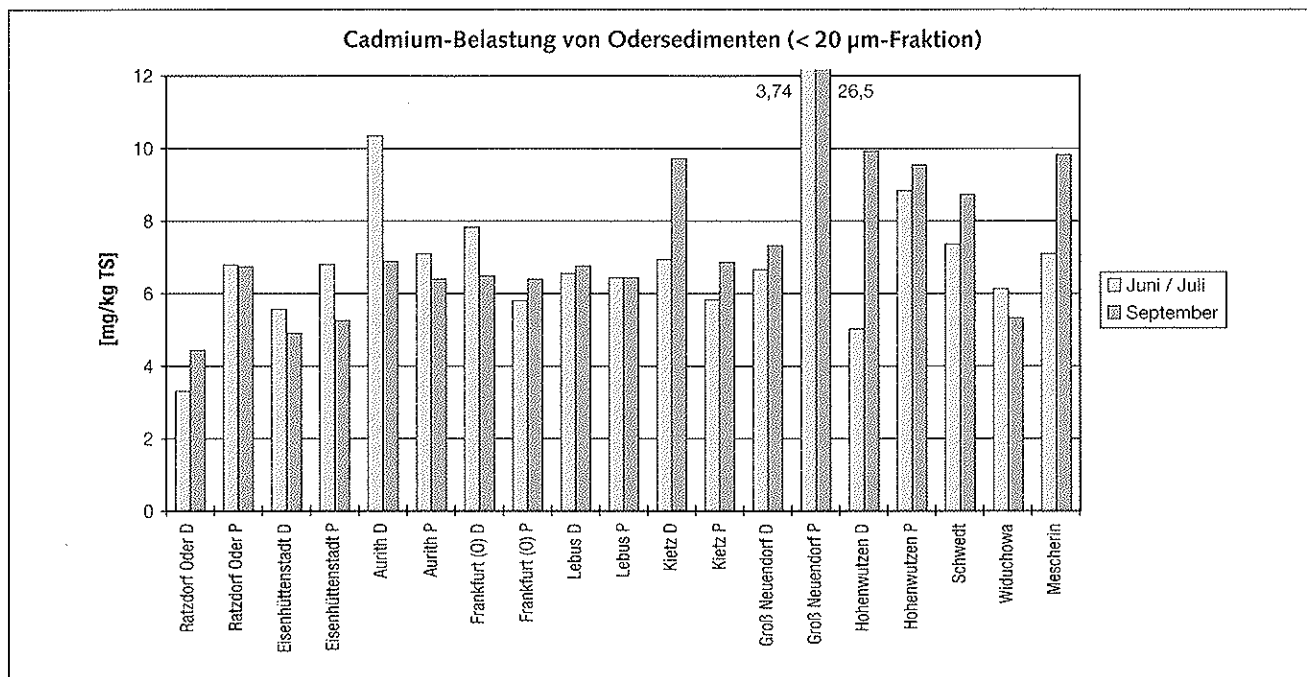


Abb. 5.2.1.3.-3: Cadmium-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

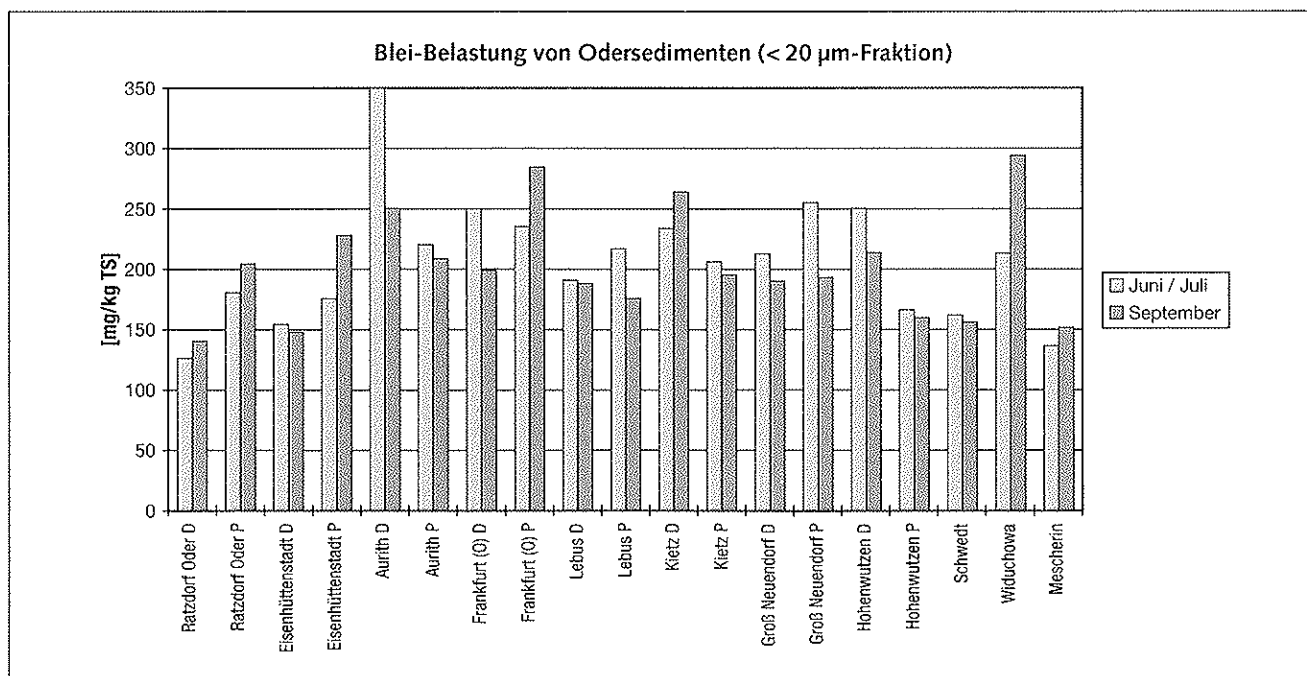


Abb. 5.2.1.3.-4: Blei-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt



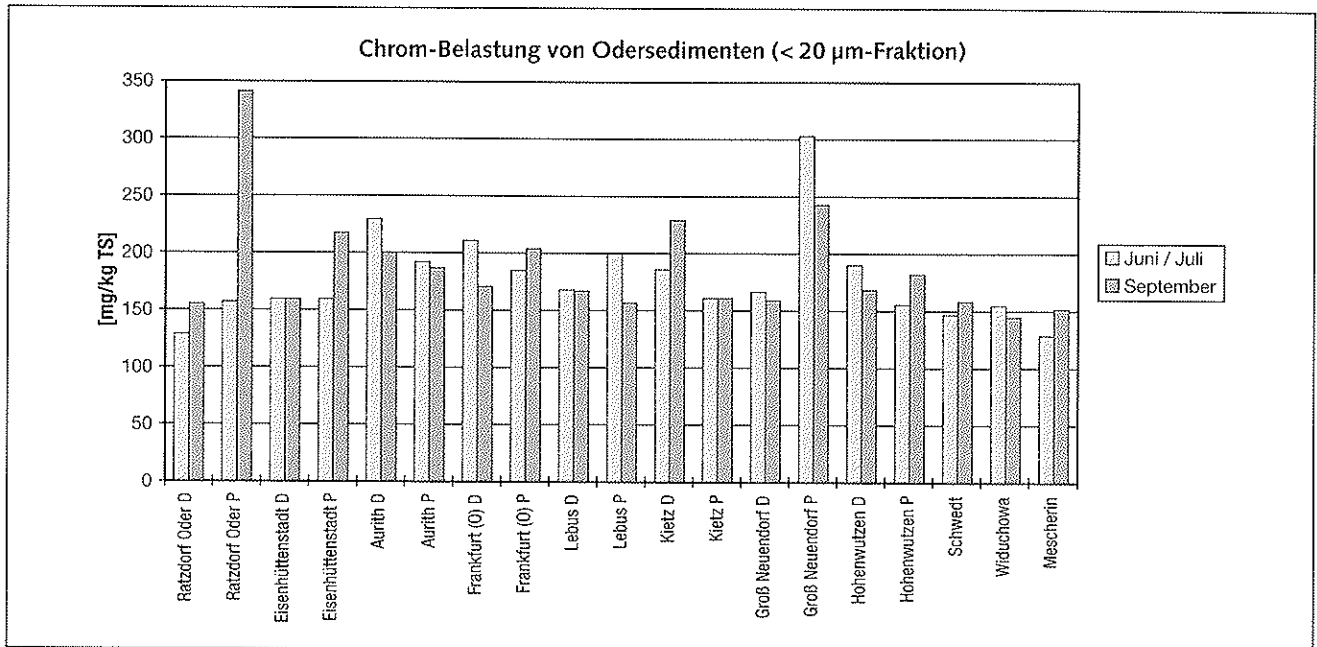


Abb. 5.2.1.3.-5: Chrom-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

Zink ist in verschiedenen Verbindungen weit verbreitet und gelangt durch industrielle Abwässer (Galvanik- und Hüttenbetriebe, Beizereien), aber auch durch häusliche Abwässer in die Oberflächengewässer. Das Element Zink tritt im Odersediment in hohen Konzentrationen auf. Insgesamt erreichen die Zink-Konzentrationen im Flusslängsschnitt die Güteklassen IV (sehr hohe Belastung). Unterhalb der Warthamündung fallen sie auf Werte, die der Güteklasse III-IV (hohe Belastung) entsprechen. Belastungsschwerpunkte bilden dabei die Bereiche Aurith, Frankfurt (O) und Kietz (jeweils Güte-

klasse IV). An der Messstelle Ratzdorf Oder D (mittlere Zn-Konzentration 840 mg/kg TS) ist das Sediment hoch belastet (Güteklasse III–IV). Dem gegenüber zeigt die Messstelle Ratzdorf Oder P mit 1670 mg/kg TS eine sehr hohe Zinkbelastung (Güteklasse IV), deren Ursache Punktbelastungsquellen am Flussoberlauf sind. In der Neiße bei Ratzdorf (mittlere Zn-Konzentration 610 mg/kg TS) ist das Sediment deutlich belastet (Güteklasse III). Der Oder-Spree-Kanal weist mit einem mittleren Gehalt von 3.480 mg/kg TS eine sehr hohe Belastung auf (Güteklasse IV).

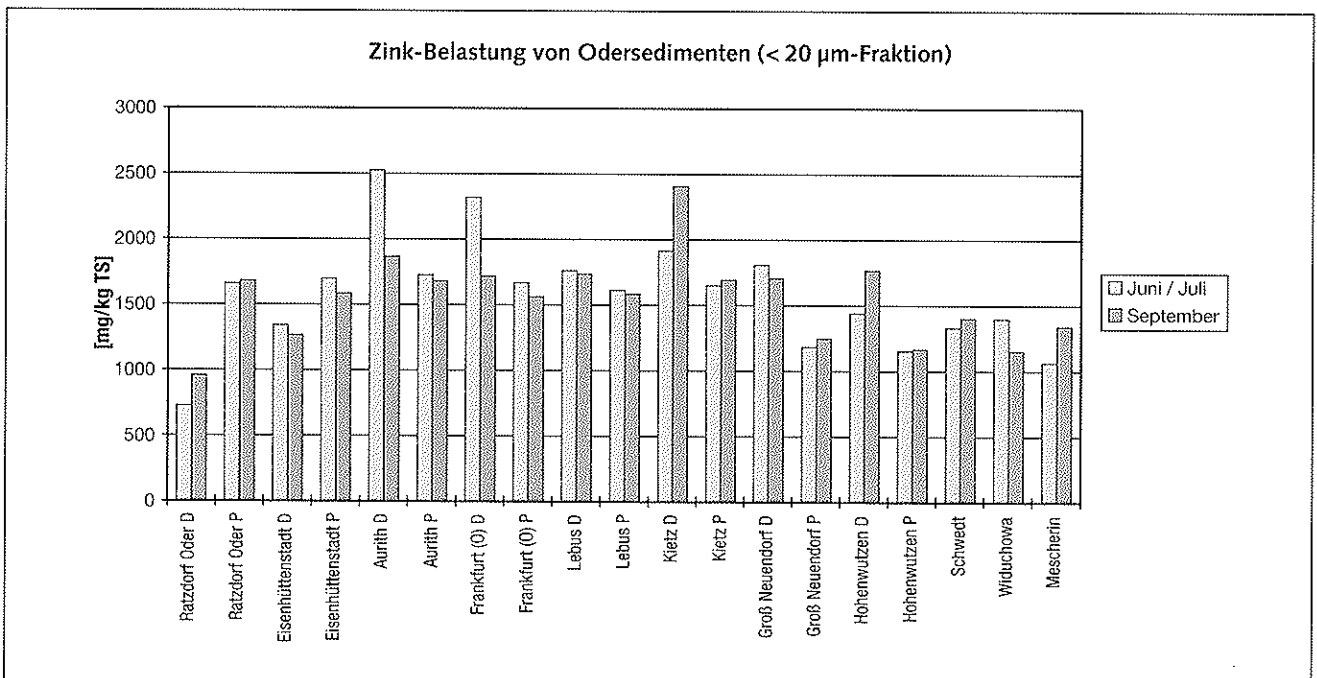


Abb. 5.2.1.3.-6: Zink-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

Quecksilber ist im Spurenbereich weit verbreitet und kommt in Gewässern überwiegend in ein- und zweiwertiger Form vor. Industriell findet Hg vor allem in der Chloralkalielektrolyse, Elektro-/Regeltechnik und bei der Acetaldehyd-Herstellung Anwendung. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Hg-Gehalte des Sedimentes im Verlauf der Oder von Ratzdorf Oder P bis Mescherin (Westoder) tendenziell abnehmen. Obwohl in der Neiße vor Odereimündung eine mittlere Hg-Konzentration von 0,7 mg/kg TS gemessen wurde (Güteklasse II, mäßig belastet), liegt der Gehalt an der Messstelle Ratzdorf Oder D mit 1,6 mg/kg TS um mehr als das Doppelte

höher (Güteklasse II–III, deutliche Belastung). Ein sprunghafter Anstieg an der Entnahmestelle Ratzdorf Oder P (mittlere Hg-Konzentration 5 mg/kg TS) deutet auf Belastungsquellen am Oberlauf der Oder hin. Der Oderabschnitt Ratzdorf Oder P - Kietz ist hoch quecksilberbelastet (III–IV). Ursächlich spielt hier die Abwassereinleitung der EKO Stahl GmbH ebenfalls eine Rolle. Im Abschnitt Groß Neuendorf bis Mescherin nimmt die Hg-Konzentration ab, jedoch ist das Sediment immer noch erhöht belastet (Klasse III). Im Oder-Spree-Kanal wurde ein mittlerer Quecksilbergehalt von 3,4 mg/kg TS gemessen, was der Klasse III–IV entspricht.

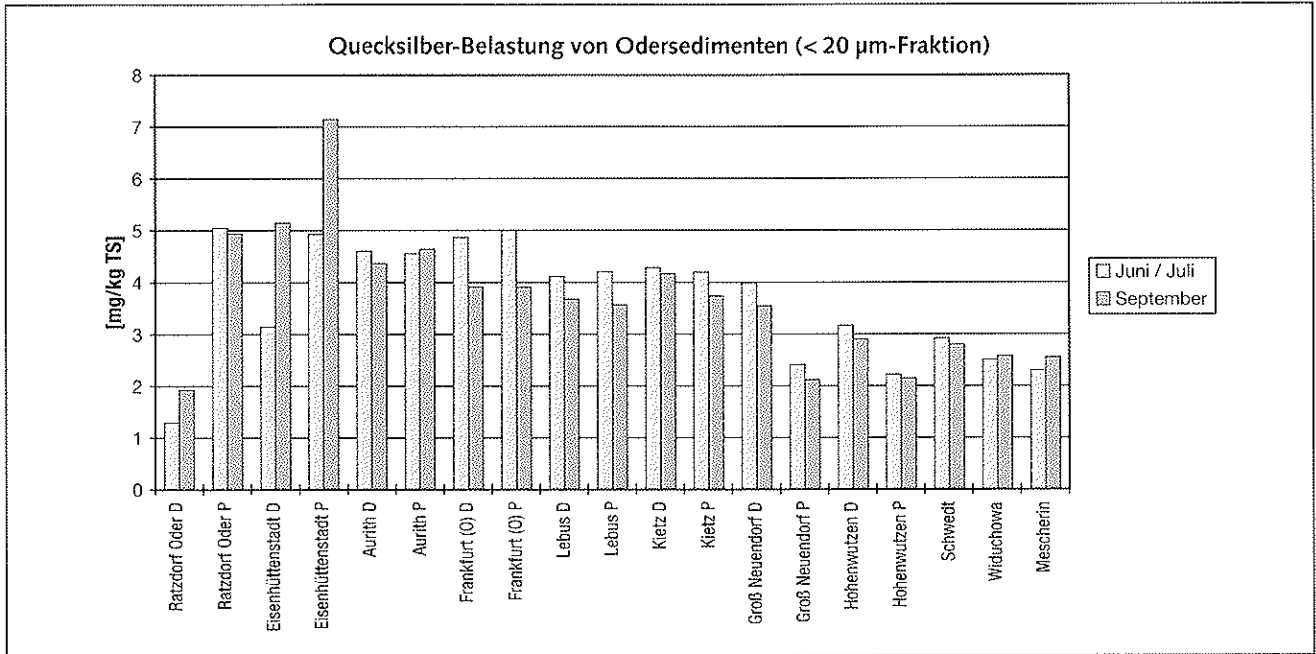


Abb. 5.2.1.3.-7: Quecksilber-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

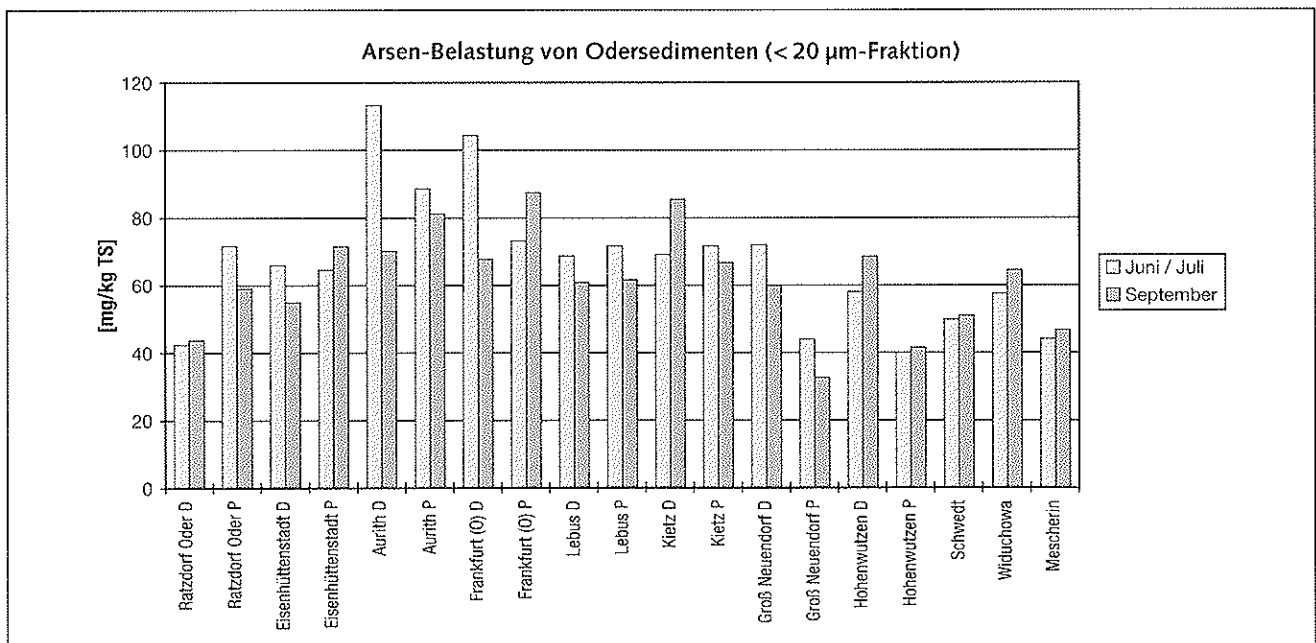


Abb. 5.2.1.3.-8: Arsen-Belastung von Odersedimenten (< 20 µm-Fraktion) im Flusslängsschnitt

**Arsen** kommt in drei- und fünfwertiger Form vor und kann durch Abwässer verschiedener Industriebetriebe (Chemie, Bergbau, Farbstoffindustrie) in Oberflächengewässer eingetragen werden. Im gesamten Oderuntersuchungsabschnitt (Ratzdorf bis Mescherin) weist das Sediment überwiegend eine erhöhte Arsen-Belastung auf (Güteklasse III nach ARGE/UBA). Dagegen entsprechen die mittleren Arsen-Konzentrationen im Abschnitt Aurith bis Frankfurt sowie im Bereich Kietz der Güteklasse III–IV (hohe Belastung, nach ARGE/UBA). Die Neiße bei Ratzdorf ist mit 31 mg/kg TS mäßig belastet (Güteklasse II–III nach ARGE/UBA). Im Oder-Spree-Kanal wurde eine mittlere Arsen-Konzentration von 45 mg/kg TS gemessen (Güteklasse III nach ARGE/UBA).

#### 5.2.1.4 Organische Parameter

##### – Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die polychlorierten Biphenyle sind seit den 20er Jahren in der Elektroindustrie im Einsatz und haben aufgrund ihrer Gebrauchseigenschaften wie Unbrennbarkeit, hohe Viskosität, hoher thermischer und chemischer Stabilität eine weite Verbreitung als Kühl- und Isolierflüssigkeiten in Transformatoren, als Weichmacher für Lacke und Klebstoffe, hydraulische Flüssigkeiten und Wärmeübertragungsöle gefunden.

Seit 1978 ist die Anwendung von PCB aufgrund einer EG-Richtlinie von 1976 und der 10. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz stark eingeschränkt und mit der Verordnung der Bundesregierung vom 18. Juli 1989 ist die Verwendung von PCB verboten worden, weil der intensive Eintrag in das Ökosystem nicht zu übersehen war. Im Boden

sind die PCB nahezu überall zu finden. Das aquatische Ökosystem wird vorwiegend über anthropogene Quellen wie Sickerwässer von Mülldeponien, Abwässer und Stäube von Industrie-, Altöl- und Hausmüllverbrennungsanlagen mit PCB verunreinigt. Besonders nachhaltig macht sich der PCB-Eintrag bei sehr fettreichen Speisefischen, wie z. B. Aal, bemerkbar. Denn wegen der guten Lipidlöslichkeit erfolgt die Anreicherung der PCB vorwiegend im Fettgewebe der Lebewesen. Aus der Stoffgruppe der polychlorierten Biphenyle wurden folgende Substanzen in den Kompartimenten Sediment, Schwebstoff und Wasser untersucht: PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180.

Die Auswahl erfolgte in Anlehnung an zahlreiche Veröffentlichungen zur Untersuchung von Gewässersedimenten und Schwebstoffen. Die PCB-Gehalte der Proben aus der Frühjahrs- und Herbstkampagne sind in ihrer Summe in Abb. 5.2.1.4.-1 dargestellt. Die relativ großen Schwankungen an den Messstellen Hohenwutzen und Groß Neuendorf (polnisches Ufer) lassen sich durch die sehr unterschiedliche Sedimentzusammensetzung zu den beiden Probenahmeterminen erklären. Der Feinkornanteil lag bei beiden Probenahmeterminen im Frühjahr 1996 deutlich höher als im Herbst. Zur Bestimmung des Gehaltes wurde aber in beiden Fällen die Fraktion < 2 mm verarbeitet. Lediglich die Proben bei Schwedt zeigen einen in beiden Kampagnen hohen Wert weit über den anderen Proben, was darauf zurückzuführen ist, dass sie direkt hinter einem Wehr entnommen worden sind. An dieser Stelle ist von einer anthropogenen Beeinflussung des Sedimentes auszugehen, außerdem ist ein Ausspülen des Sedimentes nicht in dem Maße wie im normalen Flusslauf gegeben.

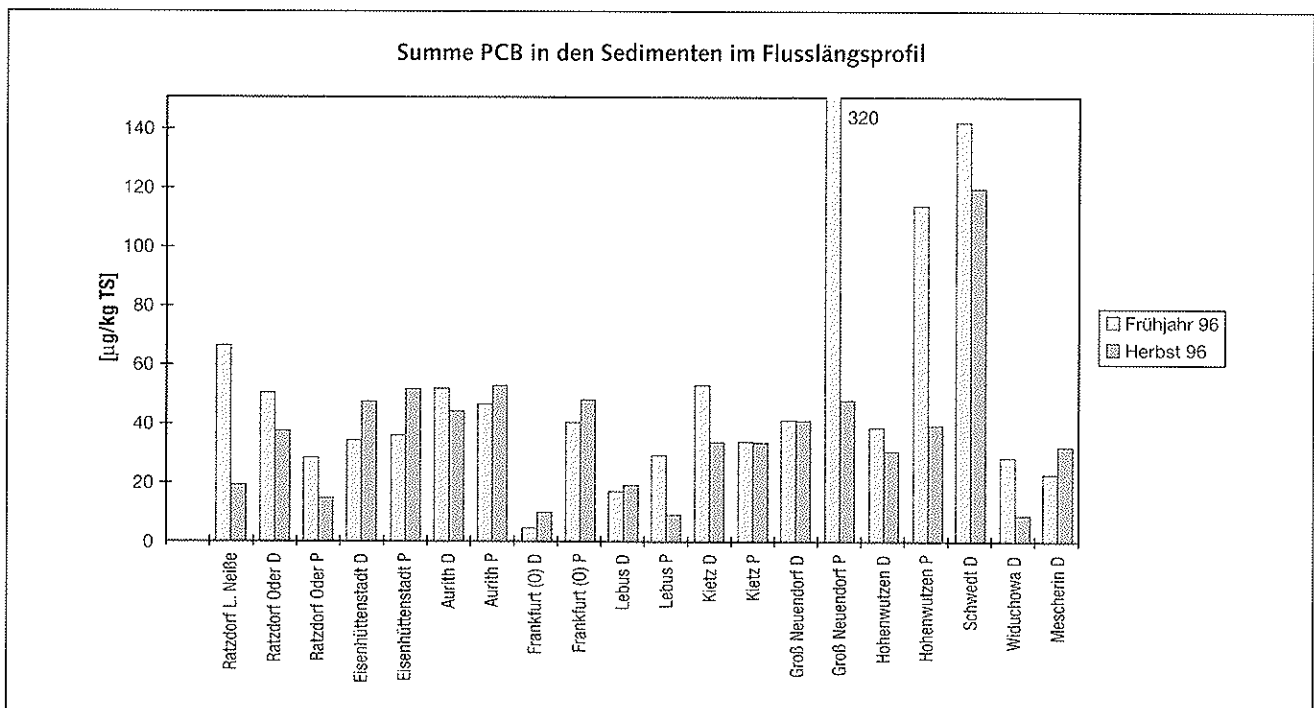


Abb. 5.2.1.4.-1: Summe PCB im Sediment

Das Sediment zeigt das in Abbildung 5.2.1.4.-2 dargestellte PCB-Muster für die 6 ausgewählten Kongenere. Die dargestellten Ergebnisse stellen lediglich eine Bestandsaufnahme der Beschaffenheitssituation im Gewässersediment der Oder dar. Das an der Messstelle Schwedt (deutsches Ufer) gewonnene Material scheint im Gehalt an PCB für den Flusslauf nicht repräsentativ zu sein. Allerdings wäre eine Nutzung dieses Materials als sogenanntes Referenzmaterial in Sinne einer belasteten Matrix denkbar.

Besonders auffällig ist der Wert von 320 µg/kg an der Messstelle Groß Neuendorf im Frühjahr 1996. Dieser Wert deutet auf eine Ablagerung hin, die möglicherweise erheblich vom Warthe-Zufluss beeinflusst wurde. Der Gehalt fällt bei der Herbstbeprobung für die Summe-PCB deutlich niedriger aus. Es ist zu vermuten, dass nach dem Frühjahrshochwasser dieser Bereich, aus dem die Probe stammte, freigespült worden ist. Die entsprechenden Konzentrationen für die adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) zeigen einen analogen Verlauf an der genannten Messstelle.

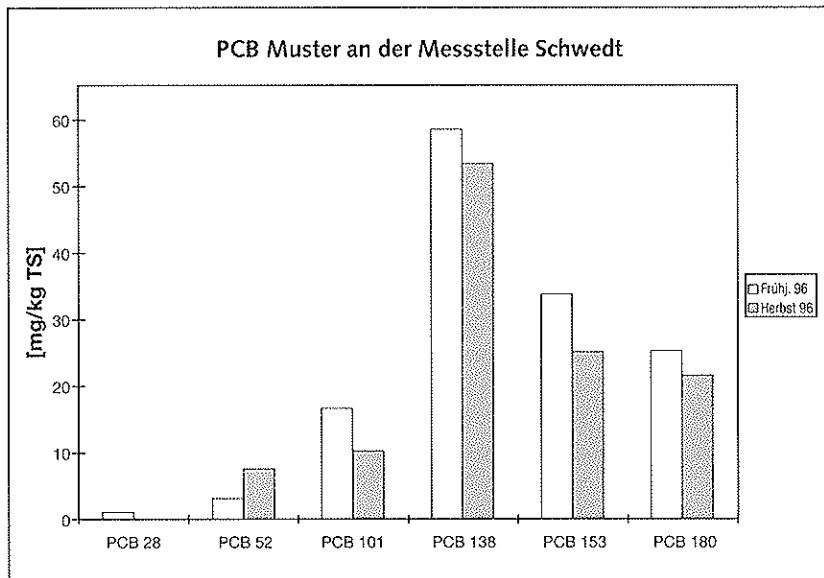


Abb. 5.2.1.4.-2: PCB Muster im Sediment bei Schwedt

Das Bewertungssystem für Sedimente und Schwebstoffe nach ARGE/UBA [IKSE 1991–95], das für die Belastung der Elbe aufgestellt worden ist, würde auf die Oder übertragen, für die PCB-Kongenere eine erhöhte bis sehr hohe Belastung im Sediment bedeuten, wie aus Tabelle 5.2.1.4.-1 ersichtlich ist.

Sedimenten herangezogen, denn der weitaus größte Anteil an DDT und den Metaboliten ist an die festen Bestandteile eines Gewässers gebunden. Abbildung 5.2.1.4.-3 zeigt die Summe DDT (aus p,p'-DDT, p,p'-DDD und p,p'-DDE). Die Belastung der Sedimente der Oder liegt für die Summe

#### – Chlorpestizide

Aus der großen Gruppe der chlororganischen Pflanzenschutzmittel sind das Dichlor-Diphenyl-Trichlorethan (DDT) und seine Hauptmetabolite DDE und DDD in der Summe sowie die Isomeren des Hexachlorcyclohexan (HCH) herangezogen worden. Stoffe, die wegen ihrer hohen Persistenz und einer weiten Verbreitung in der Umwelt von Interesse sind. Seit den siebziger Jahren gibt es Einschränkungen und seit 1986 sind die Anwendung und das Inverkehrbringen von DDT und seinen Metaboliten in Deutschland verboten. Durch die breite Anwendung von DDT in der Vergangenheit ist eine erhebliche Anreicherung dieser Stoffgruppe in den verschiedenen Umweltbereichen zu beobachten. Auch bei Gewässersystemen wie Rhein und Elbe werden sie zur Bewertung der Schadstoffbelastung in Schwebstoffen und

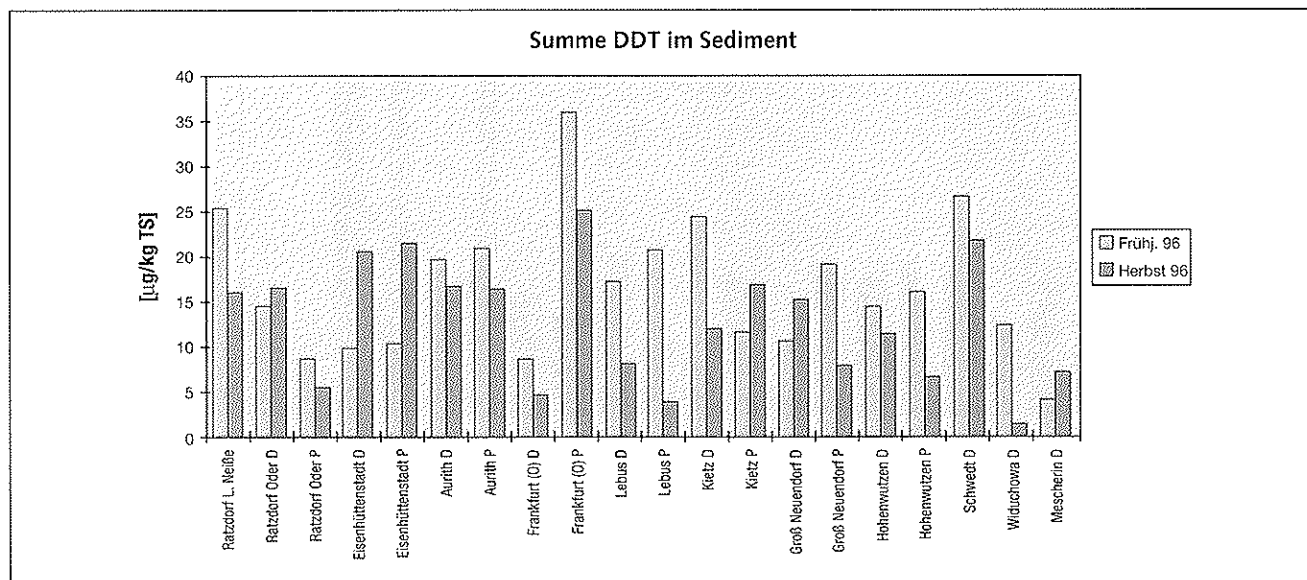


Abb. 5.2.1.4.-3: Summe DDT im Sediment

DDT in der Größenordnung von 6–37 µg/kg TS. Nach dem Bewertungssystem ARGE/UBA würde man von einer geringen Belastung der Odersedimente mit DDT sprechen. Auch die Neiße liegt mit Werten zwischen 16 und 25,6 µg/kg TS (siehe Anlagenband) für DDT und Metabolite in der Klasse II. Die Summe DDT wird in den Sedimenten hauptsächlich durch die Metaboliten DDE und DDD geprägt, DDT selbst liegt demgegenüber in deutlich geringerer Konzentration vor, was sich mit der erheblich eingeschränkten Anwendung von DDT in Deutschland seit den siebziger Jahren begründen lässt und den Abbau von DDT zu DDE und DDD bestätigt [HEINISCH]. Es gibt auch keine Anzeichen für DDT-Anwendungen in der jüngeren Vergangenheit. Die Oder bei Frankfurt (polnisches Ufer) zeigt sowohl im Frühjahr als auch im Herbst 96 die höchsten Werte für die Summe DDT.

Für die HCH-Isomere ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -Hexachlorcyclohexan) ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei DDT, wie in Abbildung 5.2.1.4-4 zu erkennen ist. Jedoch liegen die Gehalte im Sediment noch unterhalb der DDT-Werte, was auf die bessere Wasserlöslichkeit der HCH's im Vergleich zu den DDT-Metaboliten zurückzuführen ist.  $\alpha$ -HCH und Lindan verteilen sich auch aufgrund des höheren Dampfdruckes leichter als  $\beta$ - und  $\delta$ -HCH in der Wasserphase [KNAUTH], so dass vielfach die Werte für  $\beta$ - und  $\delta$ -HCH in den Feststoffen einen höheren Anteil ausmachen als diejenigen des  $\alpha$ -HCH und  $\gamma$ -HCH.  $\alpha$ -HCH wird durch Mikroorganismen schneller als die anderen Isomeren abgebaut. Die Halbwertszeit beträgt ca. 1/2 Jahr, es ist deshalb weniger persistent. 1978 wurde die Anwendung von technischem HCH in der Landwirtschaft, Veterinärmedizin, im Forst- und Holzschutz in der BRD vom Gesetzgeber verboten [ROEMP]. Die HCH-Belastung der Sedimente in Oder und Neiße kann als gering eingeschätzt werden.

Trichlorbenzole, die im Mittel eine Löslichkeit von 30 mg/l bei 20 °C in Wasser besitzen, weisen eine höhere Bioakkumulation auf. Sie sind eher als ökotoxisch gegenüber aquatischen Organismen anzusehen als die Dichlorbenzole, deren Löslichkeit in Wasser unter gleichen Bedingungen bei 40-145 mg/l

liegt, und das Chlorbenzol, dessen Löslichkeit in Wasser 488 mg/l beträgt [KOCH]. In der Landwirtschaft werden die Trichlorbenzole als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt und können über diesen Pfad ins Gewässer gelangen. Die Gehalte an Trichlorbenzolen im Sediment sind in den Abbildungen 5.2.1.4-5 und -6 dargestellt. Die höchsten Gehalte sind im Frühjahr 1996 an der Messstelle Frankfurt(O.) P mit 51,9 µg/kg TS für das 1,2,3-Trichlorbenzol gemessen worden. Auch bei der Herbstbeprobung lagen die Werte für diese Stoffgruppe an der gleichen Messstelle am höchsten. Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) und Aromaten (BTX) spielen in den Sedimenten eine untergeordnete Rolle und werden im Kapitel Wasser ausgewertet.

#### – Stickstoff-Phosphor-Pestizide

Zwecks Überblick der im Sediment vorkommenden Pflanzenschutzmittel wurden einige Stoffgruppen hinsichtlich ihres Vorkommens in aquatischen Systemen mit einem Screening überprüft. Normalerweise werden diese Substanzen nur im Medium Wasser kontrolliert, da der Verteilungskoeffizient (fest/flüssig) < 1 g/l ist. Eintragswege in die Umwelt für PSM sind Abschwemmungen, Erosion, Dränagen, Deposition und hauptsächlich Hofabläufe.

#### Triazine:

Herbizide, die als Photosynthese-Hemmstoffe wirken und als Feststoffe nur gering bis mäßig wasserlöslich und relativ stabil sind.

Analysiert wurde auf Atrazin, Desisopropylatrazin, Desethylatrazin, Simazin, Metribuzin, Cyanazin, Prometryn, Terbutyn und Propazin. Die einzige im Sediment bestimmbare Substanz aus dieser Stoffgruppe war das Desisopropylatrazin. Während der Probenahme nach dem Frühjahrshochwasser (Ende Juni) wurden am Flussabschnitt Ratzdorf bis Eisenhüttenstadt und im Oder-Spree-Kanal Werte von 0,4 bis 0,8 µg/kg TS ermittelt. Aufgrund von Abbauprozessen und Verlagerungen waren im September nur noch vereinzelt Spuren nachweisbar.

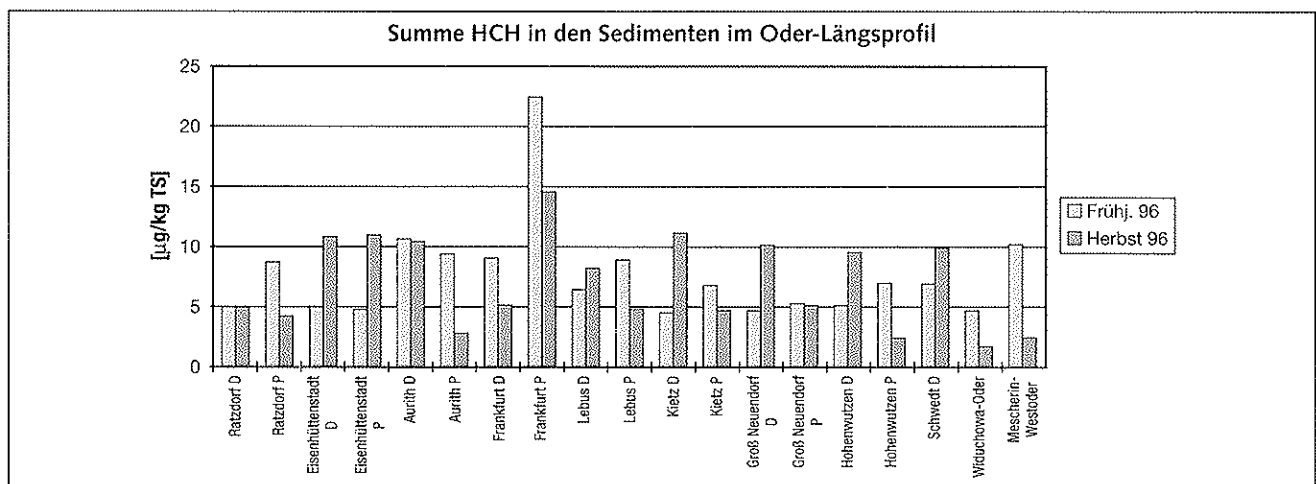


Abb. 5.2.1.4.-4: Summe HCH im Sediment

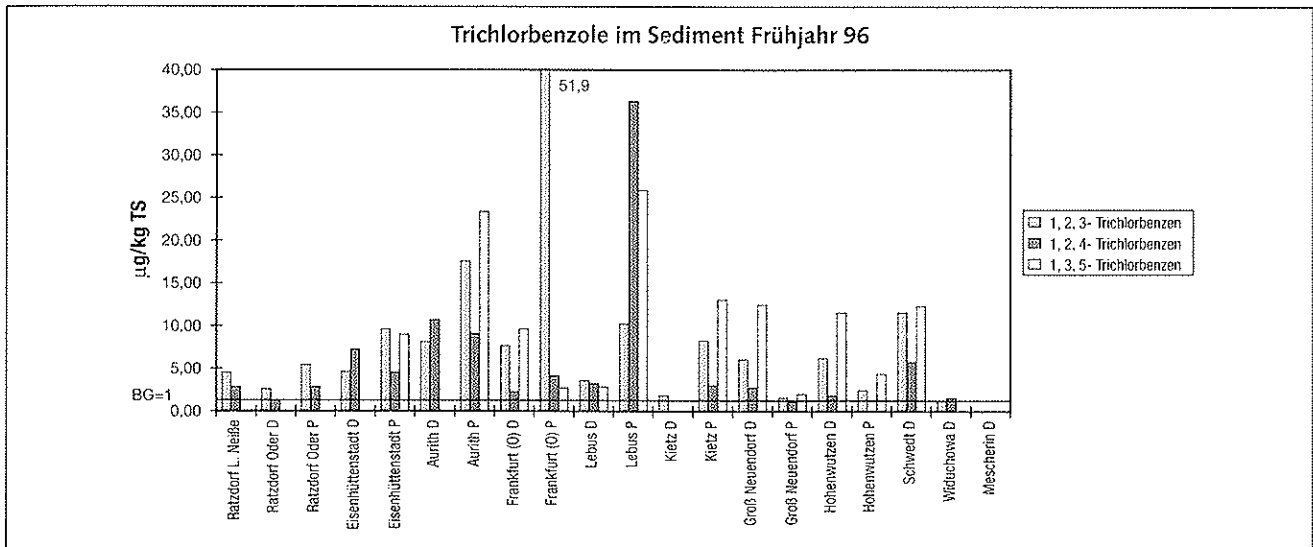


Abb. 5.2.1.4.-5: Trichlorbenzole im Frühjahr 1996

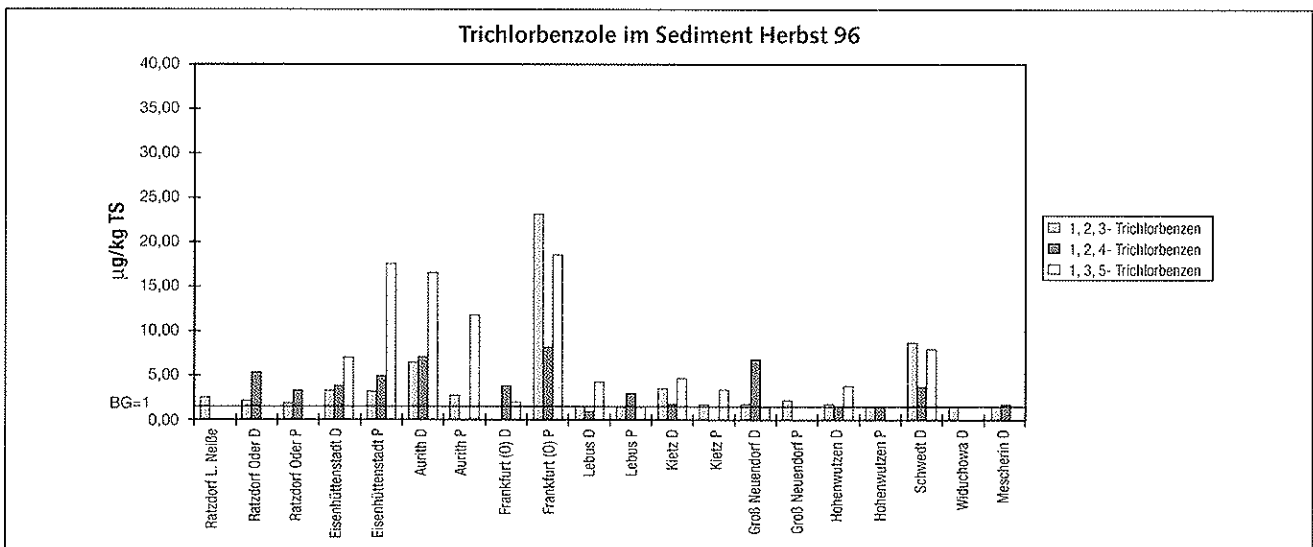


Abb. 5.2.1.4.-6: Trichlorbenzole im Herbst 1996

**Phenylharnstoffderivate:**

Herbizide, wirken als Photosynthese- bzw. Lipidsynthese-Hemmstoffe; Feststoffe, die nur gering bis mäßig wasserlöslich und relativ stabil sind.

Analysiert wurde auf Fenuron, Chloridazon, Metoxuron, Chlortoluron, Diuron, Isoproturon, Metobromuron, Metazachlor, Linuron und Metolachlor. Befunde gab es nur bei Metazachlor. Vorwiegend während der Junibeprobung konnte diese Substanz in den Sedimenten im Bereich Frankfurt bis Hohenwutzen nachgewiesen werden (Maximalwert von 2,6 µg/kg TS im Sediment der Probenahmestelle Kietz, linkes Ufer).

**Phosphorsäureester:**

Insektizide und Akarizide, Kontakt-, Fraß- und Atemgifte (meist stark toxisch); zeichnen sich durch eine geringe Per-

sistenz aus und werden schnell zu nichttoxischen Verbindungen abgebaut; Feststoffe oder Öle, die nur gering bis mäßig wasserlöslich sind.

Analysiert wurde auf Parathion, Malathion, Dimethoat, Parathionmethyl, Dichlorvos, Fenitrothion, Fenthion, Azinophosmethyl und Azinophosethyl. Erwartungsgemäß waren alle Analysenergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze.

**Phenoxycarbonsäuren:**

Herbizide, die zu den Wachstumsregulatoren gehören und auf den Auxinmetabolismus wirken [HOCK 1987]; Anwendung bei zweikeimblättrigen Wildkräutern in Getreideschlägen; relativ stabile und toxische Feststoffe oder Öle; Löslichkeit ist davon abhängig, ob Verwendung als Säure, Salz oder Ester.

Analysiert wurde auf 2,4-D, MCPA, 2,4,5-T, 2,4-DB, 2,4-DP, MCPP, MCPB, 2,4,5-TP und Bentazon. MCPA und 2,4-DP konnten nicht nachgewiesen werden. Mit Ausnahme von 2,4-DB (4-(2,4-Dichlorphenoxy)buttersäure) wurden die anderen Phenoxy-carbonsäuren nur an vereinzelten Probenstellen nachgewiesen. 2,4-DB, ein Wirkstoff zur Bekämpfung dikotyler Unkräuter in z. B. Getreide mit Luzerne-untersaaten oder Luzerneblanksaaten ist in 60 % aller 1996 genommener Sedimentproben nachgewiesen worden. Die Septemberbeprobung lieferte einen Median von 3,06 µg/kg TS, wobei für das Sediment bei Widuchowa am Abzweig der Westoder ein Maximum von 24 µg/kg TS ermittelt wurde.

– Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Der Begriff PAK (Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe) ist eine Sammelbezeichnung für aromatische Verbindungen mit kondensierten Ringsystemen, die durch unvollständige Verbrennung oder Pyrolyse von organischem Material und fossilen Brennstoffen entstehen. Sie stellen stets komplexe Gemische ihrer Einzelverbindungen dar, die je nach Art ihrer Herkunft variieren. In die Umwelt gelangen diese Stoffe großflächig (Emissionen aus Verbrennungsmotoren, Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen, Aluminium-/Stahlerzeugung, Mineralöl-/Kohleverarbeitung und Hausfeuerung). Der Eintrag erfolgt über atmosphärische Deposition (Stäube), Abwässer, Elutionsvorgänge kontaminierter Bodenschichten aber auch direkte Kontaminationen, wie z. B. Ölverschmutzungen durch Schiffe. Einige der Substanzen dieser Stoffklasse gelten als krebserzeugende Schadstoffe, manche auch als Mutagene. Unter bestimmten Bedingungen können sie toxisch wirken. Aufgrund ihrer relativ hohen Persistenz und toxischen Eigenschaften sind sie eine langfristige Gefahr für die Umwelt [HEINISCH 1994]. Die Darstellung aller Ergebnisse im Sediment sind in der Tabelle 3.1 im Anlagenband zu finden. Unter den Einzelstoffen weist Fluoranthen die höch-

sten Gehalte auf (bis zu 5,3 mg/kg), gefolgt von Pyren und Benzo(a)pyren (ca. 3 mg/kg bzw. 2 mg/kg in den am höchsten belasteten Proben). Vergleichbar sind diese Werte mit denen, die im Rheinsediment gefunden worden sind. Zur konkreten Bewertung der Sedimente standen der Redaktion nur der 1996er Entwurf der „Brandenburgischen Richtlinie zum Umgang mit Gewässeraushub“ und die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ der LAGA (1994) zur Verfügung. Sollte Baggergut aus der Grenzoder anfallen, so kann es bezüglich der PAK zum größten Teil für den eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherheitsmaßnahmen verwendet werden (Zuordnungswert Z 2: 20 mg/kg EPA-PAK). Schutzgut ist hierbei das Trinkwasser.

Für die Schutzgüter Aquatische Lebensgemeinschaften und Fischerei sind noch keine Sedimentgrenzwerte festgelegt worden. Allerdings findet man Orientierungswerte für einige Substanzen, die von der niedrigsten Zielvorgabe für die Wasserphase (entweder aquatische Lebensgemeinschaft oder Fischerei) und den stoffspezifischen Adsorptionskoeffizienten K abgeleitet werden. [RIESS 1997]

Demnach ist beim größten Teil aller Sedimentproben davon auszugehen, dass eine ökologische Schädigung durch Benzo(a)pyren und Fluoranthen möglich ist. Einige Proben (Frankfurt(O.) poln. Ufer, Lebus dt. Ufer und Oder-Spree-Kanal) sind sogar so hoch belastet, dass sie die Grenze zur Klasse 3 um mehr als 30 % überschreiten, was eine Gefährdung für sensible Nutzungsarten – wie Berufs- und Sportfischerei – erwarten lässt.

– Phthalsäureester

Phthalate (Diester der 1,2-Benzoldicarbonsäure) finden in der Industrie u. a. als Weichmacher, Schmier- und Lösungsmittel

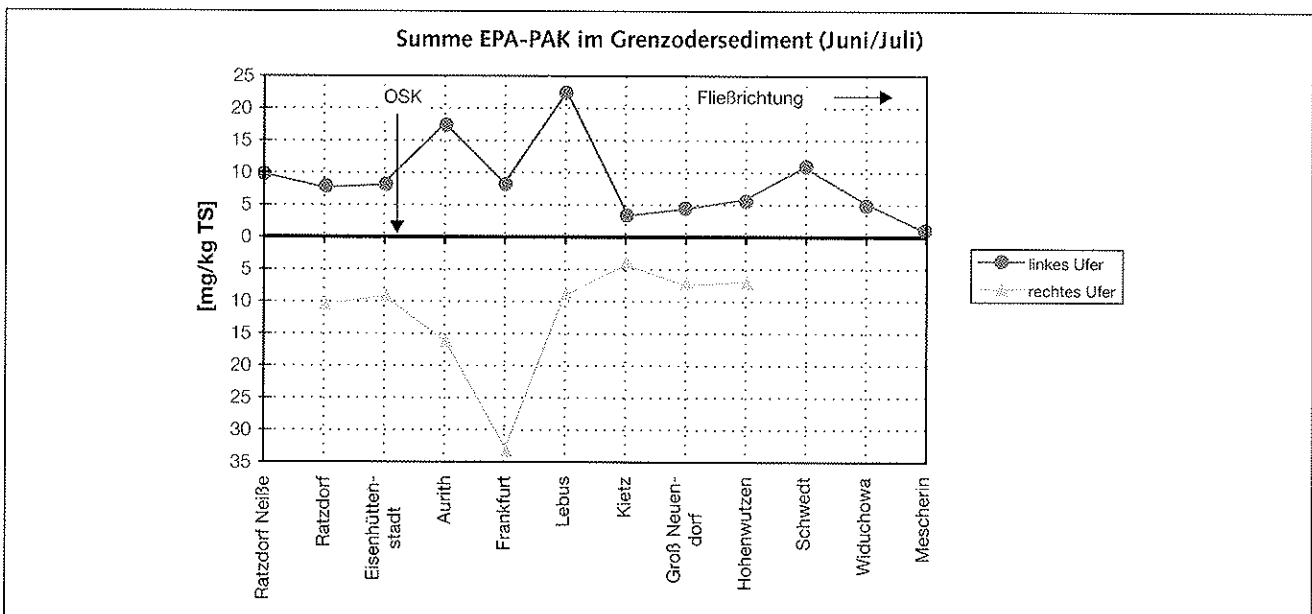


Abb. 5.2.1.4.-7: Summe der EPA-PAK im Grenzodersediment (Juni/Juli)

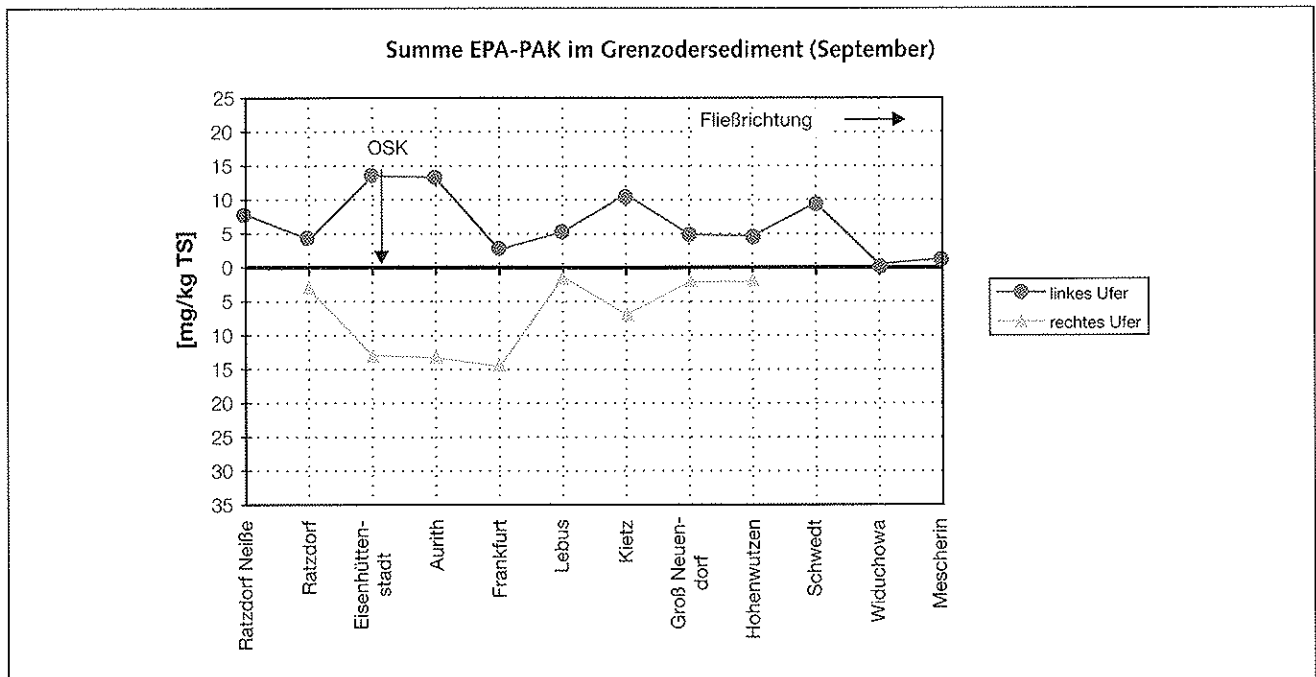


Abb. 5.2.1.4.-8: Summe der EPA-PAK im Grenzodersediment (September)

Tab. 5.2.1.4.-1: Ökotoxische Schädwirkungen einzelner PAK-Verbindungen

Stoff	Ökotoxische Schädwirkungen im Gewässer		
	nicht zu erwartende Klasse 1	mögliche Klasse 2	zu erwartende Klasse 3
Benzo(a)pyren	< 0,18 mg/kg	0,18 – 1,8 mg/kg	> 1,8 mg/kg
Fluoranthen	< 0,25 mg/kg	0,25 – 2,5 mg/kg	> 2,5 mg/kg

Verwendung. In der Landwirtschaft werden sie als Insektenvertreibungsmittel und Trägerstoffe für Pestizide benutzt. Sie gelangen neben diffusen Einträgen (Luftpfad, Klärschlammausbringung) über industrielle Punktquellen (z. B. Plasterstellung- und -verarbeitung) in die Umwelt. Diese Stoffgruppe gilt grundsätzlich als abbaubar und mindertoxisch und zeichnet sich durch eine geringe Bioverfügbarkeit aus. Die mengenmäßig wichtigen Phthalate DEHP und DBP sorbieren sehr fest an Böden und stellen somit keine Grundwassergefährdung dar. [KLEIN 1995] Nimmt man jedoch andere Veröffentlichungen zu Rate, so werden Phthalsäureester aufgrund ihrer Wirkung und Exposition als gewässerrelevante, gefährliche Stoffe eingestuft. [MÜLLER 1997] Gemessen wurde an der Gesamtprobe, wobei das Analysenverfahren für den mg/kg-Bereich konzipiert worden ist. Bei der Bearbeitung der realen Sedimentproben zeigte sich jedoch, dass die Gehalte für die Einzelkomponenten im unteren bis mittleren µg/kg-Bereich zu finden sind. Demzufolge sind die Ergebnisse wegen des Arbeitens im Bereich der Bestimmungsgrenze als Screening-Ergebnisse zu werten. Außerdem ist bei der Analytik die Blindwertproblematik zu beachten. Wie in den Rheinsedimenten bildet das Di-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) von

den Gehalten her eine Ausnahme. Die gemessenen Werte lagen um das 10 bis 100fache höher als bei den anderen Phthalaten. Ursache dafür ist der höhere Produktionsumfang und die geringere Abbaubarkeit [FURTMANN 1993]. DEHP zeichnet sich außerdem durch eine gute Akkumulationsfähigkeit gegenüber Sedimenten, Schwebstoffen und Böden aus. Der Median über alle gemessenen Sedimente beträgt 2,4 mg/kg DEHP. Die höheren Werte im Abschnitt Eisenhüttenstadt – Aurith (Maximum 21,6 mg/kg in Aurith) sind mit großer Sicherheit auf Abwassereinleitungen zurückzuführen. Leider gibt es nur wenige veröffentlichte Phthalatwerte für Sedimente in Flüssen (Rhein: ca. 20 mg/kg DEHP, Weser: 7 mg/kg DEHP in der < 20 µm-Fraktion, Abwasserschlamm: ca. 43 mg/kg DEHP) um Vergleiche anstellen zu können. Der Untersuchungswert von 50 mg/kg Phthalate gesamt aus dem Leitfaden Bodensanierung der Niederlande wurde jedoch nie überschritten. Zusammenfassend gilt, dass Phthalate nicht zu den Problemschadstoffen der Grenzoder gehören, solange man nicht neue Erkenntnisse zur Toxizität gewinnt.

#### – Dioxine und Furane

Da es sich bei dem Projekt um ein Monitoringvorhaben handelt, erfolgt eine Analyse ausgewählter Sedimentproben auf Dioxine und Furane, zumal die Sedimente nach den Böden die zweitwichtigste Senke dieser Stoffgruppen darstellen. Nach einem Modell von Mackay et al. befinden sich 69,5 % des 2,3,7,8-TCDD im Boden und 29,5 % im Sediment [ATV 1994]. PCDD und PCDF sind stets menschlichen Ursprungs. Grundsätzlich ist die Bildung von Dioxinen bei jeder Verbrennung organischer Substanzen möglich, wenn geringe Spuren organisch oder anorganisch gebundener Halogene anwesend sind. Katalysiert wird der Entstehungsprozess durch die Anwe-



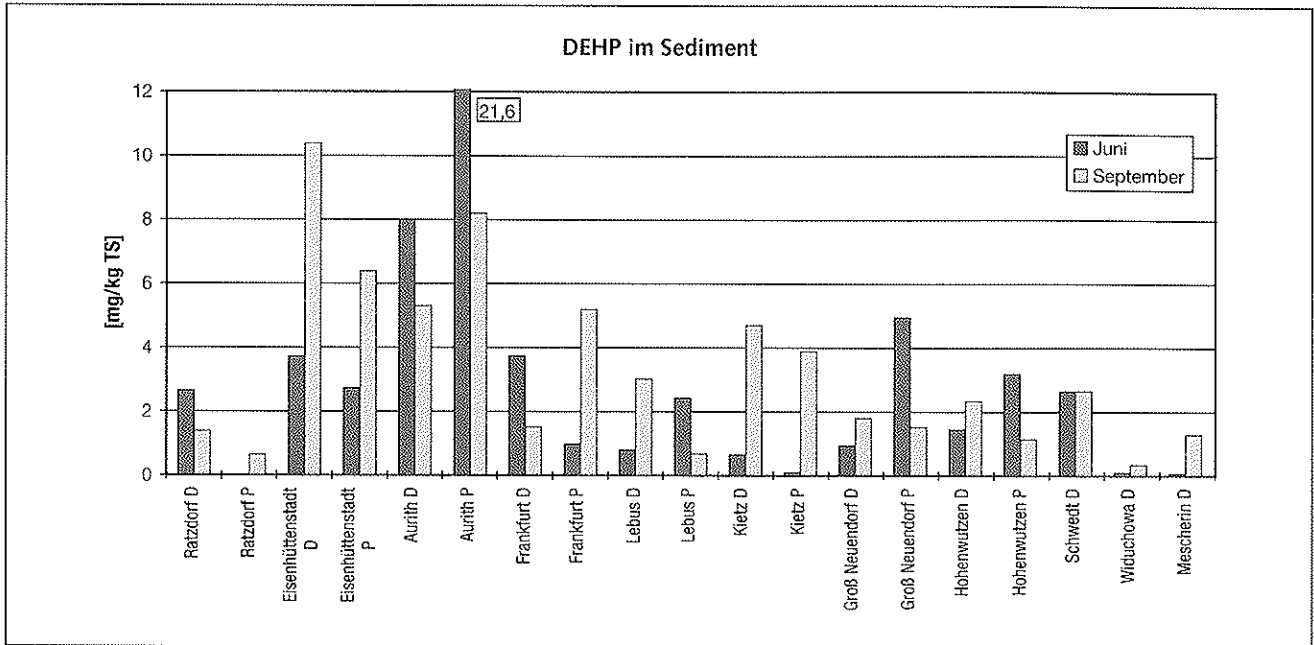


Abb. 5.2.1.4.-9: DEHP im Sediment

senheit von Kupfer und anderen Schwermetallen. Bedeutende Quellen sind die private Hausfeuerung, Hausmüll-, Sondermüll- und Klinikmüllverbrennung, Metallrecycling- und Röstprozesse, Verbrennungsmotoren, die mit verbleitem Benzin betrieben werden, Erhitzung und Brände von PCB-haltigen Transformatoren; weiterhin die chemische Industrie in Zusammenhang mit Chlor bzw. Brom (Destillationssümpfe, Produktionsrückstände) und der Bleichvorgang in der Papier- und Zellstoffindustrie. In die Umwelt gelangen diese Substanzen, die sich durch eine hohe Toxizität und Persistenz sowie eine geringe Eigenmobilität auszeichnen, vorwiegend durch die Verteilung durch die Abgase von Verbrennungsanlagen, Ausbrin-

gung von Klärschlämmen als Bodenverbesserer, mangelhaft abgedichtete Sondermülldeponien und auch durch bei Brandbekämpfungen unkontrolliert abfließende Löschwässer [WOLF 1992].

Für die Oder bieten sich folgende potentielle Quellen an:

- die im Einzugsgebiet gelegene Hütten- und metallverarbeitende Industrie sowie
- die Papier- und Zellstoffindustrie.

Möglich sind auch Einträge durch die chemische Industrie am Oberlauf der Oder, wobei aber kein aktueller Stand des jetzi-

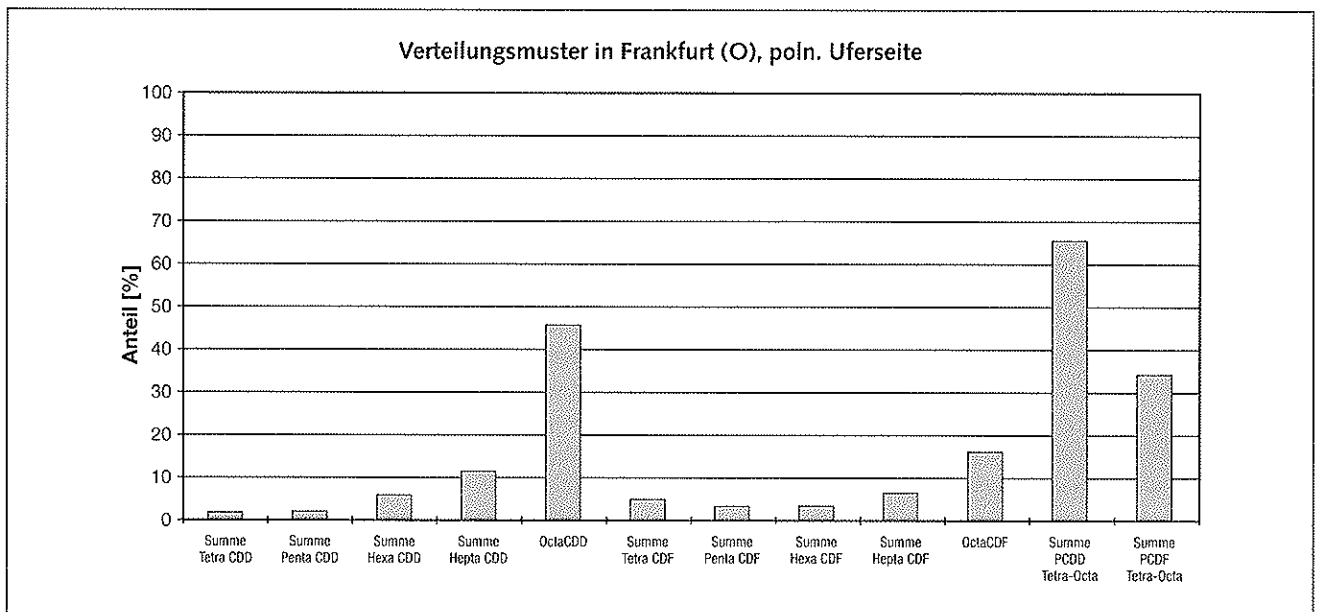


Abb. 5.2.1.4.-10: PCDD/F-Verteilungsmuster im Sediment von Frankfurt (O.), poln. Ufer

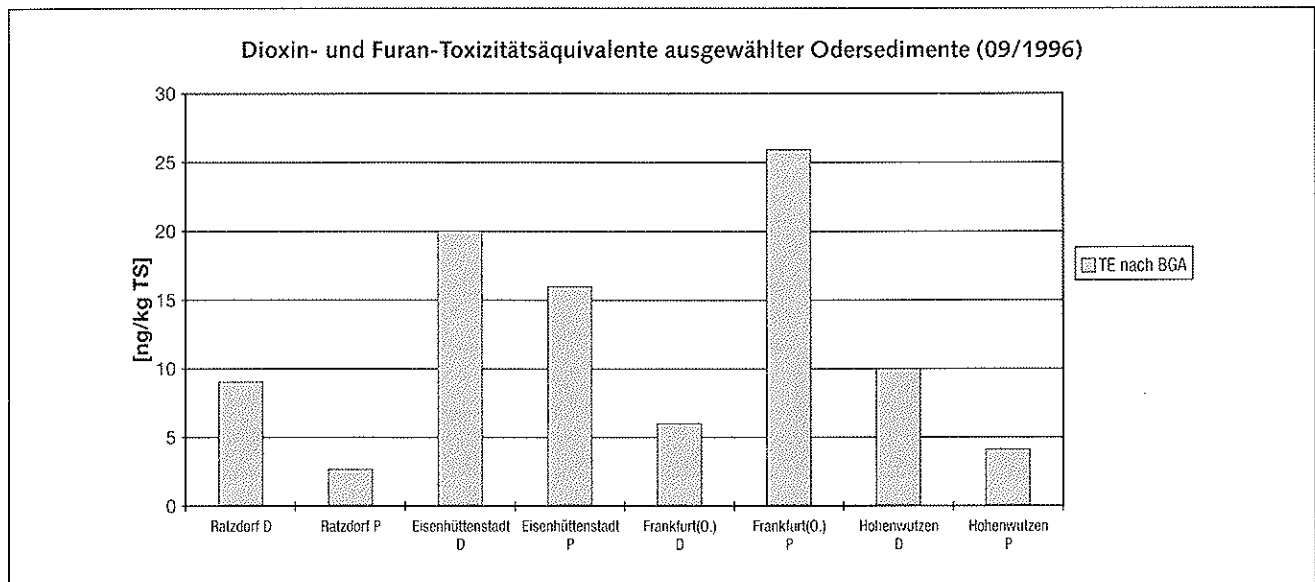


Abb. 5.2.1.4.-11: PCDD/F-Toxizitätsäquivalente ausgewählter Oder-Sedimente

gen Produktionsumfanges und der Emissionen bekannt ist. Herstellung und Anwendung kontaminierter Chemikalien, wie PCB, PCP und anderer Chlorphenole und Chlorbenzole wie auch Stäube aus Verbrennungsprozessen zählen auf jeden Fall zu den Hauptquellen für den Eintrag polychlorierter Dioxine und Furane in die Umwelt.

Anhand der Kongenerenverteilung wäre es möglich, auf die Ursache einer Kontamination mit Dioxinen und Furanen zu schließen. Prinzipiell lässt sich aber kein Verursacher eindeutig feststellen (zu geringe Konzentrationen; Mobilität des Sediments; ubiquitäre Verteilung der Dioxine und Furane). In der Tabelle im Anhang A 3 sind die Ergebnisse der PCDD/PCDF-Analysen aufgelistet. Die Graphik Abb. 5.2.1.4.-11 vermittelt einen Überblick über die berechneten Toxizitätsäquivalente. Die höchsten Werte wurden für Eisenhüttenstadt – möglicher Einfluss der oberhalb gelegenen Kläranlage – und für Frankfurt(O.) ermittelt, wobei sich letztere Probenahmestelle schon für die PAK und PCB als hoch belastet erwiesen hat. Betrachtet man die obige Abbildung, so fällt der Hauptanteil auf die Dioxine. Je nach Probenahmeort schwankt der Anteil zwischen 60 und 80 %. Dominierend ist dabei der Anteil an OctaCDD. Vergleicht man diese Muster mit dem PCDD/PCDF-Kongenerenverteilungsmuster nach [HUTZINGER und FIEDLER 1993], so ist zu vermuten, dass der größte Anteil der Kontamination von verunreinigtem Pentachlorphenol (konnte aber durch die gemessenen PCP-Konzentrationen nicht bestätigt werden) und Abwässern der Papier- und Zellstoffindustrie herrührt [HEINISCH 1994]. Metallurgische Prozesse scheinen nicht die dominierende Rolle zu spielen.

Grenzwerte zur Beurteilung von Fließgewässersedimenten hinsichtlich dieser Substanzklasse existieren in Deutschland noch nicht. Man könnte jedoch die Bodenrichtwerte des Bundesgesundheitsamtes zu Rate ziehen. Bei < 5 ng TE/kg wäre eine uneingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung und bei

5–40 ng TE/kg eine eingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung möglich. Der Grenzwert der Klärschlammverordnung von 100 ng TE/kg TM bei den ausgewählten Oder-Proben wurde nicht erreicht. Nach der Brandenburger Richtlinie zum Umgang mit Gewässeraushub müsste das Sediment je nach Entnahmeort in speziellen Deponien gelagert werden. Die Grenzwerte für Gewässeraushub bei Ablagerung auf Bodenaushub und Monodeponien auf nicht abgedichteten Deponien vom Typ GW1/Deponien mit Oberflächenabdichtung vom Typ GW2 betragen 15 bzw. 20 ng I-TE/kg, mit Basis- und Oberflächenabdichtung Deponieklasse I – 30 ng I-TE/kg und Deponieklasse II – 100 ng I-TE/kg.

Zum Vergleich – im Sediment des Oder-Spree-Kanals wurden 1993 Werte von 7,52 ng TE/kg TS bei Fürstenwalde und 143,7 ng TE/kg TM in Eisenhüttenstadt an der Fähre, o. h. Einmündung in die Oder ermittelt [HEINISCH 1994]. In schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe wurden im April 1994 bei Magdeburg 38,1 ng I-TE/kg TS gefunden und bei Dessau an der Mulde-Einmündung 339 ng I-TE/kg TS [STACHEL 1995].

#### – Metallorganyle

Untersucht wurden ausgewählte Sedimente aus der Oder, Westoder und dem Oder-Spree-Kanal. Da Metallorganyle innerhalb des Landesmessprogrammes Brandenburg für Fließgewässer nicht bestimmt werden, stehen uns für die Auswertung nur die Sedimentdaten zur Verfügung. Eine Bewertung ist allerdings nur möglich, wenn die Zielvorgaben für Fließgewässer auf Schwebstoffe umgerechnet werden. Nach Erfahrungen der IKSR und IKSE ist es nicht sinnvoll, mit feststehenden Verteilungskoeffizienten Zielvorgaben für Wasser auf Schwebstoffe umzurechnen, da zahlreiche Faktoren (pH, Salinität, Temperatur usw.) einen entscheidenden Einfluss auf die Adsorption an Feststoffe haben. Deshalb wird bei Adsorption von > 80 % am Feststoff der Schadstoffgehalt mit

Tab. 5.2.1.4.-3: Zielvorgaben für Metallorganyle

Verbindung	Vorkommen und Verwendung	ZV nach IKSR	berechnete ZV** für Schwebstoff
Monobutylzinn			
Dibutylzinn	Abbauprod. von Tri- und Tetrabutylzinnverb., PVC-Stabilisatoren, Katalysator bei PU-Schaum-Produkt. und Silikon	0,8 µg/l	
Tributylzinn	Antifouling-Anstriche, Holzschutzmittel	0,001 µg/l	40 µg/kg
Tetrabutylzinn	Ausgangsprodukt für Di- und Tributylzinnverbindungen		
Monooctylzinn			
Diocetylzinn			
Tri-c-hexylzinn			
Triphenylzinn	Antifouling-Farben, Fungizide in Landwirtschaft, Schleimbekämpfungsmittel für Papierindustrie und Kühlwasser	0.005 µg/l	0,2 mg/kg
Monomethylzinn			
Methylquecksilber			
andere organische Hg-Verbindungen *			

\* Methoxyethyl-Hg, Ethyl-Hg, Ethoxyethyl-Hg, Phenyl-Hg, Benzoesäure-Hg, Nitromersol

\*\* Berechnung erfolgte mit dem mittleren Schwebstoffgehalt in deutschen Flüssen: 25 mg/l

dem Schwebstoffgehalt im Gewässer multipliziert, um sich auf Zielvorgaben für Fließgewässer beziehen zu können. Da die K-Werte für Dibutyl- und Tetrabutylzinn kleiner als 1 l/g sind, ist es unsinnig eine Zielvorgabe für Feststoffe aufzustellen [RIESS 1997]. Als Ergebnis dieser Überlegungen wurde nur im Sediment des Oder-Spree-Kanals ein Wert oberhalb dieser berechneten Zielvorgaben und zwar für Tributylzinn gefunden (Annahme: Sediment entspricht sedimentiertem Schwebstoff). Die berechnete Zielvorgabe wurde fast um das 7fache übertroffen.

### 5.2.1.5 Biologische Parameter

– Wirkungen im Biotest

Neben der chemischen Analytik haben sich Biotests zur Charakterisierung des ökotoxikologischen Potentials von Umweltproben etabliert, weil der Biotest im Gegensatz zur chemischen Analyse eine integrale Erfassung der Schadwirkung, einschließlich synergistischer bzw. antagonistischer Effekte, ermöglicht. Die eingesetzten Biotests dienen der Untersuchung der akuten toxischen Wirkung der Sedimentproben auf Bakterien und Kleinkrebse. Für den Leuchtbakterientest (in Anlehnung an DIN 38 412-L34) wurden die Sedimente zentrifugiert und das so gewonnene Porenwasser nach Membranfiltration (Porengröße 0,45 µm) in der G2-Verdünnung untersucht. Als Ergebnis wurde die Hemmung der Biolumineszenz der Testorganismen durch das Porenwasser gemessen. Für den Daphnientest (in Anlehnung an DIN 38 412-L30) wurde das Porenwasser über einen Faltenfilter gegeben und als Verdünnungsreihe getestet. Das Bewertungskriterium ist die Schwimmfähigkeit der Daphnien am Testende, ausgedrückt als GD-Wert. Der GD-Wert ist die Verdünnungsstufe, in der keine toxische Wirkung vorhanden ist. Eine akute toxi-

Tab. 5.2.1.5.-1: Akute toxische Wirkung von Sedimentproben, Leuchtbakterien-/Daphnientest

Probenahmestelle	Biolumineszenz-hemmung in %		GD-Wert	
	P	D	P	D
Ratzdorf- Lausitzer Neiße	43,1		1	
Ratzdorf-Oder	47,7	28,3	1	1
Oder-Spree-Kanal	23,1		1	
Eisenhüttenstadt	44,9	38,8	1	1
Aurith	37,6	43,1	1	1
Frankfurt (Oder)	27,1	24,1	1	1
Lebus	29	30,7	1	1
Kietz	20,3	33,7	1	1
Groß Neuendorf	18,7	27	1	1
Hohenwutzen P	36,2		1	
Schwedt D		75,7		1

sche Wirkung auf Daphnien ging von keiner der untersuchten Proben aus. Allen Proben konnte der GD-Wert 1 zugeordnet werden, d. h. alle eingesetzten Testorganismen waren am Testende schwimmfähig. NOACK und SCHEERBAUM (1992) untersuchten Sedimente der Mittelweser und konnten über den Daphnientest 5 von 27 Proben als schwach bzw. mäßig – stark toxisch identifizieren. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von NOACK und SCHEERBAUM (nur 2 von 27 untersuchten Proben zeigten eine toxische Wirkung) erwies sich der Leuchtbakterientest bei unseren Untersuchungen als sensibler. Eine Ursache könnte das engere Verhältnis Sediment – Wasser bei der Gewinnung des Testgutes sein. Nach der von NOACK und SCHEERBAUM vorgeschlagenen Bewertungsgrundlage (Hemmung < 20 % nicht toxisch, 20–50 % schwach toxisch, > 50 % mäßig – stark toxisch) können 16 von 18 untersuchten Proben als schwach toxisch eingestuft werden. Eine Probe

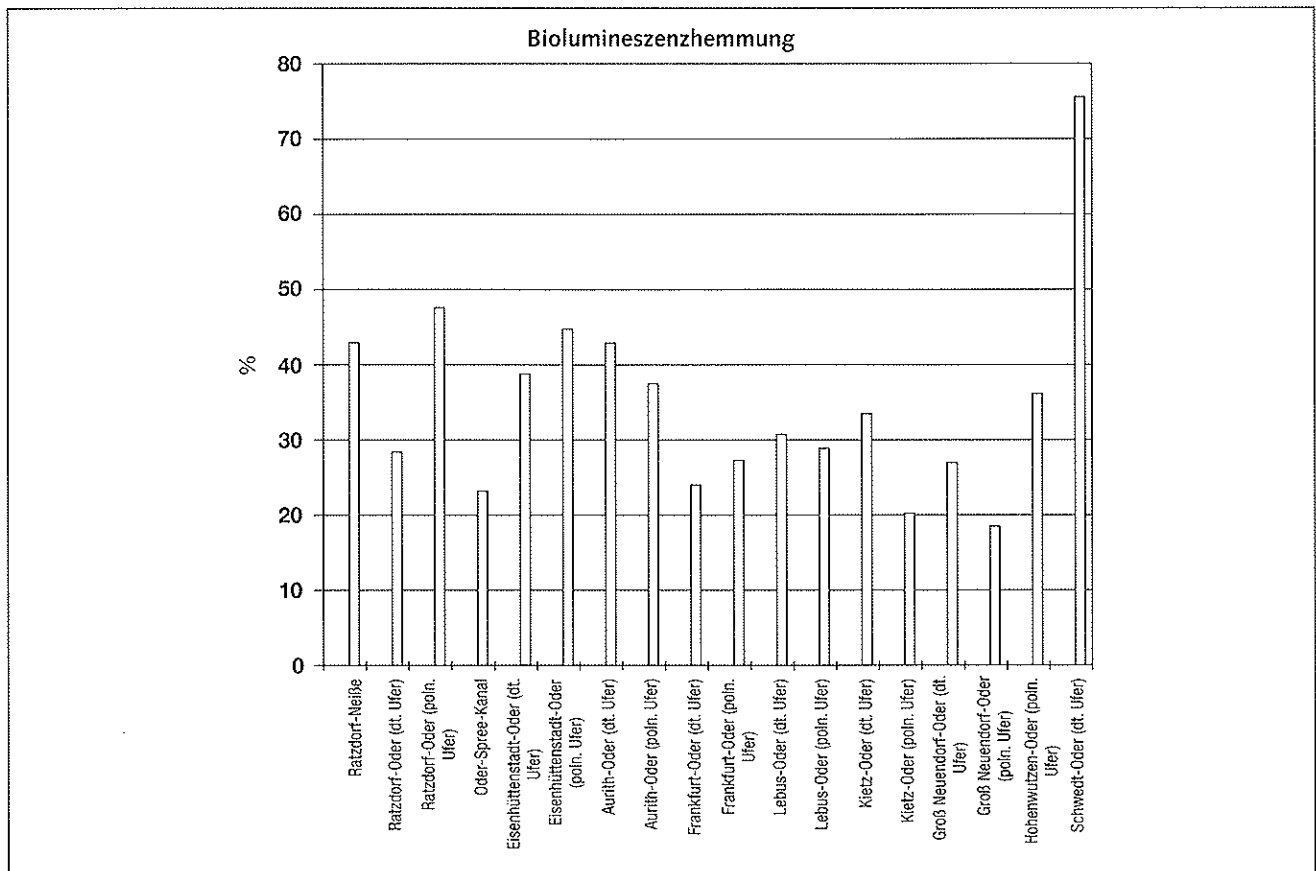


Abb. 5.2.1.5.-1: Akute Toxizität von Sedimentproben im Leuchtbakterientest

(Groß Neuendorf-Oder, poln. Ufer) liegt knapp unter 20 % Hemmung und eine Probe (Schwedt-Oder, dt. Ufer) überschreitet die 50 % Grenze deutlich. Letztere muss als mäßig bis stark toxisch bewertet werden (siehe Abb. 5.2.1.5.-1).

Stoffkonzentrationen. Da hier nur geringe Erfahrungen vorliegen, sind die gewonnenen Ergebnisse für den Aufbau einer routinemäßigen Gewässerüberwachung dieses Kompartimentes in der Grenzoder von besonderer Bedeutung.

## 5.2.2 Schwebstoff

In der Beschaffenheitsbeurteilung eines Fließgewässers gewinnt neben der Wasser- und Sedimentphase der Schwebstoff und die an ihm aggregierten Schadstoffe zunehmend an Bedeutung. Als ein besonderes Problem kann die Gewinnung des Probenmaterials angesehen werden. Die Separation der Schwebstoffe durch Zentrifugation, Absetzung in die Strömung verlangsamen Becken und Filtration ist wesentlich komplizierter und technisch aufwendiger als die Entnahme und Analyse einer Flusswasserprobe als Gemisch aus flüssiger und fester Phase. Alle 3 Trennungverfahren erfassen darüber hinaus unterschiedliche Korngrößenfraktion, verändern die Stoffkonzentration in der Probe selbst bzw. Erhalten/Zerstören den biologischen Anteil des Schwebstoffes. Für das Projekt selbst standen 2 Verfahren der Probenentnahme zur Verfügung, die Sedimentation in Becken (Messstationen) und die Filtration mittels einer Zentrifuge vor Ort. Von Interesse war insbesondere die Schwebstoffbeschaffenheit im Flusslängsschnitt und die Auswirkung des zeitlichen Faktors auf die

### 5.2.2.1 Schwebstoffbeschaffenheit im Flusslängsschnitt (Entnahme mittels Schwebstoffzentrifuge)

#### 5.2.2.1.1 Standardparameter

Die Einzelergebnisse zu diesen Parametern befinden sich im Anlagenband. Die folgenden Graphiken beruhen auf 3 Probenahmeserien.

– Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)

Die Mittelwerte der TOC-Gehalte an den Probenahmestellen der Grenzoder liegen zwischen 9 und 13 %, wobei im Flussverlauf ein leichter Anstieg zu vermerken ist. Vergleichbar sind diese Werte in etwa mit denen, die 1990/92 in Schwebstoffen der Saar gemessen worden sind [1]. In der Neiße bei Ratzdorf wurden Werte um 8 % gefunden und in der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße bei Gatow mit einem Mittelwert von 14 % die höchsten Gehalte an TOC.

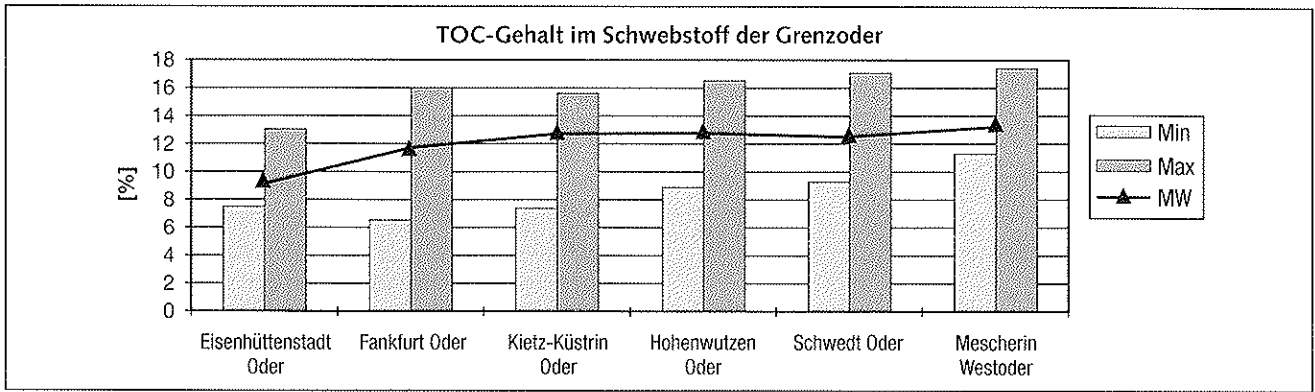


Abb. 5.2.2.1.1.-1: TOC-Gehalt im Schwebstoff (Flusslängsschnittbetrachtung)

– Gesamt Phosphor

Der Phosphorgehalt im Schwebstoff erreicht Werte um 0,47–0,6 %. Im Verlauf der Grenzoder steigt der Gehalt wiederum etwas an, was wahrscheinlich auf die Kläranlagen in Eisenhüttenstadt und Frankfurt(O.) zurückzuführen ist. Die Neiße weist im Mündungsbereich P ges.-Werte um 0,45 % auf. In Rhein und Mosel sind dagegen 1994 im Schwebstoff nur 0,12 - 0,31 % P ges. gemessen worden [2].

– Gesamt Stickstoff

Wie aus Abbildung 5.2.2.1.-3 zu entnehmen ist, liegt der Stickstoffgehalt in den Schwebstoffproben der Grenzoder im Mittel bei 1,2 bis 2,0 %. Gehalte von durchschnittlich 0,8 % findet man bei Ratzdorf in der Neiße.

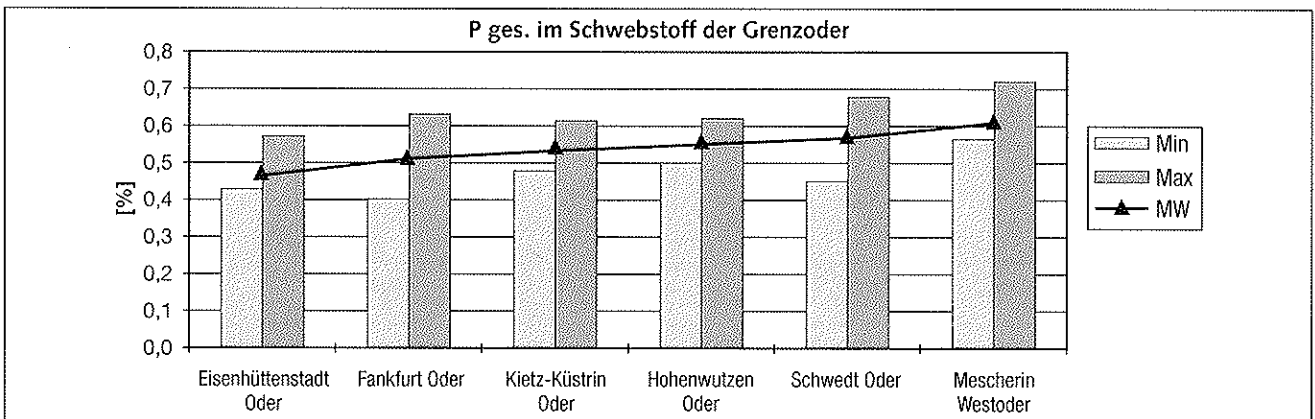


Abb. 5.2.2.1.1.-2: P ges. im Schwebstoff (Flusslängsschnittbetrachtung)

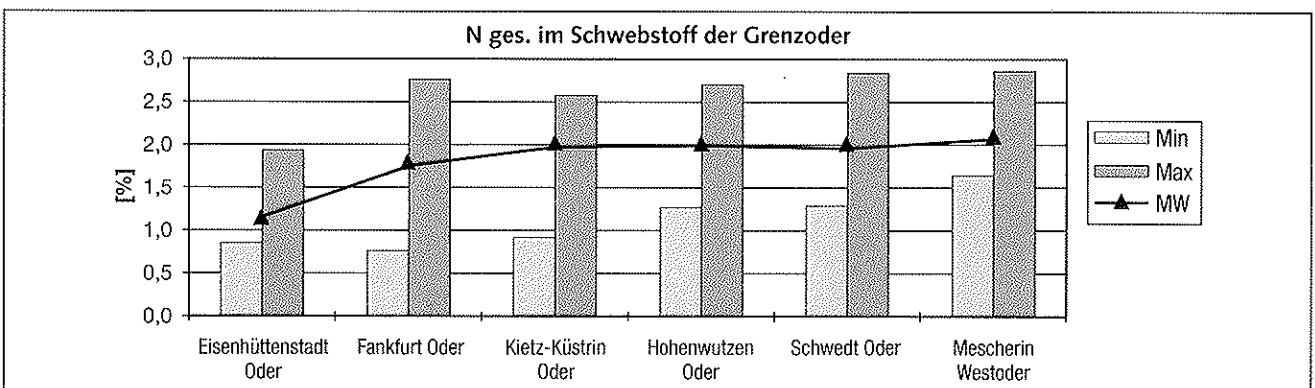


Abb. 5.2.2.1.1.-3: N ges. im Schwebstoff (Flusslängsschnittbetrachtung)

– Gesamt Schwefel

Der Schwefelgehalt der Oderschwebstoffe liegt im betrachteten Flussabschnitt konstant um 0,5 %. Schwankungen sind auf jahreszeitliche Besonderheiten, wie der Algenblüte zurückzuführen.

5.2.2.1.2 Summenparameter

– Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

Die in die Gewässer eingebrachten Mineralöle sind sowohl in der partikulären als auch in der gelösten Phase anzutreffen. So werden die schwerlöslichen höher molekularen Verbindungen und die Alkane am Schwebstoff adsorbiert. Die Schwebstoffe enthalten neben den Kohlenwasserstoffen biogenen Ursprungs auch KW aus Mineralölverunreinigungen [HELLMANN].

Zwischen März und September wurden von Ratzdorf (Neiße) bis Mescherin mittels Durchflusszentrifuge Proben entnom-

men und die KW-Gehalte im Schwebstoff sowie im Zentrifugat bestimmt. Die Mittelwerte der KW-Konzentrationen im Zentrifugenschwebstoff liegen im Längsprofil der Oder zwischen 257,7 und 330 mg/kg TS (s. Abb.5.2.2.1.2.-1). Im Frühjahr wurden in der Oder die niedrigsten Gehalte (Median: 240 mg/kg TS) und im Sommer die höchsten Gehalte (Median: 322 mg/kg TS) gemessen. Die höheren Messwerte in der Westoder bei Mescherin stellen ein Maximum im Flusslängsschnitt dar. Sie können durch den dort betriebenen fährähnlichen Schiffsverkehr bedingt sein. Für den Schwebstoff aus der Neiße bei Ratzdorf wurde ein Mittelwert von 250,7 mg/kg TS ermittelt, wobei der höchste Wert mit 328 mg/kg TS im Frühjahr liegt. Im Zentrifugat sind in der Oder sowie in der Neiße Gehalte  $\leq 0,1$  mg/l gefunden worden.

– Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)

Dieser Stoffgruppe besitzt in Abhängigkeit von den Einzelsubstanzen eine höhere Adsorptionsfähigkeit und ist daher im Gewässer merklich am Feststoff gebunden vorzufinden. Wie bei den Kohlenwasserstoffen auch wurden hier die mit der

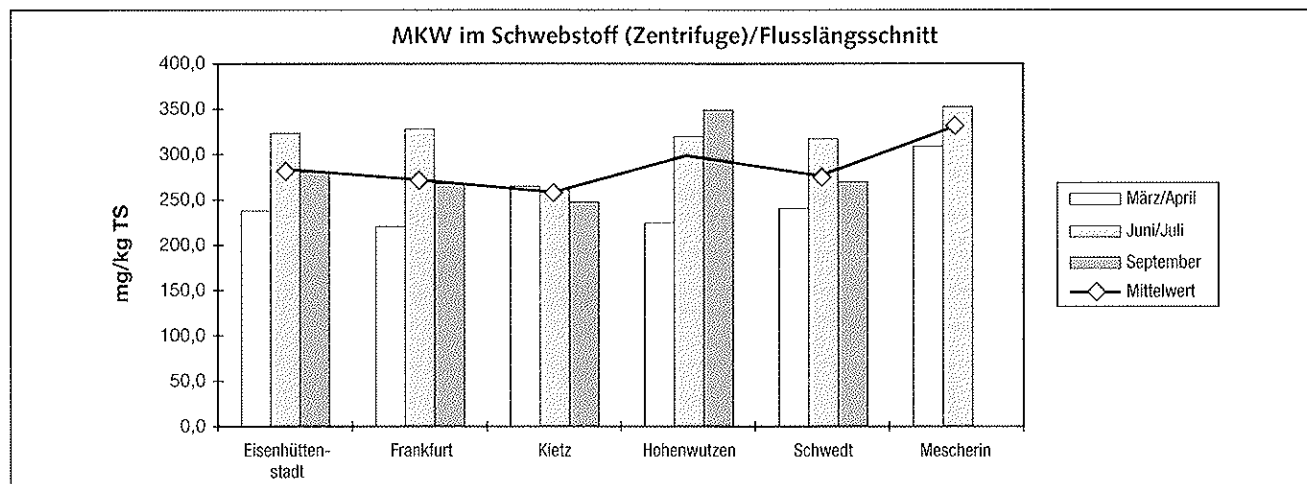


Abb. 5.2.2.1.2.-1: KW-Konzentration im Zentrifugenschwebstoff, Oder-Längsprofil

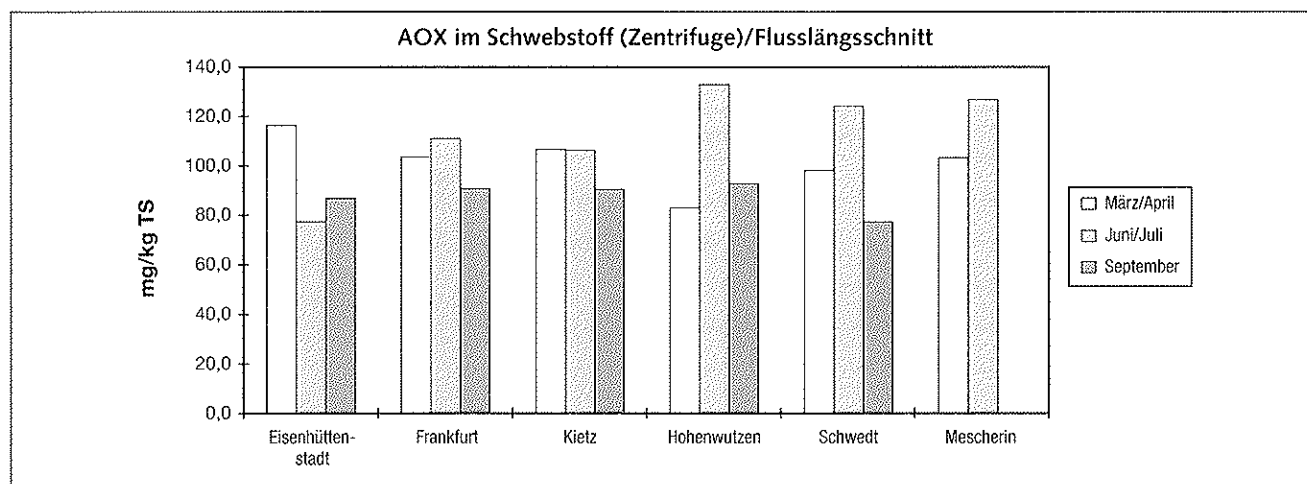


Abb. 5.2.2.1.2.-2: AOX-Konzentration im Zentrifugenschwebstoff, Oder-Längsprofil

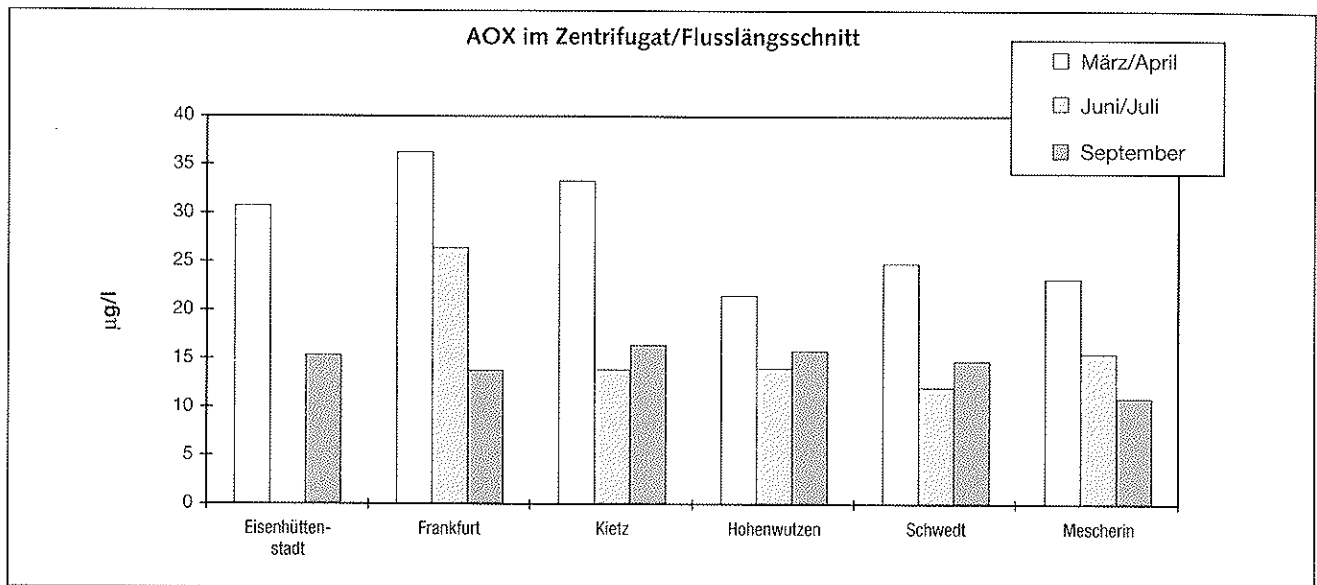


Abb. 5.2.2.1.2.-3: AOX-Konzentration im Zentrifugat, Oder-Längsprofil

Zentrifuge gewonnenen Schwebstoffe sowie das Zentrifugat untersucht. Die Belastung der Oderschwebstoffe mit AOX betrug im Untersuchungszeitraum 77,3 bis 133,5 mg/kg TS.

In den Schwebstoffproben aus Frankfurt(O.) und Kietz sind im Gegensatz zu Eisenhüttenstadt nur geringe jahreszeitlich und damit abflussbedingte Konzentrationsunterschiede festzustellen. Das mittlere Belastungsniveau liegt hier bei 105,5 mg/kg TS mit den niedrigsten Werten im September. An der Entnahmestelle Eisenhüttenstadt sowie bei Ratzdorf/Lausitzer Neiße wurden im März/April die höchsten Gehalte gefunden. Im Neiße-Schwebstoff betrug der AOX-Gehalt im Sommer und Herbst nur noch ungefähr die Hälfte des Frühjahrswertes. Bemerkenswert sollte auch, dass der Messpunkt Eisenhüttenstadt sich im unmittelbaren Wirkungsbereich unterhalb der Abwassereinleitung der Kläranlage Eisenhüttenstadt Süd befindet. Nach dem Zufluss der Warta ist im unteren Oderabschnitt ab Hohenwutzen ein deutlicher Anstieg der AOX-Konzentration in den Sommerproben festzustellen. Es wurden Werte zwischen 124,5 und 133,5 mg/kg TS gefunden. Da das Konzentrationsniveau signifikante Quellen voraussetzt, ist hier wiederum bei niedrigem Abfluss die Dominanz der Punktbelastungsquelle Kostrzyn/ Zellstoffindustrie zu vermuten. Ebenso verhält es sich in der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße, wo im Sommer ein Maximum von 110,8 mg/kg TS ermittelt wurde. Aufgrund der geringen Messwertanzahl ist es nur sehr eingeschränkt möglich, die AOX-Belastung der Schwebstoffe zu bewerten. Setzt man den Median als Überwachungswert an, so sind die hier gemessenen Oderschwebstoffe als mäßig belastet einzuschätzen [IKSE]. In Abbildung 5.2.2.1.2.-3 sind die Messergebnisse der Zentrifugatproben grafisch dargestellt. Im Frühjahr sind für alle Probenahmestellen die höchsten AOX-Werte gemessen worden, wobei die Konzentrationen im Abschnitt Eisenhüttenstadt bis Kietz mit 33,5 µg/l (Mittelwert) um ca. 10 µg/l höher sind als die weiter unterhalb ermittelten Werte. Die Messwerte der Sommer- und

Herbstproben, ausgenommen an der Messstelle Frankfurt(O.), unterscheiden sich kaum. Der Median liegt hier bei 14,8 µg/l. In den Proben aus den Zuflüssen der Lausitzer Neiße und Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße wurden in den 3 Probenahmeserien jeweils ähnliche Gehalte gemessen. Die Mittelwerte betragen 11,8 und 13,7 µg/l.

Über die Analyse der Zentrifugate lassen sich Aussagen zum Gehalt an gelösten halogen-organischen Verbindungen sowie zum Verteilungskoeffizient  $k$  des Parameters AOX treffen. Gegenüber dem Rhein mit einem Verteilungskoeffizienten  $k < 1$  l/g [IKSE 1997] besitzen die am Schwebstoff adsorbierten Organohalogenverbindungen im Grenzoderabschnitt (Größenordnung um 5 l/g) eine größere Wichtung.

### 5.2.2.1.3 Metalle und Metalloide

Schwebstoffe können sehr unterschiedlich aufgebaut bzw. zusammengesetzt sein und bestehen aus stark wechselnden Anteilen einer Vielzahl organischer- und anorganischer Materialien [ARGE ELBE 1995]. Diese Zusammensetzung ist insbesondere abhängig:

- von der Wassersäule,
- vom Oberflächenwasserabfluss,
- von der Art der Probenahme und dem Entnahmeort sowie
- von der veränderlichen Sestonproduktion (jahreszeitlich bedingt).

Die in einem Gewässer gelöst vorliegenden und die am Schwebstoff aggregierten Schwermetalle treten bis zur Erreichung eines Verteilungsgleichgewichtes in Wechselwirkung. Dabei findet bei den meisten Schwermetallen eine Adsorption und damit Anreicherung an den Feststoffteilchen statt. Der Anreicherungsfaktor am Schwebstoff kann eine Größen-

ordnung bis zum 105fachen gegenüber der Wasserphase erreichen [FÖRSTNER et. al.]. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die Schwebstoffe die aktuelle Schadstoffbelastung in einem Gewässer widerspiegeln. Grundlage für die Beurteilung der Schwebstoffqualität und damit der Gewässerbelastung ist an dieser Stelle das im Kapitel 5.2.1.3. beschriebene Bewertungssystem des LAWA-AK „ZV“. Die mittlere Belastung der Oderschwebstoffe mit Schwermetallen und Arsen ist in Tabelle 5.2.2.1.3.-1 dargestellt. Ein Vergleich der Messwerte aus Tabelle 5.2.2.1.3.-1 mit den Zielvorgaben zeigt:

- bei den Elementen Kupfer, Cadmium, Zink, Quecksilber und Arsen werden die Zielvorgaben bereits durch die gemessenen Minimalkonzentrationen größtenteils erheblich überschritten,
- der Medianwert der Blei-Konzentration liegt über der Zielvorgabe für dieses Element,
- die Zahlenwerte der Zielvorgaben für die Elemente Nickel und Chrom werden auch durch die jeweils gemessenen Maximalkonzentrationen nicht überschritten.

Tab. 5.2.2.1.3.-1: Mittlere Belastung der Oderschwebstoffe (im Flusslängsschnitt) mit Schwermetallen und Arsen in mg/kg TS, Güteklasse nach LAWA-AK ZV bzw. nach ARGE/UBA (für As), Anzahl der Messungen n = 18

Element	Minimum	Maximum	Median	Güteklasse
Kupfer	95	148	123	III
Nickel	48	92	66	II – III
Cadmium	3,3	10,4	6,1	III – IV
Blei	85	138	117	II – III
Chrom	94	152	118	II – III
Zink	774	1390	1195	III – IV
Quecksilber	1,8	5,1	2,5	III
Arsen	34	62	50	II

Die folgenden Abbildungen zeigen die Belastungen der mittels Durchflusszentrifuge gewonnenen Oderschwebstoffe mit den Elementen Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Zn, Hg und As im Flusslängsschnitt. Die Untersuchungen im Rahmen der 3 Probenahmeaktionen März/April, Juni/Juli und September sind in den elementbezogenen Diagrammen nebeneinander dargestellt.

Die Oderschwebstoffe sind in Bezug auf das Element **Kupfer** im gesamten Untersuchungsabschnitt (Eisenhüttenstadt-Mescherin) deutlich bis erhöht belastet (Güteklasse II – III bis III). Ursache dafür ist die erhebliche Vorbelastung der Oder durch Einleiter im oberschlesischen Industriegebiet. Dies wird durch Untersuchungen anderer Institutionen ebenfalls bestätigt. Vergleichsweise geringe Erhöhungen der Kupfer-Gehalte in den Bereichen Frankfurt(O.) und Kietz-Küstrin können auf Einflüsse der Kläranlagen Eisenhüttenstadt Süd und Frankfurt(O.) sowie der EKO Stahl GmbH zurückgeführt werden.

Im Oderabschnitt Eisenhüttenstadt bis Kietz-Küstrin sind die Schwebstoffe deutlich mit **Nickel** belastet (Güteklasse II – III). Belastungsspitzen treten dabei überwiegend während der März/April-Beprobung auf. Im Abschnitt Hohenwutzen bis Mescherin nehmen die Konzentrationen ab und erreichen teilweise die Güteklasse II (mäßige Belastung).

Die **Cadmium-Gehalte** sind überwiegend der Güteklasse III – IV (hohe Belastung) zuzuordnen. Lediglich in den Bereichen Eisenhüttenstadt und Frankfurt(O.) wurde während der März/April- und der Juni/Juli-Beprobungen eine erhöhte Belastung (Güteklasse III) festgestellt. Verursacht durch die Einmündung der Warta (Belastungsquellen im polnischen Einzugsgebiet) steigen die Cadmium-Gehalte der Schwebstoffe im Untersuchungsabschnitt Hohenwutzen bis Mescherin an. An der Messstelle Mescherin wurde während der September-Beprobung die Güteklasse IV (sehr hohe Belastung) erreicht. Sehr differenziert verhalten sich die Schwebstoffkon-

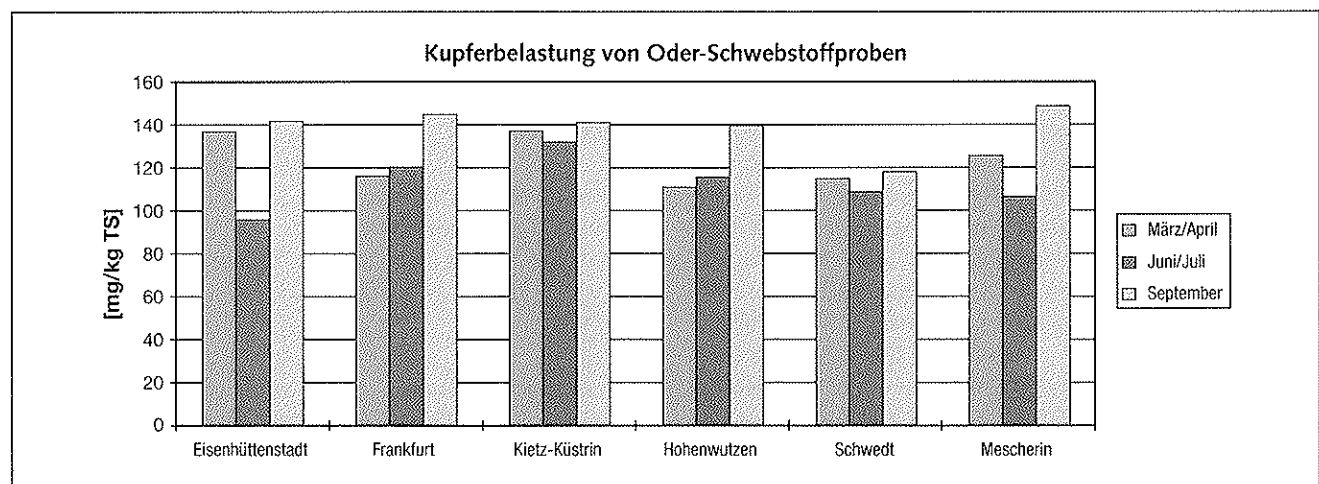


Abb. 5.2.2.1.3.-1: Kupfer-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt



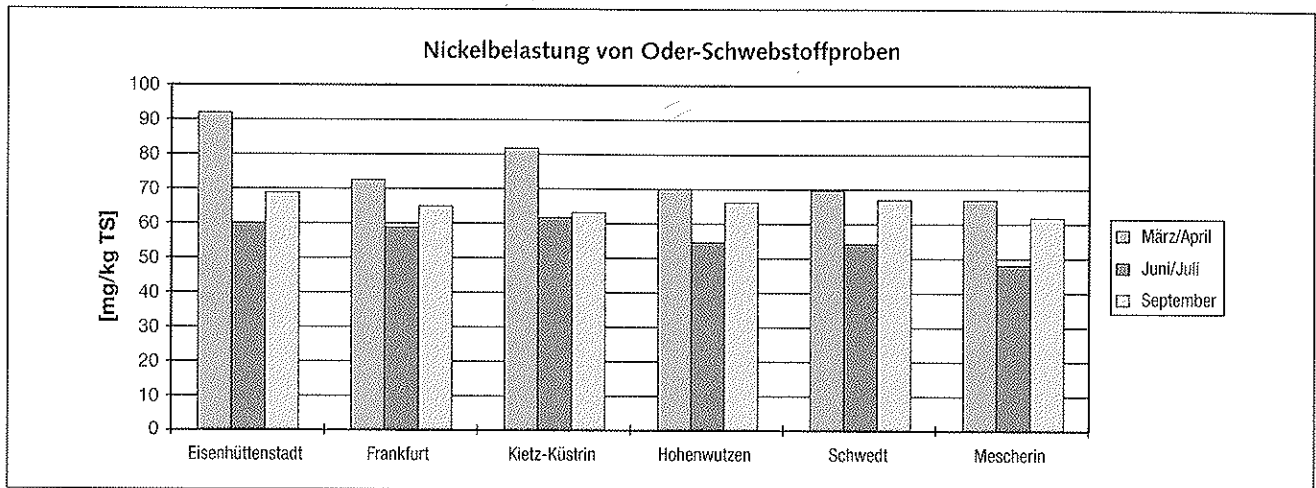


Abb. 5.2.2.1.3.-2: Nickel-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt

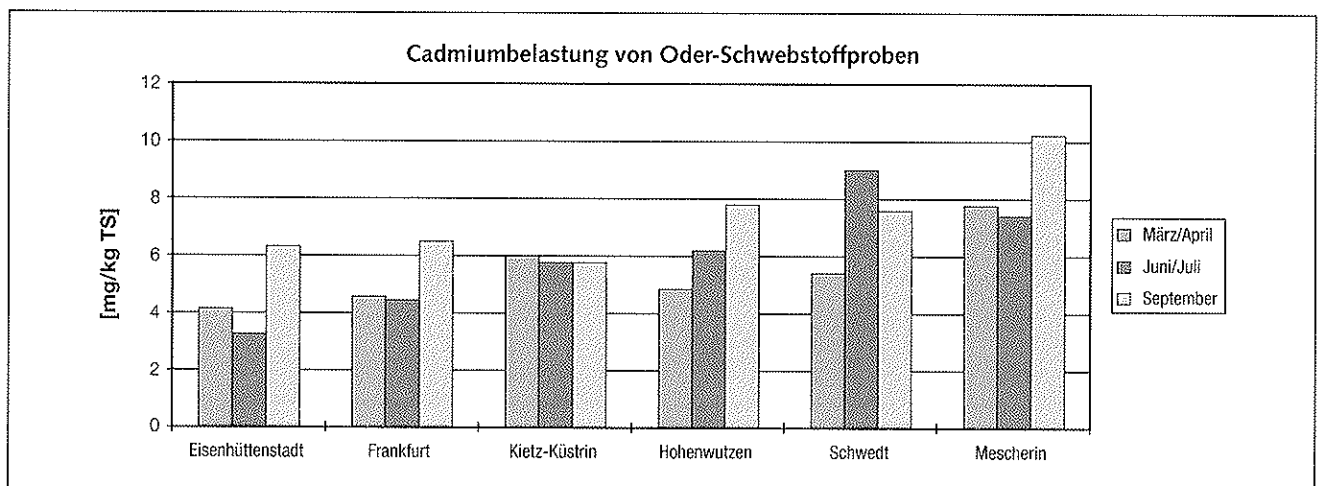


Abb. 5.2.2.1.3.-3: Cadmium-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt

zentrationen in den 3 Wasserführungsphasen der Oder. Allgemein sind die höchsten Schwebstoffgehalte mit dem Anstieg einer kommenden Hochwasserwelle zu verzeichnen.

Daher sind höhere Cadmiumgehalte im März/April zu erwarten, geringere im Juni/Juli mit Abflachen der Durchflusskurve. Entgegen diesem „normalen Ablauf“ ist das Konzentrationsverhalten an den Pegeln Hohenwutzen und Schwedt. Eine Vermutung besteht darin, dass ein zeitlich versetzter, höherer Abfluss aus der Wartha mit Resedimentierung zur Belastung an beiden Pegeln beigetragen hat oder infolge Niedrigwasserabfluss die Quellen innerhalb des Warthaeinzugsgebietes eine dominierendere Rolle in der Oder spielen.

Die Oderschwebstoffe sind durch das Element **Blei** im gesamten Untersuchungsabschnitt (Eisenhüttenstadt bis Mescherin) überwiegend deutlich belastet (Güteklasse II–III). Nur an den Messstellen Eisenhüttenstadt und Mescherin wurde während der Juni/Juli-Beprobung eine mäßige Belastung (Güteklasse II) festgestellt. Insgesamt entspricht das Verhalten im Fluss-

längsschnitt den erwarteten Verlauf mit den Belastungsquellen im oberen Grenzgewässerabschnitt analog Kupfer, Zink u. a.

Die **Chrom**-Konzentrationen liegen im Flusslängsschnitt in den Güteklassen II (mäßige Belastung) und II–III (deutliche Belastung). Kleinere Belastungsspitzen treten an allen Messstellen während der März/April- und der September-Beprobung auf. Ausgesprochen signifikante Quellen sind nicht zu verzeichnen, obwohl sich das Konzentrationsverhalten in den 3 Wasserführungsphasen unterscheidet.

Die **Zink**-Gehalte sind im gesamten Untersuchungsabschnitt überwiegend der Güteklasse III–IV (hohe Belastung) zuzuordnen. Bedingt durch die Abwassereinleitungen der Kläranlagen Eisenhüttenstadt Süd, Frankfurt(O.) sowie der EKO Stahl GmbH sind als Belastungsschwerpunkte die Bereiche Frankfurt(O.) und Kietz-Küstrin auszumachen. Die Zink-Konzentration bleibt jedoch auch im weiteren Flussverlauf (Hohenwutzen bis Mescherin) auf hohem Niveau.

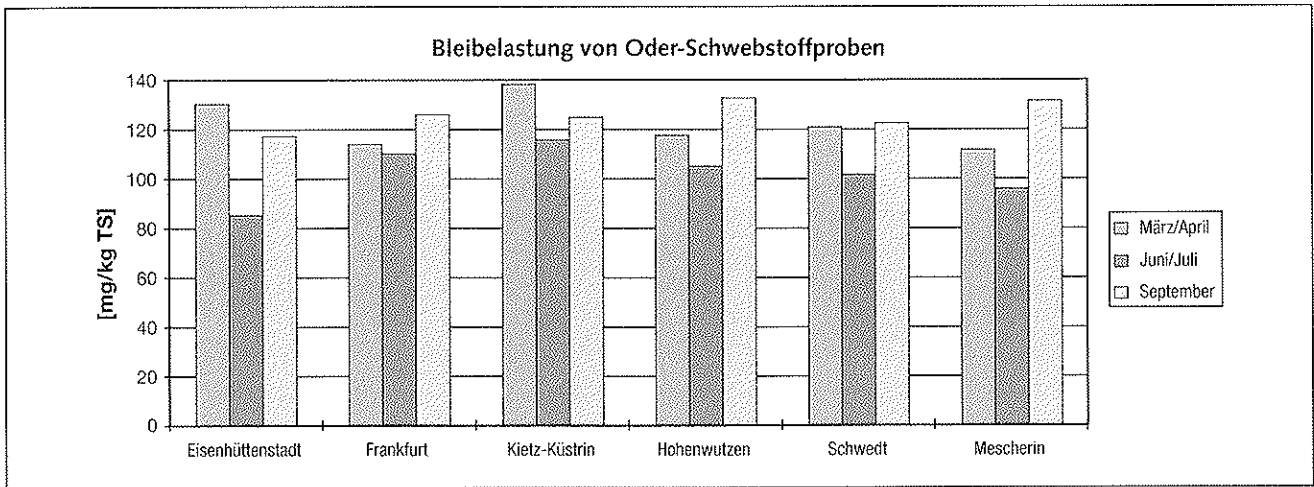


Abb. 5.2.2.1.3.-4: Blei-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt

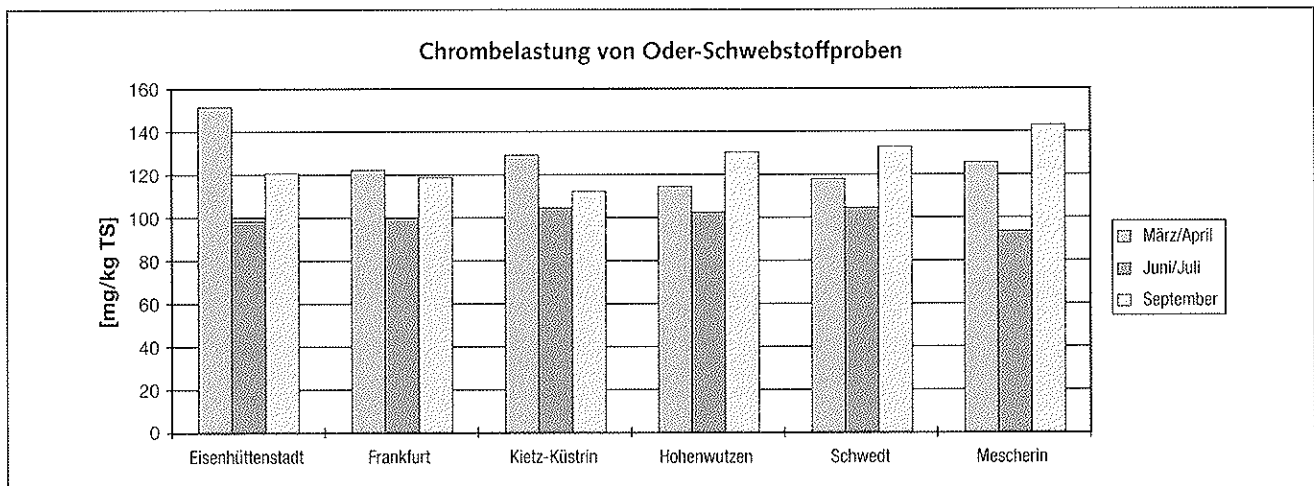


Abb. 5.2.2.1.3.-5: Chrom-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt

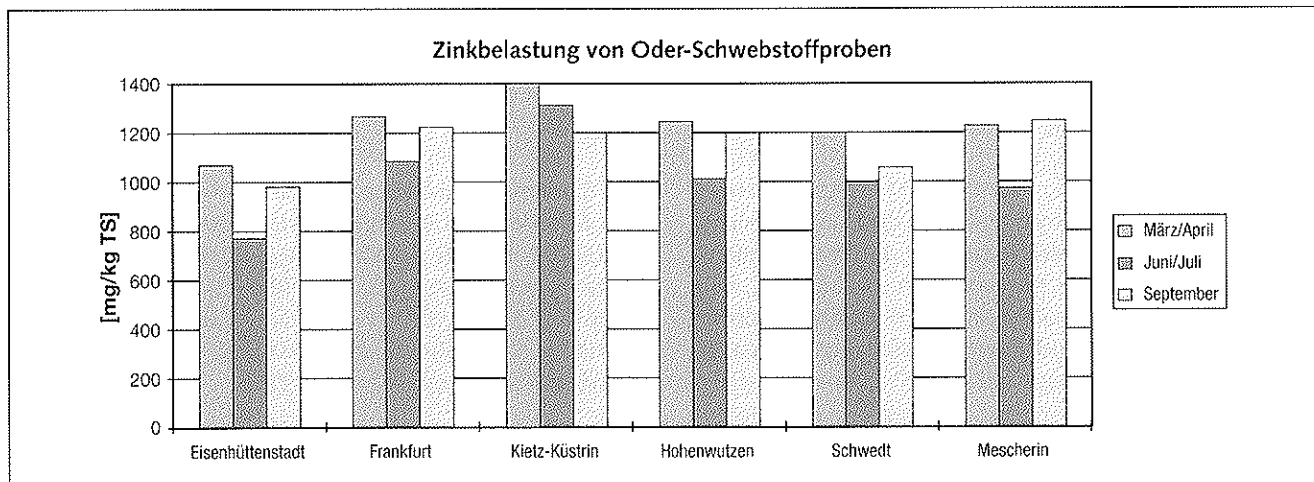


Abb. 5.2.2.1.3.-6: Zink-Belastung von Oder-Sedimentproben im Flusslängsschnitt

Die Oderschwebstoffe weisen in Bezug auf das Element **Quecksilber** größtenteils eine erhöhte Belastung auf (Güteklasse III). Belastungsspitzen während der März/April-Bepro-

bung an den Messstellen Eisenhüttenstadt, Frankfurt(O.) und Kietz-Küstrin erreichen die Güteklasse III–IV (hohe Belastung). An der Messstelle Eisenhüttenstadt differieren die

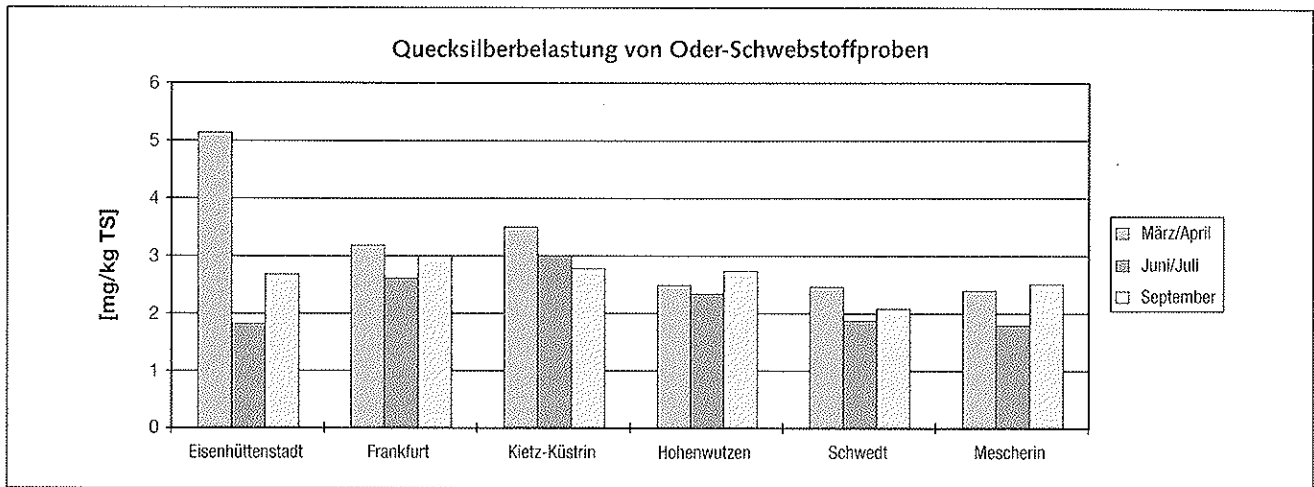


Abb. 5.2.2.1.3.-7: Quecksilber-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt

während der Probenahmekampagnen ermittelten Quecksilbergehalte um den Faktor 2 bis 3. Im Untersuchungsabschnitt Kietz-Küstrin bis Mescherin ist eine leicht abnehmende Tendenz der Hg-Belastung festzustellen. Während im März/April mit ansteigender Hochwasserwelle das Durchflussverhalten und der damit verbundene Schwebstofftransport die Konzentrationen dominieren, konnten im Zeitraum Juni/Juli geringere Durchflusseinwirkungen festgestellt werden. Daher wäre eine Ursache des Konzentrationsanstieges zwischen den Messstellen Eisenhüttenstadt – Kietz-Küstrin in der geringeren Wasserführungsphase auf Belastungsquellen in diesem Flussabschnitt zurückzuführen, die bei höherer Wasserführung ihre Wichtung verlieren.

Die Arsen-Konzentrationen liegen im Flusslängsschnitt überwiegend in der Güteklasse III (erhöhte Belastung, nach ARGE/UBA). Lediglich bei Eisenhüttenstadt, Schwedt und Mescherin sind die Schwebstoffe während der Juni/Juli-Beobachtung mäßig arsenbelastet (Klasse II–III nach ARGE/UBA). Analog dem Verhalten anderer Element richtet sich der Konzentrationsverlauf im Flusslängsschnitt nach dem Vor-

handensein der Belastungsquellen im oberen Grenzoderabschnitt mit dem Maximum am Messpunkt Kietz-Küstrin.

#### 5.2.2.1.4 Organische Parameter

##### – Polychlorierte Biphenyle

Zur Auswertung der polychlorierte Biphenyle gelangen (analog Sediment) die 6 PCB-Kongenerne 28, 52, 101, 138, 153 und 180 in ihrer Summe (Abb. 5.2.2.1.4.-1, Längsprofil Oder). Der mittlere PCB-Gehalt liegt in der Oder höher als in der Neiße und erreicht bei Mescherin sein Maximum mit 124 µg/kg TS. Die allgemein höheren Konzentrationen während der Probenahmen Ende März/Anfang April sind auf das Frühjahrshochwasser zurückzuführen. Der Transport von Ablagerungen aus beruhigten Flussabschnitten im Mittel- und Oberlauf der Oder kann als eine Ursache angesehen werden.

Ab Fluss-km 662,7, Hohenwutzen ist in der Tendenz eine Zunahme der Summe an PCB zu beobachten. Der Spitzenwert liegt mit 191 µg/kg TS an der Messstelle Westoder Mescherin,

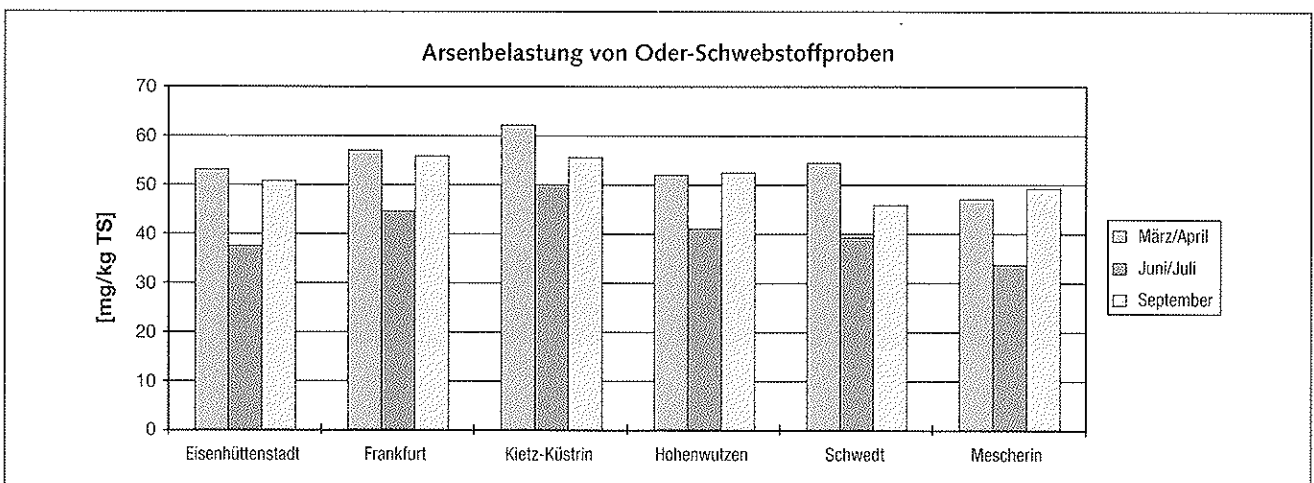


Abb. 5.2.2.1.3.-8: Arsen-Belastung von Oder-Schwebstoffproben im Flusslängsschnitt

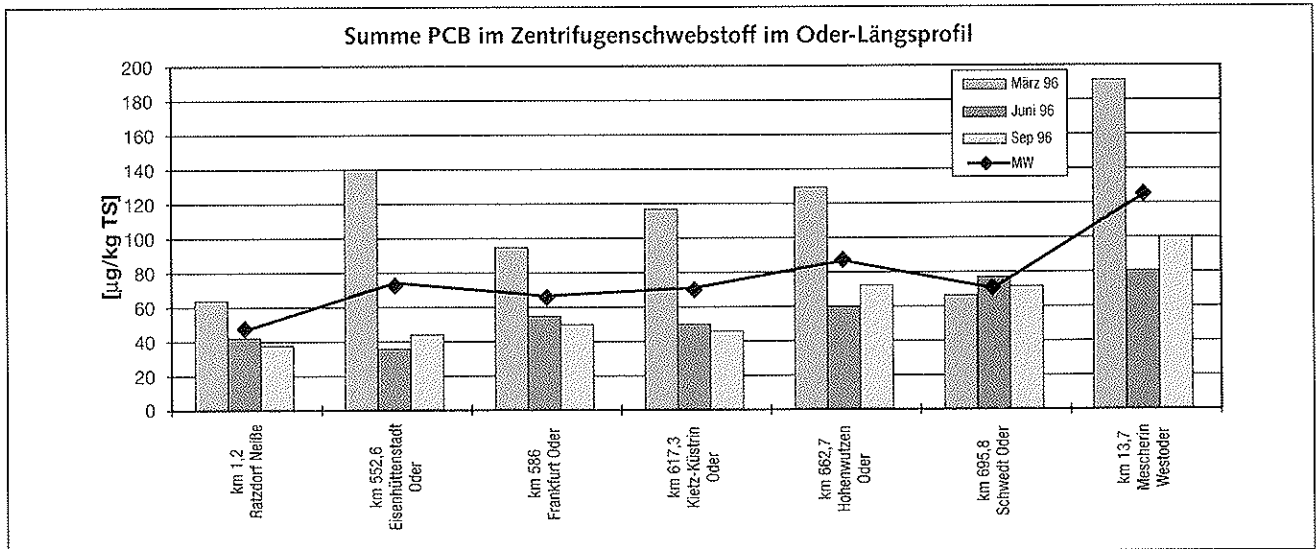


Abb. 5.2.2.1.4.-1: Summe PCB im Schwebstoff im Flusslängsschnitt

die durch den dort herrschenden Schiffsbetrieb und Einmündung der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße (weitere Belastungsquellen) besonders beeinträchtigt ist. Auch im Juni und September liegen die Messwerte an dieser Stelle mit 80,6 µg/kg TS und 99,7 µg/kg TS höher als im übrigen Flussabschnitt. Im entsprechenden Zentrifugat sind keine PCB-Gehalte über 10 ng/l gemessen worden. Das bestätigt das Vorkommen der PCB primär an den festen Bestandteilen des Fließgewässers.

– Chlorpestizide

Zur Auswertung gelangen hier das Dichlor-Diphenyl-Trichlorethan (DDT) und seine Metabolite sowie Isomere des Hexachlorcyclohexan (α-, β-, γ-, δ-HCH). Die Abbildung 5.2.2.1.4-2 zeigt die Σ DDT in den mittels Zentrifuge gewonnenen Schwebstoffproben im Längsprofil der Oder. Die Gehalte liegen zwischen 9,32 und 32 µg/kg TS, demnach eine

geringe Belastung der Schwebstoffe der Oder mit DDT (insoweit werden die Konzentrationen in den Sedimenten bestätigt). Die Lausitzer Neiße liegt für DDT und Metabolite nach dem Bewertungsvorschlag der ARGE/UBA [IKSE 97] in der Klasse I–II mit Werten zwischen 12 und 15,0 µg/kg TS (vgl. Anlagenband).

Der Gehalt an Lindan (γ-HCH) im Zentrifugenschwebstoff ist in Abbildung 5.2.2.1.4-3 dargestellt. Bis auf die Messstelle Oder/Eisenhüttenstadt sind in der Frühjahrsbeprobung keine Lindangehalte über der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/kg TS gemessen worden. Für die Σ HCH sieht es dagegen so aus, dass im Feststoff die beiden Isomere β- und δ-HCH den größten Anteil liefern, wie es auch von [HEINISCH et. al.] beobachtet worden ist. Die Oder lässt sich nach dem erwähnten Bewertungsschema in die Kategorie II–III mit Gehalten < 20 µg/kg TS für die Summe der HCH-Isomere einordnen.

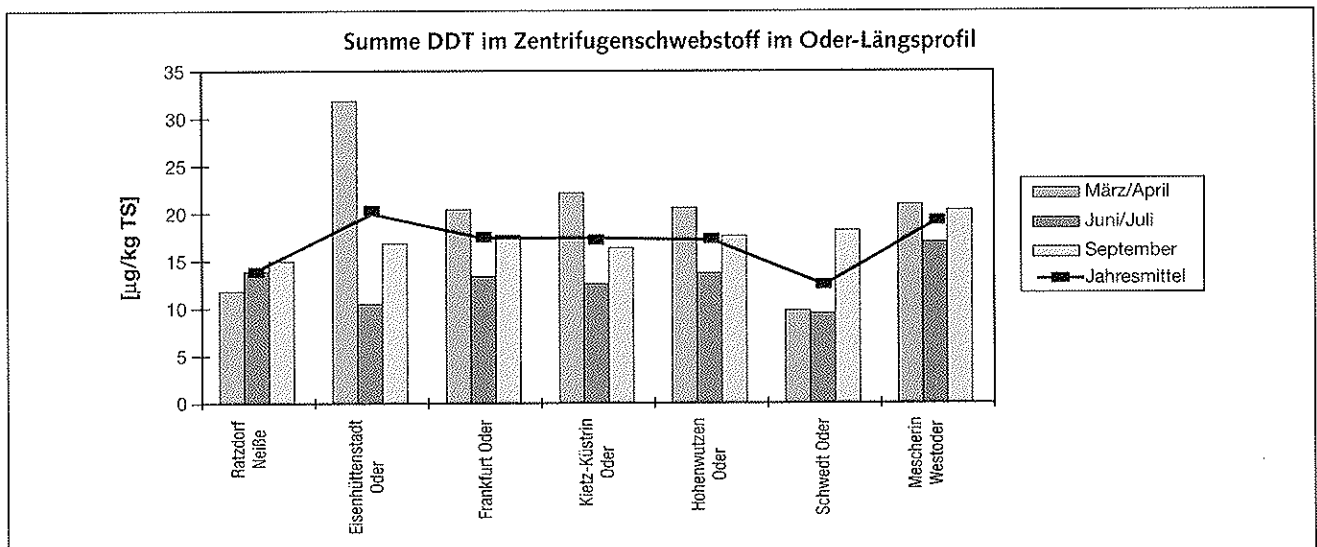


Abb. 5.2.2.1.4.-2: Summe DDT im Zentrifugenschwebstoff im Oder-Längsschnitt

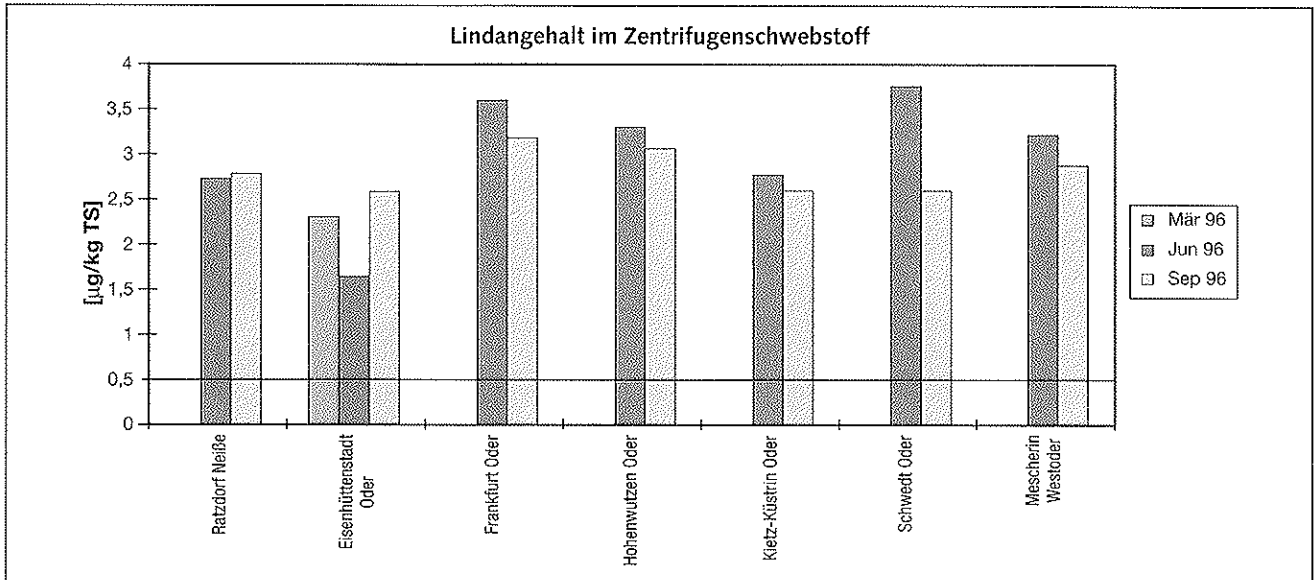


Abb. 5.2.2.1.4.-3: Lindangehalt im Zentrifugenschwebstoff

Nur die Messstelle Oder/Eisenhüttenstadt weist in der Frühjahrsbeprobung einen deutlich höheren Wert auf, der durch die  $\beta$ - und  $\delta$ -Isomeren des HCH geprägt ist. Für Lindan ist ein Wert von 39,2 ng/l in der entsprechenden Zentrifugatprobe gemessen worden, was auf eine rezente Lindananwendung im Bereich der Messstelle schließen lässt. Im Zentrifugenschwebstoff sind die Trichlorbenzole in ähnlicher Größenordnung wie im Sediment vertreten (Abbildung 5.2.2.1.4-5). Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) und Aromaten (BTX) spielen wie in den Sedimenten eine untergeordnete Rolle und werden im Kapitel Wasser ausgewertet.

in Anlagenband). Je nach Probenahmezeitraum erhält man unterschiedliche Werte für den betrachteten Grenzoderabschnitt. Zu beachten ist, dass sich die Probenahmezyklen über 2 bis 3 Wochen hingezogen haben und somit differenzierte hydrologische Bedingungen zur Bewertung mit herangezogen werden müssen. Während der ersten Probenahmetour Ende März/Anfang April zeigen besonders die Werte von Eisenhüttenstadt, Frankfurt(O.) und Kietz-Küstrin den Einfluss des beginnenden Frühlingshochwassers (Probenahmetour unmittelbar nach Aufbrechen der Eisdecke und Ansteigen des Pegels; Maximumpegel Ende Mai).

– Polzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe  
In der Abbildung ist die Konzentration der Summe der PAK nach EPA im Flusslängsschnitt dargestellt (Einzelstoffgehalte

Die PAK-Gehalte nehmen bis 25 mg/kg TS zu. Ausgeschwemmte Altsedimente aus dem Ober- und Mittellauf der Oder könnten dafür die Ursache sein. Nicht zu unterschätzen

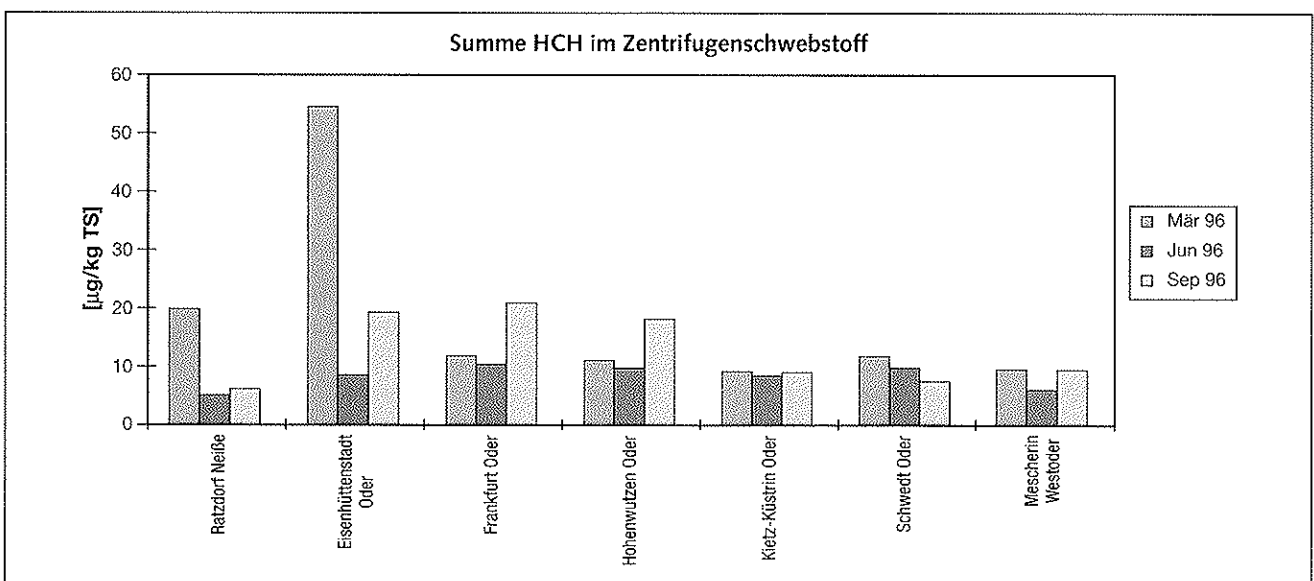


Abb. 5.2.2.1.4.-4: Summe HCH im Zentrifugenschwebstoff

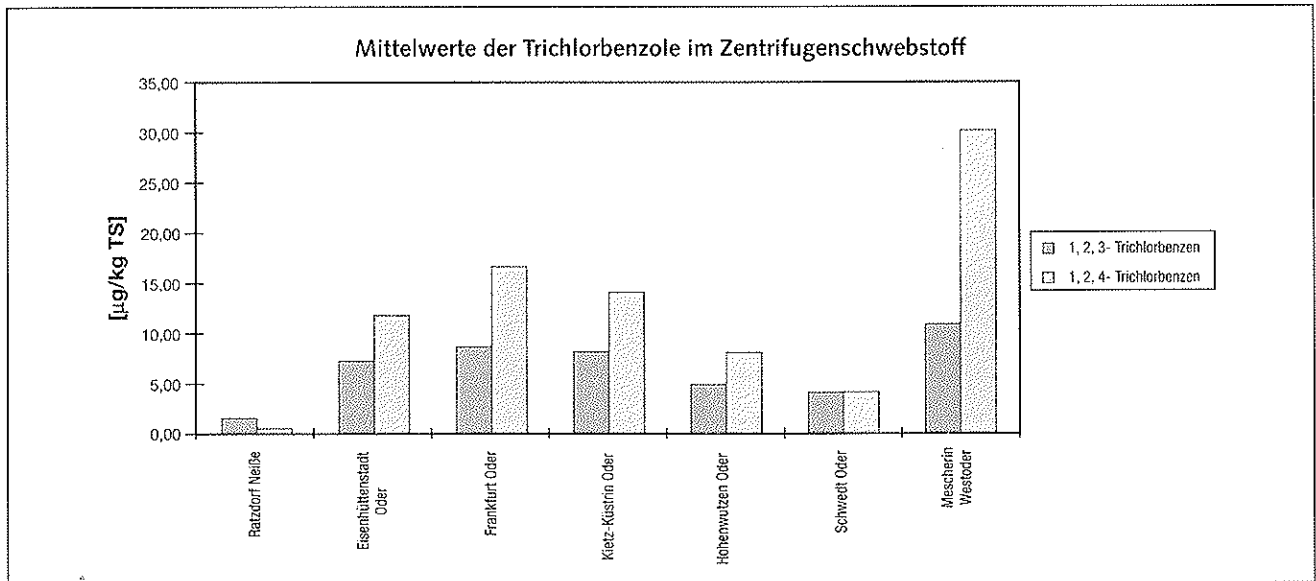


Abb. 5.2.2.1.4.-5: Mittelwerte Trichlorbenzole im Zentrifugenschwebstoff

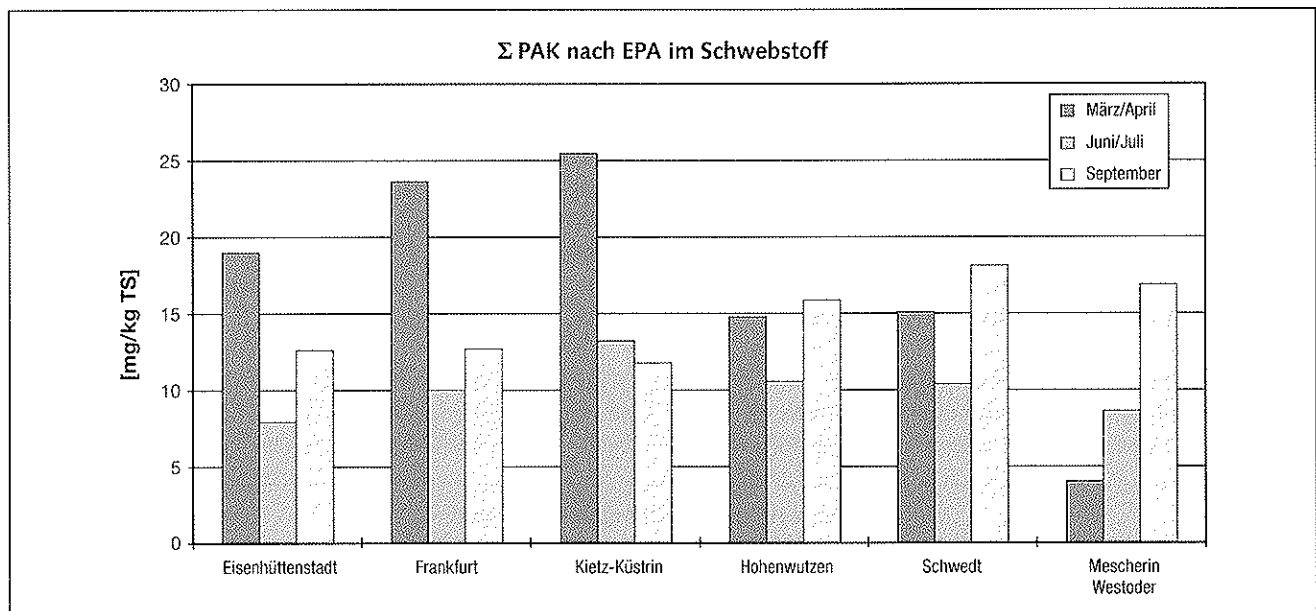


Abb. 5.2.2.1.4.-6: PAK-Summengerhalte in Schwebstoffproben aus der Zentrifuge

sind jedoch die industriellen Ansiedlungen und Klärwerksabläufe im Bereich dieser Pegel. Über den gesamten Flussabschnitt ergibt sich ein Mittelwert von ca. 17 mg/kg. Im Sommer im Verlauf der Niedrigwasserphase beträgt der Wert im Durchschnitt 10 mg/kg TS, wobei sich die Einzelwerte nicht großartig unterscheiden. Das Maximum wird wiederum bei Kietz-Küstrin mit 13 mg/kg TS erreicht. Die Herbstbeprobung führte zu Werten um 14,6 mg/kg TS. Für Schwedt werden 19 mg/kg ermittelt. Eine genaue Zuordnung der Fern- und Nahquellen ist schwierig, da aufgrund des zeitlichen Aufwandes, bedingt durch die Probenahmetechnik mit der Zentrifuge, dass Messnetz nicht enger gelegt werden konnte.

Andererseits gestaltet sich eine Interpretation aus der Sicht des Wassermanagement im Grenzgewässerabschnitt als problembehaftet. So kann z. B. die Schadstoffslenke im Oder-Spree-Kanal/Eisenhüttenstadt mit extrem hohen Gehalten im Sediment [HEINISCH et al.] und ihr Resuspendierungsverhalten nicht eindeutig zugeordnet werden, da die dortigen Fließverhältnisse, wenn davon überhaupt gesprochen werden kann, sehr unterschiedlich sind. In der Abbildung 5.2.2.1.4.-6 werden die Einzelverbindungen der PAK's aus den Zuflüssen dargestellt. In der Neiße, unmittelbar vor der Einmündung in die Oder, wurden PAK-Gehalte um 10,5 mg/kg TS und in der Hohensaaten-Friedrichthaler-Wasserstraße bei Gatow

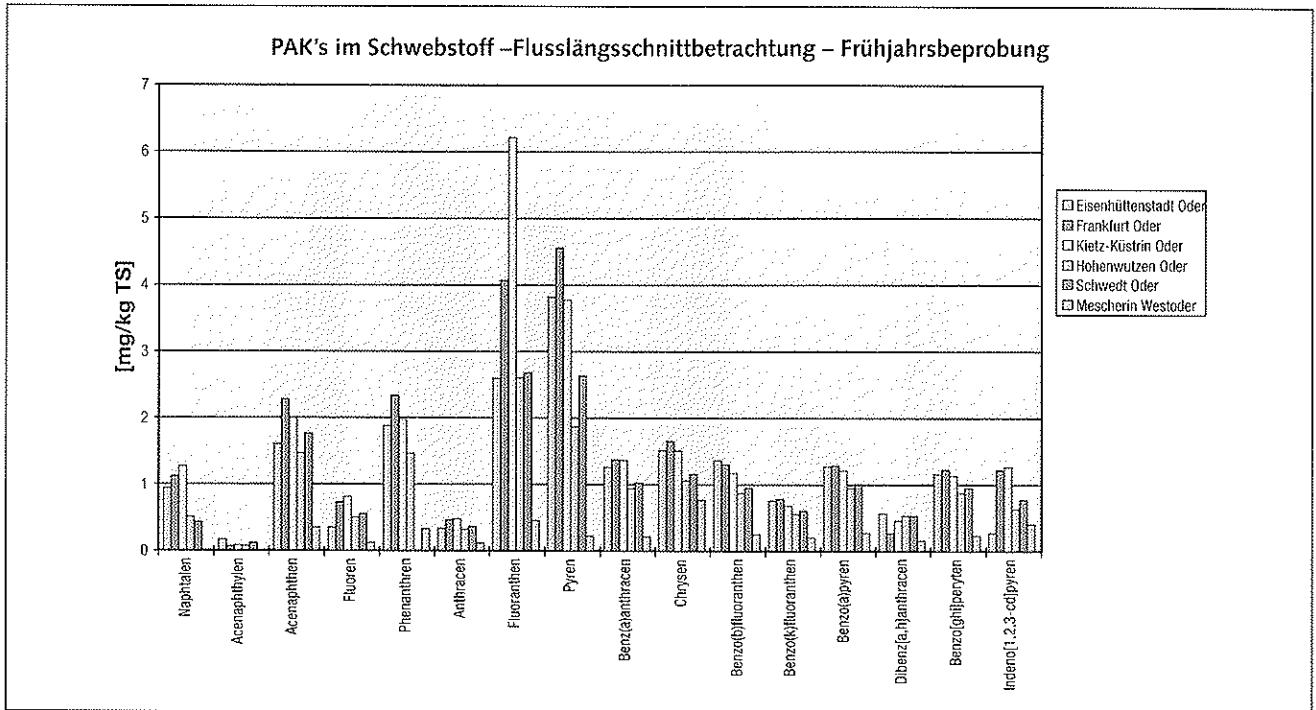


Abb. 5.2.2.1.4.-7: Einzelverbindungen der PAK, Flusslängsschnitt Oder im Frühjahr 1996

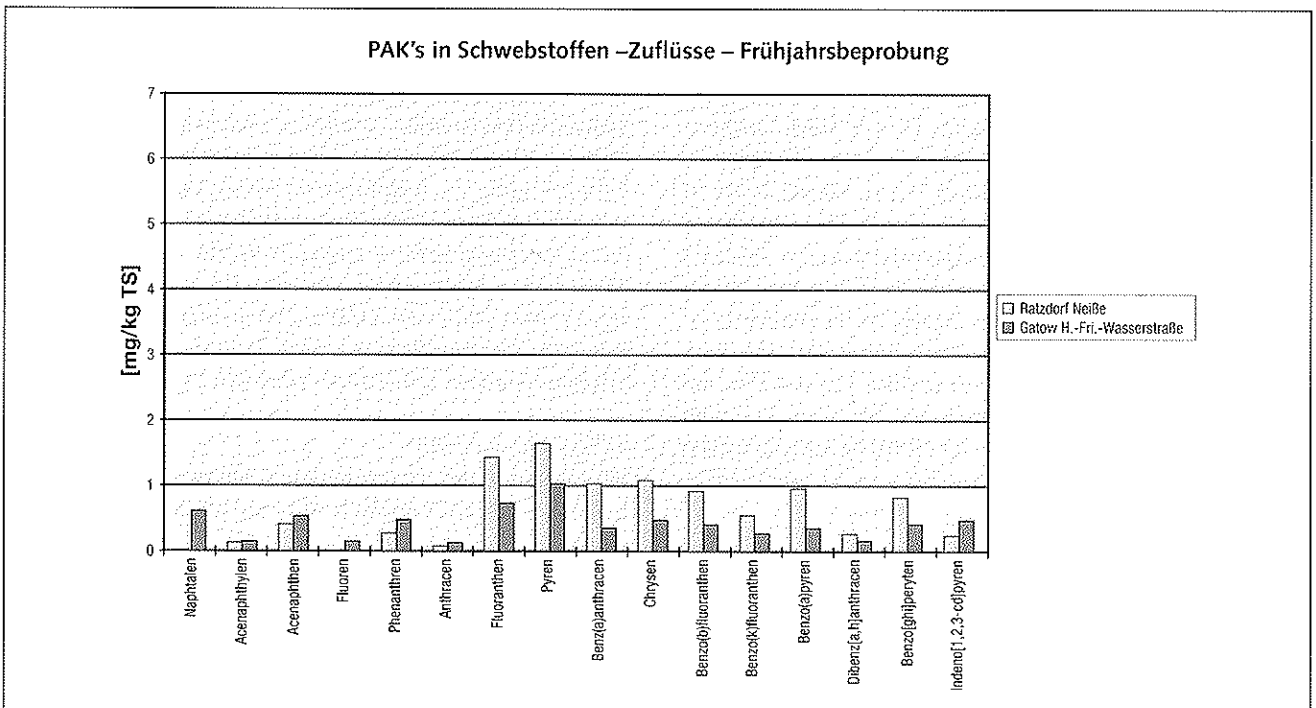


Abb. 5.2.2.1.4.-8: Einzelverbindungen der PAK, Zuflüsse der Oder im Frühjahr 1996

8,7 mg/kg TS gemessen. Im Grenzgewässersystem sind vor allem die PAK-Vertreter Fluoranthene und Pyren am Schwebstoff vertreten. Neben dem ubiquitären Charakter ist der Transport über die Schwebstoffphase aus den Industriegebieten insbesondere im Frühjahrszeitraum nennenswert, das ist insbesondere für Pyren zutreffend.

– Phthalsäureester  
Analog zu den Phthalaten im Sediment, dominiert auch im Schwebstoff das Di-(2-ethylhexyl) phthalat (DEHP). Alle anderen untersuchten Substanzen dieser Stoffgruppe sind im unteren ppb-Bereich zu finden. Die DEHP-Gehalte sind etwa um das 4 bis 10fache höher als im Sediment. Da diese Sub-

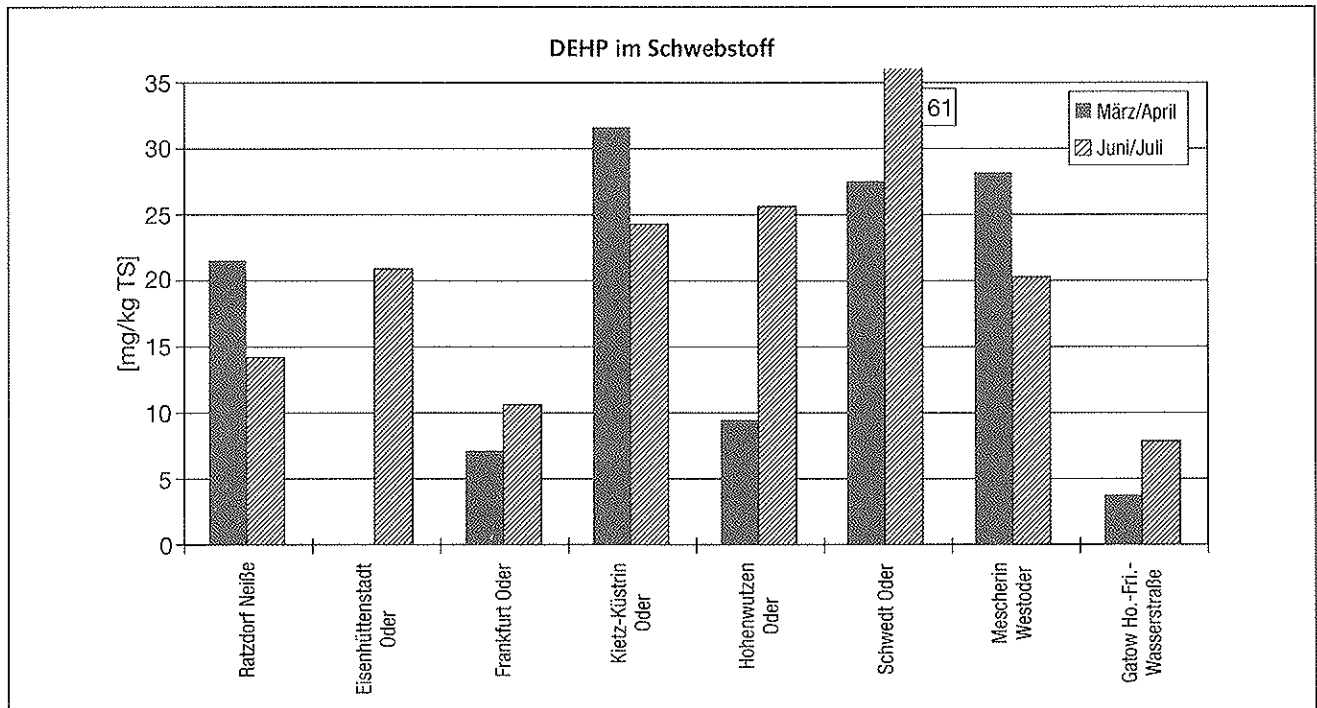


Abb. 5.2.2.1.4.-9: DEHP in Schwebstoffproben aus der Zentrifuge

stanz unter anaeroben Bedingungen schlecht abgebaut wird, ist die Ursache dafür eher im geringeren Feinkornanteil des Sediments zu suchen. Der Median für die Oder-Proben für beide Serien beträgt ca. 24 mg/kg TS. Die Neiße weist in ihrem Mündungsbereich einen Gehalt von ca. 18 mg/kg TS auf und die Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße ist mit etwa 5 mg/kg DEHP belastet. Der höchste Wert mit 61 mg/kg ist während der Niedrigwasserphase in Schwedt gemessen worden. Vergleicht man diese Ergebnisse mit DEHP-Gehalten von 1,0 bis 5,5 mg/kg im Elbeschwebstoff (1987–1989), so fallen sie wesentlich höher aus. Allerdings gibt es auch Messwerte von Hafenschlick aus der Elbe mit über 200 mg/kg DEHP [1]. Neben den schon im Abschnitt „Sedimente“ erwähnten Quellen für Phthalate sollte auf jeden Fall noch die Papierindustrie (Kostrzyn u. a. an der Warthe, Schwedt) genannt werden.

– Stickstoff/Phosphor-Pestizide

• *Triazine*

Im Gegensatz zu den Sediment-/Schwebstoffproben aus den Sedimentationsbecken, lässt sich bei den Zentrifugenschwebstoffproben eine größere Vielfalt an Substanzen feststellen. Die Hauptmenge an Triazinen findet man ausschließlich in der ersten Probenahmeserie vom März bzw. April. Wie aus der folgenden Grafik zu entnehmen ist, sind die Gehalte jedoch eher gering und trotz der starken Fischgiftigkeit dieser Substanzen nicht beunruhigend. Da diese Stoffgruppe vorrangig im Wasser gelöst sein sollte, sind die Konzentrationen der Fließgewässerproben eher von Relevanz. Allerdings ist die Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l im Landesmessprogramm nie überschritten worden.

• *Phenylharnstoffderivate*

Während in der Sommerbeprobung (Juni/Juli) nur Metazachlor nachgewiesen (analog den Schwebstoffproben aus den Sedimentationsbecken) worden ist und zwar zwischen Eisenhüttenstadt und Schwedt in einem Konzentrationsbereich von 1,5–3,9 µg/kg TS, findet man im September im Zentrifugenschwebstoff keine Phenylharnstoffderivate mehr. Die Frühjahrsbeprobung lieferte dagegen Werte für Chlortoluron, Metolachlor, Metazachlor, Linuron und Metoxuron. Chlortoluron lässt sich in der Oder zwischen Eisenhüttenstadt und Schwedt in Konzentrationen bis 9 µg/kg feststellen. Für Metolachlor wurde in Schwedt ein Wert von 11 µg/kg gemessen.

• *Phosphorsäureester*

Wie aufgrund des Verteilungskoeffizienten zu erwarten war, befanden sich alle Gehalte weit unterhalb der Bestimmungsgrenze.

• *Phenoxycarbonsäuren*

Wie schon bei den Phenylharnstoffderivaten findet man während der Frühjahrsbeprobung im Zentrifugenschwebstoff die größte Summe an Phenoxycarbonsäuren. Besonders in Schwedt und Hohenwutzen wurden die höchsten Werte gemessen. Vertreten sind 2,4-D, 2,4-DB, 2,4,5-T, 2,4,5-TP, MCPB und Bentazon. Die Maximalgehalte für die Einzelstoffe liegen bei 4 µg/kg. Auffällig ist ein Peak von fast 10 µg/kg 2,4 DB in Hohenwutzen im Juli. Im September tritt in etwa die gleiche Produktpalette auf, jedoch in geringeren Konzentrationen. Wegen ihrer geringen bis mäßigen Fischtoxizität kann man zumindest für Fische keine Gefährdung feststellen.



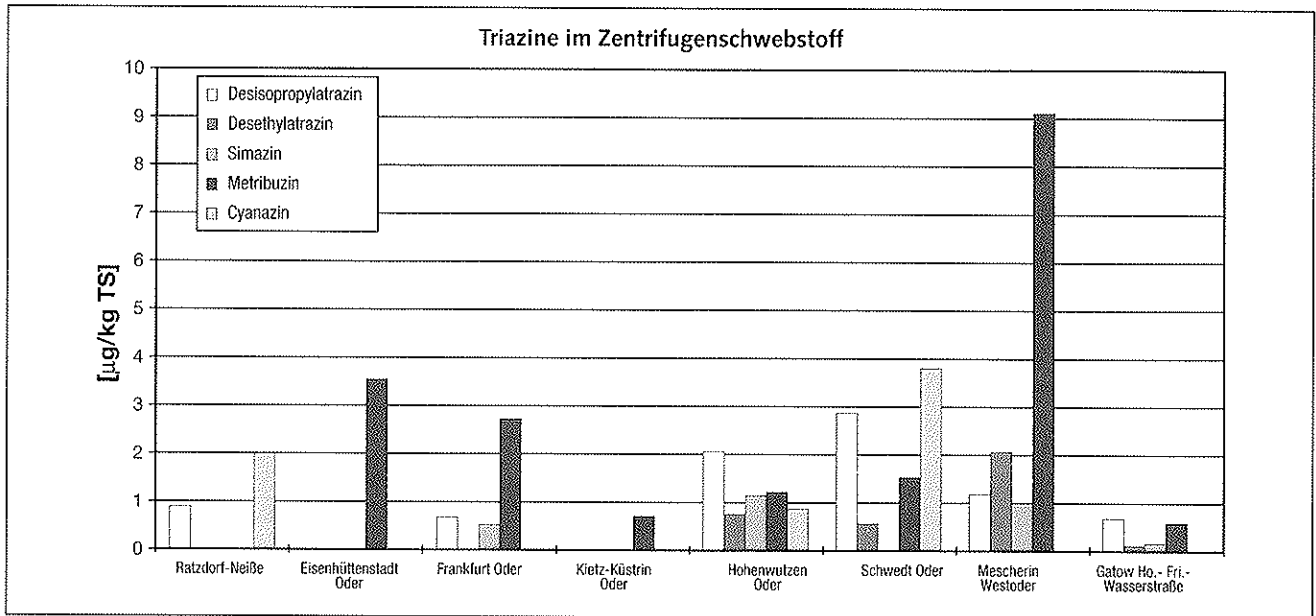


Abb. 5.2.2.1.4.-10: Triazine in Schwebstoffproben aus der Zentrifuge (März/April)

### 5.2.2.2 Untersuchung von frischem, schwebstoffbürtigen Sediment (Sedimentationsbecken)

Neben einer manuellen Beprobung der Gewässer erfolgt die Überwachung der Wasserbeschaffenheit mittels Messstationen (AMB - Automatische Messstation Beschaffenheit), die eine Reihe von kontinuierlich erfassbaren Parametern registrieren. Im Zuständigkeitsbereich des Landes Brandenburg befinden sich an 3 Stellen im Odersystem dementsprechende Stationen, die mit Sedimentationsbecken ausgestattet sind:

- Messstation Ratzdorf/Lausitzer Neiße – Fluss-km 1,2
- Messstation Frankfurt(O)/Oder – Fluss-km 585,5
- Messstation Hohenwutzen /Oder – Fluss-km 662.

#### 5.2.2.2.1 Standardparameter

– Gesamt-Phosphor, Gesamt-Stickstoff, Gesamt-Schwefel

Tab. 5.2.2.2.1.-1: P-, N- und S-gesamt im Schwebstoff, Sedimentationsbecken

Median	AMB Frankfurt(O.)	AMB Hohenwutzen	AMB Ratzdorf (N.)
P ges. [%]	0,46	0,55	0,30
N ges. [%]	0,79	1,06	0,59
S ges. [%]	0,48	0,52	0,39

Bei den Elementsummenparametern (analog TOC) existieren ähnliche Jahrgangslinien (Diagramme 5.2.2.2.1.-1 bis 3). Die

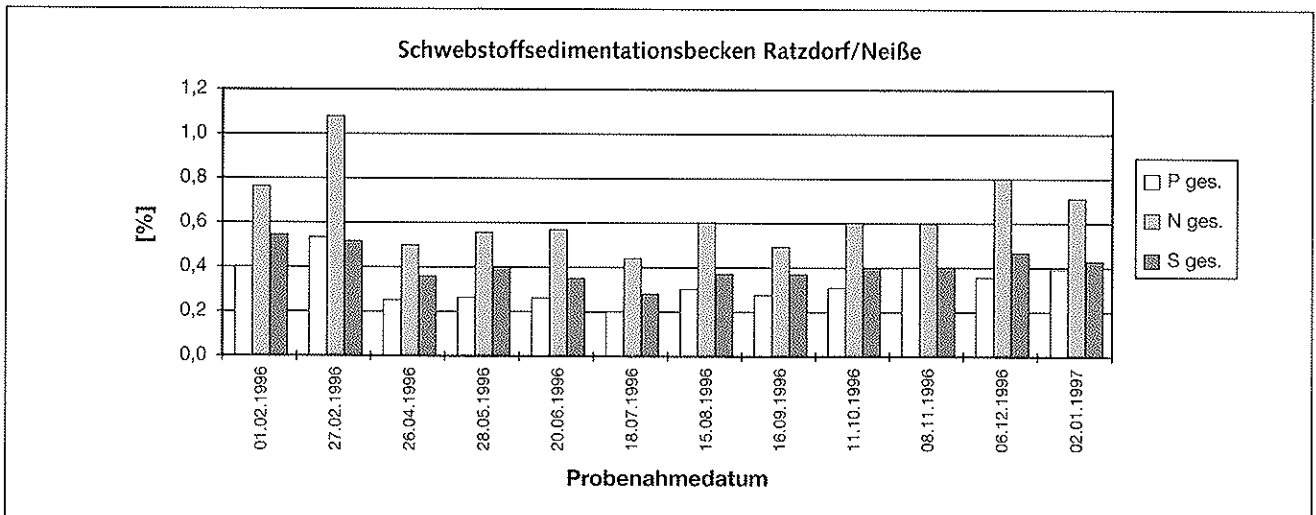


Abb. 5.2.2.2.1.-1: Elementsummenparameter, Messstation Lausitzer Neiße 1996

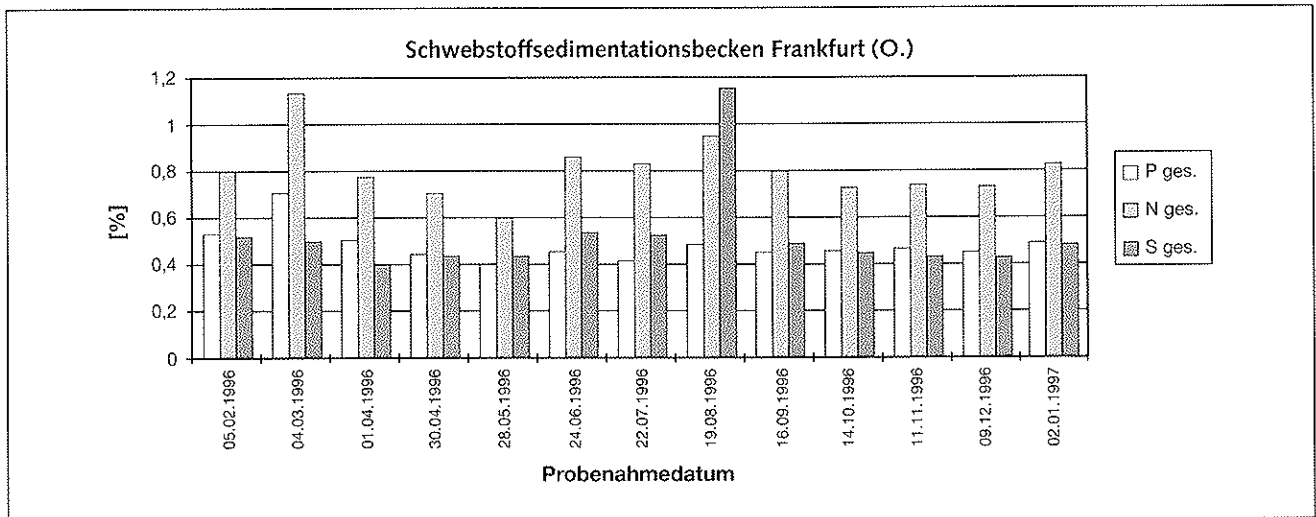


Abb. 5.2.2.2.1.-2: Elementsummenparameter, Messstation Frankfurt (Oder) 1996

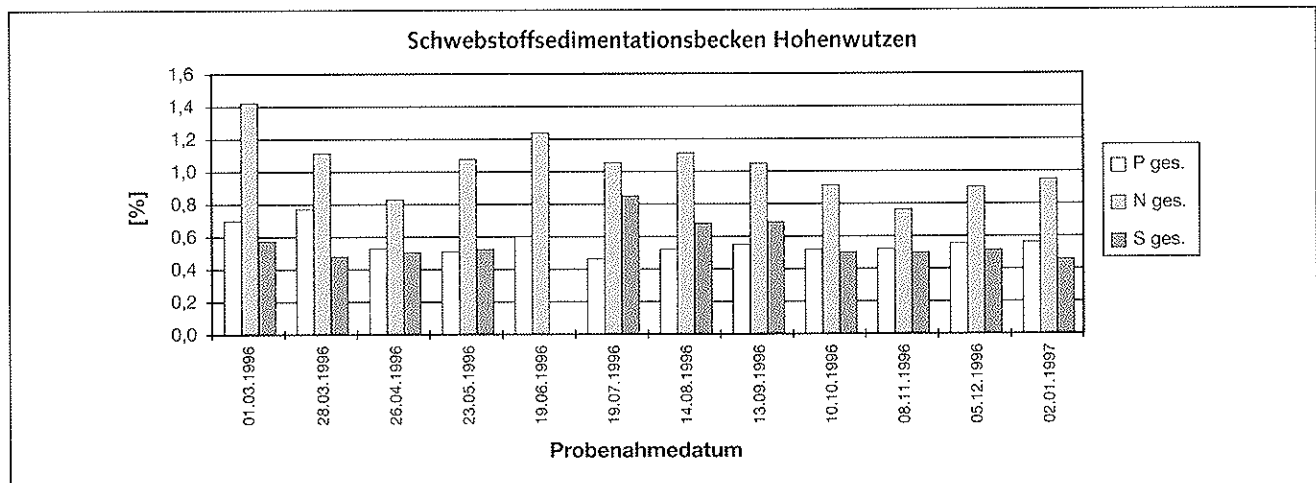


Abb. 5.2.2.2.1.-3: Elementsummenparameter, Messstation Hohenwutzen (Oder) 1996

Einzelergebnisse zu den Parametern befinden sich im Anhang. An allen Messstellen sind die höchsten Werte in den Februarproben gemessen worden. Während der Sommermonate sind die jeweiligen Gehalte insbesondere in der Grenzoder wieder erhöht. In der Reihe AMB Ratzdorf – AMB Frankfurt(O.) – AMB Hohenwutzen steigen die Konzentrationen an Phosphor, Stickstoff und Schwefel.

– Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)

Die TOC-Gehalte der sedimentierten Schwebstoffe der Messstationen an Oder und Neiße zeigen ähnliche Ganglinien. Maxima findet man jeweils im Februar bei geschlossener Eisddecke. Während der Algenblüte im Sommer sind die Werte leicht erhöht, ebenso am Ende des Jahres. Der Median des TOC-Gehaltes bei Frankfurt(O.) liegt um 7,7 %, in Hohenwutzen erhöht sich der Wert auf 9,1 %. Mit 6,6 % ist der Wert in der Neiße bei Ratzdorf am geringsten. Auffällig ist der Unterschied der Zusammensetzung des Schwebstoffes aus beiden Probenmestrategien (Tagesmischproben aus der

Zentrifuge und 4-Wochen-Mischprobe aus dem Sedimentationsbecken). Während eine Übereinstimmung der TOC-Gehalte im März/April noch gegeben ist, sind die Werte des „Zentrifugen-Schwebstoffes“ im Sommer und Herbst fast doppelt so hoch. Zurückzuführen ist das u.a. auf den wesentlich höheren Abscheidungsgrad der Zentrifuge (90 % gegenüber 30 % der Sedimentationsbecken). Man kann demnach davon ausgehen, dass sich die Differenz aus dem höheren Feinstkorn- und Algenanteil ergibt.

5.2.2.2.2 Summenparameter

– Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

Der Jahresgang der Kohlenwasserstoffkonzentration im sedimentierten Schwebstoff ist für die Entnahmestellen Frankfurt(O.) und Hohenwutzen in der folgenden Graphik abgebildet. Da zu Jahresbeginn nicht genügend Probenmaterial vom Sedimentationsbecken in Hohenwutzen vorlag, kann keine

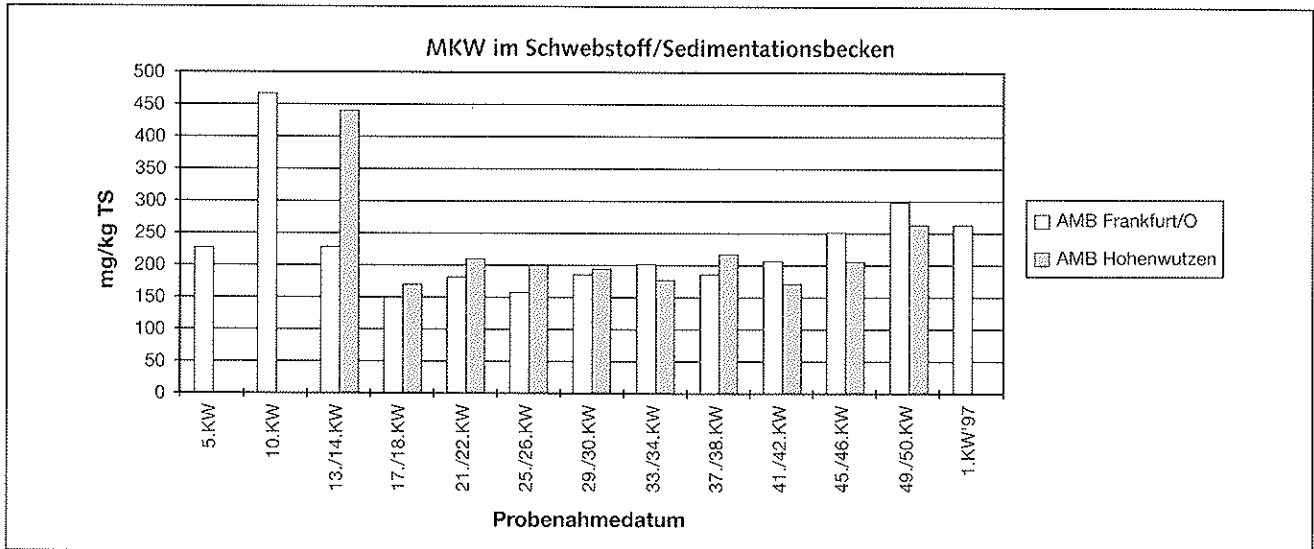


Abb. 5.2.2.2.2.-1: KW-Konzentration – zeitliche Veränderung der Schwebstoffbeschaffenheit, Messstationen 1996

vergleichende Aussage zu den Januar- und Februarwerten aus der AMB Frankfurt(O.) getroffen werden.

Tab. 5.2.2.2.2.-1: MKW im Schwebstoff, Sedimentationsbecken

In Frankfurt(O.) weist das teilweise noch bei geschlossener Eisdecke gesammelte Probenmaterial (10.KW) die höchste Konzentration des Jahres auf. Ein ähnlich hoher Wert wurde in der Märzprobe für Hohenwutzen ermittelt. Im April sinkt der Kohlenwasserstoffgehalt kurzzeitig auf ein Minimum und ist im Verlauf des Jahres nur geringen Schwankungen unterworfen. Ab November steigt die Konzentration dann wieder leicht an. Für die Schwebstoffproben aus der Lausitzer Neiße können die gleichen Aussagen getroffen werden. In Tabelle 5.2.2.2.2.-1 sind Minimum und Maximum der Messwerte sowie der Median dargestellt.

Messstationen	Minimum [mg/kg TS]	Maximum [mg/kg TS]	Median [mg/kg TS]
AMB Frankfurt(O.)	148	468	208
AMB Hohenwutzen	172	440	204
AMB Ratzdorf	96	290	144

Oder. Vermutlich ist der Anteil an mineralölbürtigen Kohlenwasserstoffen (Eintrag durch Schifffahrt) in den Oder-Schwebstoffen größer als in den Schwebstoffen der Neiße.

Die Kohlenwasserstoffkonzentration in den Neiße-Schwebstoffen ist wesentlich geringer als in den Schwebstoffen der

– Adsorbierbare Organische Halogenide (AOX)  
Die AOX-Gehalte im Schwebstoff an den 3 Messstellen von Januar bis Dezember ändern sich analog. Am höchsten belastet ist die Februararmischprobe (9./10. KW), die teilweise bei

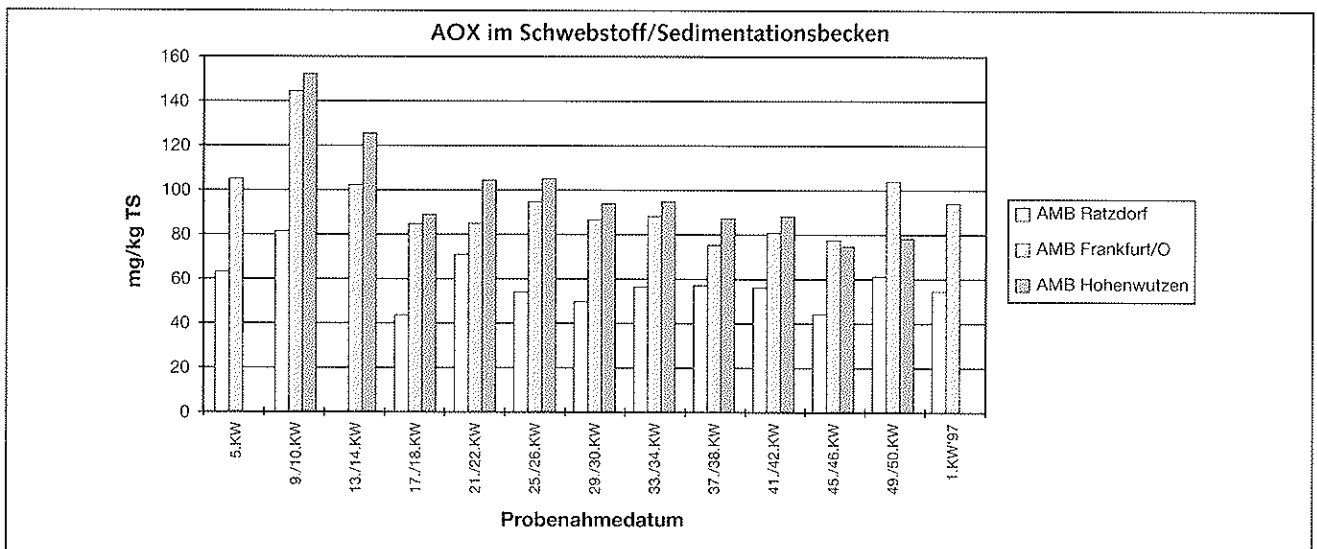


Abb. 5.2.2.2.2.-2: AOX-Konzentration – zeitliche Veränderung der Schwebstoffbeschaffenheit, Messstationen 1996

geschlossener Eisdecke entnommen wurde. Ab März sinken die AOX-Werte auf ein über das Jahr etwa gleichbleibendes Niveau, wobei die Neiße-Proben im April ein Minimum erreichen. In den Mai- bzw. Juni-proben (21./22. bzw. 25./26. KW) sowie in der Novemberprobe (49./50. KW) ist eine geringfügige Konzentrationserhöhung festzustellen, die möglicherweise durch Änderungen der Abflussmenge verursacht wurde. Die Messwerte für die Schwebstoffe aus Frankfurt(O.) und Hohenwutzen liegen zwischen 74,8 und 151,8 mg/kg TS.

Dabei sind die AOX-Gehalte in den in Hohenwutzen entnommenen Proben insgesamt etwas höher als in den Proben aus Frankfurt(O.). Die Warta kann hier als mögliche Eintragsquelle angenommen werden. Der aus der Lausitzer Neiße (AMB Ratzdorf) entnommene Schwebstoff ist wesentlich weniger belastet als der „Oder-Schwebstoff“. Es wurden Werte zwischen 44,6 und 81,3 mg/kg TS ermittelt. Die Beschaffenheit der untersuchten Schwebstoffproben kann nach dem Bewertungssystem ARGE/UBA für die Neiße als mäßig belastet (Klassenobergrenze: 100 mg/kg) und für die Oder als erhöht belastet (Klassenobergrenze: 250 mg/kg) eingeschätzt werden. Die Oder-Schwebstoffe weisen im Vergleich zu den Schwebstoffen, die aus den Sedimentationsbecken an der Elbe entnommen wurden, wesentlich geringere AOX-Gehalte auf. Nach [IKSE] beträgt zum Beispiel die mittlere AOX-Belastung in den Schwebstoffen aus der Messstation Schnackenburg 200 mg/kg TS.

### 5.2.2.2.3 Metalle und Metalloide

Die Tabellen 5.2.2.2.3.-1 bis 3 zeigen die Belastungen der schwebstoffbürtigen Sedimente mit Schwermetallen und Arsen.

Tab. 5.2.2.2.3.-1: AMB Ratzdorf (Neiße), Belastung in mg/kg TS, n = 12

Element	Minimum	Maximum	Median	Güteklasse
Kupfer	66	102	77	II – III
Nickel	52	79	61	II – III
Cadmium	2,0	3,7	2,5	III
Blei	61	91	69	II
Chrom	75	97	85	I – II
Zink	359	659	460	III
Quecksilber	0,4	1,1	0,5	II
Arsen	21	33	24	II – III

Der Einsatz von Sedimentationsbecken in den Messstationen erlaubt eine zeitlich integrierte Schwebstoff-Mischprobenahme, die für Zustandsbeschreibung eines Gewässers geeigneter ist als eine Einzelprobenahme (Momentaufnahme). Die in den Sedimentationsbecken gewonnenen Feststoffe (schwebstoffbürtige Sedimente) sind frisch abgeschiedene Sedimente. Sie unterscheiden sich von abgelagerten Feststoffen vor allen Dingen durch ihren geringeren Alterungsgrad, verbunden mit einem geringeren Substanzabbau durch

Tab. 5.2.2.2.3.-2: AMB Frankfurt (O) (Oder), Belastung in mg/kg TS, n = 13

Element	Minimum	Maximum	Median	Güteklasse
Kupfer	143	283	156	III
Nickel	57	82	63	II – III
Cadmium	4,3	6,4	5,3	III – IV
Blei	108	137	119	II – III
Chrom	96	119	108	II – III
Zink	1060	1960	1190	III – IV
Quecksilber	2,1	3,2	2,7	III
Arsen	43	79	50	III

Tab. 5.2.2.2.3.-3: AMB Hohenwutzen (Oder), Belastung in mg/kg TS, n = 13

Element	Minimum	Maximum	Median	Güteklasse
Kupfer	131	186	142	III
Nickel	57	115	67	II – III
Cadmium	5,6	7,7	6,1	III – IV
Blei	111	146	120	II – III
Chrom	98	117	112	II – III
Zink	1020	2055	1120	III – IV
Quecksilber	2,0	2,8	2,4	III
Arsen	41	84	48	III

biologische Prozesse [ARGE ELBE 1995]. Zur Klassifizierung der schwebstoffbürtigen Sedimente wird das im Kapitel 5.2.1.3. beschriebene Bewertungssystem des LAWA-AK „ZV“ herangezogen. Als Überwachungswerte zur Ermittlung der Güteklasse dienen die Medianwerte.

Die Abbildungen 5.2.2.2.3.-1 bis -6 zeigen die Belastungen der schwebstoffbürtigen Sedimente mit Schwermetallen und Arsen. Aus Übersichtsgründen sind nur die Elemente Cd, Hg, Pb und As graphisch dargestellt. Die in den Diagrammen eingetragenen Probenahmedaten sind die Entnahmetermine der Schwebstoff-Mischproben (vierwöchentlich).

Die **Kupfer**-Gehalte der schwebstoffbürtigen Sedimente sind in der Oder im Vergleich zur Neiße etwa um das Doppelte höher. Die Neiße weist die Güteklasse II – III (deutlich belastet) auf und erfüllt damit die Zielvorgabe für das Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaft“ sehr knapp. Der Oder ist an beiden Entnahmestellen (AMB Frankfurt und Hohenwutzen) die Güteklasse III (erhöht belastet) zuzuordnen.

Die schwebstoffbürtigen Sedimente der Neiße sind mit durchschnittlich 460 mg/kg TS (Median) erhöht mit **Zink** belastet (Güteklasse III). An beiden Odermessstellen (AMB Frankfurt und Hohenwutzen) sind die Gehalte im Vergleich zur Neiße um den Faktor 2,5 höher. Somit muss die Oder mit der Klasse III – IV (hoch belastet) charakterisiert werden.

Die **Arsen**-Konzentrationen der schwebstoffbürtigen Sedimente sind in der Oder im Vergleich zur Neiße etwa um das

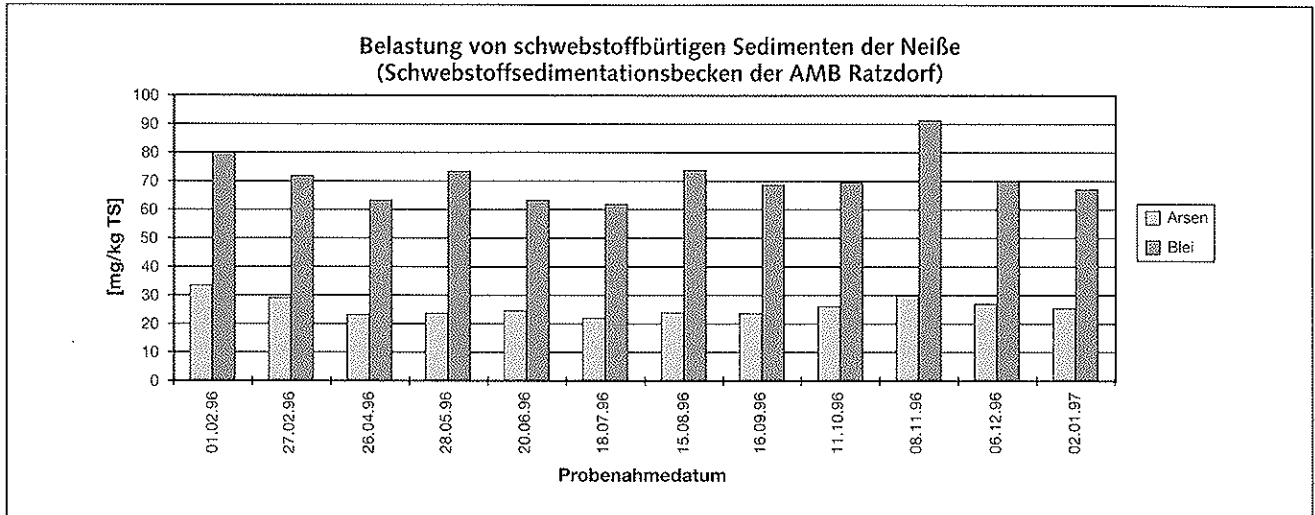


Abb. 5.2.2.2.3.-1: Schwebstoffbelastung, Sedimentationsbecken AMB Ratzdorf 1996

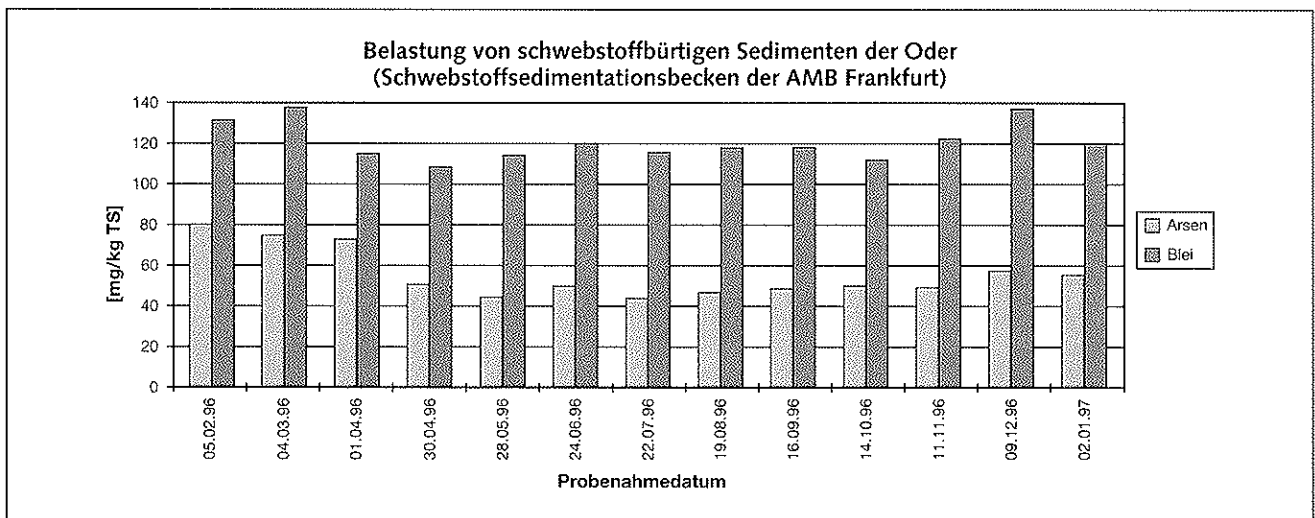


Abb. 5.2.2.2.3.-2: Schwebstoffbelastung, Sedimentationsbecken AMB Frankfurt (O) 1996

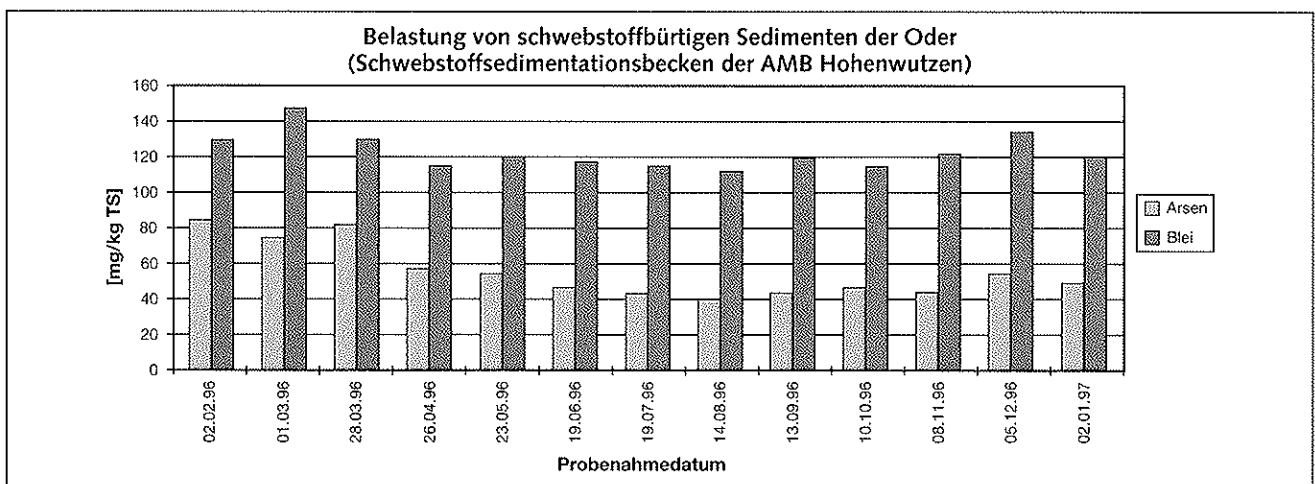


Abb. 5.2.2.2.3.-3: Schwebstoffbelastung, Sedimentationsbecken AMB Hohenwutzen 1996

Doppelte höher. Die Neiße weist mit einem Arsen-Gehalt von 24 mg/kg TS (Median) eine mäßige Belastung auf (Güteklasse II–III nach ARGE/UBA). Die Obergrenze der Güteklasse II und damit die Zielvorgabe wird dabei im Jahresverlauf größtenteils nur unwesentlich überschritten. Beide Oder-Entnahmestellen sind erhöht arsenbelastet und somit in die Güteklasse III (nach ARGE/UBA) einzuordnen.

Die Blei-Belastung der schwebstoffbürtigen Sedimente der Neiße entspricht der Güteklasse II (mäßig belastet). In der Oder liegt die Blei-Konzentration etwa um den Faktor 2 höher als in der Neiße. Beiden Odermessstellen (AMB Frankfurt und AMB Hohenwutzen) ist deshalb die Güteklasse II–III (deutlich belastet) zuzuordnen.

In Bezug auf das Element Nickel erfüllen sowohl Neiße als auch Oder die Vorgaben für das Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaft“. Sie sind in die Güteklasse II–III (deutlich belastet) einzuordnen.

Bezüglich des Elementes Chrom sind die schwebstoffbürtigen Sedimente der Lausitzer Neiße gering belastet (Güteklasse I–II). Die Chrom-Konzentration an der Neißemessstelle Ratzdorf liegt dabei mit durchschnittlich 85 mg/kg TS (Median) nur knapp über der mittleren geogenen Hintergrundbelastung (Güteklasse I). Die Chrom-Konzentrationen an der Oder liegen bei 110 mg/kg TS (Median), was schon der Güteklasse II–III zuzuordnen ist.

Die schwebstoffbürtigen Sedimente der Neiße sind mit einem durchschnittlichen Cadmium-Gehalt (Median) von 2,5 mg/kg TS in die Güteklasse III (erhöht belastet) einzustufen.

Die Oder ist hoch cadmiumbelastet (Güteklasse III–IV), wobei die Cadmiumwerte um das Zwei- bis Dreifache höher sind als in der Neiße. Die an der Messstelle Hohenwutzen untersuchten Proben weisen mit durchschnittlich 6,1 mg/kg TS (Median) die höchsten Cadmium-Belastungen auf. Dies ist wahrscheinlich auf das Vorhandensein von einer oder mehre-

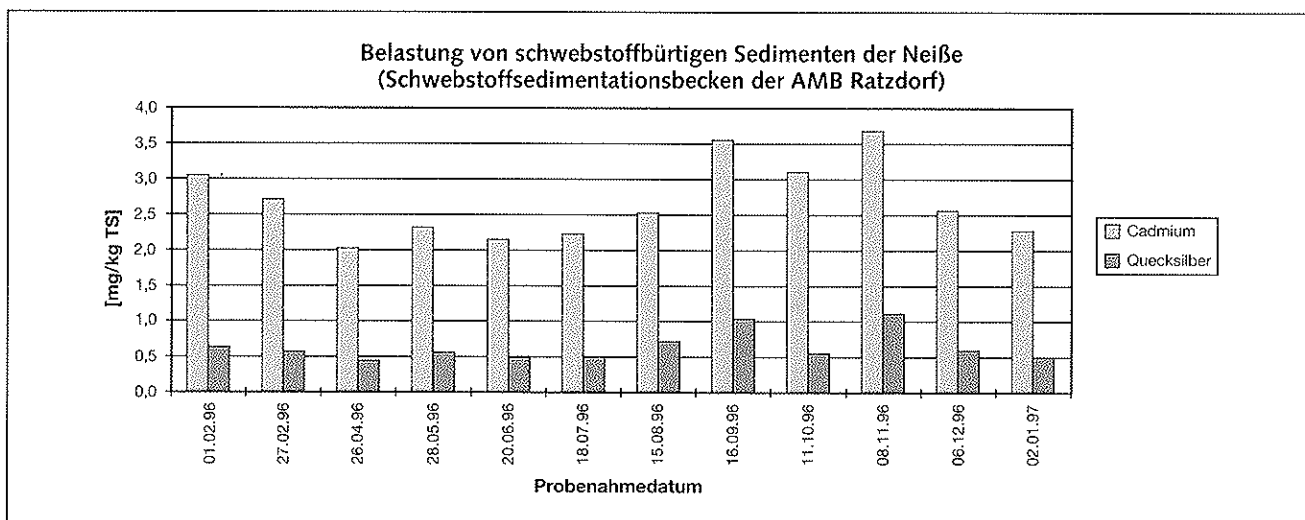


Abb. 5.2.2.2.3.-4: Schwebstoffbelastung, Sedimentationsbecken AMB Ratzdorf 1996

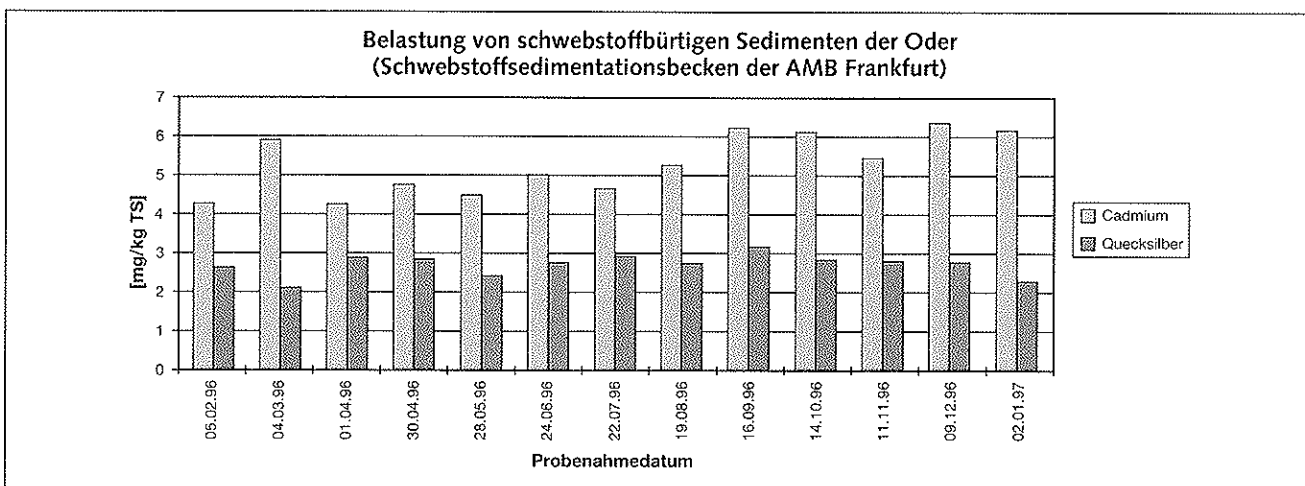


Abb. 5.2.2.2.3.-5: Schwebstoffbelastung, Sedimentationsbecken AMB Frankfurt(O) 1996

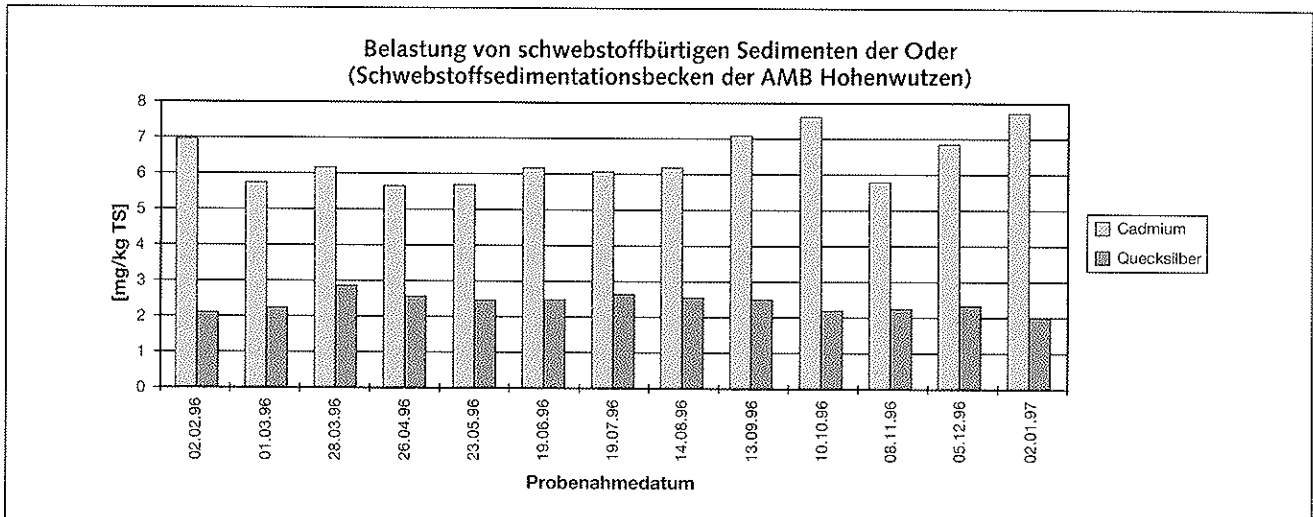


Abb. 5.2.2.2.3.-6: Schwebstoffbelastung, Sedimentationsbecken AMB Hohenwutzen 1996

ren Cadmium-Quellen am Oberlauf der Warta zurückzuführen.

In Bezug auf **Quecksilber** ist festzustellen, dass die Gehalte der schwebstoffbürtigen Sedimente der Oder etwa um das Fünffache höher liegen als die der Neiße. Ursache dafür können nur Belastungsquellen am Oberlauf der Oder sein (oberschlesisches Industriegebiet).

Die Neiße ist mit einer Quecksilber-Belastung von 0,5 mg/kg TS (Median) in die Güteklasse II (mäßig belastet) einzustufen, womit auch die Zielvorgabe erreicht wird. Den schwebstoffbürtigen Sedimenten der Oder muss die Güteklasse III (erhöht belastet) zugeordnet werden.

#### 5.2.2.2.4 Organische Parameter

– Polychlorierte Biphenyle

Aus der Stoffgruppe der polychlorierten Biphenyle (PCB) wurden die gleichen Vertreter wie in den voran gegangenen Abschnitten untersucht. Die Summe PCB aus den 6 bereits erwähnten Vertretern dieser Stoffgruppe ist in der Abbildung 5.2.2.2.4-1 dargestellt.

Während in der Neiße im Mittel (Median) 54,3 µg/kg TS und in Frankfurt 58,2 µg/kg TS gemessen worden sind, lag die mittlere Belastung an der Messstation in Hohenwutzen bei 84,3 µg/kg TS. Hier wird die verstärkte anthropogene Beeinflussung des Gewässers durch den Zufluss der Warthe sicht-

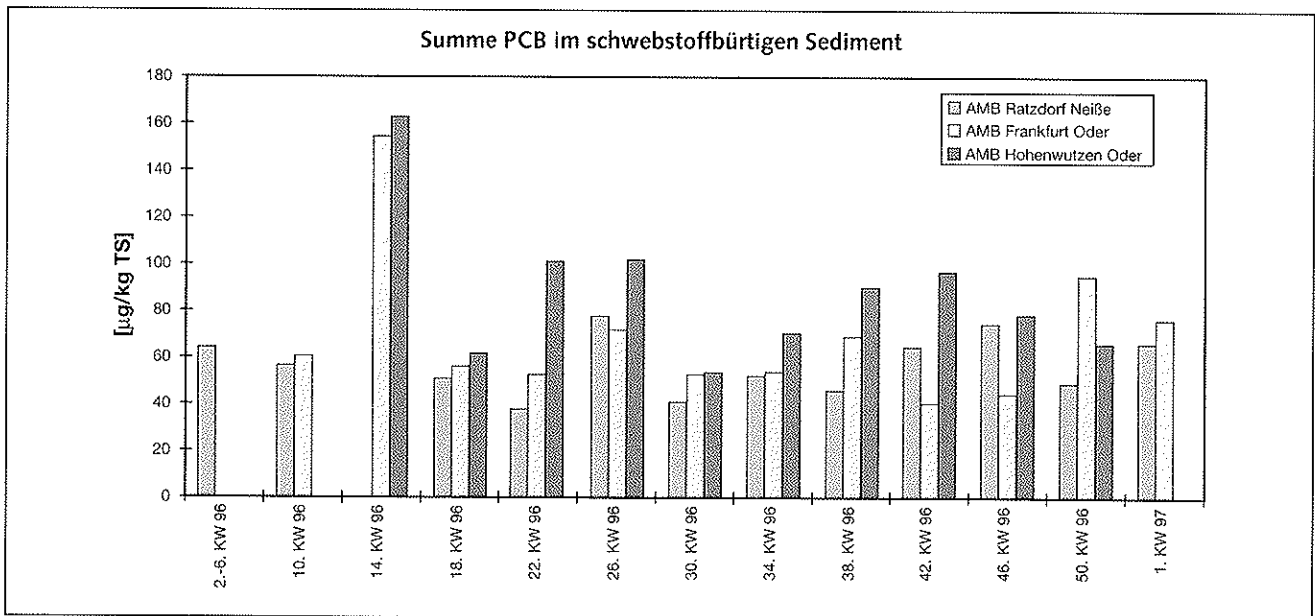


Abb. 5.2.2.2.4-1: Summe PCB im schwebstoffbürtigen Sediment, Messstationen 1996

bar. Die Spitzenwerte von 155 µg/kg TS in Frankfurt(O.) und 163 µg/kg TS in Hohenwutzen sind im Zusammenhang mit dem Eisaufruch im Februar 1996 zu sehen. Ein ähnliches Verhalten ist auch bei den mittels Zentrifuge gewonnenen Schwebstoffen zu beobachten, bei denen im März die höchsten PCB-Werte gemessen worden sind. STACHEL und HEMKEN haben diese Erscheinung der höheren Schadstoffbelastung in den Wintermonaten darauf zurückgeführt, dass die Schwebstoffe in Abhängigkeit von der Temperatur ein anderes Sorptionsverhalten zeigen als zu Zeiten erhöhter Biomasseproduktion.

In Tabelle 5.2.2.2.4.-1 sind die Konzentrationsbereiche der wesentlichen Stoffgruppen und die dazugehörige Klasseneinteilung nach der ARGE/UBA dargestellt [IKSE 97]. Danach zu urteilen, wären die Oder-Schwebstoffe mit PCB-Gehalten bis zu 160 µg/kg TS als stark belastet anzusehen.

– Chlorpestizide

Der Jahresgang der sedimentierten Schwebstoff-Monatsmischproben bezüglich der Belastung mit DDT und seinen Metaboliten (Summe-DDT) ist in der Abbildung 5.2.2.2.4-2 dargestellt.

Die niedrigeren Gehalte an Σ-DDT in der 18. bis 26. Kalenderwoche 1996 sind auf das Frühjahrshochwasser der Oder, das Mitte März 1996 einsetzte, zurückzuführen. Spitzenwerte bis zu 33 µg/kg TS für die Σ-DDT sind an der Station in Frankfurt(O.) gemessen worden. Die Belastung (90-Perzentil) der sedimentierten Schwebstoffe der Oder liegt bei 22,5 bis 32 µg/kg TS und in der Neiße bei 27,2 µg/kg TS für die Summe-DDT. Nach dem oben genannten Bewertungssystem für Schwebstoffe und Sedimente sind die Schwebstoffe von Oder und Neiße mit DDT und seinen Metaboliten nur gering belastet. Damit zeigt die Oder gegenüber der Elbe ein deutlich niedrigeres Belastungsniveau als z. B. das schwebstoffbürtige Sediment der Elbe an den Messstellen Schnackenburg/Magdeburg. Hier wurden 1995 Einzelgehälter an DDT und seinen Metaboliten (p,p'-DDT, -DDE und -DDD) zwischen 114 und 388 µg/kg TS an der Messstation Magdeburg (Strom-km 318,1) gemessen. An der Messstation Schnackenburg sind Gehälter zwischen 67,5 und 392 µg/kg DDT in der Summe gefunden worden [ARGE ELBE 95].

Aus der Abbildung 5.2.2.2.4-3 ist zu erkennen, dass sich die Gehälter an HCH in die Kategorie mäßige bis erhöhte Belastung einstufen lassen. Auch bei dieser Gruppe liegt das Be-

Tab. 5.2.2.2.4.-1: Bewertungssystem für Schwebstoffe und Sedimente (nach ARGE/UBA), Klasseneinteilung für ausgewählte organische Schadstoffe (Klassenobergrenzen in µg/kg)

Klasse		HCH-Isomere	DDT, DDD, DDE	PCB-Kongen.	HCB	AOX	Sn-Organyle
I	geogener Hintergrund	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
I-II	sehr geringe Belastung	< 5	< 20	< 2	< 20	< 20	< 10
II	geringe Belastung	< 10	< 40	< 5	< 40	< 50	< 25
II-III	mäßige Belastung	< 20	< 100	< 10	< 100	< 100	< 75
III	erhöhte Belastung	< 50	< 200	< 25	< 200	< 250	< 150
III-IV	hohe Belastung	< 100	< 400	< 50	< 400	< 500	< 250
IV	sehr hohe Belastung	> 100	> 400	> 50	> 400	> 500	> 250

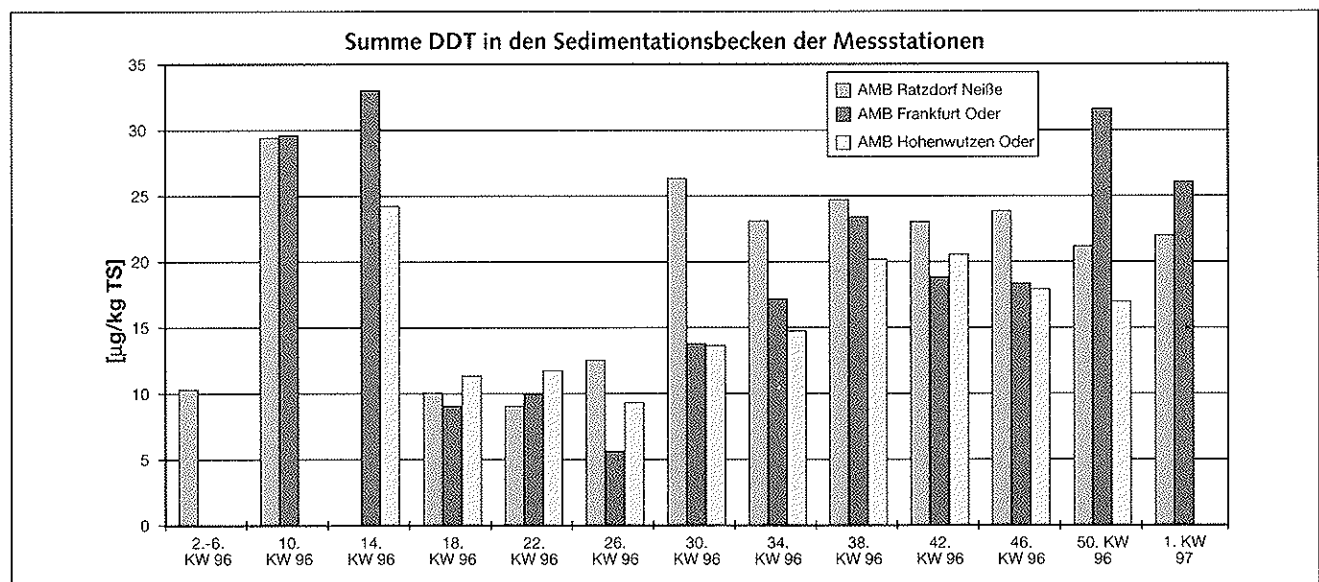


Abb. 5.2.2.2.4.-2: Summe DDT im Sedimentationsbecken, Messstationen 1996



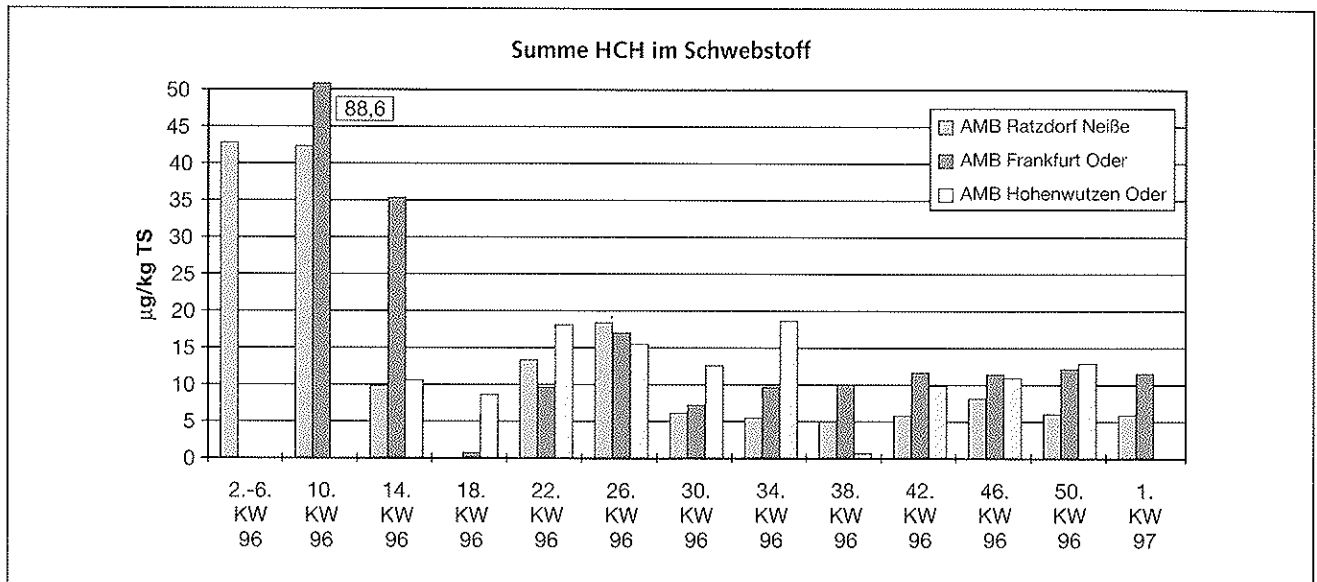


Abb. 5.2.2.4.-3: Summe HCH im schwebstoffbürtigen Sediment, Messstationen 1996

lastungsmaximum in den Monaten Januar bis März 96. Allerdings liegen die Gehalte für die Summe HCH selten über 20 µg/kg TS. Die Maxima deuten auf eine hohe Belastung hin, die sich jedoch nicht über das Jahr fortsetzt.

Auch im Zentrifugenschwebstoff sind die Trichlorbenzole in ähnlicher Größenordnung wie im Sediment vertreten, wie es in der Abbildung 5.2.2.4-4 und -5 zu erkennen ist. 1,3,5-Trichlorbenzol, das durch biologischen Abbau von Hexachlorbenzol oder Lindan [JKSR 94] entstehen kann, konnte nur selten mit Werten über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/kg TS nachgewiesen werden. Lediglich an der Messstelle Frankfurt(Oder) ist ebenfalls in der 38. Kalenderwoche ein Maximalwert von 51,3 µg/kg TS gemessen worden.

Tab. 5.2.2.4.-2: Summe HCH im Sammelzeitraum 1996

Messstelle	Summe-HCH [µg/kg TS]		
	Minimum	Maximum	Median
AMB Neißer/Ratzdorf	4,38	43,1	7,10
AMB Oder/Frankfurt (O.)	< 1	88,6	11,5
AMB Oder/Hohenwutzen	< 1	18,9	11,8

– Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe  
Zur Bewertung sind die PAK-Summengerhalte nach EPA herangezogen worden. Aus den Abbildungen 5.2.2.4.-1 bis -3 wird deutlich, dass die Schwebstoffproben aus der Messstation Frankfurt(O.) höher belastet sind, als die der anderen. An allen 3 Standorten weist Fluoranthen die höchsten Gehalte

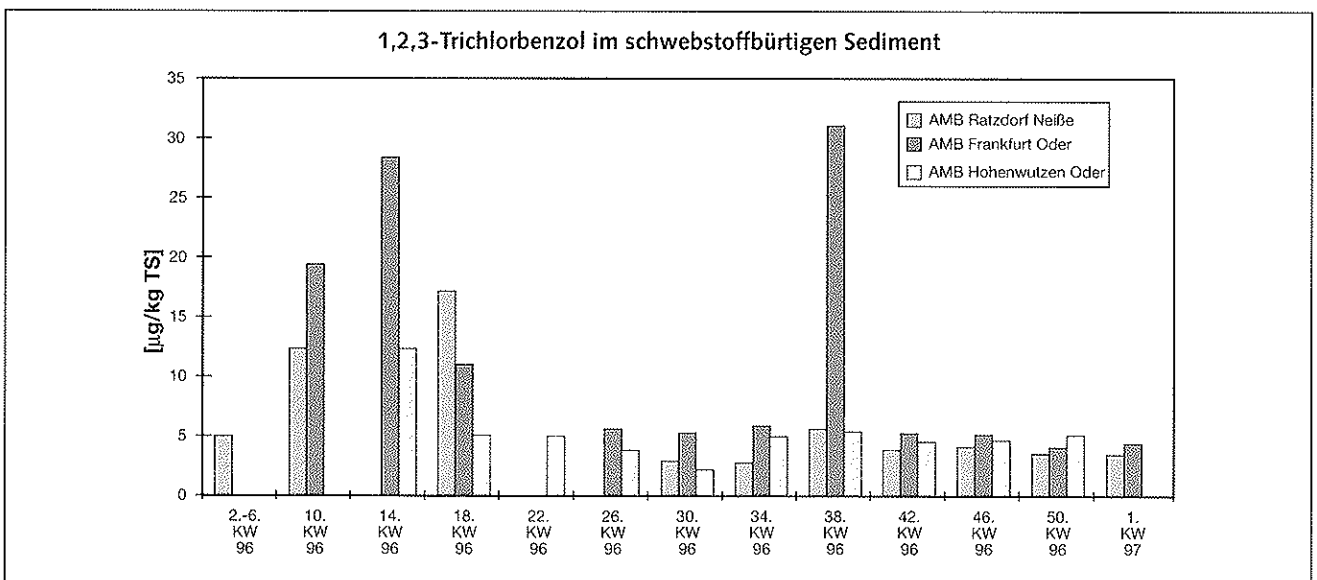


Abb. 5.2.2.4.-4: Trichlorbenzol im schwebstoffbürtigen Sediment, Messstationen 1996

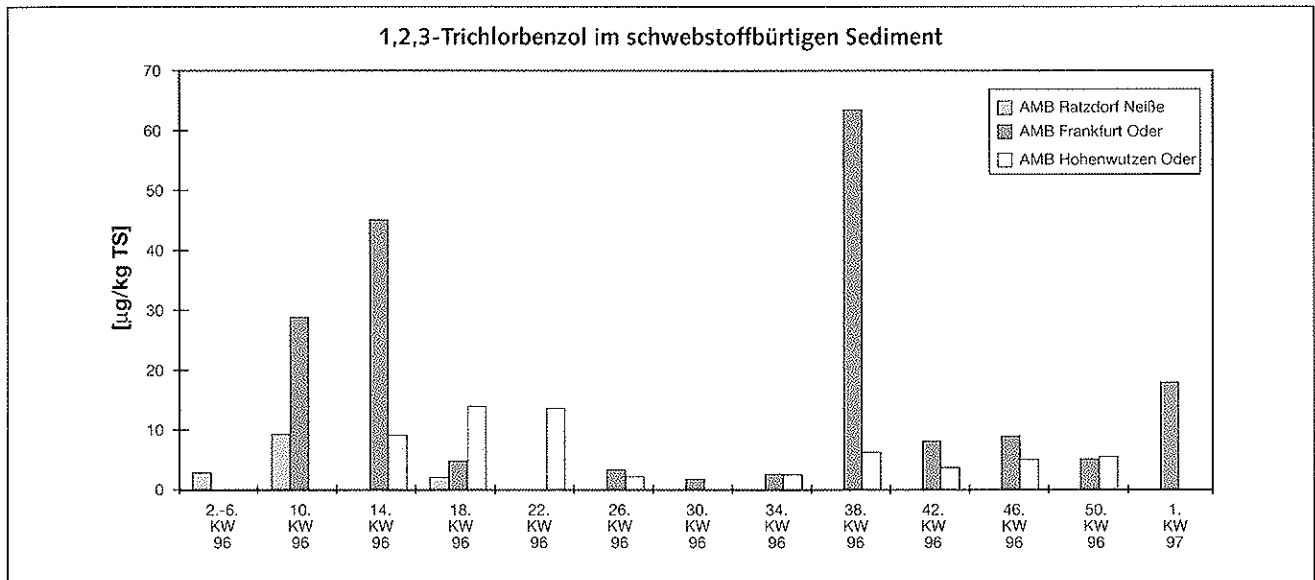


Abb. 5.2.2.2.4.-5: Trichlorbenzol im schwebstoffbürtigen Sediment, Messstationen 1996

auf. Der Anteil an den 16 betrachteten EPA-PAK liegt im Durchschnitt bei 20 %, bezogen auf die Konzentration. Mit ca. 12 % folgt Pyren. Die Naphthalinwerte erreichen in der Regel nicht die Bestimmungsgrenze von 1,16 mg/kg TS (höhere Wasserlöslichkeit!). Aufgrund der hohen Anteile an 3- bis 5fach kondensierten Aromaten, kann man davon ausgehen, dass hauptsächlich Pyrolysevorgänge für die Anwesenheit von PAK verantwortlich sind. Die Ursache findet man in der im Einzugsbereich der Oder vorhandenen Industrie, so z. B. in der Kohle- und Erzverarbeitung.

Im Vergleich mit den PAK-Konzentrationen der Schwebstoffe in der Elbe der Jahre 1994/95 sind die Werte in der Oder erheblich höher. In der Messstation Hamburg-Blankenese betrug die mittlere Summe an EPA-PAK etwa 4 mg/kg TS. Die Mulde bei Dessau wies mit ca. 10 mg/kg TS ähnliche Summengehalte wie die Neiße in Ratzdorf auf, jedoch mit einer anderen Einzelstoffzusammensetzung (d. h. höhere Naphthalin-Gehalte bei Dessau).

• AMB Frankfurt(O)

Der Median PAK-Gehalte im Schwebstoff beträgt 20,6 mg/kg TS. Das Maximum liegt bei 24,3 mg/kg TS im Februar (Niedrigwasser/Eisdecke), das Minimum Ende Juni/Juli (Niedrigwasser) bei 14,1 mg/kg TS.

• AMB Hohenwutzen

Der PAK-Median von Hohenwutzen erreicht 14 mg/kg TS. Der höchste Wert ist im März (23 mg/kg TS) und der niedrigste im Oktober (10,7 mg/kg TS) ermittelt worden.

• AMB Ratzdorf

Die Schwebstoffproben aus der Neiße sind in Regel geringer mit PAK belastet. Der Median beträgt 10,6 mg/kg TS, das Maximum liegt mit 17,7 mg/kg TS im Februar, das Minimum mit 8,6 mg/kg TS im Oktober.

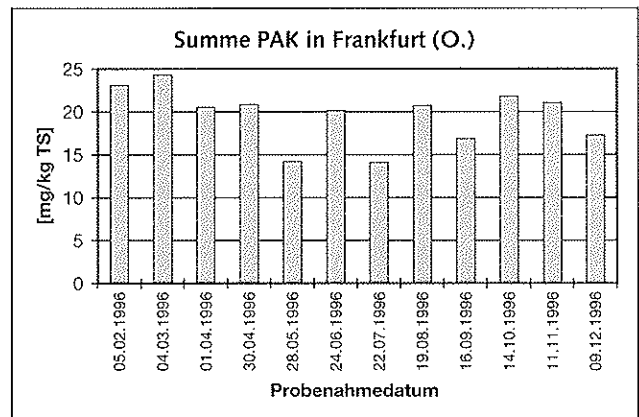


Abb. 5.2.2.2.4.-6: Summe PAK, Messstation Frankfurt (O.) 1996

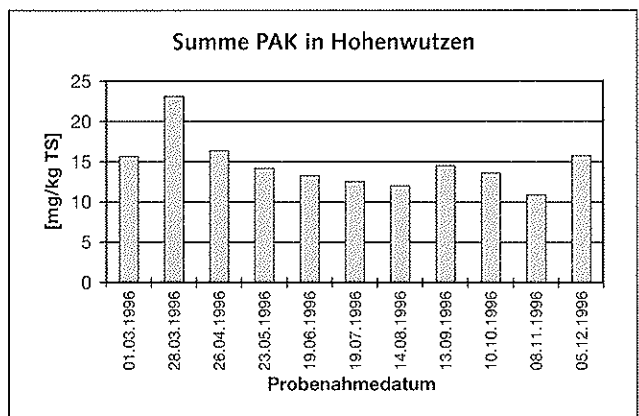


Abb. 5.2.2.2.4.-7: Summe PAK, Messstation Hohenwutzen 1996

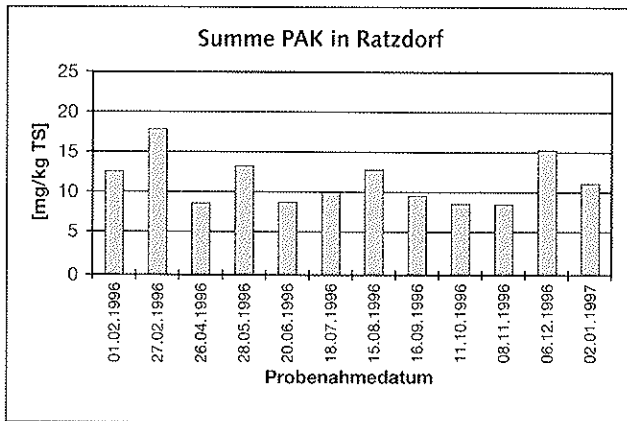


Abb. 5.2.2.2.4.-8: Summe PAK, Messstation Ratzdorf 1996

• Frachtab schätzung

Basierend auf den Abflusswerten am Hohensaaten-Finower Pegel, den Messungen über abfiltrierbare Stoffe in Hohenwutzen und den Schwebstoffmischproben aus der Messstation in Hohenwutzen ist eine Frachtberechnung durchgeführt worden. Demzufolge beläuft sich die Fracht für 1996 in Hohenwutzen auf etwa 4,7 bis 5 Tonnen feststoffgebundene EPA-PAK.

– Phthalsäureester

Während des betrachteten Zeitraums sind in den Sedimentationsbecken der Messstationen DEHP-Gehalte von 2,5–18 mg/kg TS ermittelt worden. Ein eindeutiger Trend ist aufgrund der geringen Wertemenge nicht ablesbar. Vergleicht man die Gehalte im Schwebstoff bezüglich der Probenahme per Zentrifuge, so sind sie in der Regel geringer. Für die Phthalate erweist sich die Probenahme per Sedimentationsbecken wahrscheinlich als ungünstige Strategie, da der vierwöchige Probenahmezyklus Abbauprozesse begünstigt und durch die

verwendeten Kunststoffteile Kontaminationen auftreten könnten.

– Stickstoff-Phosphor-Pestizide

Triazine

Wie im Sediment selbst ist in den Sedimentationsbecken hauptsächlich Desisopropylatrazin nachgewiesen worden. Vereinzelt fand man auch Terbutryn, Prometryn, Atrazin und Cyanazin.

Von Januar bis April – also vor dem Frühjahrshochwasser 1996 – sind in den Messstationen von Frankfurt (O.) und Ratzdorf (Neiße) Werte von 0,6 bis 2,9 µg/kg TS Desisopropylatrazin gemessen worden. In Hohenwutzen sind dagegen im März, Mai und Juli 1 bis 2 µg/kg dieser Substanz im sedimentierten Schwebstoff gemessen worden.

Phenylharnstoffderivate

Gelegentlich und in sehr geringen Mengen wurden Fenuron, Chlortoluron und Metolachlor in den Schwebstoffen der Messstationen nachgewiesen. Weiterhin fand man in der ersten Hälfte des Messjahres Metazachlor bei allen 3 Probenahmestellen. An den Messpunkten Hohenwutzen und Frankfurt (O.) wurden Gehalte von max. 1–2 µg/kg TS gemessen, in Ratzdorf an der Lausitzer Neiße betrug der Maximalwert im Juni sogar 9,2 µg/kg TS.

Phosphorsäureester

Wie aufgrund des Verteilungskoeffizienten zu erwarten war, befanden sich alle Gehalte weit unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Phenoxycarbonsäuren

In den Schwebstoffen der Messstation Frankfurt (O.) wurden

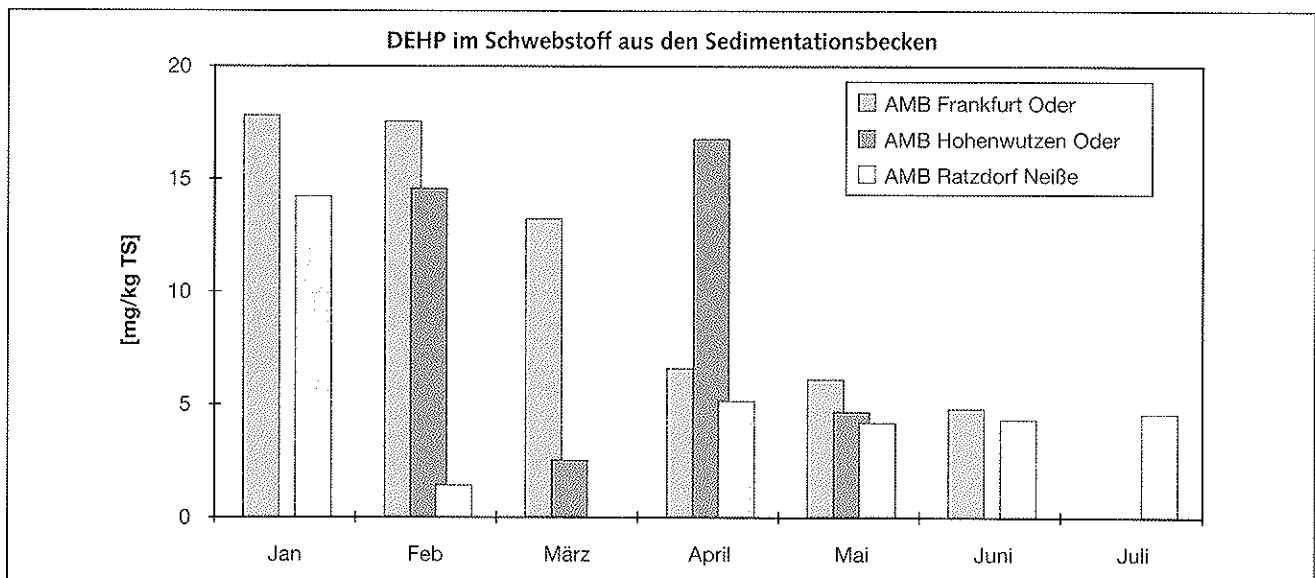


Abb. 5.2.2.2.4.-9: DEHP-Gehalte im Schwebstoff, Sedimentationsbecken der Messstationen 1996 (die fehlenden Balken in der Abbildung entsprechen nicht analysierten Proben)

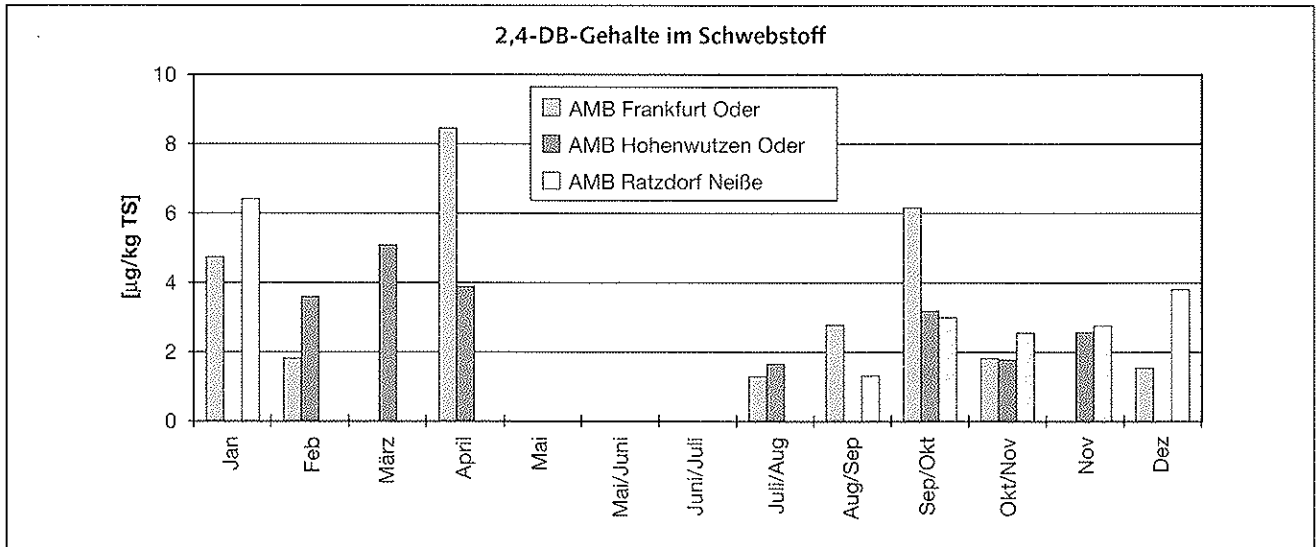


Abb. 5.2.2.2.4.-10: 2,4-DB-Gehalte im Schwebstoff, Sedimentationsbecken der Messstationen 1996

während des 3. Quartals 1996 für 2,4,5-T und 2,4-D 0,5–1,5 µg/kg TS gemessen. Neben diesen Substanzen wurde in Hohenwutzen auch MCPB gefunden und zwar 7 µg/kg in der Mischprobe für den Monat April. Auch in der Messstation Ratzdorf ist im Frühjahr MCPB gemessen worden. Analog den Sedimentproben konnte das Herbizid 2,4-DB in den meisten der Schwebstoffproben nachgewiesen werden.

### 5.3 Wasserbeschaffenheit der Oder

#### 5.3.1 Darstellung der aktuellen Untersuchungstätigkeit im Rahmen der behördlichen Gewässerüberwachung

Die Wasserbeschaffenheit der Oder als ein bedeutendes Grenzgewässer in Brandenburg ist aufgrund der geographischen Lage des Flusses von internationalem Rang und wird infolge seiner Nutzungsarten bzw. Relevanz als wesentlicher Ostseezufluss durch polnische und deutsche Umweltinstitutionen überwacht. Im Rahmen des Gewässerschutzes arbeiten beide Länder innerhalb der deutsch-polnischen Grenzgewässerserkommission und der in Gründung befindlichen Internationalen Kommission zum Schutz der Oder (IKSO) zusammen. Neben dem Aufbau eines abgestimmten Messprogrammes ist insbesondere die Angleichung und Anerkennung der Mess- bzw. Bewertungsmethoden von besonderer Wichtigkeit.

Außer der Überwachung der Beschaffenheit des Flusswassers wird zunehmend der Ausweitung der Messprogramme auf die Bereiche Sediment und Schwebstoff Beachtung geschenkt. Dabei ist eine Erweiterung der Grundlagenkenntnisse, u. a. durch dieses Monitoringvorhaben, über die Oder und deren Einzugsgebiet notwendig, um sinnvolle Parameterspektren der einzelnen Kompartimente zu schaffen.

– Lokale Verteilung der Messpunkte  
Einschließlich der Messstelle Ratzdorf (Lausitzer Neiße) umfasst das routinemäßige Messnetz der Grenzoder 10 Beschaffenheitsmesspunkte, davon 4 als automatische Gewässermessstation. Die Auswahl der Messpunkte erfolgte nach den Prinzipien:

- Gewässerüberwachungsfunktion,
- Charakterisierung der Beschaffenheit des Flussabschnittes,
- homogene Konzentrationsverteilung im Querprofil,
- Verteilung der Gewässerbelastung,
- Erreichbarkeit der Probenahmestellen.

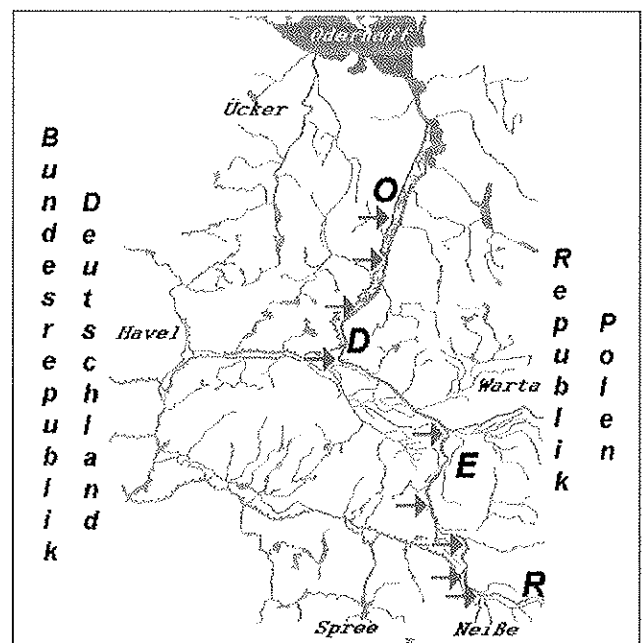


Abb. 5.3.1.-1: Messnetz der Oder im Grenzgewässerabschnitt

Tab. 5.3.1.-1: Charakteristika der Messpunkte der Oder im deutsch-polnischen Grenzabschnitt

Bezeichnung des Messpunktes	Art des Messpunktes	Fließgewässer
Ratzdorf, Fluss-km 1,8	manuelle Entnahme (P), Messstation (D)	Lausitzer Neiße
Milow, Fluss-km 542,5	manuelle Entnahme (D)	Oder
Eisenhüttenstadt, Fluss-km 552	manuelle Entnahme (P,D)	
Aurith, Fluss-km 566	manuelle Entnahme (P,D)	
Frankfurt(O), Fluss-km 585,5	manuelle Entnahme (P), Messstation (D)	
Kietz, Fluss-km 615	manuelle Entnahme (P,D)	
Hohenwutzen, Fluss-km 662	manuelle Entnahme (P), Messstation (D)	
Schwedt, Fluss-km 690	manuelle Entnahme (P,D)	
Widuchowa, Fluss-km 701	manuelle Entnahme (D), Messstation (P)	
Mescherin, Fluss-km 15	manuelle Entnahme (P,D)	Westoder

– Probenahmefrequenz

Die Probenahme am Grenzgewässer erfolgt international mit der polnischen Seite abgestimmt in einem 14-tägigen Rhythmus. Abweichungen können je nach Parameter auftreten. Darüber hinaus wird nicht das gesamte Parameterspektrum an allen Messpunkten analysiert. Nach Vorkommen und Konzentrationsverhalten des Stoffes/Elementes erfolgt eine dem entsprechende Wichtung. An den Messstationsstandorten werden zusätzlich einfache Summenparameter kontinuierlich erfasst. Neben dem fachlichen Nutzens des Datenmaterials ist insbesondere der ideologische Faktor dieser 24-Stunden-Registrierung eine nicht zu unterschätzende Größe für den Gewässerschutz.

– Parameterspektrum

Tabelle 5.3.1.-2. enthält die zwischen beiden Staaten methodisch abgestimmten Parameter (Stand 1997), innerstaatlich erweitert sich dieses Spektrum wesentlich. Die Problemstel-

lungen liegen hier besonders in der Anwendung unterschiedlicher Verfahren und den sich bei Messwertvergleichen ergebenden Wertedifferenzen, aber auch auf den technischen Ausstattungsgrad der Labore.

– Auswertung

Beide Staaten verfügen über nationale Richtlinien bzw. Normen zur Auswertung und Darstellung der Analysendaten zur Wasserbeschaffenheit, die auf fachlich differenzierten Ansichten basieren. Da eine Vereinheitlichung dieser nationalen Richtlinien wenig sinnvoll erscheint, haben sich beide Seiten auf die Anwendung von EU-Richtlinien verständigt.

### 5.3.2 Wasserbeschaffenheit

Eine umfassende Auswertung der Wasserbeschaffenheit erfolgt jährlich seitens der Arbeitsgruppe W2 „Gewässer-

Tab. 5.3.1.-2: Untersuchungsspektrum

Parametergruppe	Einzelparameter	Bemerkungen
Grundmessprogramm – Allgemeine Parameter	Lufttemperatur, Wassertemperatur Leitfähigkeit pH-Wert	
Grundmessprogramm – Sauerstoffhaushalt und organische Belastung	Sauerstoffgehalt Sauerstoffsättigungsindex CSV-Mn	
Grundmessprogramm – Nährstoffe	Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N Gesamt-N o-Phosphat-P, Gesamt-P	
Grundmessprogramm – Salze	Chlorid Sulfat	
Erweitertes Grundmessprogramm	abfiltrierbare Stoffe Säurekapazität KS 4,3	
Messprogramm Metalle/Metalloide	Calcium gesamt; Magnesium gesamt; Kalium gesamt; Natrium gesamt; Blei gesamt; Cadmium gesamt; Kupfer gesamt; Zink gesamt	nicht an allen Messstellen untersucht
Messprogramm Biologie	Saprobienindex Chlorophyll-a Gesamtbakterienzahl	nicht an allen Messstellen untersucht

schutz“ der deutsch-polnischen Grenzgewässerkommission in einem Arbeitsbericht. Daher werden in diesem Bericht nur relevante Parameter dargestellt, die dem ökosystemaren Ziel des Vorhabens entsprechen.

### 5.3.2.1 Standardparameter

– Nährstoffe

Im Fließgewässer sind die Parameter Ammoniumstickstoff, Nitratstickstoff, Nitritstickstoff, Gesamt-Stickstoff, ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor bestimmt worden. Die Werte befinden sich im Anlagenband Anlage A 5.

#### Ammoniumstickstoff

Die Ammonium-Konzentrationen in der Oder zeichnen sich an allen Probenahmestellen durch einen ausgeprägten jahreszeitlichen Gang mit Spitzen in den Wintermonaten und niedrigen Werten in den Sommermonaten aus. Von Ende Februar bis Ende März werden Gehalte um 2,5 mg/l erreicht, die mit einer geringen Sauerstoffsättigung und Wassertemperaturen von 0°C bis 2°C einhergehen.

Ursache dafür könnten die unter Eisabschluss gehemmte Nitrifikation und aus dem Einzugsgebiet abfließende Schmelzwässer sein. Mit dem Ansteigen der Temperatur sinken die  $NH_4$ -Werte relativ schnell auf Gehalte bis unter die analytische Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/l. Werte darüber lassen sich in der Regel auf Klärwerkeinflüsse (siehe Eisenhüttenstadt) oder durch Starkniederschläge verursachte Dünger- und Gülleeinspülungen zurückführen. Aus Sicht der chemischen Gewässergüteklassifizierung [LAWA-AK „ZV“] handelt es sich bei den Ammoniumwerten um eine hohe Belastung (Klasse: III–IV). Zur Berechnung wurden die 90-Perzentile der Messpegel Frankfurt(O.) (90-Perz. = 2,28 mg/l) und

Hohenwutzen (90-Perz. = 2,25 mg/l) mit wöchentlichen Probenahmen über das Jahr 1996 herangezogen. Beachtet werden müssen insbesondere die bezogen auf das Schutzgut Fischerei potentiell toxischen Gehalte in den Wintermonaten.

#### Nitratstickstoff

Die Nitratbelastung der Grenzoder liegt durchschnittlich bei 2,9 mg/l  $NO_3$ -N. Im Flusslängsschnitt lässt sich in Fließrichtung eine Abnahme der Jahresmediane ab der Messstelle Groß Neuendorf beobachten, deren Ursache in der Einmündung der Warta liegt. Die niedrigsten Werte findet man bei Gartz an der Westoder, bedingt durch einen möglichen Verdünnungseffekt der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße, deren Nitrat-Werte im Mittel um 0,9 mg/l liegen (trotz des landwirtschaftlich genutztem Oderbruches).

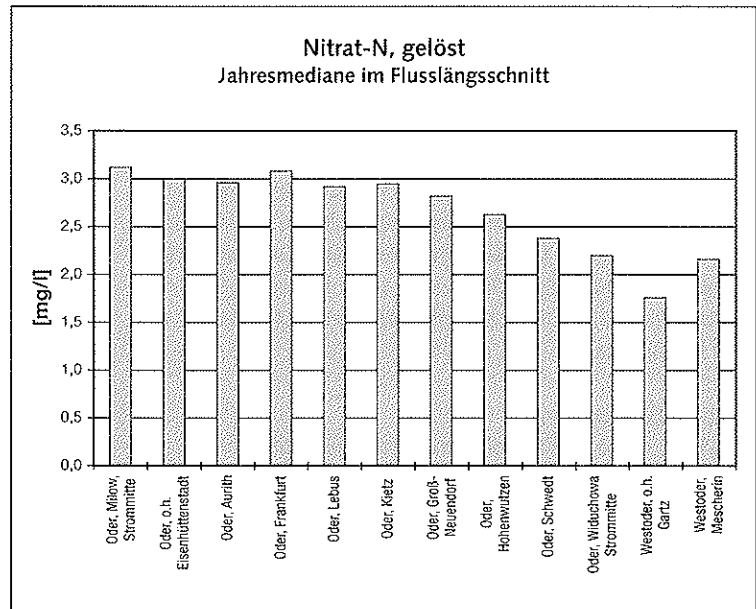


Abb. 5.3.2.1.-2: Jahresmediane der Nitratwerte im Flusslängsschnitt 1996

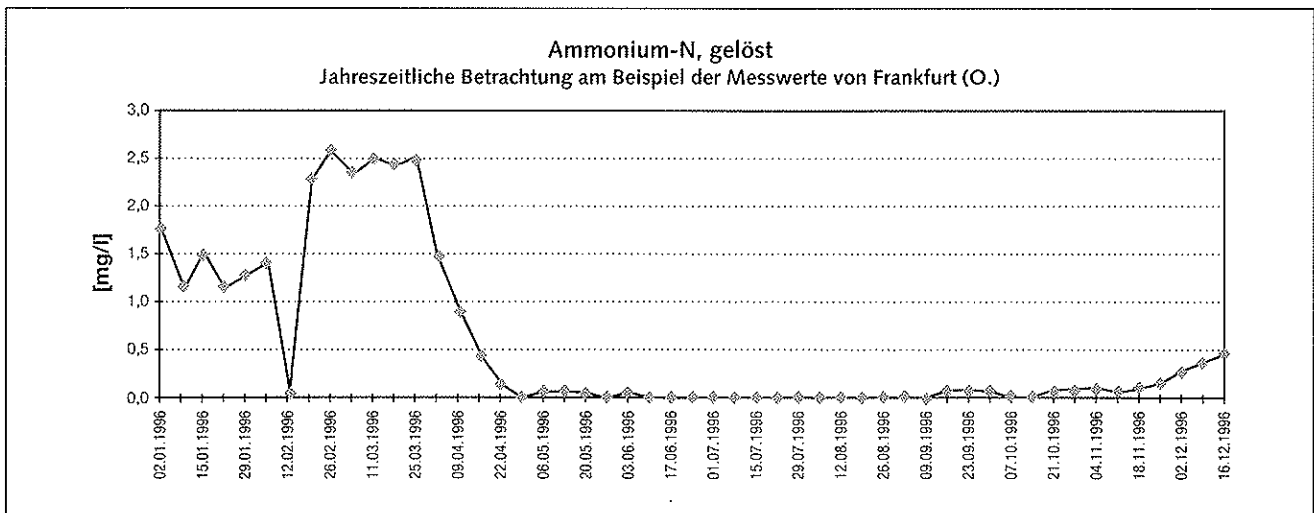


Abb. 5.3.2.1.-1: Jahreszeitliche Betrachtung der  $NH_4$ -Werte der Oder bei Frankfurt (O.) 1996

Betrachtet man den jahreszeitlichen Verlauf der Nitrat-Gehalte (siehe Abbildung 5.3.2.1.-3), so wurden die höchsten Konzentrationen unmittelbar nach den Maxima der Ammoniumkonzentrationen bis Ende Mai gemessen. Zurückzuführen ist das auf die mit den höheren Temperaturen einsetzenden Nitrifikations- und Assimilationsprozessen. Wie beim Ammoniumstickstoff ist davon auszugehen, dass die Nitratbelastung überwiegend anthropogenen Ursprungs ist (Abwässer, intensive Landwirtschaft mit mineralischen Stickstoffdüngern und mit Gülle überdüngten Böden). Der betrachtete Grenzoderabschnitt ist bezüglich des Parameters Nitratstickstoff als deutlich belastet anzusehen (Klasse II–III).

#### Nitritstickstoff

Der Wertebereich schwankt zwischen 0,01–0,05 mg/l, der Median für alle Messstellen liegt jedoch bei 0,01 mg/l. Der für Trinkwasser geforderte Grenzwert von 0,1 mg/l wird an keiner Messstelle überschritten. Bezüglich Nitrit kann die Grenzoder als sehr gering belastet angesehen werden (Klasse I–II).

#### Gesamt-Stickstoff

Da die Nitratgehalte den überwiegenden Anteil am Gesamtstickstoff ausmachen (ausser in den späten Wintermonaten), ist der Kurvenverlauf im Flusslängsschnitt identisch. In Fließrichtung ist eine leichte Abnahme der Werte zu beobachten. Im Durchschnitt ist die Grenzoder mit 3,5 mg/l deutlich belastet (Klasse: II–III). Das Jahresmaximum ist mit 7,2 mg/l Mitte April in Frankfurt(O.) gemessen worden.

#### Orthophosphat-Phosphor

Die Belastung mit Orthophosphat-Phosphor in der Grenzoder liegt relativ gleichmäßig um 0,1 mg/l und ist somit als deutliche anzusehen (Klasse: II–III). Schwankungen der Jahresmittelwerte im Flusslängsschnitt traten nicht auf. In der Westoder lässt sich aber ein Verdünnungseffekt der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße feststellen.

Vergleicht man die Messwerte mit denen der Vorjahre, so stellt man fest, dass der Einfluss der Kläranlagenzuflüsse be-

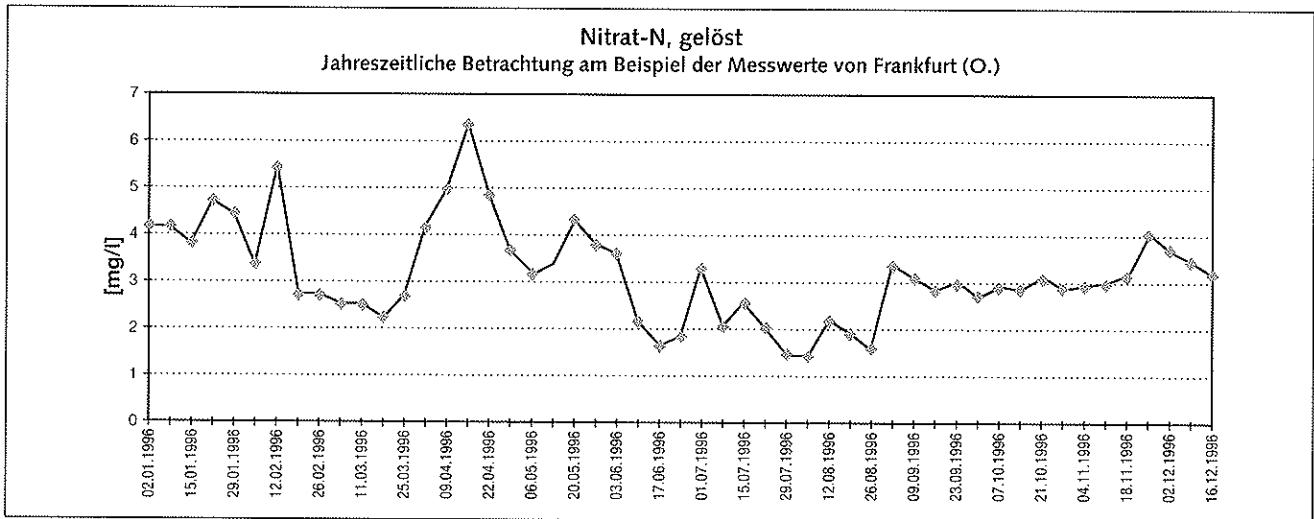


Abb. 5.3.2.1.-3: Jahreszeitliche Betrachtung der Nitrit-Werte, Oder Frankfurt (O.) 1996

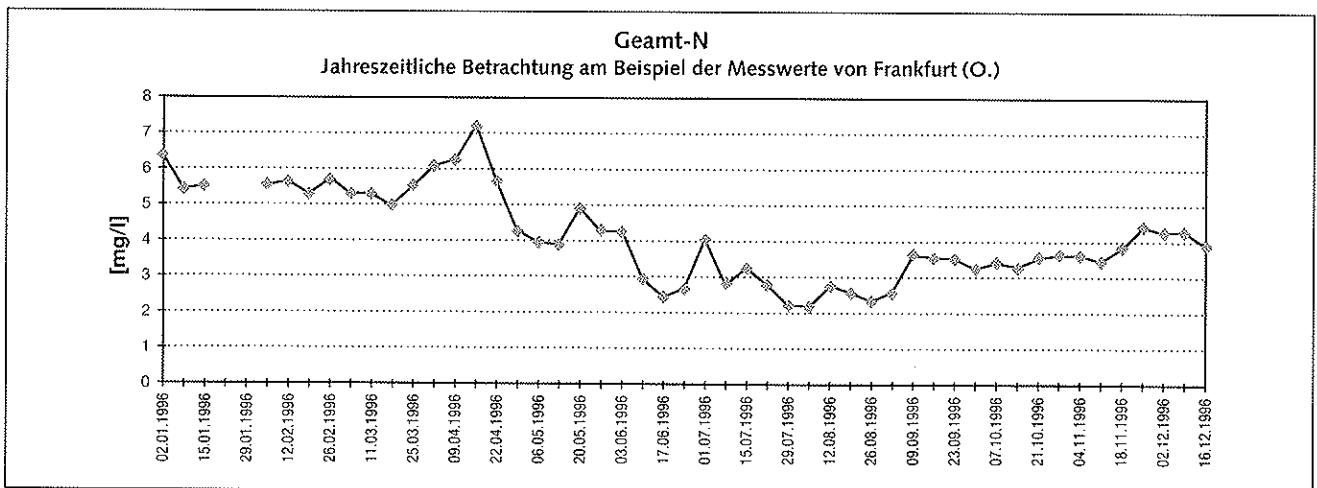


Abb. 5.3.2.1.-4: Jahreszeitliche Betrachtung des Gesamt-Stickstoff, Oder bei Frankfurt (O.) 1996

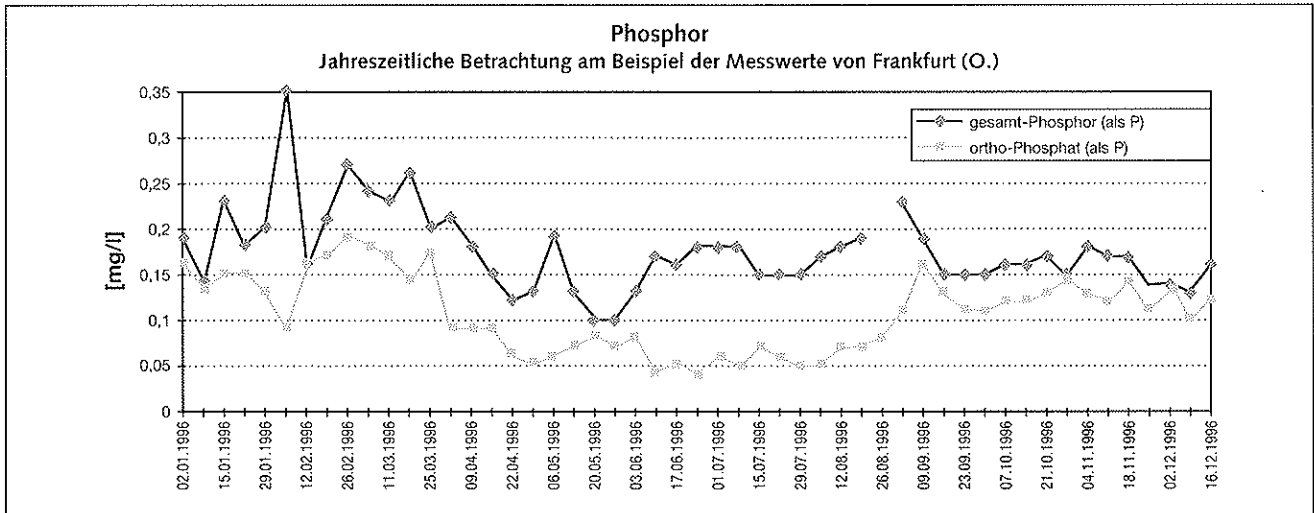


Abb. 5.3.2.1.-5: Jahreszeitliche Betrachtung der Phosphor-Werte, Oder bei Frankfurt (O.) 1996

züglich dieses Parameters nicht mehr festzustellen ist. Hauptursache dafür ist unter anderem die weitergehende Durchsetzung phosphatfreier Waschmittel. Der Jahresgang für die Orthophosphatkonzentrationen weist ein deutliches Maximum von Mitte Februar bis Ende März auf. Mit Beginn der Vegetationsperiode kommt es zu einem raschen Absinken der Werte unterhalb des Jahresmedians und ab September steigen die Orthophosphatgehalte wieder über den Durchschnitt.

#### Gesamtphosphor

Entlang des betrachteten Flussabschnittes ist Oder bezüglich dieses Parameters als deutlich belastet anzusehen (Güteklasse II–III). Im Messjahr schwankten die Werte zwischen 0,08 und 0,35 mg/l. Die 90-Perzentile 1996 am Messpunkt Frankfurt und Hohenwutzen betragen 0.23 mg/l. Ein ausgeprägter Jahresverlauf wie beim Orthophosphat existiert nicht. Zwar sind die Werte vor der Vegetationsperiode in der Regel höher,

durch diffuse Quellen (z. B. Düngemiteleintrag) kommt es jedoch zu relativ großen Schwankungen (siehe Abb. 5.3.2.1.-5).

#### – Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)

Der TOC ist die Summe des organisch gebundenen Kohlenstoffs in gelösten und ungelösten Verbindungen und gilt somit als Maß für die Gesamtbelastung eines Gewässers mit organischen Substanzen. Die in der Oder ermittelten TOC-Gehalte liegen zwischen 5,2 und 14,9 mg/l. Wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, erhöhen sich die TOC-Werte im Frühjahr geringfügig und erreichen dann erwartungsgemäß in den Sommermonaten das Jahresmaximum. Die Phytoplanktonbiomasse steigt in dieser Zeit stark an und es werden Chlorophyll-a-Konzentrationen bis 189 µg/l gemessen. Im Flusslängsschnitt der Oder sind kaum Schwankungen der TOC-Konzentration festzustellen. Der Median beträgt oberhalb Schwedt 7 mg/l und weiter unterhalb 8 mg/l. Vergleich-

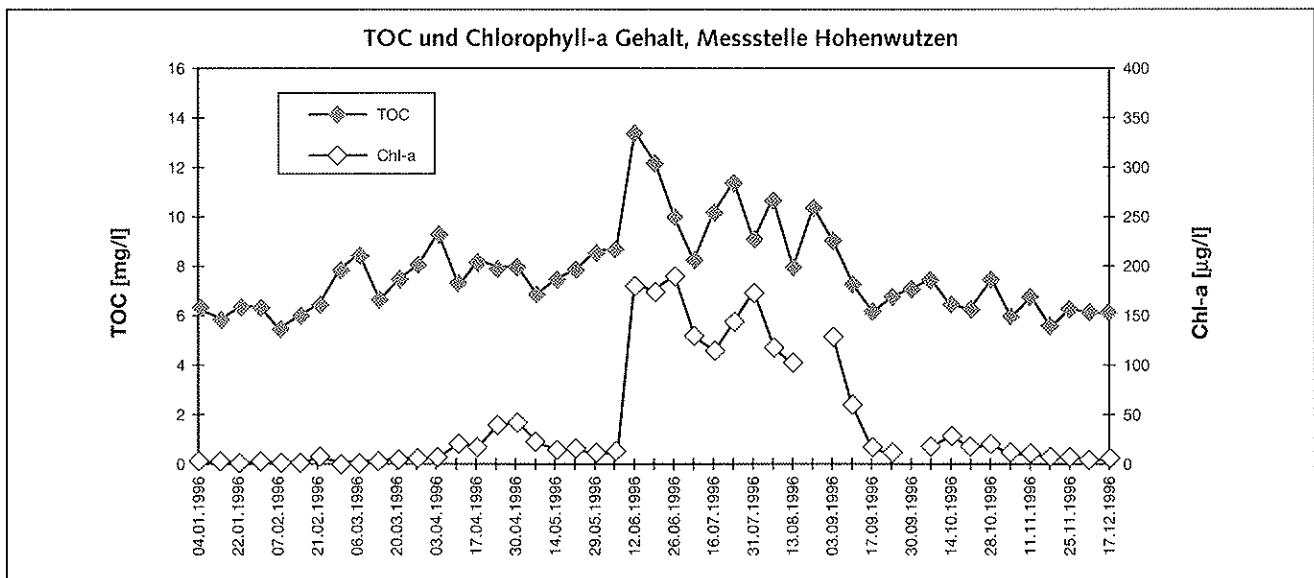


Abb. 5.3.2.1.-6: TOC/Chlorophyll-a – Jahresgang, Messstelle Hohenwutzen 1996



bare Ergebnisse sind auch 1995 in der Elbe gefunden worden. Hier betrug beispielsweise die mittlere TOC-Konzentration an der Messstelle Schnackenburg 8,4 mg/l [ARGE ELBE].

Die zur Bewertung der Oder gebildeten 90-Perzentile an den Messstellen Frankfurt (O.) und Hohenwutzen entsprechend dem Entwurf der LAWA zur Gewässergüteklassifizierung [LAWA-AK] bestätigen, dass der Flussabschnitt analog den Nährstoffparametern als deutlich belastet angesehen werden muss.

### 5.3.2.2 Summenparameter

#### – Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

Die Gruppe der Mineralölprodukte findet im täglichen Leben ebenfalls eine umfangreiche Anwendung und unterliegt bei Eindringen in das Gewässer einer geringen biologischen Abbaubarkeit. Da aus den vorangegangenen Untersuchungen keine nennenswerten oder unterhalb der Bestimmungsgrenze des Verfahrens liegende Gehalte mittels der Methode H18 gefunden wurden, erfolgte die Bestimmung der MKW nur einmal im Monat an den Messstellen Ratzdorf (Neiße), Frankfurt (O.) und Hohenwutzen. Zur Auswertung im Messjahr 96 ist daher nur ein geringer Datensatz vorhanden. In der Neiße sowie in der Oder liegen die mittleren Konzentrationen bei  $\leq 0,1$  mg/l. Anfang Januar, Ende März sowie im Dezember wurden an allen 3 Probenahmestellen übereinstimmend geringfügig höhere Werte gefunden. Dabei betrug das Maximum, das an der Messstelle Hohenwutzen ermittelt wurde, 0,2 mg/l. Vermerkt werden sollte, dass das Analysenverfahren als Summenbestimmung nur einen Teil der Verbindungen aus der Gruppe der MKW erfasst.

#### – Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)

Der Parameter AOX als Summengröße charakterisiert die inzwischen ubiquitären Verbindungen der halogenierten Kohlenwasserstoffe und zeigt deutlich anthropogene Belastungen an. Wie alle Stoffe und Verbindungen unterliegen auch diese Gruppen den Gesetzen des Abbaues und/oder Akkumulation in den einzelnen Phasen des Flusses.

Infolge der vielfältigen Stoffeigenschaften der Einzelverbindungen dieser Summengröße gestaltet sich die Interpretation der in Abbildung 5.3.2.2.-1 aufgezeigten Kurve des Konzentrationsverhaltens als komplex. Allgemein stellen die schwerflüchtigen Verbindungen den Hauptpart zum gesamtchlorierten Anteil im Gewässer dar [STURM et. al.]. Deutlich ist ein Jahresgang der Konzentrationskurven beider Messstellen, mit allseitig höheren Konzentration im Winter, zu verzeichnen. Inwieweit biologische Prozesse in das Konzentrationsverhalten eingreifen, ist aufgrund der Persistenz dieser Stoffgruppen und einer veränderten, jahreszeitlich bedingten Zusammensetzung der Schwebstoffe nicht abzuschätzen.

Da der Transport im Fluss neben der Wasserphase auch durch den Schwebstoffanteil erfolgt, treten zeitweise signifikante Belastungsspitzen auf. So im Winter 95/96, wo die Grenzoder über 4 Monate mit einer geschlossenen Eisdecke versehen war und damit ein erhöhter Staudruck mit Zunahme der Fließgeschwindigkeit für eine erhebliche Vervielfachung des Schwebstoffanteiles in der Wasserprobe gesorgt haben dürfte. Im Zusammenhang mit dem Feststofftransport und dem Abflussgeschehen können auch die „Ausreisser“ in den Sommermonaten interpretiert werden.

Infolge des Eisganges auf der Oder konnten einige Messstellen erst ab März regelmäßig beprobt werden. Für Januar

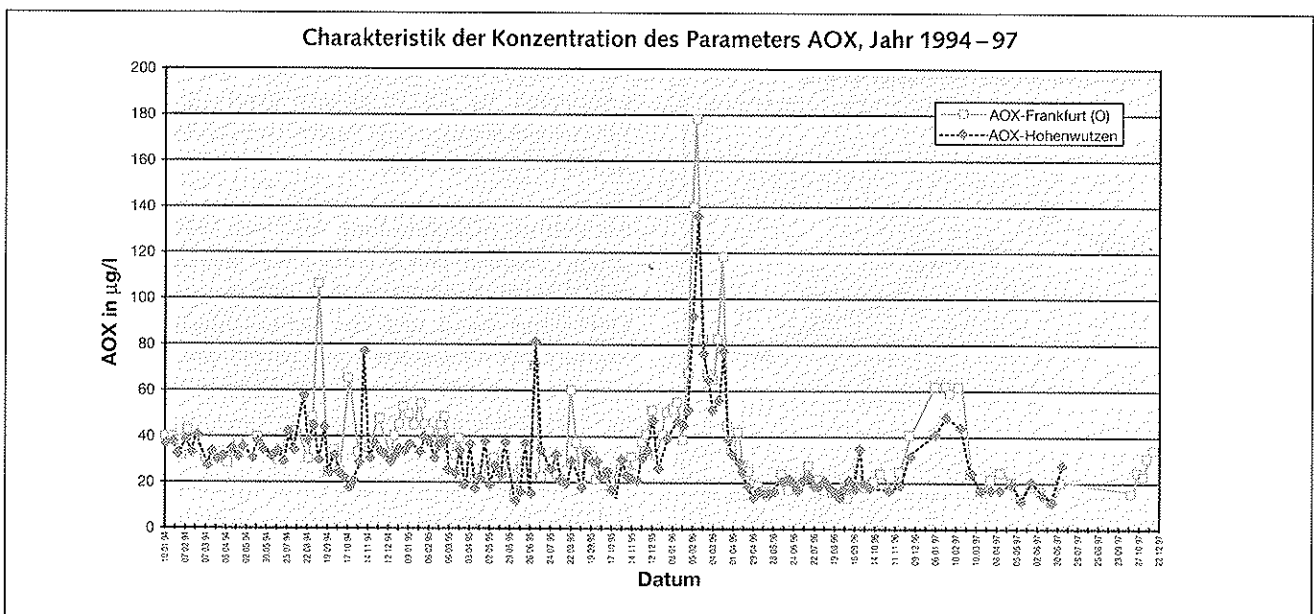


Abb. 5.3.2.2.-1: Konzentrationscharakteristik des Parameters AOX der Jahre 1994 bis 1997, Messpunkt Frankfurt (O.) und Hohenwutzen

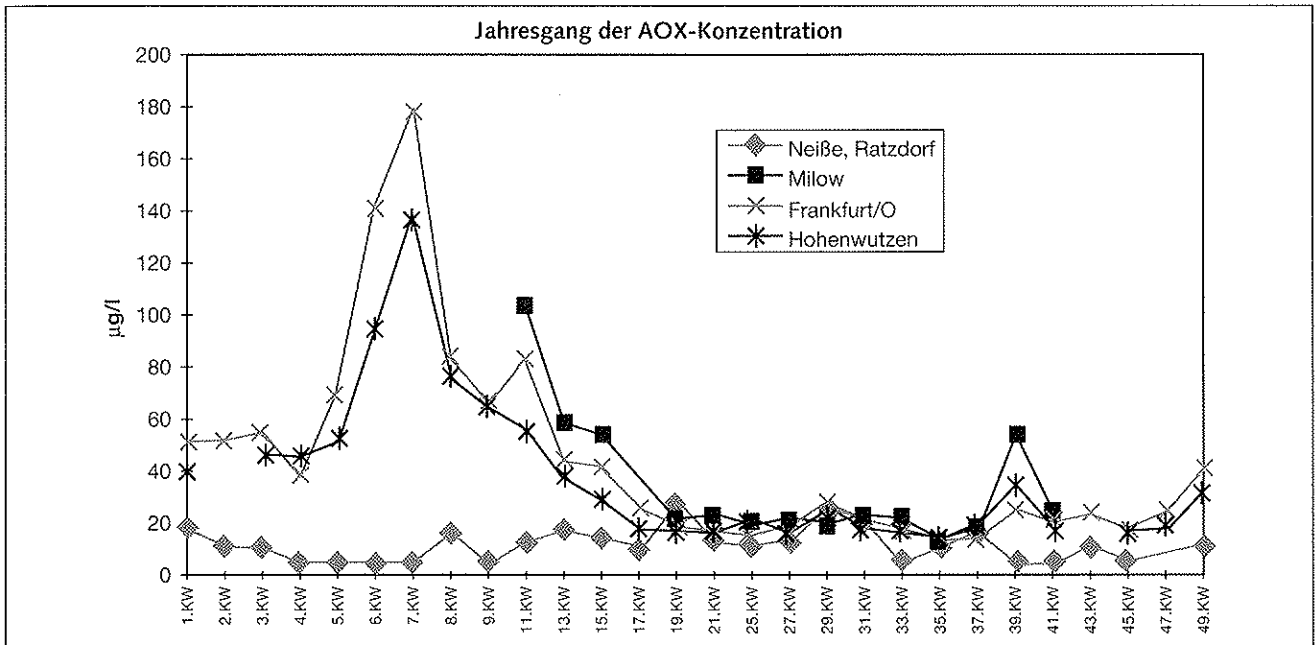


Abb. 5.3.2.2.-2: AOX-Konzentration, Jahresgang an ausgewählten Messstellen

und Februar liegen nur Ergebnisse für die aus den Messstationen entnommenen Proben vor. In Abbildung 5.3.2.2.-1 ist an 2 repräsentativen Messstellen der Jahresgang dargestellt. Ab Mitte Januar, mit Beginn der Eisbildung auf der Oder, steigen die AOX-Gehalte schnell an und es werden Belastungsspitzen von 179 µg/l in Frankfurt(O.) und 137 µg/l in Hohenwutzen ermittelt. Im März ist nochmals eine Erhöhung der Konzentration zu verzeichnen, die auf abfließendes Schmelzwasser zurückgeführt werden kann. Der höchste Wert wurde dabei in Milow mit 104 µg/l gemessen. Von Mai bis November liegen die Gehalte bei ca. 20 µg/l und schwanken bis auf eine kurzzeitige Konzentrationserhöhung im Sep-

tember nur unwesentlich. Zum Jahresende ist wieder ein Anstieg der Konzentrationen zu beobachten. Die Veränderung der AOX-Konzentration über den Flusslängsschnitt ist in der folgenden Abbildung am Beispiel der Ergebnisse aus der Aprilbeprobung (15. KW) dargestellt.

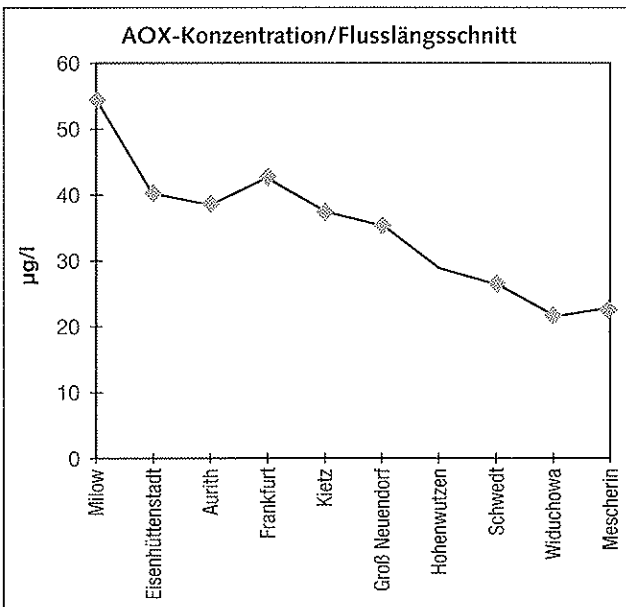


Abb. 5.3.2.2.-3: AOX-Gehalte im April 1996 (15. KW)

Das Belastungsniveau der Oder wird größtenteils durch die aus dem Ober- und Mittellauf des Flusses mitgeführten AOX-Frachten beeinflusst. Nach dem Zufluss der Neißeritz bei Ratzdorf verringern sich die Gehalte bis Eisenhüttenstadt deutlich und erhöhen sich dann bis Frankfurt(O.) geringfügig, was auf die in diesem Gewässerabschnitt angesiedelten Punktbelastungen zurückgeführt werden kann. Danach ist eine stetige Abnahme der Konzentration zu verzeichnen. Der Fakt ist insoweit erstaunlich, da sich in diesem Abschnitt eine Reihe von Abwassereinleitungen der Papier- und Zellstoffindustrie befinden (Bleiche ohne Chlor).

Die mittlere AOX-Belastung der Oder 1995 liegt bei 19 bis 24 µg/l (Median) und ist damit etwas geringer als die der Elbe [ARGE ELBE]. Im Vergleich dazu sind die Lausitzer Neißeritz, der Oder-Spree-Kanal und die Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße mit Gehalten zwischen 11 und 15 µg/l (Median) wesentlich weniger belastet. Entsprechend der 90-Perzentile der Messstellen Frankfurt(O.) und Hohenwutzen weist daher der Gewässerabschnitt gemäß der Güteklassifizierung für Fließgewässer nach Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA-AK] eine erhöhte Belastung (Güteklasse III) aus.

### 5.3.2.3 Metalle und Metalloide

Schwermetalle gelangen ebenfalls, beispielsweise durch Abwassereinleiter oder durch diffuse Einträge, in gelöster Form in

die Gewässer. Erst mit dem Auftreten geeigneter Sorbentien (z. B. Schwebstoffe) und ausreichender Kontaktzeit findet ein Transfer der Schwermetalle von der gelösten Phase in die Feststoffphase statt [CALMANO et. al.]. Für Schwermetalle und auch eine Vielzahl anderer chemischer Substanzen anthropogenen und natürlichen Ursprunges stellen aquatische Systeme somit die Medien für einen mehr oder weniger langen Zwischenaufenthalt bis zum Übergang in andere Kompartimente dar [TERYTZE]. Das chemische Reaktionsverhalten von Schwermetallen und somit ihre Bioverfügbarkeit und Toxizität werden durch den vorliegenden Bindungszustand mit seinen jeweiligen physikalisch-chemischen Eigenschaften bestimmt [WILLME et. al.]. Wie bereits erwähnt, wird die Bindungsform und damit die Mobilität von Spurenmetallen in natürlichen Gewässern im Wesentlichen vom pH-Wert und den Redoxverhältnissen beeinflusst.

Im Rahmen des Monitorings wurden auch die Gesamtmetallkonzentrationen in der Wasserphase bestimmt (Tabelle 5.3.2.3.-1 Gesamtkonzentrationen ausgewählter Schwermetalle und Arsen, Stromoder). Für die Klassifizierung der Fließ-

gewässergüte in Bezug auf die Gesamtbelastung mit Schwermetallen war die in der Vergangenheit allgemein übliche Richtlinie der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) nicht anwendbar, da die Ergebnisse biologischer Untersuchungen (Vorkommen von Indikatororganismen) die Grundlage für die Einordnung der Fließgewässer in eine siebenstufige Gewässergüteklassen-Skala bildeten [LAWA 1976].

In einem Entwurf „Allgemeine Güteanforderungen (AGA) für Fließgewässer im Land Brandenburg“ werden für Schwermetalle in typischen Fließgewässern folgende Obergrenzen vorgeschlagen [LANDTAG BRANDENBURG 1994]:

- Kupfer<sub>gesamt</sub> : < 40 µg/l
- Nickel<sub>gesamt</sub> : < 30 µg/l
- Cadmium<sub>gesamt</sub> : < 1 µg/l
- Blei<sub>gesamt</sub> : < 20 µg/l
- Chrom<sub>gesamt</sub> : < 30 µg/l
- Zink<sub>gesamt</sub> : < 300 µg/l
- Quecksilber<sub>gesamt</sub> : < 0,5 µg/l.

Beim Vergleich der Messwerte aus Tabelle 5.3.2.3.-1 mit den vorgeschlagenen allgemeinen Güteanforderungen (AGA) kann keine Überschreitung der Grenzwerte durch die jeweils im Untersuchungszeitraum gemessenen Maximalkonzentrationen festgestellt werden. Vermerkt sei, dass infolge der Verteilungskoeffizienten die Schwermetalle vorwiegend an der Schwebstoffphase gebunden vorkommen und die Ergebnisse der Gesamtbestimmung stark vom Schwebstoffgehalt einer Wasserprobe abhängig sind. Insoweit ist eine Bewertung nach dieser Vorgehensweise nur als eine Näherung zu betrachten.

Bei dem Element **Kupfer** ist im Untersuchungsabschnitt Milow bis Kietz ein abfallender Konzentrationsverlauf (Median) zu

Tab. 5.3.2.3.-1: Konzentrationsbereiche Gesamtgehalte von Schwermetallen/As, Stromoder

Element	Einheit	Minimum	Maximum	Median	Anzahl der Messungen
Kupfer	µg/l	2,0	16,8	7,2	237
Nickel	µg/l	< 2,7	7,4	3,8	237
Cadmium	µg/l	< 0,20	0,37	< 0,20	237
Blei	µg/l	< 2,0	11,6	2,2	237
Chrom	µg/l	< 0,8	2,1	< 0,8	237
Quecksilber	µg/l	< 0,050	0,420	0,065	226
Arsen	µg/l	1,8	8,6	3,6	216
Zink	mg/l	< 0,05	0,14	< 0,05	237

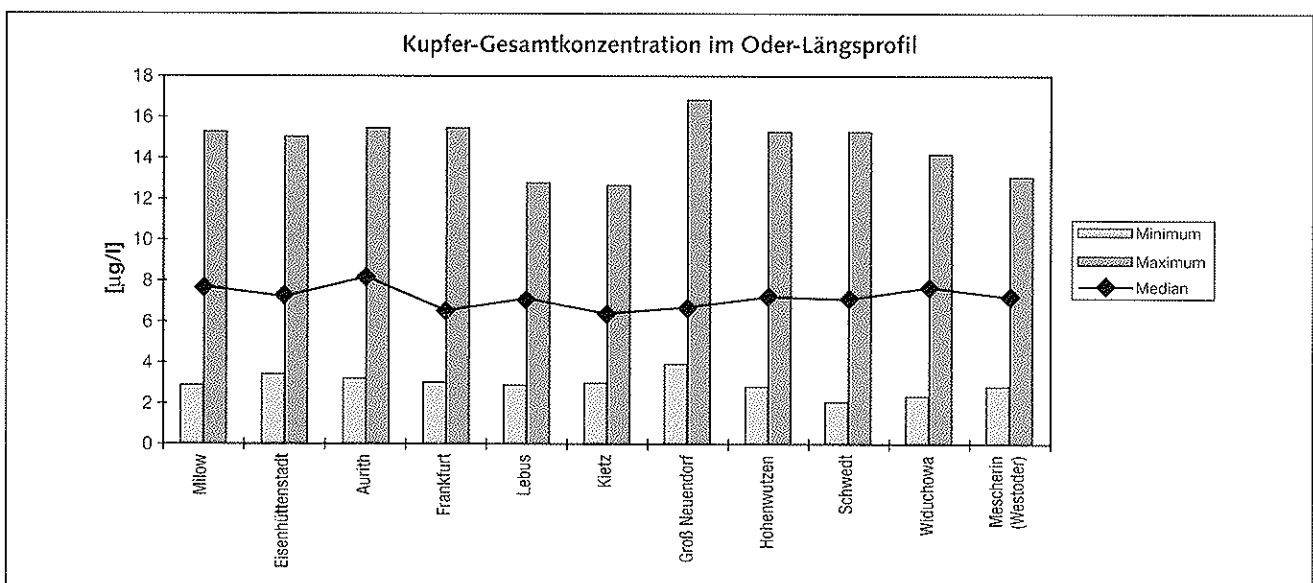


Abb. 5.3.2.3.-1: Kupfer-Gesamtkonzentration im Oder-Längsschnitt 1996

verzeichnen. Ein Anstieg des Medianwertes an der Messstelle Aurith ist auf Punktbelastungsquellen (insbesondere Einträge durch EKO Stahl AG) zurückzuführen. Im Abschnitt Groß Neuendorf bis Mescherin (Westoder) steigt die Kupfer-Konzentration leicht an, was möglicherweise auf Einträge durch die Warta hindeutet. An der Messstelle Groß Neuendorf wurde mit 16,8 µg/l der höchste Kupfer-Gehalt gemessen.

Obwohl die Nickel-Gehalte an den einzelnen Messpunkten sehr starken Schwankungen unterliegen, kann insgesamt ein leicht abfallender Konzentrationsverlauf im Oder-Längsprofil festgestellt werden. Die Konzentrationsabnahme beträgt rund 1 µg/l (bezogen auf die Medianwerte). Ein Einfluss von Belastungsquellen auf den Nickel-Gesamtgehalt der Oder ist im gesamten Untersuchungsabschnitt (Milow bis Mescherin) nicht auszumachen.

schwanken die Konzentrationen an den einzelnen Messpunkten um den Faktor 4 bis 7.

Die **Chrom**-Gesamtkonzentrationen (bezogen auf die Medianwerte) liegen im gesamten Untersuchungsabschnitt (Milow bis Mescherin) unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,8 µg/l. An den einzelnen Messstellen treten dabei allerdings Konzentrationsschwankungen um den Faktor 2 bis 5 auf. Die höchsten Maximalkonzentrationen erreichen an den Messpunkten Eisenhüttenstadt 1,8 µg/l und Groß Neuendorf 2,1 µg/l.

Die durchschnittliche **Zink**-Belastung (Median) überschreitet im Längsprofil der Oder an keiner Messstelle die analytische Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/l. Im Untersuchungsabschnitt Milow bis Frankfurt deuten die gemessenen Maxi-

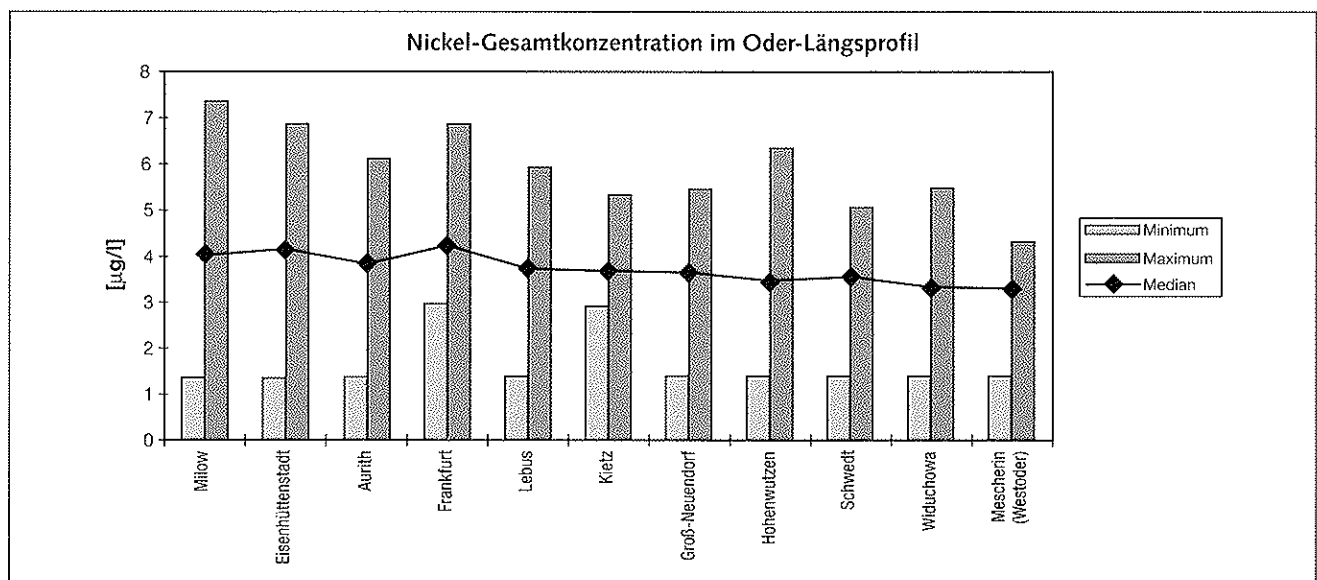


Abb. 5.3.2.3.-2: Nickel-Gesamtkonzentration im Oder-Längsprofil 1996

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die **Cadmium**-Konzentrationen (Medianwerte) an allen Odermessstellen unter der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,20 µg/l liegen. Gemessene Maximalkonzentrationen erreichen an den Messstellen Milow 0,33 µg/l, Groß-Neuendorf 0,35 µg/l und Widuchowa 0,37 µg/l. Der Abschnitt Groß Neuendorf bis Mescherin wird offenbar zeitweise von Cadmium-Einträgen aus der Warta beeinflusst. Dies wird insbesondere auch durch die in diesem Bereich durchgeführten Sedimentuntersuchungen bestätigt (siehe Kapitel 5.2.1.3.).

Im Untersuchungsabschnitt Milow bis Groß Neuendorf bewegt sich die **Blei**-Gesamtkonzentration (Medianwerte) auf einem Niveau von 2,0–3,0 µg/l. Bei der an der Messstelle Groß Neuendorf festgestellten Maximalkonzentration von 11,6 µg/l handelt es sich um ein kurzfristiges, nicht mehr nachvollziehbares Einzelereignis. Im Oderabschnitt Hohenwutzen bis Mescherin liegen die Blei-Gehalte (Median) unter der analytischen Bestimmungsgrenze von 2,0 µg/l, jedoch

malkonzentrationen auf Einflüsse durch punktuelle Belastungsquellen (Kläranlage Eisenhüttenstadt Süd und EKO Stahl GmbH) bzw. auf Einträge am Flussoberlauf hin.

Die **Quecksilber**-Gesamtkonzentration nimmt im Flusslängsprofil der Oder tendenziell ab. Im Abschnitt Milow bis Groß Neuendorf wurden durchschnittliche Quecksilber-Gehalte von 0,07 µg/l bis 0,09 µg/l (Median) gemessen, wobei die Konzentrationen an den einzelnen Messstellen um den Faktor 5 bis 10 schwanken. An den Messpunkten Milow und Frankfurt treten Maximalkonzentrationen von 0,39 µg/l bzw. 0,42 µg/l auf. Im Abschnitt Hohenwutzen – Mescherin liegen die Quecksilber-Gesamtkonzentrationen (bezogen auf die Medianwerte) ausschließlich unter der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l.

Die an der Odermessstelle Milow gefundenen **Arsen**-Gehalte von 4,4 µg/l (Median) bzw. 8,6 µg/l (Maximum) spiegeln die Vorbelastung vom Flussoberlauf her wider. Im weiteren

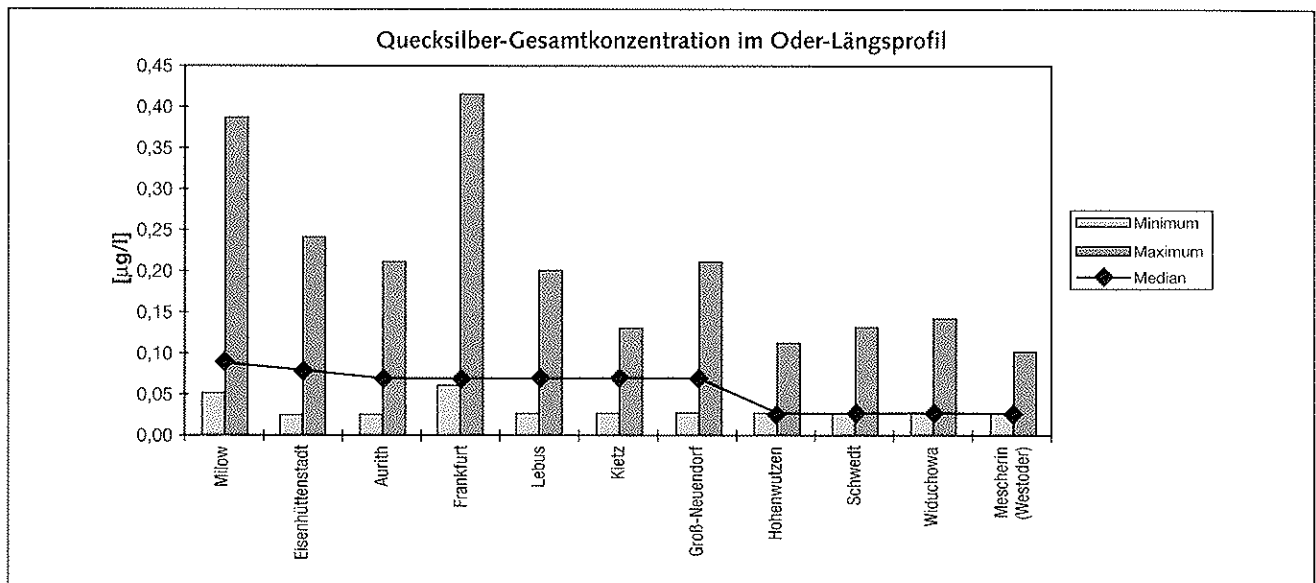


Abb. 5.3.2.3.-3: Quecksilber-Gesamtkonzentration im Oder-Längsprofil 1996

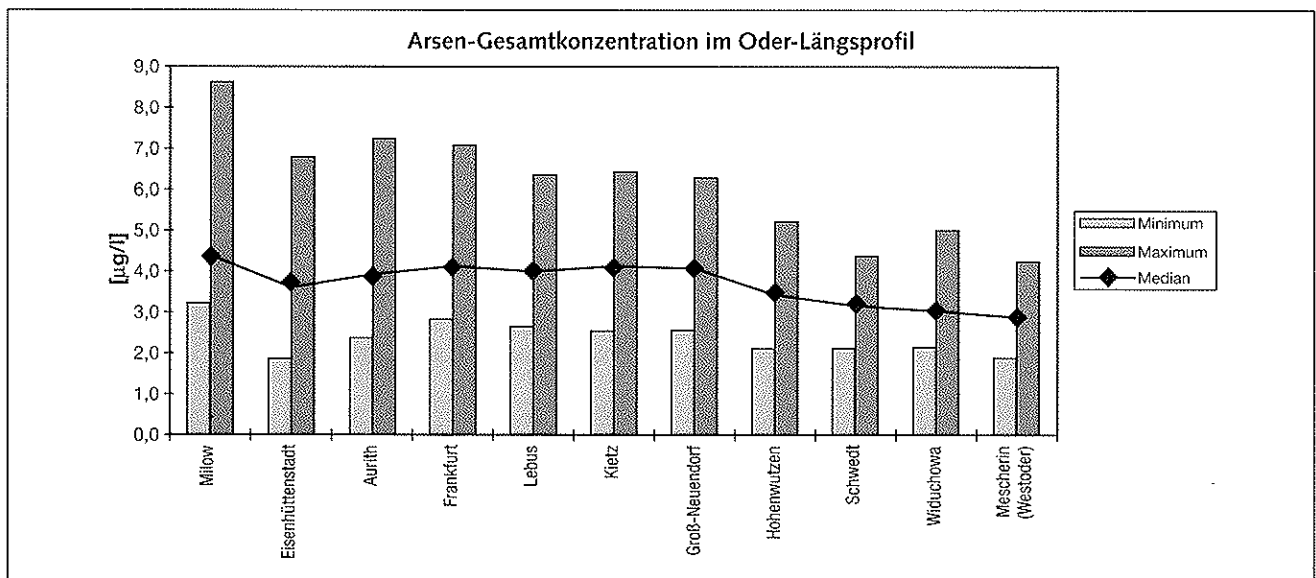


Abb. 5.3.2.3.-4: Arsen-Gesamtkonzentration im Oder-Längsprofil 1996

Längsprofil von Eisenhüttenstadt bis Groß Neuendorf treten keine signifikanten Konzentrationsänderungen auf. Die Arsen-Gesamtkonzentration bewegt sich in diesem Oderabschnitt auf einem Niveau von 3,6 µg/l bis 4,1 µg/l, wobei die Gehalte an den einzelnen Messpunkten um den Faktor 3 schwanken. Im Untersuchungsabschnitt Groß Neuendorf bis Mescherin fallen die durchschnittlichen Arsen-Konzentrationen (Medianwerte) von 4,1 µg/l auf 2,9 µg/l leicht ab.

#### 5.3.2.4 Organische Parameter

##### – Polychlorierte Biphenyle

In den Wasserproben sind im Untersuchungsjahr keine Gehal-

te > 10 ng/l der PCB-Einzelkongenere (28, 52, 101, 138, 153 und 180) im gesamten Grenzoderabschnitt gemessen worden.

##### – Chlorpestizide

Die Stoffgruppe DDT und Metabolite ist ebenso wie die PCB in den Wasserproben der Oder im gesamten Jahr 1996 nicht mit Gehalten > 10 ng/l vertreten. Dagegen sind Befunde an HCH-Isomeren besonders im Frühjahr/Sommer 96 zu verzeichnen. Ab September sind keine HCH-Werte > 5 ng/l mehr gemessen worden (Abb. 5.3.2.4.-1). Die Spitzenwerte im März von 103 ng/l sind wie in den Schwebstoffen im Zusammenhang mit dem Eisaufbruch und dem einsetzenden Frühjahrshochwasser zu sehen.

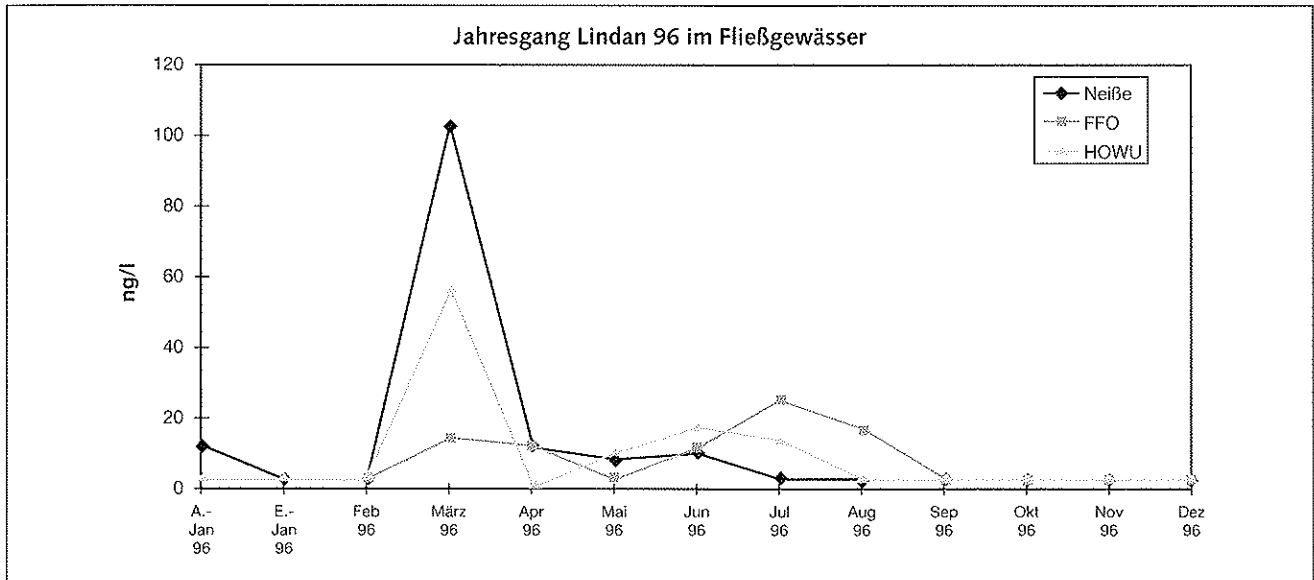


Abb. 5.3.2.4.-1: Jahresgang der Lindan-Konzentrationen 1996

Tab. 5.3.2.4.-1: Lindangehalt in ng/l in Oder und Neißة, Jahreswerte 1996

Messstelle	Minimum	Mittelwert	90-Perzentil	Maximum
Neißة/Ratzdorf	< 5	12,6	33,5	103
Oder/Frankfurt (O.)	< 5	7,6	18,6	25,0
Oder/Hohenwutzen	< 5	9,8	30,4	57,0

– Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (LHKW und BTX)

Die LHKW (leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe) wie Trichlormethan, 1,1,1- und 1,1,2- Trichlorethen, Dichlorethen, 1,2-Dichlorethen und Tetrachlormethan sind bis auf einzelne Ausnahmen nicht in Gehalten über 0,1 µg/l gemessen worden. Lediglich das Tri- und Tetrachlorethen werden häufiger in der Oder nachgewiesen.

Für das Trichlorethen liegen die Werte im Mittel (Median) bei 0,14 µg/l im Bereich der Oder bei Ratzdorf (Messstelle Milow) und zeigen eine leicht abnehmende Tendenz bis zur Messstelle Frankfurt(O.), wo im Mittel 0,11 µg/l gemessen worden sind. Der Anstieg nach dem Fluss-km 585 lässt sich auf den Einfluss einer Punktbelastungsquelle zwischen den Messstellen Frankfurt und Lebus zurückführen. Danach nimmt der Gehalt an Trichlorethen in Richtung Oder/Widuchowa langsam ab und erreicht an dieser Messstelle Werte, die in der Regel unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l liegen. Diese Tendenz ist auch beim Vergleich der Einzelwerte (siehe Anlagen) deutlich ablesbar.

Für die Berechnung des Median sind nur die Gehalte von März bis Oktober 1996 herangezogen worden, da die durchgängige Probenahme im Jahr 1996 wegen der starken Eis-

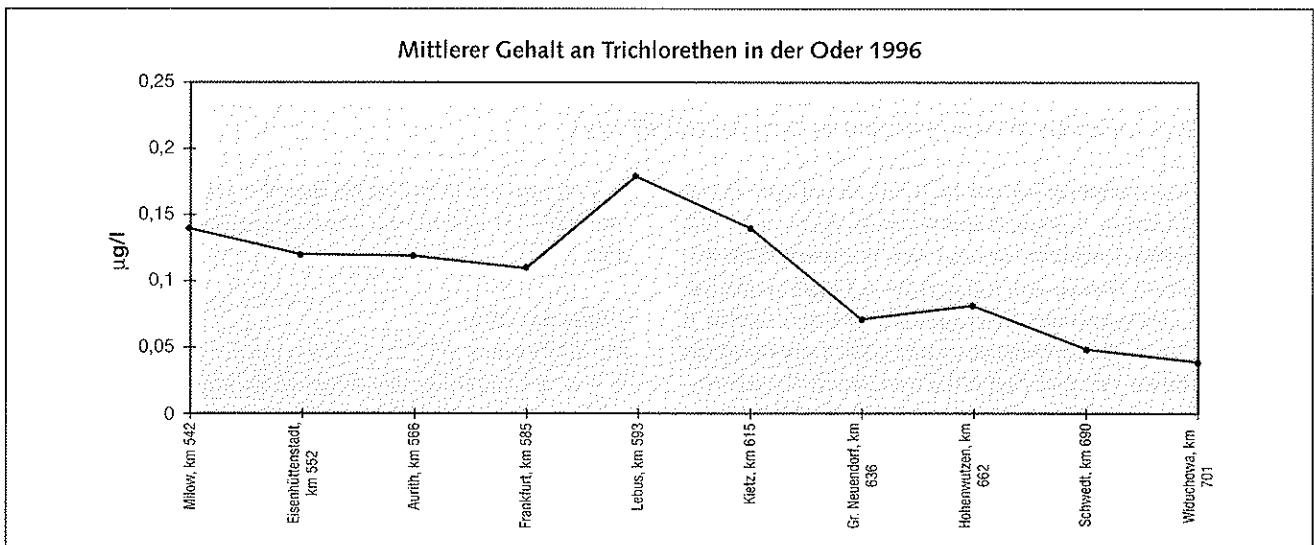


Abb. 5.3.2.4.-2: Mittlere Trichlorethen-Gehalte im Oder-Längsprofil

bildung in den Wintermonaten nicht möglich gewesen ist. In den Monaten Januar bis Februar 1996 sind in der Oder Trichlorethengehalte von 4–5 µg/l gemessen worden. Die Neiße liefert keinen Beitrag zur Erhöhung der Gehalte an Trichlorethen. Hier liegen die Werte 1996 bis auf wenige Ausnahmen unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l. Für Tetrachlorethen ergibt sich ein ähnliches Bild, allerdings sind die Gehalte deutlich niedriger als beim Trichlorethen und vielfach unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l.

**– BTEX-Aromaten**

Die BTEX-Aromaten – Benzen, Toluol, Ethylbenzen, Xylen – als Gruppe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe sind in der Oder an allen Messstellen nur sehr selten in Gehalten größer 1 µg/l anzutreffen.

**– Komplexbildner EDTA und NTA**

Die Komplexbildner EDTA (Ethylendiaminetetraessigsäure) und NTA (Nitrilotriessigsäure) gehören zu den Substanzen, die das Belastungsniveau der Oder mitbestimmen. Als Quellen sind hier die kommunalen Abwässer zu nennen, aber auch Einleitungen aus der Papier- und Zellstoffherstellung liefern ihren Beitrag zum Gehalt an Komplexbidnern in der Oder.

Bisher werden diese Stoffe selbst als toxikologisch weniger bedeutsam eingeschätzt. Jedoch besitzen sie aufgrund ihrer chemischen Struktur die Fähigkeit Metallionen in wasserlösliche Verbindungen (Metallkomplexe) zu überführen. Dieser Tatbestand lässt EDTA und NTA im Zusammenhang mit dem Problem der Schwermetallbelastung der Gewässer als umweltrelevante Faktoren erscheinen. In den Abbildungen 5.3.2.4-3 und 4 sind die Minima, Maxima, die Mediane und die 90-Perzentile der EDTA- und NTA-Konzentrationen in Oder und Neiße an den Messstationen dargestellt.

Im Hauptstrom der Oder sind EDTA-Gehalte von 1,44 µg/l bis 23,4 µg/l und NTA-Gehalte im Bereich unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l bis 11,8 µg/l gemessen worden, in der Neiße liegt das Maximum der EDTA-Gehalte bei 9,28 µg/l und für NTA bei 6,17 µg/l. Es kann eingeschätzt werden, dass die Situation bezüglich dieser beiden Stoffe in den letzten drei Jahren konstant geblieben ist. Für EDTA weist die Oder ein insgesamt höheres Niveau auf als das der Lausitzer Neiße, was auf eine größere industrielle und gewerbliche Nutzung im Einzugsgebiet hinweist. Anders stellt sich dagegen die Situation bezüglich NTA dar. Da beide Stoffe ein sehr differenziertes Abbauverhalten offenbaren, ist eine Interpretation der Ergebnisse beider Gewässern aus der allgemeinen Erkenntnis der anthropogenen Belastungssituation nur schwer möglich.

Die Neiße zeigt ein vergleichbares Konzentrationsniveau für EDTA und NTA wie die Elbe an den Fließgewässermessstellen ohne Tideeinfluss, während in der Oder die Gehalte im Durchschnitt doppelt so hoch sind. Die Oder ist in ihren Gehalten an EDTA und NTA mit der Mosel bei Koblenz vergleichbar. Hier wurden 1994 Werte zwischen 3,1 und 29 µg/l für EDTA

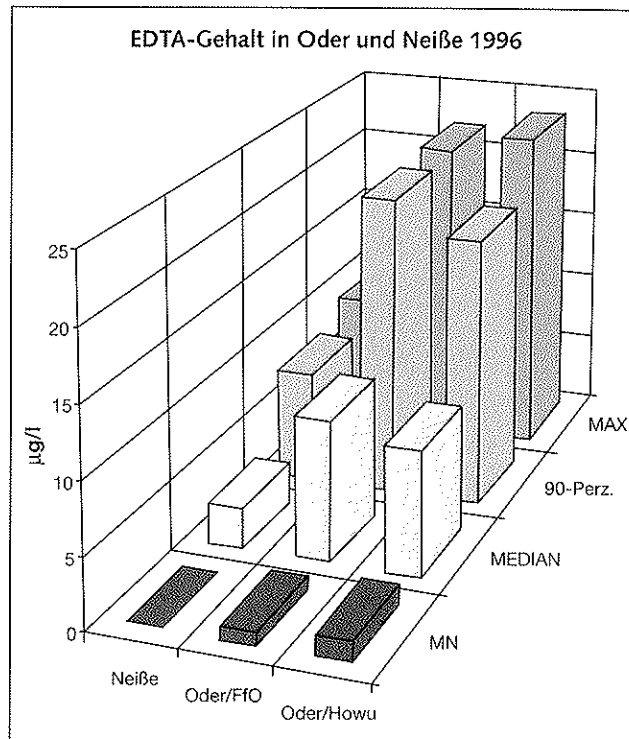


Abb. 5.3.2.4.-3: EDTA-Gehalt Jahr 1996

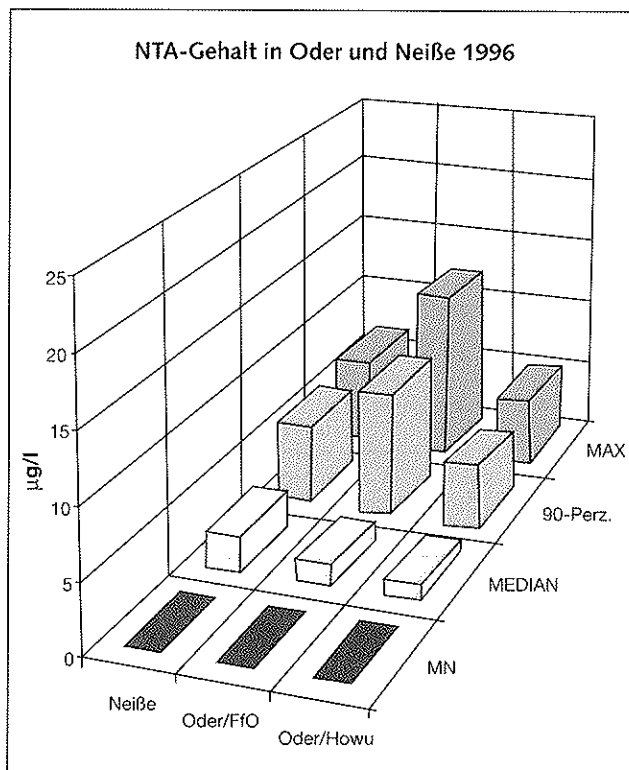


Abb. 5.3.2.4.-4: NTA-Gehalt Jahr 1996

gemessen. Für NTA lagen an der gleichen Mosel-Messstelle die Werte mit 0,7 bis 3,0 µg/l etwas niedriger als in Oder und Neiße [IKSR 95].

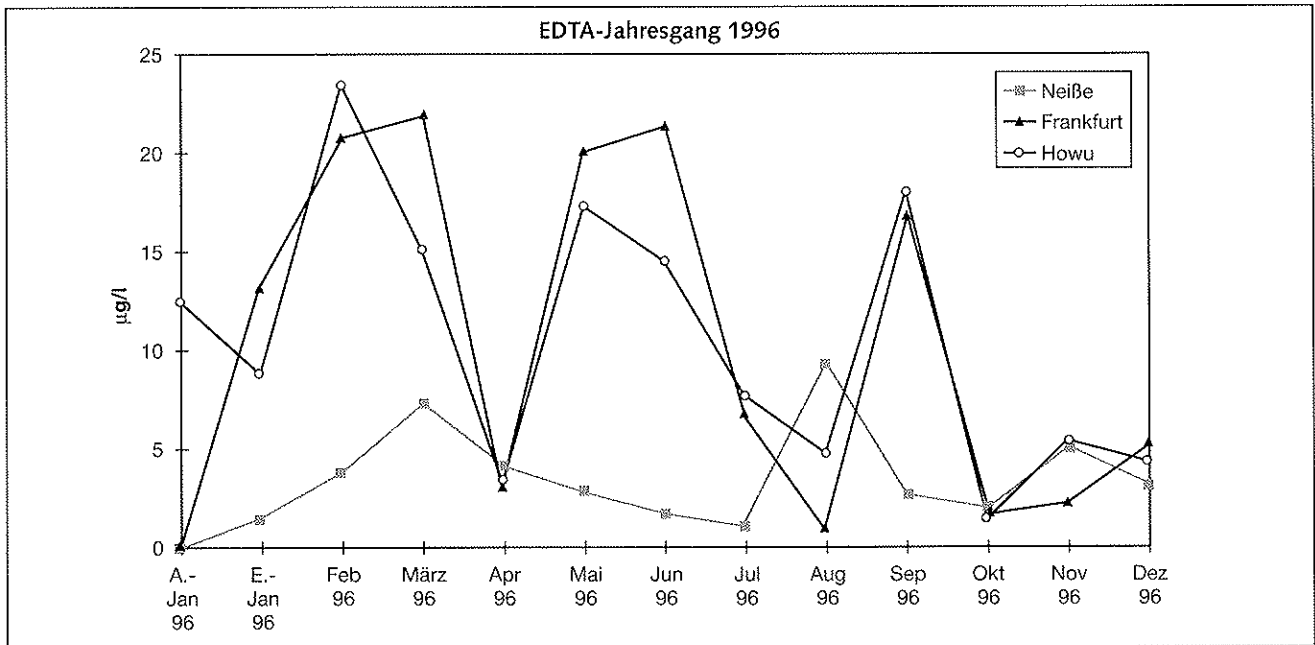


Abb. 5.3.2.4.-5: EDTA-Jahresgang 1996

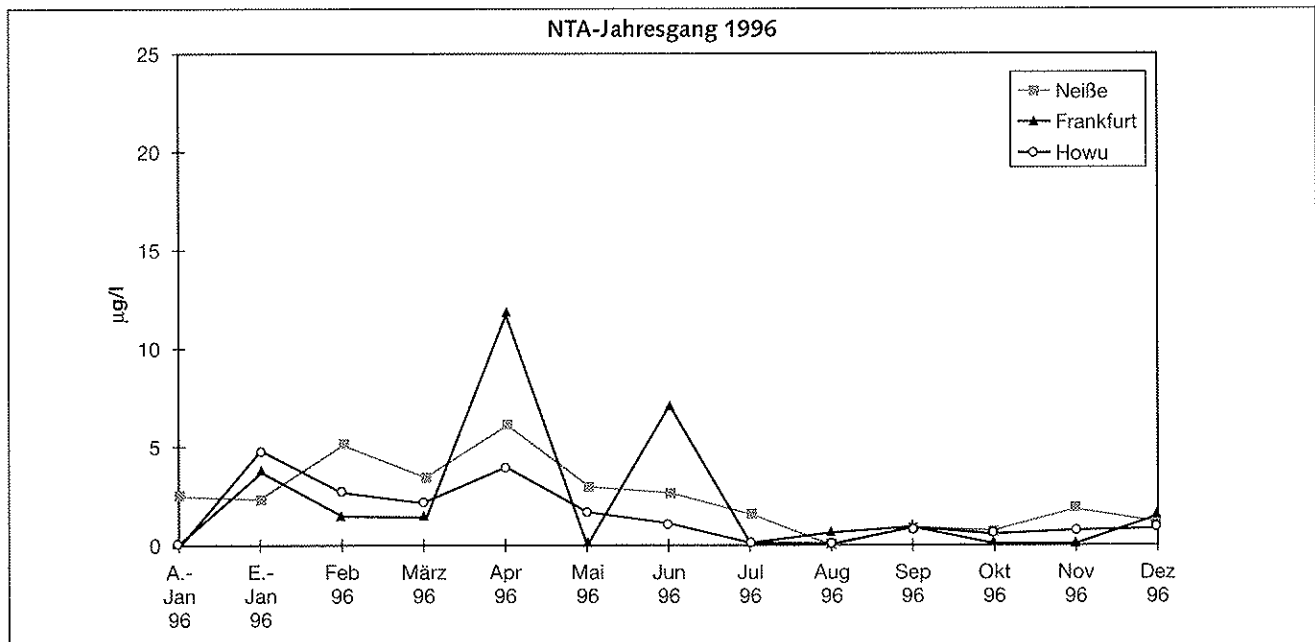


Abb. 5.3.2.4.-6: NTA-Jahresgang 1996

Die Abbildung 5.3.2.4-5 und 6 zeigen den Jahresgang der EDTA- und NTA-Konzentration an den Messstationen Neißة/Ratzdorf, Oder/Frankfurt und Hohenwutzen im Jahr 1996. Es ist auch für diese Stoffgruppe zu erkennen, dass der Einfluss der Neißة bezüglich der Belastung der Oder mit EDTA als gering eingeschätzt werden kann.

Das etwas höhere Niveau der NTA-Werte in der Lausitzer Neißة könnte ihre Ursache in einer noch geringen Reinigungsleistung der Abwässer gegenüber der Situation an der

Oder haben, da NTA allgemein gut in Kläranlagen abbaufähig ist. Gerade im Oderabschnitt erfolgte in den letzten Jahren eine verstärkte Rekonstruktion bestehender bzw. der Neubau von Kläranlagen. Trotz der Anwendung als Phosphatersatzstoff in den Waschmitteln ist kein nachhaltiger Konzentrationsanstieg im Grenzgewässerabschnitt zu verzeichnen.

– **Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe**  
In Anlehnung an die Trinkwasserverordnung (TVO) ist die PAK-Belastung als Summe der Konzentrationen der 6 Einzel-



stoffe Fluoranthen, Benzo(b)- und Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren und Benzo(g,h,i)perylene bestimmt worden.

An allen Messstellen der behördlichen Gewässerüberwachung an der Oder und den betrachteten Zuflüssen ist keine Überschreitung des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 0,2 µg/l ermittelt worden. In der Regel liegen die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,04 µg/l. Im Vergleich zum Untersuchungsjahr 1993, in dem noch Überschreitungen des TVO-Grenzwertes festgestellt wurden, ist somit eine verringerte Belastung zu verzeichnen.

## 5.4 Abwassereinleitungen

Die Einleitung von Abwässern aus Punktbelastungsquellen in die Oder tragen nur einen Bruchteil zur Gesamtbelastung des Gewässers bei [AG W2, IKSO]. Diese Form der Verschmutzung und ihre Verringerung ist noch am „erfassbarsten“. Es ist immer darauf hinzuweisen, dass die Ermittlung nicht oder schwer lokalisierbarer, diffuser Einträge im Einzugsgebiet eine wesentlich anspruchsvollere Aufgabe für den Gewässerschutz darstellt. So ist bei Rekonstruktion und Neubau der Kläranlagen im Grenzoderschnitt, die wiederum nur einen Anteil der „Hot Spots“ verkörpern, eine überproportionale Verbesserung des Ökosystems Oder nicht zu erwarten. Aber auch hier erfolgt mittlerweile ein Umdenken, um gemeinsam die bestehenden Gewässerschutzprobleme zu lösen.

### 5.4.1 Kurzdarstellung wesentlicher punktueller Einträge

In nachfolgender Tabelle sind die wesentlichen Direkteinleiter im Grenzoderabschnitt auf deutscher Seite dargestellt.

Als weitere, direkte Belastungsquellen von polnischer Seite müssen die der Papierindustrie Kostrzyn – Stadt Kostrzyn angesehen werden. Diese leiten in die Warthe, nur wenige Meter oberhalb der Einmündung in die Oder (bei Fluss-km 617,4) ihr Abwasser ein und haben somit eine unmittelbare Auswirkung auf die Wasserbeschaffenheit des Grenzgewässers. Aufgrund der Vorgaben zur Einhaltung der Grenzwerte nach Abwasserverordnung erfolgte in den letzten Jahren eine Reihe von Modernisierungen bestehender Anlagen auf deutscher Seite. So verfügen die industriellen Einleiter im Raum Schwedt über eine leistungsfähige Reinigung der Abwässer, dieses gilt auch für die kommunale Kläranlage der Stadt Frankfurt(O.), deren Konzentrationen sich bei einzelnen Parametern auf 1/10tel des ursprünglichen Gehaltes reduzierten. Eine Verbesserung der Reinigungsleistung wird in naher Zukunft durch die Rekonstruktion der Anlage in Eisenhüttenstadt zu erwarten sein.

Infolge der künstlichen Verlegung des Flussbettes und Eindeichung der Oder sind diffuse Einträge über Oberflächenabfluss von deutscher Seite nur sehr begrenzt möglich und können punktuell erfasst werden. Schwierig ist dagegen die Belastungszuordnung im Raum Eisenhüttenstadt über das Einzugsgebiet des Oder-Spree-Kanals. Zur Scheitelhaltung des Kanales wird zeitweise Wasser aus der Oder durch Pumpen in einer Größenordnung von mehreren m³/s übergeleitet. Demgegenüber erfolgt ein Wasserabfluss über Schöpfwerkssysteme zur Trockenhaltung von Niederungsgebieten. Doch dieser Abfluss gelangt wiederum in Kanalabschnitte, denen keine eindeutige Fließbewegung zuzuordnen ist.

Durch die Vorfluter des Oderbruches und Raumes Eberswalde-Finow gerät die punktuelle und diffuse Belastung dieser Gebiete über die Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße in die Westoder und spielt für die Stromoder keine signifikante Rolle. Einträge über kleinere Fließgewässer

Tab. 5.4.1.-1: Angaben zu Direkteinleitern (deutsche Seite), Stand 1997

Belastungsquelle	Belastungsart	Abwassermenge in m³/a EW	Einleitung bei Fluss-km
Kläranlage Eisenhüttenstadt	kommunal	3 750 000 99 000	551,2
Kläranlage EKO Stahl AG Eisenhüttenstadt	Metallindustrie	10 736 000 -	560,2
Kläranlage Frankfurt(O.)	kommunal	6 300 000 99 000	586,1
Sammeleinleitung der Kläranlagen – PCK AG Schwedt – Haindl Papierfabrik – Schwedter Papier und Karton GmbH	– erdölverarbeitende Industrie – Papier- und Zellstoffindustrie	Summe: 16 766 000 -	697,6

kommunale Einleiter – genehmigte Jahresschmutzwassermenge (JSM)

industrielle Einleiter – gemessene Einleitungsmenge

Bemerkung – Die Einleitung der kommunale Kläranlage der Stadt Schwedt erfolgt in die Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße, daher kein Direkteinleiter.

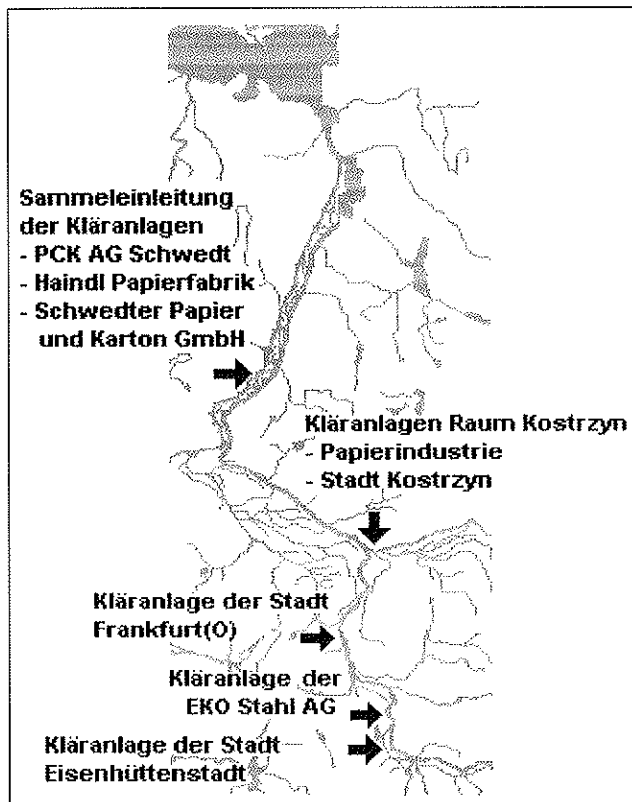


Abb. 5.4.1.-1: Lokale Verteilung der Abwassereinleitungen im Grenzoderabschnitt

(Bäche) können vernachlässigt werden. Die hier gemachten Anmerkungen sollten insbesondere bei Belastungs- oder Frachtzuzuweisungen eine Berücksichtigung finden.

#### 5.4.2 Charakteristik der Abwasserbeschaffenheit anhand ausgewählter Parameter

Die Charakterisierung der Beschaffenheit des Abwassers erfolgt nur ein Bezug auf allgemeine Vorgänge. Die Auswertung der Belastungsquellen im Messzeitraum ist im geringen Maße möglich. Technische Details der Kläranlagen sind nicht Gegenstand dieses Vorhabens. Die im Vorhaben durchgeführten Untersuchungen erfolgten auf der Grundlage der behördlichen Abwasserüberwachung, ergänzt durch Schwerpunktanalytik zur Erfassung einzelner Quellen der Parametergruppen. Neben allgemeinen Kenngrößen erfolgte eine Analyse des Abwassers auf Schwermetalle und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), denen mit der Aufnahme der Spurenanalytik eine besonders belastende Rolle zukam. Im Vergleich zur Stichprobenahme und Untersuchung eines Fließgewässers ist auf die Anwendung der Normen zur Probenahme und Analytik lt. Verordnungen im Abwasserbereich hinzuweisen.

Infolge größerer Konzentrationsgradienten zwischen gereinigtem Abwasser – Flusswasser und Abbau/Verdünnung/

Strömungsverhalten entstehen eine Reihe messtechnischer Probleme, um Wirkungen im Gewässer zu erfassen [SONNENBURG]. Eine vollständige Vermischung beider Wasserphasen kann je nach Wasserführung/Parameter erst einige Flusskilometer unterhalb der Einleitung analytisch aufgezeigt werden (Abwasserfahnenbildung).

Als weitere Komplikation ist anzusehen, dass Konzentrationsänderungen im Abwasser in einer viel kürzeren Zeitphase erfolgen. Daraus resultiert, dass die vorhandene Datendichte im Verhältnis zur Gradientenänderung nur sehr unzureichend und die Leistungsfähigkeit der Statistik zur genügenden Darstellung des Verhaltens und Frachtberechnung schnell erreicht ist. Analoge, messtechnische Zwangslagen treten auch bei der Erfassung von Nebenflüssen im Grenzgewässerabschnitt auf. Die Bewertung des Datenmaterials erfordert daher neben Exaktheit auch Kompromissfähigkeit in der Interpretation.

#### – Leitfähigkeit und pH-Wert

Augenscheinlich existiert im Abwasser der kommunalen Kläranlagen (Anlagenrekonstruktion 1995/96) ein Trend des pH-Wertes, demgegenüber zeigen die industriellen Abwässer ein eher sprunghaftes Verhalten der Leitfähigkeit. Da beide Größen durch das Betriebsregime der Anlage beeinflussbar, dürfte der technische Ausstattungs- und Modernisierungsgrad sowie die Fahrweise der Anlagen entscheidend sein [MUDRACK et. al.]. Der pH-Wert der Abwässer befindet sich im neutralen bis schwach basischen Bereich, was dem der Oder entspricht. Die Jahresmediane der Leitfähigkeit des Verfluters liegen in der Größenordnung von 800–1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mit Spitzenwerten um 1.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Lediglich das Abwasser des Sammeleinleiters im Raum Schwedt übersteigt diese in Einzelfällen um ein Mehrfaches.

#### – Organischer Kohlenstoff, gesamt und gelöst (TOC, DOC)

Beide Parameter sind hervorragende Größen zur Beurteilung der Güte des Abwassers der Kläranlagen. In Abbildung 5.4.2.-2 zeigen die Einleitungen ein sehr differenziertes Verhalten für das Messjahr 1996 auf.

Das Abwasser der EKO Stahl AG weist aufgrund der Branche erwartungsgemäß die geringsten organischen Kohlenstoffgehalte in einer Größenordnung von < 6 mg/l auf, was eine geringe Belastung der Oder darstellt. Einen signifikanten Spitzenplatz im Grenzoderabschnitt übernimmt derzeit noch die kommunale Kläranlage Eisenhüttenstadt. Neben einer geringen Reinigungsleistung ist besonders der ungelöste Kohlenstoffanteil sehr hoch und weist auf eine schlechten Rückhalt ungelöster Bestandteile (z. B. feinste Schlammflocken, Batterien u. a.) hin. Einen positiven Trend zeigt die kommunale Kläranlage Frankfurt (O.) im Untersuchungszeitraum. Deren Rekonstruktion wurde Mitte des Jahres 1996 abgeschlossen und führt zu einer Reduzierung des Gehaltes an organischen Kohlenstoff auf Werte zwischen 10–12 mg/l. Die Ursprungsquellen der höheren organischen Kohlenstofflasten aus der Sammeleinleitung bei Schwedt dürften die Papier- und Zellstoffindustrie sein.

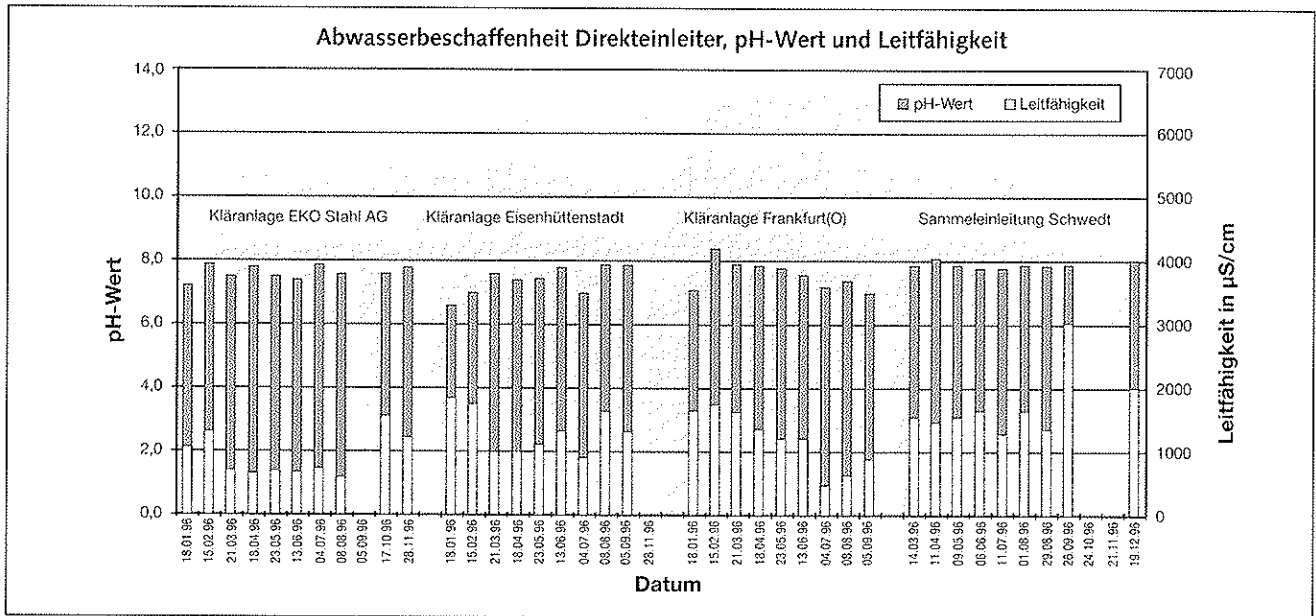


Abb. 5.4.2.-1: Abwasserbeschaffenheit der deutschen Direkteinleiter, Parameter pH-Wert und Leitfähigkeit, Messjahr 1996

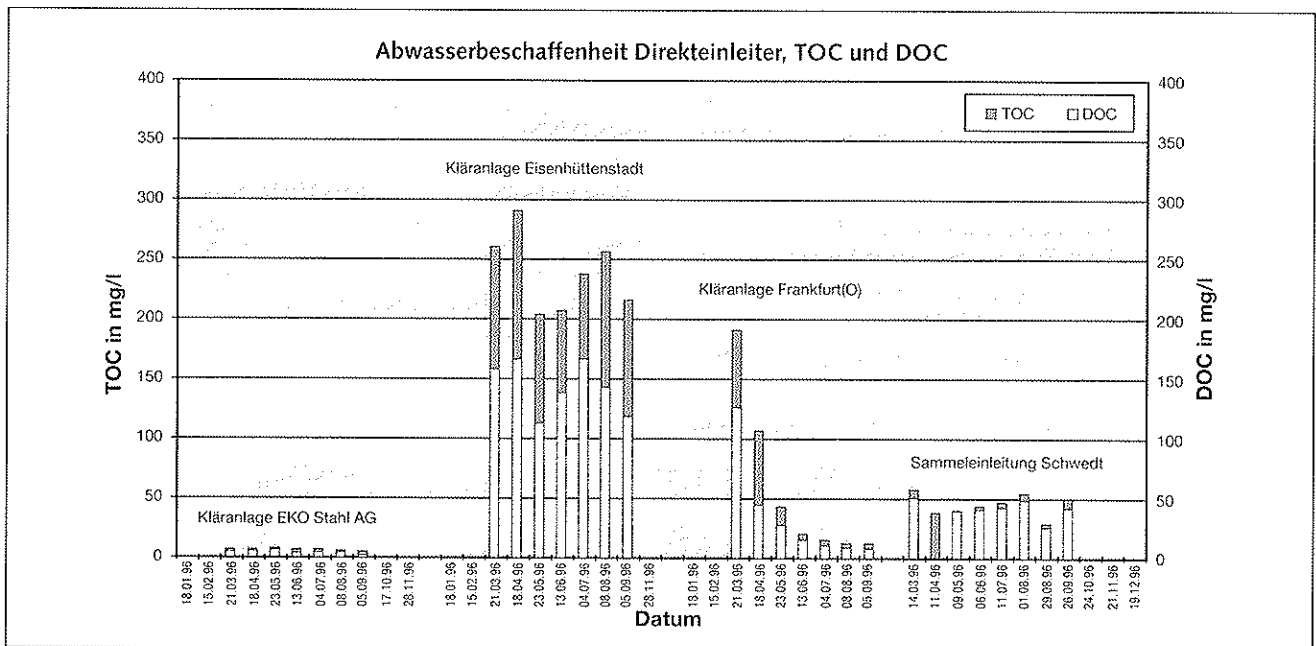


Abb. 5.4.2.-2: Abwasserbeschaffenheit der deutschen Direkteinleiter, Parameter TOC und DOC, Messjahr 1996

Mit Abschluss der Rekonstruktion der kommunalen Kläranlage Eisenhüttenstadt erfolgt eine weitere Reduzierung der Belastung von deutscher Seite.

**- Nährstoffe (Gesamtposphor und Summe des anorganischen Stickstoff)**

Eine essentielle Rolle bei der Belastung des Grenzgewässers kommt den Nährstoffen zu, die die Grundlage des hohen Eutrophierungspotentials bilden und besonders in den wärmeren Jahreszeiten die Ursache für Biomasseentwicklungen sind. Die Interpretation der Messwerte der Abbildung 5.4.2.-3

ist analog den Parametern TOC/DOC zu sehen. Die Probenahme, Analytik und Auswertung erfolgt entsprechend den Regeln der Abwasserverordnung. Dabei ist auf den Unterschied, daß Phosphor als eine Gesamtgröße im analytischen Sinn zu bewerten ist und Stickstoff als Summe der anorganischen Bestandteile (Ammonium-, Nitrit- und Nitratverbindungen) zu sehen ist bzw. nicht mit der Größe Gesamtstickstoff verwechselt wird, hinzuweisen.

Nach Rekonstruktion der kommunalen Kläranlagen ist eine Einhaltung der Grenzwerte von 2 mg/l P, gesamt und 10 mg/l

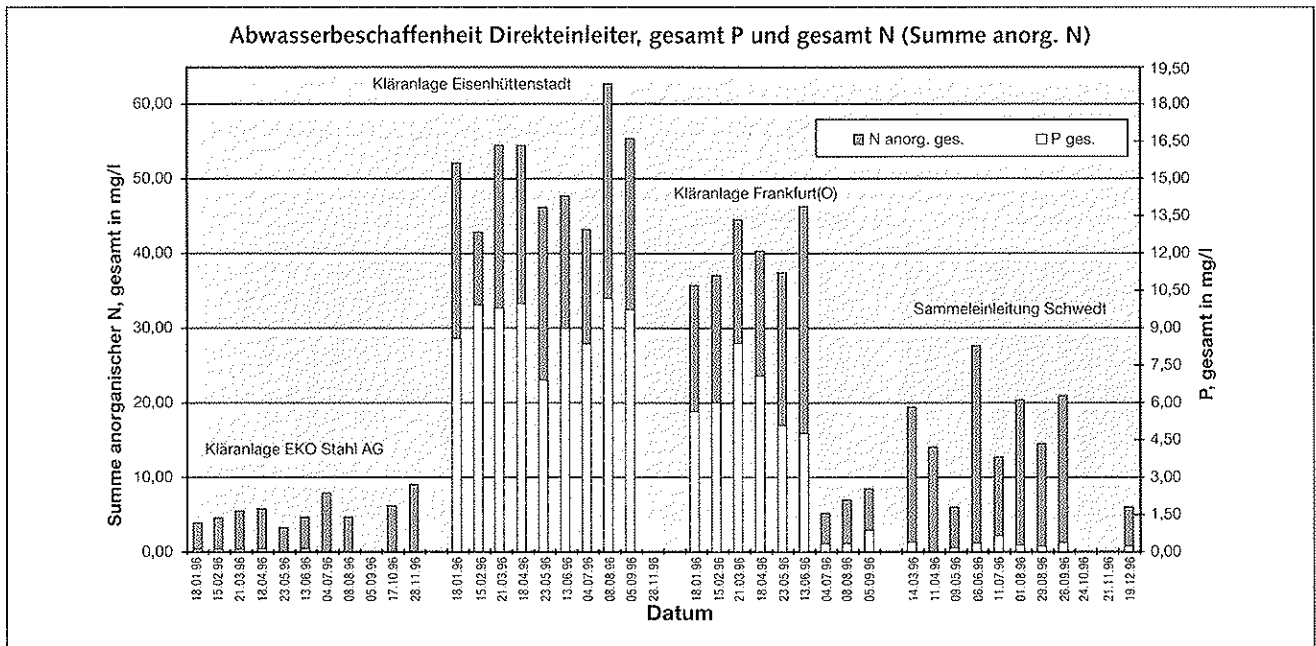


Abb. 5.4.2.-3: Abwasserbeschaffenheit der deutschen Direkteinleiter, Parameter Phosphor, gesamt und Summe anorganischen Stickstoff, Messjahr 1996

Summe N abzusehen. Die demgegenüber höheren Werte für die Summe des anorganischen Stickstoffs aus der Sammeleinleitung Schwedt resultieren aus den Abwässern der erdölverarbeitenden Industrie.

aus der Sammeleinleitung Schwedt hinzuweisen, deren Quellen eindeutig die Anlagen der Papier- und Zellstoffindustrie darstellen.

**– Adsorbierbare Organische Halogenide (AOX)**

Mit dem Analysenverfahren wird ein großer Anteil der organischen Halogene unter normierten Bedingungen erfasst. Neben der gewohnten Konzentrationsverteilung zwischen den Einleitern ist auf den höheren Anteil der AOX-Einträge

Einzeleinleiter	Bereich der AOX-Konzentrationen in µg/l
Haindl Papier GmbH Schwedt	120 – 200
Papier und Karton GmbH Schwedt	70 – 140
PCK AG Schwedt	20 – 60

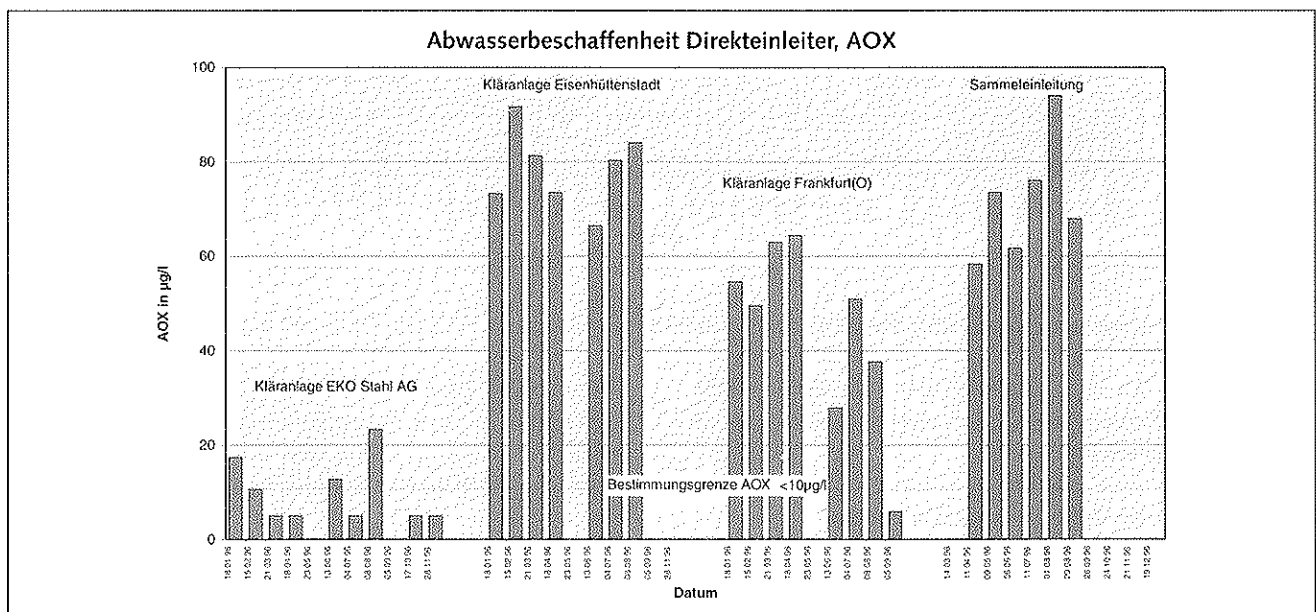


Abb. 5.4.2.-4: Abwasserbeschaffenheit der deutschen Direkteinleiter, Parameter Adsorbierbare Organische Halogene(AOX), Messjahr 1996

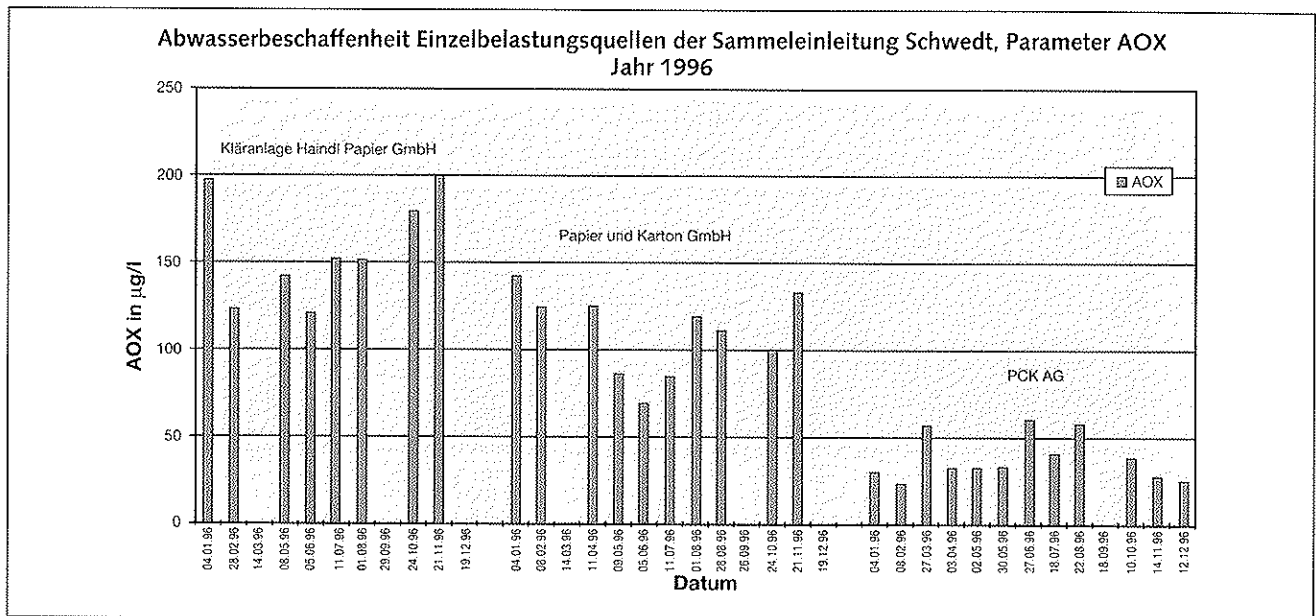


Abb. 5.4.2.-5: Abwasserbeschaffenheit der Punktbelastungsquellen der Sammeleinleitung Schwedt, Parameter Absorbierbare Organische Halogene (AOX), Messjahr 1996

Die Einleitungen haben einen geringen Einfluss auf die Wasserbeschaffenheit der gesamten Grenzoder, insgesamt wird die Konzentrationscharakteristik der AOX-Verbindungen im Flussabschnitt von der Vorbelastung aus dem mittleren und oberen Abschnitt und der Eisbedeckung (u. a. verminderte biologische Abbaufähigkeit) in den ersten Monaten eines Jahres überdeckt.

#### – Metalle

Direkteinleiter sind eine signifikante Schadstoffquelle, deren Eintrag beispielsweise auf einen hohen Feststoffgehalt im Abwasser und den daran adsorbierten Schwermetallen beruht. Bei der Betrachtung der einzelnen Quellen ist ebenfalls zu beachten, dass Schadstoffe über verschiedene Transportpfade in das Gewässer gelangen können. Das Abwasser der EKO Stahl AG stellt aufgrund der industriellen Stahlproduktion eine logische Belastung durch einige Schwermetalle dar. Es zeigt sich aber, dass nicht nur die direkten Abwässer des Industriestandortes hohe Konzentrationen einzelner Elemente aufweisen, sondern über die Nahdeposition die Belastung von Kleinzugsgebieten (und deren Kläranlagen als Output) in der Nähe des Stahlwerkes beachtet werden sollte.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist darauf zu verweisen, dass die Messwerte im Rahmen der Abwassereinleiterüberwachung ermittelt wurden und die Kontrolle gegenüber zeitproportionalen Aspekten im Vordergrund stand. Infolge der geringen Werteanzahl im Messjahr wurden die Ergebnisse des Jahres 1997 in die Auswertung einbezogen.

#### Cadmium und Quecksilber

In der Oder liegen die analysierten Gehalte in der Wasserphase allgemein im Bereich oder unterhalb der Bestimmungs-

grenze. Problemstellen im Gewässer kann es in Verbindung mit sedimentierten, belasteten Schwebstoffen geben, deren Quelle ein Abwassereinleiter darstellt.

Fehlende Balken in Abbildung 5.4.2.-6 stellen Schwermetallkonzentrationen dar, die sich unterhalb der Bestimmungsgrenze befinden. Für alle betrachteten Direkteinleiter ist erkennbar, dass die Belastung 1997 wesentlich gegenüber dem Messjahr 1996 zurückgegangen ist. Als eine Ursache sind Kläranlagenrekonstruktionen (KA Frankfurt(O.) Mitte 1996; KA Eisenhüttenstadt Ende 1996; KA EKO Stahl AG) mit drastischer Belastungsreduzierung zu nennen. Weiterführende Aussagen können aufgrund fehlender Kenntnisse über anthropogene Veränderungen im Einzugsgebiet nicht getroffen werden. Erwartungsgemäß kommen die höchsten Gehalte im Abwasser der EKO Stahl AG vor. Über die Flächenbelastung (Nahdeposition) weist auch das Abwasser der kommunalen Kläranlage Eisenhüttenstadt 1996 höhere Gehalte auf. Da mit Rekonstruktion der Schwebstoffanteil drastisch gesenkt wurde, reduziert sich auch der aggregierte Schadstoffgehalt.

#### Blei, Chrom, Kupfer, Nickel

Alle 4 Elemente bilden ein messbares, am Schwebstoff aggregiertes Schadstoffpotential im Gewässer. Hohe Bleikonzentrationen treten im Untersuchungszeitraum bei der EKO Stahl AG auf, das Konzentrationsverhalten im betrachteten Zeitraum kann aus einer Reihe anlagentechnischer Änderungen erklärt werden. Der erhöhte Bleigehalt der kommunalen Anlage Eisenhüttenstadt (im Gegensatz zu Frankfurt(O.)) dürfte im Zusammenhang mit der Nahdeposition der EKO Stahl AG zu sehen sein. In den kommunalen Anlagen Eisenhüttenstadt/Frankfurt(O.) ist der gravierende Kupferrückgang auf die

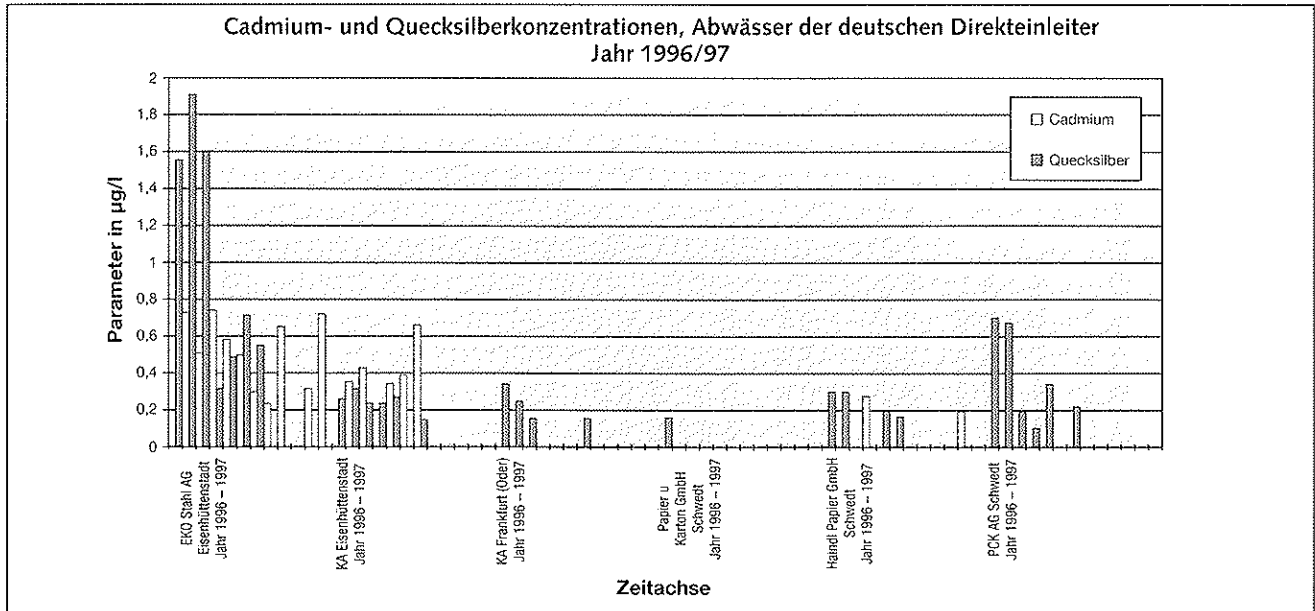


Abb. 5.4.2.-6: Cadmium und Quecksilberkonzentrationen der Abwässer deutscher Direkteinleiter im Grenzgewässerabschnitt der Oder, Messjahre 1996/97

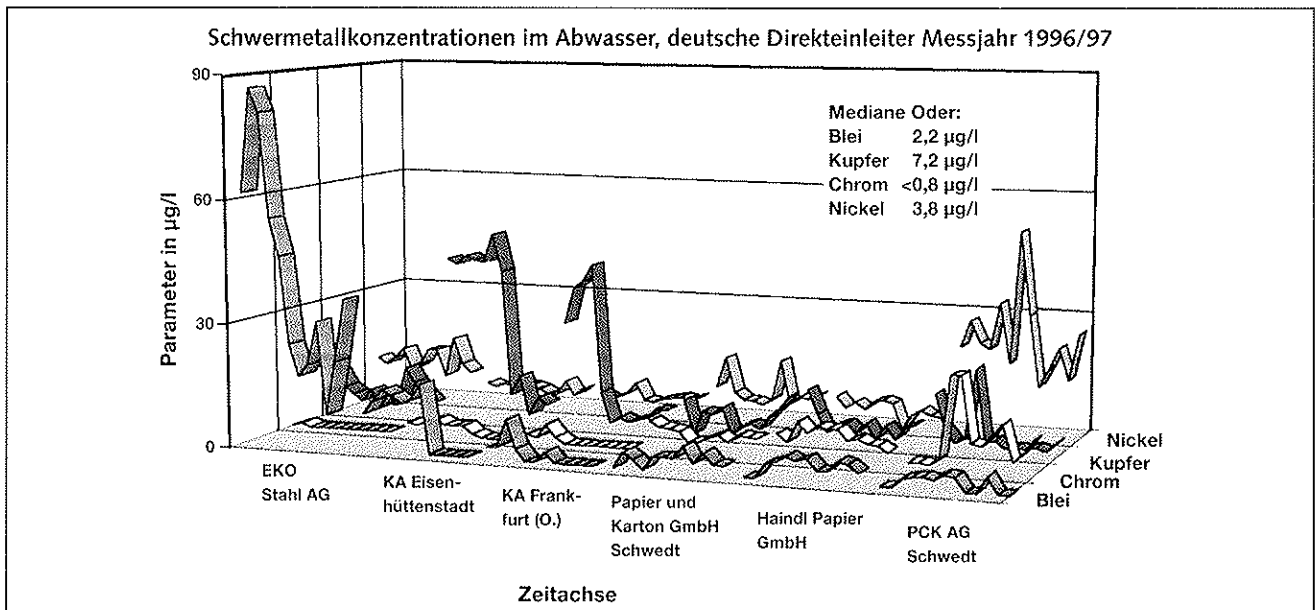


Abb. 5.4.2.-7: Blei-, Chrom-, Kupfer- und Nickelkonzentrationen der Abwässer deutscher Direkteinleiter im Grenzgewässerabschnitt der Oder, Messjahre 1996/97

genannte Rekonstruktionen zurückzuführen, wobei deren Abwässer im Vergleich mit den Medianwerten der Oder keine signifikante Kupferquelle mehr darstellen.

Im Abwasser der 3 nördlichen Direkteinleiter kommen insbesondere höhere Nickel- und Chromkonzentrationen, insbesondere in der Einleitung der PCK AG Schwedt vor (z. B. Ni-Anwendung als Komponente für Hydrierkatalysatoren, Cr-Ni oder Cr-Al legierte Stähle als Sonderwerkstoff im Anlagenbau).

**– Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

Als Ergebnis einer Untersuchung der Grenzoder aus dem Jahr 1993 wurde im Flussabschnitt Milow – Kietz höhere Belastungen des Flusswassers durch PAK's mit Maximalwerten bis ca. 300 ng/l ermittelt [SONNENBURG et. al.]. Als Ursache gelten neben dem allgemeinen Eintrag aus Ballungsgebieten (Eisenhüttenstadt, Frankfurt(O.), Slubice) die Einleitungen. Da die Wasserlöslichkeiten der Verbindungen gering sind, muss auch hier ein Zusammenhang mit Feststoffpartikeln gesehen werden [ALBRECHT et. al.], deren Anteil im Abwasser der

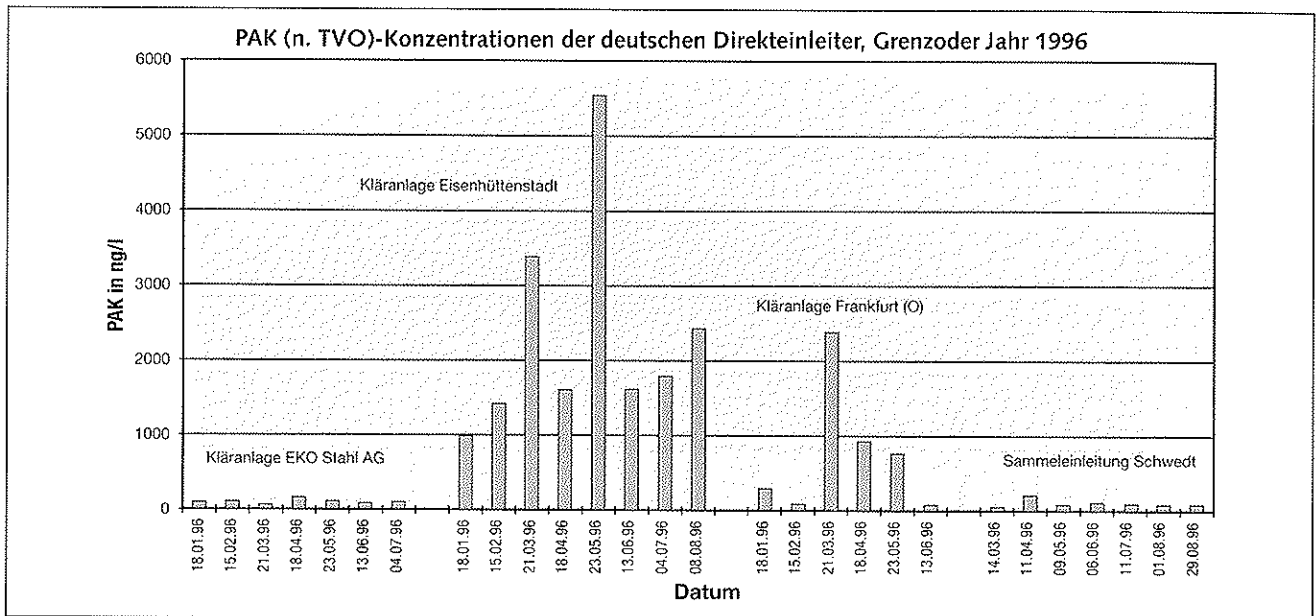


Abb. 5.4.2.-8: PAK (Summe n. Trinkwasserverordnung)-Konzentrationen deutscher Direkteinleiterquellen im Grenzoderabschnitt, Messjahr 1996

kommunalen Kläranlagen erheblich ist. Demzufolge treten hohe Konzentrationen im Abwasser der Anlagen von Eisenhüttenstadt und Frankfurt(O) auf.

einwirken und in Eisenhüttenstadt signifikant größer sind als in Frankfurt(O.). Mit Maximalwerten treten vor allem die Verbindungen Phenanthren, Fluoranthren und Pyren auf.

Insgesamt ist im kommunalen Bereich aufgrund der Vielfältigkeit der Belastungen und Schadstoffquellen die Verbindungsanzahl bedeutend größer als in Produktionsabwässern. Differenzen in den kommunalen Abwasserkonzentrationen treten zwischen beiden Städten auch durch die industriellen Nahbelastung auf, die über den atmosphärischen Pfad (Nahdeponit → und Oberflächenabfluss) auf die Beschaffenheit

Eine Quellenzuweisung infolge ubiquitären Charakters und geringer kommerzieller Anwendung sowie Trendaussagen im Messjahr infolge der geringen Anzahl der Messwerte sind nicht oder nur schwer möglich. Mit Abschluss der Rekonstruktion der Anlagen im Flussabschnitt wird auch hier eine Reduzierung der Belastung der Grenzoder zu erwarten sein.

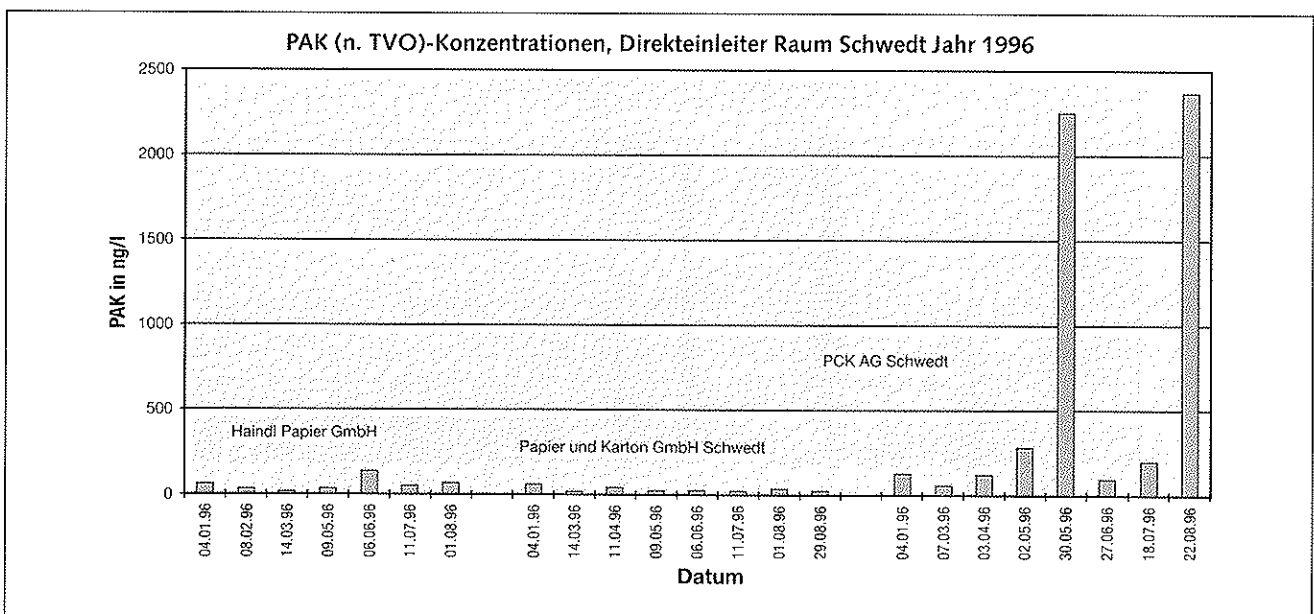


Abb. 5.4.2.-9: PAK (Summe n. Trinkwasserverordnung)-Konzentrationen deutscher Direkteinleiter Sammeleinleitung Schwedt, Messjahr 1996

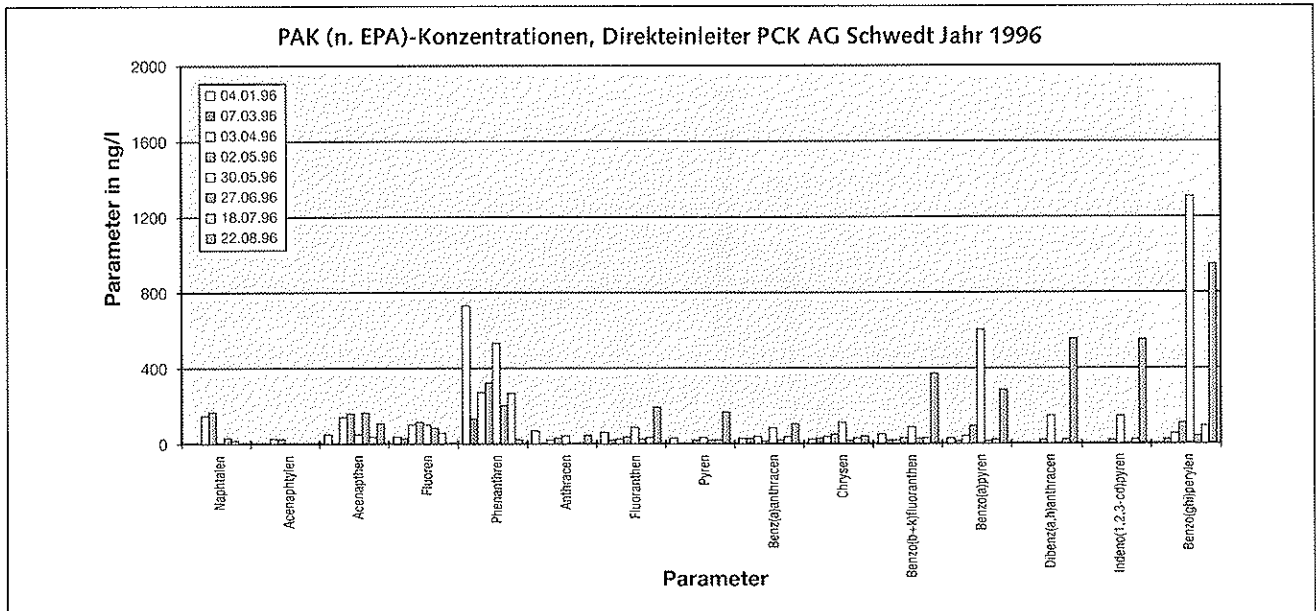


Abb. 5.4.2.-10: PAK-Konzentrationen der Einzelverbindungen (n. EPA), Abwasser der Kläranlage PCK AG Schwedt, Messjahr 1996

Durch das Abwasser der Sammel-einleitung Schwedt im unteren Abschnitt der Grenzoder gelangen geringere PAK-Belastungen in das Gewässer. Darüber hinaus vermischen sich alle 3 Abwässer der Einzeleinleiter, so dass einzelne Belastungsspitzen an der Einleitungsstelle in die Oder nicht mehr erfassbar sind. Das Abwasser der PCK AG weist extreme Konzentrationsspitzen auf.

Wie Abbildung 5.4.2.-10 zeigt, werden diese Konzentrationsspitzen überwiegend aus der Gruppe der PAK-Verbindungen mit fünf und mehr Ringen verursacht, deren Entstehungsquel-

le erdölverarbeitende Prozesse sein könnten. Dagegen ist der sonst übliche Anteil an Drei- und Vierringverbindungen geringer, was die Dominanz der sonst üblichen Pyrolyse-PAK's am Gesamtgehalt abschwächt [HEEMKEN et.al]. Als interessant ist der Vergleich der Abbildungen 5.4.2.-10 bis 5.4.2.-13 der Abwässer der kommunalen Anlagen Eisenhüttenstadt und Frankfurt (O.) sowie der EKO Stahl - und PCK AG zu bezeichnen.

Schwerpunktmäßig treten Phenanthren, Fluoranthren, Pyren und Benzo(a)fluoranthene auf. Im kommunalen Abwasser ist der Anteil der PAK (z. B. Phenanthren) wesentlich höher als im

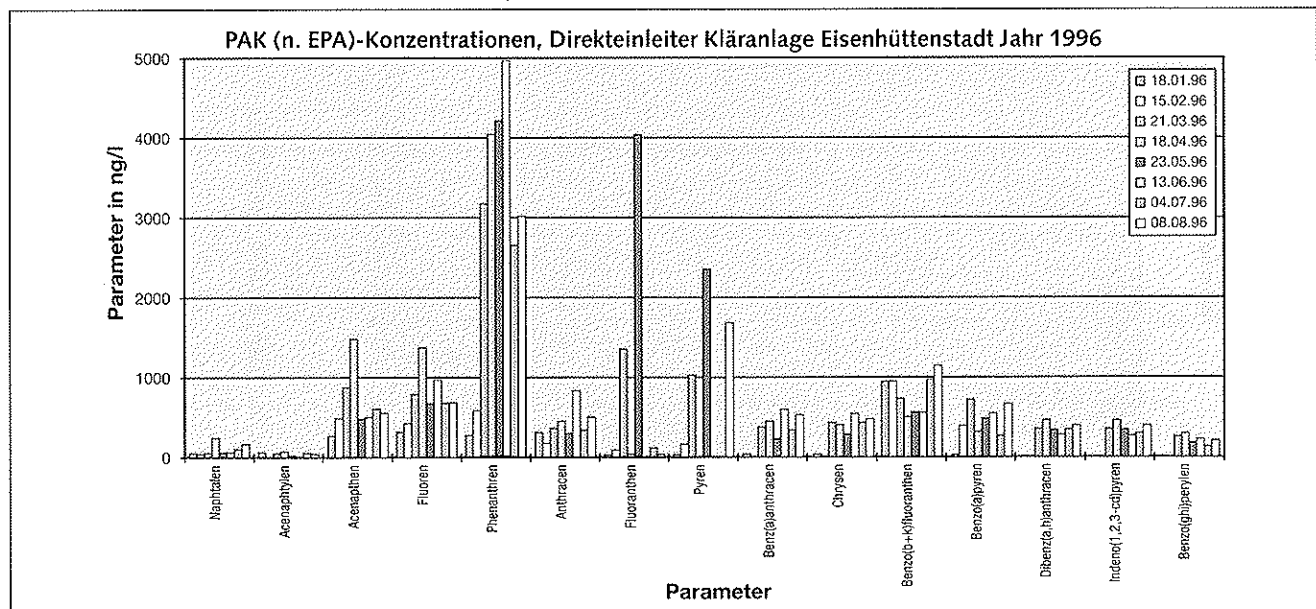


Abb. 5.4.2.-11: PAK-Konzentrationen der Einzelverbindungen (n. EPA), Abwasser der Kläranlage Eisenhüttenstadt, Messjahr 1996



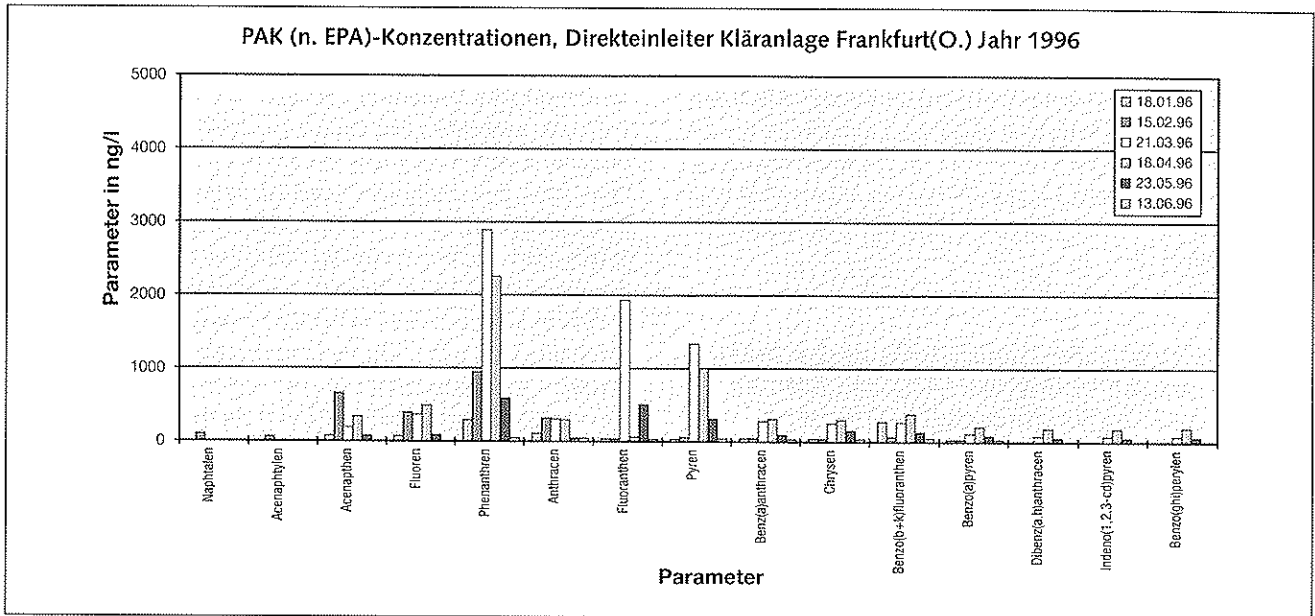


Abb. 5.4.2.-12: PAK-Konzentrationen der Einzelverbindungen (n. EPA), Abwasser der Kläranlage Frankfurt(O.), Messjahr 1996

produktionsbedingten der EKO Stahl AG. Es lässt die Vermutung zu, dass über die Nahdeposition das aus den umgebenden Flächen des Stahlproduzenten abgespülte Oberflächenwasser signifikant stärker belastet ist als das aus dem direkten Produktions- bzw. Werksprozess stammende Abwasser. Die Hauptentstehungsquelle im Produktionsprozess der Stahlherzeugung ist in der Verbrennung der fossilen Stoffe zu suchen [KOCH, R.].

Der Fakt der Belastung der kommunalen Kläranlage Eisenhüttenstadt durch die Quelle EKO Stahl AG wird dadurch gestützt, dass die Konzentrationen im Abwasser der Frankfurter

Anlage signifikant geringer sind als in Eisenhüttenstadt. Beide Städte können aber bis auf industrielle Ansiedlungen, insbesondere des Stahlwerkes, als vergleichbar angesehen werden. Für den Gewässerschutz stellt die Nahdeposition eine nicht zu vernachlässigende Quelle der Schadstoffbelastung dar. Selbst einmündende Gewässer oder kommunale Kläranlagen mit einem kleinen Einzugsgebiet können daher in der Nähe von industriellen Emittenten zu einer beachtlichen Eintragsgröße werden, obwohl kein wasserwirtschaftlicher Zusammenhang des Stofftransportes besteht. Insoweit ist bei Betrachtung der Transportpfade Emissionsschutz eine Form des Gewässerschutzes.

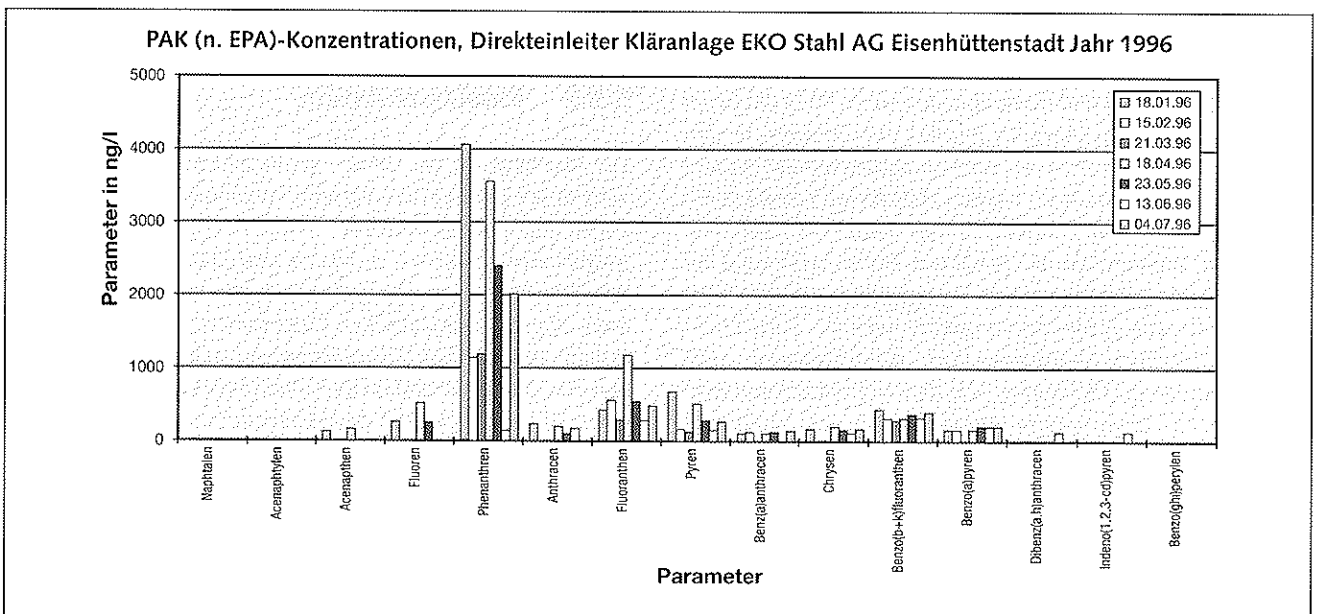


Abb. 5.4.2.-13: PAK-Konzentrationen der Einzelverbindungen (n. EPA), Abwasser der Kläranlage EKO Stahl AG, Messjahr 1996