

ZUSAMMENFASSUNGEN DER STUDIEN

Zur Schadstoffbelastung der Sedimente
im Elbeeinzugsgebiet
Dezember 2005

Bewertung von Risiken durch Feststoff-
gebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet
April 2008



mit englischen und tschechischen Übersetzungen

Hamburg, April 2008

Koordination:

BIS Beratungszentrum für Integriertes Sedimentmanagement

AUTOREN:

Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet

Susanne Heise¹
Evelyn Claus²
Peter Heininger²
Thomas Krämer²
Frank Krüger³
René Schwartz⁴
Ulrich Förstner⁴

¹ Beratungszentrum für Integriertes Sedimentmanagement, D-21071 Hamburg

² Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, D-56068 Koblenz

³ Fa. ELANA - Boden, Wasser, Monitoring, Dorfstr. 55, D-39615 Falkenberg

⁴ Technische Universität Hamburg-Harburg, Eißendorfer Str. 40, D-21071 Hamburg

Bewertung von Risiken durch feststoff-gebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet

Susanne Heise¹
Frank Krüger²
Ulrich Förstner³
Martina Baborowski⁴
Rainer Götz⁵
Burkhard Stachel⁶

Unter Mitarbeit von:
Daniel Schwandt, BfG
Steffen Uhlig, quo data GmbH
René Schwartz, BSU

¹ Beratungszentrum für Integriertes Sedimentmanagement. 21071 Hamburg

² Fa. ELANA - Boden, Wasser, Monitoring, Dorfstr. 55, D-39615 Falkenberg

³ Technische Universität Hamburg-Harburg, Eißendorfer Str. 40, 21071 Hamburg

⁴ Dept. River Ecology, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ. Brueckstr.
3a, 39114 Magdeburg, Germany.

⁵ Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz, Institut für Hygiene und Umwelt -
Umweltuntersuchungen. Marckmannstr. 129b, 20539 Hamburg

⁶ Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz – Gewässerschutz. Billstraße 84, 20539
Hamburg

Kontakt:

Dr. Susanne Heise
Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement
An der TU Hamburg-Harburg
Eißendorfer Str. 40
21073 Hamburg
email: S.Heise@tuhh.de

INHALT/ CONTENT/ OBSAH

1. Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet	
1.1. Sedimentmanagement als Teil des Flussgebietsmanagements	1
1.2. Methodischer Ansatz der Studie	3
1.3. Ergebnisse der Studie	4
1.3.1. Substances of Concern	
1.3.2. Areas of Concern	
1.3.3. Areas of Risk – Eine Herausforderung für die Elbe	
1.4. Ausblick	10
1. Study on contamination of sediments in the Elbe catchment	
1.1. Sediments as part of river basin management	11
1.2. Methodic approach of the study	12
1.3. Results of the Study	14
1.3.1. Substances of Concern	
1.3.2. Areas of Concern	
1.3.3. Areas of Risk – A challenge for the Elbe	
1.4. Perspectives	19
1. Studie znečištění sedimentů škodlivými látkami v povodí Labe	
1.1. Management sedimentů jako součást managementu povodí	20
1.2. Metodický model studie	21
1.3. Výsledky studie	23
1.3.1. Substances of Concern	
1.3.2. Areas of Concern	
1.3.3. Areas of risk – výzva pro Labe	
1.4. Výhled	28
2. Bewertung von Risiken durch feststoff-gebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet	
2.1. Hintergrund und Ziel der Studie	29
2.2. Konzeptioneller Ansatz dieser Studie	30
2.2.1. River Basin Objectives – Die Bewirtschaftungsziele innerhalb des Einzugsgebietes	
2.2.2. Areas at Risk – Gebiete, in denen Bewirtschaftungsziele durch kontaminierte Sedimente bedroht sind	
2.2.3. Substances of Concern – Stoffe, die besonderer Aufmerksamkeit bedürfen	
2.2.4. "Regions of Risk" und "Areas of Risk"	
2.3. Ergebnisse der Studie	38
2.3.1. Risikoregionen - Regions of Risk	
2.3.2. Areas of Risk - Risikogebiete in Mulde, Saale und der Mittel-elbe	
2.3.2.1. Die Identifizierung von Risikogebieten	
2.3.2.2. Die Mulde	
2.3.2.3. Die Saale	
2.3.2.4. Elbe-Hauptstrom	

2.3.3. Schlussfolgerungen zu den Risikogebieten	48
2.4. Maßnahmen	48
2. Assessment of risks from particle bound substances in the Elbe River catchment	
2.1 Background and objective of the study	49
2.2. Conceptual approach of this study	50
2.2.1. River Basin Objectives – The management objectives within the catchment area	
2.2.2. Areas at Risk - areas where management objectives are at risk by contaminated sediments	
2.2.3. Substances of Concern - substances requiring special attention	
2.2.4. "Regions of Risk" and "Areas of Risk"	
2.3. Results of the study	58
2.3.1. Risk regions - Regions of Risk	
2.3.2. Areas of Risk - Risk areas in Mulde river, Saale river, and the middle Elbe river	
1.3.2.1. The identification of areas of risk	
2.3.2.2. The Mulde river	
2.3.2.3. The Saale river	
2.3.2.4. The Elbe River main stream	
2.3.3. Conclusions on the areas of risk	
2.4. Measures	68
2. Hodnocení rizik způsobených škodlivinami vázanými na tuhých látkách	
2.1. Pozadí a cíl studie	69
2.2. Koncepční přístup této studie	70
2.2.1. River Basin Objectives – cíle plánů v rámci povodí	
2.2.2. Areas at risk – oblasti, ve kterých jsou cíle plánů povodí ohroženy kontaminovanými sedimenty	
2.2.3. Substances of Concern – látky, které vyžadují mimořádnou pozornost	
2.2.4. „Regions of Risk“ a „Areas of Risk“	
2.3. Výsledky studie	77
2.3.1. Rizikové oblasti - Regions of Risk	
2.3.2. Areas of risk – rizikové oblasti v Muldě, Sále a na středním úseku Labe	
2.3.2.1. Identifikace rizikových oblastí	
2.3.2.2. Mulda	
2.3.2.3. Sála	
2.3.2.4. Hlavní tok Labe	
2.3.3 Závěry k rizikovým oblastem	
2.4. Opatření	88
3. REFERENZEN /REFERENCES/ REFERENCE	89
4. ANHANG/ ANNEX	91
5. IMPRESSUM	93

1. Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet



Die Elbe bei Boizenburg 2002 (Foto: R. Schwartz)

1.1. Sedimentmanagement als Teil des Flussgebietsmanagements

Die vorliegende Studie liefert eine Bestandsaufnahme der Schadstoffsituation der Sedimente und Schwebstoffe der Elbe und wichtiger Nebenflüsse. Mit der Studie sollen erste Grundlagen für das zukünftig erforderliche Sedimentmanagement im Flussgebiet der Elbe gelegt werden. Eine Betrachtung der qualitativen und quantitativen Situation von Feststoffen im Flussgebiet hat sowohl im Hinblick auf die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000) als auch der Europäischen Meeresschutzziele (EG 2002) hohe ökologische und regulatorische Relevanz. Sedimente sind Lebensräume einer vielfältigen Tier- und Pflanzenwelt. Der Feststoffhaushalt hat eine Schlüsselfunktion für die hydromorphologische Situation eines Flusses. Kontaminierte Sedimente können die aquatische Umwelt chronisch vergiften und damit den angestrebten guten chemischen und ökologischen Zustand gefährden. Sedimente sind dynamischer Bestandteil des Einzugsgebiet-Küsten-Kontinuums (Salomons 2005). Große Flusshäfen wie die von Rotterdam und Hamburg besitzen vor allem im Hinblick auf die Sedimentqualität eine Scharnierfunktion in diesem Kontinuum. Nicht zuletzt die seit 1999 ansteigenden Mengen des bei Unterhaltungsbaggerungen im Gebiet des Hamburger Hafens anfallenden Materials (HPA 2005), das aufgrund der vorhandenen Konzentrationen teilweise kostenintensiv an Land verwertet bzw. deponiert werden muss, zeigen die hohe wirtschaftliche Notwendigkeit eines risikoorientierten Sedimentmanagements auf.

Sedimentmanagement im Flussgebietsmaßstab basiert auf der komplexen Kenntnis der Immissions-, Emissions-, und Transmissions- Situation sowie weiterer Zusammenhänge. *Immissionsdaten*, z.B. in Form von Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten, ermöglichen erst einen risikobasierten Ansatz. Unterschiedliche Ansätze zur Bewertung der Sedimentqualität im „Einzugsgebiet-Küsten-Kontinuum“, einschließlich der Bewirtschaftungsrichtlinien, die z.B. für die Entscheidung ‚Landdeponie vs. Verklappung‘ von Baggergut herangezogen werden, erschweren jedoch ein einheitliches Management. *Emissionsdaten* sind für die Identifizierung von Schadstoffquellen notwendig, wenn Management-Maßnahmen durchgeführt werden sollen. Hierbei handelt es sich teilweise um historische Daten, die ermittelt werden müssen, und die gegenüber rezenten Trends abzugrenzen sind. Emissions- und Immissionsdaten sind über den Transport von

Sedimenten entlang des Flussgebiets verknüpft. Diese *Transmission* kann in erster Näherung über die Kenngrößen Abfluss, Schwebstoff- und Schadstoffkonzentration ermittelt werden. Zur Durchführung von Risikoabschätzungen ist eine Vielzahl von weiteren Faktoren zu berücksichtigen, wie einzugsgebietscharakteristische hydrologische Bedingungen, Sedimentations- und Erosionszonen, Verdünnungseffekte etc.

In dem thematischen europäischen Rahmenprogramm 'Metropolis' (Metrology in Support of Precautionary Sciences and Sustainable Development Policies; Anon. 2004a) wurden bereits einige grundsätzliche Mängel identifiziert, die einem europaweiten Vergleich von Gewässergütedaten und den notwendigen integrierten Entscheidungsprozessen für Verbesserungen innerhalb ganzer Flusseinzugsgebiete bislang entgegen stehen. Diese Mängel sind:

- Die fehlende Harmonisierung von Untersuchungs- und Bewertungsmethoden.
- Die fehlende Repräsentanz der Daten; sie beschreiben nicht den Teil der Realität, der durch sie repräsentiert werden soll.
- Die fehlenden Angaben über die Qualität bzw. die Unsicherheit von Daten, die für einen Entscheidungsprozess verwendet werden.
- Das Fehlen von sog. 'Meta-Daten': Wie und wann wurden welche Messungen durchgeführt? Wem gehören die Daten? Auf welche Weise wurden die Daten übertragen bzw. genutzt? Solche Informationen sind essentiell, wenn Daten für einen anderen als den (eng begrenzten) ursprünglichen Zweck eingesetzt werden sollen.
- Die fehlende 'Rückverfolgbarkeit'. Das zentrale Konzept der 'Traceability' verlangt, dass Umweltmessdaten sich (i) auf definierte Referenzen (Materialien und Methoden), (ii) über eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmöglichkeiten, (iii) mit festgestellten Unsicherheiten, rückverfolgen bzw. rückführen lassen (Quevauviller 2004).

Im Zuge der Implementierung der Wasserrahmenrichtlinie, die ausdrücklich ein flusseinzugsgebietsbezogenes Management fordert (EG 2000), liegen im Elbegebiet Qualitätskriterien für feststoffgebundene Schadstoffe nur für Arsen, Kupfer, Chrom, Zink sowie PCBs und Organozinnverbindungen vor. Die in der Wasserrahmenrichtlinie grundsätzlich vorgesehene Festlegung von Sedimentqualitätsstandards für die Schadstoffe des Anhangs X zur Ermittlung des guten chemischen Zustandes wird seitens der Kommission mit dem Hinweis auf methodische Limitierungen, zu erwartende hohe Kosten und Schwierigkeiten bei der Erarbeitung eines europäischen Konsenses zurzeit abgelehnt. Das Wissenschaftliche Komitee für Toxizität, Ökotoxizität und Umwelt (CSTEE) stellte bei seiner Plenarsitzung am 28. Mai 2004 (Anon. 2004c) hierzu fest, dass aus wissenschaftlicher Sicht der Verzicht auf Umweltstandards für die Feststoffphasen im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie nicht gerechtfertigt sei. Vor allem die Überwachung von lipophilen Schadstoffen im Gewässer müsste sich auf Organismen konzentrieren und auch die Sedimentmatrix spiele bei der Aufnahme und für die Wirkung dieser Schadstoffe eine wesentlich größere Rolle als die Wasserphase.

Die Verwendung von Sedimenten und Schwebstoffen für ein räumliches und zeitliches Trendmonitoring wird, wie von der AMPS-Gruppe empfohlen, sicher Bestandteil der bis 2006 vorzulegenden Monitoringprogramme in den Flussgebieten werden.

Für diese Studie ergab sich als Konsequenz aus dem Fehlen von Sedimentqualitätsstandards, dass die Beurteilung der Immissionssituation auf der Basis von Kriterien der WRRL nicht möglich ist, weil dann wesentliche elbetypischen Schadstoffe, die mit Schwebstoffen und Sedimenten transportiert

werden, unberücksichtigt blieben. Als Alternative wurden deshalb bestehende Zielvorgaben der ARGE Elbe zum Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften herangezogen (vgl. unten).

1.2. Methodischer Ansatz der Studie

Aufgrund der oben genannten Mängel in den Datengrundlagen muss die vorliegende Bestandsaufnahme unter Berücksichtigung einzugsgebietstypischer Unsicherheiten erfolgen. Während diese Unsicherheiten bei der Auswahl der einzugsgebietsrelevanten Schadstoffe noch relativ klein sind und hauptsächlich auf einem unzureichenden Datenspektrum basieren, ist die Ausweisung des Risikos belasteter Gebiete durch die Potenzierung von unzureichenden und zunehmend unsicheren Daten erschwert. Aussagen zum Risiko müssen daher eine Abschätzung des Ausmaßes der immanenten Unsicherheiten einschließen, um sie für Entscheidungsfindungen relevant zu halten (Heise et al., 2004). Die Verwendung verschiedener Prüflinien, die sich gegenseitig in ihrer Aussage stützen und so diese in ihrer Belastbarkeit erhöhen können, ist eine auch in diesem Bericht angewendete Möglichkeit, die Unsicherheiten von Aussagen zu minimieren. Ebenso dient ein stufenweiser Ansatz zur Risikoabschätzung kontaminierter Gebiete mit einem von Stufe zu Stufe zunehmenden Grad an Komplexität und Unsicherheit der Fundierung der zu treffenden Aussagen (siehe auch Heise et al. 2004).

Auf der Basis von umfangreichen Datensätzen der ARGE-Elbe, der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), sowie weiteren ausgewählten Datensätzen, die aus Einzelvorhaben stammen, wurde derselbe dreistufige Ansatz verfolgt, der bereits in einer Studie zum Rhein (Heise et al. 2004) erfolgreich Anwendung fand. Die Stufen sind:

1) Identifizierung und Klassifizierung der für das Einzugsgebiet relevanten Schadstoffe – Substances of Concern.

Als erstes wurden jene Schadstoffe in Hamburger Sedimenten und Schwebstoffen identifiziert, die aufgrund der Höhe ihrer Überschreitung von Qualitätszielen oder durch ihre Gefahrenklasse („Hazard Class“) relevant sein können. Als Maßgabe der Überschreitung wurden die Zielvorgaben der IKSE zum Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften verwendet, da diese für das Elbegebiet entwickelt wurden und die meisten der gut untersuchten Parameter entlang der Elbe abdecken. Der Hafen von Hamburg wirkt als größtes Sedimentationsbecken im Unterstrom der Elbe wie ein Schadstoffsammler. Proben der Stationen Bunthaus (Schwebstoffe) und Bullenhausen bzw. Dove-Elbe (Sedimente), die sich stromaufwärts vom Hafen befinden, wurden zur Identifizierung solcher Schadstoffe genutzt, die von Quellen im Oberlauf stammen. Damit haben diese Schadstoffe einzugsgebietsweite Bedeutung und sind „Substances of Concern“.

2) Identifizierung und Klassifizierung von Gebieten mit erhöhter Schadstoffbelastung - "Areas of Concern"

Im zweiten Schritt geht es darum, Konzentrationsverläufe der "Substances of Concern" in Schwebstoffen und Sedimenten zu verfolgen und signifikante Änderungen in der Überschreitung der Zielvorgaben hydrographisch-hydrologischen Teilbereichen des Einzugsgebietes zuzuordnen. So wird ein stationäres Bild von den Gebieten erstellt, in denen die "Substances of Concern" in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen werden konnten. Diese Bereiche wurden „Areas of Concern“ genannt. Sie wurden entsprechend dem Grad der Überschreitung der Zielvorgabe und der „Gefahrenklasse“ der Kontaminanten sowie dem Grad der Unsicherheit, der mit dieser Klassifizierung verbunden ist klassifiziert. Der Grad der Unsicherheit wird bestimmt durch a) die

Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten (z.B. Anzahl der Untersuchungen), b) das Spektrum der im jeweiligen Abschnitt tatsächlich regelmäßig gemessenen Schadstoffe, für die eine Überschreitung festgestellt wurde und c) die analytische Messgenauigkeit, mit der diese Daten erhoben werden können. "Areas of Concern" können entweder auf den direkten Einfluss einer Schadstoffquelle hinweisen, oder aber auf historisch kontaminierte Sedimente, die mit der Elbe stromabwärts transportiert werden, und sich – dem Resuspensionszyklus unterworfen – an diesen Orten – möglicherweise temporär - abgelagert haben. Die Identifizierung möglicher rezenter oder historischer Quellen, die hier versucht wurde, ist von Wichtigkeit, wenn Maßnahmen getroffen werden sollen, die Belastung der Elbe nachhaltig zu reduzieren.

3) Identifizierung der Risikogebiete – "Areas of Risk".

Die Beiträge der "Areas of Concern" zum Risiko für flussabwärts liegende Gebiete wurden in dieser Studie nur ansatzweise durch Frachtberechnungen an 6 Stationen der Elbe behandelt. Da solche Frachtbetrachtungen mit einem großen Fehler behaftet sind, bedarf die Quantifizierung des Beitrages der "Areas of Concern" zum Gesamtrisiko im Elbeeinzugsgebiet einer Analyse der hydrologischen Bedingungen, Sedimentstabilitäten, kontaminierten Volumina und der Auswirkungen von Extremsituationen wie Starkregen, Hochwässer und Trockenperioden. Eine derartig belastbare Analyse war nicht Gegenstand der Studie. Sie wird aber notwendig sein um die Gebiete auszuweisen, in denen die verfügbaren Ressourcen für ein Sedimentmanagement gezielt und mit dem optimalen Effekt eingesetzt werden können (Priorisierung).

1.3. Ergebnisse der Studie

1.3.1. Substances of Concern

Als "Substances of Concern" wurden aufgrund ihrer unzulässig hohen Konzentrationen (Überschreitung der Zielvorgaben), ihrer Giftigkeit und Persistenz die anorganischen und organischen Schadstoffe in Tabelle 1.1 identifiziert:

Tab. 1.1: Klassifizierung der Schadstoffe auf der Basis der Stoffeigenschaften „Persistenz“, „Adsorption/Bioakkumulation“ und die regulatorische Einstufung des Stoffes als Prioritär gefährlicher Stoff nach WRRL (PGS), als zu überprüfender, prioritärer Stoff (PPS) nach WRRL, als Prioritärer Stoff (PS) oder als „persistent organic pollutant“ (POP) nach UNEP.

Schwermetalle Arsen	Persistenz	Adsorption	Bioakkumulation	Einstufung	„Hazard class“
Hg	+++	+++	+++	PGS	2
Cd	+++	+++	+++	PGS	2
Pb	+++	+++	++	PPS	1
Cu	+++	+++	++		1
Zn	+++	+++	++		1
Cr	+++	+++	+		1
Ni	+++	+++	+	PS	1
As	+++	+++	++		1

Organische Schadstoffe	Persistenz 1-half life<1 yr 2-half life>1 yr 3-half life> 10 yr	Adsorption/ Akkumulation log K _{OW}	Einstufung	„Hazard class“
TBT	2	3,59	PGS	1
TeBT	?			1
DBT	?	1,49		1
TPT ⁺	?	3,53		1
HCHs (α , β , γ)	1-2	3,6 – 3,8	PGS	1
PCB 28	3	5,8	POP	2
PCB 52			POP	2
PCB 101			POP	2
PCB 118			POP	2
PCB 138			POP	2
PCB 153	3	6,87	POP	2
PCB 180	3	7,36	POP	2
Organische Schadstoffe	Persistenz 1-half life<1 yr 2-half life>1 yr 3-half life> 10 yr	Adsorption/ Akkumulation log K _{OW}	Einstufung	„Hazard class“
HCB	3	5,91	POP/PGS	2
Pentachlorbenzol	?	?	PGS	2
DDTs	3	6,19	POP	2
Dioxin	3	z.B. 6,9	POP	2
Furan	3	z.B. 6,1	POP	2
PAK			PGS	
Phenanthren	1	4,43-4,45		1
Anthracen	1	4,56		1
Fluoranthen	1	5,13		2
Pyren	1	5,1		2
Benz(a)anthracen	2	5,8		2
Chrysen	k.A.	5,6		2
Benzo(b)fluoranthen	k.A.	6,04-6,57		2
Benzo(k)fluoranthen	k.A.	6,57		2
Benzo(a)pyren	2-3	6,04-6,15		2
Dibenz(ah)anthracen	2 (?)	6,39		2
Benzo(ghi)perylen	k.A.	7,23		2
Indo(1,2,3-cd)pyren	k.A.	4,19		1








Die Klassifizierung in zwei mögliche Gefahrenklassen („hazard class“) erfolgte auf der Basis der Persistenz der Schadstoffe, ihrer Adsorptionsfähigkeit am Sediment und der Akkumulierbarkeit in Organismen, sowie ihrer Einstufung als ökologisch bedenklich. Letztgenanntes Merkmal trifft dann zu, wenn der Stoff gemäß Anhang X der WRRL als prioritär gefährlicher Stoff (PGS), als zu überprüfender, prioritärer Stoff (PPS) oder als prioritärer Stoff (PS) eingestuft wurde bzw. wenn er zu den Stoffen der Stockholm-Konvention („persistent organic pollutant“ - POP nach UNEP) zählt.

Bei den Metallen führte die hohe Bioakkumulierbarkeit bzw. Biomagnifikation in der Nahrungskette von Cadmium und Quecksilber und ihre entsprechende Einstufung nach WRRL als prioritär gefährliche Stoffe zu einer Klassifizierung in die höhere Gefahrenklasse 2. Bei den Organika führte insbesondere ein Adsorptionskoeffizient von $\log K_{OW} > 5$ zur Eingruppierung in Gefahrenklasse 2. Für eine Reihe von weiteren organischen Substanzen, die in Anhang X der WRRL stehen, und die durch ihre chemischen Eigenschaften möglicherweise auch als partikelgebundene Schadstoffe eine Rolle spielen, liegen keine für eine Einstufung ausreichenden Datensätze vor. Diese Stoffe werden nur erwähnt und aus der detaillierteren Betrachtung ausgenommen.

















































































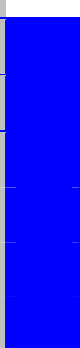


































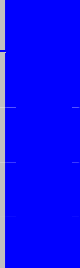






















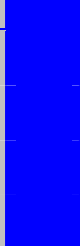






1.3.2. Areas of Concern

Basierend auf den Jahresmittelwerten der Jahre 1996 bis 2003 von Schadstoffkonzentrationen in schwebstoffbürtigen Sedimenten von repräsentativen Messstellen (Datenreihen der IKSE und der ARGE-Elbe) wurde eine Beurteilung der durch die Messstelle repräsentierten Gebiete bezüglich der Überschreitung der jeweiligen Zielvorgaben vorgenommen. Die Aussagen wurden durch Plausibilitätsbetrachtungen unter Verwendung von Konzentrationen in rezenten Sedimenten aus den Jahren 1997 bis 2002 abgesichert (Datenreihen der BfG). Ein betrachtetes Gebiet wird für einen bestimmten Stoff dann zur "Area of concern", wenn eine signifikante Überschreitung der Zielvorgaben durch die betreffende "Substance of Concern" auftritt. Als signifikant gilt in dieser Studie eine Überschreitung, wenn mindestens 50 % der erhobenen Jahresmittelwerte über der Zielvorgabe liegen. Als Referenz dienten, wie bereits erläutert, die Zielvorgaben der ARGE-Elbe aus dem Jahr 2000. Sie entsprechen für die anorganischen Stoffe den Zielvorgaben der IKSE. Die "Areas of Concern" sind Tabelle 1.2 zu entnehmen.

Aus der Tabelle 1.2 können solche Orte, an denen die Zielvorgaben um mehr als das Zweifache überschritten werden, abgelesen werden. Der anhand repräsentativer Messstellen nachvollziehbare Verlauf der Überschreitungen der Zielvorgaben im Einzugsgebiet gibt einen Anhaltspunkt, ob die Emission tatsächlich in der jeweiligen "Area of Concern" erfolgt oder aber, ob die Einleitung zumindest anteilig bereits stromaufwärts erfolgt und die relevanten Schadstoffe mit dem Sediment flussabwärts transportiert werden. Die Existenz möglicher Emittenten, durch die eine entsprechende Belastung hervorgerufen werden könnte, oder aber deren Abwesenheit, können parallel dazu die Plausibilität der Annahmen beeinflussen.

	Zielvorgabe wird nicht erreicht
	im Bereich der ZV (+/- 10 % der ZV)
	ZV bis zum Zweifachen der ZV
	vom Zwei- bis zum Vierfachen der ZV
	mehr als das Vierfache der ZV
	keine Daten verfügbar
	Nachweis von <i>Substance of Concern</i> ohne Zielvorgabe

Tab. 1.2: Überschreitungen der Zielvorgaben für die einzelnen *Substances of Concern* in verschiedenen Regionen entlang der Elbe.

	Diox	PAK	As	Cu	Cd	Hg	Pb	Zn	HCH	DDT	PCB	HCB	TBT	TeBT
Valy														
Lysa														
Obristvi														
Zelcin/Moldau														
Decin														
Schmilka														
Zehren														
Dommitzsch														
Schwarze E.														
Mulde														
Saale														
Magdeburg														
Schnackenbg.														
Bunthaus														
Seemannsh.														

Gebiete mit erhöhter Schadstoffbelastung sind:

1. Das tschechische Elbeinzugsgebiet von Valy bis zum Moldauzufluss durch Cadmium, PCBs und PAKs (in geringerem Maße auch Quecksilber).
2. Das Einzugsgebiet der Moldau durch PCBs, PAKs (in geringerem Maße auch Cadmium)
3. Das Gebiet um Decin und die Bilina im Tschechischen Teil der Elbe durch Quecksilber, DDTs und HCB. Nicht auszuschließen sind zusätzliche PCB- und PAK-Einträge, deren erhöhte Konzentration hier aber auch eine Folge des Eintrags von stromaufwärts sein können.
4. Das Gebiet um Schmilka durch PCBs und HCB, in geringerem Maße auch durch Cadmium, Quecksilber, DDTs und PAKs; das Gebiet um Zehren und Dommitzsch durch HCB. Da sich beide Gebiete in das Kontaminationsmuster stromaufwärts einpassen, muss hier untersucht werden, ob zusätzlich zum Eintrag von Oberstrom tatsächlich regionale Quellen vorhanden sind.

5. Das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster mit relativ geringen Belastungen an Cadmium und Zink.
6. Das Einzugsgebiet der Mulde durch Arsen, Cadmium, Quecksilber, Zink, HCHs, DDTs, PAKs und TeBT (in geringerem Maße auch Blei, HCB und TBT) und Dioxine/Furane.
7. Die Saale durch Cadmium und Quecksilber (sowie in geringerem Maße Zink) und PAKs.
8. Die Elbe flussabwärts von Magdeburg bis Bunthaus durch Cadmium, Quecksilber, Zink, PAKs und HCB.
9. Das Hamburger Elbegebiet zwischen Bunthaus und Seemannshöft durch auf TBT, Dioxine/Furane, und in geringerem Maße Cadmium und Quecksilber.

Für einige Elb-relevante Stoffe existieren derzeit keine Qualitätskriterien für Sedimente, so für Dioxine und Furane. Alleiniges Bewertungskriterium stellt derzeit der von Evers et al. (1996) zur Bewertung von Sedimenten abgeleitete Safe-Sediment-Value von 20 I-TEQ ng/kg dar. Dieser Wert soll zur Vermeidung einer Anreicherung von Dioxinen über die Nahrungskette in Fischen und Vögeln nicht überschritten werden. Die Konzentrationen liegen in Sedimenten zumindest bis weit in den Hafen Hamburgs weit darüber.

In einer umfangreichen Recherche wurden mögliche Schadstoffquellen identifiziert. Mit wenigen Ausnahmen konnten die "Areas of Concern" Quellen, meist historischer Art, zugeordnet und so die hohen Konzentrationen der Substances of Concern erklärt werden. In den weiten Abschnitten zwischen Decin und Einmündung der Schwarzen Elster sowie zwischen Schnackenburg und Geesthacht waren jedoch keine in Frage kommenden Quellen zu verzeichnen. Hohe Schadstoffkonzentrationen hier müssen z.Zt. auf den Eintrag kontaminierten Materials mit dem Oberstrom zurückgeführt werden.

Die Plausibilität der Auswertung anhand der Zielvorgaben der ARGE-Elbe wurde für die Schwermetalle eine vergleichende Einstufung unter Verwendung der Richtwerte RW1 der Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich (HABAK; BfG 1999) als Referenzwerte erstellt. Beide Ansätze führten zu konsistenten Aussagen.

1.3.3. Areas of Risk – Eine Herausforderung für die Elbe

Um einer „Area of Concern“ ein Risikopotential zuzuweisen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die in der vorliegenden Studie alle ausschließlich im Ansatz diskutiert wurden. Frachten, berechnet aus dem Durchfluß an festgelegten Querprofilen, der Schwebstoffkonzentration im Wasser und der Schadstoffkonzentration in frisch sedimentiertem Material, geben Aufschluß über potentielle Transporte und Verfrachtungen von Material stromabwärts. Die Frachtenberechnungen (qualifizierte Schätzungen) wiesen im Falle von PCBs und HCB die identifizierten "Areas of Concern" als Hauptbeitragende aus. Demgegenüber zeigte sich bei anderen Stoffen, insbesondere Schwermetallen, im Falle der Mulde eine deutlich geringere Rolle als ihr Kontaminationsgrad vermuten ließe. Frachtberechnungen sind allerdings mit methodenspezifischen Messungenauigkeiten behaftet, so dass eine Risikoauswertung nicht allein auf Frachtberechnungen basieren darf. Das Ausmaß der Verdünnung durch Schwebstoffe aus Nebenflüssen und ihre Auswirkung auf die Schadstoff-Konzentration während des fluviatilen Transportes ist eingehend zu berücksichtigen. So ist zum Beispiel der relative geringe Abfluss der Mulde ein Grund für den geringen Beitrag unter normalen Abflussbedingungen gemessen trotz des hohen Kontaminationsgrades (Abb. 1.1).

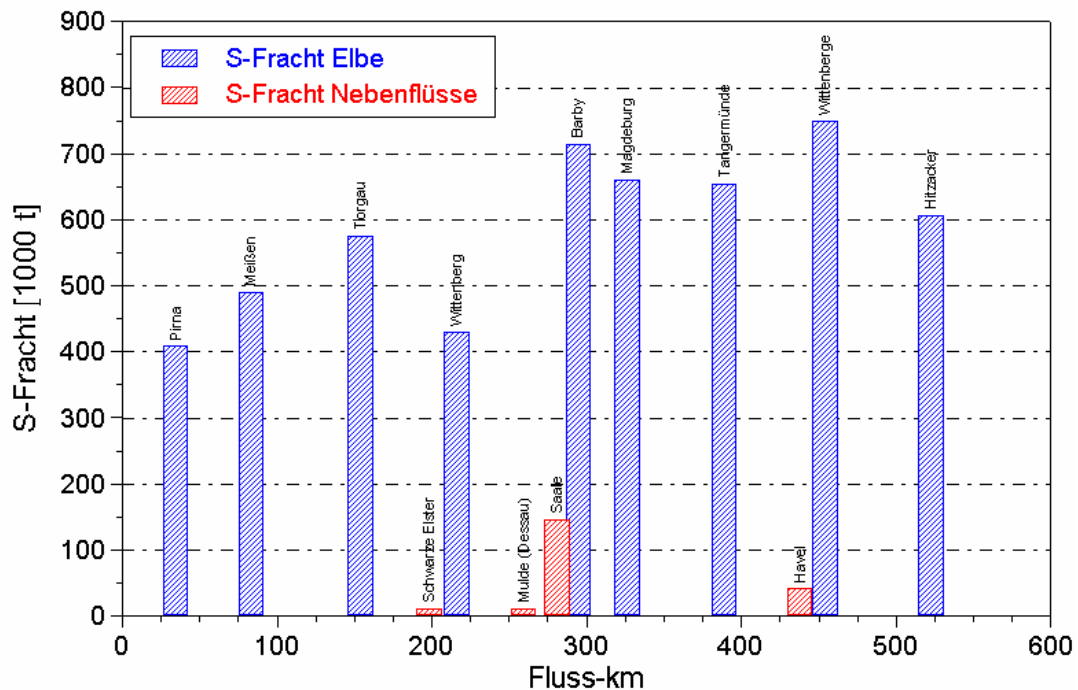


Abb. 1.1: Schwebstofffrachten der Elbe an ausgewählten Bilanzprofilen und von Hauptnebenflüssen (Daten BfG)

Ein weiterer Grund liegt vermutlich in der Rückhaltefunktion des Muldestausees begründet. Einzugsgebietsspezifische Charakteristika wie große Sedimentationsflächen bzw. bekannte Erosionszonen müssen bei einer Risikobetrachtung einbezogen werden. So schätzen Zerling et al. (2001), dass ohne die rückhaltende Wirkung des Muldestausees die Belastung der unteren Elbe in den Jahren 1993 bis 1997 bei Cadmium um ca. 90 % und bei Blei um ca. 50 % höher gewesen. Trotz dieser Parameter, die das Risiko aus der Mulde zu minimieren scheinen, zeigen Untersuchungen mit Tracern, dass sehr wohl ein qualitativ signifikanter Austrag aus der Mulde stattfindet. In besonderem Maße sind Dioxine und Furane als Tracer gebietsspezifischer Emissionen im Elbeeinzugsgebiet geeignet. Ihre Kongenerenmuster können wie 'Fingerabdrücke' genutzt werden und durch einen Vergleich mit den Mustern vermuteter Ausgangsorte dazu dienen, die jeweiligen Quellen zu identifizieren. Beispielsweise konnten durch Untersuchungen der Dioxinkontaminationen in innerstädtischen Gewässern in Hamburg lokale, thermische Quellen lokalisiert werden, während sich Dioxine in den Elbeproben und überschwemmten Auenböden weitgehend auf Dioxin-kontaminierte Sedimente aus dem Bitterfelder Gebiet im Einzugsbereich der Mulde, ca. 400 km stromaufwärts, zurückführen ließen (Götz et al. 1996, Götz & Lauer 2003). Diese Ergebnisse dienen als Beweis für den Schadstofftransport aus dem Einzugsgebiet der oberstromigen Elbe bis in den Hamburger Hafen.

Die Dioxin-Darstellung anhand der Mulde zeigt deutlich die Komplexität der Risikobetrachtungen auf, die beide Komponenten der Risikodefinition – Exposition und Effekt – in gleicher Weise berücksichtigen muss. Exposition auf der Ebene der Flusseinzugsgebiete beinhaltet die Resuspendierung und den Transport von kontaminiertem Material, einschließlich auftretender Verdünnungs- oder Sedimentationsprozesse entlang des Transportweges. Effekt bezeichnet die Toxizität, Persistenz, Konzentration und Adsorptionsfähigkeit der mobilisierten Schadstoffe.

Während sich die Komponente Effekt in Abhängigkeit von den biogeochemischen Umweltparametern ändert, muss bei der Exposition der Einfluß der hydraulischen Verhältnisse berücksichtigt werden. So zeigten Schwartz und Kozerski (2004), dass die gemeinhin als Sedimentationsräume eingestuftes Bühnenfelder entlang der Elbe ein erhebliches Remobilisierungspotential für Schadstoffe aufweisen. Nach ihren Abschätzungen führte das Extremhochwasser 2002 allein in einem Bühnenfeld bei Elbe-km 420 zu einer Erosion von ca. 200 m³ feinkörnigem, belastetem Sediment (Abb. 1.2).

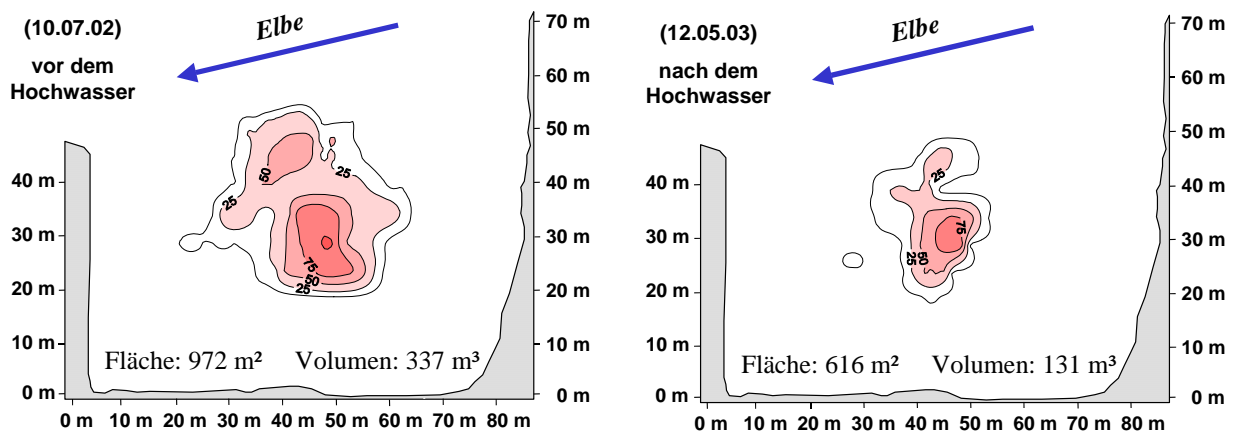


Abb. 1.2: Auswirkung des Augusthochwassers 2002 auf die Ausdehnung und das Volumen des schwebstoffbürtigen Sedimentdepots in einem Bühnenfeld am Elbe-km 420,9

1.4. Ausblick

Eine Risikoabschätzung unter normalen Abflussverhältnissen muss bereits eine Vielzahl qualitativer und quantitativer Informationen zu Schadstoffkonzentrationen, Schwebstofftransport, Ablagerungs- und Erosionsprozessen, Remobilisierungen von Schadstoffen und Toxizitäten nutzen. Unsicherheiten, die bei der Limitierung auf bestehende Datengrundlagen zwangsläufig auftreten, müssen in möglichst quantifizierter Form in die Risikobetrachtung eingehen. Hierfür haben sich Konzepte mit fuzzy-logischen Betrachtungen bewährt (Heise et al. 2004).

Unabdingbar ist die Einbeziehung verschiedener hydrologischer Situationen in die Risikobetrachtungen, da das Gefahrenpotential einer Region exponentiell mit den auftretenden Abflüssen und den entsprechend geänderten Sohlschubspannungen ansteigen kann. Ebenso unabdingbar jedoch ist die Durchführung einer auf das Einzugsgebiet bezogenen Risikoanalyse, da nur sie dazu führt, die Orte zu identifizieren, an denen Maßnahmen ansetzen sollten, die kosteneffektiv zu einer Verbesserung der Situation im Flussgebiet zu führen. Die ausgeprägte Verflechtung von Aktivitäten und Risiken innerhalb eines Flussgebietes, gemeinsam mit der Tatsache, dass es in einem hohen Maße Altlasten sind, die zur Beeinträchtigung der Sedimentqualität beitragen, müssen zur Bildung einer Solidaritätsgemeinschaft entlang eines Flusses führen („hydrosolidarity“, Lundqvist und Falkenmark 2000), in deren Rahmen gemeinsame Verpflichtungen und Verantwortlichkeiten diskutiert werden.

Dieser nächste Schritt einer wissenschaftlichen Risikoanalyse als Voraussetzung für ein auf das Flusseinzugsgebiet bezogenes Sedimentmanagement sollte in einer fortführenden Studie getan werden.

1. Study on contamination of sediments in the Elbe catchment



The Elbe near Boizenburg 2002 (Foto: R. Schwartz)

1.1. Sediments as part of river basin management

This study describes the situation along the river Elbe and its tributaries with regard to contaminants in sediments and suspended matter and aims to take a first step towards river basin-wide sediment management.

The analysis of the qualitative and quantitative state of particulate matter in a river basin with reference to the Water Framework Directive (EC 2000) and the European Marine Strategy (EC 2002) has a high level of ecological and regulatory relevance. The dynamic and budget of sediment and suspended matter has a pivotal role for the hydromorphological properties of a river. The economic importance of risk-based sediment management of sediment is demonstrated by the volumes of material that need to be dredged in order to maintain the navigational depth along waterways. The volume of dredged material in Hamburg Harbour has increased since 1999 (HPA 2005) and must partly be disposed of on land at high costs, or treated because of its contamination, which at least partly derives from upstream sites. Accordingly, risk-based management approaches need to be developed on the basin scale, as the large freshwater harbours such as Rotterdam or Hamburg are of high importance with regard to sediments in the catchment-coast continuum (Salomons 2005).

The interaction between immission, emission and transmission shows just how complex this management approach is:

Immission data – e.g. contaminant concentrations in sediments – are necessary when a risk-based approach shall be carried out. Different assessment systems for sediment quality and management guidance (e.g. for deciding between land disposal and relocation) along a catchment-coast continuum, however, impede shared management strategies.

Emission data are necessary to identify emission sources so that management measures can be planned. These are in part historical data, which need to be assessed and updated.

Emission and immission data are interconnected by the transport of sediments along a river system (transmission). In a preliminary approximation, this can be estimated on the basis of water discharge as well as on the concentration of suspended matter and contaminants. A complete risk

assessment requires that a number of other factors such as the catchment-specific hydrological situation, sedimentation and erosion zones, and dilution effects be taken into account.

In the European thematic framework programme "Metropolis" (Metrology in Support of Precautionary Sciences and Sustainable Development Policies; Anon. 2004a), several essential deficiencies have been identified that continue to impede a Europe-wide comparison of water quality data and the integrated decision processes required to achieve improvements along whole water sheds.

These deficiencies are:

- The lack of standardised investigation and evaluation methods.
- The lack of representative data: those available today are not representative of the reality of the situations found in the field.
- The lack of specifications on quality and uncertainty of the data used for decision-making.
- The lack of so-called "Meta-Data": How and when have measurements been carried out? Who do these data belong to? In what way have the data been used? Such information is essential, if data are supposed to be used also for other than the original purpose. use
- The lack of traceability. The fundamental concept of traceability requires that environmental measurement data allow backtracking (i) to defined references (material and methods), (ii) via a continual chain of comparabilities and (iii) with assessed uncertainties (Quevauviller 2004).

In the course of implementing the Water Framework Directive (WFD), which explicitly demands watershed-related management (EG 2000), quality criteria for solid-bound pollutants within the Elbe area are available only for arsenic, copper, chrome, zinc, PCBs and organotin compounds. The sediment quality standards for toxicants that have originally been outlined in WFD Annex X to identify the "good chemical condition" has for the time being been refused by the Commission because of methodological limitations, expected extensive costs and difficulties reaching a European consensus. During a plenary meeting on 28th May, 2004, the Scientific Committee for Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE) stated that from a scientific point of view, the renunciation of environmental standards for solid phases in the course of the Water Framework Directive was not justified. In particular, the surveillance of lipophilic pollutants should focus on living organisms and the sediment matrix would play a more important role in the uptake and impact of those pollutants than the water column.

Use of data on sediments and suspended solids for spatiotemporal trend monitoring – as recommended by the AMPS group – will surely become part of the monitoring programme in the watershed areas, which has to be presented until 2006.

As a consequence of the lack of sediment quality standards, this study could not use Water Framework Directive (WFD) criteria for an evaluation of the immission situation because essential Elbe-specific pollutants transported by suspended matter and sediments would not be considered. Instead, existing target values from ARGE Elbe for the protection of aquatic communities were used (see below).

1.2. Methodic approach of the study

Due to the above-mentioned deficiencies in the fundamental data principles, the existing survey must be carried out in consideration of watershed-specific uncertainties. Whereas these uncertainties for the selection of watershed-relevant pollutants are still relatively minor and stem

for the most part from insufficient data, the risk eviction of polluted areas is aggravated by the potentiation of insufficient and increasingly uncertain data. Conclusions on risks must therefore include an estimated dimension of the inherent uncertainties so that they remain relevant for decision-making (Heise et al., 2004). Various lines of evidence were used in this report to minimise the uncertainties of the conclusions. A successive approach was used for risk assessment of contaminated areas, with step-by-step increases in complexity and uncertainty to reach the conclusions to be made (see also Heise et al., 2004).

On the basis of extensive data sets from ARGE Elbe, the International Commission for the Protection of the Elbe (IKSE), and the Federal Institute of Hydrology (BfG) as well as further selected data sets, originating from single projects, the same three-stage approach, which had already been successfully applied in a study on the Rhine River, was applied. The stages are:

1) Identification and classification of pollutants that are relevant within the watershed: *Substances of Concern*

First of all, the relevant pollutants, based on how far the quality target was exceeded or on their hazard class, were identified in Hamburg sediments and suspended solids. The IKSE target values for protection of aquatic ecosystems, as designed for the Elbe area, covering most of the well-investigated parameters along the Elbe, make up the measure of exceedance. The port of Hamburg acts as a pollutant collector since it is the largest sedimentation basin in the downstream Elbe river system. Samples were taken from the Bunthaus (suspended solids) and Bullenhausen, and Dove-Elbe (sediments) stations, which are located upstream from the port. These pollutants have a watershed-wide significance and are considered "substances of concern".

2) Identification and classification of areas with an increased pollution load: *Areas of Concern*

The second stage deals with tracing concentration gradients of the "substances of concern" in suspended solids and sediments. Significant differences in the exceedance of target values are allocated to hydrographic-hydrologic subareas of the watershed. Thus, a stationary picture of the areas is given, where the substances of concern could be detected in elevated concentrations. These areas were called areas of concern. They were classified according to the degree of target value exceedance and the hazard class of the contaminants as well as the degree of uncertainty that is associated with the classification. The degree of uncertainty is determined by a) the amount of available data (e.g. the number of investigations), b) the spectrum of the effectively and regularly measured pollutants in the respective region for which exceedance has been claimed and c) the analytical measurement accuracy of the data collection. Areas of concern may either refer to the direct impact of a pollution source or to historically contaminated sediments transported downstream with the Elbe and – within the resuspension cycle – possibly temporarily deposited in these areas. Identification of possible recent or historic sources as attempted here is of high importance, when action should be taken to reduce pollution of the Elbe sustainably.

3) Identification of *areas of risk*

The contributions of the *areas of concern* to risks to downstream regions were addressed in a rather rudimentary fashion by mass transport calculation at six Elbe River stations. These mass transport calculations have high error rates and therefore the quantification of the contributions from areas of concern to the entire risk of the Elbe watershed should be additionally based on the analysis of hydrologic conditions, sediment stability, contaminated volumes and the impact of extreme situations such as torrential rain, floods and dry seasons. Such an extensive analysis was not part of this study. It will be necessary, however, to identify those areas where the available resources for sediment management can be applied collaboratively and with an optimal effect (prioritisation).

1.3. Results of the Study

1.3.1. Substances of Concern

Anorganic and organic pollutants are listed as substances of concern in Table 1.1 according to their unduly high concentrations (exceedance of target values), their toxicity and persistence:

Tab. 1.1: Classification of pollutants based on the properties of "persistence", "adsorption/bioaccumulation", and the regulatory categorisation of the substance as a "priority harmful substance" according to the WFD, as a "priority pollutant to be surveyed" according to the WFD, or as a "priority pollutant" or a "persistent organic pollutant" according to the UNEP.

Heavy metals Arsenic	Persistence	Adsorption	Bioaccumulation	Evaluation	„Hazard class“
Hg	+++	+++	+++	PGS	2
Cd	+++	+++	+++	PGS	2
Pb	+++	+++	++	PPS	1
Cu	+++	+++	++		1
Zn	+++	+++	++		1
Cr	+++	+++	+		1
Ni	+++	+++	+	PS	1
As	+++	+++	++		1
Organic Contaminants	Persistence 1-half life<1 yr 2-half life>1 yr 3-half life>10 yr	Adsorption/ Accumulation log K _{ow}	Evaluation	„Hazard class“	
TBT	2	3,59	PGS	1	
TeBT	?			1	
DBT	?	1,49		1	
TPT ⁺	?	3,53		1	
HCHs (α , β , γ)	1-2	3,6 – 3,8	PGS	1	
PCB 28	3	5,8	POP	2	
PCB 52			POP	2	
PCB 101			POP	2	
PCB 118			POP	2	
PCB 138			POP	2	
PCB 153	3	6,87	POP	2	
PCB 180	3	7,36	POP	2	

Organic Contaminants	Persistence 1-half life<1 yr 2-half life>1 yr 3-half life>10 yr	Adsorption/ Accumulation log K _{ow}	Evaluation	„Hazard class“
HCB	3	5,91	POP/PGS	2
Pentachlorbenzol	?	?	PGS	2
DDTs	3	6,19	POP	2
Dioxins	3	z.B. 6,9	POP	2
Furans	3	z.B. 6,1	POP	2
PAH			PGS	
Phenanthrene	1	4,43-4,45		1
Anthracene	1	4,56		1
Fluoranthene	1	5,13		2
Pyrene	1	5,1		2
Benz(a)anthracene	2	5,8		2
Chrysene	k.A.	5,6		2
Benzo(b)fluoroanthene	k.A.	6,04-6,57		2
Benzo(k)fluoroanthene	k.A.	6,57		2
Benzo(a)pyrene	2-3	6,04-6,15		2
Dibenz(ah)anthracene	2 (?)	6,39		2
Benzo(ghi)perylene	k.A.	7,23		2
Indo(1,2,3-cd)pyrene	k.A.	4,19		1








The classification into two possible hazard classes was based on the pollutants' persistence, their capacity of adsorption to the sediment, the capacity of accumulating in living organisms as well as their categorisation as ecologically critical. The latter criterion applies when the substance was classified as a "priority harmful substance", a "priority substance to be surveyed" or a "priority substance" (PS) according to Annex X of the WFD. It also applies when the substance is part of the Stockholm Convention ("persistent organic pollutant", POP, according to the United Nations Environment Program, UNEP).

With metals, the high bioaccumulation and the biomagnification of cadmium and mercury in the food chain and their WFD classification as a "priority harmful substance" resulted in a classification into the higher hazard class 2. For organic substances, the adsorption coefficient of $\log K_{ow} > 5$ in particular led to a classification in hazard class 2.

For a number of organic substances listed in Annex X of the WFD, which may also be significant as particle-linked pollutants due to their chemical properties, no sufficient data sets are available to allow proper classification. These substances are mentioned but excluded from the detailed reflection.

1.3.2. Areas of Concern

Based on annual mean values (from 1996 to 2003) of pollutant concentrations in freshly sedimented material at representative measuring points (the IKSE and ARGE Elbe series), the areas represented by the measurement points were evaluated with regard to exceedance of the respective target values. The conclusions were ensured by plausibility considerations using concentrations of recent sediments from 1997 to 2002 (BfG series). An accounted area becomes an area of concern for a specific substance when the target value of the substance was significantly exceeded. In this study, a significant exceedance occurred when at least 50% of the annual mean values were above the target value. The target values of ARGE Elbe from 2000 served as a reference. For inorganic substances, these values correspond to the target values of the IKSE. The areas of concern are listed in Table 1.2.

	Zielvorgabe wird nicht erreicht		Nachweis von <i>Substance of Concern</i> ohne Zielvorgabe
	im Bereich der ZV (+/- 10 % der ZV)		
	ZV bis zum Zweifachen der ZV		
	vom Zwei- bis zum Vierfachen der ZV		
	mehr als das Vierfache der ZV		
	keine Daten verfügbar		

Tab. 1.2: Exceedance of target values for the several substances of concern in different regions along the Elbe.

	Diox	PAH	As	Cu	Cd	Hg	Pb	Zn	HCH	DDT	PCB	HCB	TBT	TeBT
Valy		■		■	■	■		■	□		■		■	■
Lysa		■			■	■			□		■		■	■
Obristvi		■			■	■			□		■		■	■
Zelcin/Moldau		■		■	■	■	■	■			■		■	■
Decin		■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
Schmilka		■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
Zehren		■		■	■	■	■	■	□		■	■	■	■
Dommitzsch		■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
Schwarze E.		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
Mulde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Saale	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
Magdeburg	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Schnackenbg.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bunthaus	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
Seemannsh.	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■

Sites with more than double the target values are listed in Table 1.2. The progress of exceedance in the watershed, which can be retraced by means of representative measurement points, indicates whether the emission actually occurred in the area of concern or if the discharge was – at least partially – further upstream and the relevant pollutants were transported downstream with the sediment. Information on the existence of recent or historic emissions, - or their absence, may add to the plausibility of the assumption.

The following areas were identified as having a high pollution impact:

- 1) The Czech Elbe watershed from Valy to the Vltava tributary: cadmium, PCBs and PAHs (and mercury to a lesser extent)
- 2) The Vltava watershed: PCBs, PAHs (and cadmium to a minor degree)
- 3) The area around Decin and the Bilina in the Czech part of the Elbe: mercury, DDTs and HCB. Additional PCB and PAH entries cannot be excluded. However, their elevated concentrations may be a consequence of an upstream discharge
- 4) The area around Schmilka: PCBs and HCB, and to a minor degree cadmium, mercury, DDTs, and PAHs; the area around Zehren and Dommitzsch: HCB. As both areas fit the upstream contamination pattern, the existence of actual regional sources in addition to the upstream emissions must be examined.
- 5) The Schwarze Elster watershed: relatively minor concentrations of cadmium and zinc.
- 6) The Mulde watershed: arsenic, cadmium, mercury, zinc, HCHs, DDTs, PAHs, and TeBT (also lead, HCB and TBT to a minor extent) and dioxin/furan
- 7) The Saale: cadmium, mercury (and zinc to a minor extent), dioxin/furan, and PAHs.
- 8) The downstream Elbe from Magdeburg to Bunthaus: cadmium, mercury, zinc, PAHs, dioxin/furans, and HCB
- 9) The Hamburg Elbe area between Bunthaus and Seemannshoef: TBT, dioxin / furan (and to a lesser extent cadmium and mercury)

For some substances relevant to the Elbe such as dioxin and furans, quality criteria for sediments are currently not available. The only evaluation criterion at present for dioxins and furans is the Safe-Sediment-Value of 20 I-TEQ ng/kg, derived from the sediment evaluation of Evers et al. (1996). This value should not be exceeded in order to avoid an accumulation of dioxin in fish and birds via the food chain. The concentrations in sediments below the Mulde and Saale confluences are greatly exceeded, at least up to the Hamburg port area.

Potential pollutant sources were identified in an extensive investigation. With a few exceptions, the – mostly historical - areas of concern – could be assigned to sources, thus explaining the high concentrations of the substances of concern. Within the large sections between the Decin and the Schwarze Elster confluence as well as between Schnackenburg and Geesthacht, no potential sources were recorded, however. Here, the high pollutant levels must be traced to the upstream input of contaminated material.

To estimate the sensitivity of the evaluation based on the applied target values, a second categorization was carried out, exemplarily for heavy metals, on the basis of the reference value RW 1 of the "Operation Guidelines for the Handling of Dredged Material in Coastal Areas" (HABAK; BfG 1999). Both approaches, with the IKSE target values and the RW₁ of the HABAK, led to consistent conclusions.

1.3.3. Areas of Risk – A challenge for the Elbe

A risk potential can be assigned to an area of concern in several ways. In this study these were only briefly discussed. Sediment mass, calculated by the flow rate of defined cross-sections, the concentration of suspended matter in the water and the pollutant levels in freshly sedimented material, gives information on potential downstream transport of sediment material. Mass transport calculations (qualified estimates) showed that for PCBs and HCB the previously identified areas of concern were also major contributing elements to the risk. Other substances, in particular heavy metals, showed a lesser impact e.g. of the Mulde than anticipated with regard to the contamination level. Mass transport calculations, however, are sensitive to method-specific measurement inaccuracies and risk assessment must not rely exclusively on these calculations. The degree of dilution by suspended matter from tributaries and its impact on the pollutant concentration during fluvial transport must be considered carefully. The relatively marginal Mulde discharge, for example, explains its minor contribution to suspended matter transport of the Elbe in normal run-off conditions, despite the high degree of contamination of the Mulde.

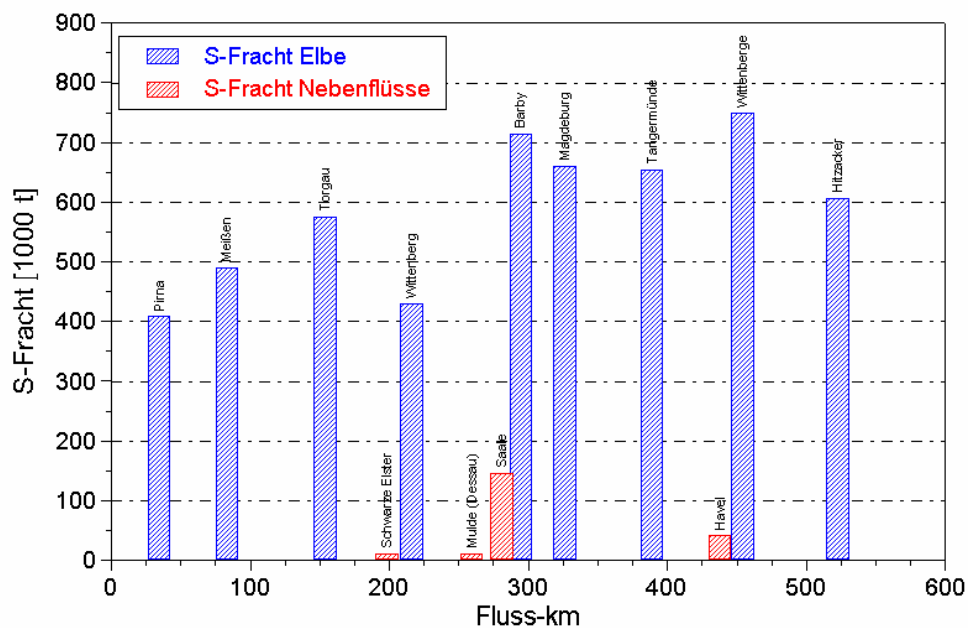


Fig. 1.1: Suspended matter loads of the Elbe at selected balance profiles and from major tributaries (data: BfG)

Also watershed-specific characteristics such as large sedimentation areas or known erosion zones must be included when considering the contribution of areas to risk. Zerling et al. (2001) estimated that the load of the lower Elbe between 1993 and 1997 would have been higher by 90% for cadmium and 50% for lead without the retaining function of the Mulde reservoirs. Even when considering these parameters, which seem to minimise the risks from the Mulde, tracer investigations showed that a significant qualitative emission from the Mulde does occur. Dioxins and furans in particular are appropriate tracer elements of area-specific emissions in the Elbe watershed. Their congeneric pattern can be used as 'fingerprints', and, compared to patterns at the assumed sites of origin. Thus they can serve to identify pollutant sources and pathways. By investigating the dioxin contamination in Hamburg inner-city waters, for example, local thermal sources were identified as responsible emitters, whereas dioxins in samples from the Elbe and its

floodplains could be traced back to dioxin contaminated sediments from the Mulde watershed, approximately 400 km upstream (Götz et al. 1996; Götz & Lauer 2003). The results prove that pollutants are transported from the upstream Elbe down to the port of Hamburg.

The dioxin case of the Mulde clearly indicates the complexity of risk assessment, which should consider both components of risk: exposure and effect. Exposure in watershed areas comprises the resuspension and transport of contaminated material, including resulting dilution or sedimentation processes occurring along the route of transport. The effect refers to the toxicity, persistence, concentration and absorption capacity of the mobilised pollutants.

Whereas the component effect varies according to biogeochemical environmental parameters, the influence of hydraulic conditions must be considered for exposure. Schwarz and Kozerski (2004) showed that the groyne fields along the Elbe – generally categorised as sedimentation areas – show a substantial remobilisation potential for pollutants. According to their estimates, the extreme flood in 2002 resulted in an erosion of about 200 m³ of fine-grained, charged material in a single groyne field at Elbe km 420 (Fig. 1.2).

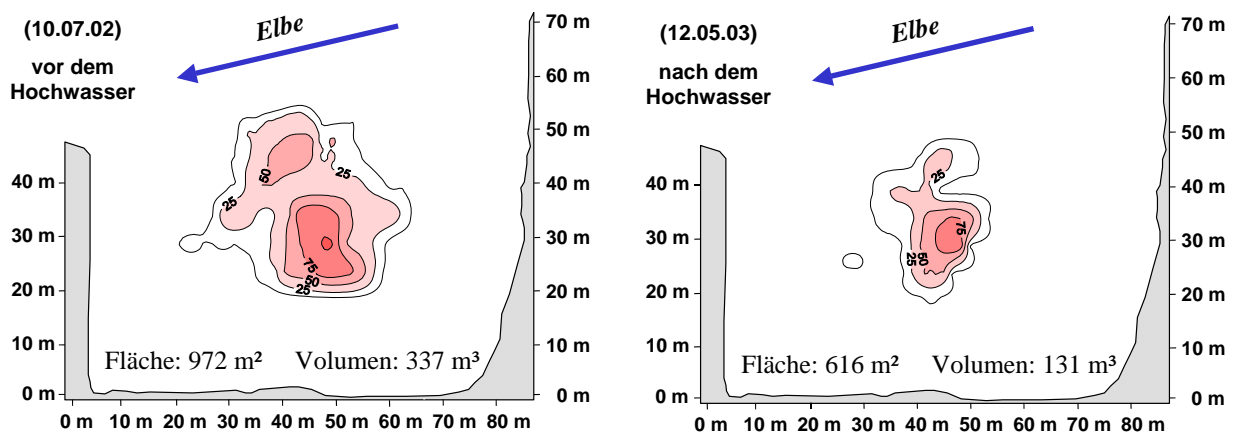


Fig: 1.2: Impact of the August 2002 flood on the expansion and volume of freshly deposited sediments in a groyne field at Elbe km 420.9

1.4. Perspectives

A risk assessment taking into account normal run-off conditions must already consider both qualitative and quantitative information on pollutant concentrations, suspended matter transport, sedimentation and erosion processes, remobilisation of pollutants and toxicities. Uncertainties that inevitably arise due to the limited availability of data should be part of the risk assessment and should be quantified. The concepts of fuzzy-logic have proved to be of value here (Heise et al. 2004).

The inclusion of several hydrologic situations is indispensable for risk assessment because the regional hazard potential may rise exponentially with occurring discharge and their corresponding critical shear velocities. A watershed-level risk analysis also cannot be avoided, as it identifies those sites where cost-effective measures for improving the watershed situation are to be taken. The legacies of past activities that have impacted sediment quality are clearly related to today's risks within a watershed. Remediation of the situation depends on forming a community along the river that shows solidarity (called hydrosolidarity by Lundqvist and Falkenmark 2000) and takes up joined obligations and responsibilities. These next steps of a scientific risk analysis, as a prerequisite for watershed-related sediment management, should be undertaken in a subsequent investigation.

1. Studie znečištění sedimentů škodlivými látkami v povodí Labe



Die Elbe bei Boizenburg 2002 (Foto: R. Schwartz)

1.1. Management sedimentů jako součást managementu povodí

Tato studie předkládá zmapování situace znečišťujících látek v sedimentech a plaveninách v Labi a v důležitých přítocích Labe. Pomocí této studie by měly být vytvořeny první základy pro management sedimentů v povodí Labe do budoucna. Zkoumání kvalitativní a kvantitativní situace tuhých látek v povodí má vysokou ekologickou a regulační relevanci jednak vzhledem k cílům Rámcové směrnice pro vodní politiku (EG 2000) jednak vzhledem k evropským cílům ochrany moří (EG 2002). Sedimenty představují biotop pro četné zástupce fauny i flóry. Bilance pevných látek má pro hydromorfologickou situaci řeky rozhodující roli. Kontaminované sedimenty se mohou stát příčinou chronické otravy akvatického společenství a ohrozit tak žádoucí dobrý chemický a ekologický stav. Sedimenty jsou dynamickou součástí kontinua povodí - pobřeží (Salomons 2005). Velké říční přístavy jako Rotterdam a Hamburg mají v tomto kontinuu pro kvalitu sedimentů funkci důležitého uzlu. Na značnou ekonomickou potřebu managementu sedimentů, zahrnujícího i rizika, ukazuje navíc i množství materiálu, vybagrovaného při udržovacích pracích v hamburském přístavu, které od roku 1999 narůstá (HPA 2005) a které musí být na základě daných koncentrací částečně s velkými náklady zhodnocováno pro zemědělství resp. deponováno na skládkách.

Management sedimentů v měřítku povodí je založen na komplexních znalostech imisní, emisní a transmisní situace a dalších souvislostí. *Imisní data* např. v podobě koncentrací znečišťujících látek v sedimentech, umožňují metodický postup zohledňující rizika. Různé metody hodnocení kvality sedimentů v „kontinuu povodí – pobřeží“ včetně směrnic pro plán povodí, které jsou např. používány při rozhodování o vybagrovaném materiálu ‚odvézt na skládku versus převrstvit usazeniny na jiné místo‘ ztěžují výrazně jednotný management. Pokud má dojít k realizaci opatření managementu, jsou pro identifikaci zdrojů znečišťujících látek naprosto nezbytná *emisní data*. Jedná se přitom částečně o historická data, která musí být zjištěna, aby bylo možné učinit vymezení vůči recentním trendům. Emisní a imisní data mají vzájemnou spojitost prostřednictvím transportu sedimentů podél toku v povodí. Tuto *transmisí* lze v prvním přiblížení zjistit pomocí veličin průtok a koncentrace plavenin resp. znečišťujících látek. Pro odhady rizik musí být ale brány v úvahu četné další faktory, jako např. hydrologické podmínky signifikantní pro povodí, zóny sedimentace a eroze, zředovací efekty apod.

V tematickém evropském rámcovém programu ‚Metropolis‘ (Metrology in Support of Precautionary Sciences and Sustainable Development Policies; Anon. 2004a) byly již identifikovány některé zásadní nedostatky, které jsou zatím na překážku celoevropskému porovnávání dat jakosti vody a potřebným integrovaným procesům rozhodování pro zlepšení v rámci celých říčních povodí. Jsou to tyto nedostatky:

- neexistující sladění metod sledování a vyhodnocování
- neexistující reprezentativnost dat; nepopisují onu reálnou část, kterou mají reprezentovat
- nedostatečné údaje o kvalitě resp. o nespolehlivosti dat, která mají být využita pro proces rozhodování
- chybějící tzv. „meta-data“. Kdy a jak bylo které měření prováděno? Komu data patří? Jakým způsobem byla data přenášena resp. užívána? Takové údaje mají zásadní význam, pokud mají být data využívána pro jiný než původní (úzce vymezený) účel.
- Nedostatečná ‚zpětná výsledovatelnost‘ dat. Ústřední koncepce ‚Traceability‘ požaduje, aby naměřená environmentální data byla zpětně výsledovatelná resp. zjištělná (i) v rámci definovaných referencí (materiály a metody), (ii) v nepřerušném řetězci srovnávacích možností, (iii) se stanovenou nespolehlivostí.

Během implementace Rámcové směrnice pro vodní politiku, ve které je výslovně požadován management orientovaný na říční povodí (EG 2000), jsou v povodí Labe k dispozici pro znečišťující látky vázané na tuhé látky pouze kvalitativní kritéria pro arzen, měď, chrom, zinek resp. pro polychlorované bifenylly a organické sloučeniny zinku. Principiálně plánované stanovení standardů jakosti sedimentů v Rámcové směrnici pro znečišťující látky přílohy X za účelem zjišťování dobrého chemického stavu bylo zatím komisí odmítnuto s odkazem na metodické limity, očekávané vysoké náklady a potíže při vypracovávání evropského konsensu. Vědecký výbor pro toxicitu, ekotoxicitu a životní prostředí (CSTEE) konstatoval v tomto smyslu na svém plenárním zasedání dne 28. května 2004 (Anon. 2004c), že z vědeckého hlediska není obhajitelné vzdávat se environmentálních standardů pro fázi tuhých látek při implementaci Rámcové směrnice pro vodní politiku. Především sledování lipofilních znečišťujících látek v tocích by se mělo zaměřit na organizmy a také matice sedimentů hraje při přijímání a působení těchto znečišťujících látek podstatně větší roli než vodní fáze.

Používání sedimentů a plavenin pro prostorový a časový monitoring trendů se na doporučení skupiny AMPS stane určitě součástí monitorovacích plánů v povodích, které mají být předloženy do roku 2006.

Jako důsledek neexistujících standardů jakosti sedimentů vplynulo pro tuto studii, že posuzování imisní situace na základě kritérií Rámcové směrnice není možné, protože pak by důležité znečišťující látky typické pro Labe, které jsou transportovány prostřednictvím plavenin a sedimentů, nebyly podchyceny. Jako alternativa byly proto zvoleny stávající cílové záměry ARGE-Elbe na ochranu akvatických společenství (viz dále).

1.2. Metodický model studie

Na základě výše uvedených nedostatků v datových podkladech se musí toto zmapování uskutečnit s přihlédnutím k nespolehlivosti, typické pro povodí. Zatímco při výběru znečišťujících látek relevantních pro povodí jsou tyto pochybnosti relativně malé a spočívají především v nedostatečném spektru dat, je vykazání rizika pro ovlivněné oblasti ztíženo umocněním nedostatečných a značně nespolehlivých dat. Výsledky ohledně rizika musí proto obsahovat odhad

rozsahu imanentních nespolehlivostí, aby zůstaly pro rozhodování relevantní (Heise et al., 2004). Používání různých linií prověřování, které se navzájem ve svých výsledcích podporují a zvyšují tedy jejich důvěryhodnost, to je možnost používaná i v této zprávě ve snaze minimalizovat nespolehlivost výsledků. Postupná metoda odhadování rizika kontaminovaných oblastí, přičemž krok za krokem vzrůstá stupeň komplexnosti a nespolehlivosti, slouží rovněž ke zdůvodnění nalezených výsledků (viz také Heise et al. 2004).

Na základě rozsáhlých databází ARGE-Elbe, Mezinárodní komise na ochranu Labe (MKOL) a Spolkového úřadu pro hydrologii BfG i dalších vybraných databází, pocházejících z jednotlivých projektů, byl zkoumán stejný trojstupňový model, který byl již úspěšně použit při jedné studii na Rýně (Heise et al. 2004). Jsou to tyto stupně:

1) Identifikace a klasifikace znečišťujících látek – *Substances of Concern* - relevantních pro povodí Nejdříve byly v hamburských sedimentech a plaveninách identifikovány znečišťující látky, které by mohly být relevantní na základě výše překročení cílů kvality nebo v důsledku své třídy nebezpečnosti („Hazard Class“). Jako orientační údaj pro překročení byly použity cílové záměry MKOLu na ochranu akvatických společenstev, protože ty byly vyvinuty pro oblast Labe a podchycují většinu dobře sledovaných parametrů na Labi. Hamburský přístav působí jako největší sedimentační nádrž na dolním toku Labe, jako usazovací místo pro znečišťující látky. Vzorok z stanic Bunthaus (plaveniny) a Bullenhausen resp. Dove-Elbe (sedimenty), které se nalézají proti toku od přístavu, byly použity k identifikaci takových znečišťujících látek, které pocházejí ze zdrojů na horním toku. Takže tyto znečišťující látky jsou významné pro celé povodí a jsou ‚Substances of Concern‘.

2) Identifikace a klasifikace oblastí se zvýšeným výskytem znečišťujících látek – *„Areas of Concern“* V druhém kroku se jedná o sledování průběhů koncentrací ‚Substances of Concern‘ v plaveninách a sedimentech a přiřazování signifikantních změn při překročení cílových záměrů hydrograficko-hydrologických parciálních oblastí povodí. Vytvoří se tak stacionární obraz oblastí, ve kterých mohly být prokázány ‚Substances of Concern‘ ve zvýšených koncentracích. Tyto části byly nazvány *„Areas of Concern“*. Byly klasifikovány podle stupně překročení cílových záměrů a „třídy nebezpečnosti“ polutantů a dále podle stupně nespolehlivosti, který je s klasifikací spojen. Stupeň nespolehlivosti určuje a) množství disponibilních dat (např. počet sledování), b) spektrum znečišťujících látek, které jsou v příslušném úseku skutečně pravidelně sledovány a pro které bylo zaznamenáno překročení a c) analytická přesnost měření, se kterou bylo možné tato data získat. *„Areas of Concern“* mohou poukázat buď na přímý vliv zdroje polutantů nebo také na historicky kontaminované sedimenty, které byly po toku Labe transportovány a které se – možná přechodně – v těchto místech – v závislosti na cyklu resuspenze – usadily. Zde nastíněná identifikace případných recentních nebo historických zdrojů je důležitá, pokud mají být učiněna opatření na snížení znečišťování Labe na trvale udržitelnou úroveň.

3) Identifikace rizikových oblastí – *„Areas of Risk“*

Příspěvkem *„Areas of Concern“* pro riziko níže po toku položených oblastí se tato studie nezabývala podrobně, pouze propočítáním odnosů na šesti stanicích na Labi. Protože takováto sledování odnosů jsou zatížena velkou chybou, vyžaduje kvantifikace ovlivňování celkového rizika v povodí Labe prostřednictvím *„Areas of Concern“* analýzu hydrologických podmínek, stability sedimentů, kontaminovaných objemů a dopadů extrémních situací jako např. přívalového deště, povodní a období sucha. Taková detailní analýza nebyla předmětem této studie. Bude ale nutná, aby bylo možné vymezit oblasti, ve kterých bude možné prostředky, které jsou k dispozici pro management sedimentů, využít cíleně a co nejefektivněji (určení priorit).

1.3. Výsledky studie

1.3.1. Substances of Concern

Jako „Substances of Concern“ byly identifikovány na základě nepřipustně vysokých koncentrací (překročení cílových záměrů), své jedovatosti a perzistence tyto anorganické a organické látky v tabulce 1.1.

Klasifikace ve dvou možných třídách nebezpečnosti („hazard class“) byla uskutečněna na základě perzistence znečišťujících látek, jejich adsorpční schopnosti na sedimenty a schopnosti akumulace v organismech a také jejich zařazení jako ekologicky nevhodných. K poslední vlastnosti se přihlíželo, pokud byla látka podle přílohy X Rámcové směrnice pro vodní politiku zařazena jako prioritně nebezpečná látka (PGS) , jako potenciální prioritní látka (PPS) nebo jako prioritní látka (PS) resp. pokud patří k látkám stockholmské konvence („persistent organic pollutant“ – POP podle UNEP).

Tab. 1.1: Klasifikace znečišťujících látek na základě vlastností látek „perzistence“, „adsorpce/bioakumulace“ a regulérního zařazení látky jako prioritně nebezpečné látky podle Rámcové směrnice pro vodní politiku (PGS), jako potenciální prioritní látku (PPS) podle Rámcové směrnice pro vodní politiku, jako prioritní látku (PS) nebo jako „persistent organic pollutant“ (POP) podle UNEP.

Schwermetalle Arsen	Persistenz	Adsorption	Bioakku- mulation	Einstufung	„Hazard class“
Hg	+++	+++	+++	PGS	2
Cd	+++	+++	+++	PGS	2
Pb	+++	+++	++	PPS	1
Cu	+++	+++	++		1
Zn	+++	+++	++		1
Cr	+++	+++	+		1
Ni	+++	+++	+	PS	1
As	+++	+++	++		1
Organische Schadstoffe	Persistenz 1-half life<1 yr 2-half life>1 yr 3-half life>10 yr	Adsorption/ Akkumulation log K _{ow}	Einstufung	„Hazard class“	
TBT	2	3,59	PGS	1	
TeBT	?			1	
DBT	?	1,49		1	
TPT ⁺	?	3,53		1	
HCHs (α , β , γ)	1-2	3,6 – 3,8	PGS	1	
PCB 28	3	5,8	POP	2	
PCB 52			POP	2	
PCB 101			POP	2	
PCB 118			POP	2	
PCB 138			POP	2	
PCB 153	3	6,87	POP	2	
PCB 180	3	7,36	POP	2	

Organische Schadstoffe	Persistenz	Adsorption/ Akkumulation	Einstufung	„Hazard class“
	1-half life < 1 yr	log K _{ow}		
	2-half life > 1 yr			
	3-half life > 10 yr			
HCB	3	5,91	POP/PGS	2
Pentachlorbenzol	?	?	PGS	2
DDTs	3	6,19	POP	2
Dioxin	3	z.B. 6,9	POP	2
Furan	3	z.B. 6,1	POP	2
PAK			PGS	
Phenanthren	1	4,43-4,45		1
Anthracen	1	4,56		1
Fluoranthen	1	5,13		2
Pyren	1	5,1		2
Benz(a)anthracen	2	5,8		2
Chrysen	k.A.	5,6		2
Benzo(b)fluoranthen	k.A.	6,04-6,57		2
Benzo(k)fluoranthen	k.A.	6,57		2
Benzo(a)pyren	2-3	6,04-6,15		2
Dibenz(ah)anthracen	2 (?)	6,39		2
Benzo(ghi)perylene	k.A.	7,23		2
Indo(1,2,3-cd)pyren	k.A.	4,19		1

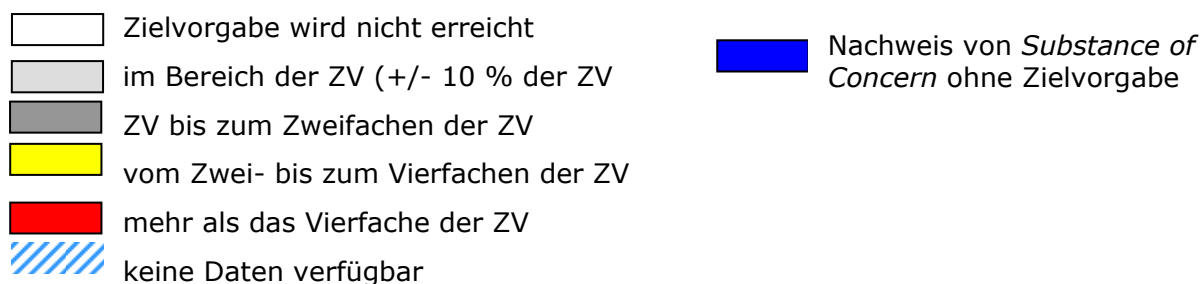
U kovů vedla ke klasifikaci do vyšší třídy nebezpečnosti 2 vysoká schopnost bioakumulace resp. biomagnifikace v potravinovém řetězci u kadmia a rtuti a jejich odpovídající zařazení podle Rámcové směrnice pro vodní politiku jako prioritních nebezpečných látek. U organických látek znamenal především adsorpční koeficient log K_{OW} >5 zařazení do třídy nebezpečnosti 2.

Pro celou řadu dalších organických sloučenin, které jsou uvedeny v příloze X Rámcové směrnice pro vodní politiku a které možná díky svým chemickým vlastnostem hrají určitou roli jako znečišťující látky vázané na pevných částicích, nejsou pro jejich zařazení k dispozici dostatečné soubory dat. Tyto látky jsou pouze uváděny a nejsou součástí detailních zkoumání.










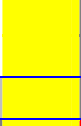

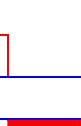




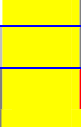






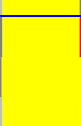










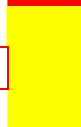









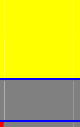



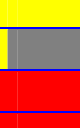

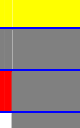

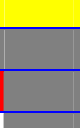


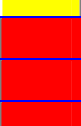



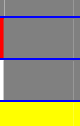


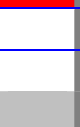
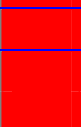
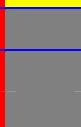


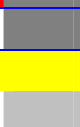

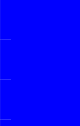




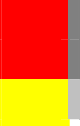
















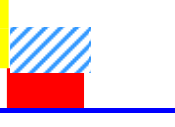


















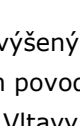
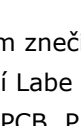
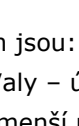
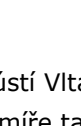
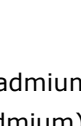
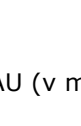
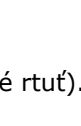
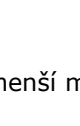
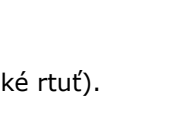
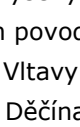
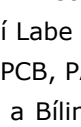
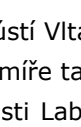
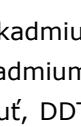
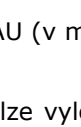
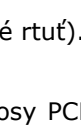
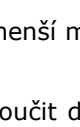
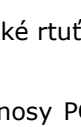
1.3.2. Areas of Concern

Na základě průměrných ročních hodnot koncentrací znečišťujících látek v sedimentovatelných plaveninách z reprezentativních měřicích stanic z let 1996 až 2003 (datové řady MKOLu a ARGE-Elbe) byly posouzeny oblasti, reprezentované měřicími profily, co do překračování příslušných cílových záměrů. Výsledky byly prověřeny na věrohodnost použitím koncentrací v recentních sedimentech z let 1997 až 2002 (datové řady BfG). Pozorovaná oblast se pro určitou látku stává „Area of Concern“, pokud se nalezne signifikantní překročení cílových záměrů příslušnou „Substance of Concern“. Za signifikantní je v této studii považováno překročení, pokud minimálně 50 % získaných ročních průměrných hodnot překračuje cílové záměry. Jako reference sloužily, jak už bylo uvedeno, cílové záměry ARGE-Elbe z roku 2000, které pro anorganické látky odpovídají cílovým záměrům MKOLu. „Areas of Concern“ jsou uvedeny v tabulce 1.2.

Z tabulky lze vyčíst taková místa, kde dochází k překračování cílových záměrů o více než dvojnásobek. Průběh překračování cílových záměrů v povodí předpokladatelný podle reprezentativních měřicích profilů poskytuje informaci, zda k emisi dochází skutečně v příslušné „Area of Concern“ nebo zda ke znečišťování dochází přinejmenším parciálně již někde proti toku a relevantní polutanty jsou transportovány se sedimenty po proudu řeky. Paralelně s tím lze hodnověrnost předpokladů podpořit existencí možných emitentů, kteří by odpovídající znečištění mohli způsobit, resp. jejich neexistencí v dané oblasti.



Tab. 1.2: Překračování cílových záměrů pro jednotlivé „Substances of Concern“ v různých regionech podél Labe

	Diox	PAH	As	Cu	Cd	Hg	Pb	Zn	HCH	DDT	PCB	HCB	TBT	TeBT
Valy														
Lysa														
Obristvi														
Zelcin/Moldau														
Decin														
Schmilka														
Zehren														
Dommitzsch														
Schwarze E.														
Mulde														
Saale														
Magdeburg														
Schnackenberg.														
Bunthaus														
Seemannsh.														

Oblasti se zvýšeným znečištěním jsou:

- 1) V českém povodí Labe úsek Valy – ústí Vltavy: kadmium, PCB a PAU (v menší míře také rtuť).
- 2) V povodí Vltavy PCB, PAU (v menší míře také kadmium).
- 3) Oblast u Děčína a Bíliny v české části Labe: rtuť, DDT a HCB. Nelze vyloučit další vnosy PCB a PAU, jejichž zvýšená koncentrace by mohla být důsledkem vypouštění na místech proti toku.
- 4) Oblast kolem Schmilky: PCB a HCB, v menší míře také kadmium, rtuť, DDT a PAU, oblast kolem Zehren a Dommitzsch HCB. Protože obě oblasti se podobají vzorku kontaminace proti toku, je tady nutné prověřit, zda se zde skutečně vyskytují regionální emitenti navíc k transportovanému vnosu z míst výše proti toku.
- 5) Povodí Černého Halštrova s relativně malým znečištěním kadmium a zinkem.

6) Povodí Muldy: arzen, kadmium, rtuť, zinek, HCH, DDT, PAU a TeBT (v nepatrné míře také olovo, HCB a TBT) a dioxiny/furany.

7) Sála: kadmium a rtuť (v menší míře i zinek), PAU a dioxiny/furany.

8) Labe pod Magdeburkem až po Bunthaus: kadmium, rtuť, zinek, PAU, dioxiny/furany a HCB.

9) Hamburský úsek Labe mezi Bunthausem a Seemannshöfem: TBT, dioxiny/furany a v menší míře také kadmium a rtuť.

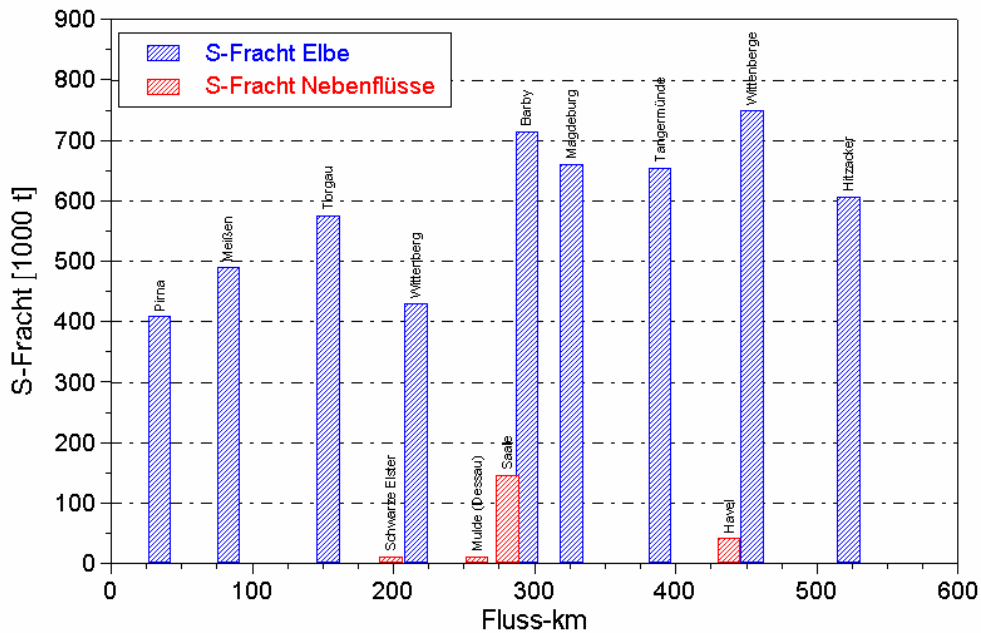
Pro některé látky, relevantní pro Labe neexistují zatím žádná kritéria kvality pro sedimenty, jako třeba pro dioxiny a furany. Jediné kritérium hodnocení je v současné době Safe-Sediment-Value 20 I-TEQ ng/kg, [Evers et al. (1996)] pro posuzování sedimentů. Aby se zabránilo akumulaci dioxinů v potravinovém řetězci v rybách a ptácích, nemá být tato hodnota překročena. Koncentrace se v sedimentech přinejmenším v přístavu Hamburk pohybují podstatně výše.

Rozsáhlou rešerší byl identifikován možný zdroj znečištění. Až na malé výjimky mohly být „Areas of Concern“, většinou historického původu, přiřazeny a mohly tak být vysoké koncentrace u „Substances of Concern“ vysvětleny. V dalších úsecích mezi Děčínem a ústím Černého Halštrova a také mezi Schnackenburgem a Geesthachtem nebyly ale zaznamenány žádné případné zdroje znečištění. Vysoké koncentrace polutantů musí být zatím vysvětlovány vnosem kontaminovaného materiálu z horní části toku.

Hodnověrnost vyhodnocení na základě cílových záměrů ARGE-Elbe pro těžké kovy byla prověřena porovnávacím přiřazením směrných hodnot RW1 návodu pro zacházení s vybagrovaným materiálem v oblasti pobřeží (HABAK, BfG 1999) jako referenčních hodnot. Obě metody vedly ke konzistentním výsledkům.

1.3.3. Areas of risk – výzva pro Labe

Existují různé možnosti, jak by bylo možné přiřadit nějaké „Area of concern“ potenciální riziko; v předložené studii byly všechny diskutovány pouze náznakově. Odnosy, počítané z průtoku ve stanovených příčných profilech, koncentrace plavenin ve vodě a koncentrace znečišťujících látek v čerstvě sedimentovaném materiálu poskytují informaci o potenciálních transportech a odnosech materiálu po toku. Výpočty odnosů (kvalifikované odhady) vykazaly v případě PCB a HCB identifikované „Areas of Concern“ jako hlavní zdroje. Oproti tomu se u jiných látek ukázalo, především u těžkých kovů, že v případě Muldy hraje výrazně menší roli než by se dalo kvůli stupni kontaminace předpokládat. Výpočty odnosů jsou ostatně zatíženy měřicími nepřesnostmi, specifickými pro jednotlivé metody, takže vyhodnocování rizik nesmí vycházet pouze z výpočtu odnosů. Rozsah zředění plaveninami z přítoků a jeho dopad na koncentraci znečišťujících látek během fluvialního transportu musí být zevrubně prozkoumán. Takže např. relativně malé průtoky v Muldě přispívají ke znečištění nepatrně, měřeno za normálních průtokových podmínek, i když je stupeň kontaminace vysoký (obr. 1.1).

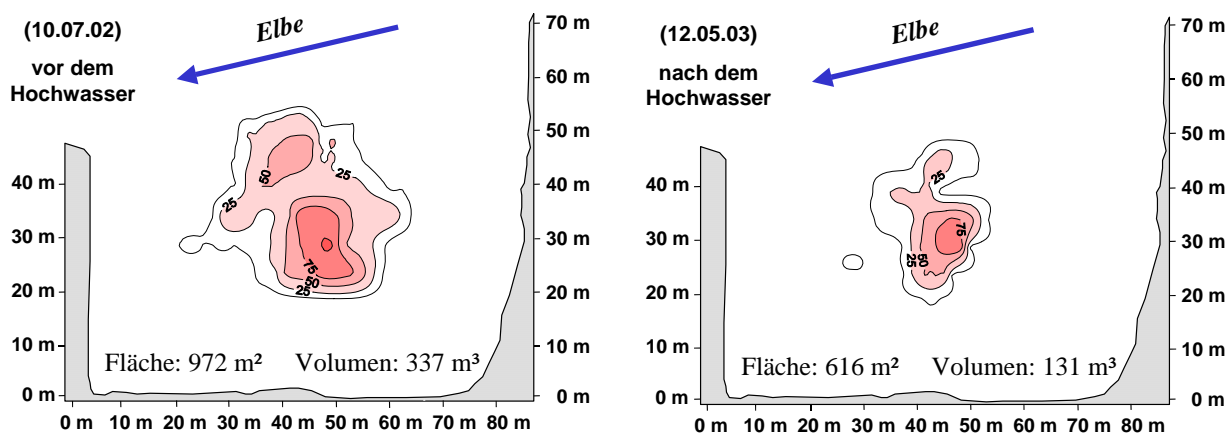


Obr. 1.1: *Odnosy plavenin v Labi ve vybraných bilančních profilech a z hlavních přítoků (data BfG)*

Dalším důvodem je pravděpodobně retenční funkce přehrady na Muldě. Při vypracování rizik musí být brány v úvahu charakteristiky, specifické pro dané povodí, jako velké sedimentační plochy resp. známé zóny eroze. Zerling et al. (2001) odhadují např., že bez retenčního působení přehrady na Muldě by znečištění na dolním Labi bylo v letech 1993 až 1997 u kadmia o cca 90% a u olova cca o 50% vyšší. Navzdory těmto parametrům, které zdánlivě rizika z Muldy minimalizují, ukazují sledování se stopovači (tracer), že zcela jistě dochází ke kvalitativně specifické emisi z Muldy. Za ‚tracery‘ emisí specifických pro určitou oblast se v povodí Labe hodí v mimořádné míře dioxiny a furany. Jejich vzorky kongenerů mohou posloužit jako ‚otisky prstů‘ a porovnáním se vzorky z předpokládaných výchozích lokalit je lze využít pro identifikaci příslušných zdrojů. Zkoumáním kontaminace dioxiny v městských vodách centra Hamburku byly lokalizovány místní termické zdroje, zatímco původ dioxinů ve vzorcích z Labe a zaplavených půd niv byl ze sedimentů kontaminovaných dioxiny z oblasti Bitterfeldu v povodí Muldy, cca. 400 km výše po toku (Götz et al. 1996, Götz & Lauer 2003). Tyto výsledky dokazují transport znečišťujících látek z povodí horního toku Labe až do Hamburského přístavu.

Dioxinové zobrazení ukazuje na příkladu Muldy zřetelně komplexnost zkoumání rizik, které musí brát v úvahu stejným způsobem obě složky definice rizik – expozici a dopad. Expozice na úrovni povodí řek zahrnuje resuspenzi a transport kontaminovaného materiálu, včetně procesů zředování nebo sedimentace podél transportní cesty. Dopad znamená toxicitu, perzistenci, koncentraci a adsorpční schopnosti pohybujících se znečišťujících látek.

Zatímco složka dopadu se mění v závislosti na biogeochemických environmentálních parametrech, musí být u expozice brán v úvahu vliv hydraulických poměrů. Schwartz a Kozerski (2004) ukázali např., že výhony podél Labe, zařazované zpravidla jako sedimentační prostory, vykazují značný potenciál remobilizace znečišťujících látek. Podle jejich odhadů způsobila extrémní povodeň v roce 2002 v jednom jediném Labském výhonu u ř.k. 420 erozi jemnozrnného znečištěného sedimentu v množství asi 200 m³ (obr. 1.2).



Obr. 1.2 Dopad srpnové povodně v roce 2002 na expanzi a objem usazených sedimentovatelných plavenin v labském výhonu ř.km 420,9

1.4. Výhled

Při odhadování rizik za normálních průtokových poměrů se musí používat celá řada kvalitativních a kvantitativních informací o koncentracích znečišťujících látek, transportu plavenin, procesech usazování a eroze, remobilizaci znečišťujících látek a toxicitě. Nespolehlivosti, které nutně vznikají v důsledku omezení se na dané datové podklady, musí do zkoumání rizik vplýnout v pokud možno nejkvantifikovanější podobě. Osvědčily se přitom koncepce zkoumání s fuzzy-logickým systémem (Heise et al. 2004).

Neodmyslitelnou součástí zkoumání rizik musí být nejrůznější hydrologické situace, protože potenciál nebezpečnosti pro určitou oblast může exponencionálně narůstat s vyskytujícími se průtoky a odpovídajícím způsobem změněným smykovým napětím dna koryta. Stejně neodmyslitelné je ale uskutečnění analýzy rizik příslušného povodí, protože pouze ta dokáže identifikovat lokality, ve kterých by měla být prováděna opatření, která povedou ke zlepšení situace v povodí s efektivními náklady. Výrazné propojení aktivit a rizik v rámci povodí a také skutečnost, že se ve velké míře jedná o staré zátěže, které ovlivňují kvalitu sedimentů, musí vést k vytvoření solidárního společenství podél řeky („hydrosolidarity“, Lunquist a Falkenmark 2000), v jehož rámci budou diskutovány společné závazky a zodpovědnosti.

Tento další krok vědecké analýzy rizik jako předpoklad managementu sedimentů v příslušném povodí by měl být učiněn v pokračování studie.

2) Bewertung von Risiken durch feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeinzugsgebiet



Die Elbe bei Glückstadt 2007 (Foto: S. Heise)

2.1. Hintergrund und Ziel der Studie

Die Europäische Kommission hat mit der Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) im Jahre 2000 eine Umweltgesetzgebung verabschiedet, die ein ganzheitliches Vorgehen bei der Bewertung der Umweltqualität aller Gewässer vorschreibt. Das übergeordnete Ziel ist ein „guter Zustand“ für alle Oberflächengewässer einschließlich der Ästuare und Küstengewässer bis 2015. Damit dieser erreicht werden kann, gibt die EU eine Reihe von Aktionsschritten vor, so u.a. „Strategien gegen die Wasserverschmutzung“ (Artikel 16) zu ergreifen. Diese umfassen spezifische Maßnahmen gegen die Gewässerverschmutzung durch einzelne Schadstoffe und Schadstoffgruppen, die ein erhebliches Risiko für die aquatische Umwelt und durch die aquatische Umwelt darstellen. Hierbei sind sowohl Punktquellen als auch diffuse Quellen, die Verschmutzungen verursachen können, in einem bis 2009 festzuschreibenden Maßnahmenprogramm zu adressieren. Die Verschmutzung von Oberflächenwasser durch „prioritäre Substanzen“ soll beseitigt, die Verschmutzung durch andere Schadstoffe stufenweise verringert werden. Während die EG-WRRL Qualitätsnormen für die Wasserphase als Regulationsinstrument vorsieht, wird in der Umsetzung die Eigenschaft von Sedimenten und Schwebstoffen als Schadstoffträger nur unzureichend berücksichtigt, obwohl mehr als die Hälfte der als prioritär eingestuft Substanzen eine hohe Affinität zur Anlagerung an Sedimente und Schwebstoffe haben. In Flussgebieten, in denen historisch kontaminierte Sedimente in großem Umfang vorliegen, könnte eine Nichtbeachtung im Maßnahmenprogramm die Umsetzung der Ziele der EG-WRRL gefährden.

Schadstoffe sind häufig noch in hohen Konzentrationen in Sedimenten nachzuweisen, wenn die Kontrolle primärer Schadstoffquellen in der Wasserphase schon deutliche Erfolge zeigt. Wenn Sedimente aufgewirbelt werden oder sich die Umweltbedingungen ändern (z.B. Säuregehalte, Salinität oder Sauerstoffgehalt) können Schadstoffe remobilisiert werden. Damit sind nicht nur die im Sediment lebenden Organismen gefährdet. Auch für die Lebensräume, die mit Schwebstoffen und Sedimenten in Kontakt stehen (Wasserphase) oder in Kontakt kommen können (überflutete Auen), besteht ein potenzielles Risiko. Naturnahe prozessbasierte Sedimenttechnologien könnten

hier ein passendes Instrument zur Verschmutzungsreduzierung bei flächenhaften Kontaminationen darstellen.

Vor diesem Hintergrund wurde die vorliegende Studie durchgeführt, bei der auf der vorhandenen, noch lückenhaften Datenbasis verschiedener Institutionen und Länder diejenigen Zielgebiete lokalisiert werden sollten, die für die Zielerreichung der EG-WRRL das größte Risiko darstellten. Die mit der EG-WRRL zu schützenden Güter umfassen dabei nicht nur die Gewässergüte an sich. Vielmehr ist das in der EG-WRRL formulierte Ziel die Verringerung von Verschmutzungen. Diese sind laut Artikel 2 der Richtlinie definiert als Verunreinigungen, die „der menschlichen Gesundheit oder der Qualität der aquatischen Ökosysteme oder der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme schaden können, zu einer Schädigung von Sachwerten führen oder eine Beeinträchtigung oder Störung des Erholungswertes und anderer legitimer Nutzungen der Umwelt mit sich bringen“ (Richtlinie 2000/60/EG Artikel 2/33).

2.2. Konzeptioneller Ansatz dieser Studie

Der konzeptionelle Ansatz dieser Studie ging hervor aus der Diskussion im Europäischen Sedimentnetzwerk SedNet und den Überlegungen von Sue White und Sabine Apitz zu einem flussgebietsbezogenen Managementkonzept für Sedimente (Apitz & White, 2003; Apitz *et al.*, 2007). In einer Studie zur Untersuchung der historischen Sedimente im Rheineinzugsgebiet (Heise *et al.*, 2004) wurde jener Ansatz modifiziert und für die Anwendung ein 3-Stufensystem entwickelt, das auf der Ausweisung und Charakterisierung der folgenden Parameter beruht:

- 1) der in einem Einzugsgebiet relevanten Schadstoffe („substances of concern“)
- 2) der durch diese Schadstoffe kontaminierten Gebiete, die potenzielle Quellen darstellen („areas of concern“)
- 3) derjenigen „areas of concern“, von denen aufgrund des Ausmaßes und der Qualität des kontaminierten Materials in Abhängigkeit der Abflusssituationen ein Risiko für stromabwärts gelegene Gebiete ausgeht („areas of risk“).

Dieser Ansatz wurde auch für diese Studie angewendet und durch einige Zwischenschritte verfeinert (Abb. 1-1)

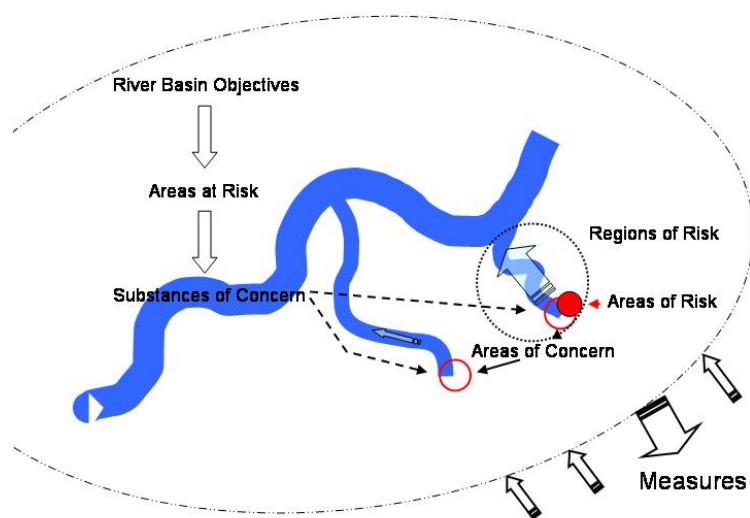


Abb 1-1: Konzeptionelle Vorgehensweise zur Bewertung des Risikos durch kontaminierte Sedimente in Flusseinzugsgebieten.

2.2.1. Die Bewirtschaftungsziele innerhalb des Einzugsgebietes

Das Ziel einer einzugsgebietsbezogenen Betrachtung von kontaminierten Sedimenten ist es, das Risiko für den Schutz bestimmter Güter oder Nutzungen des betroffenen Einzugsgebietes zu bewerten. Für die Elbe wurden folgende Bewirtschaftungsziele identifiziert:



- Die Qualität der aquatischen Ökosysteme, die zum einen durch die Zielvorgaben der EG-WRRL, durch die Ziele der IKSE¹ und der OSPAR² beschrieben werden.
- Der Schutz der menschlichen Gesundheit. Hier wurde zwischen der direkten Exposition über aquatische Systeme, z.B. durch Verzehr belasteter Fische, und der indirekten Exposition über landwirtschaftliche Produkte unterschieden.
- Die Qualität der von aquatischen Systemen abhängigen Landökosysteme, die bei Überflutungen mit kontaminierten Sedimenten beaufschlagt werden können.
- Die kostengünstige Unterhaltung der Elbe, die die Entfernung meist kontaminierter Sedimente aus Häfen und Fahrrinnen zum Erhalt der nautischen Tiefe umfasst.

Um eine Bewertung durchführen zu können, sind für jede Nutzung Sedimentrichtwerte erforderlich. Diese konnten entweder national bzw. international anerkannten Regularien entnommen werden, oder sie wurden von vorhandenen Kriterien, die sich zum Beispiel auf die Konzentration in Speisefisch oder Futtermittel beziehen, abgeleitet. Alle Richtwerte sind so gewählt, dass bei einer Unterschreitung davon ausgegangen werden kann, dass kein Risiko besteht. Im Rückschluss bedeutet eine Überschreitung nicht, dass eine Gefährdung zwangsläufig auftritt, sondern dass eine solche nicht mehr ausgeschlossen werden kann. Es wird also bei Überschreiten mit einer **potenziellen** Gefährdung zu rechnen sein. Damit folgt die Anwendung der ausgewählten Sedimentrichtwerte einem Vorsorgeprinzip. Abbildung 1-2. zeigt einen Überblick über die in dieser Studie relevanten Bewirtschaftungsziele und die Vorgehensweise zur Bewertung ihrer potenziellen Gefährdung.

¹ Internationale Kommission zum Schutz der Elbe

² Oslo-Paris-Kommission zur Schutz der Nordsee und des Nordostatlantiks

Relevante Bewirtschaftungsziele

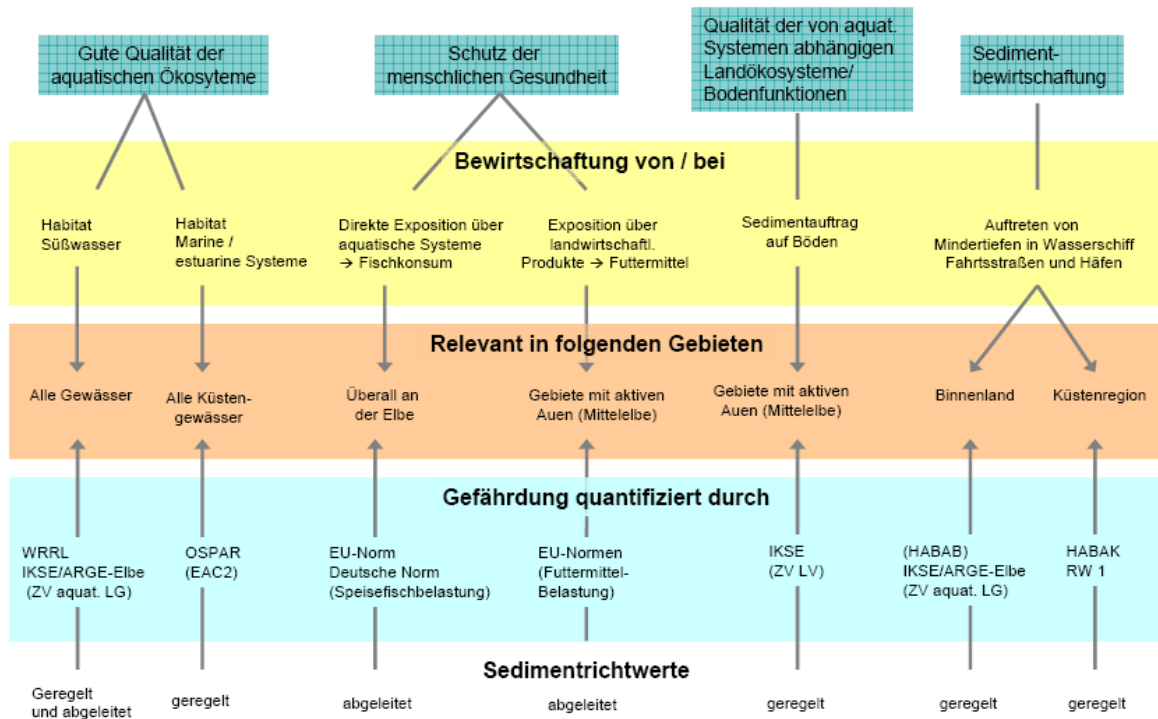


Abb. 1-2.: Überblick über die in dieser Studie betrachteten Bewirtschaftungsziele und die verfolgte Vorgehensweise zur Bewertung ihrer potenziellen Gefährdung im Elbeeinzugsgebiet.

2.2.2. Areas at Risk – Gebiete, in denen Bewirtschaftungsziele durch kontaminierte Sedimente bedroht sind



(Foto S. Heise)

Nicht alle Bewirtschaftungsziele sind in allen Gebieten von gleicher Bedeutung. Auch werden sie durch regionalspezifische Schadstoffkombinationen in unterschiedlichem Grade gefährdet. Ein Vergleich der in einem Gebiet relevanten Sedimentrichtwerte mit der dort gemessenen, auftretenden Belastung schwebstoffbürtigen Sediments ergibt ein Bild über die Gefährdung der jeweiligen Nutzungen. Tabelle 1-1 gibt über den Elbverlauf eine Einstufung wieder, welche Schutzgüter mit welcher Sicherheit durch kontaminierte Sedimente beeinträchtigt werden.



(Foto W. Calmano)

Basierend auf den zurzeit gültigen Zielvorgaben zeigt sich, dass alle Nutzungen mit hoher Sicherheit einem Risiko unterworfen sind. Dieses nimmt ab Seemannshöft durch die Verdünnung der transportierten Schadstofffracht mit dem marinen Sediment ab. Sollen also alle Funktionen im Elbverlauf gewährleistet werden, ist eine deutliche Reduzierung der Schadstofffracht Voraussetzung.

Tab. 1-1: Gefährdung der Nutzungsfunktionen an den betrachteten Messstellen.

(0 – Nutzung ist relevant, keine Anzeichen einer Gefährdung, 1 – geringe Gefährdung, 2 – Verdacht auf deutliche Gefährdung, 3 – mit großer Sicherheit besteht ein Risiko für die Nutzungen an diesem Ort; EG-WRRL – Wasserrahmenrichtlinie, LG Fluss – Lebensgemeinschaft Fluss, Umlag. Fluss (ZV)- Umlagerung der Sedimente (ZV – nach den Zielvorgaben der ARGE-Elbe), LG Küste (oW) – Lebensgemeinschaft Küste (oberer EAC-Wert), Landwirt. Verwertung – Schutz des Bodens bei Auftragung von Sedimenten z.B. im Rahmen einer Flut, Speisefisch – Verzehr kontaminierter Fische, Futtermittel – Gefährdung durch Futtermittelkontamination in Auen).

	WRRL	LG Fluss	LG Küste (oW)	Umlagerung Küste	Umlagerung Fluss	landwirt. Verwertung	Speisefisch	Futtermittel
Schmilka	3	3			3		3	
Zehren	3	3			3		3	
Dommitzsch	3	3			3	3	3	3
Schwarze Elster	3	3			3		3	
Mulde	3	3			3	3	3	3
Saale	3	3			3	3	3	3
Magdeburg	3	3			3	3	3	3
Schnackenburg	3	3			3	3	3	3
Bunthaus	3	3			3		3	
Seemannshft	2	3	3	3	3		3	
Cuxhaven	0	0	2	1	2		2	

Abbildung 1-3 zeigt exemplarisch über den Elbverlauf die Überschreitung des Zielwertes der ARGE-Elbe (Klasse 2) für die Qualität von Sedimenten zum Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften. Dabei zeigt sich deutlich, dass sich die Überschreitungsmuster der Schadstoffe von Schmilka bis Magdeburg ähneln, u.a. geprägt von hohen DDX-Konzentrationen. Von Schnackenburg bis Cuxhaven werden die Überschreitungen dagegen zunehmend kleiner – entsprechend der unterhalb von Bunthaus einsetzenden Verdünnung durch den Einfluss der Tide. Die Schadstoffmuster der Nebenflüsse bilden sich bezüglich Cadmium aus Mulde und Saale und bzgl. Quecksilber aus der Saale ab. Der hohe HCH-Peak aus der Mulde wird im Elbestrom nur wenig reflektiert, da die Mulde nur relativ geringe Schwebstofffrachten in die Elbe einträgt. Dies zeigt die Notwendigkeit für Schwebstoffbilanzen bei Betrachtung der Einzugsgebiete auf.

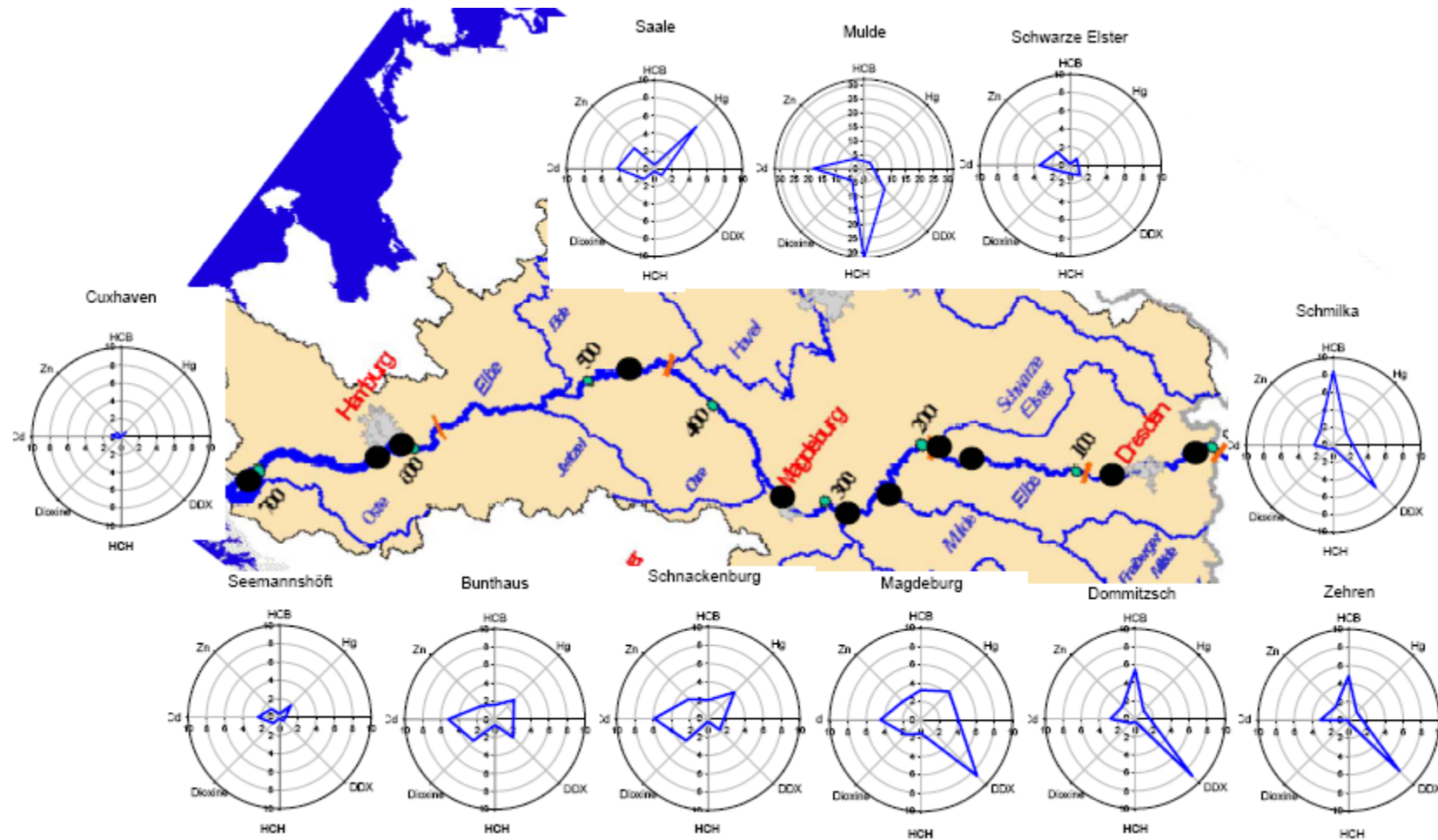


Abb. 1-3: Überschreitungen der Zielwerte der ARGE-Elbe zum Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften im Einzugsgebiet der Elbe durch die Mediane der wichtigsten Schadstoffe von 2000 bis 2006; (Überschreitungs-skala: Alle Schadstoffe außer Mulde: 0-10, Mulde: 0-32)

2.2.3. Substances of Concern – Stoffe, die besonderer Aufmerksamkeit bedürfen

Hierunter fallen solche Schadstoffe,

- für die es aufgrund ihrer Toxizität geregelte oder abgeleitete Sedimentrichtwerte gibt,
- die durch erhöhte Konzentrationen in bestimmten Gebieten zu einer potenziellen Gefährdung von Bewirtschaftungszielen beitragen können,
- für die eine ausreichende Datenbasis existiert, auf deren Grundlage gesicherte Aussagen getroffen oder Unsicherheiten quantifiziert werden können.

Diejenigen partikelgebunden transportierten Schadstoffe, die diesen Bedingungen entsprechen und die somit in dieser Studie die „substances of concern“ bilden, d.h. die Substanzen, denen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss, werden in Abbildung 1-4 gelistet. Die Rangfolge entspricht den von ihnen ausgehenden Gefährdungen für die Gesamtheit aller hier betrachteten Bewirtschaftungsziele im Einzugsgebiet, wobei auch die Häufigkeit, mit der diese Schadstoffe die Sedimentrichtwerte überschreiten, berücksichtigt ist. Einige Substanzen sind als Stellvertreter für Substanzklassen verwendet worden (z.B. Benzo(a)pyren für PAKs).

Die in der Rangfolge obenstehenden Schadstoffe Quecksilber, Hexachlorbenzol, Cadmium und Zink, sowie daran anschließend PCB, Kupfer, Dioxine und Arsen führen entsprechend dieser Darstellungsweise häufig dazu, dass eine Nutzung nicht mehr gewährleistet ist. In welchem Ausmaße, d.h. wie hoch die Überschreitung ist, wird hier nicht berücksichtigt, da die Beziehung zwischen Überschreitung des Sedimentrichtwertes und der Höhe des Risikos für die verschiedenen Schadstoffe und Bewirtschaftungsziele unterschiedlich ist. Die Höhe der Überschreitung wird jedoch bei der Berechnung der Frachtreduzierung berücksichtigt.

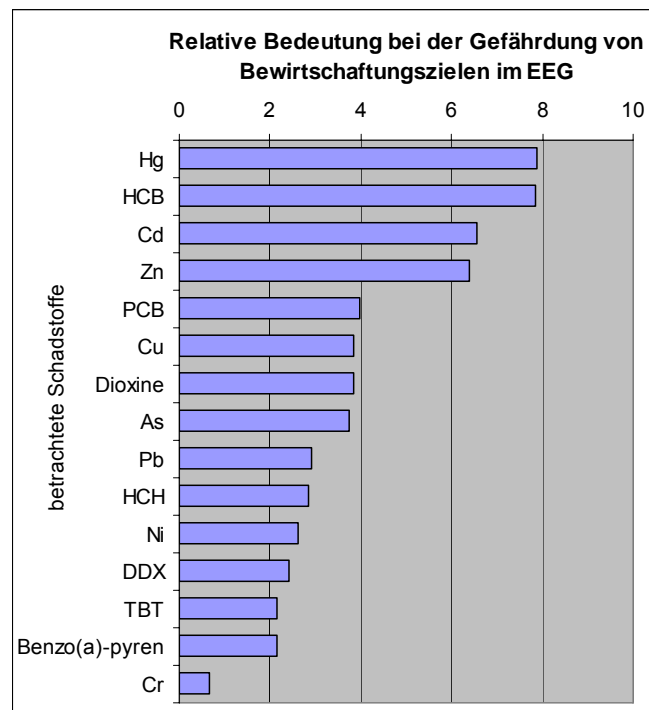


Abb. 1-4: Relative Bedeutung der betrachteten Schadstoffe bei der Gefährdung aller Nutzungen bzw. Zielvorgaben der EG-WRRL, unter Berücksichtigung des gesamten EEG

2.2.4. "Regions of Risk" und "Areas of Risk"

Innerhalb des Elbeeinzugsgebietes sind eine Vielzahl von Schadstoffdepots bekannt (Zusammenstellungen u.a. in (Förstner *et al.*, 2004; Heininger *et al.*, 2005; Heise *et al.*, 2005). Bei der Beschreibung der Risikoregionen bzw. der lokal näher eingegrenzten Risikogebiete ist zusätzlich zur Information über vorliegende Kontaminationen der Umstand von ausschlaggebender Bedeutung, dass von diesen Arealen Schadstoffe resuspendiert und stromabwärts transportiert werden. Dort können sie dann für die potenzielle Gefährdung von Bewirtschaftungszielen verantwortlich sein. Die Betrachtung der insgesamt transportierten Schadstoffmenge ist notwendig, um von Konzentrationen, die in Sedimenten vorliegen, auf a) das Ausmaß der Resuspendierung und b) die Bedeutung der sich daraus ergebenden Belastung des Einzugsgebiets zu schließen. So kann ein kleines, hoch kontaminiertes Gebiet für die Belastung eines Teileinzugsgebietes verantwortlich sein, solange die von ihm ausgehende Schadstoffkonzentration nicht in einem Maße verdünnt wird, dass die Konzentrationen unterstromig unterhalb der Sedimentrichtwerte liegen.

Der Schadstofffrachtermittlung basiert auf der Bestimmung der Schadstoffkonzentration an Schwebstoffen und der Messung der Schwebstofffracht. Es zeigte sich bei der Analyse verschiedener Datengrundlagen, dass die Schwebstofffrachtbestimmung mit hohen Unsicherheiten verbunden ist, die von der Häufigkeit der Bestimmung sowie von Art und Ort der Probenahme abhängig ist (Abb. 1-5).

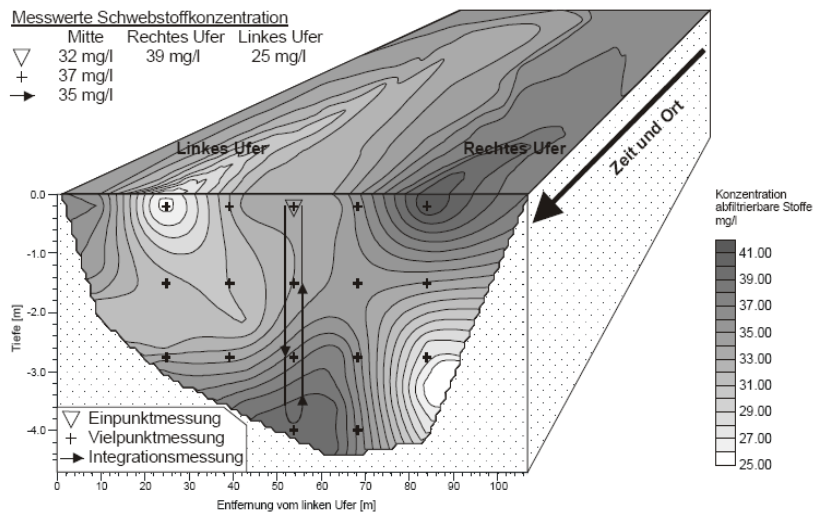


Abb. 1-5: Exemplarische Darstellung der Variabilität der Schwebstoffverteilung im Flussquer- und -längsschnitt der Elbe (Elbe-km 196,5 am 4.5.01) (Abbildung und Daten Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG, 2003))

Für diese Studie wurden aus dem Vergleich der verschiedenen angewandten Methoden Unsicherheitsfaktoren ermittelt, die in die Darstellung der Schwebstoffdynamik und der Schadstofffrachtreduzierung eingingen.

Der Schwebstofftransport im Elbeinzugsgebiet ist sowohl in der Elbe als auch in den Nebenflüssen vom Hochwassergeschehen dominiert. Hochwässer haben für den Elbeabschnitt an der Deutsch-Tschechischen Grenze, der Mulde und Saale für die Jahresfrachten vergleichbar hohe Bedeutung. An der unteren Mittel-elbe dagegen tragen auch Mittelwasser- und Niedrigwassersituationen aufgrund von Algenwachstum verstärkt zur Jahresfracht bei.

Den stärksten Schwebstoffeintrag von allen Teilregionen erfährt die deutsche freifließende Elbe aus der Tschechischen Republik. Ihr Beitrag liegt zwischen 42 und 51%. In den Hochwasserphasen beträgt die Schwebstofffracht aus der Tschechischen Republik im Median über 80 % dessen, was in der unteren Mittel-elbe transportiert wird. Es kann allerdings aufgrund von Sedimentationsprozessen in Auen und anderen Stillwasserbereichen nicht davon ausgegangen werden, dass die gesamte eingetragene Schwebstofffracht bis in die untere Mittel-elbe transportiert wird. Zeitlich hochaufgelöste Untersuchungen während des Hochwassers 2006 im Bereich der mittleren Mittel-elbe führen zu dem Ergebnis, dass zwischen Roßlau und Magdeburg bis zu 50 % einer Tagesfracht in den Auen zurückgehalten werden kann. Von den deutschen Nebenflüssen hat die Saale den größten Einfluss auf das Schwebstoffregime der Elbe. Er liegt im Median der betrachteten Zeiträume und Datensätze zwischen 13 und 23 % dessen, was in der unteren Mittel-elbe transportiert wird. In Hochwasserzeiten kann der Beitrag der Saale bis auf über 30 % steigen, in ausgewählten Niedrigwasserzeiten betrug der Anteil des Eintrags der Saale zur Fracht in Wittenberge bis zu 50 %. Die Mulde leistet einen Schwebstoffbeitrag in die Elbe, der ca. um den Faktor 8-10 niedriger als der der Saale ist (Abb. 1-6).

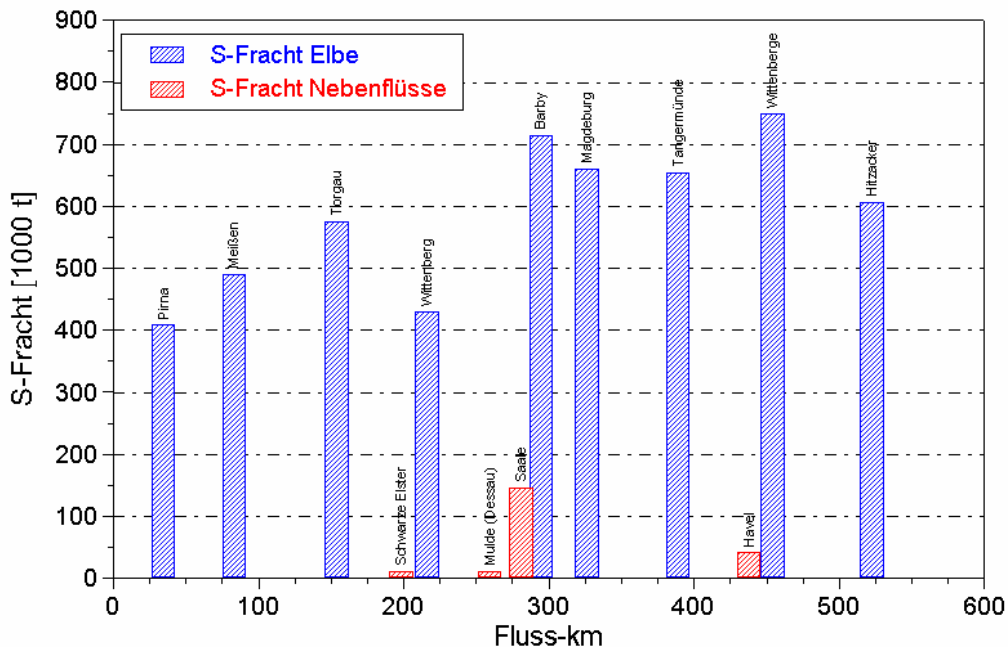


Abb. 1-6: Schwebstofffrachten der Elbe, ermittelt aus Vielpunktmessungen bei unterschiedlichen Abflüssen im Elbestrom (1994-2003) und in den Nebenflüssen (1990-2000) (Daten BfG, Abbildung aus Heise et al, 2005)

2.3. Ergebnisse der Studie

2.3.1. Risikoregionen - Regions of Risk

Aus den Informationen über die Höhe der Überschreitung der Sediment-Richtwerte durch die einzelnen Schadstoffe, die damit für das entsprechende Schutzgut zu einem Risiko werden, und unter Berücksichtigung, welche Schadstofffrachten aus welchen Teileinzugsgebieten (TEG) kommen (Datenbasis: Berechnungen der ARGE-Elbe), wurde errechnet, welche Frachtreduzierung notwendig wäre, um die in Kapitel 1.2.1. dargelegten Bewirtschaftungsziele zu gewährleisten. Es kann sich hierbei nur um hypothetische Überlegungen handeln, da über die tatsächliche Machbarkeit dieser Reduzierungen zu diesem Zeitpunkt keine Aussagen getroffen werden können. In Tabelle 1-2 sind diesen Frachtreduzierungen die jeweiligen Summen der Frachten, die aus den Teileinzugsgebieten ermittelt wurden, gegenübergestellt. Es zeigen sich teilweise deutliche Differenzen zwischen der theoretisch notwendigen Frachtreduzierung und dem, was maximal erreicht würde, wenn alle Frachteinträge aus den Teileinzugsgebieten reduziert werden könnten. Gründe für diese Differenzen sind vermutlich im Hauptstrom selbst zu suchen – zum einen in Form von Punktquellen am Elbeschlauch (z.B. für Cadmium durch Emissionen aus der Triebisch bei Meißen) oder aber als kontaminierte Sedimente im Hauptstrom der Elbe, die in Stillwasserbereichen abgelagert und nur während Hochwassersituationen weitertransportiert werden (siehe unten).

Tab 1-2: Die im EEG ermittelten Reduktionsziele und maximal durch Maßnahmen in den Teileinzugsgebieten möglichen Schadstofffrachtreduzierungen (Summe der Frachten), Bezugsregion: Untere Mittel-Elbe, Schnackenburg

Schadstoff	Reduktionsziel zur Gewährleistung der Bewirtschaftungsziele	zur der Summe der Frachten aus CR, Mulde, Saale, Schwarze Elster und Havel
Cd	84 %	27 – 36 %
Hg	86 %	39 – 40 %
Cu	57 %	43 – 48 %
As	65 %	38 – 42 %
Zn	83 %	40 – 53 %
Pb	38%	46 – 57 %
Ni	42 %	40 – 51 %
TBT	99 %	54 %
HCH	77 %	100 %
HCB	97 %	100 %
PCB	72 %	100 %
Dioxine	94 %	70 – 82 %
pp'-DDE	92 %	100 %

Unter der Annahme, dass die Frachten aus den Teileinzugsgebieten (TEG) weitgehend reduziert werden können, lässt sich die damit verbundene Konzentrationsabnahme der Schadstoffe in der Elbe berechnen. Exemplarisch wurde hier als Bezugsort die Messstation Schnackenburg ausgewählt, da sie sich im unteren Verlauf der Mittel-Elbe aber deutlich stromaufwärts des Wehres Geesthacht befindet. In Tabelle 1-3 wird die Gewährleistung der Bewirtschaftungsziele, wie sie zurzeit besteht, der Situation bei maximaler Reduzierung der Frachten aus den Teilregionen gegenübergestellt.

Daraus ergibt sich folgendes Bild:

- Insgesamt wäre durch die Reduzierung der Einträge aus den Teileinzugsgebieten eine deutliche Verbesserung der Situation zu erreichen.
- Für PCB, HCH, pp'-DDE und HCB wären die Bewirtschaftungsziele durch Reduktionen aus den Teileinzugsgebieten zu gewährleisten, wenn diese Frachten um 72, 77, 92 bzw. 97 % reduziert würden.
- Für TBT würden durch die möglichen Reduktionen fast alle Schutzgüter geschützt. Für das Schutzgut Lebensgemeinschaft Küste, das hier als nicht-erreicht angegeben ist, spielt die Reduktion in der Elbe oberhalb Hamburgs keine Rolle, da die Sedimente des Hamburger Hafens den größten küstennahen TBT-Peak im Elberaum aufweisen. Das abgeleitete Sedimentqualitätskriterium für die Umsetzung der Zielwerte der EU-WRRL (UQRW) orientiert sich an der biologischen Effektivität des Schadstoffs und ist aus diesem Grund sehr niedrig angesetzt, und in ehemals kontaminierten Süßwassersedimenten nur schwierig zu erreichen.
- Bei Kupfer, Blei und Nickel würden die Zielvorgaben durch eine angenommene vollständige Reduktion der Fracht aus den Teilregionen gewährleistet.
- Bei Arsen ist eine Gewährleistung bei der Futtermittelbelastung und der Lebensgemeinschaft Küste nicht möglich. In beiden Fällen liegt der anzustrebende Sedimentrichtwert aber unter dem geogenen Hintergrundwert und kann in der Elbe nicht erreicht werden.
- Bei Zink wird weiterhin ein Problem bestehen bei den Schutzgütern „Lebensgemeinschaft Fluss“, „Landwirtschaftliche Verwertung“ und „Umlagerung Fluss“
- Auch für das geologisch mit Zink vergesellschaftete Cadmium und für Quecksilber würde die vollständige Reduzierung der Schadstofffrachten aus den Einzugsgebieten durch die Reduzierung zwar eine Risikominderung erreichen, jedoch keine Risikovermeidung.

Tab. 1-3: Dargestellt sind die Richtwerte der Schadstoffe sowie die Überschreitung der Richtwerte (rot) in Schnackenburg zum gegenwärtigen Zeitpunkt (oben) und bei vollständiger Reduktion der Schadstofffracht aus den Teileinzugsgebieten (unten). Gezeigt sind alle Nutzungen, ohne Berücksichtigung der Relevanz in Schnackenburg.

	Median-Werte Schnackenburg	WRRL (ökol)	UQRW (sed)	LG Fluss	Landwirt. Verwertung	Speisefische	Futtermittel	Umlagerung Fluss	Medianwerte Seemannsh.	Umlagerung Küste	LG Küste
Cd (mg/kg)	7.08		2.6	1.2	1.5		5	1.2	2.8	2.5	1
Hg (mg/kg)	3.23		0.67	0.8	0.8	1	0.5	0.8	1.4	1	0.5
Cu (mg/kg)	89.67	160		80	80			60	71	40	50
As (mg/kg)	36.03	40		40	30			20	27.2	30	10
Zn (mg/kg)	1194	800		400	200			200	493	350	500
Pb (mg/kg)	127		78.4	100	100		150	100	60.6	100	50
Ni (mg/kg)	57.33		33.2	120	60			50	36.2	50	50
TBT (µg Sn/kg)	15.7		0.02	25				25	72.8	20	0.05
HCH (µg/kg)	9.91		10.3	30	10				4.3		
HCB (µg/kg)	80.58		16.9	40	40	12.5	50	40	13	2	
PCB (µg/kg)	22.65								21.8	20	10
Dioxine (µg/kg)	68			20		5.5	3.75		19.5		
ppDDE (µg/kg)	8.62			40				40	3.9	1	5

		WRRL (ökol)	UQRW (sed)	LG Fluss	Landwirtschaft. Verwertung	Speisefische	Futtermittel	Umlagerung Fluss		Umlagerung Küste	LG Küste	
Cd (mg/kg)	Bezug auf Schnackenburg →		2.6	1.2	1.5		5.0	1.2	Bezug auf Seemannshöft →	2.5	1.0	
Hg (mg/kg)			0.7	0.8	0.8	1.0	0.5	0.8		1.0	0.5	
Cu (mg/kg)		160.0		80.0	80.0			60.0		40.0	50.0	
As (mg/kg)		40.0		40.0	30.0			20.0		30.0	10.0	
Zn (mg/kg)		800.0		400.0	200.0			200.0		350.0	500.0	
Pb (mg/kg)			78.4	100.0	100.0		150.0	100.0		100.0	50.0	50.0
Ni (mg/kg)			33.2	120.0	60.0			50.0		50.0	50.0	50.0
TBT (µg/kg)			0.02	25.0				25.0			20.0	0.1
HCH (µg/kg)			10.3	30.0	10.0							
HCB (µg/kg)			16.9	40.0	40.0	12.5	50.0	40.0			2.0	
PCB (µg/kg)											20.0	10.0
Dioxine (µg TEQ/kg)				20.0		5.5	3.8					
ppDDE (µg/kg)				40.0				40.0			1.0	5.0

Eine besondere Situation ergibt sich durch Dioxine (einschließlich der Furane)

Ihnen wird in dieser Studie spezielle Aufmerksamkeit geschenkt, da sie

- a) eine einzugsgebietsspezifische Stoffgruppe sind,
- b) eine hohe Toxizität aufweisen und in der Nahrungskette akkumulieren,
- c) in der geplanten marinen Meeresschutzstrategie vermutlich eine Rolle spielen werden,
- d) aufgrund ihrer stabilen Kongenerenmuster als Tracer für den Schwebstofftransport dienen können.



(Fotos: B. Redemann, S. Heise)

Mit den Dioxinen kommt eine Substanzgruppe in lokal extrem hoher Konzentration vor, die ökologisch und ökotoxikologisch schon in sehr geringen Dosen hoch effektiv ist, die über weite Strecken transportiert wird und damit die Möglichkeit hat, große Gebiete zu kontaminieren. Dennoch gibt

es für diese Schadstoffgruppe im Elbeeinzugsgebiet bisher keine bindenden Qualitätsrichtwerte.

In dieser Studie, in der Risiken für Bewirtschaftungsziele durch transportierte, partikulärgebundene Schadstoffe auf Quellen im Elberaum zurückgeführt werden sollen, bieten sich Dioxine an als Indikator für Frachttransporte, zur Quellenermittlung und – nicht zuletzt – als Anregung, dass bestehende Sedimentrichtwerte im Elbraum neu überdacht werden sollten.

Um dieser Bedeutung Rechnung zu tragen, wurden in einem Sonderkapitel (siehe auch Anlage 13 der Studie: *Die Kontamination von Elbaueböden, Elbefischen sowie Futter- und Lebensmitteln mit Dioxinen und dioxin-ähnlichen PCB (Sonderkapitel Dioxine mit Ergebnissen und Diskussion)*) die bisherigen Informationen und Untersuchungsergebnisse bezüglich der Dioxinkontamination in der Elbe zusammengetragen. Mit bisher unveröffentlichten Daten wird dort gezeigt, dass sich das aus der Mulde stammende Dioxinsignal bis Grauerort stromabwärts von Hamburg wiederfinden lässt. Statistische Analysen der Firma *quo data GmbH*, die im Rahmen dieser Studie durchgeführt wurden (Anlage 1), ermöglichen zum ersten Mal eine quantitative Bestimmung, welche Quellen zu welchem Anteil an der Dioxinbelastung in der unteren Elbe beteiligt sind: Demnach kommen 70 bis 82 % des Dioxins, das in Hamburg vorliegt, mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der Mulde.

Die Beiträge der Teilregionen setzen sich aus der Schwebstofffracht und der Konzentration der Schadstoffe an den Schwebstoffen zusammen. Um erhöhte Belastungen zu verhindern, ist in erster Linie eine Reduktion des Schadstoffeintrags, also der Schadstofffracht notwendig. Bei Betrachtung der Teilregionen ist aber auch die Konzentration an den Schwebstoffen von Interesse. Eine sehr hohe Kontaminationsfracht z.B. eines Nebenflusses, die sich allein aufgrund seines erhöhten Schwebstoffbeitrags ergibt, dessen Schwebstoffkontamination aber unter dem Sedimentrichtwert liegt, wird eher zur Verdünnung der übrigen Belastung denn zur Erhöhung beitragen. Aus dem Maße der Überschreitung der Sedimentrichtwerte und der Schadstofffracht wurden entsprechend für die TEG Relevanzen ermittelt und Prioritäten aufgestellt, die indizieren, welche Bedeutung den Teilregionen an der Belastung mit einem bestimmten Schadstoff beigemessen wird (Tab. 1-4).

Tab. 1-4: Bedeutung der Beiträge einzelner Teileinzugsgebiete zur jährlichen Schadstofffracht bei Schnackenburg entsprechend der Indikatoren für die Relevanz, sowie auf der Basis der Berichts der quo data GmbH (Anhang 1) für Dioxine (leere Zellen: es konnten keine Prioritäten zugeordnet werden).

Schadstoffe	1. Priorität	2. Priorität	3. Priorität
HCB	Schmilka		
PCB, Ni	Schmilka	Saale	
TBT, Cu	Schmilka ≈ Saale		
Pb	Schmilka ≈ Saale	Mulde	
DDX	Schmilka	Mulde	Saale
ΣHCH (b-HCH)	Mulde	Saale ≈ Schmilka	
As	Mulde	Schmilka	
Hg	Saale	Schmilka	
Zn	Saale	Schmilka	Mulde
Cd	Schmilka ≈ Saale ≈ Mulde		
Dioxine/Furane	Mulde		

2.3.2. Areas of Risk - Risikogebiete in Mulde, Saale und der Mittelalbe

Eine Zuordnung der Schadstofffrachten zu Regionen reicht für die Planung von Maßnahmen nicht aus. Hierfür müssen sowohl primäre (z.B. industrielle Einleitungen) als auch sekundäre Quellen (z.B. kontaminierte Alt-Sedimente) lokal eingegrenzt werden. Da die Tschechische Republik nicht Teil dieser Studie ist, wurden hierfür keine weiteren Dateninterpretationen durchgeführt. Da aber auch dort ein Teil der Sedimente im Hauptstrom liegen dürfte (Staustufen), ist eine Aussage, in welchem Umfang Reduzierungen in der CR möglich sind, hier nicht machbar und wird an anderer Stelle zu klären sein. Für die Haupteintragsgebiete Mulde und Saale, in denen eine Frachtreduktion im deutschen Teil des Einzugsgebiets angestrebt werden sollte, wurden Sediment- und Schwebstoffdaten der Haupt- und Nebenflüsse diskutiert, sowie aus den Konzentrations-Abflussbeziehungen auf die Eigenschaften des jeweiligen Schadstoffdepots geschlossen. Tab. 1-5 zeigt auf, welche Schadstoffe, die aus den Teilregionen ausgetragen werden, für die Bewirtschaftungsziele der Elbe eine hohe Relevanz haben. Die Gebiete innerhalb der TEG (und des Elbeschlauchs), von denen aus diese Schadstoffe ausgetragen werden, werden im Folgenden identifiziert und beschrieben.

Tab. 1-5: Relevanz der Regionen für die zu betrachtenden „Substances of Concern“, zusammengestellt nach Kapitel 5.2. Um die Lesbarkeit zu erleichtern sind Organozinn und organische Substanzen außer HCH links gelistet, die verschiedenen HCH-Isomere in der Mitte, die Metalle sind rechts angeordnet.

Region	Hochrelevant (Relevanzindikator >5)	Moderat relevant (Relevanzindikator 3 – 5)	Relevant (Relevanzindikator 2)
Tschechische Republik	PCB HCB	DDX a-HCH b-HCH g-HCH Σ HCH Cu Hg Zn Pb Ni	Organozinn- Verbindg. Cd As
Mulde	Σ HCH b-HCH Dioxine	DDX g-HCH a-HCH As	Cd Zn Pb
Saale	Hg Zn	PCB g-HCH b-HCH Σ HCH Cu Pb	Organozinn- Verbindg. DDX a-HCH Cd Ni

2.3.2.1. Die Identifizierung von Risikogebieten

Risikogebiete innerhalb der TEG zu identifizieren und Aussagen über ihre Relevanz für potenzielle Maßnahmen zu treffen, ist aufgrund einer tendenziell schwachen Datenbasis entlang der Nebenflüsse schwierig. Daher wird in dieser Studie ein Weight-of-Evidence Ansatz verfolgt, in dem verschiedenartige Informationen dahingehend geprüft werden, ob sie auf Gebiete innerhalb der TEG als sekundäre Quellen überregionaler Schadstoffeinträge hinweisen. Aus der Anzahl und der Zuverlässigkeit der Indizien wird dann auf die Wahrscheinlichkeit geschlossen, mit der ein Risikogebiet vorliegt.

Einem Gebiet wird **mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Risiko** zugeordnet, wenn

- deutlich erhöhte Werte (Schwebstoffbelastung, Schadstofffrachten, Konzentrations-/Abflussbeziehungen, Sedimentkontamination), dafür sprechen, dass ein Risiko aus einem Gebiet herrührt, UND die Datenbasis gut ist,

oder

- wenn mehrere Indizien darauf hindeuten, dass es sich um ein Risikogebiet handelt, UND bekannte potenzielle (historische) Ursachen die Plausibilität erhöhen, selbst wenn die Datenbasis als schwach gilt.

Einem Gebiet wird **ein mögliches Risiko** zugeordnet, wenn es nur einzelne Hinweise auf eine Kontamination, die von diesem Areal ausgeht, gibt. Insbesondere, wenn keine historische Quelle

bekannt ist, die zu dieser Verunreinigung geführt haben könnte, sind diese Aussagen durch weitere Untersuchungen zu validieren.

Ein einziges Indiz mit unsicherer Datenlage reicht nicht aus, ein Risiko zu belegen.

Die Risikogebiete, die innerhalb der Teileinzugsgebiete, sowie der Elbe identifiziert werden konnten, sind in Tabelle 1-6 zusammengefasst.

Tab. 1-6: Beurteilung der Risikogebiete innerhalb der TEG und der Elbe

Risikogebiet	Risiko mit hoher Wahrscheinlichkeit	Möglicher Beitrag zur Belastungssituation der Elbe
MULDE		
Spittelwasser	β-HCH, α-HCH, Dioxine	γ-HCH, DDX
Region stromaufwärts von Jeßnitz		Dioxine
Freiberger Mulde	As, Cd	Pb, Zn
Zwickauer Mulde	Cd	Zn
Kont. Sedimente im Gewässerbett		Pb
SAALE		
Kontaminierte Sedimente im Gewässerbett flussabwärts von Bad Dürrenberg	Hg, Zn, Cu, Pb, Cd	DDX, γ-HCH
Weißer Elster	Zn, Cd	TBT, PCB, Ni
Schlenze, Mansfelder Land	Cu	Cd
Bode		Ni, Cd, PCB, Pb, Cu
Risikogebiet	Risiko mit hoher Wahrscheinlichkeit	Möglicher Beitrag zur Belastungssituation der Elbe
ELBE-HAUPTSTROM		
Buhnenfelder	Zn, Pb, Cu, Cd, Hg, HCB, DDD (Trend: abnehmend)	
Triebisch		Cd

2.3.2.2. Die Mulde

Die Bedeutung der Mulde für die Schwebstoffbelastung der Elbe ist durch den Bau des Muldestausees erheblich reduziert worden. Beim Austritt aus dem Stausee führt die Mulde im Schnitt 87 % weniger Schwebstoffe als am Zufluss. Entsprechend zeichnen sich vor allem solche Schadstoffe als Risikoschadstoffe der Mulde ab, die in hohen Konzentrationen im Muldeinzugsgebiet vorliegen und im Stausee nicht in ausreichender Form sedimentieren, sowie solche Substanzen, die erst nach dem Stausee in die Mulde transportiert werden. Ersteres ist bei

Blei, Cadmium, Zink und Arsen der Fall, die aus dem Altbergbau, insbesondere aus dem Bereich der Freiburger Mulde, im Falle des Cadmiums auch durch die Zwickauer Mulde, eingetragen werden.

In mehreren Untersuchungen sind maximale Belastungen für Arsen, Cadmium und Blei im Bereich Hilbersdorf (Freiburger Mulde) festgestellt worden (Klemm *et al.*, 2005; Kunau, 2004). Im Rahmen der Hochwasserereignisse haben sich diese Schadstoffe auch im Bereich der Überflutungsflächen weiträumig verteilt. Insbesondere für Blei gibt es aber Hinweise für eine Verlagerung kontaminierter Sedimente entlang der Freiburger Mulde. Diese müssten als relevante sekundäre Quelle angesehen werden.

Erst nach dem Muldestausee führt das Spittelwasser der Mulde Schadstoffe zu. Die Spittelwasserniederung um das gleichnamige Flüsschen wurde stark durch Abwässer der früheren Industrieregion bei Bitterfeld beeinträchtigt. Unter normalen Abflussbedingungen ein schmales Gerinne, weitet es sich bei höheren Abflüssen zu einem weiträumigen Überflutungsgebiet aus, in dem Fließgeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s auftreten können. Für das Elbeeinzugsgebiet sind Frachttransporte aus der Spittelwasserregion insbesondere für HCH, DDX und Dioxine von Bedeutung. Aus der Zusammensetzung der HCH-Isomere bzw. des DDTs und seiner Metaboliten kann darauf geschlossen werden, dass beide Substanzklassen aus ehemaligen Produktionsprozessen eingetragen wurden. Die direkte Abhängigkeit mit dem Abflussgeschehen lässt vermuten, dass es sich um Altlasten handelt, die nur im Überflutungsfall Kontakt zum Spittelwasser haben.

Auch die hohen Dioxinkonzentrationen in der Mulde werden primär einem Stillwasserbereich von ca. 800 m Länge in der Spittelwasserniederung zugeschrieben, der eine Mächtigkeit von ca. 2 m Sediment hat. Das Dioxinmuster der Spittelwasserniederung macht mindestens 61% der in der Muldemündung ankommenden Toxizitätsequivalente (TEQ) aus (*quo data GmbH*, Anlage 1).

2.3.2.3. Die Saale

In der Saale ist die Belastungssituation geprägt durch kontaminierte Altsedimente, die auf ehemalige Industriebetriebe an der Saale in Bernburg, zwischen Bad Dürrenberg und Planena, in der Weißen Elster und eventuell im Einzugsgebiet der Bode (Industriegebiet Staßfurt) zurückzuführen sind. Bestehende industrielle Direkteinleiter würden maximal weniger als 5 % (Cu, Pb, Hg) bzw. 10 bis 17 % (Zn, Ni, Cd, Cr) der partikulär gebundenen Schadstofffracht in Rosenberg ausmachen, wenn die eingeleiteten Stoffe vollständig an Schwebstoffe binden würden. Dementsprechend ist das Hauptproblem in der Resuspendierung und Verfrachtung belasteter Altsedimente aus den Nebenflüssen in die Saale und innerhalb des Saalehauptstroms zu suchen. So findet sich ein deutlicher Anstieg entlang des Saaleschlauchs bei Blei, Cadmium, Kupfer, Zink und Quecksilber an der Messstelle Planena. Die Höhe der Konzentrationen nimmt stromabwärts zu und Maxima finden sich in Bernburg. Hier treten die relevanten Schadstoffe in Konzentrationen auf, die die Zielvorgaben der ARGE-Elbe zum Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften um ein Vielfaches übersteigen (Abb. 1-7). Dies stützt die Annahme vom Transport kontaminierter Sedimente in der Saale flussabwärts. Hohe Schadstoffbelastung der Schwebstoffe an der Saalemündung während der Niedrigwasserzeiten weisen auf eine hohe Resuspendierbarkeit der Sedimente, möglicherweise durch Schiffsverkehr hin. Entsprechend wird der Hauptstrom der Saale mit zunehmender Wichtigkeit mit der Nähe zur Mündung als wahrscheinliches Risikogebiet für Zink, Cadmium, Quecksilber, Kupfer und Blei charakterisiert.

In den mobilen Sedimenten der vielen Staubereiche der Weißen Elster besteht wahrscheinlich ein Risiko durch Cadmium und in geringerem Maße durch Zink, möglicherweise durch Ni, PCBs, PAKs und TBT. Um Letzteres zu quantifizieren, sollten weitere Daten erhoben werden.

Möglicherweise trägt auch die Bode zur Belastung der Elbe mit Nickel, Cadmium Blei, Kupfer und PCBs bei. Eine Risiko kann jedoch aufgrund der unzureichenden Datengrundlage zur Zeit nicht abgeschätzt werden. Hier besteht dringend Untersuchungsbedarf.

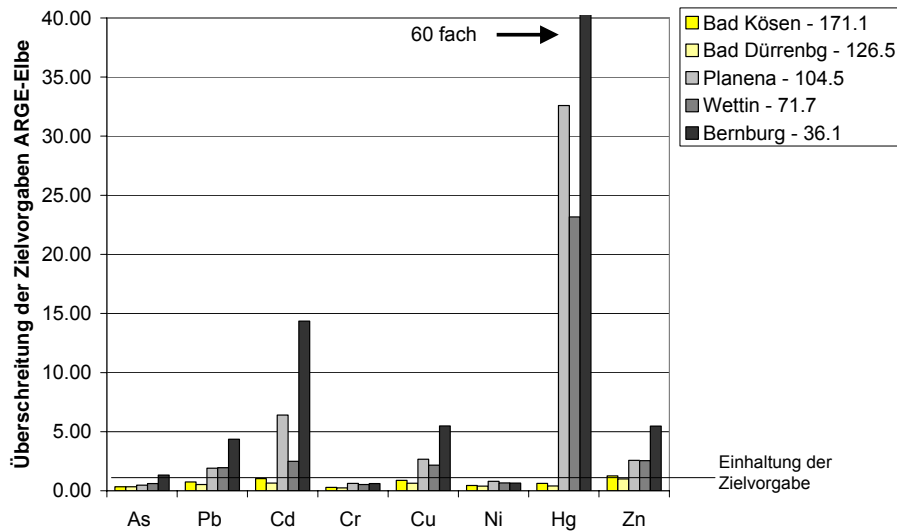


Abb. 1-7: Schwermetallgehalte von Sedimenten im Saalehauptstrom. Dargestellt sind die Mittelwerte von Daten zwischen 1998 und 2004 in ihrer Überschreitung der ARGE-Elbe Zielvorgabe zum Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften (Daten z. Vfg. gestellt durch den Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)).

2.3.2.4. Elbe-Hauptstrom

Die Triebisch nimmt bei Rothschönberg die stark Zink- und Cadmium-haltigen Bergbauwässer des Freiburger Bergbaureviers auf und mündet nach Durchfließen des Triebischtals in Meißen in die Elbe. Die mittleren Cadmium-Schwebstoffdaten der Elbefrachten übersteigen die der Triebisch um den Faktor 37 bis 116. Im Vergleich dazu sind die Cadmiumgehalte an Schwebstoffen der Triebisch 8- bis 62-mal so hoch wie die der von oberstrom kommenden Elbe. Entsprechend könnte insbesondere während der Niedrigwasserzeiten die Triebisch eine relevante Eintragsquelle für Cadmium sein. Es liegen jedoch zurzeit zu wenige Daten vor, als dass diese Aussage quantifiziert werden könnte.



(Foto: R. Schwartz)

Neben Mulde und Saale wird ein wesentliches Schadstoffdepot, das potenziell remobilisierbar ist, für die Bühnenfelder der mittleren Elbe beschrieben. Im Gegensatz zu Auen, die bei Überschwemmungen eine Schadstoffsene darstellen, wird aus Bühnen durch hohe Abflüsse Material resuspendiert, transportiert und dort wieder abgelegt, wo die Strömungsgeschwindigkeit einen kritischen Wert unterschreitet, der notwendig ist, um das Material suspendiert zu halten.

Für eine Abschätzung der Netto-Fracht, die aus den Bühnenfeldern der mittleren Elbe in den Bereich der Untereibe transportiert wird, wurden monatliche Frachtdaten zwischen Magdeburg und Schnackenburg aus den Jahren 1997 bis 2005 verglichen. Damit wird nicht das gesamte Resuspensions-Sedimentationssystem der Mittelreibe erfasst, da sich oberhalb von Magdeburg noch 2600 Bühnenfelder befinden, aber durch die Wahl der Station Magdeburg werden die Schadstoffbeiträge der Saale und Mulde berücksichtigt.

Insbesondere in den ersten Jahren des Beobachtungszeitraums liegen die Frachten in Schnackenburg deutlich höher als in Magdeburg, was mit der Resuspendierung aus Bühnenfeldern erklärt werden könnte. Diese Differenz nimmt bis 1999/2000 ab und kehrt sich in den Folgejahren sogar bei einigen Elementen um (Tabelle 1-8). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass seit 2001 Sedimentationsprozesse gegenüber Resuspensionen im betrachteten Elbabschnitt überwiegen. Ein Einfluss der zwischen Magdeburg und Schnackenburg differierenden Salinitäten (die Messstation Magdeburg liegt im Ausstrom der salzreichen Saale) und pH-Werte auf die Remobilisierung der Schadstoffe ist dabei nicht auszuschließen.

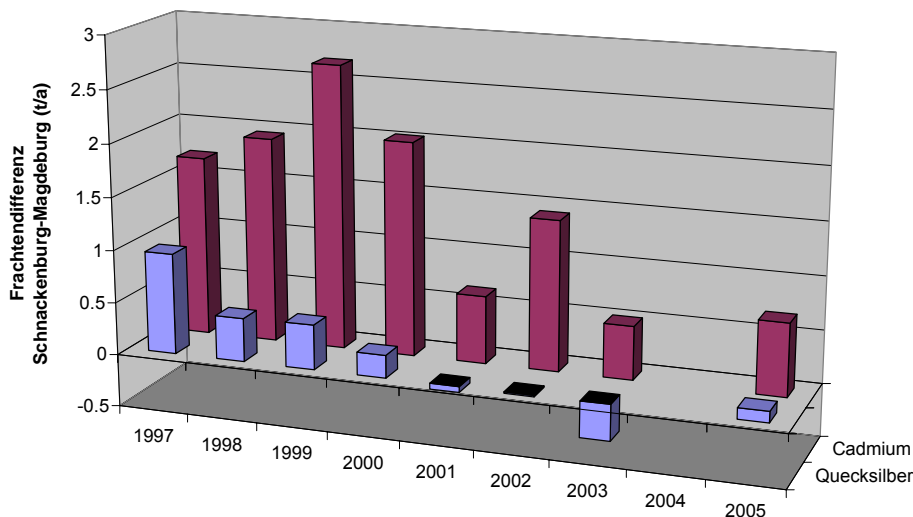


Abb. 1-8: Frachtdifferenzen zwischen Magdeburg und Schnackenburg als Indikator der Resuspension von partikulärgebundenem Cadmium und Quecksilber aus Bühnenfeldern (Daten: z. Vfg. gestellt von der ARGE-Elbe).

Abbildung 1-8 zeigt die Differenzen zwischen der Fracht in Schnackenburg und der Fracht in Magdeburg exemplarisch für die Elemente Cadmium und Quecksilber auf. Cadmium ist der einzige Schadstoff, dessen Frachten in Schnackenburg seit 1997 beständig höher sind als in Magdeburg. Die Ursachen hierfür, z.B. Cadmium-Emissionen unterhalb von Magdeburg, konnten nicht identifiziert werden.

Tab. 1-8: Schadstofffrachtzunahme in Tonnen pro Jahr zwischen Magdeburg und Schnackenburg 1997 und 2005 („Buhnenfelder“), die Jahresfrachten sowie der Anteil der resuspendierten Fracht an der Jahresfracht (Daten:ARGE-Elbe)

		Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	As
1997	„Buhnenfelder“	0,96	1,7	18,9	170	16,8	13	5,13	5
	Jahresfracht	2,7	4,7	81	730	76	69	34	18
	%	35,6	36,2	23,3	23,3	22,1	18,8	15,1	27,8
2005	„Buhnenfelder“	0,1	0,68	0,77	68	-3,2	5,4	1,4	2,4
	Jahresfracht	1,1	2,3	37	380	30	34	19	12
	%	9,1	29,6	2,1	17,9		15,9	7,4	20,0

Eine deutlicher Rückgang der Frachtzunahme von 1997 und 2005 im Abschnitt Magdeburg bis Schnackenburg im Vergleich zur Jahresfracht zeichnet sich bei allen Schwermetallen und Arsen ab – am stärksten bei jenen Metallen mit einer starken Bindung an partikuläres Material wie Blei und Quecksilber (Tabelle 1-8). Zusammen mit der Beobachtung, dass der Anteil schllickiger Sedimente in den Buhnenfeldern in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen ist, könnte dies ein Hinweis auf eine starke Verlagerung des Materials in die Auen während der Hochwasserereignisse 2002, 2003 und 2006 sein.

2.3.3. Schlussfolgerungen zu den Risikogebieten

Es lassen sich innerhalb der Risikoregionen Risikogebiete mit einer aus der Datenlage hervorgehenden Wahrscheinlichkeit ausweisen, die maßgeblich für die Schadstofffrachten in die Elbe verantwortlich sind. Diese sind hauptsächlich im Bereich der Tschechischen Republik, der Mulde und der Saale zu sehen. Auf der Grundlage der vorliegenden Daten scheint der Einfluss der Buhnenfelder (im Bereich zwischen Magdeburg und Schnackenburg) zurückzugehen. Wenn sich diese Annahme durch weitere, gezielte Datenerhebung bestätigen lässt, sollte im deutschen Einzugsgebiet der Schwerpunkt auf Maßnahmen in den Mulde- und Saale-Einzugsgebieten gelegt werden. Es ist davon auszugehen, dass sich mit Ausnahme der organischen Schadstoffe, die hauptsächlich über die Tschechische Republik transportiert werden (PCB, HCB, DDX), eine wesentliche Verbesserung der Schwebstoffqualität durch Maßnahmen im deutschen Einzugsgebiet erzielen lässt.

Es handelt sich bei den Gebieten, die hierzu bewirtschaftet werden müssen, um sehr unterschiedliche „Areas of Risk“, die relativ kleinräumig (z.B. Spittelwasser), komplex (z.B. Bergbaualtlasten), und/oder weiträumig (z.B. Altsedimente in der Saale) sein können. Um Maßnahmen diskutieren und planen zu können, sollte eine umfangreiche Übersicht über die Methoden, die potenziell eingesetzt werden können und welche Bedingungen dafür erfüllt sein müssen, verfügbar sein. Die Kenntnis über Erfahrungen mit bereits durchgeführten Maßnahmen kann die Sicherheit bei der Entscheidungsfindung stärken und das Vertrauen in gefällte Entscheidungen verbessern.

2.4. Maßnahmen

Maßnahmen im Elbeeinzugsgebiet zur Reduktion der partikelgebundenen Schadstoffbelastung werden prinzipiell die Sanierung kontaminierter Sedimente und Überflutungsflächen sowie der Bergbaualtlasten berücksichtigen müssen. Hierzu kann teilweise auf bereits erstellte Machbarkeitsstudien für spezielle Regionen (z.B. Spittelwasser) zurückgegriffen werden. Ein detaillierter Überblick wurde erstellt, der den gegenwärtigen Sanierungsstand bzgl. kontaminierter Flächen im Elbeeinzugsgebiet sowie potenziell einsetzbarer Techniken umfasst.

A) Baggergut im Hamburger Hafen

Die Verbringung von Baggergut aus Instandhaltungsmaßnahmen im Bereich des Hamburger Hafens wird sich mittelfristig auf den traditionellen Methodenmix von Umlagerung und METHA-Trennung/Landlagerung stützen; längerfristig ist die in den Niederlanden erprobte Technologie von subaquatischen Depots in Betracht zu ziehen. Diese Option könnte schon früher zum Tragen kommen, falls durch die geplante Meeresschutzstrategie-Richtlinie eine Umlagerung von Baggergut ins Meer nur noch unter strengen Auflagen und Zulassungskriterien möglich ist.

B) Sedimente und Baggergut im übrigen Elbeeinzugsgebiet

Die weiteren Ausführungen gelten der Beseitigung von kontaminierten Sedimenten aus kleinen Bootshäfen, Bühnenfeldern und Stauhaltungen im gesamten Einzugsgebiet der Elbe und vor allem den Problemlösungen bei flächenhaften Kontaminationen im Ober- und Mittellauf der Elbe und in deren Zuflüssen. Hier kommen nach Meinung der Autoren neben gewässerschonenden Bagger- und Ausgrabungsmethoden neuartige Technologien, z.B. eine Abdeckung oder die Nutzung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse in Frage. Die *In-situ* Methoden eignen sich auch für die weitergehende Behandlung und Sicherung von Restkontaminationen aus den bergbaubedingten Altlasten im Elberaum. Die beschriebenen Maßnahmen/Technologien werden in der Studie abschließend unter den beiden Aspekten (a) internationale und elbebezogene Praxisbeispiele und (b) Prüfkriterien, Bewertung und Untersuchungsmethoden verglichen.

2. Assessment of risks from particle bound substances in the Elbe River catchment



The Elbe river near Glückstadt (Foto: S. Heise)

2.1. Background and objective of the study

With the implementation of the Water Framework Directive (WFD) in 2000, the European Commission established an environmental legislation which for the first time aims at a holistic approach to the evaluation of the environmental quality of all water bodies. The overall goal is a "good status" for all surface waters, including estuaries and coastal waters by 2015. To achieve this goal, the European Commission requires a series of steps (i.e. "Strategies against pollution of water" (Article 16)). These include specific measures to protect against water pollution through single contaminants and mixtures that present a substantial risk directly to the aquatic environment or through the aquatic environment. By 2009 a programme of measures must be developed that addresses both point and diffuse sources of contamination. The WFD also requires that the elimination of contamination of surface waters by "priority substances" and the pollution caused by other pollutants will be gradually reduced. While the Directive includes specific water quality standards, the property of sediments and suspended matter to carry contaminants is insufficiently addressed in the implementation. This is a particularly important exclusion, since more than half of the priority substances have a high affinity to adsorb to sediments and suspended matter. The realization of the objectives of the WFD within the programme of measures could be in jeopardy by ignoring river basins with widely distributed historically contaminated sediments.

High contaminant concentrations are often still detected in sediments, even if the control of primary pollutant sources in the water phase shows significant successes. Pollutants can be remobilised when sediments become resuspended or if environmental conditions change (e.g. pH, salinity, and oxygen content). Therefore not only organisms that live in sediments may be affected. There is also a potential risk for those environments that are in contact (water phase) or could come in contact (flood plains) with sediments or suspended matter. Here, nature-oriented process based sediment technologies could be a suitable instrument to reduce pollution in wide-spread contaminated areas.

Against this background, the present study was conducted. On the basis of the present but partly incomplete data base of various institutions and Federal States, those areas were to be identified

that present the biggest risk to the achievement of the WFD objectives. Issues to be protected by the EC WFD are not restricted to water quality itself. In fact the expressed goal of the WFD is the reduction of pollution. Pollution is defined according to Article 2 of the directive as contamination which "may be harmful to human health or the quality of aquatic ecosystems or terrestrial ecosystems directly depending on aquatic ecosystems, which result in damage to material property, or which impair or interfere with amenities and other legitimate uses of the environment."(Directive 2000/60/EC, Article 2/33).

2.2. Conceptual approach of this study

The conceptual approach of this study emerged from the discussion in the European Sediment Network (SedNet) and the reflections of Sue White and Sabine Apitz about management concept for sediments on river basin level (Apitz & White, 2003; Apitz et al., 2007) This approach was modified in an investigative study of historical sediments in the Rhine River basin (Heise et al., 2004). A 3-step system was developed for the application, based on the nomination and characterization of the following parameters:

- 1) Relevant contaminants in the river basin ("substances of concern")
- 2) Areas that are contaminated by these substances and could become potential sources ("areas of concern")
- 3) Those of the "areas of concern" which pose a risk for regions downstream because of the extent and quality of the contaminated material emitted from these sites in dependence of the discharge situations ("areas of risk").

This approach was also adopted for this study and refined by some intermediate steps (Fig. 1-1)

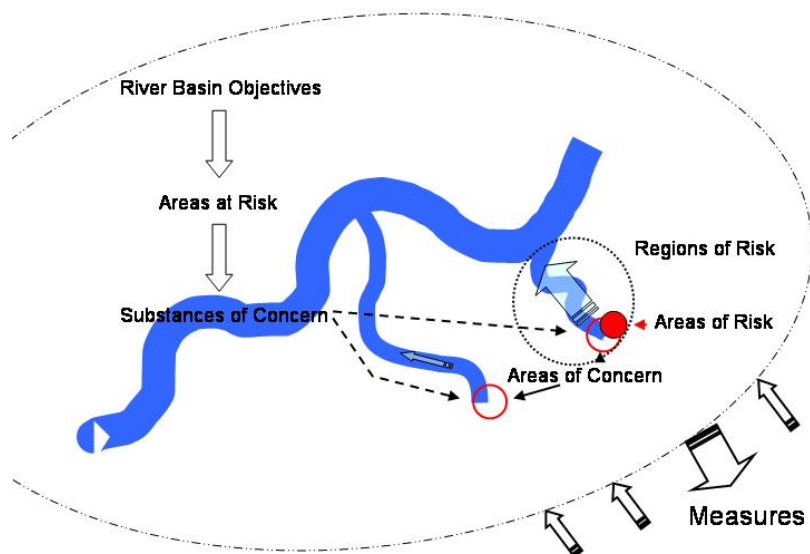


Figure 1-1: Conceptual approach for the risk-assessment of contaminated sediments in river catchment areas.

2.2.1 The management objectives within the catchment

The objective for assessing contaminated sediment on river basin level is the evaluation of risks towards watershed services or uses within the catchment area. The following management objectives have been identified for the Elbe River:



- The quality of aquatic ecosystems as described by the targets of the WFD, the objectives of the IKSE (International commission for the protection of the Elbe River), and the OSPAR (Oslo-Paris-Commission for the protection of the North Sea and the North-Eastern Atlantic Ocean)



- The protection of human health. In the study, it was distinguished between direct exposure via aquatic systems, e.g. through consumption of contaminated fish, and the indirect exposure via agricultural products.



- The quality of terrestrial ecosystems depending on aquatic systems, which can be burdened with contaminated sediments due to flooding.
- The cost-efficient maintenance of the Elbe, specifically the removal of often contaminated sediment from ports and waterways to maintain navigational depth.



In this assessment, sediment quality guidance values were used to evaluate contaminant concentrations in sediment. These values were taken from nationally or internationally accepted regulations, or were deduced from existing criteria, e.g. the concentration in fish or animal feed. The guidance values have been chosen in such a way that no risk is expected below the defined concentration. However, it cannot be assumed that an impact inevitably occurs if guidance values are exceeded, but a potential adverse effect can not be excluded.



Thereby application of the selected sediment quality guidance values follows a precautionary principle. An overview of relevant management objectives in this study and the methods for assessing their potential risk is given in figure 1-2.

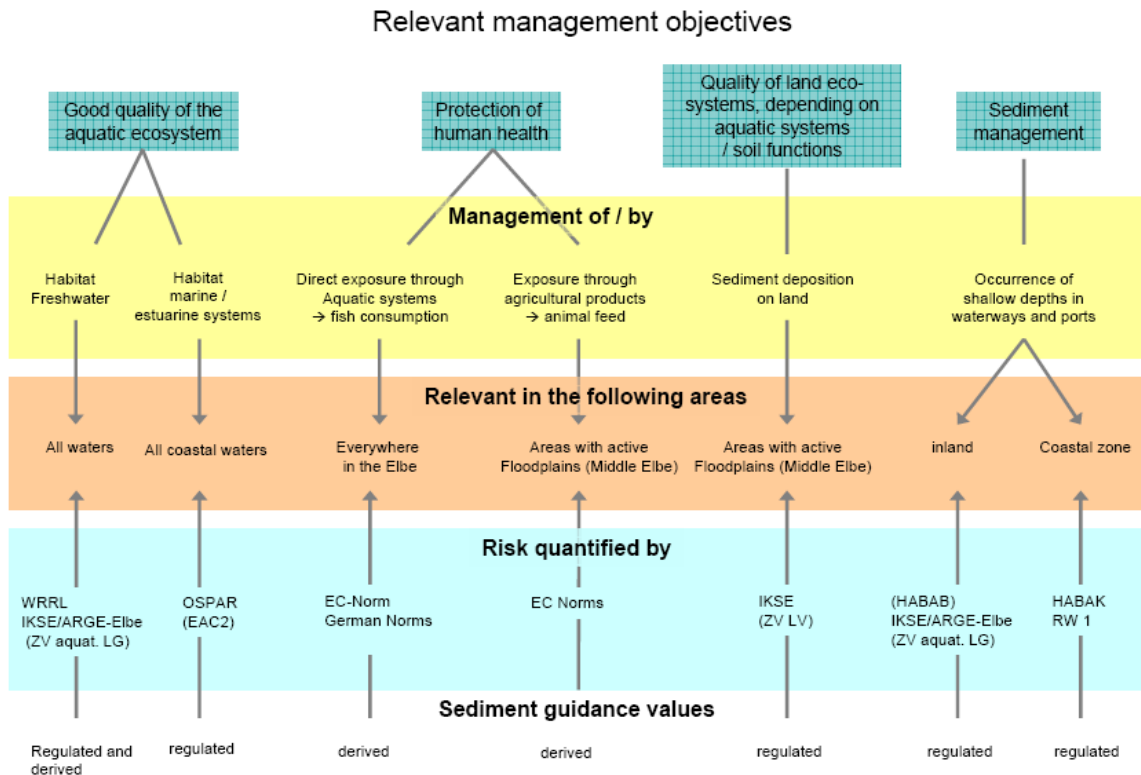


Figure 1-2: Overview of the management objectives considered in this study and the procedure followed to assess their potential hazard in the Elbe catchment area.

2.2.2. Areas at Risk - areas where contaminated sediments pose a risk to management objectives



(Foto S. Heise)

Not all management objectives in all areas are of equal importance. Additionally, they are at risk in varying degrees due to specific regional pollutant mixtures. A comparison of relevant local sediment quality guidance values with the measured contaminant load of suspended matter in that area indicates existing threats to the regional management objectives. Table 1-1

gives an assessment for different sites along the Elbe River with regard to the relevant management objectives, to which extent and with what certainty they may be affected by contaminated sediments.



(Foto W. Calmano)

Based on the sediment guidance values used, all objectives in the Elbe River are subjected to a risk with high certainty. The risk starts to decrease at Seemannshöft due to the dilution of the transported contaminant load with marine sediments. In order to protect all functions in Elbe River, a significant reduction of the contaminant load will be necessary.

Table 1-1: Risk to the management objectives at the considered measuring points. (0 - objective is relevant, no indication of risk, 1 - low risk, 2 - suspected significant risk, 3 - risk with high certainty for the management objective at this place; **WRRL** - Water Framework Directive, **LG Fluss** - Freshwater community, **Umlag. Fluss** - relocation of sediments (target values of the ARGE Elbe), **LG Küste (oW)** - Marine community (EAC upper-value), **landwirt. Verwertung** - Protection of soil during application of sediments e.g. during flood events, **Speisefisch** - consumption of contaminated fish, **Futtermittel** - animal feed - Hazard by feed-contaminations in floodplains).

	WRRL	LG Fluss	LG Küste (oW)	Umlagerung Küste	Umlagerung Fluss	landwirt. Verwertung	Speisefisch	Futtermittel
Schmilka	3	3			3		3	
Zehren	3	3			3		3	
Dommitzsch	3	3			3	3	3	3
Schwarze Elster	3	3			3		3	
Mulde	3	3			3	3	3	3
Saale	3	3			3	3	3	3
Magdeburg	3	3			3	3	3	3
Schnackenburg	3	3			3	3	3	3
Bunthaus	3	3			3		3	
Seemannshft	2	3	3	3	3		3	
Cuxhaven	0	0	2	1	2		2	

Figure 1-3 shows exemplarily exceedances of target values of the ARGE-Elbe (Class 2) for the sediment quality established for the protection of aquatic communities. Obviously the exceedance patterns of the contaminants from Schmilka to Magdeburg resemble each other, characterized amongst others by high DDX-concentrations. From Schnackenburg to Cuxhaven the exceedances become increasingly smaller - following the dilution by the tidal influence below Bunthaus. The pattern of contaminants in the tributaries is dominated with respect to cadmium from Saale River and Mulde River and with respect to mercury from the Saale River. The large peak of HCH from the Mulde River is reflected little in the Elbe River, as the Mulde River introduces relatively small amounts of the load of suspended matter into Elbe River. This shows the need for better understanding of balances of suspended matter in the respective catchment areas.

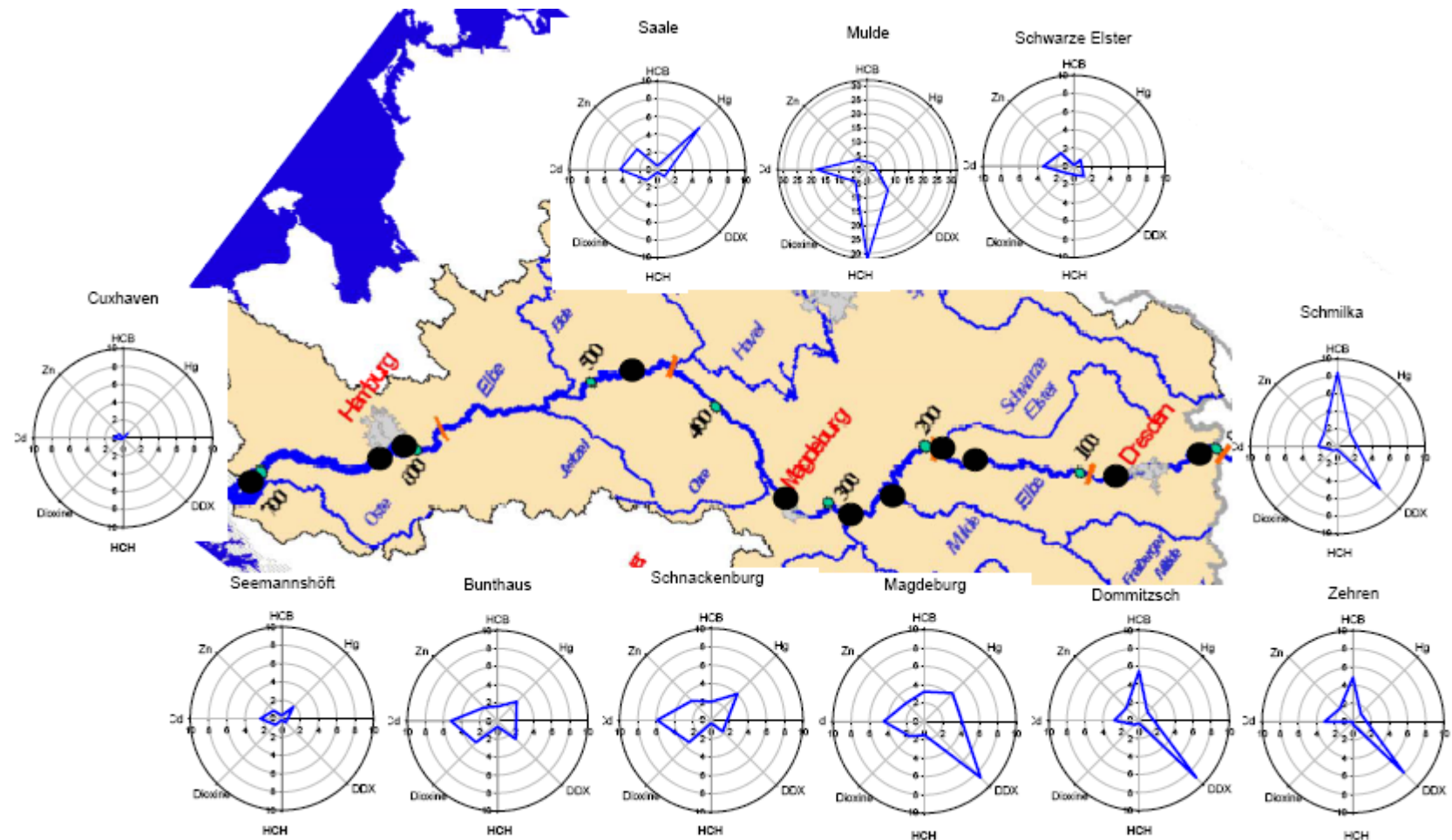


Figure 1-3: Representation of the exceedances of the target values of the ARGE-Elbe for the protection of aquatic communities in the catchment area of the Elbe River by the medians of the main contaminants from 2000 to 2006, (exceedance scale: all contaminants except Mulde River: 0-10, Mulde: 0-32)

2.2.3. Substances of Concern - substances requiring special attention

This covers such contaminants,

- for which regulated or derived sediment quality guidance values exist due to their toxicity
- which contribute to a potential risk for the management objectives by increased concentrations in certain areas
- for which sufficient data exist to provide a baseline for secure statements or the quantification of uncertainties.

Particle-bound transported contaminants that correspond with these conditions and are accordingly referred to as "substances of concern" in this study are listed in Figure 1-4. The ranking reflects the relative risk of the substances to the management objectives in the catchment area. The frequency with which these pollutants exceed the sediment quality guideline values is taken into account. Some substances are used illustratively as representatives for substance classes (benzo(a)pyrene for PAH). High ranking toxic substances, such as mercury, hexachlorobenzene, cadmium and zinc and also PCBs, copper, arsenic, and dioxins, indicate that the management objectives are no longer guaranteed (Figure 1-4). The extent of the exceedance is not considered here, because the relationship between excess of the sediment quality guidance values and the value and level of the risk for various pollutants and management objectives is different. The extent of the exceedance, however, has been taken into account in the calculation of load reduction.

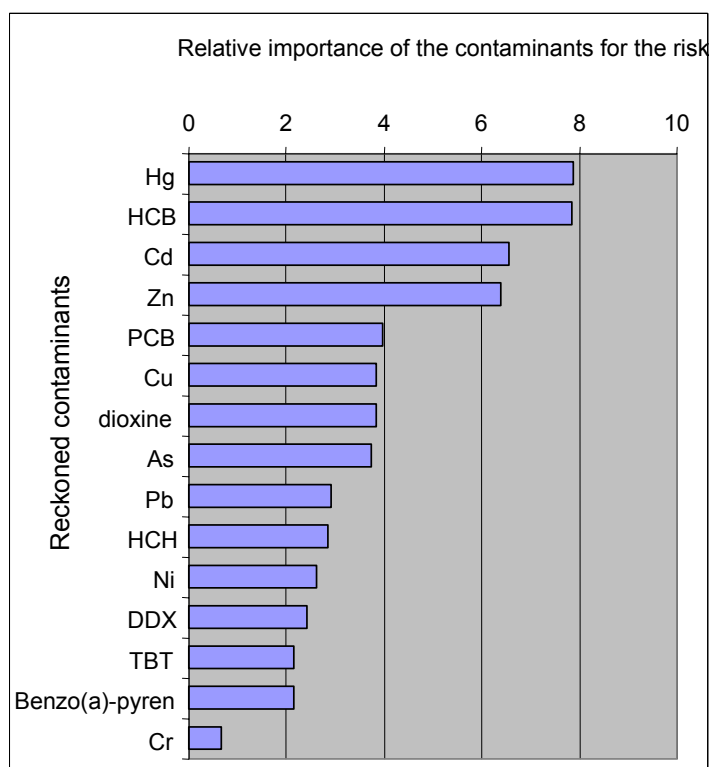


Figure 1-4: Relative importance of the considered harmful substances for the risk to all management objectives and target values of the EC WFD, considering the whole Elbe basin.

2.2.4. "Regions of Risk" and "Areas of Risk"

A variety of contaminant depots are known within the Elbe River catchment area (compilations amongst others in Förstner *et al.*, 2004; Heininger *et al.*, 2005; Heise *et al.*, 2005). When describing current contaminant concentrations in "regions of risk" or more defined "areas of risk", the resuspension of contaminants from these areas and their transportation downstream is of crucial relevance. Transported contaminants can be responsible for the potential risk to local or regional management objectives. Consideration of the total amount of transported contaminants is necessary in order to deduce from the concentration present in the sediments i) the extent of resuspension and ii) the importance of the resulting contamination in the catchment area. Thus, a small, highly contaminated area can be responsible for the contamination of a sub-catchment area, as long as the exported contaminant concentration is not diluted to the point that measured concentrations downstream are below sediment quality guidance values.

The identification of the contaminant load is based on the determination of the contaminant concentration in suspended matter and the measurement of the load of suspended matter. Analysis of various databases showed high variability in the load of suspended matter in the Elbe River. The variability depends on the frequency of the determination and on the characteristics of the sampling site (Fig. 1-5).

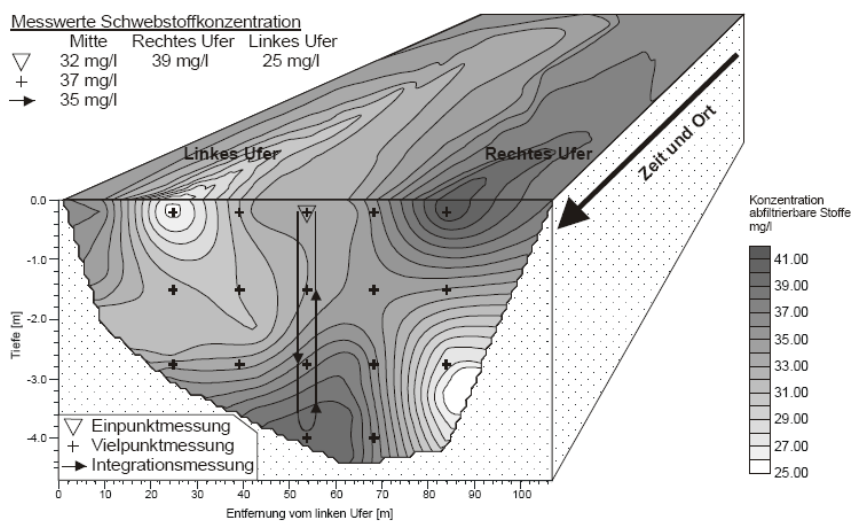


Figure 1-5: Exemplary presentation of the variability of suspended matter distribution in cross and longitudinal section of the Elbe River (Elbe River 196.5-km on 04.05.2001) (Figure and data Federal Institute of Hydrology (BfG, 2003))

For this study, uncertainty factors were identified from the comparison of the different methods and included in the description of suspended matter dynamics and in the reduction of the contaminant load.

The transport of suspended matter in the Elbe River catchment area is dominated by flood events, both in the Elbe River and in the sub-catchments. Flood events are of comparably high importance for the annual load in the Elbe River section at the German-Czech border, in the Mulde River, and in the Saale River. In contrast, at the lower part of the middle Elbe, also average discharge and low discharge situations contribute to the annual load because of algae growth.

The major source of suspended matter for the German Elbe River is the Czech Republic, which contributes between 42 and 51%. During flood events, the load of suspended matter from the Czech Republic adds up to a median of 80% of total transport in the lower part of the middle Elbe. However, due to sedimentation processes in floodplains and other slack (shallow) water areas it cannot be assumed that all contributed load of suspended matter will reach the lower part of the middle Elbe. Short term high-resolution investigations during the flood event in 2006 in the central part of the middle Elbe showed that up to 50% of a daily load can be retained in the floodplains between Rosslau and Magdeburg. Of the German tributaries, the Saale River has the biggest impact on the regime of suspended matter in the Elbe River: Considering the median of the considered periods and data sets it ranges between 13 and 23% of what is being transported in the lower middle Elbe. During flood events, the contribution of the Saale can increase to over 30%. During selected low-water periods, the percentage of the Saale River load to the one in Wittenberge amounts to up to 50%. The Mulde River contributes approximately 8-10 times less suspended matter into the Elbe River compared to the Saale River (Fig. 1-6).

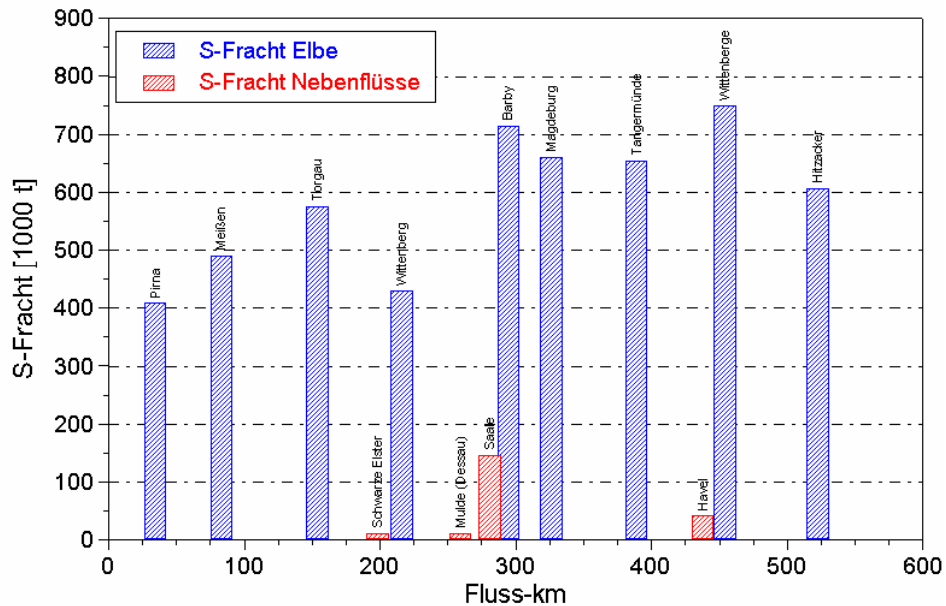


Figure 1-6: Loads of suspended matter of the Elbe River determined from frequent measurements at different discharges in the Elbe River stream (1994-2003) and in the tributaries (1990-2000) (data BfG, figure from Heise et al, 2005)

2.3. Results of the study

2.3.1. Risk regions - Regions of Risk

From the information on the extent to which single contaminants exceeded the guidance values and from what sub-catchments what contaminant load was contributed, a load reduction was calculated that would be essential if the basin objectives (Chapter 1.2.1) were to be guaranteed (database: calculations of the ARGE Elbe). At this stage no estimation can be given about the actual feasibility of these reductions, which must therewith be considered as only hypothetical considerations. Table 1-2 compares the load reductions to the respective sum of the loads that come from the sub-catchments and the Czech Republic. There are substantial differences between the theoretical necessary load reduction and the potential maximum reduction that would be achieved if all load emission from the sub-catchments could be reduced. Reasons for these differences are probably located in the main river itself - on one hand, in form of point sources at the Elbe River (e.g. cadmium emissions from the Triebisch at Meissen), or in form of contaminated sediments in the main stream of the Elbe, which are deposited in still water areas and only transported further during flood situations (see below).

Tab 1-2: Hypothetical reduction goals identified in the Elbe catchment and maximal possible contaminant load reductions (sum of load) by measures in the catchment areas. Reference region: Lower Middle Elbe, Schnackenburg

Contaminant	Reduction goals to guarantee the management objectives	Sum of the loads from CR, Mulde, Saale, Schwarze Elster und Havel river
Cd	84 %	27 – 36 %
Hg	86 %	39 – 40 %
Cu	57 %	43 – 48 %
As	65 %	38 – 42 %
Zn	83 %	40 – 53 %
Pb	38%	46 – 57 %
Ni	42 %	40 – 51 %
TBT	99 %	54 %
HCH	77 %	100 %
HCB	97 %	100 %
PCB	72 %	100 %
Dioxins	94 %	70 – 82 %
pp'-DDE	92 %	100 %

Assuming that the load from the sub-catchments can be reduced to a large extent, the related decrease in the concentration of contaminants can be calculated for the Elbe River. The measuring station Schnackenburg was chosen as a reference location, because it is located in the lower part of the middle Elbe, but significantly upstream of the weir at Geesthacht. In Table 1-3, the current risk status of management objectives is compared to the hypothetical situation after maximum reduction of load from the sub-regions.

This results in the following observations:

- A significant improvement in the situation would be achieved by reducing the contribution from the sub-catchments.
- For PCBs, HCH, pp'-DDE and HCB, the management objectives could be achieved by load reductions in the sub-catchments of 72, 77, 92 and 97%, respectively.
- For TBT, almost all management objectives would be protected by the potential reductions. For "marine community" ("LG Küste") indicated here as not achieved, the reduction in the Elbe River upstream of Hamburg is of little importance because the sediments of the Hamburg harbour show the largest TBT peak in the Elbe River area close to the coast.
The derived sediment quality criteria for the implementation of the targets values of the EU's Water Framework Directive (UQRW) are based on the biological effectiveness of the contaminant. For this reason the criterion is a very low concentration and difficult to meet in formerly contaminated freshwater sediments.
- The target values for copper, lead and nickel could be achieved theoretically by a total reduction of the load from the sub-regions.
- The arsenic target values for feed load and the marine community cannot be achieved due to the fact that the sediment quality guidance values are below the geogenic background for the Elbe River.
- Zinc is likely to remain a problem for the management objective "freshwater community river," "agricultural use" and "relocation in rivers "
- Also for cadmium and mercury, the full reduction of the contaminant load from the catchment areas would mean a risk reduction, but could not completely reduce a risk.

Table 1-3: Guidance values of the contaminants and the exceedance (red) of the guidance values in Schnackenburg at the present time (above) and after assumed total reduction of the contaminant load from the sub-basins (below). All management objectives are shown without considering their relevance in Schnackenburg.

(**WRRL** - Water Framework Directive, **UQRW (sed)** – from WFD-values derived sediment quality guidance values, **LG Fluss** – Freshwater community, **landwirt. Verwertung** – agricultural use, **Speisefisch** - consumption of fish, **Futtermittel** - animal feed, **Umlag. Fluss** - relocation of sediments, **LG Küste (oW)** - Marine community)

	Median-Werte Schnackenburg	WRRL (ökol)	UQRW (sed)	LG Fluss	Landwirt. Verwertung	Speisefische	Futtermittel	Umlagerung Fluss	Medianwerte Seemannshöft	Umlagerung Küste	LG Küste
Cd (mg/kg)	7.08		2.6	1.2	1.5		5	1.2	2.8	2.5	1
Hg (mg/kg)	3.23		0.67	0.8	0.8	1	0.5	0.8	1.4	1	0.5
Cu (mg/kg)	89.67	160		80	80			60	71	40	50
As (mg/kg)	38.03	40		40	30			20	27.2	30	10
Zn (mg/kg)	1194	800		400	200			200	493	350	500
Pb (mg/kg)	127		78.4	100	100		150	100	60.6	100	50
Ni (mg/kg)	57.33		33.2	120	60			50	36.2	50	50
TBT (µg Sn/kg)	15.7		0.02	25				25	72.8	20	0.05
HCH (µg/kg)	9.91		10.3	30	10				4.3		
HCB (µg/kg)	80.58		16.9	40	40	12.5	50	40	13	2	
PCB (µg/kg)	22.65								21.8	20	10
Dioxine (µg/kg)	68			20		5.5	3.75		19.5		
ppDDE (µg/kg)	8.62			40				40	3.9	1	5

		WRRL (ökol)	UQRW (sed)	LG Fluss	Landwirtschaft. Verwertung	Speisefische	Futtermittel	Umlagerung Fluss		Umlagerung Küste	LG Küste
Cd (mg/kg)	Bezug auf Schnackenburg →		2.6	1.2	1.5		5.0	1.2	← Bezug auf Seemannshöft	2.5	1.0
Hg (mg/kg)			0.7	0.8	0.8	1.0	0.5	0.8		1.0	0.5
Cu (mg/kg)		160.0		80.0	80.0			60.0		40.0	50.0
As (mg/kg)		40.0		40.0	30.0			20.0		30.0	10.0
Zn (mg/kg)		800.0		400.0	200.0			200.0		350.0	500.0
Pb (mg/kg)			78.4	100.0	100.0		150.0	100.0		100.0	50.0
Ni (mg/kg)			33.2	120.0	60.0			50.0		50.0	50.0
TBT (µg/kg)			0.02	25.0				25.0		20.0	0.1
HCH (µg/kg)			10.3	30.0	10.0						
HCB (µg/kg)			16.9	40.0	40.0	12.5	50.0	40.0		2.0	
PCB (µg/kg)										20.0	10.0
Dioxine (µg TEQ/kg)				20.0		5.5	3.8				
ppDDE (µg/kg)				40.0				40.0		1.0	5.0

Dioxins (including furans) constitute a special situation. They receive special attention in this study, as they

- are Elbe-specific contaminants
- are extremely toxic and accumulate in the food chain,
- will probably play a role in the proposed Marine Strategy Directive,
- can be utilized as tracer for the transport of suspended matter, due to the stable pattern of congeners.



(Fotos: B. Redemann, S. Heise)

The substance group of dioxins appears locally in extremely high concentrations and is ecologically and ecotoxicologically highly effective in very small doses. It can be transported over long distances and bears the potential to contaminate large areas. Nevertheless, there is no mandatory quality guidance value for this contaminant group in the Elbe river catchment area.

In this study, attempting to retrace the risk for management objectives by transported, particle-bound contaminants and link it to sources in the Elbe River area, dioxins are discussed as an indicator for the transport of loads, for the identification of sources and – last but not least – as an argument for a reconsideration of current sediment quality guidance values in the Elbe catchment.

To address the importance of dioxins, current information and research results regarding the dioxin contamination in the Elbe River is presented in a special chapter (see also Appendix 13 of this study: “The contamination of Elbe floodplains, Elbe fish feed and feed with dioxins and dioxin-like PCBs (Dioxins special section with results and discussion)”). Previously unpublished data show that the dioxin signal from the Mulde River can be found until Grauerort downstream from Hamburg. Statistical analyses by the company *quo data GmbH* performed during this study (Appendix 1 of this study), allow for the first time a quantitative determination of sources and their contribution to the dioxin contamination in the lower Elbe; 70 to 82% of the dioxin present in Hamburg originates very probably from the Mulde River.

The contributions from the sub-regions comprise the load of suspended matter and the concentration of contaminants bound to suspended matter. In order to prevent increased contamination, first and foremost a reduction of the contaminant emission and hence the contaminant load is necessary. However, the contaminant concentration bound to the suspended matter in the sub-regions is also of interest. A very high contaminant load of a tributary for example, resulting solely from its higher suspended matter contribution, but whose contaminant concentration in that suspended matter is below the sediment quality guidance values, will most likely dilute other pollutants, rather than increase them. From the extent of sediment quality guidance value exceedances and the contaminant loads, relevancies were assigned and priorities calculated for the sub-catchments indicating their role in the contamination of the catchment with single substances (Table 1-4).

Table 1-4: *Relevance of the contributions of individual sub-basins to the annual contaminant load at Schnackenburg, according to the indicators of the relevance as well as based on the report of the quo data GmbH (Appendix 1) for dioxins (empty cells: priorities could not be assigned) .*

Contaminants	1. Priority	2. Priority	3. Priority
HCB	Schmilka		
PCB, Ni	Schmilka	Saale	
TBT, Cu	Schmilka ≈ Saale		
Pb	Schmilka ≈ Saale	Mulde	
DDX	Schmilka	Mulde	Saale
ΣHCH (b-HCH)	Mulde	Saale ≈ Schmilka	
As	Mulde	Schmilka	
Hg	Saale	Schmilka	
Zn	Saale	Schmilka	Mulde
Cd	Schmilka ≈ Saale ≈ Mulde		
Dioxins/furans	Mulde		

2.3.2. Areas of Risk - Risk areas in Mulde River, Saale River, and the middle Elbe River

Allocation of contaminant loads to regions alone is insufficient for the development of management measures. Therefore, localization of primary (e.g. industrial discharges) as well as secondary sources (such as historically contaminated sediments) was required. No data were taken into account for the Czech Republic as it was not a subject of this study. However, since most likely significant percentages of the sediments in the Czech Republic are also located in the main stream (weirs), it is not possible to identify the extent here to which reductions and management measures in the Czech Republic are possible. This needs to be clarified elsewhere. For the main German emission areas Mulde River and Saale River, where a load reduction to the German part of the Elbe river should be aimed for, sediment and suspended matter data were discussed for the main and tributary rivers. From the concentration-discharge relationships, conclusions were drawn on the characteristics of the different contaminant depots.

Table 1-5 shows which contaminants emitted from the sub-regions are of high relevance for the management objectives of the Elbe River. These areas of risk within the TEG (and the Elbe River) are identified and described below.

Table 1-5: Relevance of the regions for the considered "Substances of Concern", compiled under Chapter 5.2. In order to facilitate the readability organ tin and organic substances except HCH are listed in the left column, the various HCH-isomers in the middle, the metals in the right column.

Area	Highly relevant (Relevance indicator >5)	Moderately relevant (Relevance indicator 3-5)	Relevant (Relevance indicator 2)
Czech Republic	PCB HCB	DDX a-HCH b-HCH g-HCH Σ HCH Cu Hg Zn Pb Ni	Organ tin-compounds. Cd As
Mulde River	Σ HCH b-HCH Dioxins	DDX g-HCH a-HCH As	Cd Zn Pb
Saale River	Hg Zn	PCB g-HCH b-HCH Σ HCH Cu Pb	Organ tin-compounds. DDX a-HCH Cd Ni

2.3.2.1. The identification of areas of risk

It is difficult to identify areas of risk within the sub-catchments and specify their relevance for potential measures due to a weak database for the tributaries. Therefore, this study follows a weight-of-evidence approach. This approach combines different types of information and determines whether areas within the sub-catchments are acting as secondary sources to supra-regional contaminant emissions. From the number and reliability of the evidence, the likelihood for an area of risk is concluded.

A high probability of risk is assigned to an area, if

- significantly increased values (contamination of suspended matter, contaminant loads, concentration-/discharge relationships, contamination of sediments) suggest a risk coming from a particular area and the database is sound,

or

- multiple lines of evidence suggest an area of risk AND well-known potential (historical) causes increase the plausibility, even if the database is considered weak.

A potential risk is assigned to an area when there are only single hints of a contamination coming from this area. These statements have to be validated by further studies, and especially so, if no historical source of contamination is known.

A single indication on an insufficient database is not enough to prove a risk.

Areas of risk identified in the Elbe River and within the sub-catchments are summarized in Table 1-6.

Table 1-6: Assessment of the areas of risk within the sub-catchments and the Elbe River

Area of Risk	A high probability of risk	Potential contribution to the contamination of the Elbe River
MULDE RIVER		
Spittelwasser	β-HCH, α-HCH, dioxins	Γ-HCH, DDX
Area upstream of Jeßnitz		dioxins
Freiberger Mulde	As, Cd	Pb, Zn
Zwickauer Mulde	Cd	Zn
Contaminated sediments in the river bed		Pb
SAALE RIVER		
Cont. sediments in the river bed downstream of Bad Dürrenberg	Hg, Zn, Cu, Pb, Cd	DDX, γ-HCH
Weißer Elster	Zn, Cd	TBT, PCB, Ni
Schlenze, Mansfelder Land	Cu	Cd
Bode		Ni, Cd, PCB, Pb, Cu
ELBE-RIVER MAIN STREAM		
Groin fields	Zn, Pb, Cu, Cd, Hg, HCB, DDD (trend: decreasing)	
Triebisch		Cd

2.3.2.2. The Mulde River

The relevance of the Mulde River for the load of suspended matter of the Elbe River has been significantly reduced by the construction of the Mulde River reservoir. The reservoir reduces the downstream supply of suspended matter of the Mulde River by an average of 87%. Accordingly, it is mostly contaminants that are present in high concentrations in the Mulde River and which do not settle sufficiently in the reservoir, and contaminants that reach the Mulde River after the reservoir are defined as substances of risk from the Mulde River. The former is the case for lead, cadmium, zinc, and arsenic, which are emitted from historical mining sites, particularly in the area of the Freiburger Mulde, while cadmium is also emitted by the Zwickauer Mulde.

Several investigations detected maximal burden of arsenic, cadmium and lead in the area of Hilbersdorf (Freiberger Mulde) (Klemm et al., 2005; Kunau, 2004). During flood events these contaminations have been widely distributed on the flood plains. However, especially for lead, there is indication of a dislocation of contaminated sediments along the Freiburger Mulde. In that case, these would have to be considered as a relevant secondary source.

Only after the reservoir, contaminants are emitted from the Spittelwasser Creek into the Mulde River. The lowland of the "Spittelwasserniederung" along the Spittelwasser Creek was heavily impaired by effluents from the former industrial region Bitterfeld-Wolfen. The Spittelwasser River is a narrow drainage flume under usual conditions, but expands to a large area of flood plains under increased discharge conditions where flow rates of up to 1 m/s occur. Load transports of HCH, DDX and dioxins in particular from the Spittelwasser area are especially important for the Elbe River catchment area. From the composition of the HCH-isomers or DDT and its metabolites it can be concluded that both substance classes were produced by former industrial production processes. The relationship with discharge events supports the hypothesis of historical contaminated sites being responsible for this contamination, as they are only in contact with the Spittelwasser River during flood events.

Also, the high dioxin concentration in the Mulde River is primarily attributed to a still water area of about 800 m in length in the "Spittelwasserniederung" where sediments are about 2 m thick. The pattern of dioxin in the "Spittelwasserniederung" accounts for at least 61% of the incoming toxicity equivalents (TEQ) in the Mulde River mouth (*quo data GmbH, Appendix 1*).

2.3.2.3. The Saale River

Contamination in the Saale River is dominated by historically contaminated sediments. Sediments can be traced back to the former industrial plants on the Saale River in Bernburg, between Bad Dürrenberg Planena, in the Weisse Elster River and possibly in the catchment area of the Bode River (industrial area Staßfurt). Current industrial discharges would account for less than 5% (Cu, Pb, and Hg) and 10 to 17% respectively (Zn, Ni, Cd, Cr) of the particle-bound contaminant load in Rosenberg if the emitted substances would bind completely to suspended matter. Accordingly, the main problem is resuspension and transport of historically contaminated sediments from the tributaries into the Saale River and within the Saale River main stream. Consequently, a significant increase along the Saale River for lead, cadmium, copper, zinc and mercury is evident at the measurement point Planena. Concentration increases downstream and maxima can be found in Bernburg. Here, concentrations of relevant contaminant groups exceed the targets of the ARGE-Elbe for the protection of aquatic life communities a multiple (Figure 1-7). This supports the assumption of transport of contaminated

sediments downstream the Saale River. High contaminant loads of suspended matter at the Saale River mouth during periods of low water indicate high levels of resuspension of sediments, possibly due to shipping traffic. Correspondingly, the main current of the Saale River is characterized as a potential area of risk of zinc, cadmium, mercury, copper, and lead with increasing importance in the area of the estuary.

The mobile sediments of the many water storage areas of the White Elster probably present a risk for a contamination by cadmium and to a lesser extent by zinc. Additionally, Ni, PCBs, PAHs, and TBT pose a potential risk to the system. In order to quantify this risk, more data should be collected.

Also the Bode River may contribute to the contamination of the Elbe River with nickel, cadmium, lead, copper and PCBs. However, risk assessment is currently impossible because of insufficient data. Further investigation is urgently needed.

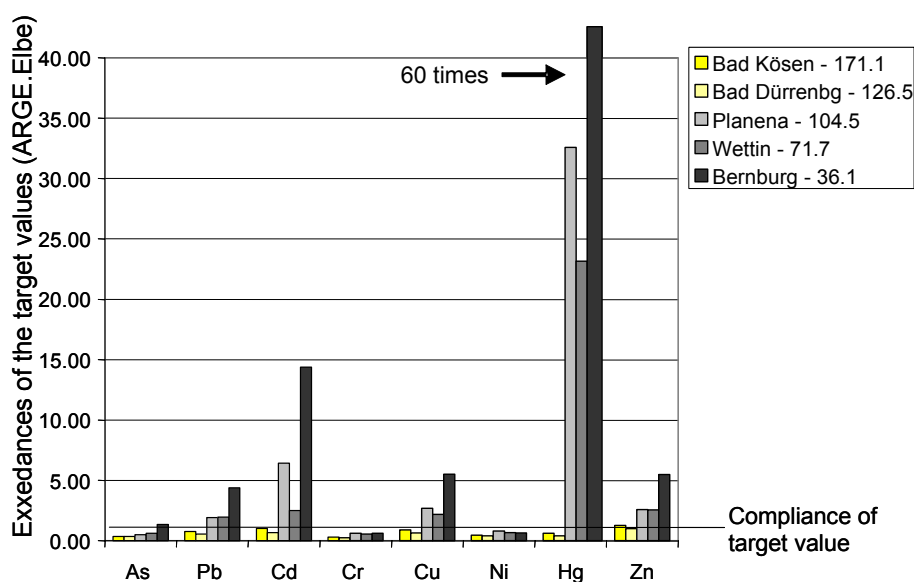


Figure 1-7: Heavy metal content of sediments in the Saale River main stream. Shown are the averages of data between 1998 and 2004 and their exceeding of the ARGE Elbe target for the protection of aquatic communities (data provided by the Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)).

2.3.2.4. The Elbe River main stream

At Rothsönberg, strongly zinc-and cadmium-contaminated waters from the Freiburger mining area flow into the Triebisch River. The river flows into the Elbe River near Meissen after crossing the Triebisch valley. The average data for cadmium-contaminated suspended matter of the Elbe River loads exceed the Triebisch River data by a factor of 37 to 116. In comparison, the cadmium levels for the suspended matter from Triebisch River are 8 to 62 times higher than the levels of suspended matter coming from upstream Elbe River. Consequently, the Triebisch River could act as an important

source for cadmium, especially during low water periods. However, insufficient data prohibit a quantification of the statement.



(Foto: R. Schwartz)

In addition to the Mulde and Saale Rivers, a major contaminant depot that can potentially be resuspended is found in the groyne fields of the middle Elbe. Unlike floodplains which act as a contaminant sink, sediments are resuspended from groyne fields by high discharges, transported and deposited again, where flow speed drops below a critical value that assures material suspension.

To estimate the net load transported from the groyne fields in the middle Elbe to the area of the lower Elbe, load data between Magdeburg and Schnackenburg were compared for the years 1997 to 2005. This does not cover the whole resuspension-sedimentation system of the middle Elbe, because 2600 groyne fields are located upstream from Magdeburg. But, by selecting the station Magdeburg, the contributions of contaminants from the Saale River and Mulde River are accounted for.

Particularly in the early years of the observation period, the loads in Schnackenburg were significantly higher than in Magdeburg. This could be explained with the resuspension from groyne fields. The difference decreases until 1999/2000 and even inverts in subsequent years for some elements (Table 1-8). This trend could indicate that sedimentation processes prevail over resuspensions processes in this part of the Elbe River since 2001. Thereby, an influence of the salinity gradient between Magdeburg and Schnackenburg (the monitoring station Magdeburg is located in the effluent of the saline Saale River) and of pH-variabilities on the remobilization of contaminants can not be excluded.

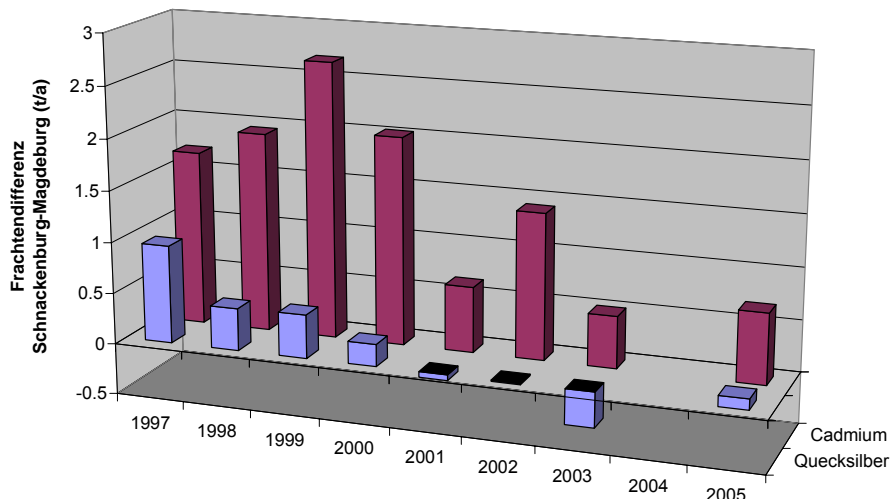


Figure 1-8: Differences of loads between Magdeburg and Schnackenburg as an indicator of resuspension of particle-bound cadmium and mercury from groyne fields (data provided by the ARGE-Elbe).

Differences for the load in Schnackenburg and the load in Magdeburg are shown for the elements cadmium and mercury in Figure 1-8. Cadmium is the only metal for which the contaminant load is consistently higher in Schnackenburg compared to Magdeburg since 1997. Reasons for this pattern (e.g. Cadmium emissions below Magdeburg) could not be identified. A considerable reduction of the increase of loads compared to the annual loads is observable in the section Magdeburg to Schnackenburg for all heavy metals and arsenic between 1997 and 2005. The strongest trend is visible for strongly particle bound metals such as lead and mercury (Table 1-8).

Together with the observed decrease of muddy sediments in the groyne fields in recent years, this trend could indicate a strong shift of the materials into the floodplains during the flood events in 2002, 2003 and 2006.

Table 1-8: Increase of the contaminant load in tons per year between Magdeburg and Schnackenburg for 1997 and 2005 ("groyne fields"), the annual loads, and the percentage of the resuspended loads from the annual loads (data: ARGE Elbe)

		Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	As
1997	„groyne fields“	0,96	1,7	18,9	170	16,8	13	5,13	5
	annual loads	2,7	4,7	81	730	76	69	34	18
	%	35,6	36,2	23,3	23,3	22,1	18,8	15,1	27,8
2005	„groyne fields“	0,1	0,68	0,77	68	-3,2	5,4	1,4	2,4
	annual loads	1,1	2,3	37	380	30	34	19	12
	%	9,1	29,6	2,1	17,9		15,9	7,4	20,0

2.3.3. Conclusions on the areas of risk

Within the risk regions, areas of risk that are responsible for contaminant loads in the Elbe can be identified with a degree of certainty that depends on the databases. These areas of risk are mainly localised in the Czech Republic, the Mulde River, and the Saale River. According to the available data, the influence of the groyne fields seems to decrease (in the range between Magdeburg and Schnackenburg). If this assumption can be confirmed by additional specific data collection, the Mulde-Saale-catchment areas should be the main focus of measures in the German catchment area. It is assumed that a significant improvement of the quality of the suspended matter can be achieved by measures in the German catchment area except for organic contaminants mainly contributed by the Czech Republic (PCBs, HCB, and DDX).

Areas of risk as target areas for future management are very different in kind: They can be of relatively small scale (e.g. Spittelwasser), complex (e.g. mining relicts), and / or of large scale (e.g. historically contaminated sediments in the river bed of the Saale). For the discussion and planning of measures, an extensive overview of potential methods and the conditions that have to be met for their application should be available. The knowledge of experiences with previously applied measures could increase the safety for decision-making and improve the trust in decisions made.

2.4. Measures

Measures to reduce particle bound contamination in the Elbe catchment area have to consider the remediation of contaminated sediments, flood areas and contaminated mining sites.

Currently available feasibility studies may be applied in parts for specific regions (e.g. Spittelwasser River). A recent detailed overview includes the current status of the remediation of contaminated areas in the Elbe catchment area, and potentially usable techniques.

A) Dredged material in the Hamburg Port

The disposal of dredged material from maintenance measures in the area of the Hamburg port will be based in the medium term on the traditional methods of relocation and METHA-Separation/land disposal. On the long term, the approved Dutch technology of subaquatic disposal has to be considered. This option could come into operation sooner, if the disposal of dredged material into the sea is possible only under strict obligations due to the approval criteria set up in the proposed Marine Strategy Directive.

B) Sediments and dredged material in the remaining Elbe catchment area

The following remarks concern the removal of contaminated sediment from small boat harbours, groyne fields, and reservoirs in the entire Elbe River catchment area. They especially hold for solutions for contaminated areas in the upper and middle part of the Elbe River and its tributaries. According to the authors' opinion, in addition to water conserving dredging and excavation methods, advanced technologies must be considered. For example, capping, or the use of natural degradation and retention processes are mentioned. The in-situ methods are also suitable for further treatment and for securing residual contaminations in the mining legacies in the Elbe River area. The described measures and technologies are conclusively compared in the study under the aspects (a) international and Elbe-corresponding practical examples and (b) test criteria, evaluation and investigation methods.

2. Hodnocení rizik způsobených škodlivinami vázanými na tuhých látkách



Die Elbe bei Glückstadt (Foto: S. Heise)

2.1. Pozadí a cíl studie

Evropská komise vytvořila Rámcovou směrnicí o vodní politice (EG-RS) v roce 2000 legislativu pro životní prostředí, která nařizuje jednotný postup při hodnocení jakosti vody ve všech typech vod. Nadřazeným cílem je „dobrý stav“ pro všechny povrchové vody včetně estuárů a pobřežních vod do roku 2015. Aby toho mohlo být dosaženo, předepisuje EU celou řadu akčních kroků, mj. např. „Strategie proti znečišťování vod“ článek 16, jejichž obsahem jsou specifická opatření proti znečišťování vod jednotlivými škodlivými látkami a skupinami škodlivých látek, které znamenají značné riziko pro akvatické životní prostředí a ohrožení akvatickým životním prostředím. Přitom je třeba jak bodové tak i difuzní zdroje, které mohou znečištění způsobit, adresovat do programu opatření, který má být v podobě dokumentu vyhotoven do roku 2009. Znečišťování povrchových vod „prioritními látkami“ má být odstraněno, znečišťování ostatními škodlivými látkami má být v postupných krocích sníženo. Zatímco EG-RS plánuje normy jakosti pro vodní fázi jako regulační nástroj, nebere se dostatečně v úvahu schopnost sedimentů a plavenin transportovat škodlivé látky, ačkoliv více než polovina látek zařazených jako prioritní vykazuje velkou afinitu k adici na sedimenty a plaveniny. V povodích, ve kterých se ve velkém rozsahu nalézají historicky kontaminované sedimenty, by také případné opomenutí v programu opatření mohlo ohrozit dosažení cílů EG-RS.

Škodliviny lze často prokázat v sedimentech ve velkých koncentracích, i když kontrola primárních zdrojů škodlivin ve vodní fázi již ukazuje zřetelné úspěchy. Pokud dojde ke zviření sedimentů nebo pokud se změní podmínky životního prostředí (např. kyselost, slanost nebo obsah kyslíku) může dojít k remobilizaci škodlivých látek. Tak mohou být ohroženy nejen organismy, které žijí v sedimentech. Potenciální riziko vzniká i pro biotopy, které přicházejí do kontaktu s plaveninami a sedimenty (vodní fáze) nebo by se do kontaktu dostat mohly (zaplavené nivy). Vhodným nástrojem pro snížení

znečištění u velkoplošných kontaminací by se mohly stát přírodně orientované sedimentační procesové technologie.

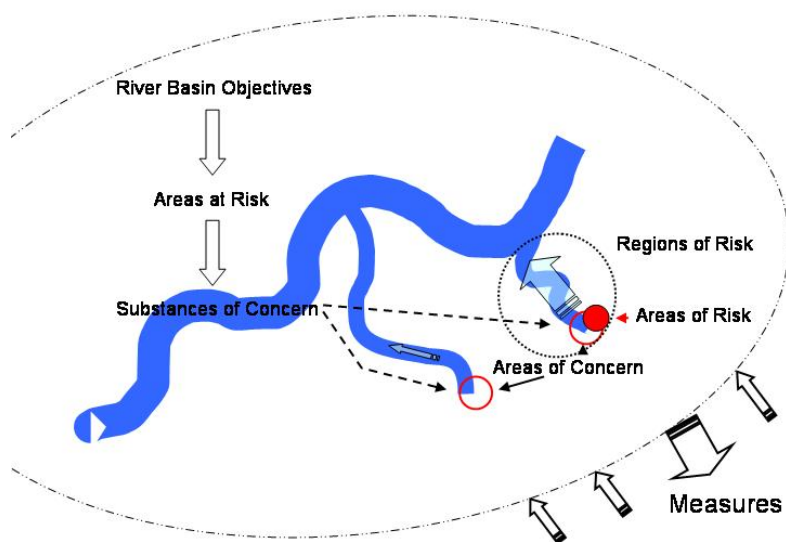
S ohledem na uvedené skutečnosti byla realizována tato studie, jejíž snahou bylo lokalizovat na základě stávající ještě ne zcela kompletní databáze různých institucí a zemí ty cílové oblasti, které pro dosažení cílů EG-RS představují největší riziko. Zájmy, které mají být chráněné EG-RS neobsahují ale pouze jakost vody jako takovou. Spíše jde o cíl, formulovaný v EG-RS jako snížení znečišťování. To je podle článku 2 směrnice definováno jako znečišťování, které „může být škodlivé pro lidské zdraví nebo pro kvalitu vodních ekosystémů nebo suchozemských ekosystémů přímo na nich závislých, a které vyúsťuje v poškození hmotného majetku nebo zhoršuje či narušuje hodnoty životního prostředí a další uznávané způsoby jeho užívání“ (směrnice 2000/60/EG čl. 2).

2.2. Konceptní přístup této studie

Konceptní přístup této studie vyšel z diskuze v Evropské síti sedimentů SedNet a úvah Sue White a Sabine Apitz o koncepci managementu povodí pro sedimenty (Apitz & White, 2003; Apitz *et al.*, 2007). V jedné studii pro sledování historických sedimentů v povodí Rýna (Heise *et al.*, 2004) byl tento přístup modifikován a vyvinut pro aplikaci v třístupňovém systému, který spočívá ve vykazování a charakterizaci těchto parametrů:

- 1) škodlivé látky relevantní pro příslušné povodí („substances of concern“)
- 2) oblasti kontaminovaných těmito škodlivinami, které představují potenciální zdroje („areas of concern“)
- 3) ty „areas of concern“, které na základě svého rozsahu nebo kvality kontaminovaného materiálu znamenají v závislosti na průtokových poměrech riziko pro oblasti níže po toku („areas at risk“).

Tato koncepce byla použita i pro tuto studii a vylepšena o několik mezikroků.



Obr.1-1: Konceptní postup při vyhodnocování rizika kontaminovanými sedimenty v povodích

2.2.1. River Basin Objectives – cíle plánů v rámci povodí



Cílem sledování kontaminovaných sedimentů v povodí je vyhodnotit riziko při ochraně určitých zájmů nebo užívání dotčeného povodí. Pro Labe byly identifikovány tyto cíle plánů povodí:



- kvalita akvatických ekosystémů, které jsou popsány jak v cílovém zadání EG-RS, tak i v cílech MKOLu³ a OSPARu⁴.
- kvalita suchozemských ekosystémů závislých na akvatických systémech, které při zaplavení mohou být zatíženy kontaminovanými systémy



- cenově výhodná údržba Labe, která se týká odstraňování nejvíce kontaminovaných sedimentů z přístavů a říčních plavebních drah za účelem udržení plavební hloubky

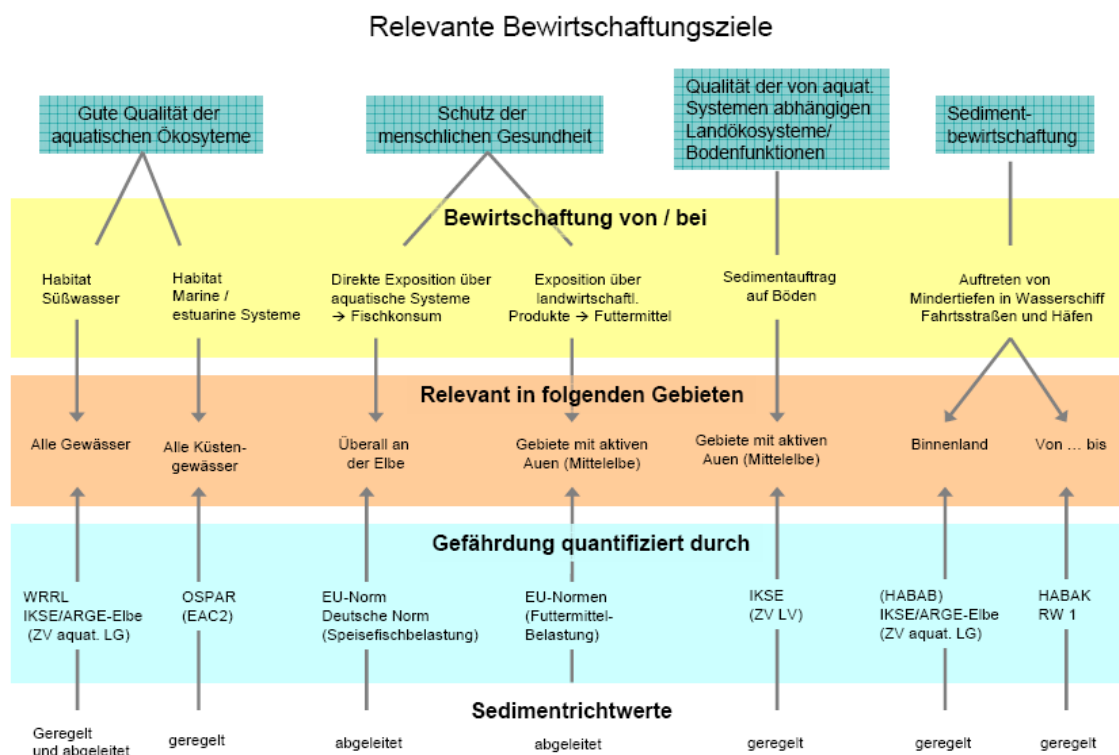


Aby bylo možné provádět hodnocení, jsou pro každé užití zapotřebí směrné hodnoty sedimentu, které lze převzít buď z národně resp. mezinárodně uznávaných regulativů nebo odvodit ze stávajících kritérií, která se např. vztahují na koncentrace v rybách určených pro konzumaci nebo v krmivech. Všechny směrné hodnoty jsou zvoleny tak, aby se při jejich podkročení dalo vycházet ze skutečnosti, že nehrozí žádné riziko. A obráceně neznamená jejich překročení, že ohrožení nutně nastává, ale že jako takové již nemůže být vyloučeno. Takže při překročení je třeba počítat s **potenciálním** ohrožením. Tímto způsobem splňuje aplikace směrných hodnot sedimentu princip prevence. Obr. B ukazuje přehled cílů plánů relevantních pro tuto studii a postupy při hodnocení jejich potenciálního ohrožení.



³ Mezinárodní komise na ochranu Labe

⁴ Komise Oslo-Paříž na ochranu Severního moře a severovýchodního Atlantiku



Obr. 1-2: Přehled cílů povodí sledovaných ve studii a zvolená metoda při hodnocení jejich potenciálního ohrožení v povodí Labe (Übersetzung der Grafik im Anhang)

2.2.2. Areas at risk – oblasti, ve kterých jsou cíle plánů povodí ohroženy kontaminovanými sedimenty



(Foto S. Heise)

Ne všechny cíle plánů povodí mají ve všech oblastech stejnou důležitost. A také jsou v důsledku regionálně specifických kombinací škodlivých látek ohroženy v různé míře. Porovnání směrných hodnot sedimentů relevantních v té či oné oblasti se zdejšími změřeným znečištěním dává představu o ohrožení různých užití. Tabulka 1-1 ukazuje v podélném profilu Labe, jaké chráněné



(Foto W. Calmano)

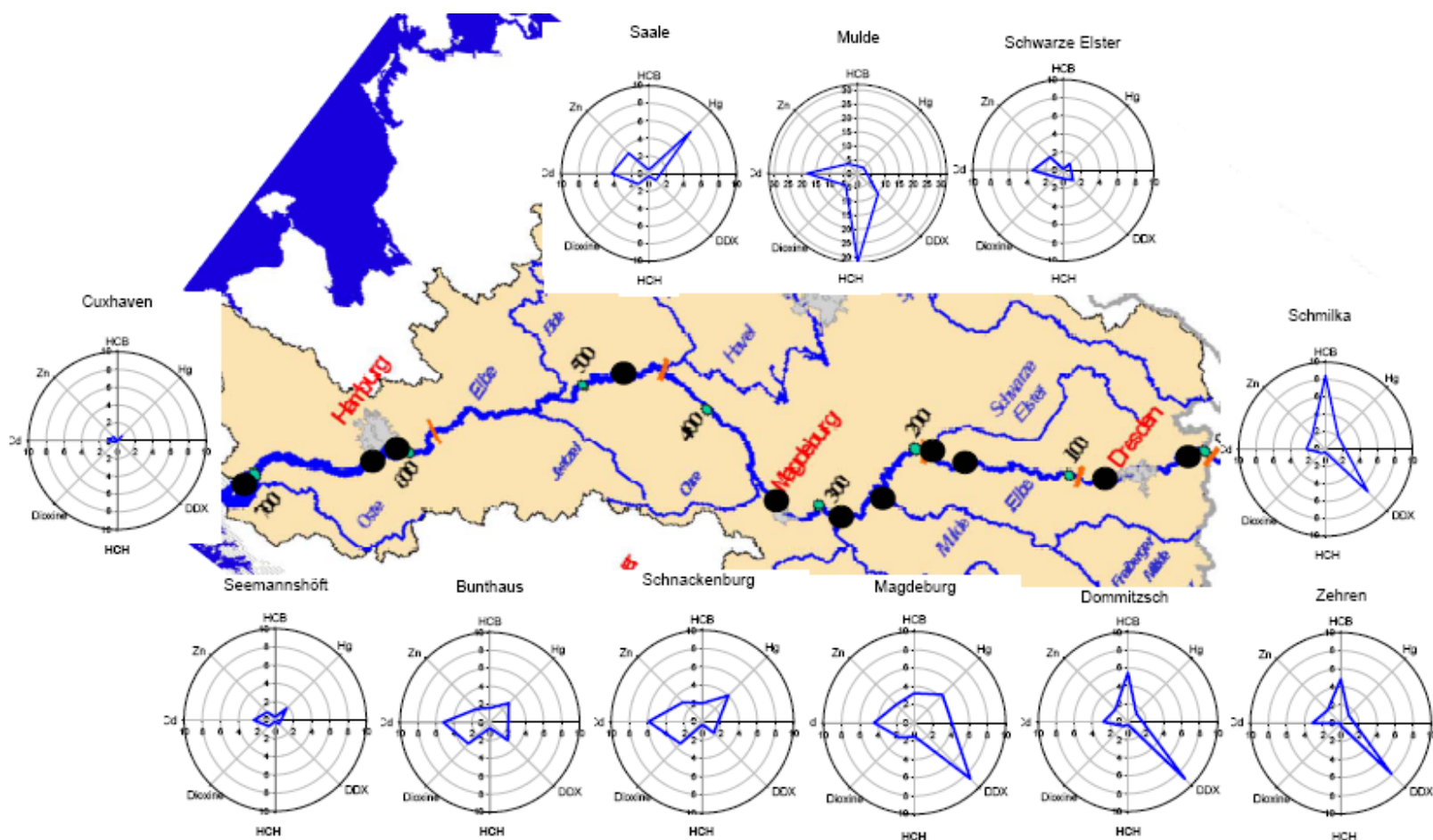
zájmy mohou být negativně ovlivněny kontaminovanými sedimenty a s jakou jistotou.

Pokud jsou brány v úvahu stávající platné cílové záměry, ukazuje se, že všechny druhy užívání jsou s velkou jistotou ohroženy. Od Seemannshöftu se riziko snižuje díky naředění transportovaných odnosů škodlivých látek mořskými sedimenty. Pokud mají tedy být všechny funkce v Labi v celém podélném profilu obnoveny, je zásadním předpokladem snížení odnosů škodlivých látek.

Tab. 1-1: Ohrožení užitečných funkcí ve sledovaných profilech, (0 – užívání je relevantní, žádné náznaky ohrožení, 1 – malé ohrožení, 2 – podezření na zjevné ohrožení, 3 – s velkou jistotou existuje riziko pro užívání na tomto místě; WRRL (EG-RS), LG Fluss (společenstvo organismů – řeka), Umlag. Fluss ZV – (přemísťování sedimentů) (ZV – podle cílových záměrů ARGE-Elbe), LG Küste (oW) (společenstvo organismů na pobřeží) (horní hodnota EAC), landwirt. Verwertung (využití v zemědělství) – ochrana půdy při nánosech sedimentů např. během záplav, Speisefisch (ryby ke konzumaci) – konzumace kontaminovaných ryb, Futtermittel (krmiva) – ohrožení krmiv v nivách kontaminací).

	WRRL	LG Fluss	LG Küste (oW)	Umlagerung Küste	Umlagerung Fluss	landwirt. Verwertung	Speisefisch	Futtermittel
Schmilka	3	3			3		3	
Zehren	3	3			3		3	
Dommitzsch	3	3			3	3	3	3
Schwarze Elster	3	3			3		3	
Mulde	3	3			3	3	3	3
Saale	3	3			3	3	3	3
Magdeburg	3	3			3	3	3	3
Schnackenburg	3	3			3	3	3	3
Bunthaus	3	3			3		3	
Seemannshft	2	3	3	3	3		3	
Cuxhaven	0	0	2	1	2		2	

Obr. 1-3 ukazuje jako příklad překračování cílové hodnoty ARGE-Elbe (třída 2) pro kvalitu sedimentů v Labi při ochraně společenstva organismů. Jasně se přitom ukazuje, že typické překračování rozdělení škodlivin je od Schmilky do Magdeburku podobné, mj. charakteristické vysokými koncentracemi DDX. Od Schnackenburgu po Cuxhaven je překračování oproti tomu výrazně menší – což odpovídá naředování vlivem odlivu a přílivu, které se začíná projevovat pod Bunthausem. Typická rozdělení škodlivin v přítocích se vztahují ohledně kadmia na Muldu a Sálu, rtuť pochází ze Sály. Vysoký pík HCH z Muldy se v toku Labe reflektuje pouze málo, protože Mulda vnáší do Labe jen malé odnosy plavenin. Zde se ukazuje nutnost vytvářet při sledování povodí bilance plavenin.



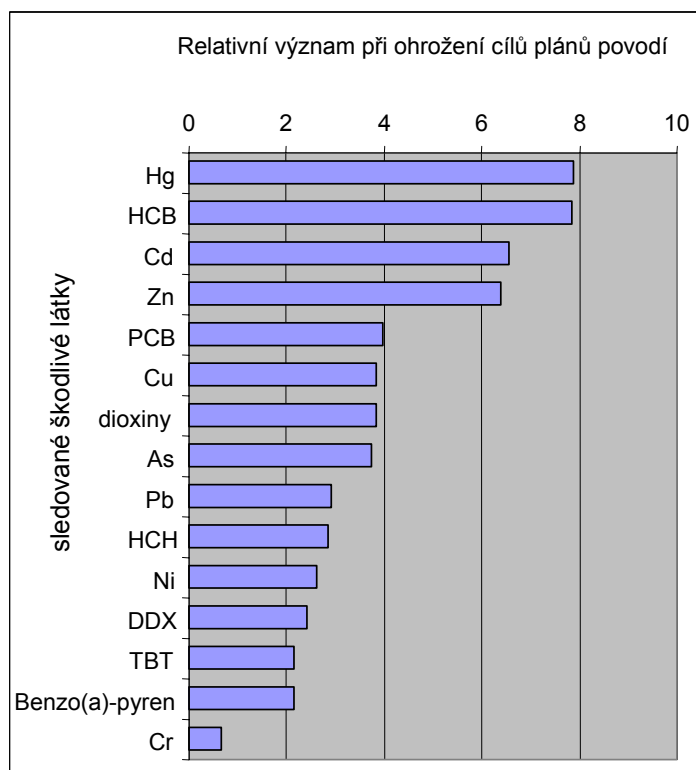
Obr. 1-3: Překračování cílových hodnot ARGE-Elbe při ochraně společenstva akvatických organismů v povodí Labe mediány nejdůležitějších škodlivin v letech 2000 až 2006; (stupnice překračování: všechny škodlivé látky kromě Muldy: 0-10, Mulda: 0-32)(Saale – Sála ; Mulde – Mulda; Schwarze Elster – Černý Halštrov)

2.2.3. Substances of Concern – látky, které vyžadují mimořádnou pozornost

Sem spadají takové škodliviny,

- pro něž existují na základě jejich toxicity regulované nebo odvozené směrné hodnoty sedimentů,
- které na základě zvýšených koncentrací v určitých oblastech mohou přispět k potenciálnímu ohrožení cílů plánů povodí,
- pro které existuje dostatečná databáze, na jejímž podkladě lze s jistotou učinit sdělení nebo lze kvantifikovat nejistoty.

Transportované, na částice vázané, škodliviny, které těmto podmínkám odpovídají a tvoří tak v této studii „substances of concern“, tj. látky, kterým se musí věnovat mimořádná pozornost, jsou uvedeny v obr. 1-4. Pořadí odpovídá ohrožení, které znamenají pro komplex zde sledovaných cílů plánů povodí, přičemž je brána v úvahu i četnost, se kterou tyto škodliviny překračují směrné hodnoty sedimentů. Některé škodlivé látky byly použity jako zástupci celé třídy škodlivin (např. benzo(a)pyren pro PAKs). Škodliviny na začátku pořadí jako rtuť, hexachlorbenzen, kadmium a zinek a na ně navazující PCB, měď, dioxiny a arzen vedou podle tohoto zobrazení často k tomu, že užívání již nelze zajistit. V jakém rozsahu, tj. o jak velké překračování jde, zde není bráno v úvahu, protože vztahy mezi překročením směrné hodnoty sedimentů a velikostí rizika pro různé škodlivé látky a cíle plánů povodí jsou odlišné. Velikost překročení je ale brána v úvahu při propočtech snižování odnosů.

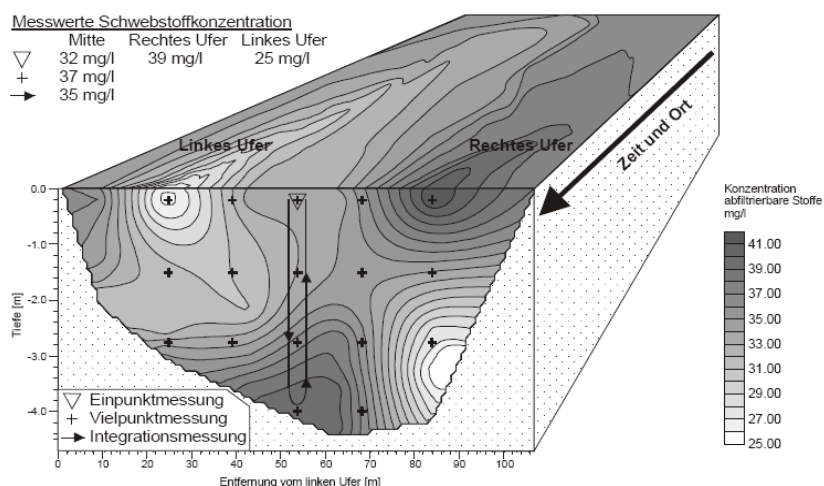


Obr. 1-4: relativní význam sledovaných škodlivých látek při ohrožení všech typů užívání resp. cílové záměry EG-RS, s přihlédnutím k celému povodí Labe

2.2.4. „Regions of Risk“ a „Areas of Risk“

V povodí Labe je známa celá řada míst, kde se usazují škodlivé látky (Souhrn mj. v [Förstner *et. al.*, 2004, Heininger *et. al.*, 2005, Heise *et. al.*, 2005]. Při popisu rizikových regionů resp. lokálně blíže ohraničených rizikových oblastí má kromě informace o dané kontaminaci rozhodující význam navíc ještě i ta okolnost, zda jsou z těchto areálů škodlivé látky resuspendovány a zda jsou transportovány dále po toku. Tam by potom mohly být zodpovědné za potenciální ohrožení cílů plánů povodí. Sledování celkově transportovaného množství škodlivin je nutné, aby z koncentrací, které se vyskytují v sedimentech bylo možné usuzovat a) na rozsah resuspendace a b) význam z toho vyplývajícího znečištění dílčího povodí. Takže malá, vysoce kontaminovaná oblast může být zodpovědná za znečištění dílčího povodí, dokud se odnosy škodlivin natolik nezředí, že koncentrace po toku již nedosahují směrných hodnot sedimentů.

Zjišťování odnosů škodlivin spočívá ve stanovení koncentrací škodlivin na plaveninách a měření odnosů plavenin. Při analýze různých datových podkladů se ukázalo, že stanovení koncentrací škodlivin na plaveninách je spojeno s velkými nejistotami a je závislé na četnosti stanovení i na druhu a typu odběru vzorku (obr. 1-5).



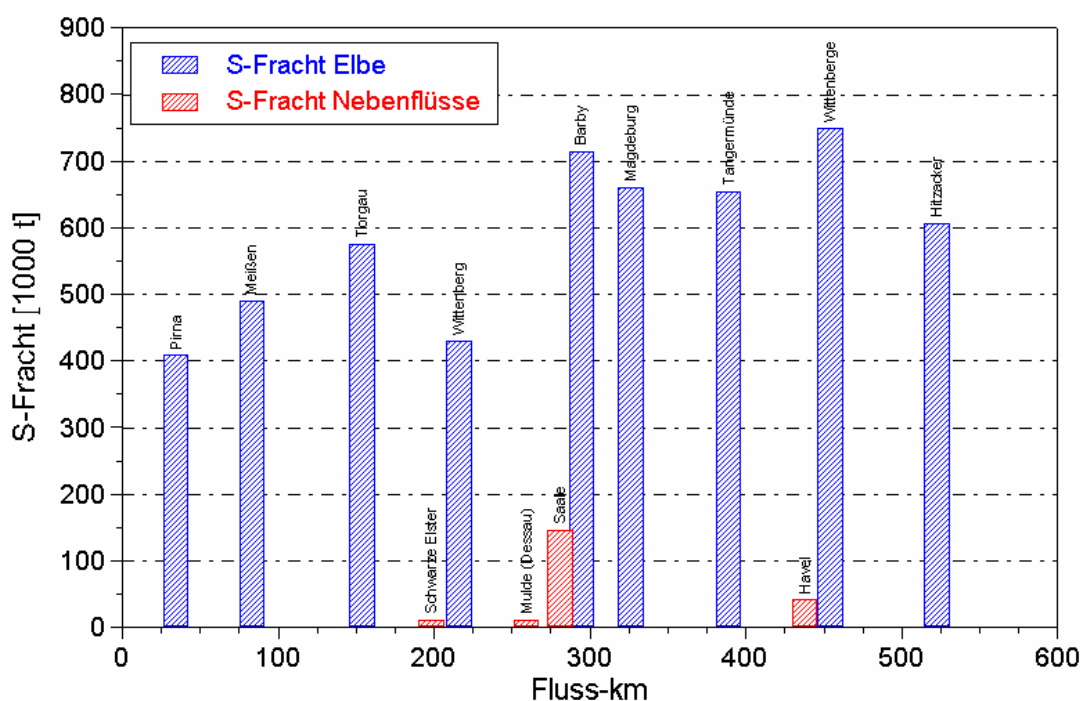
Obr. 1-5: Příklad zobrazení variability rozdělení plavenin v příčném a podélném profilu Labe (Labe-řkm 196,5 dne 4.5.01) (zobrazení a data Spolkový úřad pro hydrologii (BfG, 2003)) (Übersetzung der Grafik im Anhang)

Pro tuto studii byly z porovnání různých aplikovaných metod zjištěny faktory nejistoty, které byly zahrnuty do znázornění dynamiky plavenin a snižování odnosů škodlivin.

Při transportu plavenin v povodí Labe hrají jak na Labi tak i na přítocích dominantní roli povodně. Na úseku Labe na česko-německé hranici, na Muldě a Sále mají povodně srovnatelně velký význam pro roční odnosy.

Na dolním úseku středního Labe přispívají k ročním odnosům silně také střední a nízké vody, v důsledku růstu řas.

Nejvýraznější vnos plavenin ze všech dílčích regionů je na volně tekoucím Labi zaznamenáván z České republiky. Tento podíl se pohybuje mezi 42 a 51%. Během povodní činí odnos plavenin z České republiky v mediánu více než 80 % toho, co je transportováno na dolní části středního Labe. Na základě sedimentačních procesů v nivách a jiných stojatých vodách nelze ale vycházet z toho, že všechny vnesené plaveniny jsou transportovány až do dolního úseku středního Labe. Sledování v čase s vysokou rozlišovací schopností během povodně v roce 2006 v oblasti středního úseku středního Labe vedla k výsledku, že mezi Roßlau a Magdeburkem se může až 50 % denních odnosů zachytit v nivách. Z německých přítoků má na režim plavenin největší vliv Sála. Pohybuje se v mediánu sledovaných časových úseků a souborů dat mezi 13 a 23% toho, co je transportováno na dolním úseku středního Labe. Během povodní může příspěvek Sály vzrůst až na více než 30 %, ve vybraných obdobích nízké vody činil poměr vnosu Sály k odnosům ve Wittenbergu až 50%. Mulda vnáší do Labe také plaveniny, ale podíl je cca o faktor 8-10 nižší než u Sály (obr. 1-6).



Obr. 1-6: odnosy plavenin v Labi, zjištění z vícebodových měření při různých průtocích v toku Labe (1994-2003) a v přítocích (1990-2000) (data Bfg. obr. z Heise et al, 2005)(Übersetzung der Grafik im Anhang)

2.3. Výsledky studie

2.3.1. Rizikové oblasti - Regions of Risk

Z informací o velikosti překročení směrných hodnot sedimentů jednotlivými škodlivými látkami, které se tím stávají rizikem pro příslušný chráněný zájem, a se zohledněním skutečnosti, jaké odnosy škodlivin pocházejí z jakých dílčích povodí (DP) (databáze: propočty ARGE-Elbe) bylo vypočítáno, jaké snížení odnosů by bylo nutné, aby bylo možné zajistit cíle plánů povodí uvedené v kapitole 1.2.1. Jedná se přitom pouze o hypotetické úvahy, protože o skutečné proveditelnosti tohoto snížení nelze

v současné době nic bližšího sdělit. V tabulce 1-2 jsou proti těmto snížením odnosů postaveny příslušné sumy odnosů, které byly z dílčích povodí zjištěny. Částečně se projevují zřetelné diference mezi teoreticky nutným snížením odnosů a tím, čeho by šlo maximálně dosáhnout, pokud by všechny vnosy odnosů mohly být sníženy. Důvody těchto diferencí je třeba hledat zřejmě v hlavním toku samotném – jednak ve formě bodových zdrojů na Labi bez přítoků (např. pro kadmium emise z říčky Triebisch u Míšně) a jednak v kontaminovaných sedimentech v hlavním toku Labe, které se ve stojatých vodách usadily a pouze během povodní jsou transportovány dále (viz níže).

Tab. 1-2: Cíle snížení zjištěné v povodí Labe a maximálně možná snížení škodlivin, jako důsledek opatření v dílčích povodích (suma odnosů), v regionu dolní úsek středního Labe, Schnackenburg

Škodlivá látka	Cíl snížení pro zajištění cílů plánů povodí	Suma odnosů z ČR, Muldy, Sály, Černého Halštrovu a Havoly
Cd	84 %	27 – 36 %
Hg	86 %	39 – 40 %
Cu	57 %	43 – 48 %
As	65 %	38 – 42 %
Zn	83 %	40 – 53 %
Pb	38%	46 – 57 %
Ni	42 %	40 – 51 %
TBT	99 %	54 %
HCH	77 %	100 %
HCB	97 %	100 %
PCB	72 %	100 %
Dioxiny	94 %	70 – 82 %
pp'-DDE	92 %	100 %

Za předpokladu, že odnosy z dílčích povodí (DP) budou moci být sníženy, lze vypočítat i úbytek koncentrací škodlivých látek, který s tím je spojen. Jako příklad byl zvolen profil měřící stanice Schnackenburg, protože se nachází na dolním úseku středního Labe ale výrazně nad jezem Geesthacht. V tabulce 1-3 je porovnáváno zajištění cílů plánů povodí, jak je v současné době formulováno, se situací při maximálním snížení odnosů z dílčích regionů.

Výsledkem jsou tyto skutečnosti:

- o Celkově by se dalo docílit snížením vnosů z jednotlivých dílčích povodí výrazné zlepšení situace.
- o Pro PCB, HCH, pp'-DDE a HCB by se daly cíle plánů povodí zajistit snížením vnosů z jednotlivých dílčích povodí, pokud by se tyto odnosy snížily o 72, 77, 92 resp. 97 %.
- o V případě TBT by byly téměř všechny chráněné zájmy možným snížením ochráněny. Pro společenstvo organismů na pobřeží, což je chráněný zájem, jehož dosažení se zde udává jako neuskutečnené, nehraje snížení v Labi nad Hamburkem žádnou roli, protože sedimenty hamburského přístavu vykazují největší pík TBT v blízkosti pobřeží v celém labském prostoru. Odvozené kritérium kvality sedimentu pro dosažení cílových hodnot EG-RS (UQEW) se

orientuje na biologickou aktivitu škodlivé látky a je z tohoto důvodu nasazeno velmi nízké a je v sedimentech ve sladké vodě, kdysi kontaminovaných, pouze obtížně dosažitelné.

- U mědi, olova a niklu by byly cílové záměry dosažitelné, pokud by se uskutečnilo úplné snížení odnosů z dílčích regionů.
- U arzeny není dodržení chráněného zájmu „znečištění krmiv a společenstva organismů na pobřeží“ možné. V obou případech leží totiž směrná hodnota sedimentů, o kterou je třeba usilovat, pod základní hodnotou pozadí a nemůže být na Labi docílena.
- U zinku budou problémy přetrvávat pro chráněné zájmy „společenstvo organismů řeka“, „využití v zemědělství“ a „přemísťování sedimentů z řeky“.
- Také pro kadmium a rtuť, které se geologicky sdružují se zinkem, by se úplným snížením odnosů škodlivých látek z dílčích povodí dalo dosáhnout snížení rizika, ale zabránit zcela riziku nelze.

Tab. 1-3: Zobrazeny jsou zde škodlivé látky i překračování směrných hodnot (červeně) v současné době (nahore) a při úplném snížení odnosů škodlivin z dílčích povodí (dole). Ukázány jsou všechny typy užívání, přičemž se nebere v úvahu relevance pro Schnackenburg (Übersetzung der Tabelle im Anhang)

	Median-Werte Schnackenburg	WRRL (okol)	UQRW (sed)	LG Fluss	Landwirt. Verwertung	Speisefische	Futtermittel	Umlagerung Fluss	Medianwerte Seemannshöf	Umlagerung Küste	LG Küste
Cd (mg/kg)	7,08		2,6	1,2	1,5		5	1,2	2,8	2,5	1
Hg (mg/kg)	3,23		0,67	0,8	0,8	1	0,5	0,8	1,4	1	0,5
Cu (mg/kg)	89,67	160		80	80			60	71	40	50
As (mg/kg)	36,03	40		40	30			20	27,2	30	10
Zn (mg/kg)	1194	800		400	200			200	493	350	500
Pb (mg/kg)	127		78,4	100	100		150	100	60,6	100	50
Ni (mg/kg)	57,33		33,2	120	60			50	36,2	50	50
TBT (µg Sn/kg)	15,7		0,02	25				25	72,8	20	0,05
HCH (µg/kg)	9,91		10,3	30	10				4,3		
HCB (µg/kg)	80,58		16,9	40	40	12,5	50	40	13	2	
PCB (µg/kg)	22,65								21,8	20	10
Dioxine (µg/kg)	68			20		5,5	3,75		19,5		
ppDDE (µg/kg)	8,62			40				40	3,9	1	5

		WRRL (okol)	UQRW (sed)	LG Fluss	Landwirtschaft. Verwertung	Speisefische	Futtermittel	Umlagerung Fluss		Umlagerung Küste	LG Küste
Cd (mg/kg)	Bezug auf Schnackenburg		2,6	1,2	1,5		5,0	1,2	Bezug auf Seemannshöf	2,5	1,0
Hg (mg/kg)			0,7	0,8	0,8	1,0	0,5	0,8		1,0	0,5
Cu (mg/kg)		160,0		80,0	80,0			60,0		40,0	50,0
As (mg/kg)		40,0		40,0	30,0			20,0		30,0	10,0
Zn (mg/kg)		800,0		400,0	200,0			200,0		350,0	500,0
Pb (mg/kg)			78,4	100,0	100,0		150,0	100,0		100,0	50,0
Ni (mg/kg)			33,2	120,0	60,0			50,0		50,0	50,0
TBT (µg/kg)			0,02	25,0				25,0		20,0	0,1
HCH (µg/kg)			10,3	30,0	10,0						
HCB (µg/kg)			16,9	40,0	40,0	12,5	50,0	40,0		2,0	
PCB (µg/kg)										20,0	10,0
Dioxine (µg TEQ/kg)				20,0		5,5	3,8				
ppDDE (µg/kg)			40,0				40,0	1,0	5,0		

Mimořádná situace vzniká u dioxinů (včetně furanů), kterým se ve studii věnuje pozornost speciálně, protože:

- a) jsou skupinou látek, specifickou pro toto povodí,
- b) vykazují velkou toxicitu a akumulují se v potravinovém řetězci,
- c) v plánované strategii na ochranu moře sehrají pravděpodobně svou roli,
- d) na základě své stabilní distribuce kongenerů mohou posloužit jako tracers pro transport plavenin.

Skupinu dioxiny představují látky s lokálně velmi extrémními koncentracemi, které jsou z ekologického a ekotoxikologického hlediska velmi účinné již v nepatrných dávkách a které jsou transportovány na dlouhé vzdálenosti, čímž je dána možnost, kontaminovat velké oblasti. Přesto v povodí Labe neexistují zatím žádné závazné kvalitativní směrné hodnoty pro tuto skupinu škodlivin.

V této studii, ve které mají být rizika pro cíle plánů povodí v důsledku transportovaných, na částice vázaných, škodlivých látek nazpátek přiřazena zdrojům v labském prostoru, se nabízejí dioxiny jako indikátor transportu odnosů, zjišťování zdrojů a v neposlední řadě i jako podnět pro nové úvahy o stávajících směrných hodnotách sedimentů v labském prostoru.



(Fotos: B. Redemann, S. Heise)

Aby se přihlédlo k této významnosti, byly ve zvláštní kapitole (viz také příloha 13: *Kontaminace půd v labských nivách, labských ryb a krmiv i potravin dioxiny a látkami PCB podobných dioxinu (zvláštní kapitola s výsledky a diskuzí)*) shrnuty dosavadní informace a poznatky ze sledování kontaminace dioxiny v Labi. Na

základě dosud nepublikovaných dat se zde ukazuje, že dioxinový signál, pocházející z Muldy, lze nalézt po toku až do Grauenortu pod Hamburkem. Statistické analýzy firmy *quo data GmbH*, které byly v rámci této studie uskutečněny (příloha 1), umožňují poprvé kvantitativní stanovení, které zdroje se v jakém množství podílejí na dioxinovém znečištění Labe: podle těchto výsledků pochází 70 – 82 % dioxinu, který se nachází v Hamburku, s velkou pravděpodobností z Muldy.

Příspěvky dílčích regionů se skládají z odnosů plavenin a koncentrování škodlivých látek na plaveninách. Aby bylo možné zabránit většímu znečištění, je především nutné snížit vnos škodlivých látek, tedy odnosy škodlivých látek. Při pozorování dílčích regionů jsou zajímavé ale i koncentrace na plaveninách. Velmi silný odnos např. nějakého přítoku, který je jasný již jen na základě jeho zvýšeného přínosu plavenin, přispěje spíše ke zředění ostatního znečištění než ke zvýšení, pokud kontaminace plavenin škodlivinami leží pod měrnou hodnotou sedimentů. Z míry překračování směrných hodnot sedimentů a odnosů škodlivých látek byly pro dílčí povodí zjištěny relevance a vytvořeny priority, které indikují, jaký význam lze přisoudit dílčím regionům při znečišťování jednou určitou škodlivou látkou (tab. 1-4)

Tab. 1-4: Význam přínosů jednotlivých dílčích povodí k ročním odnosům škodlivin u Schnackenburgu podle indikátorů pro relevanci a také na základě zprávy firmy quo data GmbH (příloha 1) pro dioxiny (prázdná políčka: priority nemohly být přiřazeny).

škodlivé látky	1. priorita	2. priorita	3. priorita
HCB	Schmilka		
PCB, Ni	Schmilka	Sála	
TBT, Cu	Schmilka ≈ Sála		
Pb	Schmilka ≈ Sála	Mulda	
DDX	Schmilka	Mulda	Sála
ΣHCH (b-HCH)	Mulda	Sála ≈ Schmilka	
As	Mulda	Schmilka	
Hg	Sála	Schmilka	
Zn	Sála	Schmilka	Mulda
Cd	Schmilka ≈ Sála ≈ Mulda		
dioxiny/furany	Mulda		

2.3.2. Areas of risk – rizikové oblasti v Muldě, Sále a na středním úseku Labe

Přiřazení odnosů škodlivých látek pro plánování opatření nestačí. Pro tento případ musí být lokálně vymezeny jak primární zdroje (např. vypouštění z průmyslových zařízení) tak i sekundární zdroje (např. sedimenty kontaminované starou zátěží). Protože Česká republika není součástí této studie, nebyly v tomto směru učiněny žádné další interpretace dat. Protože ale i tam by se mohla část sedimentů nacházet na hlavním toku (vodní díla) nelze se zde vyjádřit k tomu, v jakém rozsahu je snížení v ČR možné a musí se to ujasnit na jiném místě. Pro oblasti s hlavním podílem vnosu – Muldu a Sálu, – ve kterých by se měla projevit snaha o snížení odnosů v německé části povodí, byla diskutována data o sedimentech a plaveninách hlavních toků a přítoků a ze vztahů koncentrací a průtoků se soudilo na vlastnosti jednotlivých míst, kde jsou usazené škodliviny.

Tabulka 1-5 ukazuje, jaké škodlivé látky, které jsou vynášeny z dílčích regionů, mají pro cíle plánů povodí vysokou relevanci. Oblasti v rámci dílčích povodí (a Labe bez přítoků), ze kterých jsou tyto škodliviny vynášeny, jsou dále identifikovány a popsány.

Tab. 1-5: Relevance regionů pro sledované „Substances of Concern“, sestavené podle kapitoly 5.2. Pro zjednodušení čitelnosti byly organocín a organické sloučeniny s výjimkou HCH umístěny nalevo, různé izomery HCH uprostřed a kovy napravo.

<i>Region</i>	<i>vysoce relevantní (indikátor relevance >5)</i>	<i>přiměřeně relevantní (indikátor relevance 3 – 5)</i>	<i>relevantní (indikátor relevance 2)</i>
<i>Česká republika</i>	<i>PCB HCB</i>	<i>DDX a-HCH b-HCH g-HCH ΣHCH Cu Hg Zn Pb Ni</i>	<i>organocínové sloučeniny Cd As</i>
<i>Mulda</i>	<i>ΣHCH b-HCH dioxiny</i>	<i>DDX g-HCH a-HCH As</i>	<i>Cd Zn Pb</i>
<i>Sála</i>	<i>Hg Zn</i>	<i>PCB g-HCH b-HCH ΣHCH Cu Pb</i>	<i>organocínové sloučeniny DDX a-HCH Cd Ni</i>

2.3.2.1 Identifikace rizikových oblastí

V důsledku tendenčně slabé databáze podél přítoků je obtížné identifikovat rizikové oblasti v rámci dílčích povodí a vyjadřovat se k jejich relevanci pro potencionální opatření. Proto se v této studii postupuje podle modelu Weight-of-Evidence, ve kterém jsou různé informace prověřovány v tom směru, zda poukazují na oblasti v rámci dílčích povodí, které jsou sekundárními zdroji škodlivých látek, překračujících hranice regionů. Z počtu a spolehlivosti indicií se pak soudí na pravděpodobnost, s jakou se tam vyskytuje riziková oblast.

Určité oblasti se přiřazuje **riziko s velkou pravděpodobností**, pokud

- výrazně zvýšené hodnoty (znečištění škodlivinami, odnosy škodlivin, vztahy koncentrace – průtoky, kontaminace sedimentů) naznačují, že z této oblasti pochází riziko a databáze je dobrá,

nebo

- pokud více indicií poukazuje na to, že se jedná o rizikovou oblast A známé potenciální (historické) příčiny zvyšují věrohodnost, i když databáze je značně slabá.

Určité oblasti se přiřazuje **možné riziko**, pokud existují pouze ojedinělé odkazy na kontaminaci, která pochází z tohoto areálu. Zejména pokud nejsou známy žádné historické zdroje, které mohly znečištění způsobit, je třeba tato sdělení doložit dalším sledováním.

Jednotlivá indicie s nejistou datovou situací nestačí na prokázání rizika.

Rizikové oblasti, které byly identifikovány v rámci dílčích povodí resp. na Labi, jsou shrnuty v tabulce 1-6.

Tab. 1-6: Posouzení rizikových oblastí v rámci dílčích povodí a na Labi

Riziková oblast	riziko s velkou pravděpodobností	možný příspěvek k zátěžové situaci Labe
MULDA		
Spittelwasser	β -HCH, , α -HCH, dioxiny	γ -HCH, DDX
oblast proti proudu od Jeßnitz		Dioxiny
Moldavský potok	As, Cd	Pb, Zn
Zwickauer Mulde	Cd	Zn
kontaminované sedimenty v korytu toku		Pb
Sála		
kontaminované sedimenty v korytu řeky po toku od Bad Dürrenberg	Hg, Zn, Cu, Pb, Cd	DDX, γ -HCH
Bílý Halštrov	Zn, Cd	TBT, PCB, Ni
Schlenze, Mansfelder Land	Cu	Cd
Bode		Ni, Cd, PCB, Pb, Cu

Riziková oblast	riziko s velkou pravděpodobností	možný příspěvek k zátěžové situaci Labe
HLAVNÍ TOK LABE		
výhonová pole	Zn, Pb, Cu, Cd, Hg, HCB, DDD (trend: klesající)	
Triebisch		Cd

2.3.2.2. Mulda

Význam Muldy pro zatížení Labe škodlivinami výrazně poklesl v důsledku výstavby vodního díla na Muldě. Po opuštění přehradního jezera má Mulda v průměru o 87 % méně plavenin než na přítoku. Takže především se jako rizikové škodlivé látky ukazují takové látky, které se vyskytují v povodí Muldy ve vysokých koncentracích a v přehradě nesedimentují v dostatečné míře a takové látky, které jsou do Muldy transportovány teprve až pod přehradou. První případ jsou olovo, kadmium, zinek a arzen, které pocházejí z někdejších starých dolů, především v oblasti Moldavského potoka (Freiberger Mulde), v případě kadmia také z toku Zwickauer Mulde.

Při mnoha sledováních byla zjištěna maximální znečištění arzenem, kadmiiem a olovem v oblasti Hilbersdorf (Moldavský potok) (Klemm *et al.*, 2005; Kunau, 2004). Během povodní se tyto škodlivé látky doširoka rozesely i v oblasti záplavových ploch. Především pro olovo jsou ale odkazy na přesunutí kontaminovaných sedimentů podél Moldavského potoka. Ty by musely být považovány za relevantní sekundární zdroje.

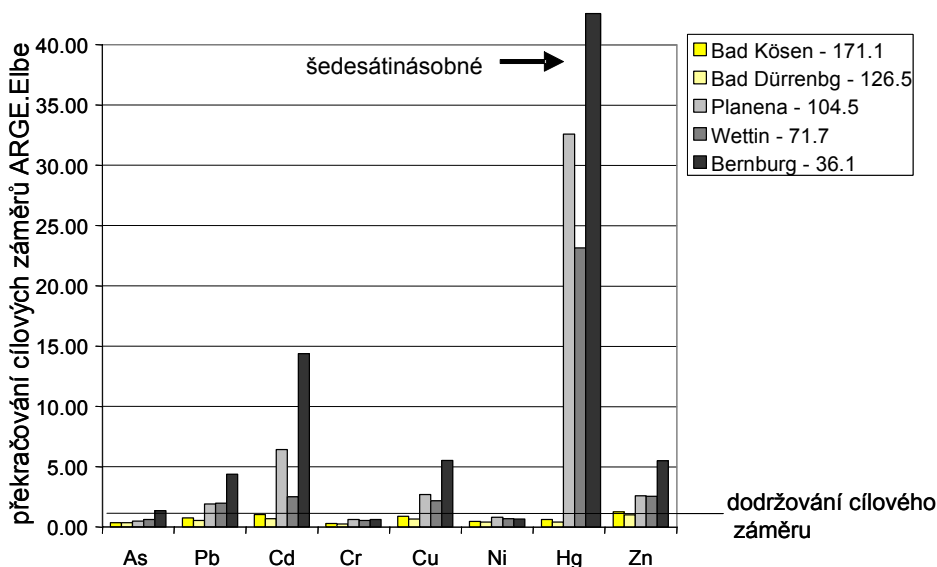
Teprve pod muldavskou přehradou přivádí škodlivé látky do Muldy tok Spittelwasser. Nížina kolem této říčky byla silně negativně ovlivněna odpadními vodami průmyslové oblasti Bitterfeld-Wolfen. Za normálních průtokových poměrů je to úzká strouha, která se ale při velké vodě rozlévá do velké šíře, kde může docházet k rychlosti proudění až 1m/s. Pro povodí Labe mají význam transporty odnosů z regionu toku Spittelwasser především kvůli HCN, DDX a dioxinům. Ze složení izomerů HCH resp. DDT a jeho metabolitů lze usoudit, že obě třídy těchto látek pocházejí z někdejších výrobních procesů. Přímá závislost na odtokovém režimu připouští předpoklad, že se jedná o staré zátěže, které se do kontaktu s vodou toku Spittelwasser dostanou pouze v případě záplav.

Také vysoké koncentrace dioxinů v Muldě jsou primárně připisovány oblasti stojaté vody o délce asi 800 m v nížině říčky Spittelwasser, která má asi 2 m sedimentu. Typická distribuce dioxinů v nížině říčky Spittelwasser činí minimálně 61 % ekvivalentů toxicity (TEQ) v ústí Muldy (*quo data GmbH*, příloha 1).

2.3.2.3. Sála

V Sále se zátěžová situace vyznačuje kontaminovanými starými sedimenty, které pocházejí z někdejších průmyslových oblastí u Sály v Bernburgu, mezi obcemi Bad Dürrenberg a Planena, z Bílého Halštrovu a eventuálně z povodí Bode (průmyslová oblast Staßfurt). Stávající průmyslové vypouštění by tvořilo maximálně méně než 5 % (Cu, Pb, Hg) resp. 10 až 17 % (Zn, Ni, Cd, Cr) odnosů škodlivých látek vázaných na částice v Rosenburgu, pokud by vypouštěné látky byly plně vázány na plaveniny. Hlavním problémem je tedy resuspendování a transport znečištěných starých sedimentů z přítoků do Sály a hlavní tok Sály jako takové. Výrazný nárůst se tedy vyskytuje podél toku Sály u olova, kadmia, mědi, zinku a rtuti v profilu Planena. Velikost koncentrace roste směrem po proudu a maxima se nacházejí v Bernburgu. Tady se relevantní škodliviny vyskytují v koncentracích, které mnohonásobně převyšují cílové záměry ARGE-Elbe na ochranu akvatických společenstev organismů (obr. 1-7). To podporuje domněnku o transportu kontaminovaných sedimentů v Sále směrem po proudu. Vysoké znečištění plavenin škodlivými látkami v ústí Sály v době malých průtoků naznačuje vysokou resuspendovatelnost sedimentů, možná i v důsledku lodní dopravy. Čím bližší vzdálenost k ústí o to více lze tedy hlavní tok Sály charakterizovat jako pravděpodobnou rizikovou oblast pro zinek, kadmium, rtuť, měď a olovo.

V mobilních sedimentech mnoha vzduťých oblastí Bílého Halštrovu existuje pravděpodobně riziko u kadmia a v menší míře u zinku, možná i u Ni, PCB, PAK a TBT. Aby se poslední jmenovaná látka dala kvantifikovat, je třeba zajistit další data. Možná že i Bode přispívá ke znečištění Labe niklem, kadmiiem, olovem, mědí a PCB. Toto riziko však nelze v důsledku nedostačujících datových podkladů v současné době odhadnout. Naléhavě je zde třeba další sledování.



Obr. 1-7: Obsah těžkých kovů v sedimentech v hlavním proudu Sály. Znázorněny jsou průměrné hodnoty z dat mezi lety 1998 a 2004 při jejich překročení cílového záměru ARGE-Elbe na ochranu akvatických společenstev organizmů (data poskytnuta Zemským podnikem pro protipovodňovou ochranu a vodohospodářství Saska- Anhaltska (LHW)).

2.3.2.4. Hlavní tok Labe

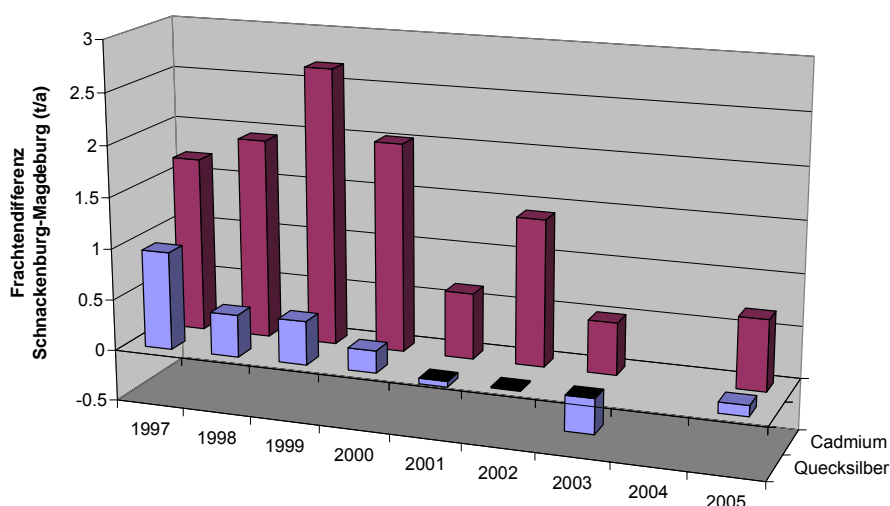
Říčka Triebisch nabírá u obce Roths Schönberg důlní vody s obsahem zinku a kadmia z oblasti důlního revíru u Freibergu a po průtoku údolím Triebischtal vtéká u Míšně do Labe. Průměrné údaje o kadmii v plaveninách v labských odnosech překračují údaje z říčky Triebisch o faktor 37 až 116. Ve srovnání s tím jsou koncentrace kadmia v plaveninách říčky Triebisch 8 až 62krát vyšší než tyto koncentrace přicházející z výše položených úseků Labe. Podle toho by říčka Triebisch mohla být především v době malých průtoků relevantním zdrojem vnosu pro kadmium. V současné době je ale k dispozici příliš málo dat, než aby se toto sdělení dalo kvantifikovat.



(Foto: R. Schwartz)

Kromě Muldy a Sály je podstatné usazené množství škodlivých látek, které je potenciálně remobilizovatelné, popsáno pro výhonová pole. Oproti nivám, které při záplavách představují pokles škodlivých látek, je z výhonů v důsledku velkých průtoků materiál resuspendován, transportován a usazuje se opět tam, kde rychlost proudění podkročí kritickou hodnotu, která je potřebná, aby se materiál udržel jako suspendovaný.

Pro odhadnutí odnosů netto, které jsou transportovány z výhonových polí na středním úseku Labe do oblasti na dolním Labi, byly porovnány měsíční údaje o odnosech mezi Magdeburkem a Schnackenburgem z let 1997 až 2005. To sice neobsáhne celkový systém sedimentace – resuspendování na středním úseku Labe, protože nad Magdeburkem se nalézá ještě 2 600 výhonových polí, ale volbou profilu Magdeburk mohly být brány v úvahu vnosy škodlivých látek ze Sály a Muldy. Především v prvních letech doby pozorování byly odnosy ve Schnackenburgu výrazně vyšší než v Magdeburku, což by se dalo vysvětlit resuspendováním z výhonových polí. Tento rozdíl v letech 1999/2000 klesal a v následujících letech se u některých prvků dokonce obrátil (tabulka 1-8). To by mohl být náznak skutečnosti, že od roku 2001 převažují ve sledovaném úseku Labe sedimentační procesy nad resuspendováním. Vliv odlišujících se salinit mezi Magdeburkem a Schnackenburgem (profil Magdeburk leží ve výtokovém proudu Sály s velkým obsahem soli) a hodnot pH na remobilizaci škodlivých látek nelze vyloučit.



Obr. 1-8: Rozdíly odnosů mezi Magdeburkem a Schnackenburgem jako indikátor resuspendování kadmia a rtuť vázaných na částicích z výhonových polí (poskytnuto z ARGE-Elbe).

Obrázek 1-8 ukazuje rozdíly mezi odnosy ve Schnackenburgu a odnosy v Magdeburku na příkladu prvků kadmia a rtuť. Kadmium je jediná škodlivá látka, jejíž odnosy jsou ve Schnackenburgu od roku 1997 stále vyšší než v Magdeburku. Příčiny tohoto jevu, např. emise kadmia pod Magdeburkem, nemohly být identifikovány.

Znatelný pokles přírůstku odnosů v letech 1997 až 2005 v úseku Magdeburk až Schnackenburg v porovnání s ročními odnosy se ukazuje u všech těžkých kovů a arzenu – nejvýrazněji především u kovů se silnou vazbou na částicový materiál jako olovo a rtuť (tab. 1-8). Společně s pozorováním, že se podíl mazlavých sedimentů ve výhonových polích v posledních letech výrazně snížil, mohl by to být náznak silného přesunu materiálu do niv během povodňových epizod v letech 2002, 2003 a 2006.

Tab. 1-8: Přírůstek odnosů škodlivých látek v tunách za rok mezi Magdeburkem a Schnackenburgem v letech 1997 až 2005 („výhonová pole“), roční odnosy a podíl resuspendovaných odnosů na ročním odnosu (data: ARGE-Elbe)

		Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	As
1997	„výhonová pole“	0,96	1,7	18,9	170	16,8	13	5,13	5
	roční odnosy	2,7	4,7	81	730	76	69	34	18
	%	35,6	36,2	23,3	23,3	22,1	18,8	15,1	27,8
2005	„výhonová pole“	0,1	0,68	0,77	68	-3,2	5,4	1,4	2,4
	roční odnosy	1,1	2,3	37	380	30	34	19	12
	%	9,1	29,6	2,1	17,9		15,9	7,4	20,0

2.3.3. Závěry k rizikovým oblastem

V rámci rizikových regionů lze na základě datové situace vymezit s určitou pravděpodobností rizikové oblasti, které jsou rozhodující pro odnosy škodlivých látek do Labe. Nacházejí se hlavně v České republice, na Muldě a Sále. S přihlédnutím k existujícím údajům se zdá být vliv výhonových polí (v úseku mezi Magdeburkem a Schnackenburgem) na ústupu. Pokud by se dala tato domněnka potvrdit dalšími, cíleně zjištěnými daty, měla by se stěžejní opatření zaměřit na povodí Muldy a Sály. Je třeba vycházet ze skutečnosti, že s výjimkou organických škodlivých látek, které jsou transportovány hlavně z České republiky (PCB, HCB, DDX) lze pomocí opatření v německé části povodí dosáhnout podstatného zlepšení kvality plavenin.

V oblastech, které musí být zahrnuty do plánů se jedná o velice rozdílné „Areas of Risk“, některé jsou relativně malé (např. Spittelwasser), některé velmi komplexní (např. staré důlní zátěže) a/nebo velmi obsáhlé (např. staré sedimenty v Sále). Aby se mohlo diskutovat o opatřeních a plánovat, měl by být k dispozici rozsáhlý přehled metod, které lze potenciálně používat a za jakých podmínek. Znalost zkušeností s již provedenými opatřeními může posílit jistotu při rozhodování a zlepšit důvěru v rozhodnutí.

2.4. Opatření

Opatření v povodí Labe pro snížení znečištění škodlivými látkami vázanými na částice musí principiálně brát v úvahu sanaci kontaminovaných sedimentů a zaplavovaných ploch i starých důlních zátěží. Částečně se proto musí brát v potaz i již vytvořené studie proveditelnosti pro speciální regiony (např. Spittelwasser). Byl vytvořen detailnější přehled, který zahrnuje současný stav sanací týkající se kontaminovaných ploch v povodí Labe i potenciálně využitelných technik.

A) Vybagrované sedimenty v Hamburském přístavu

Přemísťování sedimentů vybagrovaných v rámci údržby v prostoru hamburského přístavu se bude ve střednědobém horizontu opírat o tradiční směs metod přemísťování a METHA-oddělování/skladování na suchu; dlouhodobě je třeba vzít v úvahu technologii subakvatického umístování vyzkoušenou v Nizozemí. Tuto opci by bylo možné uplatnit dříve, pokud by plánovaná směrnice o strategii ochrany moří připouštěla přemísťování vybagrovaných sedimentů do moře již pouze za přísných podmínek a prováděcích kritérií.

B) Sedimenty a vybagrované sedimenty na ostatním území povodí Labe

Následující sdělení platí pro odstraňování kontaminovaných sedimentů z menších lodních přístavů, výhonových polí a vzdutých úseků v celém povodí Labe a především pro řešení problémů u plošných kontaminací na horním a středním úseku Labe a v jeho přítocích. Podle mínění autorů zde přicházejí v úvahu kromě bagrovacích a vyhrabovacích metod, ohleduplných vůči toku, i novodobé technologie, např. odkrytí nebo využití přírodních degradačních a retenčních procesů. Metody in-situ se hodí také pro další zacházení se zbytkovými kontaminacemi a pro zajištění starých zátěží vzniklých v důsledku těžby v labském prostoru. Popsaná opatření/technologie budou na závěr porovnána ze dvou aspektů: (a) mezinárodní a labské praktické příklady a (b) prověřovací kritéria, hodnocení a metody sledování.

3. REFERENZEN/ REFERENCES

- Apitz S, White S (2003): A conceptual framework for River-basin-scale sediment management. *JSS - J Soils & Sediments* 3(3): 132 – 138
- Apitz SE, Carlon C, Oen A, White S (2007): Strategic Framework for Managing Sediment Risk at the Basin and Site-Specific Scale. In: Heise S (Ed.), *Sediment Risk Management and Communication*. Elsevier, Amsterdam
- BfG (2003). Schwebstoffe und Schwebstofftransport in Binnenwasserstraßen. In Bundesanstalt für Gewässerkunde B (Ed.), *Gewässermorphologisches Kolloquium*, Vol. 3/2003: 117 p.: Koblenz
- CSTE: (http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/sct_en.htm)
- (EG 2000) RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- EG (2002): Communication from the commission to the council and the European parliament. Towards a strategy to protect and conserve the marine environment. Brussels, 02.10.2002. COM (2002) 539 final.
- Evers EHG, Laane RWPM, Goeneveld GJJ (1996) Levels, temporal trends and risks of dioxins and related compounds in the Dutch aquatic environment *Organohalogen Comp.* 28, 117-122.
- Förstner U, Heise S, Schwartz R, Westrich B, Ahlf W (2004): Historical Contaminated Sediments and Soils at the River Basin Scale: Examples from the Elbe River Catchment Area. *JSS - J Soils & Sediments* 4(4): 247-260
- Götz R, Steiner D, Friesel P, Roch K, Walkow F, Maas V, Reincke H (1996): Dioxin in the River Elbe- investigations of their origin by multivariate statistical methods. *Organohalogen Compound*, 27 p 40-443. Literatur
- Götz R, Lauer R (2003): Ursachen der Dioxinkonamination in der Elbe, im Hamburger Hafen und in den Hamburger innersädtischen Gewässern. Umweltbehörde Hamburg. 57/99. *Hamburger Umweltberichte*. Hamburg, 53 pp.
- HABAK/ BfG (1999): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich (HABAK-WSV). Bundesanstalt für Gewässerkunde
- Heininger P, Bade M, Berger M, Claus E, Lange V, Schmidt A (2005): Deutsch-Tschechisches Kooperationsvorhaben: Eintrag und Verbleib Polychlorierter Biphenyle im Elbe-Einzugsgebiet. Bundesanstalt für Gewässerkunde, im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Abschlußbericht. BfG-1448 Berlin/Koblenz, 128
- Heise S, Claus E, Heininger P, Krämer T, Krüger F, Schwartz R, Förstner U (2005): Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet. Commissioned by the Hamburg Port Authority.: Hamburg. 181 pp
- Heise S, Förstner U, Westrich B, Jancke T, Karnahl J, Salomons W (2004): Inventory of Historical Contaminated Sediment in Rhine Basin and its Tributaries. on behalf of the Port of Rotterdam. Hamburg, October 2004. 225
- HPA (2005) Handlungsbedarf zur Sicherung der Unterbringung des Baggergutes aus der Sromelbe.-Bericht der Abt. Prozess Wassertiefen, Hamburg Port Authority, Freie und Hansestadt Hamburg 24.06.2005.

- Klemm W, Greif A, Broekaert JAC, Siemens V, Junge FW, Veen Avd, Schultze M, Duffek A (2005): A study on Arsenic and the heavy metals in the Mulde river system. Acta hydrochim. hydrobiol. 33: 475-491
- Kunau J (2004): Die Schwermetallbelastung der Freiburger Mulde im Abschnitt Muldenhütten - Obergruna unter Bezugnahme auf das Altlastenprojekt SAXONIA. Staatliches Umweltfachamt Chemnitz, http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfuginternet/documents/Praktikumsarbeit_Kunau_.pdf 104 pp.
- Lundqvist J, Falkenmark M (ed) (2000): Towards hydrosolidarity. Focus on the upstream-downstream conflicts of interests. Water Int. 25, 168-319.
- Quevauviller PH (2004) Traceability of environmental chemical measurements. Trends Anal Chem 23 (3): 171-177
- Salomons W (2005) Sediments in the catchment-coast continuum. J Soils & Sediments 5 (1): 2-8.
- Schwartz R, Kozerski HP (2004): AP 4.2. Bestimmung des Gefahrenpotentials feinkörniger Bunhenfeldsedimente für die Wasser- und Schwebstoffqualität der Elbe sowie den Stoffeintrag in Auen. In Geller W et al. (Hrsg.) Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Endbericht des Ad-hoc-Verbundprojektes, S. 258-274.
- UNEP: www.unep.org
- Zerling L, Müller A, Jendryschnik K, Hanisch C, Arnold A (2001) Der Bitterfelder Muldestausee als Schadstoffsенke- Entwicklung der Schwermetallbelastung 1992 bis 1997. Abhandlungen der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig 59 (4): 69 pp.

4. ANHANG/ ANNEX

Obr. 1-2: Přehled cílů povodí sledovaných ve studii a zvolená metoda při hodnocení jejich potenciálního ohrožení v povodí Labe

Relevante Bewirtschaftungsziele	Relevantní cíle plánů povodí
Gute Qualität der aquatischen Ökosysteme	dobrá kvalita akvatických ekosystémů
Schutz der menschl. Gesundheit	ochrana lidského zdraví
Qualität der von akvatických systémech/půdní funkce	kvalita suchozemských ekosystémů závislých na
Sedimentbew.	zacházení se sedimenty
Bewirtschaftung von/bei	plány povodí pro
Habitat Süßwasser	biotop sladkých vod
Habitat Marine	biotop mořských a estuárových systémů
Direkte Exposition	přímá expozice přes akvatické systémy -> konzumace ryb
Exposition über Sedimentauftrag	expozice přes zemědělské produkty -> krmiva
Auftreten von Minder	nános sedimentů na půdách
přístavech	výskyt minimálních hloubek ve vodních cestách a v
Relevant in folgenden Gebieten	relevantní v těchto oblastech
Alle Gewässer	všechny typy vod
Alle Küstengewässer	všechny pobřežní vody
Überall an der Elbe	všude na Labi
Gebiete mit aktiven Auen	oblasti s aktivními nivami (střední úsek Labe)
Binnenland	vnitrozemí
von... bis	- od po
Gefährdung	ohrožení kvantifikováno v dokumentech
WRRRL	RS, MKOL/ARGE-Elbe (cílové záměry akvat.
společenstva organizmů)	
OSPAR	OSPAR (EAC2)
EU-Norm, deutsche	norma EU, německé normy (ryby určené ke konzumaci)
EU-Normen	normy EU, kontaminace krmiv
IKSE	MKOL (cílové záměry LV)
(HABAB)	(HABAB) MKOL/ARGE-Elbe (cílové záměry akvat.
společenstva organizmů)	
geregelt und abgeleitet	regulováno a odvozeno

Obr. 1-5: Příklad zobrazení variability rozdělení plavenin v příčném a podélném profilu Labe (Labe-řkm 196,5 dne 4.5.01) (zobrazení a data Spolkový úřad pro hydrologii (BfG, 2003))

Messwerte	naměřené hodnoty škodlivých látek
Mitte	uprostřed

Rechtes Ufer	pravý břeh
Linkes Ufer	levý břeh
Zeit und Ort	doba a místo
Konzentration	koncentrace nerozpuštěných látek
Einpunktmessung	měření v jednom bodě
Vielpunktmessung	měření ve více bodech
Integrationsmessung	integrační měření
Tiefe	hloubka
Entfernung	vzdálenost od levého břehu

Obr. 1-6: odnosy plavenin v Labi, zjištění z vícebodových měření při různých průtocích v toku Labe (1994-2003) a v přítocích (1990-2000) (data Bfg. obr. z Heise et al, 2005)

Meißen	Míšeň
Schwarze Elster	Černý Halštrov
Mulde	Mulda
Magdeburg	Magdeburk
Saale	Sála
Havel	Havola
Fracht Elbe	odnosy Labe
Fracht Nebenflüsse	odnosy přítoky

Tab. 1-3: Zobrazeny jsou zde škodlivé látky i překračování směrných hodnot (červeně) v současné době (nahore) a při úplném snížení odnosů škodlivin z dílčích povodí (dole). Ukázány jsou všechny typy užívání, přičemž se nebere v úvahu relevance pro Schnackenburg

Medianwerte	mediánové hodnoty
WRR (ökol)	EG-RS (ekol.)
UQRW (sed)	UQRW (sed)
LG Fluss	společenstvo organizmů řeka
Landwirt. Verwertung	zemědělské využití
Speisefische	ryby ke konzumaci
Futtermittel	krmiva
Umlagerung Fluss	přemísťování sedimentů řeka
Median-werte	mediánové hodnoty Seemannshoft.
Umlagerung Küste	přemísťování sedimentů pobřeží
LG- Küste	společenstvo organizmů pobřeží

5. IMPRESSUM

Inhalt: Beratungszentrum für Integriertes Sedimentmanagement
Consulting Center for Integrated Sediment Management
([www. bis.tutech.de](http://www.bis.tutech.de))

Übersetzung: Deutsch-Tschechisch: Eva Jirotkova
(eva.jirotkova@seznam.cz)
Deutsch-Englisch: A. Zipperle; K. Moshenberg

Fotos: W.Calmano, S. Heise, M. Barborowski, R. Schwartz,
Redemann

Layout: S. Heise, A. Matthäi

