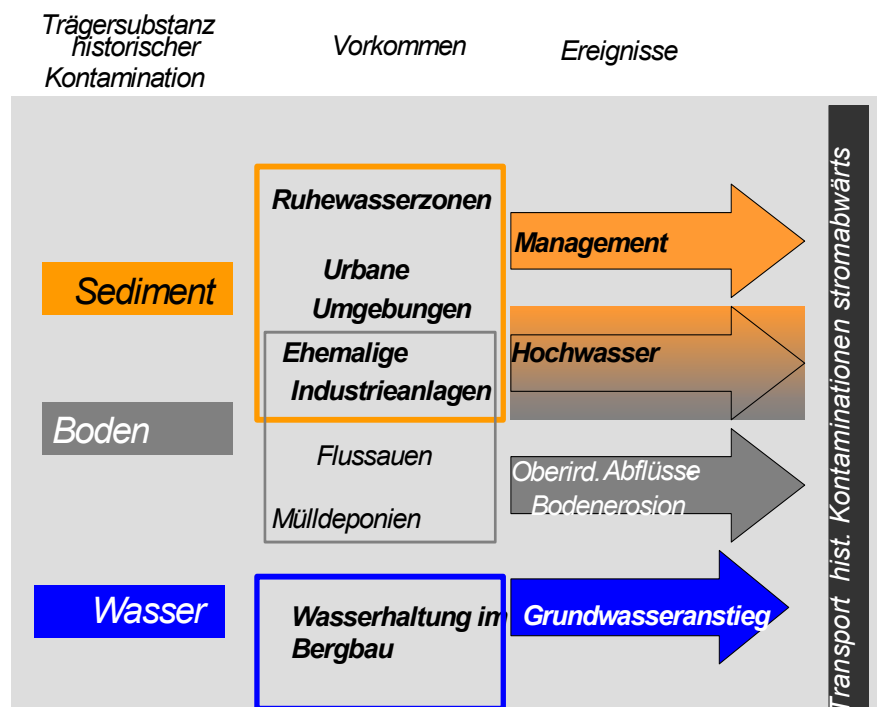


# 1 Kurzfassung

Als integraler Bestandteil von aquatischen Systemen sind Sedimente mit Vor- und Nachteilen behaftet. Auf der einen Seite bilden sie das Substrat für Organismen und spielen durch die Interaktion mit den darüber liegenden Wasserschichten eine wesentliche Rolle im Ökosystem (z. B. Nährstoffhaushalt). Auf der anderen Seite binden gefährliche Chemikalien aus verschiedenen Quellen an das Sediment, und selbst bei einer Verbesserung der Wasserqualität bleibt diese Kontamination des Sediments erhalten („Vermächtnis der Vergangenheit“).

Heute bedecken relativ unkontaminierte Sedimentflächen ältere kontaminierte Sedimente, die sich in schwach strömenden Flussbereichen wie Flussauen, Staubecken und Bühnenfeldern abgelagert haben. Trotzdem steigt mit zunehmendem Wasserabfluss und häufigeren Hochwasserereignissen die Gefahr einer Wiederfreisetzung alter kontaminierter Sedimentschichten und des Transports angelagerter Kontaminationen flussabwärts. Auch bei oberirdischen Abflüssen oder infolge von Erosion kann kontaminiertes Material in Flusssysteme gelangen. Dieser Bericht widmet sich der historischen Sedimentkontamination, terrestrische Standorte werden nur am Rande behandelt.

Im Rahmen dieses Projekts wurden Gefahren, die sich für den Rotterdamer Hafen aus der Wiederfreisetzung stromaufwärts gelegener historischer Sedimentkontaminationen nach Naturereignissen (z. B. Überschwemmungen) oder auf Grund menschlicher Aktivitäten (z. B. Baggerarbeiten) ergeben, abgeschätzt.



**Abb. 1** Wege und Abläufe des Transports historischer Kontaminationen stromabwärts. Vorkommen mit besonderer Bedeutung für diesen Bericht sind fett gedruckt.

Bis zum heutigen Tag gibt es keine umfassende Untersuchung des aktuellen Gefahrenpotentials tiefer gelegener Sedimentkontaminationen im Einzugsgebiet des Rheins. Gleiches gilt für andere Einzugsgebiete. Daher wurden neben einer detaillierten Bewertung relevanter Einzeldaten auch neue konzeptuelle Ansätze entwickelt.

In Kapitel 1 werden die entscheidenden Prozesse, die die hydraulische und chemische Mobilisierung steuern, dargestellt und die Schadstoffübertragung auf Organismen beschrieben. Kapitel 2 enthält eine Übersicht der Anforderungen an die Qualität von Sedimentdaten, einschließlich der Strategien der Wasser- und Sedimentbewertung sowie der Qualitätskontrolle von Feld- und Labordaten. Es werden Qualitätsanforderungen und die Unsicherheiten hydraulischer Daten, die das Hauptthema der aktuellen Studie bilden, diskutiert. In Kapitel 3 werden aktuelle Entwicklungen des Sedimentmanagements auf der Skala von Einzugsgebieten zusammengefasst. Informationen über chemische und biologische Sedimentdaten aus Kapitel 2 werden in Relation zu Strategien für die Qualitätskontrolle bei der Analyse und der Überwachung prioritärer Stoffe im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie erörtert.

Diese umfassende Darstellung zeigt Wissenslücken in Bezug auf die potentiellen Folgen starker Abflüsse auf abgelagerte Sedimente auf, was die Entwicklung eines deduktiven Ansatzes erforderlich macht. Dieser Ansatz besteht aus drei Schritten (Kapitel 4 und 5).

**Tab. 1** "Bedenkliche Stoffe und ihre Rangfolge

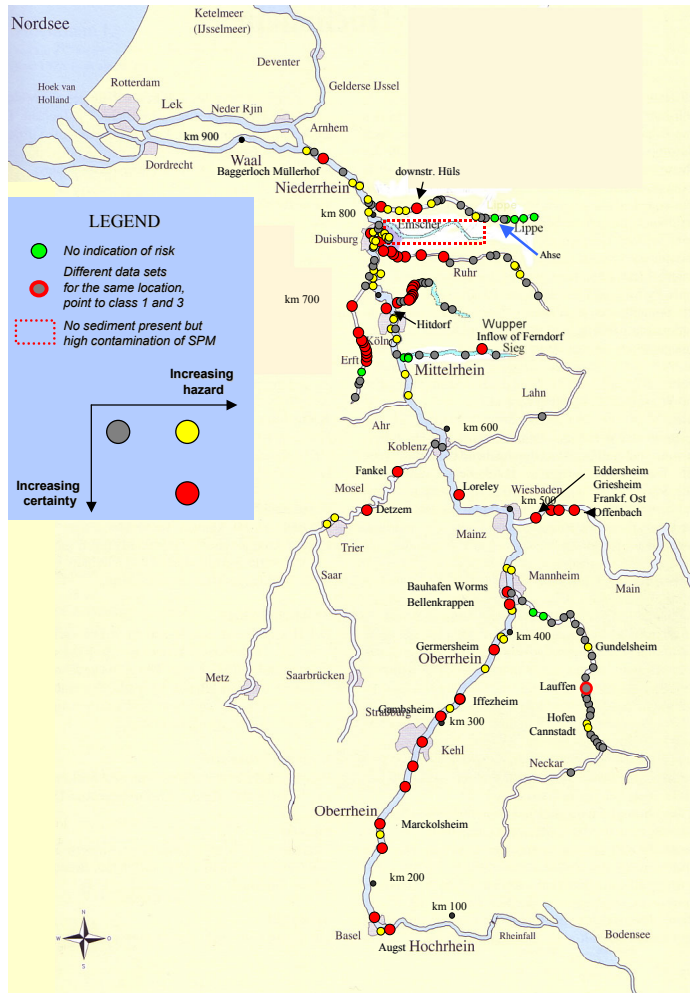
Bedenkliche Stoffe	Gefahrenklasse
Kadmium	2
Chrom	1
Kupfer	1
Quecksilber	2
Nickel	1
Blei	1
Zink	1
DDT+DDD+DDE (SUM)	2
Dioxine und Furane	2
Hexachlorbenzol	2
PAKs	2
polychlorierte Biphenyle	2
TBT	1
Aldrin (Dieldrin, Endrin)	1
$\gamma$ -Hexachlorcyclohexan	1
Nonylphenolverbindungen	1

### **Schritt 1. Auswahl „bedenklicher Stoffe“ (substances of concern).**

Zur weiteren Bewertung wurden nur die Stoffe ausgewählt, die für den Rotterdamer Hafen von Bedeutung sind, da sie die Grenzwerte der neuen niederländischen „Chemie-Toxizitätstests“ (CTT) häufig überschreiten oder erreichen. Diese „**bedenklichen Stoffe**“ wurden anschließend auf der Grundlage einer Klassifizierung ihres Verhaltens in der Umwelt und ihres Gefahrenpotentials für Organismen in verschiedene Gefahrenklassen (hazard classes) eingestuft.

## Schritt 2. Auswahl „bedenklicher Gebiete“ (geographical areas of concern).

In einem zweiten Schritt wurden anhand vorhandener Sedimentanalysedaten der letzten 10 Jahre jene Bereiche des Rheins und seiner Nebenflüsse identifiziert, die erhöhte Konzentrationen dieser „bedenklichen Stoffe“ über den CTT-Grenzwerten aufweisen und somit potentiell in der Lage sind,



**Abb. 2** „Bedenkliche Gebiete“ und ihre Klassifizierung auf der Basis der Schadstoffkonzentration im Sediment

die Konzentrationen auch im Hafen über die Grenzwerte zu steigern. Diese „**bedenklichen Gebiete**“ (Abb. 2) werden klassifiziert unter Berücksichtigung der Quantität der Kontaminationen und der Verfügbarkeit von Daten, um einen Überblick über die Verteilung anhaltender Gefahren in Sedimenten in und am Rhein zu erhalten. Daran schließt sich ein Überblick über historische Emissionen an, um a) Klarheit über die Quellen der Sedimentkontamination zu erhalten, b) die Möglichkeit einer anhaltenden Kontamination dieser Stellen zu bewerten und c) Informationen über Managementoptionen vor dem Hintergrund eines potentiellen Fortbestands von Quellen und der Kontaminationsverteilung zu sammeln.

## Schritt 3. Quantifizierung der Risiken für den Hafen Rotterdam

Die Abschätzung des Risikopotentials der Hafensedimente auf Grund dieser „bedenklichen Stoffe“, die aus den identifizierten „bedenklichen Gebieten“ stammen könnten, verlangte eine Schätzung des Ausmaßes der Kontamination sowie der Erosion und des anschließenden Transports im Einzugsgebiet. Wegen des Mangels an Daten von Hochwasserereignissen und der Schadstoffbelastungen im Schwebstoff sowie wegen des Fehlens von Modellen, mit denen sich ein komplettes und umfassendes Bild von Gefahrengebieten erstellen lässt, wurde ein Ansatz gewählt, bei dem Resultate auf der Zusammenstellung verschiedenen Indizien beruhten: Um abzuschätzen, ob das Kontaminationsausmaß hoch genug war, um den CTT-Grenzwert im Rotterdamer Hafen zu übersteigen, wurde ein „Worst-Case-Szenario“ verwendet, bei dem zunächst von normalen

Strömungsverhältnissen ausgegangen wurde und anschließend die Situation bei „mittlerem Hochwasser“ und „höchstem beobachteten Wasserabfluss“ bewertet wurde. Ferner wurde angenommen, dass die Konzentration von resuspendierten Sedimenten in direktem Zusammenhang steht mit Wasserströmung und zu Konzentrationswerten von 20, 150 und 250 mg/l führt, dass die gesamte an einem bestimmten Ort vorhandene Sedimentkontamination in die Wasserphase überführt wird und dass die Konzentration im Sediment der Schadstoffkonzentration im Schwebstoff entspricht. Im Rotterdamer Hafen wurde nicht von einer Vermischung mit früher abgelagerten Sedimenten ausgegangen. Auf diese Weise wurden die CTT-Werte direkt mit den kalkulierten Konzentrationswerten verglichen.

Als Ergebnis dieses letzten Schrittes konnte die Zahl der „bedenklichen Gebiete“ von 12 auf 5 reduziert werden:

- 1) Die Staustufen im Oberrhein sind die einzigen Gebiete, die bereits unter Normalbedingungen (durchschnittlicher Wasserabfluss, keine Managementaktivitäten) eine Gefahr darstellen können: Schon bei normalen Abflüssen, wurden bei Iffezheim im Schwebstoff erhöhte Hexachlorbenzolgehalte (HCB) gemessen. Mit zunehmenden Abflüssen wird HCB (und möglicherweise Quecksilber) resuspendiert und stromabwärts transportiert. Infolge des kontinuierlichen Zustroms kontaminierter Sedimente von den weiter südlich gelegenen Staustufen, des Erreichens der Befüllungskapazität vorhandener Sedimentablagerungsstätten in Kombination mit immer noch hohen HCB-Konzentrationen im Sediment, sowie infolge signifikanter Lücken im Verständnis des Sediment-/Schadstofftransports wird dieses Gebiet für das Sedimentmanagement in der Zukunft zu einer enormen Herausforderung werden.
- 2) Die Ruhr stellt momentan bei hohen Wasserabflüssen eine gewisse Gefahr dar. Nicht nur hohe Konzentrationen von polzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs), sondern auch die anderen „bedenklichen Stoffe“ in diesem Fluss, darunter vor allem Kadmium, dürften resuspendiert und stromabwärts transportiert werden. Es sollte jedoch auch darauf hingewiesen werden, dass in der Ruhr verschiedene Managementprojekte eingeleitet wurden, die sich positiv (d. h. reduzierend) auf die Schadstoffabgabe dieses Flusses in den Rhein auswirken sollten.
- 3) Auch der Neckar könnte ein Risiko darstellen. Auf Grund der geringen Sedimentstabilität der Staustufe Lauffen wurde dort eine Resuspension von Kadmium vorausgesagt, was durch die Messung erhöhter Kadmiumkonzentrationen im Schwebstoff bestätigt wurde. Ob diese Belastung nach dem Passieren von 13 weiteren Staustufen letztendlich den Rhein erreicht, ist jedoch unsicher, da Hochwasserdaten der Messstation Feudenheim nahe Mannheim, der letzten Staustufe vor der Mündung in den Rhein, fehlen. Andererseits konnte außer dem Neckar keine weitere Kadmiumquelle identifiziert werden, die für die observierten Belastungen von über 1.000 mg Cd/s an den Stationen Koblenz (Rhein) und Bad Honnef verantwortlich gemacht werden könnte.
- 4) Hinweise auf ein Risiko durch eine alte Kontamination der Wupper ergab ein Vergleich der Kontaminationsmuster der Sedimente dieses Rheinnebenflusses mit denen in den Häfen am Niederrhein (unterhalb der Mündung der Wupper), insbesondere an der Überwachungsstation Hitdorf-Hafen. Alle weisen ein ähnliches Kontaminationsmuster auf, was auf einen Einfluss der

Abflüsse aus der Wupper auf die Sedimente im Rhein schließen lässt. Die vorhandenen Informationen sind jedoch unzureichend für die Beantwortung der Frage, ob dieses Material auch weiter stromabwärts transportiert werden kann, da die Schwellenwerte der Sedimenterosion in diesen Häfen nicht bekannt sind.

5) Es gibt Hinweise darauf, dass die Lippe bei Hochwasser zur HCB-Belastung des Rheins beitragen kann. Wenn der Scheitel der Hochwasserwelle den Rhein vor dem Hochwasser des Hauptflusses erreicht, könnte die Verdünnung des Schwebstoffs der Lippe sogar so gering sein, dass ihre kontaminierten Schwebstoffe zu einer Erhöhung der HCB-Konzentration im Rotterdamer Hafen führen könnten. Der letzte Fall zeigt die Komplexität von Prognosen vor dem Hintergrund der inhärenten Variabilität der Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet des Rheins.

Eine Überprüfung der aktuellen Vorschriften (Kapitel 3) zeigte, dass die Erosion von kontaminierten Sedimenten und ihre potentiellen Auswirkungen stromabwärts und danach im Mündungsbereich und in den Küstengebieten in den vorhandenen Vorschriften nicht berücksichtigt wird. Die bisherigen Vorschriften legen den Schwerpunkt auf lokale Auswirkungen der Umlagerung kontaminierter Sedimente und lassen das gesamte Einzugsgebiet außer acht. Auf der anderen Seite werden in der Wasserrahmenrichtlinie, die sich auf die Ebene des Einzugsgebiets bezieht, weder Sedimente noch Sedimentqualität und -quantität explizit erwähnt. Die Strategien gegen die chemische Verunreinigung von Oberflächengewässern (Wasserrahmenrichtlinie Artikel 16), d. h. die Implementierung von Überwachungsprogrammen bis 2006 und Einführung des Maßnahmenprogramms bis 2009, haben jedoch die Sedimentqualität auf Ebene des Einzugsgebiets zu berücksichtigen. Bei der Einführung des Maßnahmenprogramms wird schon der erste Schritt – die Ermittlung aller Quellen, die zu einer Freisetzung prioritärer Substanzen und prioritär gefährlicher Substanzen führen können, **historisch kontaminierte Sedimente** in ihrer Eigenschaft als Quelle und als Transportmedium berücksichtigen müssen.