



Untersuchungen zur chemischen Belastung von Seitenstrukturen an der Elbe

Susanne Heise (susanne.heise@haw-hamburg.de), Hamburg

Zusammenfassung

Mehr als 1000 Seitenstrukturen finden sich in der Talaue der deutschen nicht-tidalen Elbe, die zusammengenommen eine Fläche von 50 km² haben. Die Beprobung von 15 ausgesuchten Seitenstrukturen (Altarme, Buchten und Altwasser) zwischen Fluss-km 340 und 569 im Frühjahr 2013 zeigte eine hohe Belastung der Sedimente mit historisch emittierten organischen und anorganischen Schadstoffen. Obwohl lokale Quellen in einzelnen Fällen nicht auszuschließen sind, weist das relativ ähnliche Kontaminationsmuster der Sedimente auf einen Schwebstoff-gebundenen Eintrag der Schadstoffe bei Hochwasserereignissen hin.

Untersuchungen zur Erosionsstabilität zeigen ein differenziertes Bild auf, nach dem 6 der 15 untersuchten Seitenstrukturen mit Sedimentmächtigkeiten von 20 bis 100 cm bereits bei Strömungsgeschwindigkeiten in erheblichem Maße mobilisiert und ausgetragen werden können, die einem langsam fließenden Gewässer (1,6 km/h) entsprechen. Im Falle einer Überflutung werden angeschlossene Altarme und Altwasser jedoch häufig sehr stark durchströmt, was zu einer umfangreichen Resuspension der Sedimente führen wird.

Ob Seitenstrukturen zwischen den Hochwasserereignissen jedoch als Reservoir kontaminierter, abgelagerter Schwebstoffe anzusehen sind, oder ob bei Überflutungen große Mengen tiefer gelegener, historisch kontaminierter Alt-Sedimente in die Elbe eingetragen werden, bleibt zu klären.

1. Einleitung

Im Bereich der deutschen Binnenelbe liegen mehr als 1000 Seitenstrukturen in der Talaue, die insgesamt eine Fläche von ca. 50 km² einnehmen. Den größten Anteil hieran haben Altwasser (nicht angeschlossen) und Altarme (einseitig angeschlossen), die Teil des früheren Elbverlaufs sind. Je nach ihrer Lage in der Talaue und Wasserstand bzw. Abfluss der Elbe werden sie bei einem Hochwasser einseitig oder beidseitig an die Elbe angeschlossen und können dann mit hoher Geschwindigkeit durchströmt werden.

Schwebstoffe und Sedimente der Elbe sind historisch durch Bergbau und Industrie belastet [1, 2]. Es ist zu erwarten, dass Gewässer, die an das Schwebstoffregime der Elbe ständig oder zeitweise bei hohen Abflüssen angeschlossen waren oder werden, ebenfalls durch Schadstoffe belastet sind. Nur wenige Publikationen (z.B. [3]) haben sich diesbezüglich mit Seitenstrukturen beschäftigt und untersucht, ob und wie viel Material im Hochwasserfall erodiert wird und wie viel Schwebstoff sich bei zurückgehendem Hochwasser wieder absetzt. Anlässlich der Erarbeitung eines Sedimentmanagementplans für die Elbe durch die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) wurden im Frühjahr

2013 daher ausgewählte Seitenstrukturen auf ihre Sedimentbelastung, die Erodierbarkeit der Oberflächensedimente und die Sedimentmächtigkeit untersucht.

Diese Studie sollte Aussagen darüber treffen, ob a) ein Schadstoffaustrag aus Seitenstrukturen erfolgen kann und man b) von den erhobenen Charakteristika der Gewässer auf ein mögliches Risiko schließen könnte.

2. Methodik

Auswahl der Probenahmestandorte

Für diese Studie wurden 15 Seitenstrukturen zwischen Fluss-km 340 und 569 ausgewählt, die sich in ihrer Lage und Entfernung zum Fluss und in ihrer Anschlusssituation unterscheiden (eine Bucht, vier Altarme mit Anschluss bei MQ (langjähriger, durchschnittlicher Abflusswert), acht Altwasser mit Anschluss bei 2 MQ, 2 Altwasser mit Anschluss bei 3 MQ) (Tabelle 1).

Nr.	Fluss -km	Naheliegender Ort	Art der Seitenstruktur	Angeschlossen bei	Überströmt bei
1	568	Sassendorf	Bucht	MQ	2MQ
2	568	Sassendorf	Altwasser	2MQ	2MQ
3	551,6	Bleckede	Altwasser	3MQ	3MQ
4	509	Damnatz	Bucht/ Altarm	MQ	2MQ
5	509	Damnatz	Altwasser	2MQ	2MQ
6	509	Damnatz	Altwasser	3MQ	3MQ
7	505,5	Brandleben	Altarm	MQ	2MQ
8	505,5	Brandleben	Altwasser	2MQ	2MQ
9	497,8	Grippel	Altarm	MQ	3MQ
10	497,8	Grippel	Altwasser	2MQ	3MQ
11	451,8	Losenrade	Altarm	MQ	2MQ
12	451,8	Losenrade	Altwasser	2MQ	2MQ
13	389,5	Fischbeck	Altwasser	2MQ	3MQ
14	389,5	Fischbeck	Altwasser	2MQ	3MQ
15	333,2	Gerwisch	Altwasser	2MQ	HQ ₅

Tab. 1: Beschreibung der für die Untersuchung selektierten Seitenstrukturen (MQ: langjährig durchschnittlicher Abflusswert bzw. ein Vielfaches davon (2 MQ, 3 MQ); HQ₅: Ingenieurtechnisch ermittelter wahrscheinlich erreichter Hochwasserscheiteldurchfluss innerhalb von 5 Jahren).

Da sich die Seitenstrukturen fast ausschließlich im Elbe-Biosphärenreservat befinden, wurden die Beprobungen mit Genehmigung der verantwortlichen Naturschutzbehörden von

einem Schlauchboot mit E-Motor aus in den Monaten April und Mai 2013 durchgeführt. Sedimentmächtigkeiten einer Seitenstruktur wurden an jeweils mehreren Querprofilen mit einer Peilstange erhoben. Je nach Größe und Beschaffenheit der Seitenstruktur wurden weiterhin an einer bis drei Positionen Sedimentkerne zur Ermittlung der Sedimenteigenschaften (Korngröße, Wassergehalt), des Schadstoffgehalts (Durchmesser Sedimentkernstecher 7,5 cm, *HYDROBIOS*) und der Erosionsstabilität (Durchmesser Sedimentkernstecher 10 cm, Spezialanfertigung *Technik Service A. Meyer*) gezogen. Die tiefen Sedimentproben wurden mit Hilfe eines Torfbohrers gewonnen.

Messung der Erosionsstabilität

Für die Messung der Erosionsstabilität vor Ort wurde die Erosionsapparatur „Gust'scher Mikrokosmos“ (Anfertigung: *Technik Service A. Meyer*) genutzt, bei der aus zwei sich überlagernden Strömungsregimen eine homogene Schubspannungsgeschwindigkeit über der Sedimentoberfläche erzielt wird [4]. Während diese Schubspannungsgeschwindigkeit während der Messung schrittweise erhöht wird, wird die Resuspendierung der Sedimentoberfläche über einen optischen Backscatter verfolgt (*OptekTrübungssensor Inline*). Die Durchflussmessung erfolgt kontinuierlich über einen Ultraschalldurchflussmesser (*Sonoflow CO.55*, Fa. *Sonotec*).

Durchführung chemischer Analysen

Für die Bestimmung der Korngrößenverteilung und der Schadstoffgehalte wurden die entsprechenden Unterproben in Glasgefäße überführt und ins analytische Labor transportiert. Alle Analysen wurden von der Gesellschaft für Bioanalytik mbH (GBA) in Hamburg durchgeführt. Schadstoffgehalte wurden in den Tiefen 0 bis 10 cm, 10 bis 20 cm und tiefer als 20 cm bestimmt. Die chemische Analyse auf Schwermetalle erfolgte in der <20 µm-Fraktion nach DIN EN ISO 17294-2 (E29) bzw. DIN EN 1483 (E12) (Quecksilber). Organische Schadstoffe wurden in der kleiner 2 mm Fraktion mit GC-MSD (PAKs), nach DIN EN ISO 6468-F1 (HCB), bzw. DIN ISO 10382 (weitere SHKW) bestimmt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Erhebung ortskonkreter Sedimentvolumina

In allen beprobten Seitenstrukturen hatten sich erhebliche Mengen an Schwebstoffen abgelagert. Häfen, Altwasser und Altarme zeigten mittlere Sedimentmächtigkeiten von 20 bis mehr als 150 cm, wobei die Dicke der Sedimentauflage innerhalb der Seitenstrukturen stark variierte. Durchgehend geringe Sedimentmächtigkeiten wurden in keinem Fall verzeichnet. Wie mobil die Sedimente sind, ob sie also mit ansteigender Strömungsgeschwindigkeit resuspendiert werden würden, sollte die Messung mit der Erosionsapparatur klären.

Erodierbarkeit der Sedimente

Nur ein Kern aus einem Altwasser bei Damnatz war leicht erodierbar mit einem u^*_{crit} von weniger als 1 cm/s. Mittlere kritische Schubspannungsgeschwindigkeiten zwischen 1 und

2 cm/s, wie sie auch von Bohling[5] und von Humann[6] mit einem vergleichbaren Gerät für Brackwassersedimente bestimmt wurden, wurden in dieser Studie sowohl für Altarme als auch für Altwasser gemessen. Die Schwellenwerte innerhalb einer Seitenstruktur waren dabei häufig ähnlich: Im Altarm Grippel schwankten die u^*_{crit} zwischen 1,17 und 1,51 cm/s ($n=3$) (siehe Abbildung 1), während sie im Altwasser bei Sassendorf ($n=3$) und im Altarm bei Losenrade ($n=2$) immer oberhalb von 2 cm/s lagen. Eine Vorhersage der Erosionsstabilität auf der Basis der Korngrößenverteilung war nicht möglich. Ein Bezug zur Lage der Seitenstrukturen in der Talau konnte ebenfalls nicht abgeleitet werden.

Inwiefern die erzeugten Schubspannungsgeschwindigkeiten tatsächlich in den Seitenstrukturen der Elbe auftreten können, kann aufgrund fehlender Messungen unter realen Bedingungen nur abgeschätzt werden. In fließenden Gewässern beträgt das Verhältnis der mittleren Strömungsgeschwindigkeit ein bis zwei Meter über dem Boden zur Schubspannungsgeschwindigkeit ca. 19:1 [7]. Damit würde ein hier maximal angelegtes u^* von 2,4 cm/s bei einer Fließgeschwindigkeit von ca. 1,65 km/h auftreten. Dies entspricht ungefähr der Fließgeschwindigkeit der Elbe während eines Niedrigwassers, würde also im Falle der Durchströmung einer Seitenstruktur noch deutlich überstiegen werden. Berücksichtigt man weiterhin die gemessenen Sedimentmächtigkeiten von mehr als einem Meter, dann liegt in den Seitenstrukturen teilweise ein erhebliches, unter Hochwasserbedingungen remobilisierbares Sedimentvolumen vor. Inwiefern dies zu einem Risiko für die Elbe werden kann, hängt jedoch primär von der Sedimentbelastung ab.

Sedimentbelastung

Die chemischen Analysen zeigten, dass alle Seitenstruktur-sedimente in einem erheblichen Maße mit verschiedenen Schadstoffen belastet waren. Geringere Belastungen (geringere Anzahl an Schadstoffen, die die oberen Schwellenwerte überschritten) wurden für Bleckede und einzelne Probenahmestationen in den Seitenstrukturen bei Sassendorf, Brandleben, Grippel und Damnatz verzeichnet. In den meisten Fällen wurden jedoch die oberen Schwellenwerte der IKSE-Klassifizierung der Sedimentqualität [8] um ein erhebliches Maß überschritten. In Abbildung 2 werden in verschiedenen Publikationen ermittelte Hintergrundkonzentrationen („BG“ – background) für toxische Metalle und Arsen [3, 9] dem oberen Schwellenwert der IKSE gegenübergestellt. Das Ausmaß der Überschreitungen des jeweiligen oberen Schwellenwertes in allen gemessenen Sedimentproben ist dargestellt. Insbesondere Cadmium, Quecksilber und Zink lagen teilweise weit über den oberen Schwellenwerten der IKSE (2013 gemessene Höchstwerte Cd: 39 mg/kg; Hg: 52 mg/kg; Zn: 3810 mg/kg). In einigen Proben lagen auch PCB in hohen Konzentrationen vor (Höchstwert Summe PCB: 292 µg/kg). p,p-DDT kam i.d.R. nur in Sedimenten von mehr als 10 cm Tiefe in signifikanter Konzentration vor. Häufig jedoch war die tiefste Schicht nicht notwendigerweise die am stärksten kontaminierte. Entgegen der Erwartung, dass sich

hohe historische Kontaminationen in den tiefen Schichten der Seitenstrukturen wiederfinden, waren diese trotz eines ähnlichen Feinkornanteils teilweise geringer belastet als die oberen 20 cm. In einigen Seitenstrukturen könnten bereits in

relativ geringen Tiefen bis 100 cm Sedimente vorliegen, die nicht an Resuspensionsprozessen teilnehmen und vor die Zeit der deutlichen Schadstoffemissionen des letzten Jahrhunderts (z.B. 60er Jahre für PCBs [10]) zu datieren sind.

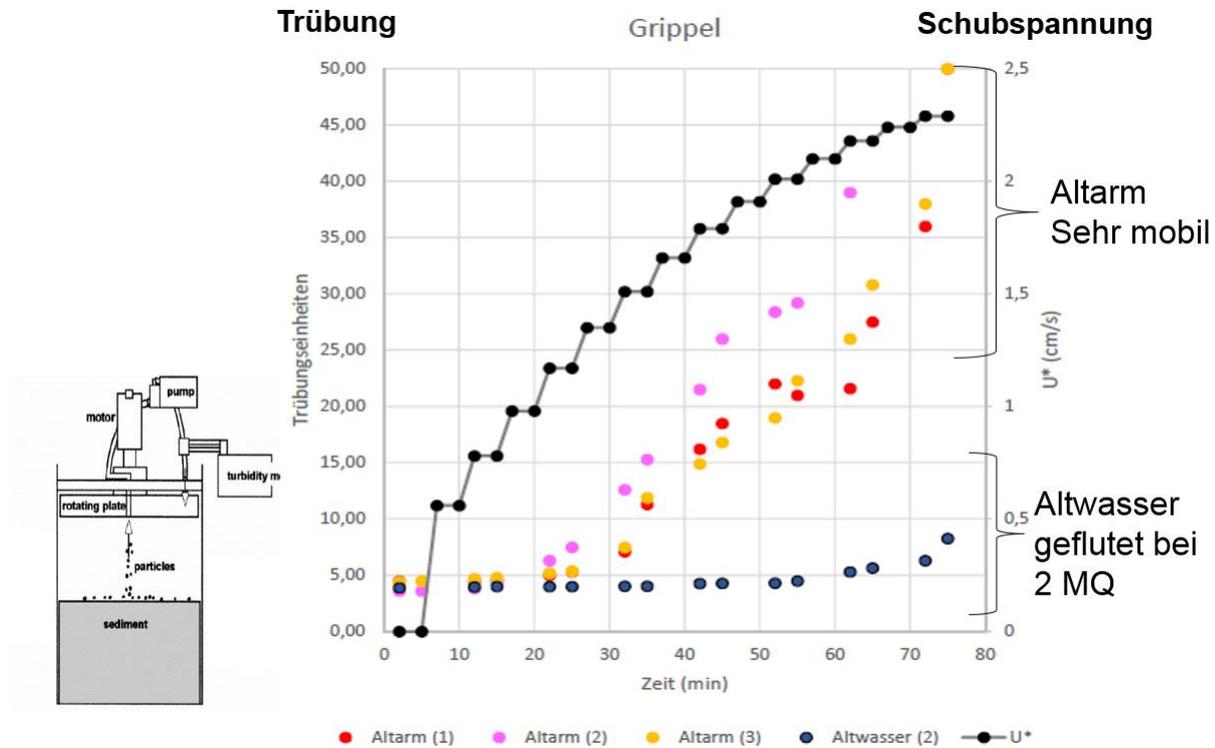


Abb. 1: Vergleich der Erodierungsprofile von drei Sedimentkernen aus einem Altarm und von einem Sedimentkern aus einem Altwasser bei Grippel.

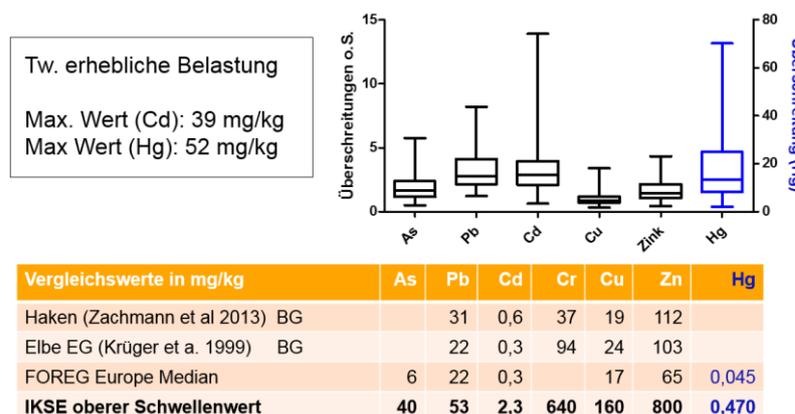


Abb. 2: Überschreitung der in den Seitenstruktursedimenten gemessenen Metall- und Arsen-Konzentrationen im Vergleich zum oberen Schwellenwert der IKSE. Zum Vergleich angegeben sind Abschätzungen von Hintergrundkonzentrationen für die Elbe und für Europäische Sedimente (FOREG).

4. Schlussfolgerung

Die Mächtigkeit der Sedimentschicht und die relativ leichte Erodierbarkeit der Oberfläche könnten auf einen potenziell hohen resuspendierbaren Anteil kontaminierten Materials hinweisen. In dieser Studie konnte nicht ermittelt werden, wie hoch die Sedimentdynamik in den betrachteten Seitenstrukturen war. Es konnten ebenfalls keine „typischen“ Eigen-

schaften von Seitenstrukturen identifiziert werden, die mit erhöhten Belastungen und leichter Erodierbarkeit einhergingen. Der gegenwärtige Wissensstand legt daher nahe, dass Seitenstrukturen individuell betrachtet werden müssen und zurzeit noch keine Verallgemeinerung bzw. Typisierung möglich ist. Zum anderen müssen weitere Daten gesammelt werden, um die Sedimentdynamik besser zu verstehen. Zu

diesem Zweck wurde eine zweite Studie zur Belastung von Seitenstrukturen im Frühjahr 2014 durchgeführt, während der auch einige der Altarme beprobt wurden, die bereits in 2013 Bestandteil der Untersuchung waren. Aufgrund des in der Zwischenzeit erfolgten extremen Hochwassers (Ende Mai/Anfang Juni 2013) erhoffen wir uns aus dem Vergleich der Daten weitere Erkenntnisse, um die dynamischen Prozesse in den Seitenstrukturen besser zu verstehen.

Danksagung

Diese Studie wurde gefördert vom ELSA-Programm der BSU Hamburg. Mein Dank geht weiterhin an alle Mitglieder der Arbeitsgruppe Angewandte Aquatische Ökotoxikologie und an viele Studierende, ohne die die Probennahmen nicht möglich gewesen wären.

Literaturverzeichnis

1. Heise, S., E. Claus, P. Heining, T. Krämer, F. Krüger, R. Schwartz, und U. Förstner, *Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet*. 2005, Hamburg: Im Auftrag der Hamburg Port Authority. 181 Seiten.
http://www.tideelbe.de/files/elbestudie_sedimente_i.pdf
2. Heise, S., F. Krüger, U. Förstner, M. Baborowski, R. Götz, und B. Stachel, *Bewertung der Risiken durch Feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet*. 2007, Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und Hamburg Port Authority, 349 Seiten.
http://www.tideelbe.de/files/elbestudie_ii_mai_2008_klein.pdf
3. Zachmann, D.W., A. van der Veen, and K. Friese, *Floodplain lakes as an archive for the metal pollution in the River Elbe (Germany) during the 20th century*. Applied Geochemistry, 2013. 35(0): p. 14-27.
4. Gust, G. and V. Müller. *Interfacial hydrodynamics and entrainment functions of currently used erosion devices*. 1994. Proceedings 4th Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Conference, Intercoch '94. Wallingford, England.
5. Bohling, B., *Measurements of threshold values for incipient motion of sediment particles with two different erosion devices*. Journal of Marine Systems, 2009. 75(3-4): p. 330-335.
6. Humann, K., *Der Einfluss des Mikrophytobenthos auf die Sedimentstabilität und die Schwebstoffbildung aus Sedimenten im Elbe-Ästuar*, Dissertationsschrift 1996, Universität Hamburg: Hamburg. p. 168.
7. Porter, E.T., L. P. Sanford, G. Gusts, and F. S. Porter, *Combined water-column mixing and benthic boundary-layer flow in mesocosms: key for realistic benthic-pelagic coupling studies*. Marine Ecology Progress Series, 2004. 271: p. 43-60.
8. IKSE, *Sedimentmanagementkonzept der IKSE. Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele*. 2014, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe. Magdeburg. p. 202.
http://www.ikse-mkol.org/fileadmin/download/Abschlussbericht-Sediment/IKSE_Abschlussbericht%20Sediment_web.pdf
9. Krüger, F. and B. Urban, *Heavy metal contaminants on the Elbe River floodplains - chances and limits to prediction of topsoil qualities*. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 2009. 11: p. 1-2.
10. Zennegg, M., et al., *The historical record of PCB and PCDD/F deposition at Greifensee, a lake of the Swiss plateau, between 1848 and 1999*. Chemosphere, 2007. 67(9): p. 1754-1761.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Susanne Heise
Fakultät für Life Sciences
Arbeitsgruppe Angewandte Aquatische Toxikologie
Hamburg University of Applied Sciences
(HAW-Hamburg)
Ulmenliet 20
21033 Hamburg
Tel.: 040 42875 6217