

4 Ereignisanalyse Hochwasser 2013 – Teil Boden

Dr. Ingo Müller, Kati Kardel – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Vorhabens „Ereignisanalyse zum Hochwasser im Jahr 2013 in Sachsen“ erstellt, eine Aktualisierung des Vorhabens <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/12703.htm> folgt.

Hochwasserbedingte Sedimentablagerungen

Unmittelbar nach Rückgang des Hochwassers wurden neben Schäden an Gebäuden und der Infrastruktur auch Ablagerungen von Sedimenten erkennbar. Mit Blick auf die Erfahrungen aus dem Hochwasser 2002 (RANK et al. 2006) bestand der Verdacht, dass für die hochwasserbedingten Ablagerungen von Sedimenten ein schadstoffbedingtes Risiko nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann.

Die Aufgabe des LfULG bestand darin, umgehend Daten zur stofflichen Belastung der Hochflutsedimente zu erheben und auszuwerten. Ziel war es, die aus dem Hochwasserereignis resultierende Gefahr insbesondere für landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen aufgrund der mit den Ablagerungen von Sedimenten einhergehenden organischen bzw. anorganischen Schadstoffeinträge zu bestätigen oder zu widerlegen.

4.1 Untersuchungskampagne

Um sehr zeitnah Ergebnisse vorlegen zu können, erfolgte die Untersuchung in Auen ausgewählter Fließgewässer in zweigeteilter Form (Abbildung 1 mit Tabelle 1). Zunächst wurde ein erstes rasches Screening durchgeführt, gefolgt von einer zweiten, verdichtenden Kampagne.

Ziel des ersten Screenings war es, erste Hinweise auf den stofflichen Zustand der Hochwassersedimente in Abhängigkeit vom Flusseinzugsgebiet zu erhalten. Dazu wurden stichprobenhafte, nicht repräsentative Untersuchungen an Flussgebietsabschnitten in ländlichen Bereichen unter landwirtschaftlicher Nutzung vorgenommen. An 10 Fließgewässern erfolgte an je drei Standorten eine Probenahme der abgelagerten Sedimente, des Oberbodens und des darunter liegenden Unterbodens. Am 21. Juni wurden die Ergebnisse zum ersten Screening über das Internet des LfULG veröffentlicht. Um die dadurch gewonnenen Ergebnisse abzusichern bzw. zu ergänzen, erfolgte in einem zweiten Schritt eine Untersuchung von weiteren 96 Standorten. Hier wurden auch inzwischen eingetroffene Hinweise der Kommunen und Unteren Bodenschutzbehörden auf betroffene Bereiche, teils mit Verdacht auf Schadstoffeinträge, mit aufgenommen. Die Ergebnisse zu diesem zweiten Schritt lagen Ende August 2013 vor.

Im ersten Screening umfasste die chemische Analytik Metalle Arsen (As), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Blei (Pb), Antimon (Sb), Selen (Se), Thallium (Tl) und Zink (Zn) im Königswasserextrakt, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Cyanide und Polychlorierte Biphenyle (PCB). Die in Analytik des 2. Schrittes erfolgte analog zu Schritt 1, allerdings wurde auf Cyanide und PCB verzichtet (weil sich hier kein weiterer Verdacht zeigte) und zusätzlich wurden einzugsgebietsspezifische Metalle Uran (U), Cobalt (Co) aufgenommen und an Einzelproben auch Dioxine (PCDD/F und dl-PCB) untersucht.

Tabelle 1: Bemerkungen zur Abbildung 1

Bemerkung	Gewässer
ohne Untersuchungen bzw. Betroffenheit beim Hochwasser 2002	Weißer Elster, Parthe, Pleiße, Chemnitz, Lausitzer Neiße
Mit stärkerer Betroffenheit als 2002	Zwickauer Mulde
Ähnliche Betroffenheit wie 2002	Elbe, Freiburger Mulde, Zschopau, Vereinigte Mulde
In der zweiten Kampagne zusätzlich	Große Röder, Spree, Bobritzsch

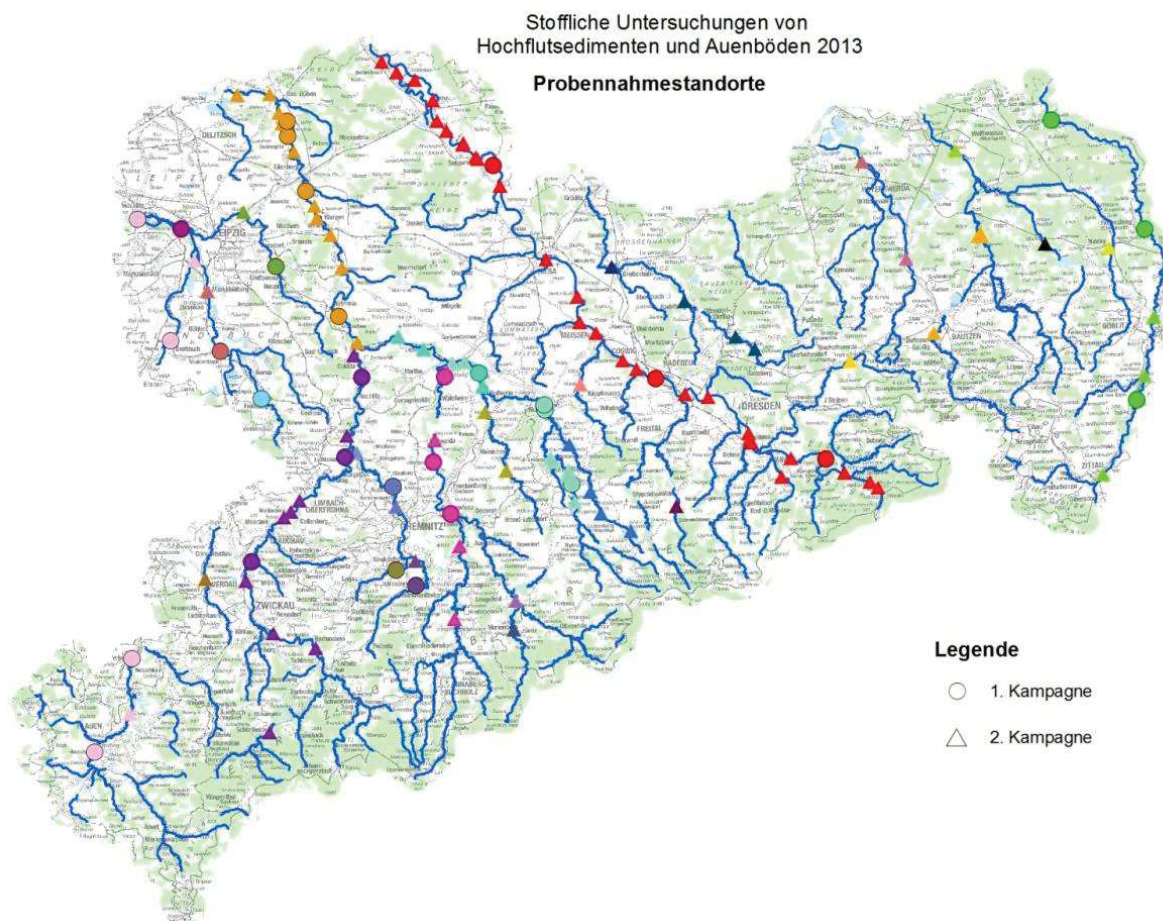


Abbildung 1: Nach dem Hochwasser 2013 untersuchte Auenstandorte sächsischer Fließgewässer

4.2 Ergebnisse

Die Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen, an Benzo(a)pyren als maßgeblichen Vertreter der Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und die Gehalte an Polychlorierten Biphenylen (PCB) sind in den Sedimenten weitgehend unterhalb der Bestimmungsgrenzen; auch die Gehalte an Cyaniden sind unauffällig. Die Gehalte an PCDD/F mit dl PCB (Dioxine und Furane inkl. dioxinähnlicher PCB) sind in fünf von sechs Sedimentproben geringer als in den dazugehörigen Oberböden und liegen allesamt unter 5 ng TEQ/kg TS und damit deutlich unter den „üblichen“ Gehalten von 12- 103 ng TEQ/kg TS (AG Dioxine 2006); die untersuchten Oberböden liegen im „üblichen“ Bereich der Auenböden und maximal bei 13 ng TEQ/kg TS.

Die in den Auen gefundenen Stoffgehalte weisen für die Metalle im Wesentlichen die typischen geochemischen und anthropogenen Muster und Niveaus auf, die bereits aus früheren Untersuchungen bekannt sind (Auenmessprogramm). So finden sich auch bei den Untersuchungen 2013 in den Auen der Fließgewässer, die das Erzgebirge mit seinen Standorten des Bergbaus und Erzverarbeitung und -verhüttung entwässern, stets signifikant höhere Arsen-, Cadmium- und Bleigehalte als in den Auen der übrigen Gewässer. Besonders hohe Konzentrationen finden sich im Bereich der Freiburger Mulde (Tabelle 2).

Tabelle 2: Schadstoffkonzentrationen* [Median in mg kg⁻¹ TM (Anzahl n)] der auf die Auenböden durch das Hochwasser 2013 und 2002 aufgetragenen Sedimente sowie der vom Auftrag betroffenen Oberböden der Auen ausgewählter sächsischer Fließgewässer

	Sediment 2013	Sediment 2002	Oberboden 2013	Oberboden Auenmessprogramm
Zwickauer Mulde				
As	45 (12)	95 (27)	71 (12)	71 (632)
Cd	1,6 (12)	3,6 (26)	2,2 (12)	1,3 (632)
Pb	45 (12)	89 (26)	69 (12)	67 (632)
U	9,8 (9)		11 (9)	8,3 (632)
MKW	< 50 (7)	-	< 50 (7)	-
BaP	< 0,10 (9)	-	0,23 (9)	-
Vereinigte Mulde				
As	65 (14)	140 (29)	91 (14)	88 (2795)
Cd	1,5 (14)	5,0 (29)	3,0 (14)	1,7 (2795)
Pb	130 (14)	257 (29)	190 (14)	170 (2795)
U	3,1 (11)		5,0 (11)	
MKW	< 50 (10)	-	< 50 (10)	-
BaP	< 0,10 (12)	-	< 0,10 (12)	-
Zschopau				
As	50 (7)	92 (27)	130 (7)	120 (456)
Cd	1,1 (7)	3,2 (21)	1,7 (7)	1,0 (456)
Pb	83 (7)	96 (21)	100 (7)	104 (456)
Freiberger Mulde				
As	370 (13)	480 (59)	410 (13)	160 (402)
Cd	7,7 (13)	9,3 (57)	11 (13)	2,8 (402)
Pb	840 (13)	800 (57)	1200 (13)	460 (402)
MKW	< 50 (11)	-	< 50 (11)	-
BaP	0,10 (11)	-	< 0,10 (11)	-
Elbe				
As	10 (29)	22 (40)	21 (29)	21 (988)
Cd	0,43 (29)	2,0 (26)	0,83 (29)	0,73 (988)
Pb	28 (29)	96 (26)	52 (29)	54 (988)
Hg	0,14 (29)	0,53 (40)	0,48 (29)	0,28 (988)

	Sediment 2013	Sediment 2002	Oberboden 2013	Oberboden Auenmessprogramm
MKW	< 50 (20)	-	< 50 (20)	-
BaP	< 0,10 (23)	-	0,31 (23)	-
Neiße				
As	8,5 (6)	-	15 (5)	-
Cd	0,37 (6)	-	1,3 (5)	-
Pb	40 (6)	-	74 (5)	-
Hg	0,11 (6)	-	0,38 (5)	-
Weißer Elster				
As	18 (6)	-	19 (6)	-
Cd	0,73 (6)	-	0,73 (6)	-
Pb	43 (6)	-	61 (6)	-
Hg	0,17 (6)	-	0,25 (6)	-

* Bestimmung der Metalle im Königswasserextrakt, MKW: Mineralölkohlenwasserstoffe, BaP: Benzo(a)pyren

Bei der Probennahme zeigte sich, dass der Flächenumfang und die Mächtigkeit der angetroffenen Sedimente in den erneut betroffenen Auengebieten deutlich geringer waren als 2002. Vergleicht man die mittleren Schadstoffgehalte (Mediane) der auf die Auenböden aufgetragenen Sedimente durch das Hochwasser 2013 mit denen aus dem Jahre 2002, so zeigen sich 2013 bis auf eine Ausnahme hierbei geringere Konzentrationen als im Jahr 2002. Im Mittel liegen die Gehalte in den Sedimenten von 2013 um etwa 50 % unter denen von 2002. Lediglich die Bleikonzentrationen der Sedimentproben aus dem Bereich der Freiburger Mulde lagen im Mittel in 2013 knapp über denen von 2002. Besonders deutlich ist der Unterschied (-70 %) bei den Cadmiumkonzentrationen im Bereich der Zschopau, Vereinigten Mulde und Elbe. Für die Elbe trifft das auch für die Elemente Blei und Quecksilber zu, während sich im Bereich der Freiburger Mulde insgesamt nur ein Unterschied von ca. 20 % von 2002 zu 2013 bei allen genannten Elementen findet.

Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen in den Sedimentausträgen nach dem Hochwasser 2013 mit den Konzentrationen in den direkt darunter liegenden Oberböden in den Auen deutet ebenfalls auf abnehmende Gehalte in den Sedimenten im Zeitverlauf hin. Im Mittel erreichen die Gehalte im Sediment nur ca. 70 % des Niveaus in den Oberböden. Auch hier ist dieser Unterschied im Bereich der Elbe besonders stark (-50 %) und im Bereich der Freiburger Mulde eher wenig (-15 %) ausgeprägt.

Ein Vergleich mit den mittleren Stoffgehalten in Auenböden, die durch intensive Beprobung von 2000 bis 2006 im Rahmen des Auenmessprogramms des LfULG (KARDEL & RANK 2008) erhoben wurden, weist für die Oberbodenproben aus 2013 im Mittel auf etwas höhere Stoffgehalte hin. Erhebliche Abweichungen zeigen sich hier für den Bereich der Freiburger Mulde, für die 2013 in der Regel zwei- bis vierfach höhere Werte gefunden wurden als im Auenmessprogramm. Für den Bereich der Elbe finden sich hingegen zumeist nur wenig höhere Werte (+20 %) in den Proben aus 2013.

Untersuchungen der Bachsedimente (GREIF et al. 2003) und auch das Auenmessprogramm (KARDEL & RANK 2008) belegen, dass sich aufgrund der geochemischen Ausstattung und Vererzung im Erzgebirge und Teilen des Vogtlandes sowie der nachfolgenden Nutzung der Erzlagerstätten durch den Menschen (GREIF 2013) höhere Arsen-, Cadmium- und Bleikonzentrationen in den Auenböden der dieses Gebiet entwässernden Fließgewässer finden. Diese Einflüsse prägten nachhaltig die Belastungssituation insbesondere der Freiburger

ger Mulde, der Zwickauer Mulde sowie der Vereinigten Mulde und zeigten sich auch in der kartografischen Darstellung der Ergebnisse der Untersuchung in 2013 (Abbildung 2).

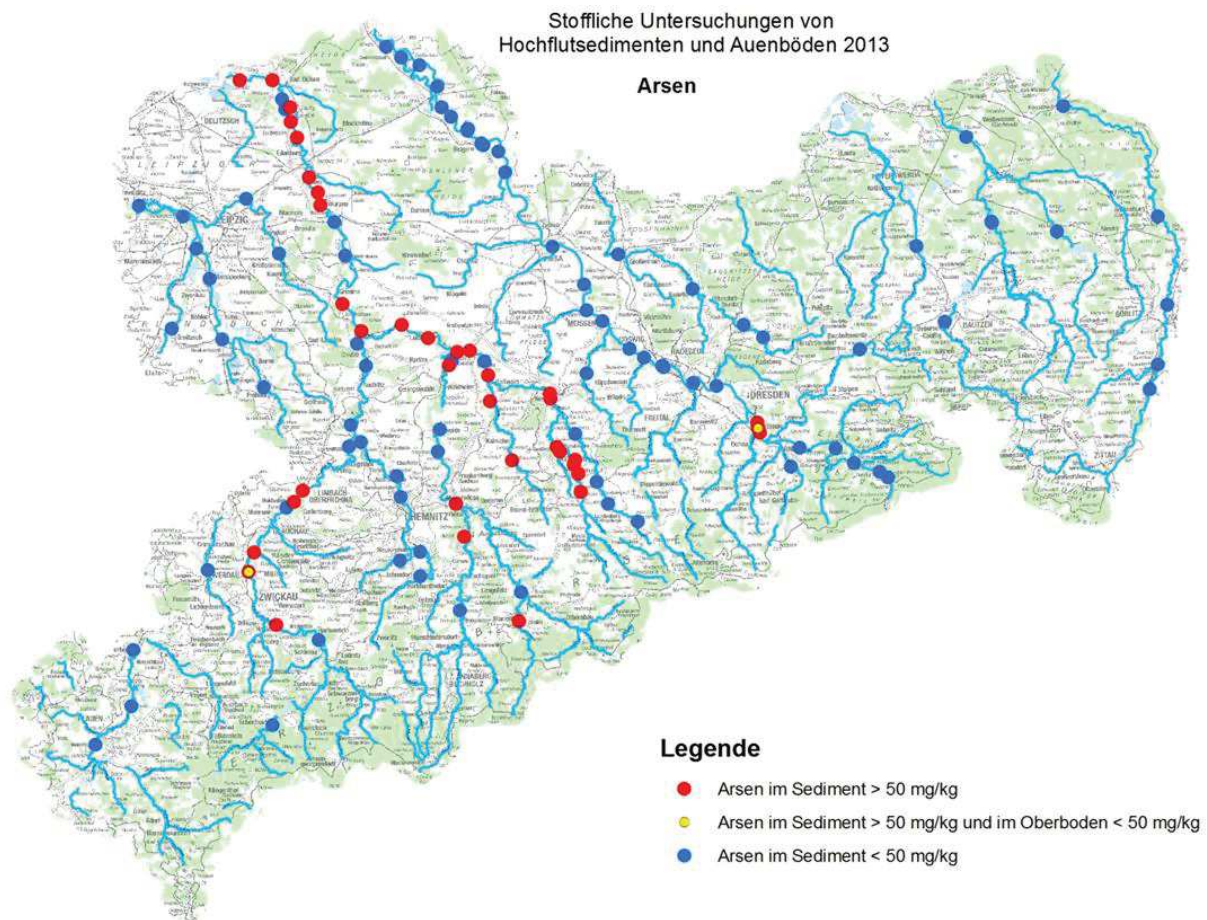


Abbildung 2: Lokalisierung von Proben mit erhöhten Arsenkonzentrationen nach dem Hochwasser 2013

Noch 2002 zeigte sich in der Freiburger Mulde nach dem Passieren der Halden im Bereich Muldenhütten ein erheblicher Schadstoffeintrag in die Sedimente und die daraus entstandenen Auenböden (RANK et al. 2006), der 2013 nach den erfolgten Sicherungsmaßnahmen am Haldenfuß im Nachgang des Ereignisses von 2002 nicht mehr festzustellen war (Abbildung 3). Mit Blick auf die Sedimente und die damit verbundene Schadstofffracht in 2013 ist festzustellen, dass diese zwar den geochemisch bekannten Signaturen folgt, aber insgesamt deutlich geringere Mengen und Konzentrationen aufweist als 2002.

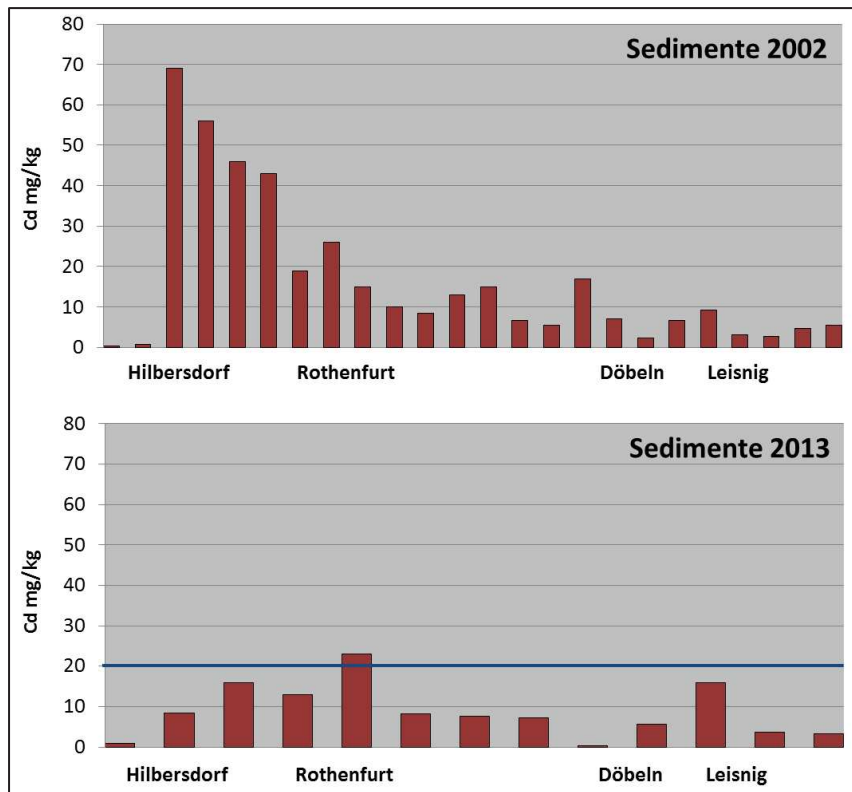


Abbildung 3: Cadmiumkonzentrationen in den durch das Hochwasser 2002 und 2013 abgelagerten Sedimenten im Verlauf der Freiburger Mulde vor dem Eintritt in das Freiburger Bergbaurevier bis hin zur Mündung in die Vereinigte Mulde

4.3 Diskussion und Schlussfolgerungen

Auenböden entstehen aus Gewässersedimenten und weisen bereits naturbedingt gegenüber den Böden in ihrem Einzugsgebiet höhere Metallgehalte auf. Die Gründe liegen in den Bodenbildungsprozessen an der Schnittstelle zwischen Fließgewässer, subhydrischen, semiterrestrischen und terrestrischen Böden. Die höheren Gehalte gehen einher mit Anreicherungen an organischer Substanz und finden sich zudem oftmals in der feinen Korngrößenfraktion. Zugleich sind die Stoffgehalte von Auenböden ein geochemisches Abbild ihres Einzugsgebietes. Extreme Hochwasserereignisse können andere Prozesse auslösen als jährliche Hochfluten. Neben dem besonders intensiven Mitreißen von Sediment der Gewässersohle und Material des Uferbereichs sind hier auch beispielsweise Überflutungen von Industrie- und Siedlungsbereichen, Abwasserbehandlungsanlagen oder das Abspülen und Mitreißen von ufernahen Ablagerungen, z. B. Halden, zu nennen. Auch die Erosionsprozesse auf den Böden im Einzugsgebiet können aufgrund der in der Regel extremen Niederschlagsereignisse, die dann zum Hochwasser führen, anders und heftiger verlaufen. Zum Beispiel kann Erosionsmaterial, das bei moderaten Ereignissen an Feldrainen oder den Uferrandstreifen zurückgehalten wird, bei Extremereignissen direkt in das Gewässer gelangen.

2013 zeigten die Untersuchungen, dass trotz des Ausmaßes des Ereignisses weder die Stoffsignaturen noch die Höhe der Schadstoffkonzentrationen wesentlich von denen der üblichen eingetragenen Sedimente abweichen. Einträge durch Überflutung von Industrie- und Siedlungsbereichen waren allenfalls im direkten Abstrombereich und nur punktuell erkennbar.

Aufgrund der Untersuchungen der Oberboden ist festzustellen, dass insgesamt die Schadstoffkonzentration der regelmäßig abgelagerten Sedimente im Zeitverlauf seit 2002 zurückgegangen ist. Die im Vergleich zum Auenmessprogramm gefundenen höheren Konzentrationen in den Auenböden beruhen auf systematischen Abweichungen. Während im Rahmen des Auenmessprogramms die Proben über die gesamte Aue verteilt und in regelmäßigen Abständen entnommen wurden, wurden 2013 ganz gezielt Bereiche beprobt, die vom Hochwasser betroffen waren und bei denen Sedimentablagerungen angetroffen wurden. Im zweiten Teil der Kampagne zudem auch Bereiche, für die die Unteren Bodenschutzbehörden Befürchtungen auf Schadstoffeinträge geäußert hatten. Insofern erscheint das leicht höhere Konzentrationsniveau der Untersuchung aus 2013 gegenüber den die Gesamtsituation der Auen weit besser beschreibenden Daten des Auenmessprogramms nachvollziehbar.

Ähnlich wie 2002 (RANK et al. 2006) ist festzustellen, dass es Auenbereiche sächsischer Fließgewässer gibt, in denen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass die Arsenkonzentrationen im Boden den in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) festgelegten Maßnahmenwert im Hinblick auf den Transfer in Nahrungs- und Futterpflanzen überschreiten, mithin also den Verdacht auf eine schädliche Bodenveränderung begründen können. Die konkreten Informationen wurden den Bodenschutzbehörden zur Verfügung gestellt. Alle betreffenden Bereiche sind im Landesentwicklungsplan (LEP 2013) im landesweiten Kartenmaßstab dargestellt und finden somit Eingang in nachfolgende Planungs- und Vollzugsaufgaben. Hinweise zum Umgang mit diesen schadstoffbelasteten Flächen finden sich z. B. bei KLOSE (2013) oder LfUG (2006), speziell für arsenbelastete Böden auch bei KAUFMANN et al. 2013.

Die Ursachen der Bodenbelastung insbesondere im Bereich der Zwickauer, Freiburger und Vereinigten Mulde sind jedoch im historischen und nicht im aktuellen Auftragsgeschehen begründet. Vielmehr liegen die Konzentrationen der aktuell aufgetragenen Sedimente unter denen der davon betroffenen Oberböden, sodass für einzelne Auenabschnitte abnehmende Konzentrationen im Zeitverlauf zu erwarten sind.

4.4 Literatur

- RANK, G.; KARDEL, K.; WEIDENDÖRFER, H. (2006): Geochemische Untersuchungen an den Hochflutschlämmen in Sachsen in Verbindung mit dem Hochwasserereignis 2002. In: Das Elbe-Hochwasser 2002, Geologisches Jahrbuch Reihe C, Band C 70, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 95 – 114.
- GREIF, A.; PÄLCHEN, W.; RANK, G.; WEIDENDÖRFER, H. (2003): Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen, Teil 2, Spurenelemente in Bachsedimenten. – Materialien zum Bodenschutz, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- RANK, G.; PÄLCHEN, W.; KARDEL, K. (2009): Geochemisches Naturraumpotential. In: Pälchen, W. (Hrsg.): Geologie von Sachsen II: Georessourcen, Geopotentiale, Georisiken. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 233-249.
- KARDEL, K.; RANK, G. (2009): Geochemische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1:400 000 – Arsen im Oberboden, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), ISBN 978-3-86807-899-2
- LEP (2013): Landesentwicklungsplan 2013 des Freistaates Sachsen, veröffentlicht am 30. August 2013 im Sächsischen Gesetz- und Verordnungsblatt 11/2013.
<http://www.landesentwicklung.sachsen.de/11117.htm>
- GREIF, A. (2013): Studie zur Charakterisierung der Schadstoffeinträge aus den Erzbergbaurevieren der Mulde in die Elbe. Abschlussbericht, i. R. „Schadstoffsanierung Elbesedimente – ELSA“, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, S. 163.