Das Messprogramm Extremereignisse beim Junihochwasser der Elbe 2013

Schadstoffkonzentrationen und –frachten

Schwebstoff / Probenahme mit Zentrifuge am 7.6.2013 in Wittenberg.

Herausgeber:
Flussgebietsgemeinschaft Elbe

Impressum

Gemeinsamer Bericht der Bundesländer der Flussgebietsgemeinschaft Elbe:

Freistaat Bayern
Land Berlin
Land Brandenburg
Freie und Hansestadt Hamburg
Land Mecklenburg-Vorpommern
Land Niedersachsen
Freistaat Sachsen
Land Sachsen-Anhalt
Land Schleswig-Holstein
Freistaat Thüringen

und der Bundesrepublik Deutschland

Redaktion: Arbeitsgruppe Oberflächengewässer (AG OW) der FGG Elbe

Koordinierung: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Foto Deckblatt: Thomas Krämer (BfG)

Stand: Oktober 2014

Bearbeitung: Dr. Daniel Schwandt (BfG)
Dr. Gerd Hübner (BfG)

Zusammenfassung

Das Junihochwasser 2013 im Einzugsgebiet der Elbe war ein Extremhochwasser. Die chemische Beschaffenheit/Belastung von Wasser und Schwebstoff bei diesem Hochwasser wurde ab dem 3.6.2013 durch die zuständigen Landesbehörden und kooperierende Institutionen an den im Messprogramm Extremereignisse abgestimmten Messstellen an Elbe, Mulde, Saale und Havel untersucht. Im Vergleich mit Sondermessprogrammen bei den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 sind der relativ frühe Beginn der Messungen, die räumliche und zeitliche Breite sowie die hohe Probenahmefrequenz insbesondere der Schwebstoffuntersuchungen hervorzuheben. Die Ergebnisse werden im zeitlichen Verlauf des Hochwassers dargestellt und mit dem Jahr 2012 sowie den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 verglichen.

Kritische Sauerstoffkonzentrationen traten an der Messstelle Toppel, Havel, vom 27.-30.6. als Resultat der Rückflüsse sauerstoffarmen Wassers auf (Havelpolder). Die Schwebstoffkonzentration war hochwassertypisch an fast allen Messstellen erhöht.
Die im Jahr 2012 ermittelten Maxima für die Schwermetall- bzw. Arsenkonzentration im unfiltrierten Wasser wurden während des Junihochwassers 2013 teilweise um ein Vielfaches übertroffen, z.B. an der Elbe in Schmilka/Bad Schandau für Kupfer, Blei, Nickel und Chrom sowie an der Mulde in Dessau für Cadmium, Quecksilber, Blei und Arsen. Stark erhöhte Konzentrationen (höher als 2012 und beim Hochwasser 2002/2006) im Schwebstoff wurden in Wittenberg für Arsen, in Seemannshöft für Kupfer und Quecksilber sowie an der Mulde in Dessau für Blei und Arsen gemessen.
Organische Spurenstoffe wurden ebenfalls mit stark erhöhten Konzentrationen im Schwebstoff nachgewiesen: in Wittenberg α-, β- und δ-HCH sowie p,p`-DDE, in Magdeburg α-, β-, γ- und δ-HCH, in Seemannshöft p,p`-DDT, o,p`-DDT, Dibutylzinn, Monooctylzinn, Dioctylzinn und an der Mulde in Dessau p,p`-DDD.
Offensichtlich ist es zu einer hochwasserbedingten Remobilisierung von Altsedimenten gekommen, die zu einer zusätzlichen Schadstoffverfrachtung geführt hat.

Das Junihochwasser 2013 der Elbe war mit dem Transport erheblicher Schadstofffrachten verbunden. Für den Zeitraum 3.-20.6.2013 wurden Tagesfrachten geschätzt und zu einer Hochwasserfracht aufsummiert. Die größten Cadmium-, Kupfer-, Uran- und Arsenfrachten der betrachteten Messstellen wurden für Magdeburg berechnet, im Fall von Quecksilber, Zink und Blei die zweitgrößten Frachten. Die größte Bleifracht war bei Schmilka/Bad Schandau zu verzeichnen.
Bezogen auf die Jahresfracht 2012 an der jeweiligen Messstelle erreichte die Hochwasserfracht 2013 häufig einen hohen prozentualen Anteil, in einzelnen Fällen wurde die Jahresfracht 2012 deutlich übertroffen.
Die scheitelnahe 7-Tages-Fracht von Schwermetallen und Arsen war 2013 an der Messstelle Magdeburg bei einer etwa 20 % größeren Durchflussmenge lediglich für Cadmium etwas höher als bei beiden Hochwasserereignissen 2006 und 2002.

Bei der Weiterentwicklung des Messprogramms Extremereignisse sollte die lückenlose Beprobung der scheitelnahen Tage sowie die Schwebstoffprobenahme an den Messstellen Schmilka (Elbe) und Rosenburg (Saale) bzw. deren Ersatzmessstellen besondere Beachtung finden.

Inhalt

Zusammenfassung…… 3

1. Messprogramm …… 5

2. Schadstoffkonzentration…… 6
2.1 Vorbemerkung…… 6
2.2 Feldmessung und Anionen/Kationen…… 7
2.3 Abfiltrierbare Stoffe und TOC/DOC…… 7
2.4 Schwermetalle und Arsen…… 8
2.4.1 Wasser: zeitlicher Verlauf und Vergleich mit 2012…… 8
2.4.2 Wasser: Vergleich mit vorhergehenden Hochwasserereignissen…… 10
2.4.3 Schwebstoff: zeitlicher Verlauf und Vergleich mit 2012…… 10
2.4.4 Schwebstoff: Vergleich mit vorhergehenden Hochwasserereignissen…… 12
2.5 Organische Spurenstoffe…… 13
2.5.1 Hexachlorcyclohexan (α-, β-, γ-, δ-HCH)…… 13
2.5.2 DDT / DDD / DDE…… 14
2.5.3 Dioxine/Furane…… 15
2.5.4 Zinnorganische Verbindungen…… 16

3. Frachtschätzung…… 17
3.1 Methodik…… 17
3.2 Ereignisfracht 2013…… 18
3.3 Relation zur Jahresfracht 2012…… 22
3.4 Vergleich mit den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 …… 23

4. Schlussfolgerungen für das Messprogramm Extremereignisse…… 24

5. Literatur/Quellen…… 24

Anhang: A1-A10

Abb. 1: Probenahme mit Zentrifuge an der Muldebrücke in Dessau (Foto: LHW Sachsen-Anhalt)

1. Messprogramm

Das Junihochwasser 2013 war ein Extremhochwasser. Großräumiger langanhaltender Starkregen gelangte Ende Mai/Anfang Juni auf Böden mit hoher Vorfeuchte schnell zum Abfluss. Die Hochwasserwelle der oberen Elbe erfuhr durch die hochwasserführenden Hauptzuflüsse Mulde und Saale (teilweise Wellenüberlagerung) eine erhebliche Aufhöhung. An der Weißen Elster, der Saale und an der Elbe unterhalb von Wittenberg wurden neue Wasserstandshöchstwerte seit Beginn regelmäßiger Pegelaufzeichnungen registriert (BFG 2013a).

Am 3.6.2013 wurde nach Überschreitung der Auslöseschwellen an den Pegeln Schöna (Elbe), Halle-Trotha (Saale) und Bad Düben (Mulde) das Messprogramm Extremereignisse gestartet. Arbeitsgrundlage aller Beteiligten (Tab. 1) war das nach den Erfahrungen der Hochwasserereignisse 2002 und 2006 gemeinsam erarbeitete Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe (FGG ELBE 2012), das nach einem Probelauf im Juli 2010 nun seine erste Bewährungsprobe hatte.

Hochwasserbedingt konnten nicht alle Messstellen erreicht werden. Die vorherige Festlegung von Ersatzmessstellen (Abb. 2) erwies sich als sehr hilfreich. Standorte zum Zentrifugenbetrieb waren an Saale und Havel nicht erreichbar. Die Gewässergütemessstation in Schmilka wurde durch das Hochwasser bereits am 3.6.2013 außer Betrieb gesetzt. Aus logistischen Gründen konnten aus Geesthacht nur Rückstellproben (Filterrückstand) analysiert werden.

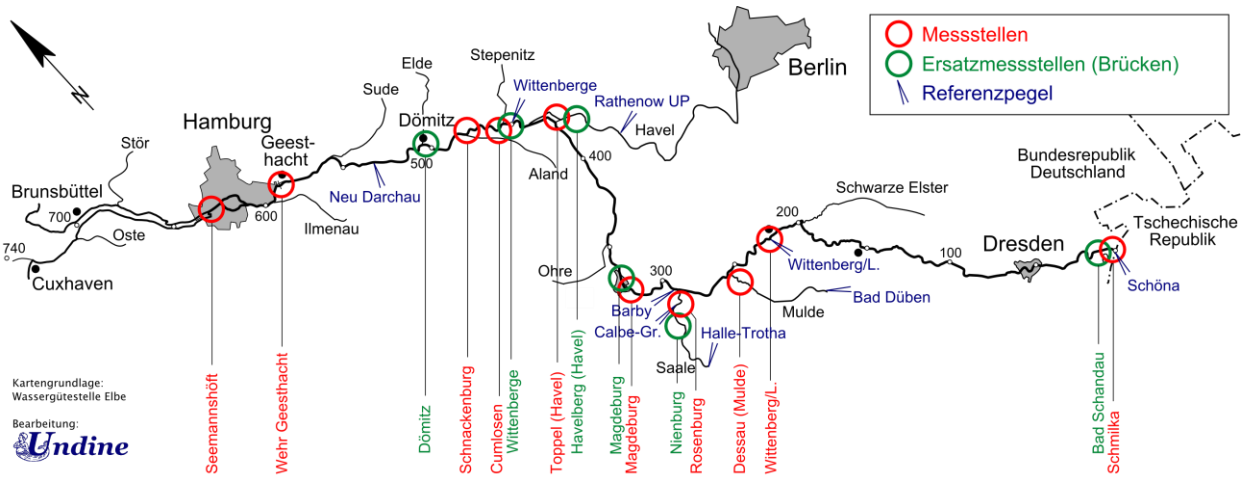


Abb. 2: Karte der Messstellen/Ersatzmessstellen und Referenzpegel des Messprogramms Extremereignisse an der Elbe

Die Probenahme begann am 3./4.6.2013 (für Toppel, Havel, am 6.6.) und endete gemäß der hydrologischen Situation bzw. fließzeitversetzt zwischen dem 17.6. (letzte Schwebstoffmessung in Dessau, Mulde) und dem 1.7. (Seemannshöft; Toppel, Havel). In diesen Zeitraum fiel am 10.6. ein regulärer Probenahmetermin und am 11.6. eine Hubschrauber-Längsprofilbeprobung der Tideelbe gemäß Koordiniertem Elbemessprogramm (KEMP) 2013.

Im Messprogramm Extremereignisse wurden Wasser und Schwebstoff auf eine Auswahl der im KEMP enthaltenen Kenngrößen untersucht (Wasser: u.a. Feld-Kenngrößen, Nährstoffe, [Schwer-]Metalle, organische Spurenstoffe; Schwebstoff: u.a. Schwermetalle, schwerflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe [SHKW] und zinnorganische Verbindungen). Probenahmen und Laboranalysen erfolgten durch die zuständigen Landesbehörden in Sachsen (BfUL),

Sachsen-Anhalt (LHW), Brandenburg (LUGV, LLBB), Niedersachsen (NLWKN), Hamburg (HU) sowie das UFZ und die BfG.

Tab. 1: Messstellen und Zeitraum der Probenahme beim Junihochwasser 2013

Messstelle (Ersatzmessstelle)	Institution	Kompartiment	Start	Ende	Bezugspegel	Bemerkung
Schmilka (Bad Schandau)	LfULG [SN]	Wasser	3.6.	20.6.	Schöna	ab 4.6. Messung in Bad Schandau
Schmilka	LfULG [SN]	Schwebstoff	3.6.	3.6.		Ausfall Messstation
Wittenberg/L.	LHW [ST]	Wasser	3.6.	24.6.	Wittenberg	am 24.06. nur Feld-Kenngrößen
	LHW [ST], BfG	Schwebstoff	3.6.	20.6.		
Dessau, Mulde	LHW [ST]	Wasser	3.6.	24.6.	Priorau	am 24.06. nur Feld-Kenngrößen
	LHW [ST]	Schwebstoff	3.6.	17.6.		
Rosenburg, Saale	LHW [ST]	Wasser	3.6.	24.6.	Calbe-Grizehne	
Magdeburg (Magdeburg-Sternbrücke u.a.)	LHW [ST]	Wasser	3.6.	24.6.	Magdeburg-Strombrücke	am 24.06. nur Feld-Kenngrößen
	UFZ	Wasser	3.6.	16.6.		andere Methode Schwer-metallanalytik
Magdeburg (Magdeburg, rechts)	LHW [ST]	Schwebstoff	4.6.	20.6.		
Toppel, Havel	LHW [ST]	Wasser	6.6.	1.7.	Havelberg-Stadt	
Wittenberge	UFZ	Wasser	4.6.	6.6.	Wittenberge	ab 7.6. kein Zugang zur Messstelle; andere Methode Schwermetallanalytik
Cumlosen	LUGV [BB]	Wasser	3.6.	19.6.	Wittenberge	Tagesmischproben
	LUGV [BB]	Schwebstoff	3.6.	19.6.		
Schnackenburg (Dömitz)	NLWKN [NI]	Wasser	4.6.	28.6.	Wittenberge (Q) Dömitz (W)	
	NLWKN [NI]	Schwebstoff	4.6.	28.6.		
Wehr Geesthacht	BfG	Schwebstoff	31.5.	30.6.	Neu Darchau	Filterrückstand Tagesmisch-proben Wasser (Rückstell-proben)
Seemannshöft	HU [HH]	Wasser	4.6.	1.7.	Neu Darchau	
	HU [HH]	Schwebstoff	4.6.	1.7.		

2. Schadstoffkonzentration

2.1 Vorbemerkung

Mit dem Messprogramm Extremereignisse wurde eine Fülle von Daten zum Junihochwasser 2013 erhoben. Im Vergleich mit Sondermessprogrammen bei den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 sind der relativ frühe Beginn der Messungen und die räumliche und zeitliche Breite hervorzuheben. Die Probenahmefrequenz war bei den Schwebstoffuntersuchungen bemerkenswert hoch.

Die Ergebnisse des Messprogramms Extremereignisse, auf die sich diese Darstellung bezieht, sind auf der Informationsplattform Undine (http://undine.bafg.de/servlet/is/21318/) als öffentlich abrufbare PDF-Dokumente eingestellt.

Nachfolgend wird ein Überblick über die Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheit im Verlauf des Hochwasserereignisses gegeben. Nähere Berücksichtigung finden ausgewählte Stoffe oder Stoffgruppen, deren Konzentrationen außerhalb der gewöhnlichen Schwankungsbreite lagen.

Für die statistische Auswertung und grafische Darstellung wurden Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der Hälfte des Wertes der Bestimmungsgrenze angenommen. Die vergleichenden grafischen Ergebnisdarstellungen im Anhang beschränken sich auf den engeren Hochwasserzeitraum 3.-20.6.2013 mit der besten Datenlage.

Zur Einordnung der Messergebnisse bot sich der Vergleich mit den Verhältnissen im Jahr 2012 an, in dem im Elbegebiet kein extremes Hoch- oder Niedrigwasserereignis auftrat. Die Daten für den Vergleich mit der Wasser- bzw. Schwebstoffbeschaffenheit im Jahr 2012 wurden im Wesentlichen dem FIS-Datenportal der FGG Elbe (http://www.elbe-datenportal.de/) entnommen. Für die Messstation Schmilka wurden Messwerte vom rechten Ufer zugrunde gelegt. Ein Vergleich mit den extremen Hochwasserereignissen 2002 (Sommerhochwasser) und 2006 (Frühjahrshochwasser) wurde bei entsprechender Datenverfügbarkeit vorgenommen.

2.2 Feldmessung und Anionen/Kationen

Die Probenahme des Flusswassers wurde gewöhnlich von Feldmessungen der Wassertemperatur, des pH-Werts, der elektrischen Leitfähigkeit und des Sauerstoffgehalts begleitet. Die Wassertemperatur stieg bis etwa 21.6.2013 (Toppel, Havel, Maximum: 24,8 °C) langsam an, in den letzten Junitagen nahm sie im Einklang mit der Lufttemperatur deutlich ab. Kritische Sauerstoffkonzentrationen traten an der Messstelle Toppel, Havel, vom 27.-30.6.2013 (Minimum am 29.6. mit 1,7 mg/l) als Resultat der Rückflüsse sauerstoffarmen Wassers auf (Havelpolder).

Abb. 3: Hochwasserbeprobung in Magdeburg (Fotos: LHW Sachsen-Anhalt)

Hochwassertypisch nahm die elektrische Leitfähigkeit zum Hochwasserscheitel hin ab und stieg anschließend wieder auf das Ausgangsniveau. Das gleiche Verdünnungsphänomen war für Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Chlorid und Sulfat zu beobachten.

2.3 Abfiltrierbare Stoffe und TOC/DOC

Die Schwebstoffkonzentration war hochwassertypisch an fast allen Messstellen erhöht. Die gemessene Höchstkonzentration abfiltrierbarer Stoffe nahm von Schmilka bis Schnackenburg/ Dömitz elbabwärts ab (Anh. A1). Die höchsten Werte traten in Schmilka zu Beginn der Messungen am 3./4.6.2013, drei bzw. zwei Tage vor dem Hochwasserscheitel auf. An den übrigen Messstellen wurden die Höchstwerte ebenfalls vor dem Scheitel oder sehr scheitelnah gemessen. Nach Durchgang des Hochwasserscheitels erfolgte gewöhnlich ein starker Konzentrationsrückgang. Die Maximalwerte der Hochwasserereignisse 2002 und 2006 werden in Schmilka überschritten, in Magdeburg erreicht. In Wittenberg wurde die Höchstkonzentration des Hochwassers 2002 hingegen deutlich unterschritten.

Das zeitliche Auftreten der Höchstkonzentrationen des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) im unfiltrierten Wasser korrespondierte an den meisten Messstellen mit den Höchstwerten der abfiltrierbaren Stoffe. An den Messstellen Toppel (Havel) und Cumlosen (unterhalb der Havelmündung) erreichten TOC und der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) zeitgleich ihre Höchstkonzentrationen mehrere Tage nach den Höchstwerten der abfiltrierbaren Stoffe. Der TOC im Schwebstoff zeigte fast über den gesamten Zeitverlauf der Messreihe relativ geringe Schwankungen (bis auf Schnackenburg/Dömitz und Seemannshöft) und stiegt zum 20.6.2013 bzw. zum 17.6.2013 sehr stark an (nicht in Schnackenburg/Dömitz) (Anh. A1).

2.4 Schwermetalle und Arsen

Für einige im Elbegebiet besonders relevante Schwermetalle (Cadmium, Quecksilber, Blei, Zink) und für Arsen finden sich im Anhang A2-A6 grafische Ergebnisdarstellungen, die neben den in Wasserproben gemessenen Konzentrationen auch die Ergebnisse der Schwebstoffanalysen wiedergeben.

2.4.1 Wasser: zeitlicher Verlauf und Vergleich mit 2012

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die während des Hochwassers aufgetretenen maximalen Schwermetallkonzentrationen im Oberflächenwasser. Hochwassertypisch traten in den unfiltrierten Wasserproben erhöhte Schwermetallkonzentrationen auf. Diese übertrafen die an den entsprechenden Messstellen ermittelten Maxima des Jahres 2012 teilweise um ein Vielfaches, insbesondere an der Elbe bei Schmilka/Bad Schandau und an der Mulde in Dessau.

Bei Schmilka/Bad Schandau betrug das Maximum der Chrom-Konzentration in der unfiltrierten Probe das 12,5-fache des Maximums aus dem Jahr 2012, die Blei-Spitzenkonzentration war über 6-fach höher, die des Cadmiums 5-fach. Die Spitzenkonzentration von Kupfer, Quecksilber, Zink und Nickel war gegenüber dem Vorjahresmaximum 3- bis 4-fach erhöht. Diese in Schmilka/Bad Schandau gemessenen Höchstkonzentrationen übertrafen die Spitzenkonzentrationen an allen anderen Elbe-Messstellen und stellen für Kupfer, Nickel und Chrom auch die höchsten im Elbegebiet während des Hochwassers festgestellten Konzentrationen dar (Tab. 2). Die erwähnten Maxima wurden im Zeitraum 3.-5.6.2013 vor dem Hochwasserscheitel am Bezugspegel Schöna (6.6.) gemessen (Anh. A2-A6) und sind im Zusammenhang mit der sehr hohen Konzentration abfiltrierbarer Stoffe in diesen Proben zu sehen (Anh. A1).

An der Mulde bei Dessau lag die Spitzenkonzentration in den unfiltrierten Wasserproben gegenüber dem Maximum des Jahres 2012 bei Blei über 12-fach, bei Quecksilber 6-fach, bei Kupfer 3,5-fach und bei Cadmium, Chrom und Arsen 2- bis 3-fach höher. Die hier gemessenen Spitzenwerte von Cadmium, Blei und Arsen wurden an keiner anderen Stelle des Hochwassermessprogramms auch nur annähernd erreicht (Tab. 2). Alle erwähnten Konzentrationsmaxima traten am 5.6.2013 auf, einen Tag nach dem Hochwasserscheitel am Bezugspegel (Anh. A2-A6).

An der Saale bei Rosenburg erreichten die Schwermetallkonzentrationen in den unfiltrierten Wasserproben während des Hochwassers im Fall von Cadmium, Kupfer, Zink, Blei und Uran nicht das Maximum des Jahres 2012. Die höchste Quecksilberkonzentration von 0,2 µg/l (6.6.2013, einen Tag vor dem Hochwasserscheitel am Bezugspegel) liegt über dem Maximalwert von 2012 (0,16 µg/l), markiert den höchsten Wert aller Messstellen des Hochwassermessprogramms und zeigt den Einfluss der Saale auf die Quecksilberbelastung der Elbe in Magdeburg und weiter flussabwärts.

Im Fall der Havel bei Toppel befanden sich die Schwermetall-Messwerte insgesamt auf einem relativ niedrigen Niveau. Die Maxima des Jahres 2012 wurden infolge der Flutung der Havelpolder und des Deichbruchs bei Fischbeck während des Hochwassers kurzzeitig deutlich übertroffen. Die nach Beginn der Havelpolderflutung in Toppel/Havel am 10.6.2013 gemessenen

Höchstwerte sind dem zufließenden Elbewasser zuzuordnen. Der eigene Beitrag der Havel zur Schwermetall-/Arsenbelastung der Elbe während des Hochwassers kann als unbedeutend gelten.

Tab. 2: Maximale Konzentration [µg/l] von Schwermetallen und Arsen im **Wasser** (Einzelproben) während des Elbe-Hochwassers (3.6.-1.7.2013) und im Jahr 2012 (ges. = unfiltrierte Probe, gel. = filtrierte Probe, k.D. = keine Daten; Maximum aus beiden Datensätzen jeweils rot hervorgehoben)

		Schmilka / Bad Schandau	Wittenberg	Magdeburg (links)	Schnacken-burg / Dömitz	HH-Seemannshöft	Dessau - Mulde	Rosenburg - Saale	Toppel - Havel
Cd ges.	HW 2013	0,50	0,27	0,34	0,41	0,22	**1,30**	0,21	0,14
Cd ges.	2012	0,10	0,13	0,30	0,35	0,14	0,51	0,71	0,02
Cd gel.	HW 2013	<0,03	0,04	0,07	0,12	0,02	**0,46**	0,08	0,02
Cd gel.	2012	<0,03	0,04	0,18	0,08	0,03	0,44	0,31	<0,02
Cu ges.	HW 2013	**22,0**	7,9	7,2	5,8	6,2	17,0	8,4	5,4
Cu ges.	2012	5,7	4,8	8,4	5,5	4,8	4,9	14,0	3,3
Cu gel.	HW 2013	3,4	3,7	3,6	k.D.	4,6	6,2	3,5	3,3
Cu gel.	2012	3,5	3,0	6,8	3,3	2,2	4,3	**13,0**	2,5
Hg ges.	HW 2013	0,13	0,07	0,10	0,04	0,11	0,12	**0,20**	0,08
Hg ges.	2012	0,04	0,02	0,05	0,05	0,05	0,02	0,16	0,02
Hg gel.	HW 2013	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01
Hg gel.	2012	**0,03**	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01
Zn ges.	HW 2013	88	38	49	34	39	100	49	26
Zn ges.	2012	26	33	74	43	31	64	**190**	12
Zn gel.	HW 2013	8	11	14	k.D.	9	34	26	<10
Zn gel.	2012	13	20	69	k.D.	13	56	**120**	<10
Ni ges.	HW 2013	**12,0**	5,2	5,3	4,5	4,5	7,7	6,1	4,2
Ni ges.	2012	3,9	3,4	4,4	3,5	5,2	5,1	6,0	2,0
Ni gel.	HW 2013	**6,7**	3,7	3,8	k.D.	3,5	4,9	4,3	3,5
Ni gel.	2012	2,6	2,6	3,6	3,1	4,7	4,3	5,1	2,0
Pb ges.	HW 2013	23,0	9,2	11,0	5,7	4,0	**53,0**	9,0	5,0
Pb ges.	2012	3,6	2,9	5,3	5,0	3,5	4,3	15,0	1,2
Pb gel.	HW 2013	0,4	0,5	0,4	0,8	0,3	**2,0**	0,2	0,3
Pb gel.	2012	0,5	<0,5	<0,5	0,3	0,1	0,3	0,5	<0,5
Cr ges.	HW 2013	**25,0**	2,4	2,0	1,9	1,7	3,0	2,9	1,5
Cr ges.	2012	2,0	1,0	1,2	1,2	3,5	<1,0	1,9	<1,0
Cr gel.	HW 2013	<1,0	<1,0	<1,0	0,6	0,3	<1,0	<1,0	<1,0
Cr gel.	2012	<1,0	<1,0	<1,0	0,7	0,8	<1,0	**1,3**	<1,0
U ges.	HW 2013	1,3	1,3	1,6	1,4	1,4	2,9	2,9	0,9
U ges.	2012	1,3	1,2	2,2	2,0	1,4	3,4	**4,6**	0,6
U gel.	HW 2013	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,1	2,9	0,7
U gel.	2012	1,3	1,2	2,2	2,0	1,3	3,4	**4,6**	0,6
As ges.	HW 2013	11,0	5,5	8,6	5,0	5,7	**30,0**	3,6	5,3
As ges.	2012	3,1	3,3	3,7	3,4	3,5	14,0	2,1	1,2
As gel.	HW 2013	2,3	2,7	4,1	3,4	4,0	**11,0**	2,0	3,3
As gel.	2012	2,6	2,5	3,0	2,1	2,3	9,7	1,5	1,2

Hinsichtlich der filtrierten Wasserproben wurden während des Hochwassers die maximalen Konzentrationen aus dem Jahr 2012 bei Cadmium, Kupfer, Nickel, Blei und Arsen an einzelnen Messstellen deutlich überschritten. Erwähnt sei hier die Maximalkonzentration für gelöstes Blei im Wasser der Mulde am 5.6.2013 von 2,0 µg/l, die das Maximum des Jahres 2012 um fast das 7-fache übertrifft, sowie die Spitzenkonzentration für gelöstes Nickel in der Elbe bei Schmilka / Bad Schandau (6,7 µg/l am 4.6.2013), die 2,6-fach über dem Maximum von 2012 liegt.

2.4.2 Wasser: Vergleich mit vorhergehenden Hochwasserereignissen

Ein Vergleich der Schwermetallbelastung des Oberflächenwassers im Elbegebiet im Zeitraum 3.6.-1.7.2013 mit der Situation während des Sommerhochwassers 2002 und des Frühjahrshochwassers 2006 wird in Tabelle 3 vorgenommen.

Tab. 3: Maximale Konzentration [µg/l] von Schwermetallen und Arsen im **Wasser** (Einzelproben) während der Elbe-Hochwasserereignisse (HW) im Jahr 2002, 2006 und 2013 (ges. = unfiltrierte Probe, gel. = filtrierte Probe, k.D. = keine Daten; wenn die höchsten Konzentrationen an den Messstellen das HW 2013 betreffen, sind diese rot hervorgehoben)

	Schmilka/Bad Schandau			Wittenberg		Magdeburg			Schnacken-burg/Dömitz		HH-See-mannshöft		Dessau - Mulde	
HW	2002	2006	2013	2002	2013	2002	2006[1]	2013	2002	2013	2002[2]	2013	2002	2013
Cd ges.	0,73	0,60	0,50	0,48	0,27	0,82	0,24	0,34	0,25	**0,41**	0,25	0,22	1,70	1,30
Cd gel.	0,07	0,05	<0,03	k.D.	0,04	k.D.	k.D.	0,07	k.D.	0,12	k.D.	0,02	k.D.	0,46
Cu ges.	24,6	21,0	22,0	16,0	7,9	12	5	7,2	93,0	5,8	13,0	6,2	26,0	17,0
Cu gel.	9,7	2,7	3,4	k.D.	3,7	k.D.	k.D.	3,6	k.D.	k.D.	k.D.	4,6	k.D.	6,2
Hg ges.	0,41	0,19	0,13	0,16	0,07	0,13	0,07	0,10	0,06	0,04	0,13	0,11	0,20	0,12
Hg gel.	0,10	0,05	<0,02	k.D.	<0,01	k.D.	k.D.	<0,01	k.D.	<0,01	k.D.	<0,005	k.D.	<0,01
Zn ges.	131	120	88	70	38	70	120	49	110	34	115	39	130	100
Zn gel.	30,2	9,0	7,6	k.D.	11	k.D.	k.D.	14	k.D.	k.D.	k.D.	9,1	k.D.	34
Ni ges.	21,6	17,0	12,0	9,3	5,2	5,8	4,8	5,3	6,1	4,5	6,3	4,5	9,6	7,7
Ni gel.	6,5	3,3	**6,7**	k.D.	3,7	k.D.	k.D.	3,8	k.D.	k.D.	k.D.	3,5	k.D.	4,9
Pb ges.	43,8	29,0	23,0	25,0	9,2	25,0	9,7	11,0	4,4	**5,7**	5,3	4,0	100	53,0
Pb gel.	3,0	2,4	0,4	k.D.	0,5	k.D.	k.D.	0,4	k.D.	0,8	k.D.	0,27	k.D.	2,0
Cr ges.	21,0	24,0	**25,0**	6,3	2,4	2,5	7,9	2,0	1,2	**1,9**	1,9	1,7	3,5	3,0
Cr gel.	5,3	2,5	<1,0	k.D.	<0,1	k.D.	k.D.	<1,0	k.D.	0,6	k.D.	0,30	k.D.	<1,0
U ges.	15,3	1,3	1,3	k.D.	1,3	k.D.	k.D.	1,6	k.D.	1,4	1,4	1,4	k.D.	2,9
U gel.	11,7	0,7	1,2	k.D.	1,2	k.D.	k.D.	1,5	k.D.	1,4	k.D.	1,4	k.D.	1,1
As ges.	14,7	10,0	11,0	14,0	5,5	17	4,3	8,6	6,7	5,0	8,3	5,7	55,0	30,0
As gel.	5,9	2,5	2,3	k.D.	2,7	k.D.	k.D.	4,1	k.D.	3,4	k.D.	4,0	k.D.	11,0

[1] Werte für Ni und As aus Einzelproben, restliche Werte aus Tagesmischproben; [2] Mischproben aus zweimal stündlicher Probenahme je Tag

Die Spitzenkonzentrationen von 2002 wurden während des Extremhochwassers 2013 in der Regel nicht erreicht. Lediglich bei Cadmium, Blei und Chrom (unfiltrierte Proben) in Schnackenburg/Dömitz wurden 2013 die Höchstkonzentrationen des Hochwassers 2002 übertroffen. Nickel (gelöst) und Chrom (unfiltrierte Probe) erreichten in Schmilka/Bad Schandau bei den Hochwasserereignissen 2002 und 2013 vergleichbare Höchstkonzentrationen bzw. waren 2013 geringfügig höher.

Ein Vergleich zum Hochwasser 2006 konnte nur für Schmilka/Bad Schandau und Magdeburg vorgenommen werden. In Magdeburg (unfiltrierte Proben) wurden 2013 mit Ausnahme von Zink und Chrom für die Schwermetalle und Arsen höhere Konzentrationen als 2006 gemessen. In Schmilka/Bad Schandau wurden 2013 für Nickel, Kupfer und Uran (filtrierte Proben) jeweils höhere Konzentrationen als beim Hochwasser 2006 ermittelt. Für die restlichen Schwermetalle und Arsen war die Konzentration 2006 höher oder auf etwa gleichem Niveau wie beim Hochwasser 2013 (Tab. 3).

2.4.3 Schwebstoff: zeitliche Dynamik und Vergleich mit 2012

Die maximale Konzentration von Schwermetallen und Arsen im Schwebstoff an den einzelnen Messstellen kann Tabelle 4 entnommen werden. Die bei weitem höchsten Konzentrationen von Cadmium, Zink, Nickel, Blei, Uran und Arsen traten im Schwebstoff der Mulde in Dessau auf. Bei Cadmium und Zink wurden die dortigen Spitzenkonzentrationen erst für den letzten Probenahmetag (17.6.2013), also lange nach Passage des Hochwasserscheitels festgestellt.

In der Binnenelbe wurden die Maxima der Schwermetallkonzentrationen des Schwebstoffs in der Regel wenige Tage vor Eintritt des Hochwasserscheitels am Bezugspegel oder an diesem Tag gemessen. In Seemannshöft erreichten Cadmium und Zink wie an der Mulde erst lange nach dem Durchgang des Hochwasserscheitels die maximale Konzentration im Schwebstoff (Tab. 4).

Tab. 4: Maximale Konzentration [mg/kg TS] von Schwermetallen und Arsen im **Schwebstoff** (Zentrifugenproben) während des Elbe-Hochwassers (3.6.-1.7.2013) und relativer Zeitpunkt (t) ihres Auftretens (0 = Tag des Hochwasserscheitels am Bezugspegel, -1 bis - N: Tage vor Hochwasserscheitel; +1 bis +N: Tage nach Hochwasserscheitel; höchste Konzentration rot hervorgehoben)

	Schmilka		Wittenberg		Magdeburg (rechts)		Cumlosen		Schnacken-burg/Dömitz		HH-See-mannshöft		Dessau - Mulde	
	Max.*	t	Max.	t	Max.	t	Max.	t	Max.	t	Max.	t	Max.	t
Cd	2,1	*	2,9	-5	5,2	-4	5,2	-2	5,6	-1	5,8	+13	**12,8**	+13
Cu	63	*	77	0	102	-2	85	0	113	-1	**172**	+9	137	+2
Hg	0,4	*	0,8	0	2,6	-2	4,2	+3	**4,6**	+3	4,5	+2	1,3	+6
Zn	420	*	543	-4	757	-3	760	-2	910	+9	881	+13	**1130**	+13
Ni	47	*	63	0	66	-3	55	-2	59	0	39	+2	**80**	+2
Pb	81	*	112	-4	246	-3	150	-2	195	-1	112	+2	**585**	+2
Cr	44	*	**147**	0	124	0	78	+3	122	0	77	+2	115	+1
U	2	*	4,6	0	8,7	-3	4,4	0	5,5	0	2,9	+2	**20,0**	+2
As	22	*	52	0	120	-3	69	0	88	-1	56	+2	**281**	+2
* nur ein Beprobungstermin drei Tage vor dem Hochwasserscheitel am Bezugspegel Schöna														

In Verbindung mit Anhang A2-A6 wird deutlich, dass der Schwebstoff der Elbe in Magdeburg während des Hochwassers erheblich höhere Konzentrationen an Cadmium, Quecksilber, Zink, Blei und Arsen aufwies, als in Wittenberg und Schmilka gemessen wurden. Auch die Kupfer- und Urankonzentration im Schwebstoff war in Magdeburg deutlich höher als an den oberhalb befindlichen Messstellen der Elbe. Ursächlich dafür sind Einträge aus der Mulde (mit gemessenen Spitzenkonzentrationen in Dessau) und vermutlich auch aus der Saale (leider keine Schwebstoffanalysen vorhanden). Chrom trat im Schwebstoff dagegen schon in der Elbe bei Wittenberg in der höchsten Konzentration auf. Für die Elbe zwischen Magdeburg und Schnackenburg/Dömitz zeigte sich in Bezug auf Cadmium, Zink und insbesondere auf Quecksilber ein weiterer Anstieg der Schwebstoffbelastung, während die Konzentration von Blei, Uran und Arsen im Schwebstoff abnahm. Der starke Anstieg der Quecksilberkonzentration im Schwebstoff der Elbe zwischen Magdeburg und Schnackenburg/Dömitz korrespondiert nicht mit den relativ niedrigen Konzentrationen in den unfiltrierten Elbewasserproben in Schnackenburg/Dömitz. Vermutlich wurden durch das Hochwasser verstärkt Ablagerungen von quecksilber-, zink- und cadmiumhaltigen Altsedimenten aus den Buhnenfeldern und Seitenstrukturen der Elbe mobilisiert, die zu höheren Konzentrationen im Schwebstoff von Schnackenburg/Dömitz geführt haben.

Für das Jahr 2012 standen keine Daten der Schwermetall- bzw. Arsenkonzentration im Schwebstoff aus Messungen mit Zentrifugeneinsatz zur Verfügung, sondern nur Analysenergebnisse von Monatsmischproben des sedimentierten Schwebstoffs aus Absetzbecken. Im Anhang A7 werden die mittleren Konzentrationen von Schwermetallen und Arsen im Schwebstoff während des Hochwassers (3.-20.6.2013) dem Mittelwert der Schwermetall- und Arsenkonzentration aus den Monatsmischproben des Jahres 2012 an Messstellen der Elbe und Mulde gegenübergestellt. Wie dort zu sehen ist, lagen im Juni 2013 die Mittelwerte der Arsen-, Blei-, Chrom- und - soweit Vergleichsdaten vorlagen - auch der Urankonzentration im Schwebstoff an allen Messstellen über dem Jahresmittelwert 2012. Mit einer Einschränkung galt dies auch für Kupfer. Die mittlere Konzentration von Cadmium und Zink im Schwebstoff des Jahres 2012 war dagegen an der

Mehrzahl bzw. an fast allen Messstellen höher als der entsprechende Mittelwert im betrachteten Hochwasserzeitraum des Jahres 2013.

Im Fall von Cadmium und Zink übertraf auch die maximale Konzentration im Schwebstoff aus den Mischproben des Jahres 2012 an fast allen Messstellen die Spitzenkonzentration während des Hochwassers 2013 (Tab. 5). Bei Arsen, Blei, Chrom und Uran (soweit Messwerte vorhanden) lag die maximale Konzentration im Schwebstoff im Juni 2013 an allen Messstellen über dem Maximum aus den Mischproben im Jahr 2012.

Die im Verhältnis zu den übrigen Messergebnissen an der Elbe außerordentlich hohen Konzentrationen von Cadmium, Blei, Zink und Arsen im Wasser der Mulde und in ihren Schwebstoffen lassen bereits ohne Frachtberechnung darauf schließen, dass die Mulde erheblich zum Anstieg dieser stofflichen Belastung in Magdeburg beigetragen hat (Kap. 3.2). Es ist bekannt, dass die Mulde auch in Zeiten normaler Wasserführung wesentlich zur Schwermetall-/Arsenbelastung der Elbe beiträgt.

Tab. 5: Maximale Konzentration von Schwermetallen und Arsen im **Schwebstoff** der Elbe und Mulde im Jahr 2012 aus Monatsmischproben von Absetzbecken und im Hochwasserzeitraum 3.6.-1.7.2013 (HW´13) aus Zentrifugenproben (Spitzenkonzentrationen, die das Jahresmaximum 2012 unterschreiten, sind grau gekennzeichnet)

	Wittenberg		Magdeburg		Cumlosen		Schnackenburg/ Dömitz		HH-Seemanns-höft		Dessau - Mulde	
	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13
Cd	4,1	2,9	7,6	5,2	5,3	5,2	6,7	5,6	1,6	5,8	23,9	12,8
Cu	81	77	87	102	98	85	90	113	53	172	102	137
Hg	1,1	0,8	2,9	2,6	2,2	4,2	1,9	4,6	0,9	4,5	1,9	1,3
Zn	742	543	1490	757	930	760	1100	910	300	881	1770	1130
Ni	73	63	49	66	48	55	55	59	28	39	120	80
Pb	82	112	139	246	110	150	140	195	48	112	218	585
Cr	84	147	78	124	64	78	85	122	61	77	80	115
U		4,6	2,7	8,7		4,4	3,0	5,5	1,5	2,9	15,0	20,0
As	30	52	28	120	32	69	41	88	23	56	168	281

2.4.4 Schwebstoff: Vergleich mit vorhergehenden Hochwasserereignissen

In Tabelle 6 werden die extremen Hochwasserereignisse der Jahre 2002, 2006 und 2013 bezüglich der Höchstkonzentration von Schwermetallen und Arsen im Schwebstoff verglichen. Die unterschiedliche Beprobungsdichte schränkt jedoch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ein.

Tab. 6: Maximale Konzentration [mg/kg TS] von Schwermetallen und Arsen im **Schwebstoff** (Zentrifugenproben) beim Elbe-Hochwasser (HW) im Jahr 2002, 2006 und 2013 (k.D. = keine Daten; wenn die höchsten Konzentrationen an den Messstellen das HW 2013 betreffen, sind diese rot hervorgehoben)

	Wittenberg		Magdeburg			HH-Seemannshöft		Dessau – Mulde	
HW	2006[1]	2013[4]	2002[2]	2006[1]	2013[3]	2002[2]	2013[5]	2006[1]	2013[2]
Cd	2,7	**2,9**	8,3	4,1	5,2	6,4	5,8	11,8	**12,8**
Cu	72	**77**	157	92	102	126	**172**	137	137
Hg	0,9	0,8	2,9	1,7	2,6	4,0	**4,5**	1,9	1,3
Zn	573	543	1150	693	757	965	881	1220	1130
Ni	71	63	67	69	66	47	39	89	80
Pb	120	112	540	152	246	133	112	487	**585**
Cr	147	147	123	132	124	108	77	132	115
U	k.D.	4,6	k.D.	k.D.	8,7	3,3	2,9	k.D.	20,0
As	42	**52**	280	52	120	63	56	242	**281**
Anzahl der Beprobungen (n): [1] n = 2; [2] n = 7; [3] n = 10; [4] n = 11; [5] n = 12									

Es bleibt festzustellen, dass während des Hochwassers im Juni 2013 überwiegend geringere Schwermetallhöchstgehalte als beim Hochwasser 2002 und 2006 ermittelt wurden. Im Fall von Arsen in Wittenberg, von Blei und Arsen in Dessau sowie von Kupfer und Quecksilber in Seemannshöft waren die Höchstkonzentrationen im Schwebstoff beim Hochwasser 2013 mehr als nur geringfügig höher als bei den vorausgegangenen Hochwasserereignissen.

2.5 Organische Spurenstoffe

2.5.1 Hexachlorcyclohexan (α-, β-, γ-, δ-HCH)

In den unfiltrierten Wasserproben lagen die Konzentrationen der γ- und δ-Isomere des HCH an allen Messstellen unterhalb der Bestimmungsgrenzen. An den Messstellen Schmilka/Bad Schandau, Wittenberg (nur eine Messung am 10.6.2013) und Rosenburg (Saale) traf dies auch für α- und β-HCH zu. An den Messstellen Dessau (Mulde), Magdeburg, Schnackenburg/Dömitz und Seemannshöft wurden an einzelnen Tagen für α-HCH Konzentrationen bis zum 2-fachen der Bestimmungsgrenze gemessen, an mehreren Tagen zu Beginn des Messprogramms jedoch die Bestimmungsgrenzen nicht erreicht. β-HCH konnte an den vorgenannten Messstellen in teils erheblichen Konzentrationen gemessen werden. Der Höchstwert für β-HCH trat am 3.6.2013 in Dessau (0,054 µg/l) und Magdeburg (0,023 µg/l) auf, an den unterhalb liegenden Messstellen zeitlich verschoben (Anh. A8). Im Jahr 2012 waren in Magdeburg für β-HCH nur Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze gemessen worden, in Dessau maximal 0,01 µg/l.

In den Schwebstoffproben der Messstellen Wittenberg, Dessau und Magdeburg zeigt sich eine hohe HCH-Belastung, die Muster der einzelnen Isomere sind jedoch unterschiedlich. Die Höchstkonzentration von β-HCH wurde in Dessau am 8.6.2013 gemessen (Anh. A8). Bei α-, γ- und δ-HCH liegt die Höchstkonzentration in Magdeburg weit über den in Wittenberg und Dessau (Mulde) gemessenen Werten, so dass entsprechende Einträge aus dem Einzugsgebiet zwischen Muldemündung und Magdeburg als Ursache anzunehmen sind. In Schnackenburg/Dömitz traten lediglich für β-HCH Konzentrationen bis zum 2-fachen der Bestimmungsgrenze auf, die anderen HCH-Isomere liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Tab. 7: Maximale Konzentration [µg/kg TS] von HCH-Isomeren im **Schwebstoff** der Elbe und Mulde im Jahr 2012 aus Monatsmischproben von Absetzbecken und im Hochwasserzeitraum 3.6.-1.7.2013 (HW´13) aus Zentrifugenproben (k.D. = keine Daten; Spitzenkonzentrationen, die das Jahresmaximum 2012 unterschreiten bzw. unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, sind grau hinterlegt)

	Wittenberg		Magdeburg		Schnackenburg / Dömitz		HH-Seemannshöft		Dessau - Mulde	
	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13
α-HCH	1,5	48	7,0	450	7,7	<2,5	1,8	3,4	59	47
β-HCH	0,9	72	20	120	11	5,4	8,0	19	590	490
γ-HCH	0,5	1,5	<3,0	51	<2,5	<2,5	<1	1,1	7	4,3
δ-HCH	k.D.	5,1	<3,0	67	<2,5	<2,5	<1	3,9	34	10

An der Messstelle Schnackenburg/Dömitz liegen die beim Junihochwasser 2013 ermittelten Konzentrationen für alle HCH-Isomere im Schwebstoff unter den Höchstwerten des Jahres 2012 bzw. unter der Bestimmungsgrenze (Tab. 7). Auch an der Mulde in Dessau werden die Höchstkonzentrationen der Schwebstoffmischproben des Jahres 2012 nicht erreicht. In Wittenberg und Magdeburg wurden die Maxima aus den Monatsmischproben von 2012 hingegen um ein Vielfaches übertroffen.

Wie bereits für Schwermetalle und Arsen ausgeführt, bietet sich ein Vergleich mit den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 an (Tab. 8). Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der zu-

grundeliegenden Beprobungen und deren unterschiedlichen Zeitpunkten bezüglich des Hochwasserverlaufs ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt.

In Magdeburg markiert das Junihochwasser 2013 im Vergleich mit den Ereignissen 2002 und 2006 für alle gemessenen HCH-Isomere im Schwebstoff neue Höchstwerte, in Wittenberg für α-, β- und δ-HCH, in Dessau (Mulde) lediglich für δ-HCH.

Tab. 8: Maximale Konzentration [µg/kg TS] von HCH-Isomeren im **Schwebstoff** (Zentrifugenproben) während der Elbe-Hochwasserereignisse (HW) im Jahr 2002, 2006 und 2013 (k.D. = keine Daten; wenn die höchsten Konzentrationen an den Messstellen das HW 2013 betreffen, sind diese rot hervorgehoben)

	Wittenberg		Magdeburg			HH-Seemanns-höft		Dessau - Mulde	
HW	2006[1]	2013[3]	2002[2]	2006[1]	2013[3]	2002[2]	2013[4]	2006[1]	2013[2]
α-HCH	19	**48**	181	21	**450**	5,5	3,4	130	47
β-HCH	<0,5	**72**	115	74	**120**	30	19	1300	490
γ-HCH	12	1,5	16,7	15	**51**	1,7	1,1	15	4,3
δ-HCH	<0,5	**5,1**	k.D.	<0,5	**67**	k.D.	3,9	<0,5	**10**
Anzahl der Beprobungen (n): [1] n = 2; [2] n = 7; [3] n = 10; [4] n = 12									

2.5.2 DDT / DDD / DDE

Im Anhang A9 sind die Konzentrationen des p,p'-DDT, -DDD und -DDE im Schwebstoff von Elbe und Mulde für den Zeitraum 3.-20. Juni 2013 grafisch dargestellt. Die im Schwebstoff von Elbe und Mulde aus Zentrifugenproben analysierten Spitzenkonzentrationen des DDT, DDD und DDE während des Hochwassers 2013 werden in Tabelle 9 den maximalen Konzentrationen von Monatsmischproben des Jahres 2012 aus Absetzbecken gegenübergestellt. In Tabelle 9 und den Grafiken im Anhang A9 sind die Analysendaten der Messstation Schmilka zum DDT, DDD und DDE im Schwebstoff der Elbe nicht enthalten, da diese im Hochwasserzeitraum nur für den 3.6.2013 vorliegen und ein unauffälliges, niedriges Niveau aufweisen.

Tab. 9: Maximale Konzentration [µg/kg TS] von DDT, DDD und DDE im **Schwebstoff** der Elbe und Mulde im Jahr 2012 aus Monatsmischproben von Absetzbecken und im Hochwasserzeitraum 3.6.-1.7.2013 (HW´13) aus Zentrifugenproben (Spitzenkonzentrationen, die das Jahresmaximum 2012 unterschreiten bzw. unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, sind grau gekennzeichnet)

	Wittenberg		Magdeburg		Schnackenburg / Dömitz		HH-Seemannshöft		Dessau - Mulde	
	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13	2012	HW´13
p,p'-DDT	561	120	280	91	110	38	29	92	280	76
o,p'-DDT	39	20	51	11	12	8	3	14	63	27
p,p'-DDD	138	130	50	59	17	18	10	40	98	130
o,p'-DDD	38	32	25	24	47	11	6	16	73	70
p,p'-DDE	74	82	43	30	12	23	5	15	33	46
o,p'-DDE	5,0	3,3	13,0	2,0	<2,5	2,6	<2,0	<2,0	6,0	4,9

Zur Zeit des Hochwassers 2013 wurden die höchsten Konzentrationen des DDT, DDD und DDE im Schwebstoff der Elbe in Wittenberg gemessen, wie es auch der grundsätzlichen Belastungssituation aus dem Jahr 2012 entspricht. Mit Ausnahme des p,p'-DDE am 3.6.2013 blieben die Messwerte in Wittenberg unterhalb der Konzentrationsmaxima der dort erhobenen Mischproben des Jahres 2012.

An der Mulde in Dessau überstiegen zur Hochwasserzeit 2013 die Maxima des p,p'-DDD und des p,p'-DDE im Schwebstoff die Spitzenkonzentrationen aus den Monatsmischproben des

Jahres 2012, während die DDT-Konzentration weit unterhalb des Vorjahresmaximums der Mischproben blieb. Auffällig erscheint, dass die höchste Konzentration von DDD und DDE im Schwebstoff der Mulde während des Hochwassermessprogramms erst am 17.6.2013 auftrat, also knapp zwei Wochen nach der höchsten Wasserführung.

Von Wittenberg bis Schnackenburg/Dömitz wurden im Verlauf der Elbe generell abnehmende Spitzenkonzentrationen des DDT, DDD und DDE im Schwebstoff gemessen.

In Seemannshöft wurden während des Hochwassers für DDT, DDD und DDE die Spitzenwerte aus den Mischproben des Jahres 2012 übertroffen. Die höchsten DDT- und DDD- Konzentrationen wurden kurz nach dem Hochwasserscheitel gemessen.

Wie aus Tabelle 10 hervorgeht, war nur für die Messstellen Magdeburg und Seemannshöft ein Vergleich der DDT-, DDD- und DDE-Analysenergebnisse zum Hochwasser 2002 möglich. An beiden Messstellen überstieg das Maximum der p,p'-DDT- und o,p'-DDT-Konzentration des Schwebstoffs im Juni 2013 die Spitzenkonzentration des Hochwassers im Jahr 2002.

Tab. 10: Maximale Konzentration [µg/kg TS] von DDT, DDD und DDD im **Schwebstoff** (Zentrifugenproben) während der Elbe-Hochwasserereignisse (HW) im Jahr 2002, 2006 und 2013 (k.D. = keine Daten; wenn die höchsten Konzentrationen an den Messstellen das HW 2013 betreffen, sind diese rot hervorgehoben)

	Wittenberg		Magdeburg			HH-Seemanns-höft		Dessau - Mulde	
HW	2006[1]	2013[3]	2002[2]	2006[1]	2013[3]	2002[2]	2013[4]	2006[1]	2013[2]
p,p'-DDT	99	**120**	57	87	**91**	15	**92**	110	76
o,p'-DDT	51	20	4	49	11	<1,5	**14**	150	27
p,p'-DDD	32	**130**	103	23	59	50	40	110	**130**
o,p'-DDD	21	**32**	67	26	24	27	16	110	70
p,p'-DDE	56	**82**	31	38	30	16	15	64	46
o,p'-DDE	10	3,3	4,4	6	2,0	k.D.	<2,0	20	4,9
Anzahl der Beprobungen (n): [1] n = 2; [2] n = 7; [3] n = 10; [4] n = 12									

Für das Hochwasserereignis 2006 war die Datenbasis mit nur jeweils zwei Schwebstoffanalysen als Vergleichsgrundlage sehr schmal. In erster Linie sind beim Vergleich zum Hochwasser 2006 für die Messstelle Wittenberg (bis auf o,p'-DDT und o,p'-DDE) 2013 höhere Maxima zu verzeichnen. An den Messstellen Magdeburg und Dessau (Mulde) war 2013 die Spitzenkonzentration von p,p'-DDD höher als beim Hochwasser 2006, ansonsten waren die Konzentrationen vergleichbar bzw. 2006 höher als 2013.

2.5.3 Dioxine/Furane

Schwebstoffproben der Messstellen Wittenberg, Dessau (Mulde) und Magdeburg wurden über die BFG (2013b) auf Dioxine/Furane untersucht. In Wittenberg und Magdeburg stieg die Dioxin-Belastung mit steigender Wasserführung auf das etwa 3- bzw. 4-fache des Ausgangsniveaus an und ging nach Erreichen des Hochwasserscheitels langsam auf das jeweilige Ausgangsniveau zurück. Das Belastungsniveau in Magdeburg spiegelt die Einträge aus der Mulde wider, lässt sich aber durch diese Einträge nicht vollständig erklären. Sehr wahrscheinlich kamen aus dem Einzugsgebiet zwischen Muldemündung und Magdeburg weitere Einträge hinzu. In Dessau (Mulde) wurde nach Erreichen des Hochwasserscheitels zunächst ein Rückgang der Dioxin-Belastung registriert, dem allerdings ein starker Anstieg auf die Höchstwerte der Messreihe folgte. Die Höchstwerte beim Junihochwasser 2013 liegen an allen untersuchten Messstellen auf dem Niveau der aus Monatsmischproben ermittelten Maxima für 2012.

2.5.4 Zinnorganische Verbindungen

In Tabelle 11 wird die Spitzenkonzentration der aus dem Schwebstoff analysierten zinnorganischen Verbindungen im Hochwasserzeitraum 2013 der höchsten im Jahr 2012 ermittelten Konzentration gegenübergestellt. Wiederum basieren die für das Jahr 2012 dargestellten Messwerte auf Monatsmischproben aus Absetzbecken. Die maximale Konzentration der einzelnen zinnorganischen Verbindungen im Schwebstoff wurde an den Messstellen Wittenberg und Magdeburg meist wenige Tage vor dem Hochwasserscheitel gemessen, in Seemannshöft und an der Mulde in Dessau dagegen in fast allen Fällen erst ein bis zwei Wochen nach dem höchsten Wasserstand.

An der Elbe in Wittenberg und an der Mulde in Dessau wurde die Maximalkonzentration des Jahres 2012 im Schwebstoff bei keiner der sechs betrachteten zinnorganischen Verbindungen während des Hochwassers 2013 erreicht. In Magdeburg war nur beim Tetrabutylzinn gegenüber 2012 ein deutlich höheres Maximum zu verzeichnen. Im Vergleich zum Hochwasser 2002 (Tab. 12) wurde in Magdeburg im Juni 2013 zwar eine höhere Dioctylzinn-Konzentration ermittelt, der Messwert liegt aber deutlich unter dem Maximum der Monatsmischproben des Jahres 2012.

Wesentlich höhere Konzentrationen an zinnorganischen Verbindungen als in Wittenberg und Magdeburg wurden im Schwebstoff der Elbe bei Schnackenburg/Dömitz und Seemannshöft gefunden. Für Schnackenburg/Dömitz waren mit 196 µg/kg TS Monobutylzinn und 127 µg/kg TS Tetrabutylzinn die höchsten Konzentrationen dieser Stoffe im Messprogramm Extremereignisse 2013 zu verzeichnen. Die genannte Spitzenkonzentration des Tetrabutylzinn übertrifft die maximale Konzentration der Mischproben des Jahres 2012 um mehr als das 6-fache, für Monobutylzinn liegt kein entsprechender Vergleichswert vor.

Tab. 11: Maximale Konzentration [µg/kg TS] zinnorganischer Verbindungen im **Schwebstoff** im Jahr 2012 (Monatsmischproben aus Absetzbecken) und während des Elbe-Hochwassers (3.6.-1.7.2013 [HW13]; Zentrifugenproben) mit relativem Zeitpunkt (t) ihres Auftretens (wie in Tab. 4); Spitzenkonzentrationen, die das Jahresmaximum 2012 unterschreiten, sind grau gekennzeichnet; wenn die höchste Konzentration eines Stoffes (über alle Messstellen) das Hochwasser 2013 betrifft, ist diese rot hervorgehoben; k.D. = keine Daten

	Wittenberg			Magdeburg			Schnackenburg / Dömitz			HH-Seemanns-höft			Dessau - Mulde		
	2012*	HW13	t	2012	HW13	t	2012	HW13	t	2012	HW13	t	2012	HW13	t
Monobutylzinn (Kation)	52,0	7,4	-4	32,0	28,0	+5	k.D.	**196,0**	-1	20,0	110,0	+6	140,0	99,0	+6
Dibutylzinn (DBT-Kation)	19,0	12,0	+12	75,0	74,0	-5	31,0	95,0	+9	29,0	**340,0**	+9	220,0	150,0	+13
Tributylzinn (TBT-Kation)	8,3	6,1	0	29,0	30,0	-4	29,0	59,0	+9	91,0	120,0	+13	170,0	120,0	+6
Tetrabutylzinn	4,0	<1,0	**	2,3	8,6	-5	20,0	**127,0**	-1	11,0	64,0	+9	41,0	17,0	+4
Monooctylzinn (Kation)	6,5	1,7	-4	29,0	4,4	-5	k.D.	k.D.	k.D.	1,6	**74,0**	+9	4,3	1,7	+13
Dioctylzinn (Kation)	7,3	6,1	-4	42,0	18,0	-2	k.D.	k.D.	k.D.	6,0	30,0	-7	14,0	5,2	+13
* nur jeweils drei Messwerte in 2012; ** alle Konzentrationen < Bestimmungsgrenze															

Im Hochwasserzeitraum lag die Spitzenkonzentration der betrachteten zinnorganischen Verbindungen im Schwebstoff der Elbe bei Seemannshöft bei fast allen Stoffen um ein Vielfaches höher (beim Monooctylzinn über 46-fach) als die maximale Konzentration der Mischproben des Jahres 2012. Für Monooctylzinn (bis 74 µg/kg TS) und Dibutylzinn (bis 340 µg/kg TS) wurden im Schwebstoff der Elbe bei Seemannshöft die mit Abstand höchsten Konzentrationen im Messprogramm Extremereignisse 2013 analysiert. Diese Spitzenkonzentrationen von Monooctylzinn

und Dibutylzinn übertreffen auch die Maximalkonzentrationen des Schwebstoffs der Elbe bei Seemannhöft während des Hochwassers 2002 um ein Vielfaches (Tab. 12). Auch der Maximalwert des Dioctylzinn im Schwebstoff bei Seemannshöft während des Hochwassers 2002 wurde beim Elbehochwasser 2013 übertroffen.

Tab. 12: Maximale Konzentration [µg/kg TS] zinnorganischer Verbindungen im **Schwebstoff** (Zentrifugenproben) während der Elbe-Hochwasserereignisse (HW) im Jahr 2002 und 2013 (k.D. = keine Daten; wenn die höchsten Konzentrationen an den Messstellen das HW 2013 betreffen, sind diese rot hervorgehoben)

	Magdeburg		HH-Seemannshöft	
HW	2002[1]	2013[2]	2002[1]	2013[3]
Monobutylzinn (Kation)	156,0	28,0	304,0	110,0
Dibutylzinn (DBT-Kation)	98,5	74,0	75,9	**340,0**
Tributylzinn (TBT-Kation)	31,6	30,0	347,0	120,0
Tetrabutylzinn	45,4	8,6	139,0	64,0
Monooctylzinn (Kation)	32,6	4,4	10,6	**74,0**
Dioctylzinn (Kation)	6,1	**18,0**	19,1	**30,0**
Anzahl der Beprobungen (n): [1] n = 7; [2] n = 10; [3] n = 12				

3. Frachtschätzung

3.1 Methodik

Anhand der Schadstoffkonzentrationen in den unfiltrierten Wasserproben wurden für den Zeitraum vom 3.-20.6.2013 Tagesfrachten geschätzt. In diesem 18-tägigen intensiv beprobten Zeitraum befindet sich der Hochwasserscheitel an den Messstellen in mehr oder weniger zentraler Position (höchster Tagesdurchfluss am Pegel Magdeburg-Strombrücke am 9.6.2013). Bei Schadstoffkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze wurde eine der halben Bestimmungsgrenze entsprechende Konzentration angenommen. Für Tage ohne Messwert wurde die Schadstoffkonzentration durch lineare Interpolation bestimmt. Der Frachtschätzung liegen abgestimmte/geprüfte Durchflussdaten (Tagesmittelwerte) der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) und des Landes Sachsen-Anhalt (Pegel Priorau, Mulde) an den Bezugspegeln (Tab. 1) zugrunde.

Zur Messstelle Toppel/Havel wurden keine Frachten geschätzt, da die Strömung der Havel vom 7.-12.6.2013 am Bezugspegel Havelberg-Stadt flussaufwärts gerichtet war. Für die Messstation Cumlosen wurde aus methodischen Gründen ebenfalls keine Frachtschätzung vorgenommen, da hier keine Stichproben sondern Tagesmischproben gewonnen wurden, wobei auch nur für maximal sechs Tage im Hochwasserzeitraum Messergebnisse zur Schadstoffkonzentration im Wasser vorliegen. Zur Frachtschätzung bei Seemannshöft an der Tideelbe wurde der Durchfluss am Pegel Neu Darchau mit dem eingeführten Faktor 1,077 multipliziert. Ein mariner Einfluss wurde nicht berücksichtigt.

Zur Plausibilitätsprüfung der Frachtschätzungen von Schwermetallen und Arsen (Gesamtfracht) erfolgten soweit möglich Schätzungen der gelösten Fracht (filtrierte Wasserproben) sowie der schwebstoffgebundenen Fracht (Schwebstoffanalysen). Als Differenz von Gesamtfracht und gelöster Fracht resultierte die „partikulär gebundene Fracht“. Für die schwebstoffgebundene Fracht

diente die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe in den unfiltrierten Wasserproben als Bezugsgröße. Ein plausibles Gesamtbild der Ergebnisse ergibt sich, wenn die „partikulär gebundene Fracht“ etwa der schwebstoffgebundenen Fracht entspricht. In Abbildung 4 ist die Plausibilitätskontrolle schematisch dargestellt. Zur visuellen Überprüfung wurden die geschätzten täglichen „partikulär gebundenen“ und schwebstoffgebundenen Frachten in Diagrammen gegenüberstellt (Beispiele in Abb. 5/6). Die Frachtschätzungen (Gesamtfracht) wurden als plausibel angesehen, wenn sich der Verlauf der täglichen „partikulär gebundenen“ und schwebstoffgebundenen Frachten etwa entsprach und die jeweiligen Frachtsummen über den gesamten betrachteten Zeitraum nicht mehr als rund 30 % divergierten. Unplausible Frachtschätzungen wurden gekennzeichnet (Anh. A10) und in weiteren Auswertungen nicht berücksichtigt.

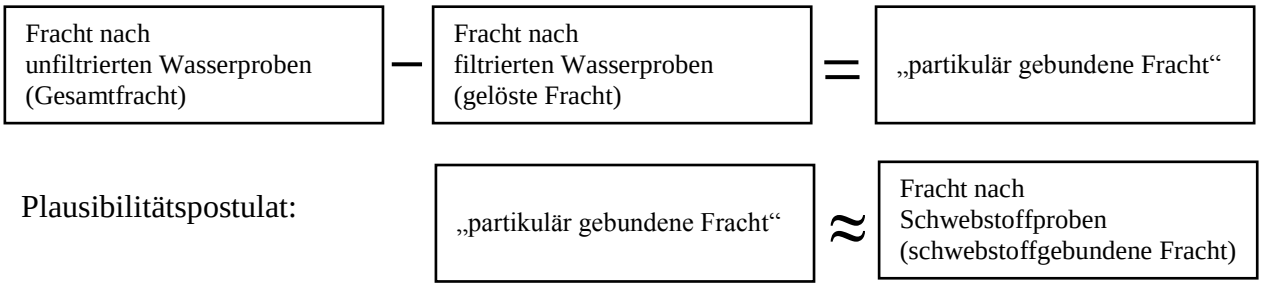


Abb. 4: Plausibilitätsprüfung (Schema) der geschätzten Gesamtfracht von Schwermetallen/Arsen

Die zum Vergleich vorgenommene Schätzung der Jahresfracht 2012 erfolgte gemäß der nachstehenden im Rahmen des Elbe-Sedimentmanagements verwendeten Formel mit Bezug auf Einzelproben (FGG ELBE 2013):

$$F = \frac{MQ_{Jahr} \sum_{i=1}^{n} (C_i * Q_i)}{\sum_{i=1}^{n} (Q_i)} * 0{,}0864 * 365{,}25$$

F	= Schadstoff-Jahresfracht [t/a]
MQ_{Jahr}	= mittlerer Durchfluss im Kalenderjahr [m³/s]
C_i	= Schadstoffkonzentration in unfiltrierter Probe [mg/l]
Q_i	= mittlerer Durchfluss am Probenahmetag [m³/s]
n	= Anzahl der Messwerte

Die zur Frachtberechnung des Jahres 2012 und des Hochwassers 2002 verwendeten Daten zur Schadstoffkonzentration entstammen dem FIS-Datenportal der FGG Elbe. Zur Frachtberechnung des Hochwassers 2006 wurde im Fall der Messstation Schmilka auf Analysenergebnisse des LFULG SN und bezüglich Magdeburg auf LHW ST (2006a) zurückgegriffen.

3.2 Ereignisfracht 2013

Im Hochwasserzeitraum vom 3.-20.6.2013 traten die größten Frachten abfiltrierbarer Stoffe in der Elbe bei Schmilka/Bad Schandau und vor allem bei Wittenberg auf, also oberhalb der Mündung von Mulde und Saale (Tab. 13). Bis Schnackenburg/Dömitz nahm die Fracht in der Elbe stark ab. Für die Tideelbe bei Seemannshöft errechnen sich wiederum relativ große Frachten abfiltrierbarer Stoffe.

Tab. 13: Frachtschätzung [t] der abfiltrierbaren Stoffe (abf. St.) und des TOC an Messstellen der Elbe und Zuflüssen im Zeitraum 3.-20.6.2013 (Zahlen gerundet)

	Schmilka/ Bad Schandau	Wittenberg	Magdeburg	Schnacken-burg/Dömitz	HH-See-mannshöft Tideelbe	Dessau Mulde	Rosenburg Saale
abf. St.	143000	171000	123000	62200	134000	33900	23900
TOC	32900	37700	48800	47500	42600	7400	8700

Die während des Juni-Hochwassers transportierte Fracht des TOC zeigte an den Messstellen der Elbe nur relativ geringe Unterschiede und bewegte sich zwischen rund 33000 - 49000 Tonnen (Tab. 13). Die größte TOC-Fracht trat in Magdeburg auf, wobei aus Mulde und Saale rund 7400 bzw. 8700 Tonnen in die Elbe eingetragen wurden.

Die Ergebnisse der Plausibilitätskontrolle der geschätzten Frachten von Schwermetallen und Arsen nach dem Schema in Abbildung 4 sind im Anhang A10 enthalten. Die Frachtschätzungen für die Elbe bei Schmilka/Bad Schandau und für die Saale bei Rosenburg konnten aufgrund der fehlenden Schwebstoffanalysen nicht überprüft werden. An der Messstelle Schnackenburg/ Dömitz lagen zu einzelnen Schwermetallen keine Werte zur gelösten Konzentration vor. Da die ermittelten Frachten von Nickel und Chrom aus den Wasser- und Schwebstoffproben soweit prüfbar kein kompatibles Bild ergaben (Ausnahme Nickel in Seemannshöft), wurden diese beiden Schwermetalle in die nachfolgenden Auswertungen nicht einbezogen. Ansonsten waren unplausible Frachtschätzungen die Ausnahme. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel für eine gute, Abbildung 6 für eine ausreichende Übereinstimmung der Frachtschätzungen nach den Wasser- und Schwebstoffproben gemäß dem Schema in Abbildung 4.

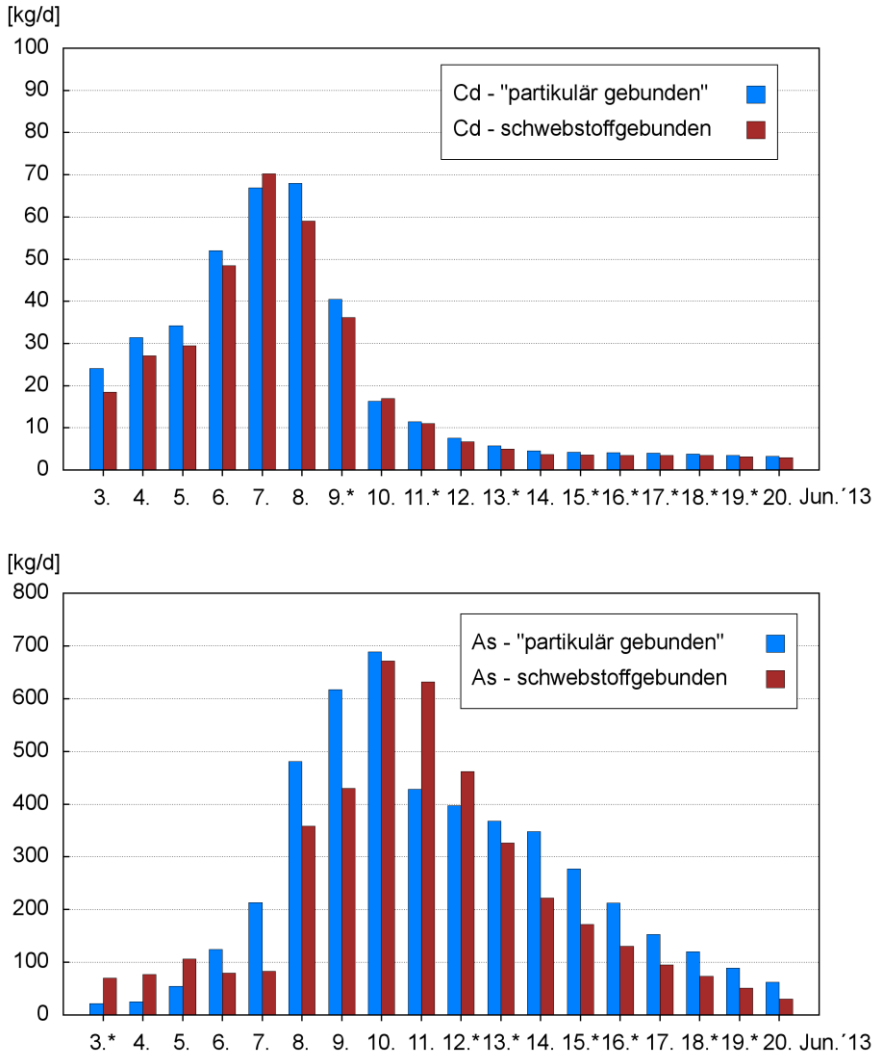


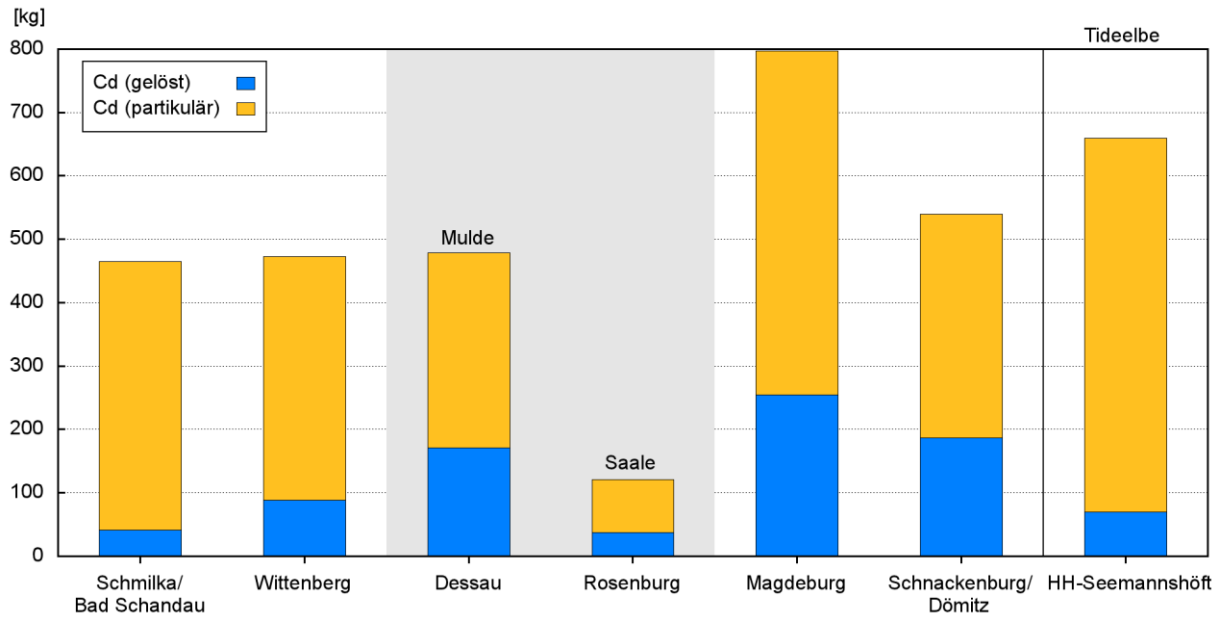
Abb. 5/6: Frachtschätzung von „partikulär gebundenem“ (berechnet nach Wasseranalysen) bzw. schwebstoffgebundenem Cadmium / Arsen (Schwebstoffanalysen) der Elbe bei Schnackenburg / Dömitz im Zeitraum 3.-20.6.2013 (an den mit Stern gekennzeichneten Tagen wurden die Konzentrationen interpoliert)

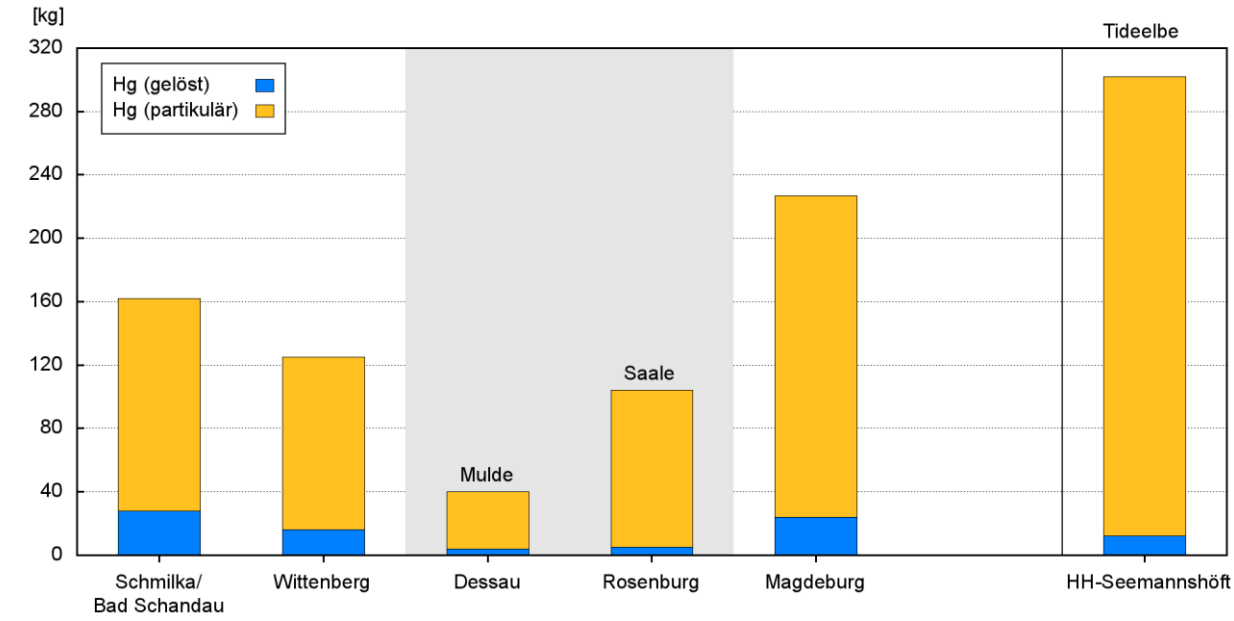
In Tabelle 14 sind plausibilisierte Schätzungen der Gesamtfracht zusammen mit Frachtschätzungen, bei denen keine Plausibilitätskontrolle möglich war (Anh. A10), dargestellt. Die Frachten einiger für die Elbe besonders relevanter Schwermetalle und des Arsens sind zusätzlich in den Abbildungen 7 bis 10 mit ihrem gelösten und partikulären Anteil dargestellt. Während bei Quecksilber und Blei fast die gesamte Fracht und bei Cadmium der weitaus größte Frachtanteil partikelgebunden transportiert wurden, betrug der gelöste Anteil an der Gesamtfracht bei Arsen 39 % (Schmilka/Bad Schandau) bis 73 % (Schnackenburg/Dömitz).

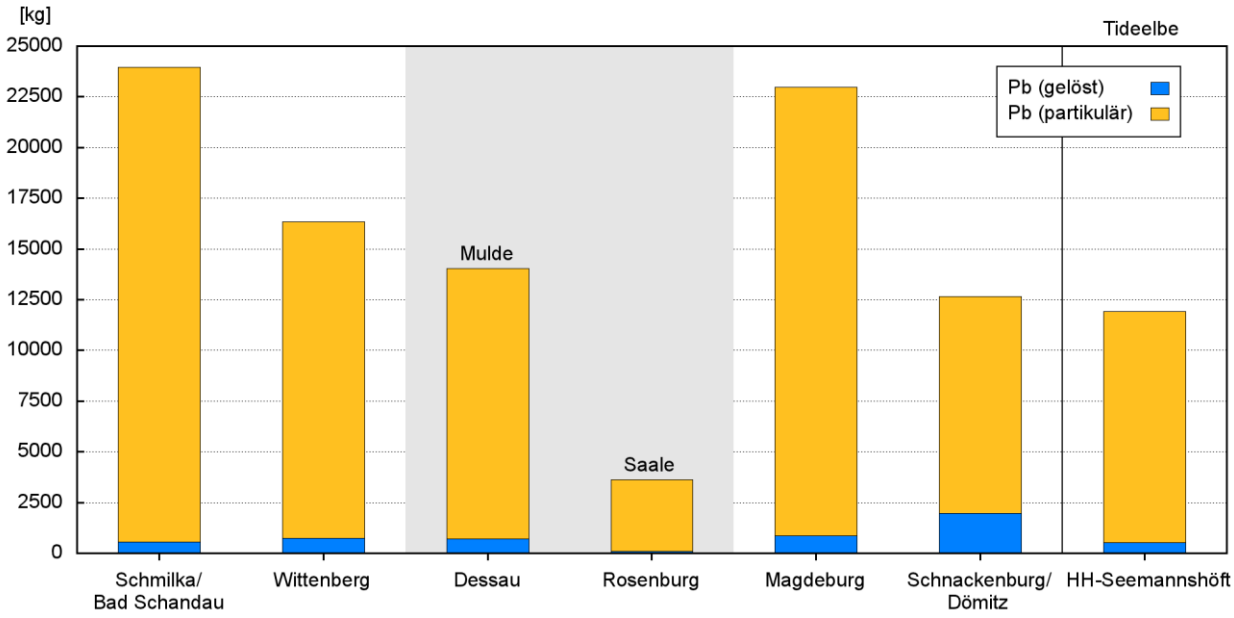
Tab. 14: Frachtschätzung [kg] von Schwermetallen und Arsen an Messstellen der Elbe und Zuflüssen im Zeitraum 3.-20.6.2013 (Zahlen gerundet; Frachtschätzungen ohne Plausibilitätskontrolle sind kursiv dargestellt, die größten Frachten sind fett gedruckt)

	Schmilka/ Bad Schandau	Wittenberg	Magdeburg	Schnacken-burg/Dömitz	HH-See-mannshöft Tideelbe	Dessau Mulde	Rosenburg Saale
Cd	*470*	470	**800**	540	660	480	*120*
Cu	*25600*	19200	**26300**	*19500*	22500	6900	*4900*
Hg	*160*	120	230	*	**300**	40	*100*
Zn	*106000*	74700	125000	*108000*	**126000**	40600	*29300*
Pb	***23900***	16300	23000	12700	11900	14000	*3600*
U	*2600*	3200	**6700**	4600	*	1200	*2200*
As	*14600*	13300	**24800**	17300	20700	11100	*2300*
* keine plausible Frachtschätzung möglich							

Die Frachten von Schwermetallen/Arsen der Elbe nahmen zwischen Wittenberg und Magdeburg ausnahmslos zu und nachfolgend bis Schnackenburg/Dömitz in allen Fällen wieder ab (Tab. 14, Abb. 7-10). Für die Tideelbe bei Seemannshöft errechnen sich mit Ausnahme von Blei wieder größere Frachten als bei Schnackenburg/Dömitz. Aus der Mulde gelangten mit Ausnahme von Quecksilber und Uran weit größere Schwermetall- und Arsenfrachten in die Elbe als aus der Saale. Die Summe der geschätzten Schwermetall-/Arsenfrachten der Elbe bei Wittenberg, der Mulde bei Dessau und der Saale bei Rosenburg übertrifft die Fracht bei Magdeburg deutlich, lediglich bei Uran liegt diese Summe geringfügig unter der für Magdeburg geschätzten Fracht. In der Elbe bei Magdeburg wurden die größten Cadmium-, Kupfer-, Uran- und Arsenfrachten aller betrachteten Messstellen transportiert, im Fall von Quecksilber, Zink und Blei die zweitgrößten Frachten. Das Frachtmaximum für Blei war für die Elbe bei Schmilka/Bad Schandau zu verzeichnen.




[kg]
320
280
240
200
160
120
80
40
0
Hg (gelöst)
Hg (partikulär)
Tideelbe
Saale
Mulde
Schmilka/
Bad Schandau
Wittenberg
Dessau
Rosenburg
Magdeburg
HH-Seemannshöft


[kg]
25000
22500
20000
17500
15000
12500
10000
7500
5000
2500
0
Pb (gelöst)
Pb (partikulär)
Tideelbe
Mulde
Saale
Schmilka/
Bad Schandau
Wittenberg
Dessau
Rosenburg
Magdeburg
Schnackenburg/
Dömitz
HH-Seemannshöft

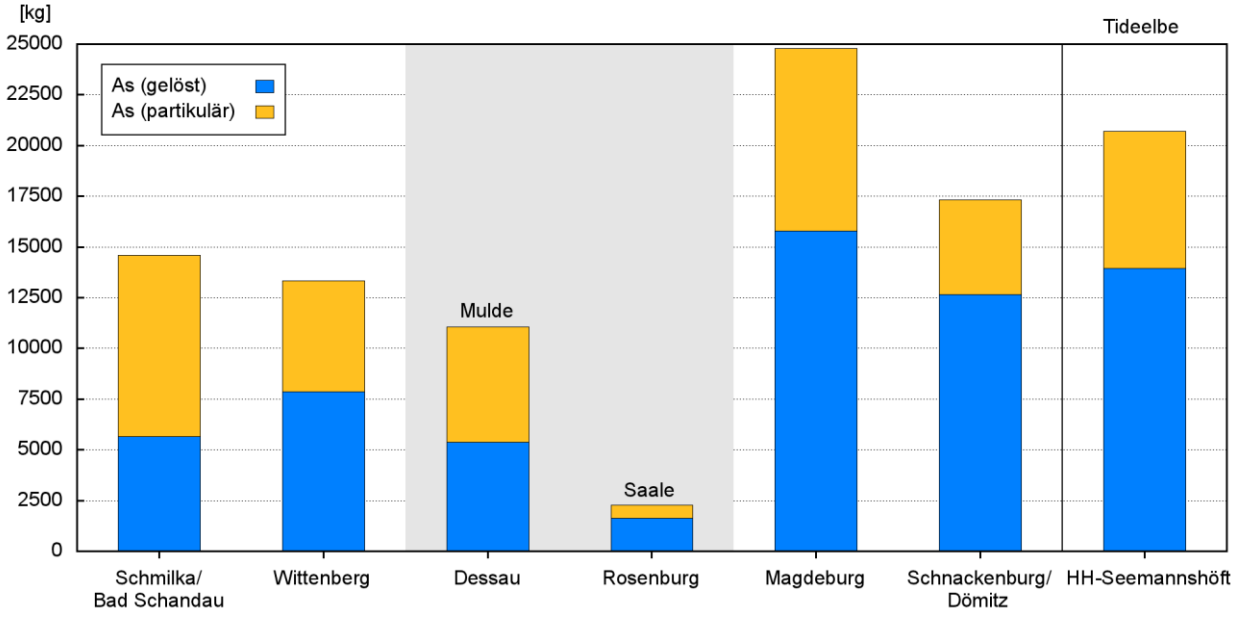

[kg]
25000
22500
20000
17500
15000
12500
10000
7500
5000
2500
0
As (gelöst)
As (partikulär)
Tideelbe
Mulde
Saale
Schmilka/
Bad Schandau
Wittenberg
Dessau
Rosenburg
Magdeburg
Schnackenburg/
Dömitz
HH-Seemannshöft

Abb. 7-10: Schätzung der Fracht von Cadmium / Quecksilber / Blei / Arsen (unfiltrierte Wasserproben) an Messstellen der Elbe und Zuflüssen im Zeitraum 3.-20.6.2013 mit Darstellung des gelösten (filtrierte Wasserproben) und partikulären Frachtanteils (rechnerisch ermittelt).

3.3 Relation zur Jahresfracht 2012

In Abbildung 11 werden die Fracht der abfiltrierbaren Stoffe und des TOC im betrachteten Hochwasserzeitraum 3.-20.6.2013 mit der Jahresfracht 2012 verglichen. An diesen 18 Tagen im Juni 2013 (rund 5 % des Jahres) wurden in der Elbe bei Schmilka/Bad Schandau 87 % der Jahresfracht 2012 an abfiltrierbaren Stoffen transportiert. Bis Schnackenburg/Dömitz sank dieser Anteil auf 17 % und stieg in der Tideelbe noch einmal leicht an. Auffällig erscheint, dass an der Mulde mehr als das Doppelte der Jahresfracht 2012 an abfiltrierbaren Stoffen transportiert wurde, während es an der Saale „nur“ etwa 30 % waren.

Die rechnerischen Anteile der TOC-Fracht im Juni 2013 an der Jahresfracht 2012 schwanken weniger stark und betragen bei Elbe und Saale rund 25 % – 50 % mit abnehmender Tendenz von Schmilka/Bad Schandau bis Seemannshöft. In der Mulde wurden zur Hochwasserzeit 2013 über zwei Drittel der TOC-Jahresfracht 2012 transportiert (Abb. 11).

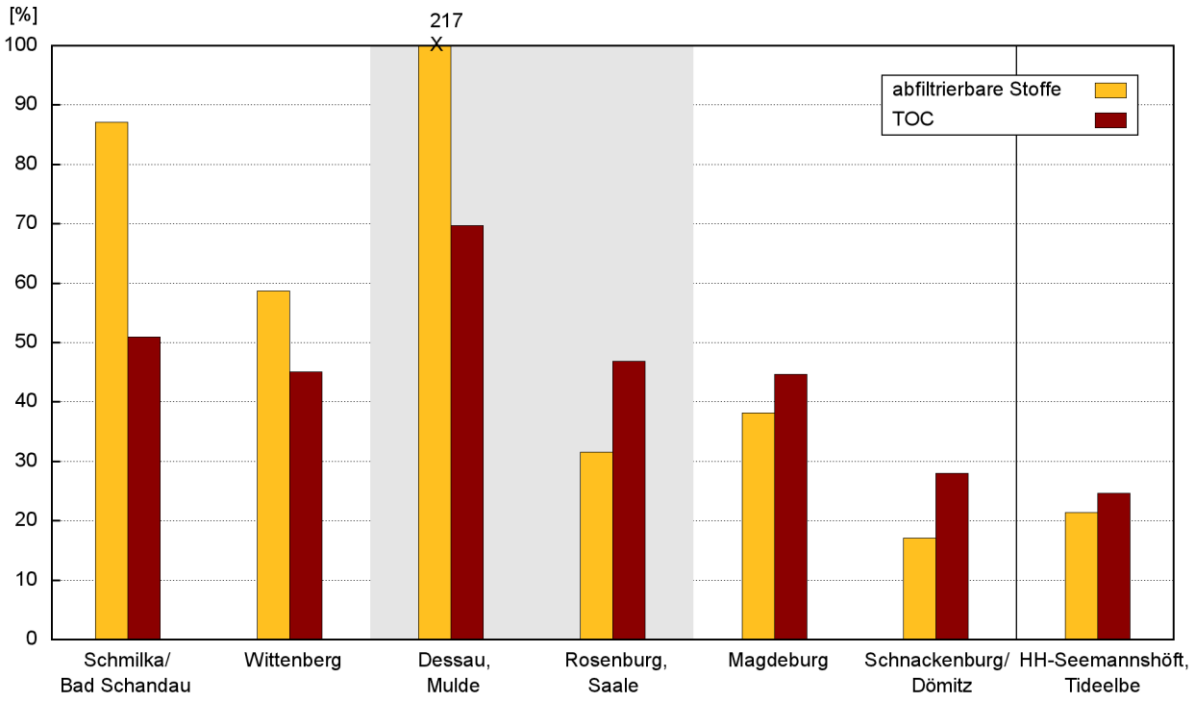


Abb. 11: Geschätzte Fracht der abfiltrierbaren Stoffe und des TOC in der Elbe und Zuflüssen im Zeitraum 3.-20.6.2013 als prozentualer Anteil der Jahresfracht 2012

Die geschätzte Fracht von Schwermetallen und Arsen während des Junihochwassers 2013 wird in Abbildung 12 wiederum als Anteil der Jahresfracht 2012 dargestellt. Für Quecksilber bei Schmilka/Bad Schandau wurden keine Werte berechnet, da die Konzentration der Einzelproben im Jahr 2012 mit zwei Ausnahmen unter der Bestimmungsgrenze lag. Die Hochwasserfracht 2013 von Schwermetallen und Arsen entspricht für die Messstellen an der Elbe rund 15 % – 160 % der Jahresfracht 2012. Wie bei den abfiltrierbaren Stoffen erfolgt von Schmilka/Bad Schandau bis Schnackenburg/Dömitz eine Abnahme und bei Seemannshöft eine leichte Zunahme der rechnerischen Anteile an der Jahresfracht 2012. Sie sind für Cadmium, Blei und Zink bei Schmilka/Bad Schandau mit rund 105 %, 160 % bzw. 80 % besonders hoch und nehmen bis Schnackenburg/Dömitz stark ab. An der Mulde betrug die Quecksilberfracht während des

Hochwassers 2013 das 1,5-fache und die Bleifracht das 2,7-fache der Jahresfracht 2012. Für alle Schwermetalle und Arsen ist der rechnerische Anteil der Ereignisfracht 2013 an der Jahresfracht 2012 an der Mulde höher als an der Saale.

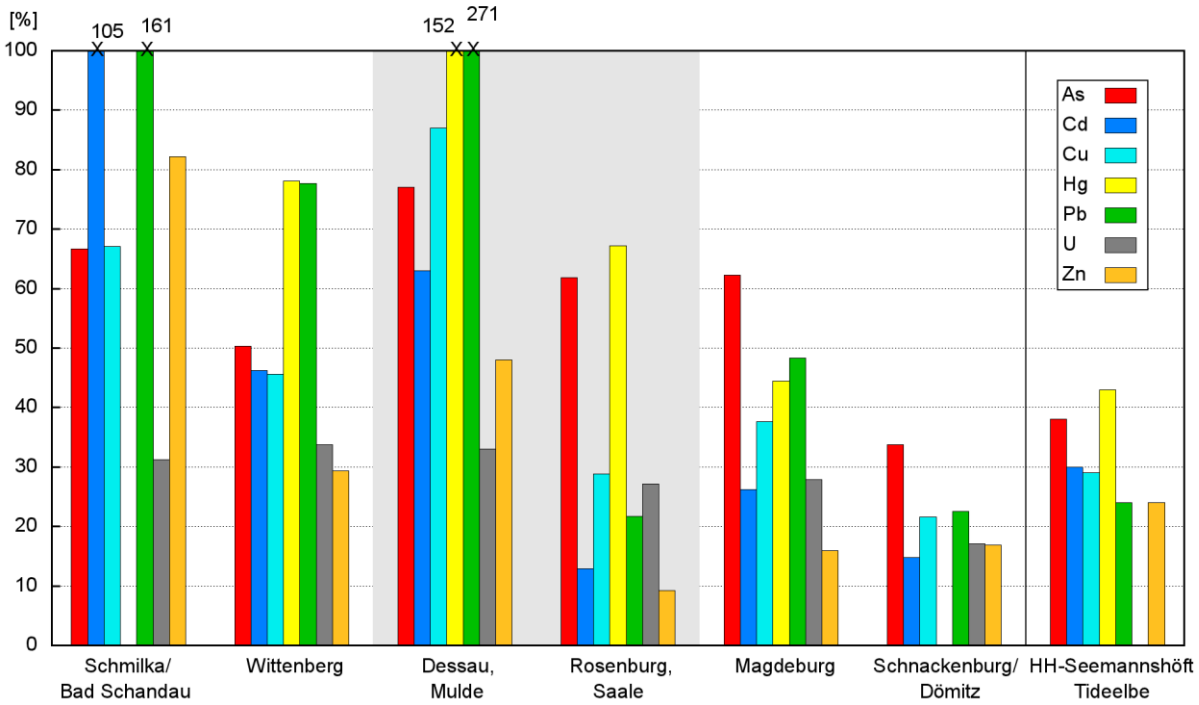


Abb. 12: Geschätzte Fracht von Schwermetallen und Arsen in der Elbe und Zuflüssen im Zeitraum 3.-20.6.2013 als prozentualer Anteil der Jahresfracht 2012

3.4 Vergleich mit den Hochwasserereignissen 2002 und 2006

Die Tabellen 15 und 16 enthalten 7-Tages-Frachten der Elbe rund um den Hochwasserscheitel im Juni 2013 (3 Tage vor dem Scheitel, Scheiteltag, 3 Tage nach dem Scheitel), die mit entsprechenden Frachten während der extremen Hochwasserereignisse 2002 bzw. 2006 verglichen werden. Auch die Durchflussmenge der 7-tägigen Hochwasserzeiträume wird gegenübergestellt.

Tab. 15: Vergleich der Frachtschätzungen von abfiltrierbaren Stoffen, TOC, Schwermetallen und Arsen der Elbe bei Schmilka/Bad Schandau über 7 Tage während der Hochwasserereignisse 2006 und 2013 (Zahlen gerundet; Maxima fett gedruckt, im Fall von 2013 zusätzlich rot)

Zeitraum (Hochwasserscheitel*)	**1.-7.4.2006** (4.4.2006)	**3.-9.6.2013** (6.6.2013)
Durchflussmenge* [1000 m³]	1534000	**1771000**
abfiltrierbare Stoffe [t]	**123000**	118000
TOC [t]	16700	**23000**
Arsen [kg]	10200	**10800**
Blei [kg]	**21200**	20200
Cadmium [kg]	**420**	390
Kupfer [kg]	16600	**19900**
Quecksilber [kg]	**150**	140
Uran [kg]	1570	**1610**
Zink [kg]	81900	**86200**
* nach Tagesmittelwerten des Durchflusses am Pegel Schöna		

Der Vergleich der 7-Tages-Ereignisfrachten 2006 und 2013 der Elbe bei Schmilka/Bad Schandau in Tabelle 15 zeigt bei Kupfer, Uran, Zink und Arsen etwas größere Frachten während des Hochwassers 2013, insgesamt aber ein ähnliches Frachtniveau wie beim Hochwasser 2006.

Lediglich die TOC-Fracht der Elbe war bei Schmilka/Bad Schandau im Juni 2013 wesentlich größer als beim Hochwasser 2006.

Tab. 16: Vergleich der Frachtschätzungen von abfiltrierbaren Stoffen, TOC, Schwermetallen und Arsen der Elbe bei Magdeburg über 7 Tage während der Hochwasserereignisse 2002, 2006 und 2013 (Zahlen gerundet; Maxima fett gedruckt, im Fall von 2013 zusätzlich rot)

Zeitraum (Hochwasserscheitel*)	**16.-22.8.2002** (19.8.2002)	**2.-8.4.2006** (5.4.2006)	**6.-12.6.2013** (9.6.2013)
Durchflussmenge* [1000 m³]	2044000	2032000	**2597000**
abfiltrierbare Stoffe [t]	56500	**82200**	71700
TOC [t]	**34000**	17000	25800
Arsen [kg]	**20400**	8200	15400
Blei [kg]	**21000**	13500	15500
Cadmium [kg]	420	380	**430**
Kupfer [kg]	**15600**	**	14900
Quecksilber [kg]	**180**	110	150
Zink [kg]	79200	**92400**	69000
* nach Tagesmittelwerten des Durchflusses am Pegel Magdeburg-Strombrücke ** Analysendaten erst ab dem 4.4.2006			

Die 7-Tage-Durchflussmenge der Elbe bei Magdeburg war im Jahr 2013 deutlich größer als bei den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 (Tab. 16), die dort transportierte Fracht stellte sich jedoch nur beim Cadmium am höchsten dar, und hier auch nur mit geringem Abstand zum Hochwasser 2002. Die Frachten der außer der Durchflussmenge in Tabelle 16 betrachteten Kenngrößen waren 2013 abgesehen von den abfiltrierbaren Stoffen und von Zink größer als beim Hochwasser im Jahr 2006, aber mit Ausnahme der abfiltrierbaren Stoffe und von Cadmium niedriger als beim Hochwasser 2002.

4. Schlussfolgerungen für das Messprogramm Extremereignisse

Mit dem Messprogramm Extremereignisse konnten während des Hochwassers der Elbe im Juni 2013 Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheitsdaten für die Information der Öffentlichkeit, zur Abschätzung akuter Risiken und zur Aufdeckung langfristiger und großräumiger Risikopotenziale gewonnen werden. Bei der Weiterentwicklung des Messprogramms sollten folgende Aspekte Berücksichtigung finden:
Für die Betrachtung von ereignisbezogenen Schadstofffrachten ist die Beprobung an Tagen mit hohen Durchflüssen (vor, während und nach dem Scheitel) und hohen Schadstoff-/Schwebstoffkonzentrationen besonders bedeutsam. Die Tage um den Hochwasserscheitel sollten lückenlos beprobt werden. Die gleichzeitige Untersuchung von Wasser (filtriert/unfiltriert) und Schwebstoff bei Schwermetallen und Arsen ermöglicht eine Plausibilisierung der Frachtschätzung und sollte beibehalten werden. Die Sicherstellung der Schwebstoffprobenahme an den Messstellen Schmilka und Rosenburg (Saale) bzw. an deren Ersatzmessstellen sollte mit hoher Priorität verfolgt werden. Die Messstelle Geesthacht als Eingangstor zur Tideelbe sollte aktiver in das Messgeschehen eingebunden werden.

5. Literatur/Quellen

BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2002): Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet. – 49 S., Koblenz (http://elise.bafg.de/servlet/is/3967/)

BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2013a): Länderübergreifende Analyse des Juni-Hochwassers 2013. – Bericht: BfG-1797. 69 S., Koblenz (http://www.bafg.de/DE/Service/presse/2013_09_04.html)

BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2013b): Dioxine in Schwebstoffproben der Elbe und Mulde während des Hochwassers 2013. – Anlagen zum Auftrag: BFG_20130723181730_1D; unveröffentlicht

BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE): Analysendaten der BfG zur Schwebstoffbelastung der Elbe in Magdeburg während des Hochwassers 2002

BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE): Analysendaten aus der Radiologischen Messstation Wittenberg

BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE): Informationsplattform Undine: Information zum Messprogramm Extremereignisse der FGG Elbe mit Mess-/Analysendaten zum Elbehochwasser Juni 2013 (Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheit) (http://undine.bafg.de/servlet/is/21318/)

FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (Hrsg.) (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. - 1-85, Anl., (Magdeburg) (http://www.fgg-elbe.de/fgg-news/news-details/items/sedimentmanagementkonzept-fgg-elbe.html)

FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2012): Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe. – Stand: 10.1.2012 mit Aktualisierung vom 7.3.2012. 27 S.

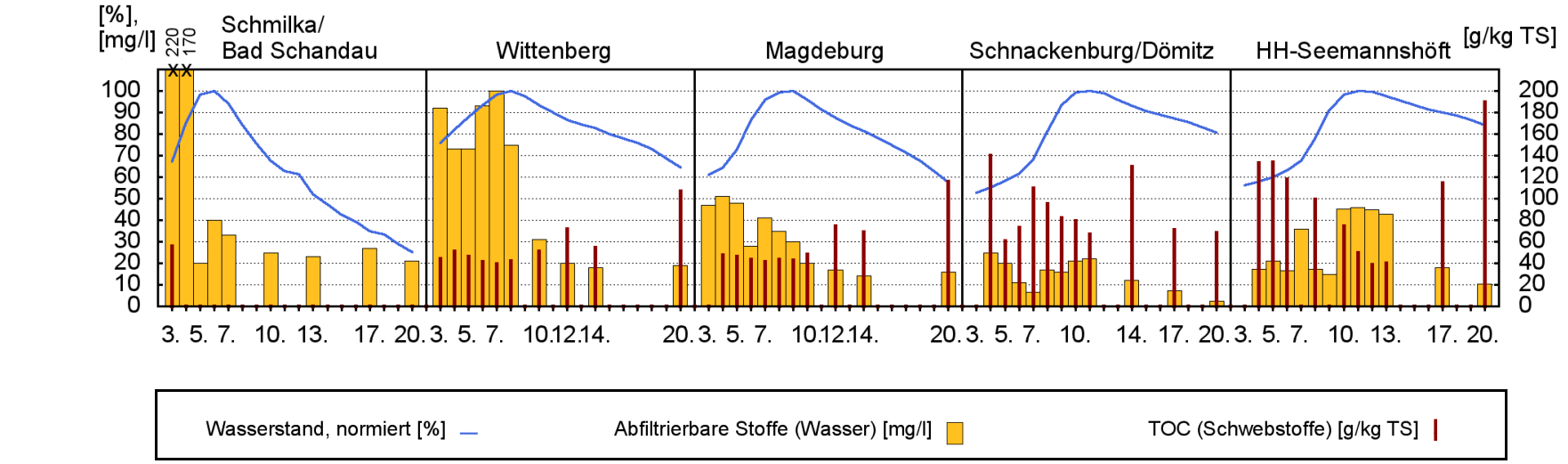
HU HH (INSTITUT FÜR HYGIENE UND UMWELT HAMBURG): Analysendaten des HU zur Schwebstoffbelastung der Elbe in Hamburg während des Hochwassers 2002

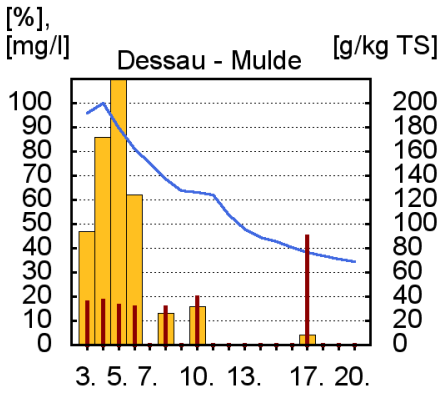
LHW ST (LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT) (2006a): Ergebnisse der Beschaffenheitsüberwachung der Fließgewässer während des Frühjahrshochwassers 2006. - Stand: 13.04.06. 2 S., 1 Anl.

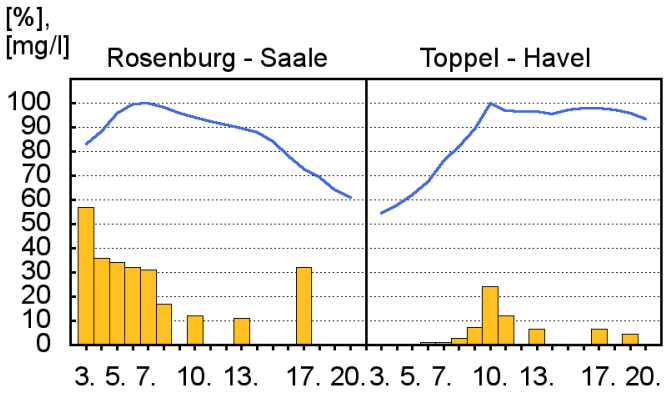
LHW ST (LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT) (2006b): Abschlussbericht Hochwassereignis Frühjahr 2006. - Anlage: Sondermessprogramm Hochwasser 2006. Schwebstoffproben Zentrifuge (http://www.hochwasservorhersage.sachsen-anhalt.de/dokumente/hochwasserberichte.htm)

LFULG SN (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE): Analysendaten zum Hochwasser 2002 und 2006 (Oberflächenwasser)

Abb. 13: Temporäre Verstärkung des Elbdeichs unterhalb von Hitzacker (Foto: R. Schwartz)

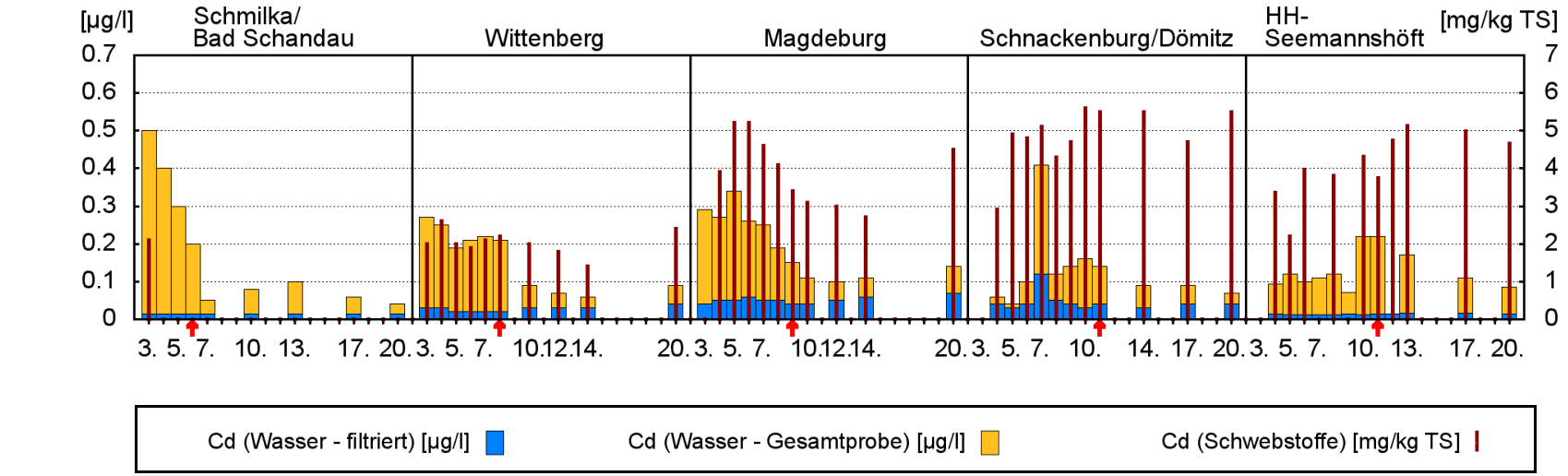


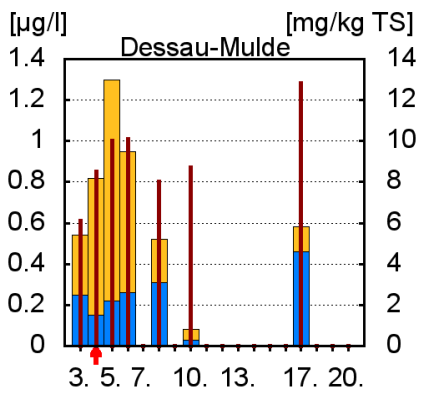


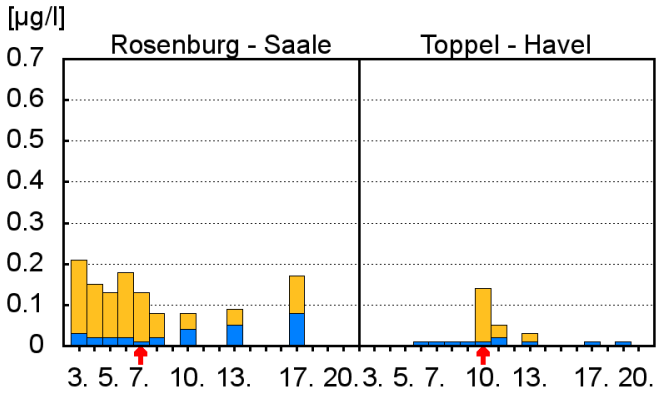


Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe im Wasser und des TOC in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) im Vergleich zum Wasserstand im Zeitraum 3. bis 20. Juni 2013

Die dargestellten Wasserstandsdaten sind Tagesmittelwerte an den Bezugspegeln, normiert auf den jeweils höchsten Wasserstand

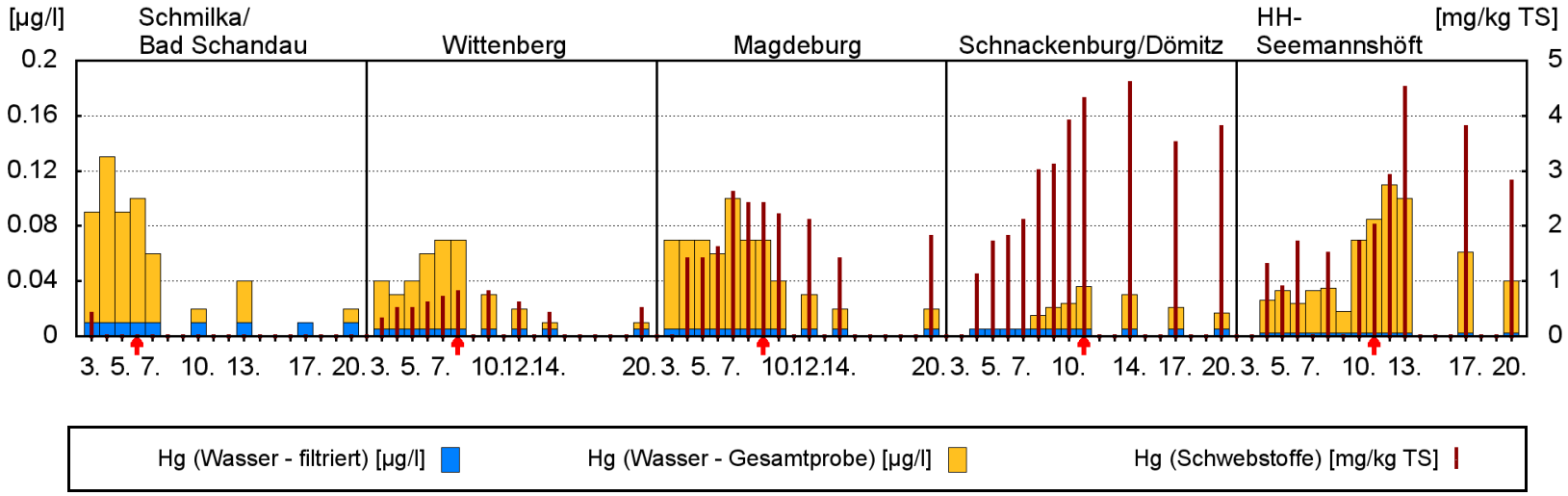


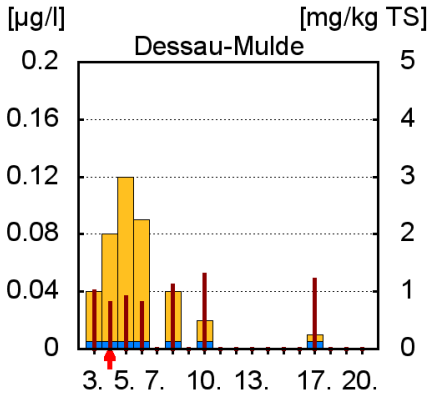


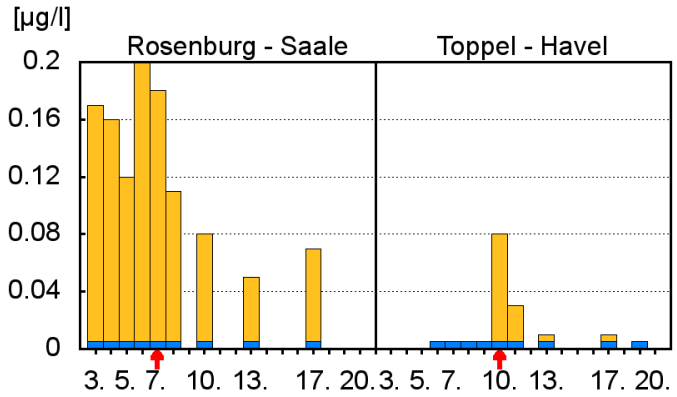


Konzentration von Cadmium im Wasser und in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) vom 3. bis 20. Juni 2013

Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)

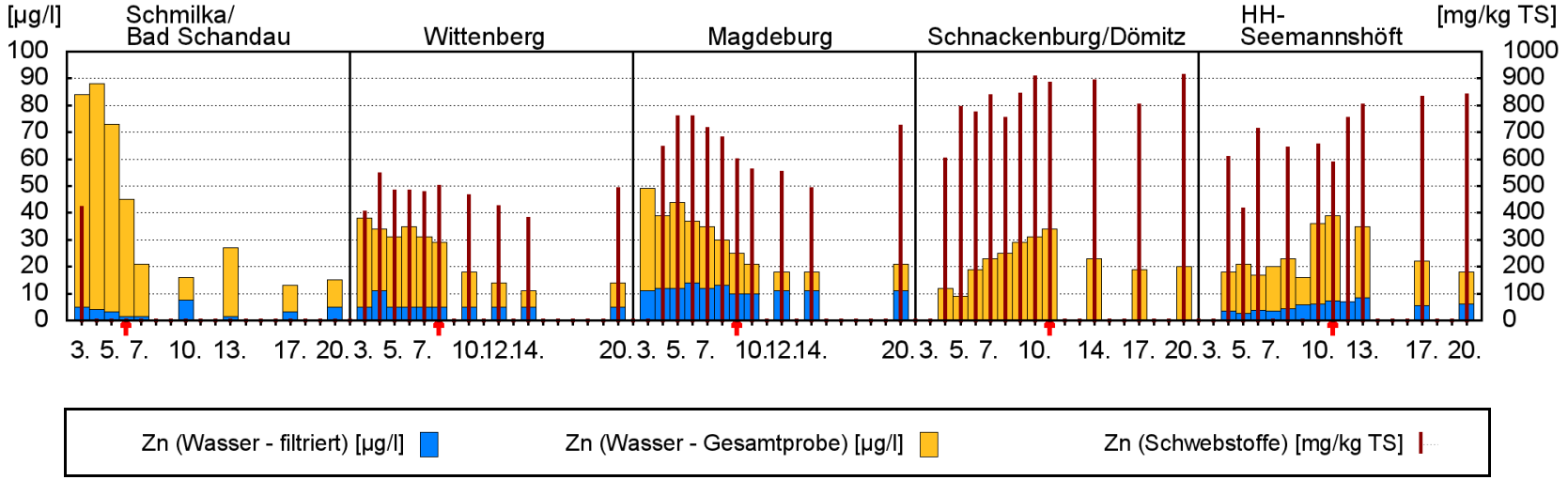


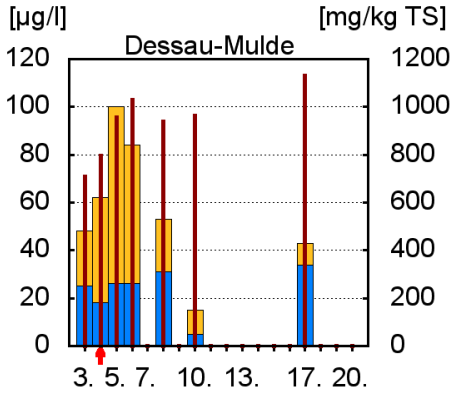


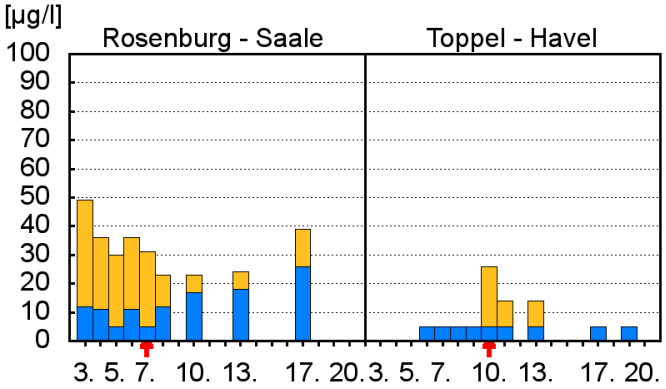


Konzentration von Quecksilber im Wasser und in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) vom 3. bis 20. Juni 2013

Konzentration in den filtrierten Wasserproben stets < Bestimmungsgrenze.
Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)

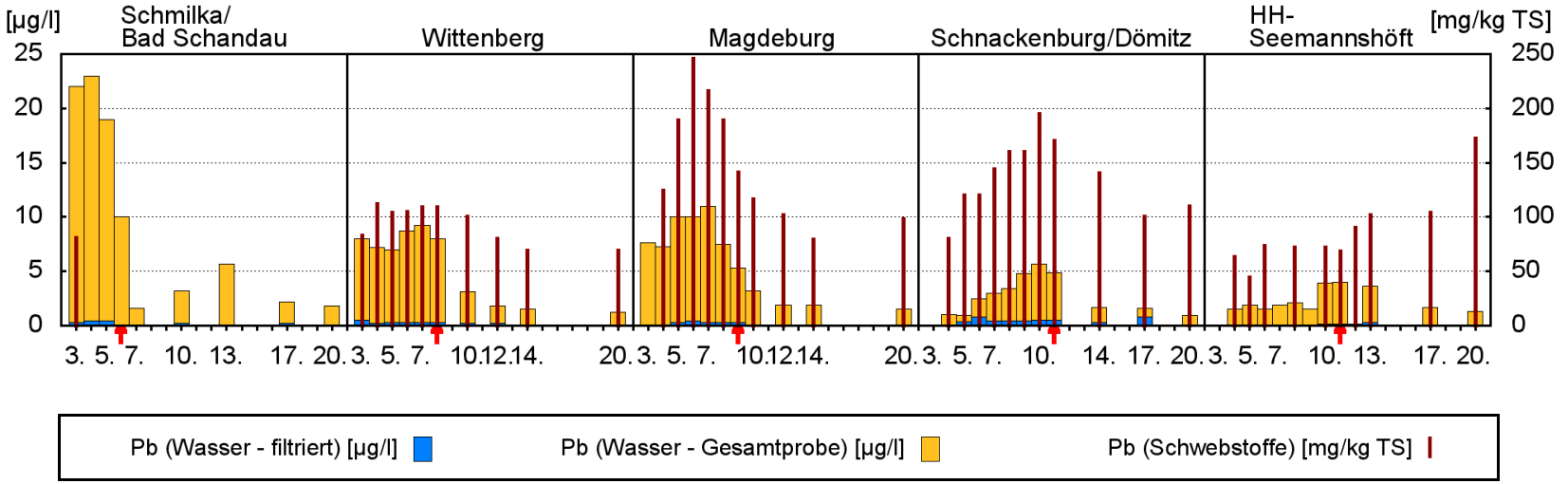


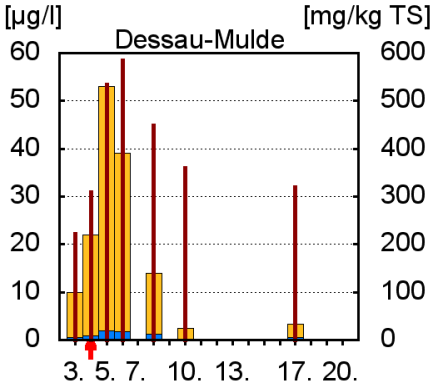


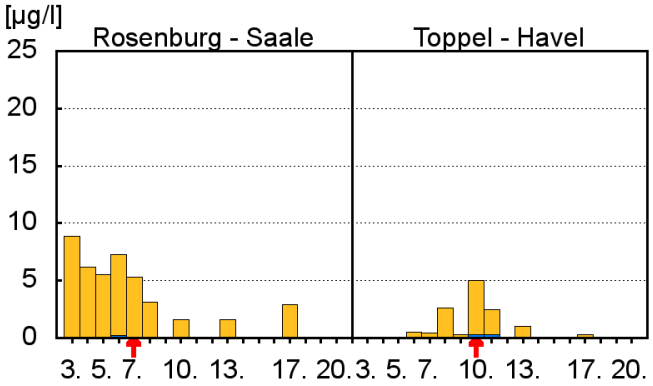


Konzentration von Zink im Wasser und in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) vom 3. bis 20. Juni 2013

Für die Elbe in Dömitz liegen keine Daten für Zink aus der filtrierten Wasserprobe vor. Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)

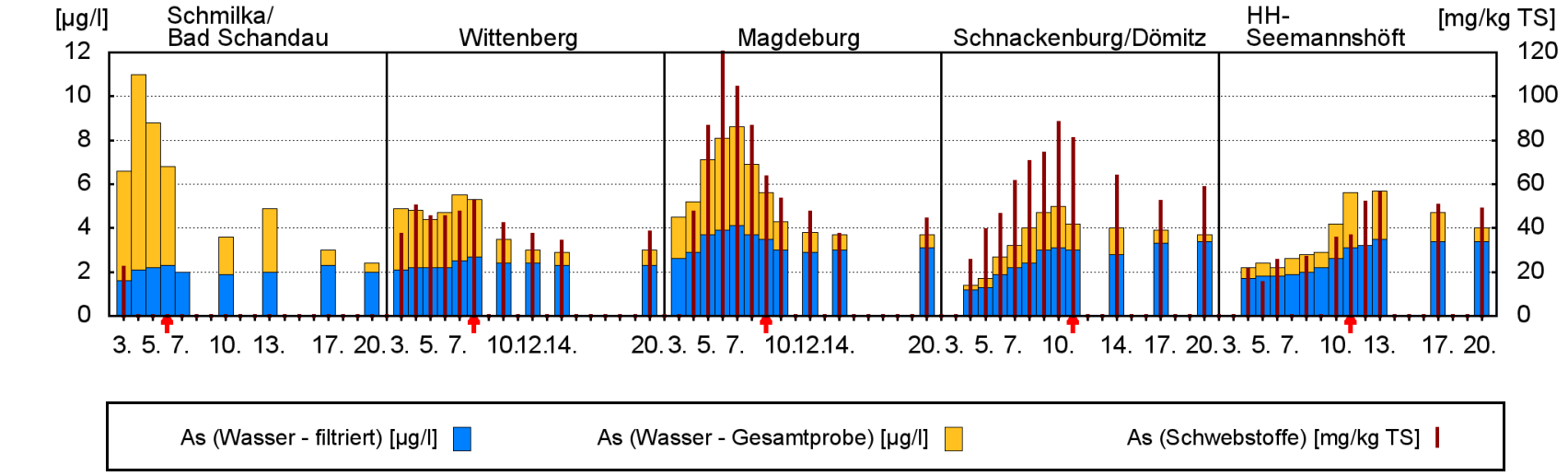


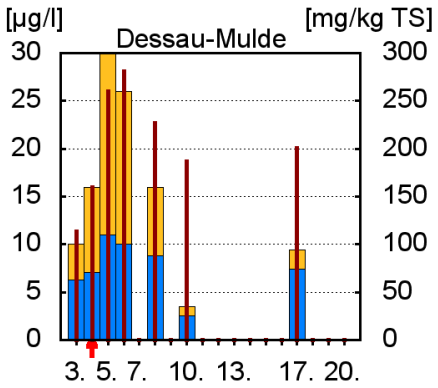


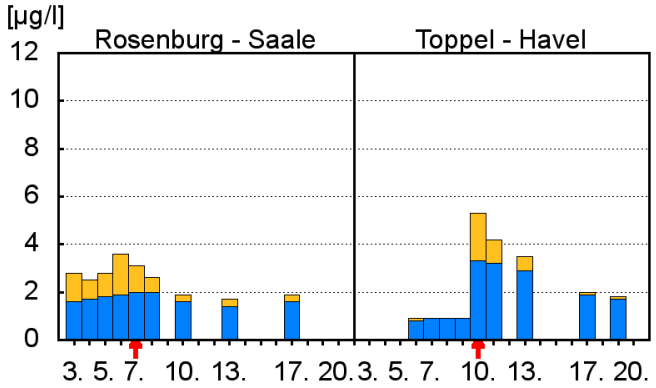


Konzentration von Blei im Wasser und in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) vom 3. bis 20. Juni 2013

Konzentrationen < 0,2 µg/l Pb werden nicht dargestellt.
Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)

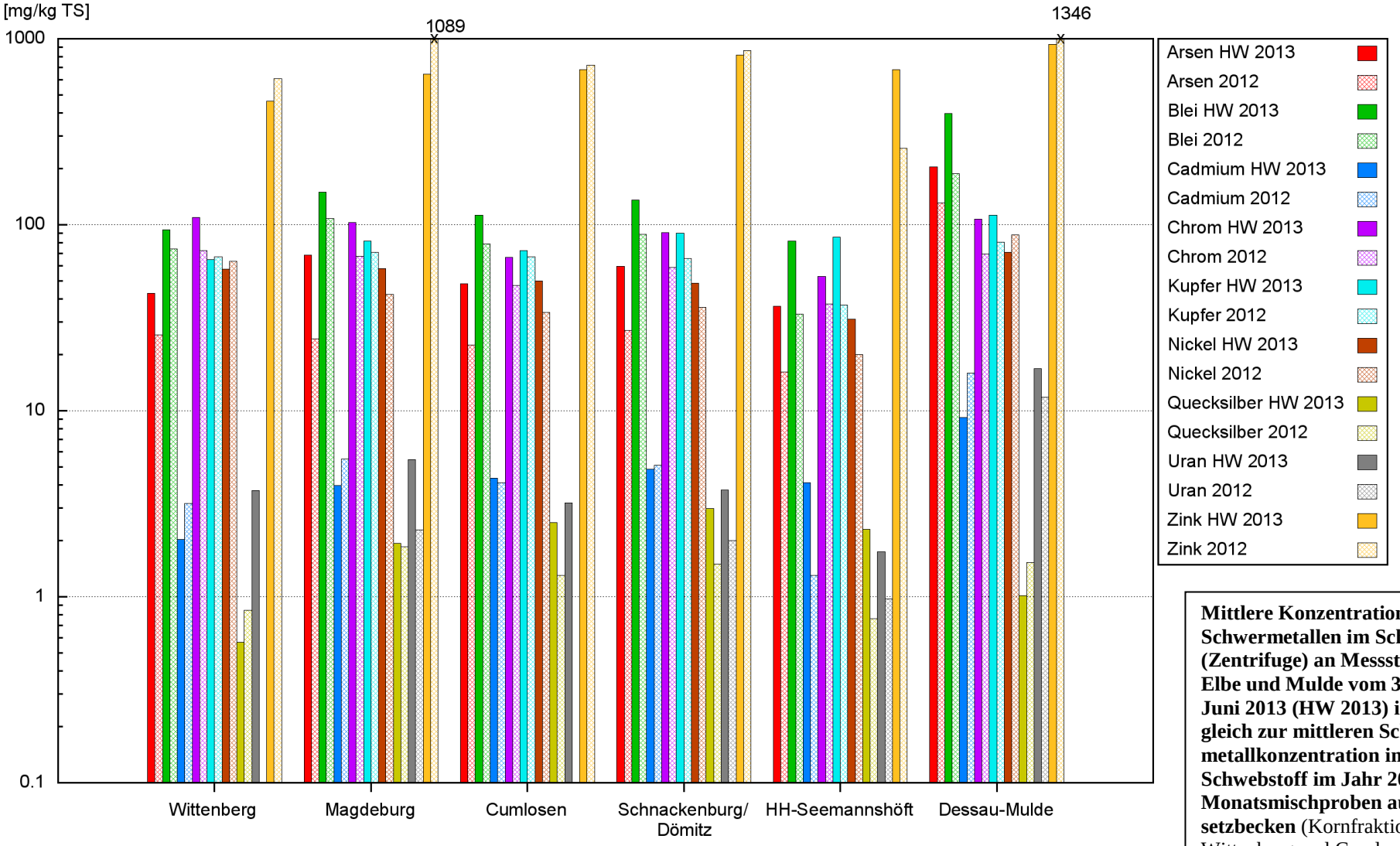




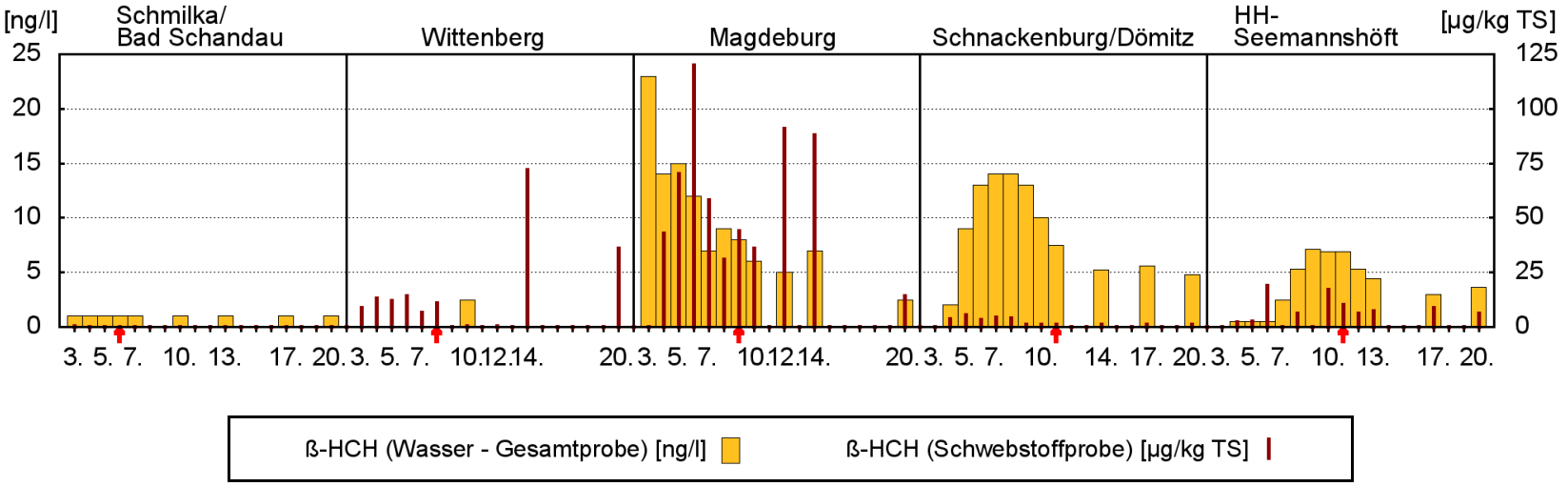


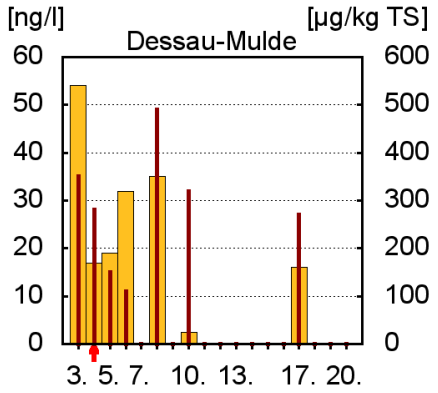
Konzentration von Arsen im Wasser und in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) vom 3. bis 20. Juni 2013

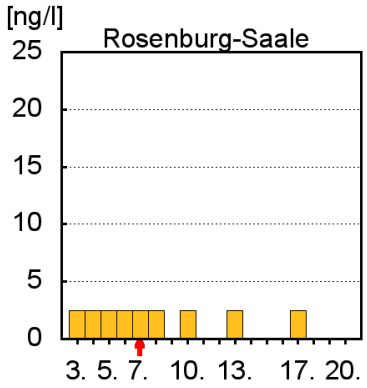
Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)



Mittlere Konzentration von Schwermetallen im Schwebstoff (Zentrifuge) an Messstellen der Elbe und Mulde vom 3. bis 20. Juni 2013 (HW 2013) im Vergleich zur mittleren Schwermetallkonzentration im Schwebstoff im Jahr 2012 nach Monatsmischproben aus Absetzbecken (Kornfraktion in Wittenberg und Cumlosen < 20 µm, ansonsten < 63 µm)

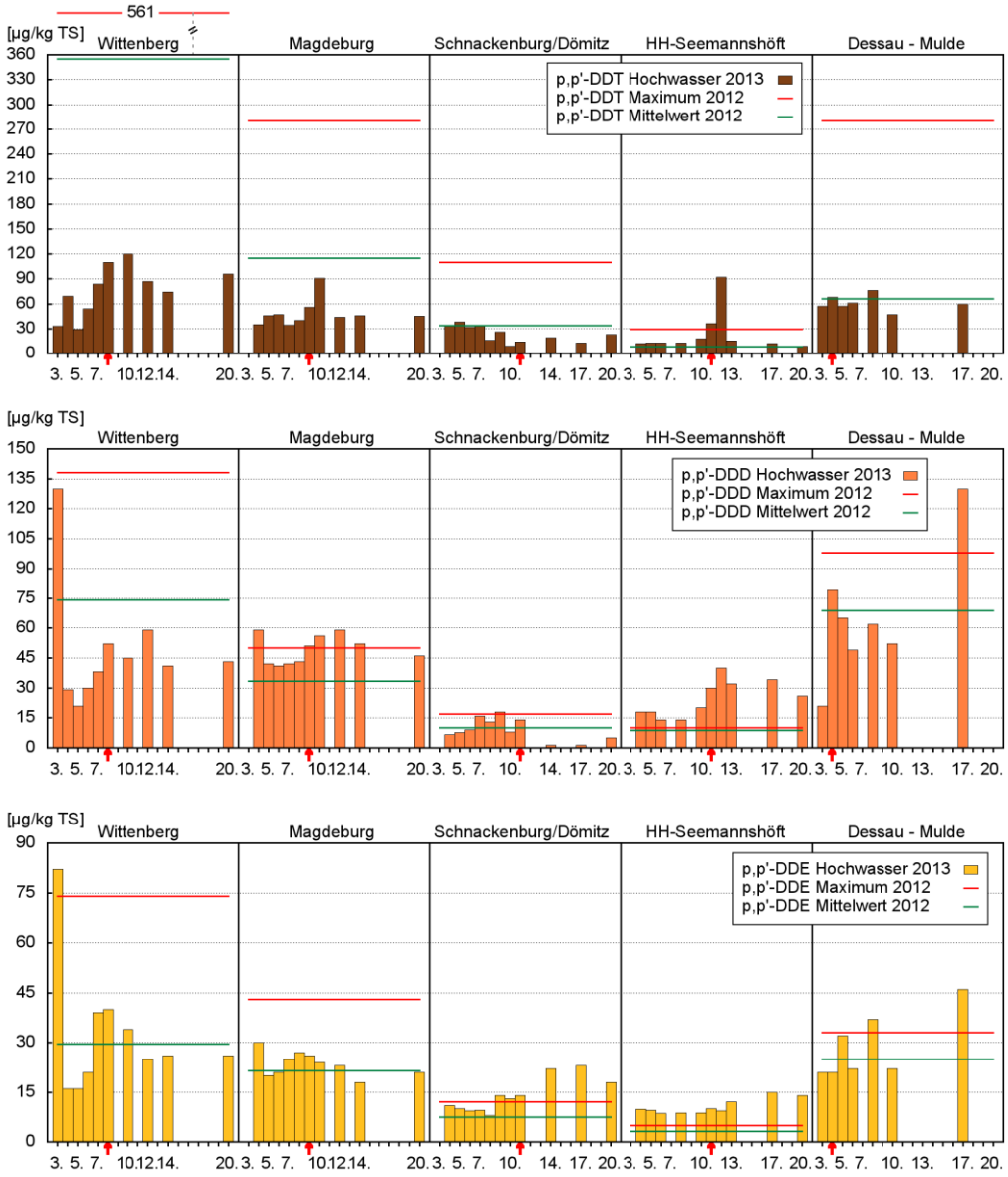






Konzentration von ß-HCH im Wasser und in Schwebstoffen der Elbe (oben) und Nebenflüssen (unten) vom 3. bis 20. Juni 2013

In Wittenberg wurde ß-HCH im Wasser nur am 10. Juni gemessen.
Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)



Konzentration des p,p'-DDT, p,p'-DDD und p,p'-DDE im Schwebstoff aus Zentrifugenproben von Elbe und Mulde vom 3. - 20. Juni 2013 im Vergleich zum Mittelwert und Maximum des Jahres 2012 nach Monatsmischproben des Schwebstoffs aus Absetzbecken

Die roten Pfeile zeigen den Tag des höchsten Wasserstandes an (höchster Tagesmittelwert am Bezugspegel)

Anhang A10

Ergebnisse der Frachtschätzung von Schwermetallen und Arsen vom 3. - 20. Juni 2013 im Wasser (W) und Schwebstoff an Messstationen der Elbe und Zuflüssen mit Plausibilitäts-kontrolle (soweit möglich); unplausible Schätzungen sind rot hinterlegt

Schmilka / Bad Schandau

	1	2	3	4
	W (gesamt) [kg]	**W (gelöst) [kg]**	**W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]**	**Schwebstoff [kg]**
Cd	465	(41)*	(423)	**
Cu	25588	8425	17163	**
Hg	162	(28)*	(134)	**
Zn	105519	10610	94909	**
Ni	19496	9248	10248	**
Pb	23945	566	23379	**
Cr	24843	(1383)*	(23460)	**
U	2639	1817	822	**
As	14589	5652	8937	**

* alle Werte < Bestimmungsgrenze (BG); Berechnung mit 0,5 x BG
** nur eine Analyse

Wittenberg

	1	2	3	4	5
	W (gesamt) [kg]	**W (gelöst) [kg]**	**W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]**	**Schwebstoff [kg]**	**Spalte 3:4 [%]**
Cd	473	88	385	352	109
Cu	19226	11051	8175	11808	69
Hg	125	(16)*	(108)	110	(99)
Zn	74716	(17326)*	(57391)	80826	(71)
Ni	14363	11153	3210	10211	31
Pb	16341	743	15599	17295	90
Cr	5382	(1647)*	(3735)	20818	(18)
U	3206	2705	501	680	74
As	13332	7862	5469	7741	71

* alle bzw. Mehrzahl der Werte < Bestimmungsgrenze (BG); Berechnung mit 0,5 x BG

Magdeburg

	1	2	3	4	5
	W (gesamt) [kg]	**W (gelöst) [kg]**	**W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]**	**Schwebstoff [kg]**	**Spalte 3:4 [%]**
Cd	797	255	542	482	113
Cu	26254	16173	10081	10096	100
Hg	227	(24)*	(202)	241	(84)
Zn	124635	54708	69927	78796	89
Ni	21243	17459	3784	7178	53
Pb	22980	(867)*	(22113)	18399	(120)
Cr	5616	(2417)*	(3199)	12716	(25)
U	6719	6126	593	670	88
As	24793	15783	9010	8389	107

* alle bzw. Mehrzahl der Werte < Bestimmungsgrenze (BG); Berechnung mit 0,5 x BG

Anhang A10

Schnackenburg / Dömitz

	1	2	3	4	5
	W (gesamt) [kg]	W (gelöst) [kg]	W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]	Schwebstoff [kg]	Spalte 3:4 [%]
Cd	540	187	353	309	114
Cu	19507	**		5949	
Hg	99	(23)*	(76)	216	(35)
Zn	107624	**		51629	
Ni	17380	**		3122	
Pb	12658	1964	10694	9053	118
Cr	5382	2101	3281	6025	54
U	4553	4323	230	260	89
As	17326	12644	4682	4066	115

* alle Werte < Bestimmungsgrenze (BG); Berechnung mit 0,5 x BG;
** nicht analysiert

Hamburg – Seemannshöft

	1	2	3	4	5
	W (gesamt) [kg]	W (gelöst) [kg]	W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]	Schwebstoff [kg]	Spalte 3:4 [%]
Cd	658	70	589	604	97
Cu	22474	12685	9789	12134	81
Hg	302	(12)*	(290)	392	(74)
Zn	126417	28494	97923	97201	101
Ni	17927	14260	3668	4440	83
Pb	11909	523	11386	12365	92
Cr	4894	1178	3716	8024	46
U	4562	4421**	142	288	49
As	20713	13954	6758	5854	115

* alle Werte < Bestimmungsgrenze (BG); Berechnung mit 0,5 x BG
** Messwerte W (gelöst) vom 4., 6., 17., 20. Juni an Messwerte W (gesamt) angeglichen

Dessau – Mulde

	1	2	3	4	5
	W (gesamt) [kg]	W (gelöst) [kg]	W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]	Schwebstoff [kg]	Spalte 3:4 [%]
Cd	479	171	308	305	101
Cu	6910	3521	3389	3872	88
Hg	40	(4)*	(36)	31	(118)
Zn	40606	16667	23939	30333	79
Ni	4152	3155	998	2477	40
Pb	14029	701	13327	14183	94
Cr	1278	(371)*	(907)	3727	(24)
U	1223	628	594	575	103
As	11050	5377	5674	7088	80

* alle Werte < Bestimmungsgrenze (BG); Berechnung mit 0,5 x BG

Rosenburg – Saale

	1	2	3	4
	W (gesamt) [kg]	W (gelöst) [kg]	W (partikulär) (Spalte 1-2) [kg]	Schwebstoff [kg]
Cd	121	37	84	**
Cu	4869	2640	2229	**
Hg	103	(5)*	(99)	**
Zn	29310	14435	14875	**
Ni	4730	3912	817	**
Pb	3609	(105)*	(3505)	**
Cr	1166	(480)*	(686)	**
U	2208	2123	85	**
As	2259	1628	631	**

* alle Werte < Bestimmungsgrenze (BG) (nur Pb: 1 Wert = BG);
Berechnung mit 0,5 x BG
** nicht analysiert