



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Altlastenfreistellung

**Ableitung von Maßnahmen zur
Verringerung der Stoffeinträge in die
Mulde Flussgebiet Mulde
in Sachsen-Anhalt
Abschlussbericht
Ist-Stand-Analyse Muldeaue**

Projekt-Nr.: **275237**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:

**Landesanstalt für Altlastenfreistellung
des Landes Sachsen-Anhalt (LAF)
39041 Magdeburg**

Dipl.-Geol. Jens Heyden, M. Sc. Carsten Schumacher,
Dr. Rosemarie Leonhardt

2024-10-30

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	8
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	9
ANLAGENVERZEICHNIS	10
1 ZUSAMMENFASSUNG	12
2 VORBEMERKUNG	13
3 UNTERLAGEN	14
4 AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG	17
5 GRUNDLAGEN	18
5.1 Flusssystem Mulde	18
5.2 Belastungssituation	20
5.2.1 Einträge durch Freiburger und Zwickauer Mulde.....	20
5.2.2 Belastungssituation der Vereinigten Mulde.....	21
5.2.3 Herkunft Schadstoffe aus dem Chemiekombinat Bitterfeld	22
5.2.4 Belastungssituation im Projektgebiet	25
5.2.4.1 Erkenntnisse aus der Spittelwasserstudie 2012-2013.....	26
5.2.4.2 Ergebnisse aus den fortlaufenden Untersuchungen des GLD.....	30
5.2.4.2.1. Hexachlorcyclohexan (HCH) im Wasser	30
5.2.4.2.2. Organozinn im Wasser	38
5.2.4.3 Belastungen in den Pflanzen der Mulde.....	42
5.3 Umweltqualitätsnorm und abgesenkte Bewirtschaftungsziele im Schachtgraben und Spittelwasser	45
5.4 Sedimentationsverhalten in der Aue.....	46
5.5 Arbeitsthesen und Fragestellungen	47
6 UNTERSUCHUNGSUMFANG	53
6.1 Projektgebiet / Untersuchungsumfang	53
6.1.1 Projektgebiet	53
6.1.2 Unterteilung des Projektgebietes und Festlegung der Beprobungstiefen nach Nutzungsart gemäß Untersuchungskonzeption	55
6.2 Zusammenfassung Untersuchungsumfang	58
6.3 Vorlaufende Arbeiten.....	62

6.4	Bodenuntersuchungen	63
6.4.1	Methodik	63
6.4.2	Zielsetzung	64
6.4.3	Bewertungsgrundlagen	64
6.4.4	Auswertung weiterer Daten	66
6.5	Sedimentuntersuchungen	66
6.5.1	Zielsetzung	66
6.5.2	Methodik	67
6.5.3	Bewertungsgrundlagen	70
7	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE	72
7.1	Ist-Stand-Analyse	72
7.1.1	Hexachlorcyclohexan (HCH)	73
7.1.1.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze	73
7.1.1.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	74
7.1.2	Schwermetalle	82
7.1.2.1	Arsen	82
7.1.2.1.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV	82
7.1.2.1.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	85
7.1.2.2	Quecksilber	88
7.1.2.2.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze	88
7.1.2.2.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	90
7.1.2.3	Weitere Schwermetalle	93
7.1.2.3.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV	93
7.1.2.3.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	94
7.1.3	DDX	95
7.1.3.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV	95
7.1.3.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	95
7.1.4	PCDD/F und dl-PCB	99
7.1.4.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV	99
7.1.4.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	100
7.1.5	Organozinnverbindungen	102
7.2	Vergleich vor und nach Hochwasser	106
7.3	Zusammenfassung Belastungsbereiche nach Schadstoffen	110
8	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	111
8.1	Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV	111
8.2	Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung	112
8.2.1	Bewertung der Belastungssituation Hexachlorcyclohexan (HCH)	112
8.2.2	Bewertung der Belastungssituation Schwermetalle	115

8.2.3	Bewertung der Belastungssituation DDX	115
8.2.4	Bewertung der Belastungssituation PCDD/F und dl-PCB	116
8.2.5	Bewertung der Belastungssituation Organozinnverbindungen	116
8.3	Wechselwirkungen zwischen Gewässer und Aue	118
8.4	Überprüfung der Arbeitsthese	118
9	HANDLUNGSBEDARF	121
10	ABLEITUNG VON MAßNAHMEN	123
11	EMPFEHLUNGEN.....	124

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5.1:	Vereinigte Mulde, Freiburger Mulde und Zwickauer Mulde	19
Abbildung 5.2:	Schematische Darstellung des Oberflächensystems und der Lage der Messpunkte aus [30]	20
Abbildung 5.3:	Wasser- Ver- und Entsorgung Reinabwasser (Stand 29.07.1994) aus [7]	22
Abbildung 5.4:	Verlauf des Schachtgrabens vor und nach 1986 aus [7]	23
Abbildung 5.5:	Abschnitte der Unterhaltungsmaßnahme nach dem Hochwasser 2013 im Schachtgraben, Verbinder Fuhne-Lauseborn und Lauseborn [3]	23
Abbildung 5.6:	Untersuchungszonen Überschwemmungsgebiet Spittelwasser [30]	27
Abbildung 5.7:	Summe HCH (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2008	31
Abbildung 5.8:	Summe HCH (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2014	31
Abbildung 5.9	Vergleich Zusammensetzung der HCH-Isomere (Jahresdurchschnitt) im Wasser des SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) 2012 und 2023	32
Abbildung 5.10:	HCH-Fracht im Wasser im Schachtgraben (OW0504), Spittelwasser (OW057 ³) und Mulde (OW018).....	33
Abbildung 5.11:	HCH-Fracht im Wasser in der Mulde bei Priorau (OW018) und bei Dessau (OW020) seit 2013.....	34
Abbildung 5.12:	HCH-Fracht im Wasser in der Mulde bei Priorau (OW018) und bei Dessau (OW020) seit 2021.....	35
Abbildung 5.13:	HCH-Konzentrationen im Wasser in der Mulde bei Priorau (OW018) und bei Dessau (OW020) seit 2014	36
Abbildung 5.14:	HCH-Gehalte im Monatsmisch-Schwebstoff im Spittelwasser (OW058, 25134015) und in der Mulde bei Dessau (25130040)	37
Abbildung 5.15:	Tributylzinn (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2008	38
Abbildung 5.16:	Monobutylzinn (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2014	39
Abbildung 5.17:	Vergleich Zusammensetzung der Organozinnverbindungen (Jahresdurchschnitt) im Wasser des SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) in den Jahren 2012 und 2023	40
Abbildung 5.18:	Organozinn-Gehalte im Monatsmisch-Schwebstoff im Spittelwasser (OW058, 25134015) und in der Mulde bei Dessau (25130040).....	41
Abbildung 5.19:	Zusammensetzung Organozinn im Schwebstoff an der OW058	41
Abbildung 5.20:	Probenahmeflächen A1.1 und A1.2 in den Muldewiesen	43

Abbildung 5.21: Probenahmeflächen A3.1, A3.2 und A3.3 in der Spittelwasseraue	43
Abbildung 5.22: Ergebnisse gammaspektrometrische Untersuchungen der Summe HCH im Boden aus dem Jahr 2013 und den Bodenuntersuchungen au dem Jahr 2023/2024 in den ersten 10 cm.....	44
Abbildung 5.23: Probenahmeflächen A4.1 und A4.2 im Untersuchungsabschnitt UA4.5 (östlich vom Altwasser bei Schierau)	45
Abbildung 5.24: Gegenüberstellung Ergebnis „Abschlussbericht Frachtreduzierung Spittelwasser“ [30] und Ergebnisse Hochwassermodell, Teil I aus [29]	49
Abbildung 5.25: Gegenüberstellung Ergebnis „Abschlussbericht Frachtreduzierung Spittelwasser“ [30] und Ergebnisse Hochwassermodell, Teil II aus [29]	50
Abbildung 6.1: Übersichtsdarstellung der Untersuchungszone im Projektgebiet (rot: Untersuchungszone (UZ), lila: Untersuchungsabschnitte (UA) gemäß HQ100)	54
Abbildung 6.2: Probenahmestandorte U3_B34 bis U3_B39 (Summe HCH >100 mg/kg TS) für die Wiederholungsuntersuchung entlang des Spittelwassers (gelb markiert).....	56
Abbildung 6.3: Abgleich Untersuchungen gemäß Untersuchungskonzept [29] und durchgeführten Beprobungen der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	59
Abbildung 6.4: Abgleich Untersuchungen gemäß Untersuchungskonzept [29] und durchgeführten Beprobungen der Untersuchungsabschnitte UA4 und UA5	60
Abbildung 6.5: Abgleich Untersuchungen gemäß Untersuchungskonzept [29] und durchgeführten Beprobungen der Untersuchungsabschnitte UA6 und UA7	61
Abbildung 6.6: Eingesetzter Sediment Corer	67
Abbildung 6.7: Schichtenweise Sedimentprobenahme	68
Abbildung 7.1: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	75
Abbildung 7.2: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm im Untersuchungsabschnitte UA1 (Muldewiesen) und randlich UA2 (Salegaster Forst)	78
Abbildung 7.3: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)	79
Abbildung 7.4: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungszone UA4.5 (Altwasser östlich von Schierau)	80
Abbildung 7.5: Zusammensetzung der HCH im Boden und Sediment im Unter suchungsabschnitt UA3	81
Abbildung 7.6: Arsen-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (inkl. der Daten vom LAU aus dem Jahr 2020)	85
Abbildung 7.7: Arsen-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 10-30 cm und im Sediment Tiefe 2 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3.....	86
Abbildung 7.8: Arsen-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 10-30 cm und im Sediment Tiefe 2 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts).....	87

Abbildung 7.9:	Quecksilber-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	90
Abbildung 7.10:	Quecksilber-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm im Untersuchungsabschnitte UA1 (Muldewiesen) und randlich UA2 (Salegaster Forst) ...	91
Abbildung 7.11:	Quecksilber-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts).....	92
Abbildung 7.12:	Gehalt an Summe DDT (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	96
Abbildung 7.13:	p,p-DDT-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	97
Abbildung 7.14:	p,p-DDT-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts).....	98
Abbildung 7.15:	PCDD/F-Gehalt in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	100
Abbildung 7.16:	PCDD/F -Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts).....	101
Abbildung 7.17:	Tributylzinn-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3	103
Abbildung 7.18:	Tributylzinn-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)	104
Abbildung 7.19:	Zusammensetzung der Organozinnverbindungen im Boden und Sediment im Untersuchungsabschnitt UA4	105
Abbildung 7.20:	Untersuchungsstellen Wiederholungsuntersuchungen Spittelwasseraue U3_B34 bis U3_B39	106
Abbildung 7.21:	Vergleich der HCH-Konzentrationen in der Spittelwasseraue 2013, 2023 und 2024 vor und im Nachgang eines Hochwassers	107
Abbildung 7.22:	Vergleich der Tributylzinn- und Organozinn-Konzentrationen in der Spittelwasseraue 2013, 2023 und 2024 vor und im Nachgang des Hochwassers.....	108
Abbildung 7.23:	Vergleich der HCH-, Quecksilber- und Arsen-Konzentrationen in der Spittelwasseraue 2023 und 2024 vor und im Nachgang des Hochwassers Ende 2023/Anfang 2024	109
Abbildung 8.1:	Aktualisierte schematische Darstellung der Teilströme der HCH-Fracht mit der Gesamtjahresfracht in orange und dem Anteil des Hochwassers (Januar 2013) in rot (Stärke der Linien proportional zum Frachtbeitrag) (Abbildung in Anlehnung an [30] und [2]).....	114

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5.1:	Schadstoffmasse im anstehenden Sediment (oberes Spittelwasser zwischen Einmündung Fuhne bis OW056) [30]	27
Tabelle 5.2:	Mittlere Belastung im Boden der Untersuchungszone (Tiefenintervall 0-0,3m u. GOK) [30]	28
Tabelle 5.3:	Vereinfachte Gegenüberstellung von ermittelten Massen bzw. Frachten im Untersuchungszeitraum der Spittelwasserstudie [30].....	28
Tabelle 5.4:	Weniger strenge Umweltziele für Schachtgraben und Spittelwasser nach [2]und [25]	46
Tabelle 6.1:	Beprobungstiefen Boden	57
Tabelle 6.2:	Anzahl Probenahmestandorte je Untersuchungsabschnitt und je Nutzung gemäß Untersuchungskonzept [29] sowie erweitertem Untersuchungskonzept UA1 (+x) und Untersuchungskonzept nach Hochwasser (+x)	58
Tabelle 6.3:	Umfang Analytik Bodenproben	64
Tabelle 6.4:	Prüf- und Maßnahmenwerte Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Acker- und Grünlandflächen nach BBodSchV [4] Tabelle 6 und 7.....	65
Tabelle 6.5:	Analytik Sedimentproben	69
Tabelle 6.6:	Bewertung der Parameter von Sedimentproben	70
Tabelle 6.7:	Hintergrundwerte für die Sedimente der Elbe und Mulde (Fraktion <20 µm) [22] [12] 71	
Tabelle 7.1:	Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Summe HCH im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024.....	74
Tabelle 7.2:	Vergleich der HCH-Konzentrationen in den 2013 hochbelasteten Messpunkten entlang der Spittelwasseraue.....	76
Tabelle 7.3:	Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Arsen im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024.....	83
Tabelle 7.4:	Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Arsen (> 200 mg/kg TS) im Ackerland im Jahr 2023/2024	84
Tabelle 7.5:	Anzahl festgestellte Überschreitungen des UQN Arsen (> 40 mg/kg TS) im Sediment im Jahr 2023/2024	84
Tabelle 7.6:	Anzahl festgestellte Maßnahmenwertüberschreitungen Quecksilber im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024	88
Tabelle 7.7:	Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Quecksilber (> 5 mg/kg TS) im Ackerland im Jahr 2023/2024	89
Tabelle 7.8:	Anzahl festgestellte Überschreitungen des UQN (> 800 mg/kg TS) Zink im Sediment im Jahr 2023/2024	93
Tabelle 7.9:	Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Summe PCDD/F (TE(WHO2005) exkl. BG) im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024.....	99
Tabelle 7.10:	Zusammenfassung Belastungsbereiche im Projektgebiet.....	110

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DBT	Dibutylzinn
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DDX	Summe aus DDT, DDE und DDE
dl-PCB	dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle
EU-WRRL	EU-Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG)
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
JD	Jahresdurchschnitt
LAU	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
LLG	Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
MW	Maßnahmewert
FGG Elbe	Flussgebietsgemeinschaft Elbe
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst des LHW
HCH	Hexachlorcyclohexan (div. Isomere sowie das Pestizid Lindan = gamma-Hexachlorcyclohexan)
HW	Hochwasser
PW	Prüfwert
SCR	Messort im Schachtgraben am Übergang vom Chemiepark in den Schachtgraben. Ist räumlich in der Nähe von der OW1151.
Spw	Spittelwasser
TBT	Tributylzinn
TEQ	Toxizitätsäquivalent
TS	Trockensubstanz
UA	Untersuchungsabschnitt
UQN	Umweltqualitätsnorm
USW	Unterer Schwellenwert des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe
UZ	Untersuchungszone in einem Untersuchungsabschnitt
ÖGP	Ökologisches Großprojekt
OSW	Oberer Schwellenwert des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe
OW	Oberflächenwassermesspunkt
OWK	Oberflächenwasserkörper
PCDD/F	chlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), chlorierte Dibenzofurane (PCDF)
PCB	polychlorierte Biphenyle
ZHK	zulässige Höchstkonzentration

ANLAGENVERZEICHNIS**Anlage 1 Lagepläne****Anlage 1.1 Ergebnisse UA1+2**

- Anlage 1.1.1 Übersichtskarten Untersuchungsabschnitt 1+2
- Anlage 1.1.2 Ergebnisse Summe HCH in Boden und Sediment UA 1+2
- Anlage 1.1.3 Ergebnisse Arsen in Boden und Sediment UA 1+2
- Anlage 1.1.4 Ergebnisse Quecksilber in Boden und Sediment UA 1+2
- Anlage 1.1.5 Ergebnisse Summe DDT in Boden und Sediment UA 1+2
- Anlage 1.1.6 Ergebnisse Dioxine und Furane in Boden und Sediment UA 1+2
- Anlage 1.1.7 Ergebnisse Tributylzinn in Boden und Sediment UA 1+2

Anlage 1.2 Ergebnisse UA3

- Anlage 1.2.1 Übersichtskarten Untersuchungsabschnitt 3
- Anlage 1.2.2 Ergebnisse Summe HCH in Boden und Sediment UA 3
- Anlage 1.2.3 Ergebnisse Arsen in Boden und Sediment UA 3
- Anlage 1.2.4 Ergebnisse Quecksilber in Boden und Sediment UA 3
- Anlage 1.2.5 Ergebnisse Summe DDT in Boden und Sediment UA 3
- Anlage 1.2.6 Ergebnisse Dioxine und Furane in Boden und Sediment UA 3
- Anlage 1.2.7 Ergebnisse Tributylzinn in Boden und Sediment UA 3

Anlage 1.3 Ergebnisse UA4

- Anlage 1.3.1 Übersichtskarten Untersuchungsabschnitt 4
- Anlage 1.3.2 Ergebnisse Summe HCH in Boden und Sediment UA 4
- Anlage 1.3.3 Ergebnisse Arsen in Boden und Sediment UA 4
- Anlage 1.3.4 Ergebnisse Quecksilber in Boden und Sediment UA 4
- Anlage 1.3.5 Ergebnisse Summe DDT in Boden und Sediment UA 4
- Anlage 1.3.6 Ergebnisse Dioxine und Furane in Boden und Sediment UA 4
- Anlage 1.3.7 Ergebnisse Tributylzinn in Boden und Sediment UA 4

Anlage 1.4 Ergebnisse UA5

- Anlage 1.4.1 Übersichtskarten Untersuchungsabschnitt 5
- Anlage 1.4.2 Ergebnisse Summe HCH in Boden und Sediment UA 5
- Anlage 1.4.3 Ergebnisse Arsen in Boden und Sediment UA 5
- Anlage 1.4.4 Ergebnisse Quecksilber in Boden und Sediment UA 5
- Anlage 1.4.5 Ergebnisse Summe DDT in Boden und Sediment UA 5
- Anlage 1.4.6 Ergebnisse Dioxine und Furane in Boden und Sediment UA 5
- Anlage 1.4.7 Ergebnisse Tributylzinn in Boden und Sediment UA 5

Anlage 1.5 Ergebnisse UA6

- Anlage 1.5.1 Übersichtskarten Untersuchungsabschnitt 6
- Anlage 1.5.2 Ergebnisse Summe HCH in Boden und Sediment UA 6
- Anlage 1.5.3 Ergebnisse Arsen in Boden und Sediment UA 6
- Anlage 1.5.4 Ergebnisse Quecksilber in Boden und Sediment UA 6
- Anlage 1.5.5 Ergebnisse Summe DDT in Boden und Sediment UA 6
- Anlage 1.5.6 Ergebnisse Dioxine und Furane in Boden und Sediment UA 6
- Anlage 1.5.7 Ergebnisse Tributylzinn in Boden und Sediment UA 6

Anlage 1.6 Ergebnisse UA7

- Anlage 1.6.1 Übersichtskarten Untersuchungsabschnitt 7
- Anlage 1.6.2 Ergebnisse Summe HCH in Boden und Sediment UA 7
- Anlage 1.6.3 Ergebnisse Arsen in Boden und Sediment UA 7
- Anlage 1.6.4 Ergebnisse Quecksilber in Boden und Sediment UA 7
- Anlage 1.6.5 Ergebnisse Summe DDT in Boden und Sediment UA 7
- Anlage 1.6.6 Ergebnisse Dioxine und Furane in Boden und Sediment UA 7
- Anlage 1.6.7 Ergebnisse Tributylzinn in Boden und Sediment UA 7

Anlage 2 Tabellarische Zusammenfassungen

- Anlage 2.1 Zusammenfassende Ergebnistabelle Boden
- Anlage 2.2 Zusammenfassende Ergebnistabelle Sediment

Anlage 3 Probenahmeprotokolle

Anlage 4 Prüfberichte Labor

Anlage 5 Bericht der FGGK Kampfmittelbergung

Anlage 6 Protokolle Vor-Ort-Termine

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die zentrale Aufgabenstellung umfasst die Untersuchung des Ist-Zustandes des Bodens der Aue sowie der Sedimente von Altwässern und Altarmen, die Erarbeitung einer Ist-Stand-Analyse sowie die Beschreibung der Wechselwirkungen im Gewässer-Auen-System. Weiterhin sollen relevante Eintragsbereiche ermittelt und priorisiert sowie wenn möglich geeignete Maßnahmen im Zuge einer Variantenbetrachtung auf Basis der Ist-Stand-Analyse abgeleitet werden.

Die im Jahr 2023 und 2024 durchgeführten Boden- und Sedimentuntersuchungen in der Muldeaue zwischen Muldestausee und Einmündung Elbe haben neben der Spittelwasseraue noch die nördlichen Muldewiesen als Belastungsschwerpunkt identifiziert. Der Salegaster Forst kann aufgrund der geringen Schadstoffgehalte (HCH, Quecksilber) nicht wie vermutet als Belastungsbereich „ehemalige Stapelfläche“ ausgewiesen werden. Die Spittelwasseraue und Muldewiesen sind aufgrund der schadstoffbelasteten Einleitung von Abwässern in der Vergangenheit belastet, aber tragen zur Gewässerbelastung der Mulde nur einen untergeordneten Anteil bei. Somit wäre bei Entfernen der Schadstoffe aus diesen Bereichen keine signifikante Verbesserung der Schadstoffkonzentrationen in der Mulde festzustellen. Mit den Untersuchungen ist eine ubiquitäre Belastung mit aus dem historischem Bergbau stammenden Arsen in der gesamten Muldeaue festzustellen, welche bergbaubedingt in der Vergangenheit in die Muldeaue eingetragen wurde. Hohe PCDD/F -Konzentrationen sind auch in der Muldeaue weitverbreitet. DDX spielt in der Muldeaue als Schadstoff nur eine untergeordnete Rolle. HCH-Isomere und Organozinnverbindungen wurden in Vergangenheit u.a. über Abwasser des Chemiekombinats Bitterfeld in die Flussniederung eingetragen und haben sich entlang der Muldeaue so ausgebreitet, dass ein ständiger diffuser Eintrag bei Normalwasserabfluss in das Gewässer stattfindet, der nicht näher lokalisiert werden konnte.

Um die Schadstoffbelastungen im Gewässer zu reduzieren, müssten der Großteil der diffusen Schadstoffeinträge bei Normalabflussbedingungen reduziert werden. Einerseits ist es technisch unmöglich, die diffusen Schadstoffeinträge aus den Uferbereichen der gesamten Muldeaue zu unterbinden, um einen guten chemischen Zustand zu erreichen. Andererseits stehen die technischen Maßnahmen (z.B. Bodenaustausch und Ufersicherungen) im starken Widerspruch zum Erhalt der naturschutzrechtlich geschützten Muldeaue. Die großflächig nötigen technischen Maßnahmen zur Erlangung eines guten chemischen Zustandes würden den ökologischen Zustand stark beeinträchtigen und die naturschutzrechtlich geschützte Flussniederung weitestgehend zerstören. Aufgrund der Persistenz und der schweren Abbaubarkeit der vorliegenden Schadstoffe sind naturnahe Verfahren wie Phytosanierung und Verbesserung des natürlichen Abbaus nach heutigem Kenntnisstand nicht geeignet die Umweltziele zu erreichen.

Auch wenn nicht mit verhältnismäßigen Mitteln die Schadstoffnachlieferung in das Gewässer unterbunden werden kann, empfehlen wir die Belastungen weiterhin zu überwachen und ein Auenmanagement zu entwickeln. Eine Maßnahme könnte die Entnahme von schadstoffbelasteten Aufwuchs der Aue sein, um sukzessiv die Schadstoffsituation in der Aue und schlussendlich im Gewässer zu verbessern.

2 VORBEMERKUNG

Zur Entwicklung eines Auenmanagementkonzeptes soll eine flächenhafte Erfassung des Zustandes der Böden und Sedimente im großräumigen Projektgebiet der Muldeae zwischen Bitterfeld und Dessau erfolgen. Es soll eine Datengrundlage für das längerfristige Ziel der Entwicklung eines integralen Auenmanagementkonzeptes unter Berücksichtigung der Schadstoffbelastung auf den Auenflächen der Mulde in Verbindung mit gezielten Maßnahmen zur Minimierung der Schadstoffbelastungen und unter Berücksichtigung der Anforderungen des Boden-, Natur-, Gewässer- und Hochwasserschutzes geschaffen werden.

Die Mulde befindet sich im Rahmen der Bewertung nach WRRL in einem schlechten Zustand. Ursächlich für den Zustand der Mulde ist, dass u.a. bei Hochwasser Schadstoffe (HCH sowie Lindan, DDT und DDX, Organozinnverbindungen, Schwermetalle, Dioxine und Furane) aus der Muldeae mobilisiert werden können, die sich bei früheren Hochwasserereignissen abhängig von den Strömungsverhältnissen und Verweildauern in der Aue abgelagert haben. Das Projektgebiet stellt somit eine potenzielle diffuse Kontaminationsquelle der Mulde dar. Es fehlt ein Systemverständnis zum Schadstoffverhalten in der Muldeae. Die Aue kann in Abhängigkeit der hydraulischen Gegebenheiten sowohl eine Senke als auch Quelle von Schadstoffen darstellen.

Mit den Boden- und Sediment-Untersuchungen sollen einerseits das noch fehlende Systemverständnis zur räumlichen Verteilung der Schadstoffe und der relevanten Prozesse des Schadstofftransfers geschaffen werden. Andererseits sollen wenn möglich Eintragsbereiche priorisiert und verhältnismäßige Maßnahmen für die Verbesserung der Gewässerqualität gemäß WRRL abgeleitet und bewertet werden. Die Untersuchungen sollen dazu dienen, Maßnahmen zur Reduzierung diffuser Stoffeinträge aus Altlasten/Altstandorten und diffusen Quellen gemäß LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog zum Schutz für die im und am Gewässer lebenden Tier- und Pflanzenarten abzuleiten. Die Gewässergüte der Mulde soll in einen guten chemischen Zustand sowie den guten ökologischen Zustand gebracht werden, so dass perspektivisch die Umweltqualitätsnormen der WRRL und OGewV erreicht werden können. Ist dies nicht mit verhältnismäßigen Mitteln möglich, dann müssen weniger strenge Umweltziele abgeleitet werden. Des Weiteren soll zukünftig auch geklärt werden, ob eine Beeinträchtigung von Schutzgütern vorliegt und ob aufgrund der Belastungen weiterer Handlungsbedarf besteht.

3 UNTERLAGEN

- [1] Anonym (GÜBAK) (2009): Gemeinsame Übergangsbestimmungen zwischen der Bundesrepublik Deutschland sowie den Bundesländern Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern.
- [2] Asbrand Hydro Consult, EUR-WRRRL 3. Bewirtschaftungszeitraum – Spittelwasser Aktualisierung weniger strenger Umweltziele, 02.02.2021
- [3] BDG ECOSAX, Abschlussdokumentation kontaminationsbedingte Zusatzmaßnahmen bei der Sedimentberäumung für Hochwasserschadensbeseitigung an Gewässer, Ordnung infolge des Juni Hochwassers 2013 in Sachsen-Anhalt, Gewässerabschnitte OF003 – Schachtgraben OF058 – Verbinder Fuhne Lauseborn, Auftraggeber Unterhaltungsverband Mulde, 30.03.2019
- [4] Bundesbodenschutzverordnung BBodSchV, Ausfertigungsdatum 09.07.2021.
- [5] De Deckere, E.; De Cooman, W.; Leloup, V.; Meire, P.; Schmitt, C.; von der Ohe, P. (2011): Development of sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. In: Journal of Soils and Sediments. Vol. 11. S. 504-517. doi: 10.1007/s11368-010-0328-x.
- [6] Enders, Die Belastung der Abwässer im ehemaligen Chemiekombinat Bitterfeld durch Hexachlorcyclohexan (HCH), Handschriftliche Aufzeichnungen
- [7] Evers, E. H. G.; Laane, R. W. P. M.; Groenefeld, G. J. J. (1996): Levels, temporal trends and risks of dioxins and related compounds in the Dutch aquatic environment. In: Organohalogen Compounds.
- [8] FGG Elbe (2009): Hintergrundpapier zur Ableitung der überregionalen Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer im deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Belastungsschwerpunkt Schadstoffe. [Online]. <https://www.fgg-elbe.de/hintergrunddokumente-bp1.html>. [23.08.2024, 11.30 MEZ]
- [9] FGG Elbe (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele.
- [10] FGG Elbe (2014): Das Messprogramm Extremereignisse Beim Junihochwasser der Elbe 2013 – Schadstoffkonzentrationen und -frachten
- [11] Furrer R. (2000): Die Belastung der Elbe; Teil 2: Hintergrundbelastung der deutschen Nebenflüsse. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Karlsruhe.
- [12] GICON (2006): Ökologische Großprojekt Bitterfeld – HCH-Belastungen in Schachtgraben und Spittelwasser sowie in Mulde und Elbe. 29 S., unveröffentlichter Bericht.

- [13] Greif, A. (2015): Das Einzugsgebiet der Mulde oberhalb des Muldestausees im Spiegel des erzgebirgischen Bergbaus. In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. Vol. 59 (6). S. 318-331, doi: 10.5675/HyWa_2015,6_2.
- [14] Junge, F. W.; Scharf, B.; Morgenstern, P.; Treutler, H. C.; Czegka, W.; Hanisch, C.; Zerling, L.; Arnold, A. (2003): Schwebstoff- und Schwermetalldeposition im Bitterfelder Muldestausee während des August-2002-Hochwassers der Mulde. [Online]. <https://www.saw-leipzig.de/de/projekte/schadstoffdynamik-in-einzugsgebieten/publikationen/PDF-Publikationen%20seit%202002> [23.08.2024, 11.30 MEZ]
- [15] Junge, F. W.; Schröer, S.; Khurelbaatar, G.; Otto, P.; Stärk, H.-J.; Zehnsdorf, A. (2020): Aquatische Makrophyten als Indikatoren für die Elementverteilung im Fließgewässer Mulde (Mittel-deutschland). In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. Vol. 64 (3). S. 127-140, doi: 10.5675/HyWa_2020.3_2.
- [16] Kuballa, J.; Jantzen, E.; Wilken, R. D. (1996). Organotin Compounds in Sediments of the Rivers Elbe and Mulde. In: Calmano, W.; Förstner, U. Sediments and Toxic Substances. Environmental Science. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79890-0_10.
- [17] Landesanstalt für Altlastenfreistellung des Landes Sachsen-Anhalt (LAF): Vergabeverfahren: Ableitung von Maßnahmen zur Verringerung der Stoffeinträge in die Mulde – Ingenieurtechnische Begleitung, Anlage 2.1 Aufgabenbeschreibung.
- [18] Landkreis Anhalt-Bitterfeld FB Brand-, Katastrophenschutz und Rettungsdienst, Schreiben Prüfung Kampfmittelfreiheit vom 09.03.2022
- [19] Oberflächengewässerverordnung OGewV, Ausfertigungsdatum 20.06.2016.
- [20] Organozinnverbindungen in verbrauchernahen Produkten, aktualisierte Stellungnahme 034/2011 des BfR vom 2. August 2011.
- [21] Prange, A.; Furrer, R.; Einax, J. W.; Lochovksy, P.; Kofalk, S.; Reincke, H.; ATV-DVWK-Arbeitsgruppe „Schadstoffe und Ökologie der Elbe“ (2000): Die Elbe und ihre Nebenflüsse – Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven. ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- [22] Regierungsverordnung vom 22. Dezember 2010 zur Änderung der Regierungsverordnung 61/2003 Sb. über Parameter und Werte der zulässigen Belastung von Oberflächengewässern und Abwasser, Grundlagen der Genehmigung von Abwassereinleitungen in Oberflächengewässer und in die Kanalisationen sowie über empfindliche Gebiete, in der Fassung der Regierungsverordnung 229/2007 Sb.

- [23] RHmV - Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082; 2002 I S. 1004), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3230).
- [24] Sachsen-Anhalt, Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele, Oberflächenwasserkörper VM02OW09-11 Spittelwasser in Sachsen-Anhalt, https://wrrl.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/WRRL/Bewirtschaftungsplanung/Massnahmen_vor_Ort/200302-2-Anhang-Doku-Ausnahmen-Fristverlaengerungen-ST-2014.pdf
- [25] Stadt Dessau Amt für öffentliche Sicherheit und Ordnung, E-Mail zur Prüfung Kampfmittelfreiheit vom 09.02.2022
- [26] Sattelberger, R.; Heinrich, M.; Lorbeer, G.; Scharf, S. (2002): Organozinnverbindungen in der Aquatischen Umwelt. BE-214. Umweltbundesamt GmbH. Wien.
- [27] Schulz-Zunkel, C.; Seele-Dibat, C.; Schrenner, H.; Rast, G. (2019): Wilde Mulde – Revitalisierung und Wirkungsanalyse in Fluss-Auen-Ökosystemen. In: Wasserwirtschaft. Vol. 109 (11). S. 54-59, doi: 10.1007/s35147-019-0285-2.
- [28] TAUW GmbH, CDM Smith SE, SARGA (2021): Investigation concept for the pilot site Mulde floodplain in Saxony-Anhalt Germany. Task 2 deliverable Step 2.3 Part 1. Consortium of HCH in EU.
- [29] TAUW GmbH (2013): Frachtreduzierung Spittelwasser – Abschlussbericht. Oberflächenwasser-, Sediment und Auenuntersuchungen; Bewertung und Ableitung von Maßnahmeerfordernissen.
- [30] Umlauf, G.; Bidoglio, G.; Christoph, E. H.; Kampheus, J.; Krüger, F.; Landmann, D.; Schulz, A. J.; Schwartz, R.; Severin, K.; Stachel, B.; Stehr, D. (2005). The Situation of PCDD/Fs and Dioxin-like PCBs after Flooding of River Elbe and Mulde in 2002. In: Acta hydrochimica et hydrobiologica. Vol. 33 (5). S. 543-554, doi: 10.1002/aheh.200400597.
- [31] Zerling, L.; Müller, A.; Jendryschik, K.; Hanisch, C.; Arnold, A. (2001): Der Bitterfelder Muldestausee als Schadstoffsенke. Entwicklung der Schwermetallbelastung von 1992 bis 1997. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Stuttgart/Leipzig. S. Hirzel Verlag GmbH.

4 AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Ziel des Projekts „Ableitung von Maßnahmen zur Verringerung der Stoffeinträge in die Mulde – Ingenieurtechnische Begleitung“ ist es, die Boden- und Sedimentprobenahmen fachtechnisch zu begleiten sowie im Rahmen der Auswertung der gewonnenen Daten ein besseres Systemverständnis zu erlangen sowie eine Maßnahmenempfehlung zur Schadstoffminimierung und Verringerung des Eintrages von Schadstoffen in die Mulde zwischen Bitterfeld und der Mündung in die Elbe bei Dessau zu formulieren. Insofern sich in diesem Bericht im Untersuchungskonzept sowie bei Ergebnissen und Handlungsempfehlungen auf die Mulde bezogen wird, ist – wenn nicht anders definiert – der Bereich der Mulde zwischen dem Muldestausee bei Bitterfeld und der Mündung in die Elbe gemeint.

CDM Smith SE ist mit der ingenieurtechnischen Begleitung, der Auswertung der Boden und Sedimentuntersuchungen sowie der Maßnahmenempfehlung beauftragt.

Die zentrale Aufgabenstellung des Projekts umfasst die Untersuchung des Ist-Zustandes des Bodens der Aue sowie der Sedimente von Altwässern und Altarmen, die Erarbeitung einer Ist-Stand-Analyse sowie die Beschreibung der Wechselwirkungen im Gewässer-Auen-System. Weiterhin sollen relevante Eintragsbereiche ermittelt und priorisiert sowie wenn möglich geeignete Maßnahmen im Zuge einer Variantenbetrachtung auf Basis der Ist-Stand-Analyse abgeleitet werden.

Übergreifendes Ziel stellt die Entwicklung eines integralen Auenmanagements in der Mulde dar, welches die gegebenen Schadstoffbelastungen, Maßnahmen zur Minimierung und lokale Anforderungen des Boden-, Natur-, Gewässer- und Hochwasserschutzes berücksichtigt. Die im Rahmen dieses Berichtes erfolgte Ist-Stand-Analyse stellt einen wichtigen ersten Schritt dieser Entwicklung dar.

Im Rahmen der geplanten Ist-Stand Analyse soll eine Datengrundlage geschaffen werden, die zur Untersuchung und Interpretation des Zustandes der Gewässer, Sedimente und angrenzenden Auenflächen dient. Die Eintragsbereiche der Schadstoffe sollen zur Maßnahmenableitung lokalisiert und priorisiert werden. Weiterhin werden Schadstoffquellen im Rahmen der Remobilisierung untersucht. Dieses Konzept soll durch Probenahmen vor Ort und analytische Untersuchungen unterstützt werden, deren Ergebnisse GIS-basiert verarbeitet und anschließend bewertet werden. Boden- und Sediment-Untersuchungen sollen zum Verständnis der Schadstoffverteilung und des Schadstofftransfers beitragen.

Die formulierten Maßnahmen müssen zur Einhaltung der Umweltqualitätsnormen nach EU-WRRL und OGewV darauf ausgerichtet sein, den guten chemischen und guten ökologischen Zustand zu erreichen.

5 GRUNDLAGEN

5.1 Flusssystem Mulde

Die Mulde stellt einen bedeutsamen Zufluss im Mittellauf der Elbe dar. Er gilt als größter Fluss des Norddeutschen Tieflands, welcher nicht als Wasserstraße ausgebaut wurde [27]. Sie kann in die drei Hauptläufe und Teileinzugsgebiete Freiburger Mulde (Länge 123,4 km, 2.985 km²), Zwickauer Mulde (Länge 166,7 km, 2.360 km²) und Vereinigte Mulde (Länge 147 km, 2.055 km²) unterteilt werden (siehe Abbildung 5.1). [15]

Das Teileinzugsgebiet Vereinigte Mulde bezeichnet das Gebiet nach dem Muldenzusammenfluss der Freiburger und Zwickauer Mulde bei Sermuth. Die Vereinigte Mulde fließt in den Muldestausee bei Bitterfeld, der eine Fläche von 6,1 km², ein Volumen von 118 Mio. m³ und ein Einzugsgebiet von 6.170 km² aufweist [31][14]. Seit 1975 wird die Mulde durch das Restloch des früheren Tagebaus für Braunkohle in Muldenstein geleitet [14].

Die Mulde ist nicht als Wasserstraße ausgebaut und nur teilweise uferverbaut. Beim Unterlauf der Mulde bis hin zur Mündung in die Elbe handelt es sich um einen kiesgeprägten Tieflandstrom Typ 17 mit einer Breite zwischen 50 und 80 Meter. Bei Mittelwasser werden hier etwa 70 m³/s abgeführt [27].

Das Spittelwasser ist ein kiesgeprägter Tieflandfluss (Gewässer 1. Ordnung) mit einer Länge von 15,7 km, welcher nordöstlich von Raguhn in die Vereinigte Mulde mündet (siehe Abbildung 5.2). Er wird südlich von Jeßnitz durch die kiesgeprägten Tieflandbäche Schlagengraben und der östlichen Fuhne gespeist. Des Weiteren mündet etwas weiter nördlich der Schachtgraben (Kleines Niederungsfließgewässer) in das Spittelwasser.

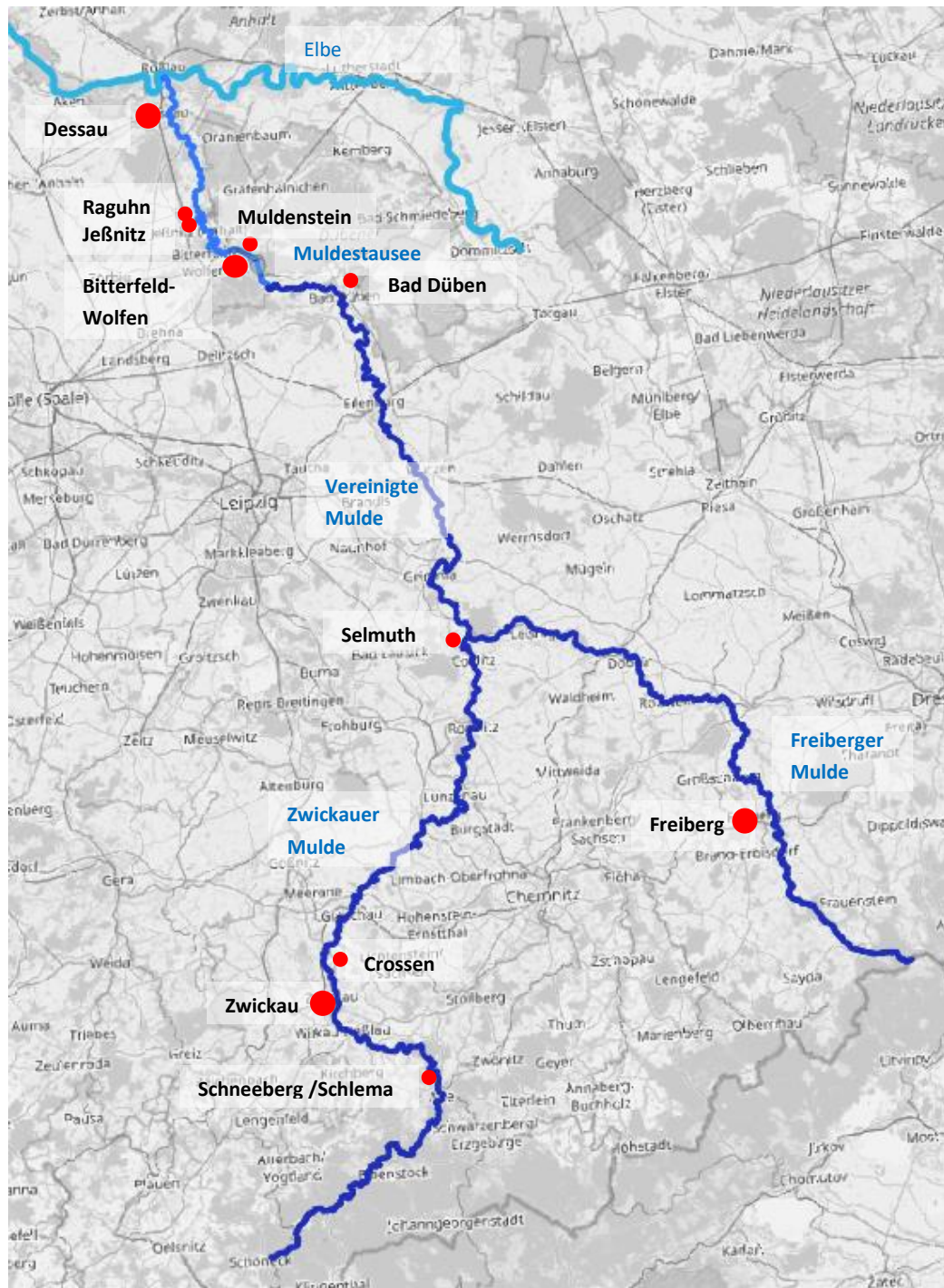


Abbildung 5.1: Vereinigte Mulde, Freiburger Mulde und Zwickauer Mulde

einen Schwerpunkt für Eintragungen von Cadmium, Silber, Blei und Zink dar, welche auf Berg- und Hüttenaktivitäten zurückführbar sind. In den Schwerpunkten der Zwickauer Mulde treten hauptsächlich Einträge von Verbindungen mit Nickel, Uran, Kobalt, Wismut auf, mit dem Fokus auf den ersten beiden Stoffen als Leitschadstoffe. Kupfer und Arsen treten in beiden Teileinzugsgebieten auf, wobei Kupfer vermehrt in der Freiburger Mulde, Arsen in der Zwickauer Mulde nachgewiesen werden konnte. [13]

5.2.2 Belastungssituation der Vereinigten Mulde

Die Vereinigte Mulde ist gekennzeichnet durch Vermischung und Verdünnung der zugetragenen Frachten. Der Element- und Schadstofftransport ändert sich mit der Einströmung in den wasserberuhigten Muldestausee, der als Senke für Sediment- und Schadstofffrachten dient und sich verringern auf die Belastung der nachgehenden Gewässer auswirkt. Etwa 357.435 Tonnen der partikulären Schwebstofffracht sedimentieren jährlich im Muldestausee. Dies stellt einen Großteil der partikulär transportierten Schwebstofffracht in der Vereinigten Mulde dar. [15]

Die Mulde (VW02OW01-00: von der Mündung in die Elbe bis zum Muldestausee) befindet sich gemäß EU-WRRL aktuell in einem schlechten Zustand, der sich aus einem „mäßigen“ ökologischen Zustand und nicht „guten“ chemischen Zustand ergibt. Dieser Zustand wird unter anderem durch erhöhte Hexachlorcyclohexan (HCH)-Konzentrationen bedingt.

Nach Angaben der FGG Elbe aus dem Jahr 2009 wurden für die Belastungen mit Dioxinen, HCH, DDX und Organozinnverbindungen diffuse Quellen in Form von Sedimenten und Altlasten sowie Punktquellen in Form von Altlasten gefunden [8]. Im Rahmen von Untersuchungen der IKSE und FGG Elbe wurden Mulde und Saale als wesentliche Zuträger von Schwermetallen und Arsen in die Elbe identifiziert [9].

Untersuchungen von Sedimentkernen im Friedersdorfer Becken (westlicher Teil des Muldestausees) und dem Hauptbecken des Muldestausees zum Hochwasser des August 2002 zeigten im Vergleich zu seit 1975 dokumentierten Hochwasserereignissen einen 5-fach höheren Sedimentauftrag an Feinstmaterial auf dem Boden des Muldestausees. Abschätzungen aus den vorgenommenen Schwebstoffmessungen ließen darauf schließen, dass bei dem Hochwasser 2002 etwa 70 % der Zuflussfracht an Feinstschwebstoffen im Muldestausee sedimentierte. [14]

Der Muldestausee stellt eine Schadstoffsene dar und entlastet somit den Unterlauf der Vereinigten Mulde, in dem sich dort die mit Arsen, Cadmium, Chrom, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink hoch belasteten Schwebstoffe und Sedimente der Vereinigten Mulde ablagern. In den Unterlauf der Vereinigten Mulde gelangen daher nur mengenmäßig geringe, aber mitunter hochbelastete Feinstfrachten an Schwebstoff und vorwiegend gelöst-transportierte Schadstoffanteile wie Arsen. [15]

5.2.3 Herkunft Schadstoffe aus dem Chemiekombinat Bitterfeld

In der Spittelwasser- und Muldeau sind gesundheits- und umweltgefährdende Schadstoffe wie HCH, Dioxine und Furane und Organozinnverbindungen verteilt. Historisch gesehen sind lokale Verunreinigungen in Spittelwasseraue hauptsächlich auf die Einleitung von weitestgehend ungereinigten Abwässern des Chemiekombinats Bitterfeld zurückführbar. Bis 1986 wurde Abwasser des Chemiekombinats zu ca. 2/3 über das Vorflutsystem Schachtgraben/Spittelwasser und zu ca. 1/3 über den Nord-Leine-Kanal & Leine in die Mulde abgeleitet (siehe Abbildung 5.3) [6]. Es ist hierbei zu beachten, dass der Schachtgraben seinen Verlauf in der Vergangenheit verändert hat (Abbildung 5.4), so dass auch ein Schadstoffreservoir im ehemaligen Streckenverlauf des Schachtgrabens vorhanden sein wird. Wahrscheinlich sind auch bei Unterhaltungsmaßnahmen zur Pflege des Schachtgrabens (Entkrautung, Räumung Sedimente) in der Vergangenheit Schadstoffe im Umfeld verteilt worden. Gemäß handschriftlichen Zeugnissen [6] soll in der Vergangenheit bei Hochwasserereignissen das Abwasser des Chemiekombinats Bitterfeld-Wolfen in den Salegaster Forst eingeleitet worden sein.

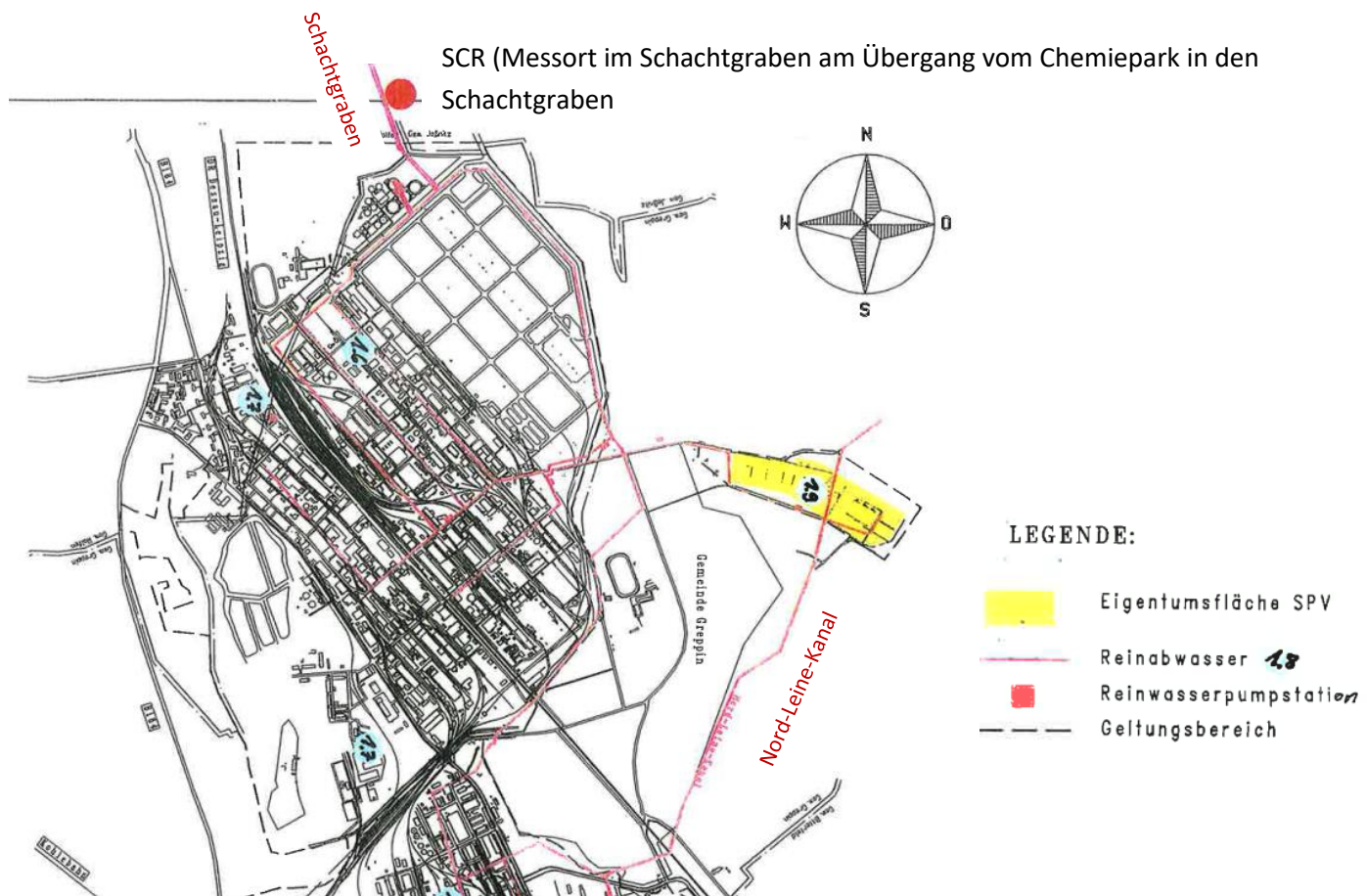


Abbildung 5.3: Wasser- Ver- und Entsorgung Reinabwasser (Stand 29.07.1994) aus [6]

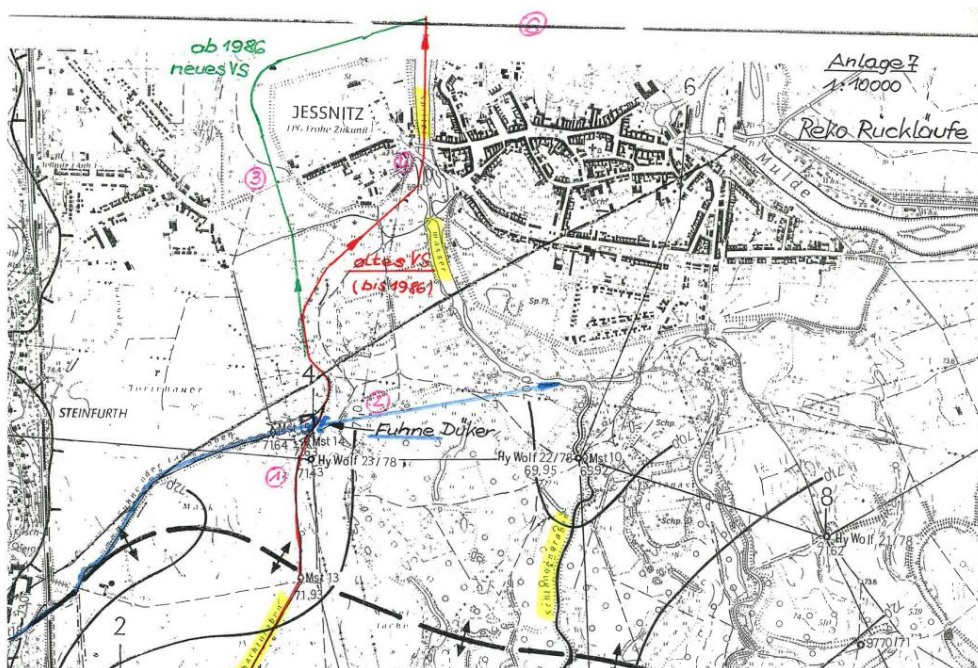


Abbildung 5.4: Verlauf des Schachtgrabens vor und nach 1986 aus [6]

Vom Herbst 2017 bis Sommer 2018 wurden im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen im Nachgang des Hochwassers 2013 schadstoffbelastete Sedimente aus der Gewässersohle und dem Böschungsrand aus dem überwiegenden Teil des Schachtgrabens beraumt und entsorgt (siehe Abbildung 5.5). Es wurden erfolgreich Maßnahmen zur Minimierung der Mobilisierung und Verfrachtung von Belastungen umgesetzt, so dass die Baumaßnahme keine Auswirkungen auf die Gewässerqualität hatte. [3]



Abbildung 5.5: Abschnitte der Unterhaltungsmaßnahme nach dem Hochwasser 2013 im Schachtgraben, Verbindler Fuhne-Lauseborn und Lauseborn [3]

In der Spittelwasserstudie [29] wird der Ursprung der Schadstoffe aus dem Raum Bitterfeld-Wolfen wie folgt beschrieben:

Die örtliche Belastung mit Dioxinen und Furanen ist historisch betrachtet vor allem auf die elektrochemische und Leichtmetallindustrie im Raum Bitterfeld und die dort stattfindenden Chlorierungsprozesse zurückführbar. Dioxine treten im aquatischen Raum vorwiegend feststoffgebunden auf, sodass entweder eine Immobilisierung in Sedimenten oder eine Verteilung als Schwebstofffracht im Flusssystem erfolgt. Aufgrund der Einstellung der Magnesiumproduktion nach dem Jahr 1945 im Chemiepark sind seitdem nur sekundäre Quellen, vor allem Sedimente und Auenböden aktiv. Die Dioxin-Belastung der Mulde wird durch Einträge durch das Spittelwasser verstärkt, es wurden jedoch auch Hinweise auf weitere Kontaminationsquellen oberhalb der Spittelwassereinmündung gefunden. [29]

Technisches HCH wurde von Anfang der 1950er bis Anfang der 1980er Jahre am Standort Bitterfeld-Wolfen zur Gewinnung von Lindan hergestellt. Der Großteil an HCH-Abfällen wurde vor Ort deponiert. Nach Schätzungen auf Grundlage der Produktion könnten etwa zwischen 800 und 1.400 Tonnen in den Schachtgraben, Spittelwasser, Mulde und Elbe eingetragen worden sein [12].

Organozinnverbindungen stellen ein Problem entlang des ganzen Flusssystem der Elbe dar und sind im Gegensatz zu HCH- und Dioxinverbindungen nicht nur auf Altlasten zurückführbar. Kontaminationsquellen stellen früher eingesetzte Antifouling-Schiffsanstriche sowie die Produktion von Organozinnverbindungen im Chemiekombinat Bitterfeld und die damit einhergehende Kontamination der Böden und Gewässern vor Ort dar. Eine Verteilung von Organozinnverbindungen findet zusätzlich über den Luftweg statt.

Die Belastungen durch Organozinnverbindungen (Tributylzinn (TBT) und mobiles anorganisches Zinn (IV)) sind auf die Herstellung von Dibutylzinn im Chemiekombinat Bitterfeld und der Einleitung von unbehandelten Abwässern ins Flusssystem zurückführbar [16].

5.2.4 Belastungssituation im Projektgebiet

In vergangenen Untersuchungen wurden Schadstoffbelastungen im Wasser der Mulde und in der Muldeau festgestellt. Der Muldestausee hat eine hohe Bedeutung als Sediment- und Schadstoffsene [31]. Die zugeführten Schad- und Schwebstofffrachten und Depositionsraten im Muldestausee stehen in direktem Zusammenhang mit der Wasserführung der Mulde [14].

Aufgrund der Sedimentation im Muldestausee verringert sich die Schadstofffracht aus der Mittelauf der Vereinigten Mulde deutlich. Dennoch werden hochbelastete Feinstfrachten an Schwebstoff und gelöste Schadstoffe weiter transportiert. Zusätzlich werden organische und anorganische Schadstoffeinträge wie Dioxine und Quecksilber durch Zuflüsse des Spittelwassersystems eingebracht. [15]

Die Belastungssituation des Spittelwassers (Oberflächenwasserkörper VM02OW09-11) ist „entscheidend geprägt durch die historischen Einträge verschiedener Schadstoffe aus dem Betrieb der chemischen Industrie des Standorts Bitterfeld-Wolfen sowie die rezenten Einträge aus sekundären Quellen im Bereich des heutigen Chemiaparkgeländes bzw. in den Überflutungsflächen der Spittelwasserniederung.“ [24]

Das Spittelwasser wird der Kategorie erheblich verändert zugeordnet. Sein ökologisches Potenzial ist unbefriedigend und sein chemischer Zustand ist nicht gut. [2]

Folgende prioritären Stoffe überschreiten die Umweltqualitätsnorm (UQN)¹

- 1,2-Dichlorethan
- Fluoranthen
- Hexachlorbenzen
- Hexachlorcyclohexan (HCH)
- Pentachlorbenzen
- Quecksilber und Quecksilberverbindungen
- Tetrachlorethylen
- Total Benzo(g,h,i)-perylene (CAS_191-24-2) + Indeno(1,2,3-cd)-pyrene (CAS_193-39-5)
- Tributylzinnverbindungen (Tributylzinn-Kation)
- Trichlorbenzen
- Trichlorethylen
- Trichlormethan

Da Belastungen in der Muldeau vorliegen, wurden in der Gefahrenabwehrverordnung 1994 Flächen für die Nutzung gesperrt. Die Gefahrenabwehrverordnung wurde 1994 veröffentlicht und galt für das Gebiet des Landkreises Bitterfeld-Wolfen und die Gemarkung der kreisfreien Stadt Dessau. Im Jahr 1998

¹ Anlage 1_Gewässersteckbrief Spittelwasser (Datum 27.11.2020) aus [2]

wurde eine Neufassung veröffentlicht. Die Gefahrenabwehrverordnung legt fest, dass der Aufwuchs bestimmter Flächen nicht mehr für die Nutztierfütterung und als Einstreu für Nutztiere verwendet bzw. nur eingeschränkt verwendet werden darf. Die Gefahrenabwehrverordnung wurde im Jahr 2004 aufgehoben, die Nutzungsbeschränkungen sind allerdings beibehalten worden. Die Nutzung der Flächen für Nutztiere kann seitdem nur durch das Veterinäramt anhand von Laborproben des Aufwuchses freigegeben werden. [28]

5.2.4.1 Erkenntnisse aus der Spittelwasserstudie 2012-2013

Im Rahmen der in den Jahren 2012-2013 durchgeführten Spittelwasserstudie [29] wurden die Schadstoffbelastungen im Flusssedimenten, in Schwebstoffen, im Wasser und im Boden der Aue des Spittelwassers untersucht.

Untersuchungen von Sedimenten der Mulde unterhalb des Muldestausees zeigten, dass keine Feinsedimente im Flussbett enthalten sind. Das Flussbett setzt sich je nach Untersuchungspunkt unterschiedlich anteilig aus Sanden, Kiesen und Steinen zusammen. In Bezug auf die Remobilisierung der in Sedimenten gebundenen Schadstoffe sind im Allgemeinen nur Feinsedimente aufgrund der größeren spezifischen Oberfläche und höheren Mobilität im Vergleich zu Sanden oder Kiesen relevant.

Analoge Untersuchungen im Stillwasser des unteren Spittelwassers zeigten, dass das Gewässerbett ebenfalls aus Sanden, Kiesen und Steinen aufgebaut ist. Diese waren zum Zeitpunkt der Spittelwasserstudie 2012/2013 von einer Suspension an freibeweglichen Eisenoxidhydratflocken in der Wassersäule überlagert, welche eine Mächtigkeit von wenigen Zenti- bis Dezimetern aufwiesen. Nur an einem Probenahmepunkt konnten geringmächtige Feinsedimente nachgewiesen werden. Somit konnten relevante Schadstoffkonzentrationen in den Flusssedimenten der Mulde und des Spittelwassers, die zukünftig remobilisiert werden könnten, ausgeschlossen werden. [29]

Oberhalb der Stillwasserzonen, im mittleren und oberen Spittelwasser wurden Feinsedimente im Bereich Einmündung Fuhne bis Straßenbrücke OW057 nachgewiesen. In Sektion 1 und 2 der Untersuchungen (siehe Tabelle 5.1) zeigen die Analytikergebnisse eine heterogene Schadstoffverteilung. Die im Flusssediment enthaltene Schadstoffmasse ist bis zu mehrere Zehnerpotenzen kleiner als im Boden der Spittelwasseraue (vergleiche Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2).

Tabelle 5.1: Schadstoffmasse im anstehenden Sediment (oberes Spittelwasser zwischen Einmündung Fuhne bis OW056) [29]

Sektion		Sedi- ment- masse [t]	Sediment- Trocken- masse [t]	PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) inkl. ½ BG [kg]	Summe HCH [kg]	Summe DDX [kg]	Summe Zinnor- ganika [kg]
1	Einmündung Fuhne bis Querschnittsver- engung ehem. Brücke OW0561	2000	532	0,0002	0,06	0,39	1,37
2	Straßenbrücke OW056 bis Querschnittsver- engung	490	221	0,00013	6,80	6,64	0,32

Radiometrische Untersuchungen des Bodens im Überschwemmungsgebiet zeigten Ablagerungsschwerpunkte im Boden der Untersuchungs-zonen 2, 3 und teilweise in Zone 4 (siehe Abbildung 5.6). Die höchsten Schadstoffmengen im Untersuchungsgebiet wurden für Summe HCH mit ca. 18 t (Summe aller Zonen) bestimmt (Tabelle 5.2).



Abbildung 5.6: Untersuchungs-zonen Überschwemmungsgebiet Spittelwasser [29]

Tabelle 5.2: Mittlere Belastung im Boden der Untersuchungszonen (Tiefenintervall 0-0,3m u. GOK) [29]

Zone	Fläche [ha]	PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) inkl. ½ BG [kg]	Summe HCH [t]	Summe DDX [t]	Summe Zinnorganika [kg]
1	24,3	0,05	0,9	0,1	2,2
2	32,9	0,28	9,9	0,5	7,3
3	27,2	0,15	5,2	0,3	4,0
4	35,3	0,12	1,9	0,1	4,7
5	14,1	0,002	0,2	0,0	0,008
Gesamt	133,8	0,61	18,2	0,9	18,2

Die Belastungen in den Böden der Spittelwasseraue treten überwiegend in ufernahen Bereichen (offenes Grasland, lichter Uferwald) und in tiefer liegenden Überflutungsarealen auf. Das Erosionspotenzial von landwirtschaftlich genutzten Flächen hingegen wäre als hoch einzustufen, aber diese befinden sich jedoch außerhalb der hauptsächlich belasteten Bereiche. [29]

Tabelle 5.3: Vereinfachte Gegenüberstellung von ermittelten Massen bzw. Frachten im Untersuchungszeitraum der Spittelwasserstudie [29]

Organischer Parameter	Schadstoffmasse in Auenböden (radiometrische Untersuchungen) [kg]	Gesamtjahresfracht OW057/OW59 [kg/a]	Anteil / Verhältnis Gesamtjahresfracht auf Schadstoffmasse Aue [%]
Summe HCH	18.200	7,06	0,04
Summe DDX	900	0,63	0,07
Organozinnverbindungen	18,2	3,68	20,22
WHO-TEQ PCDD/F	0,61	0,000668	0,11

Wenn die Anteile des Gesamtjahresfrachten im Wasser (inkl. Sommerhochwasser 2013) mit den Schadstoffmassen in den Auenböden betrachtet werden, wird deutlich, dass eine Abreicherung der in der Spittelwasser-Auenflächen verbreiteten Schadstoffe in keinem relevanten Ausmaß stattfand (Tabelle 5.3).

Es wurde in der Spittelwasserstudie festgestellt, dass die Dioxin-Jahresfracht des Spittelwassers nur 0,1 % der Masse an in den Auenbereichen des Spittelwassers vorhandenen Dioxins entspricht, obwohl Dioxine im Spittelwasser hauptsächlich durch die Auenbereiche freigesetzt werden. Auch die Schadstofffrachten von HCH, DDX und Organozinn stammen zum Großteil nicht aus den Auenbereichen, sondern gelangen durch den Schachtgraben in das Spittelwasser. [29]

Gemäß den Untersuchungen in der Spittelwasserstudie spielt die HCH-Gesamtfracht des Spittelwassers in Bezug auf die HCH-Fracht der Mulde aufgrund der hohen Hintergrundbelastung nur eine untergeordnete Rolle, kann jedoch am Isomeren-Muster identifiziert werden. Im Rahmen von Hochwasserereignissen hat das Spittelwasser einen größeren Einfluss. Die HCH-Fracht in Schachtgraben und Spittelwasser wird bei Normalbedingungen über den SCR (Messort im Schachtgraben am Übergang vom Chemiepark in den Schachtgraben) eingetragen und weitestgehend in die Mulde weiter transportiert.

Organozinnverbindungen im Spittelwasser und Schachtgraben stammen wie die HCH-Isomere aus dem Chemiepark, spielen jedoch unter Normalabflussbedingungen nur eine untergeordnete Rolle in Bezug auf die Gesamtfracht an Organozinnverbindungen der Mulde.

Die Konzentrationen der Parameter HCH, DDX, Organozinnverbindungen und PCDD/F im Spittelwasser und Schachtgraben weisen deutlich höhere Werte als in der Mulde nach Zufluss des Spittelwassers auf. Dies kann jedoch mit dem prozentualen Anteil am jeweiligen Durchfluss begründet werden.

Allgemein kann in der Elbe sowie in der Mulde und ihren Nebenläufen von Schadstoffanreicherungen in Sedimenten der Stillwasserzonen, Hafenbecken und Bühnen- sowie Überflutungsflächen ausgegangen werden. Im Zuge von Hochwasserereignissen mit hohen Strömungsverhältnissen erfolgt eine Remobilisierung von belasteten Feststoffen. Während Zeiten geringer Strömungsverhältnisse werden schwebstoffgebundene Schadstoffe transportiert. Diese können dann in Stillwasserzonen wie Bühnen, Totarmen und Überflutungsflächen sedimentieren. [29]

5.2.4.2 Ergebnisse aus den fortlaufenden Untersuchungen des GLD

Der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) stellt die Ergebnisse des Gewässerkundlichen Landesdienstes (GLD) auf ihrem online-Datenportal² und im Rahmen des WebGIS der LAF zur Verfügung.

Diese Daten können herangezogen werden, um die Schadstoffsituation in der Vereinigten Mulde ab Muldestausee sowie ihren Zuflüssen auszuwerten. Im Folgenden werden die Diagramme dargestellt, welche im Abschnitt 8 in die Bewertung der Boden- und Sedimentergebnisse mit einbezogen werden können.

5.2.4.2.1. Hexachlorcyclohexan (HCH) im Wasser

Mit Hilfe der folgenden Diagramme soll ein möglicher HCH-Eintrag über den Schachtgraben in die Spittelwasseraue verdeutlicht werden. In Abbildung 5.7 und Abbildung 5.8 sind die Jahresdurchschnitt-HCH-Summenkonzentrationen entlang des Schachtgrabens sowie im Spittelwasser vor und nach Einmündung des Schachtgrabens dargestellt. In den Diagrammen ist das abgesenkte Bewirtschaftungsziel (JD-UQN(SCR)) des Schachtgrabens (SCR) mit aufgetragen (siehe auch Abschnitt 5.3, Seite 45). In der Auswertung der Daten in diesem Bericht werden zwischen den weniger strengen Umweltzielen des Schachtgrabens (Abk. JD-UQN(SCR), ZHK-UQN(SCR)), des Spittelwassers (Abk. JD-UQN(Spw), ZHK-UQN(Spw)) und den Umweltzielen der Oberflächengewässerverordnung (Abk. JD-UQN(OGewV), ZHK-UQN(OGewV)) unterschieden.

Es ist ein wesentlicher Konzentrationsrückgang im Schachtgraben zu verzeichnen (siehe Abbildung 5.7 und Abbildung 5.8). Seit ca. 2020 bleibt die HCH-Konzentration auf einem ähnlichen Niveau. Die JD-UQN des SCR (OW1151) wird seit 2014 dauerhaft unterschritten.

In der Abbildung 5.8 wird deutlich, dass das Wasser des Schachtgrabens weiterhin maßgeblich die HCH-Konzentration im Spittelwasser (OW057) beeinflusst. Auch wenn die Oberflächenwassermessstelle OW056 seit 2017 nicht mehr belastet ist, steigt die Konzentration nach Einmündung des Schachtgrabens in der OW057 an. Die Abbildung 5.8 zeigt auch, dass die HCH-Konzentration nicht nur vom Wasser des Chemieparks (SCR, OW1151) stammt, da im weiteren Verlauf des Schachtgrabens die HCH-Konzentration ansteigt und höher als am OW1151 (SCR) ist. Somit müssen im Schachtgraben selbst weitere HCH-Belastungen existieren, die bei der Beseitigung der Hochwasserschäden im Jahr 2017/2018 ggf. nicht entfernt wurden. Im Jahr 2017/2018 wurden die Schäden durch das Hochwasser vom Juni 2013 des Schachtgrabens und des Läuseborns beseitigt, indem der Böschungsrand und die Gewässersohle unter Berücksichtigung von Sicherungs- und Überwachungsmaßnahmen vom Unterhaltungsverband „Mulde“ beräumt wurde (siehe Abschnitt 5.2.3). Es könnten aber auch diffuse HCH-Einträge in das Gewässer Schachtgraben vorliegen, die zum Konzentrationsanstieg im Verlauf führen.

² <https://gld.lhw-sachsen-anhalt.de/>

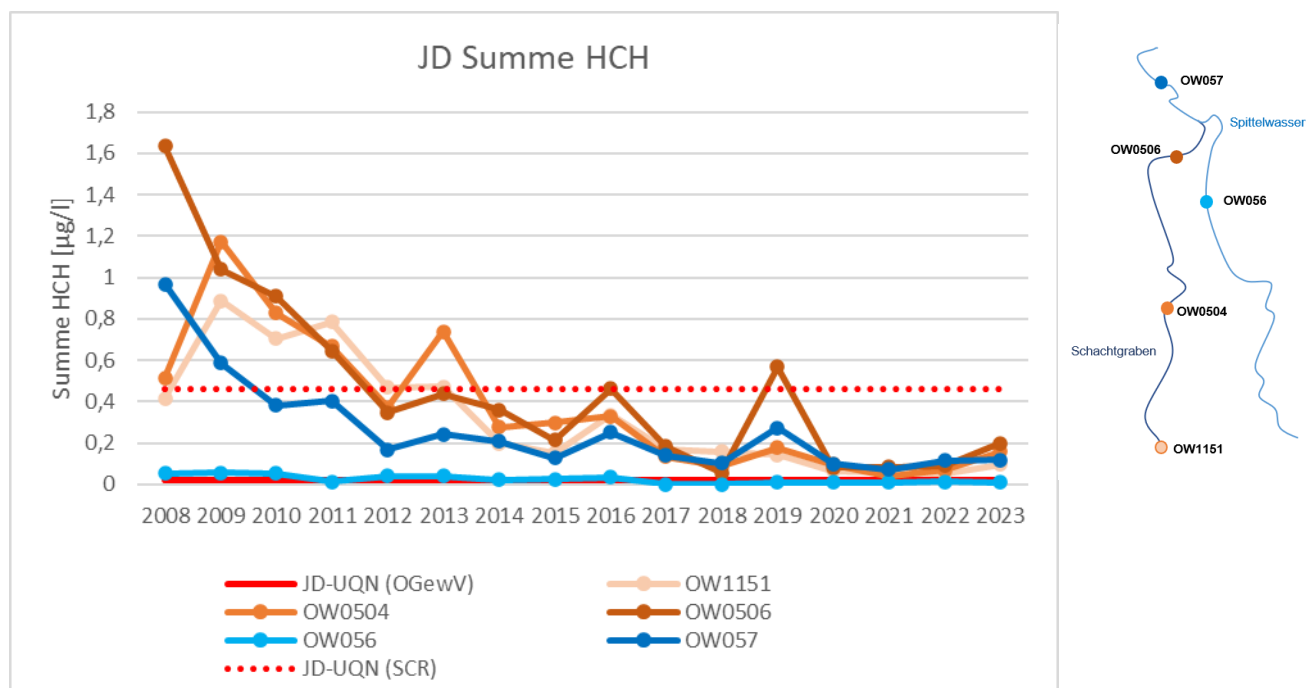


Abbildung 5.7: Summe HCH (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2008³

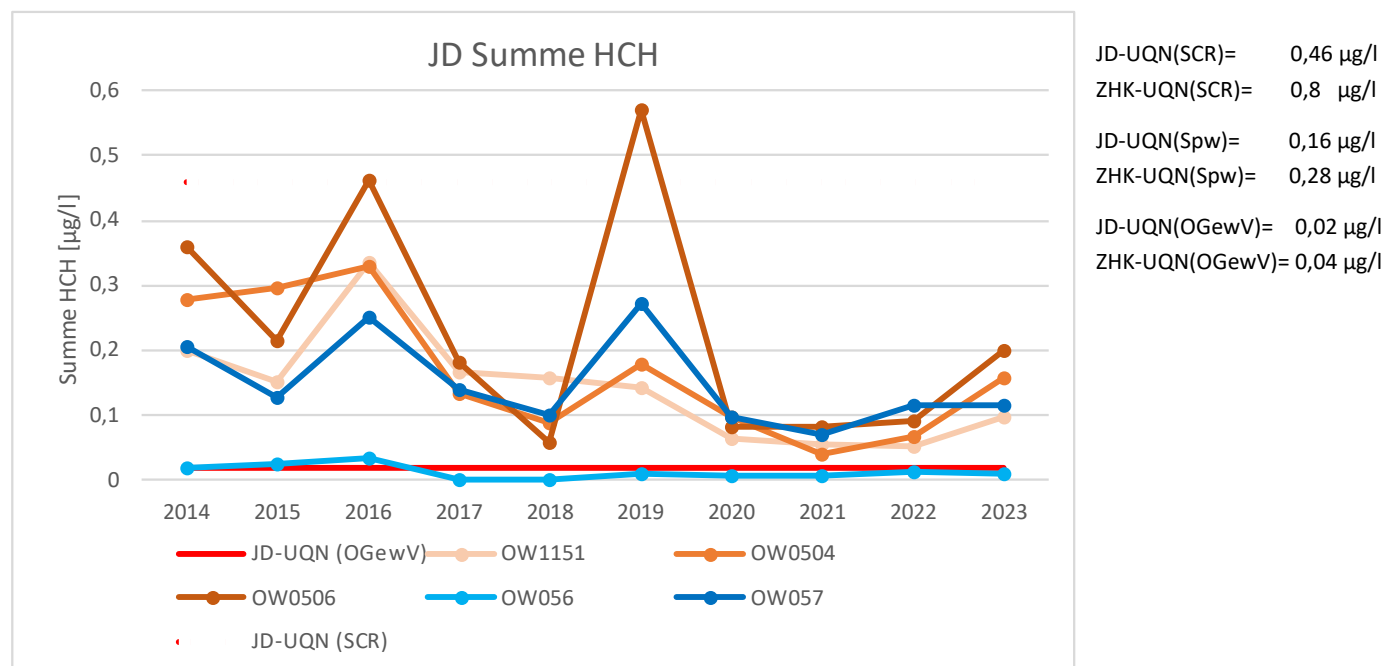


Abbildung 5.8: Summe HCH (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2014

³ Anzahl der Untersuchungen pro Jahr und Messort variieren. Aktuell (2022&2023): OW1151, OW0504 und OW056 3-4 mal im Jahr & OW0506 und OW057 9 bis 11 mal jährlich; 2013: OW0504 4 mal im Jahr & restliche Messorte 20-22 mal im Jahr

In der Abbildung 5.9 ist die Zusammensetzung der Einzelparameter an den Messorten im Schachtgraben und Spittelwasser für das Jahr 2012 (vor dem Hochwasser 2013) und für das Jahr 2023 dargestellt. Im Spittelwasser hat sich die Zusammensetzung im Wasser der OW057 und OW056 nicht wesentlich geändert.

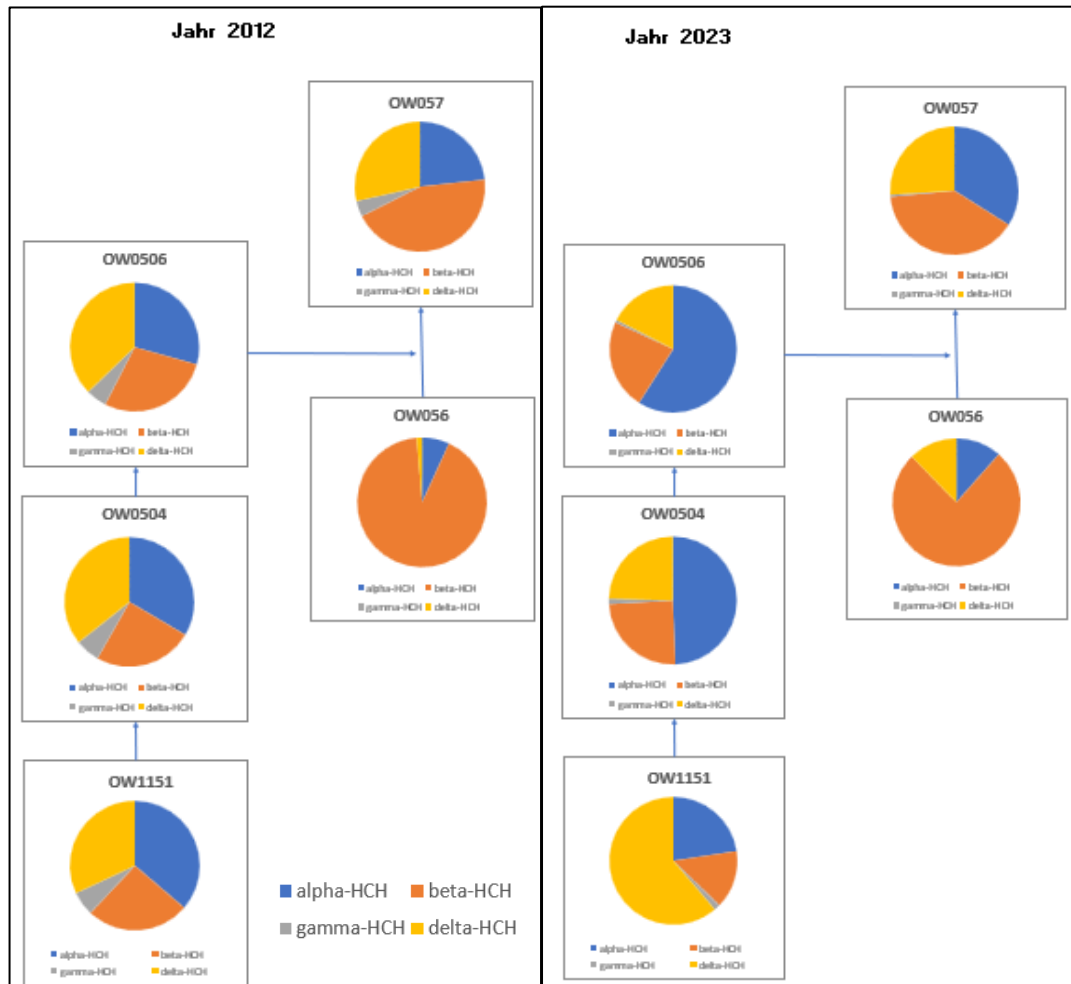


Abbildung 5.9 Vergleich Zusammensetzung der HCH-Isomere⁴ (Jahresdurchschnitt) im Wasser des SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504⁵, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) 2012 und 2023

Es wird bei der Betrachtung der Zusammensetzung der HCH im Wasser der Oberflächenwassermessorte OW0506, OW056 und OW057 deutlich, dass das Wasser des Schachtgrabens eindeutig das Wasser des Spittelwassers in Bezug auf die HCH-Zusammensetzung beeinflusst.

⁴ ohne epsilon-HCH, da dieses Isomer nicht immer an allen Stellen mitbestimmt wurde.

⁵ Anzahl der Untersuchungen pro Jahr und Messort variieren. 2012: OW0504 nur 4 mal im Jahr & restliche Messorte 28-38 mal im Jahr; 2023: OW1151, OW0504 und OW056 4 mal im Jahr & OW057 9 bis 10 mal jährlich

Auffällig ist, dass im Jahr 2012 die Zusammensetzung der HCH im Wasser der OW1151 und OW0506 sich relativ ähneln. Im Jahr 2023 hat der Anteil an alpha-HCH im Wasser der OW0504 und OW0506 signifikant zugenommen. Dies unterstützt die oben dargestellte Vermutung, dass aktuell HCH nicht nur mit dem Reinabwasser des Chemieparkes eingetragen wird. Es könnte noch Schadstoffpotenzial im Gewässer Schachtgraben selbst vorhanden sein, welches 2017/2018 nicht entfernt wurde. Aber es könnte jedoch auch ein diffuser HCH-Eintrag in das Gewässer vorliegen.

Mit der Hilfe der Durchflüsse, die an der OW0505⁶ und OW057 zwischen 2013 und 2018 aufgenommen wurden, können in der Abbildung 5.10 die Frachten zwischen diesen beiden Oberflächenwassermessorten verglichen werden.

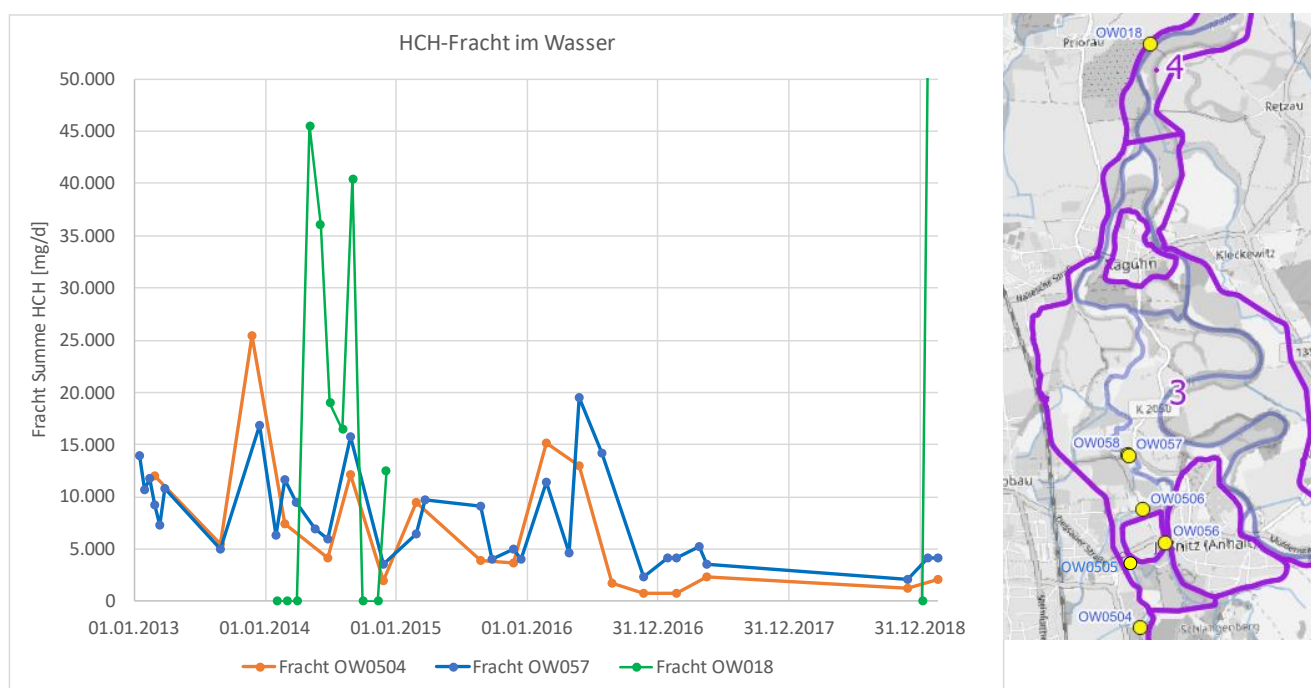


Abbildung 5.10: HCH-Fracht im Wasser im Schachtgraben (OW0504⁷), Spittelwasser (OW057⁷) und Mulde (OW018)

Seit Ende 2016 hat die tägliche HCH-Fracht in den Oberflächenwassermessorten OW0504 und OW057 abgenommen. Vor Ende 2016 entsprach die HCH-Fracht an der OW057 im Spittelwasser oft noch ungefähr der HCH-Fracht am OW0504 im Schachtgraben. Zwischen November 2016 bis Februar 2019 stammte die HCH-Fracht im Spittelwasser nur noch zu 18 bis 64 % aus dem Schachtgraben. Somit muss ein weiterer HCH-Eintrag in das Spittelwasser vorhanden sein.

Für die Jahre 2014 bis 2015 können anhand der vorliegenden Daten auch HCH-Frachten in der Mulde nach der Einmündung des Spittelwassers (OW018) bei Priorau ermittelt werden. Die HCH-Fracht in der Mulde stammte im Jahr 2014 nur zu ca. 30-40 % aus dem Spittelwasser bzw. ca. 15-30 % aus dem

⁶ OW0505 liegt zwischen OW0504 und OW0506 vor der Einmündung des Schachtgrabens in den Lauseborn.

⁷ Annahme: Durchfluss am OW0504 ist identisch mit OW0505. Nach dem 19.02.2019 keine Durchflussdaten.

Schachtgraben. D.h. auch in der Mulde muss vor Einmündung des Spittelwassers ein diffuser HCH-Frachteintrag vorhanden sein.

Wegen fehlender Durchflussmessdaten an der OW0505 und OW057 können seit Februar 2019 zu dem aktuellen Frachtgeschehen im Schachtgraben und Spittelwasser keine Aussagen getroffen werden. Aber da die HCH-Konzentrationen seit 2020 (siehe auch Abbildung 5.8, Seite 31) auf dem Niveau wie im Jahr 2018 liegen, ist eine ähnliche Frachttendenz anzunehmen.

In der Abbildung 5.11 und Abbildung 5.12 sind die HCH-Frachten in der Mulde nach Einmündung des Spittelwassers (OW018) und kurz vor der Einmündung der Mulde in die Elbe (OW020) dargestellt. Die HCH-Frachten in der Mulde bei Priorau (OW018) sind in den letzten Jahren oft geringer sind als in der Mulde kurz vor Einmündung in die Elbe (OW020) (siehe Abbildung 5.12).

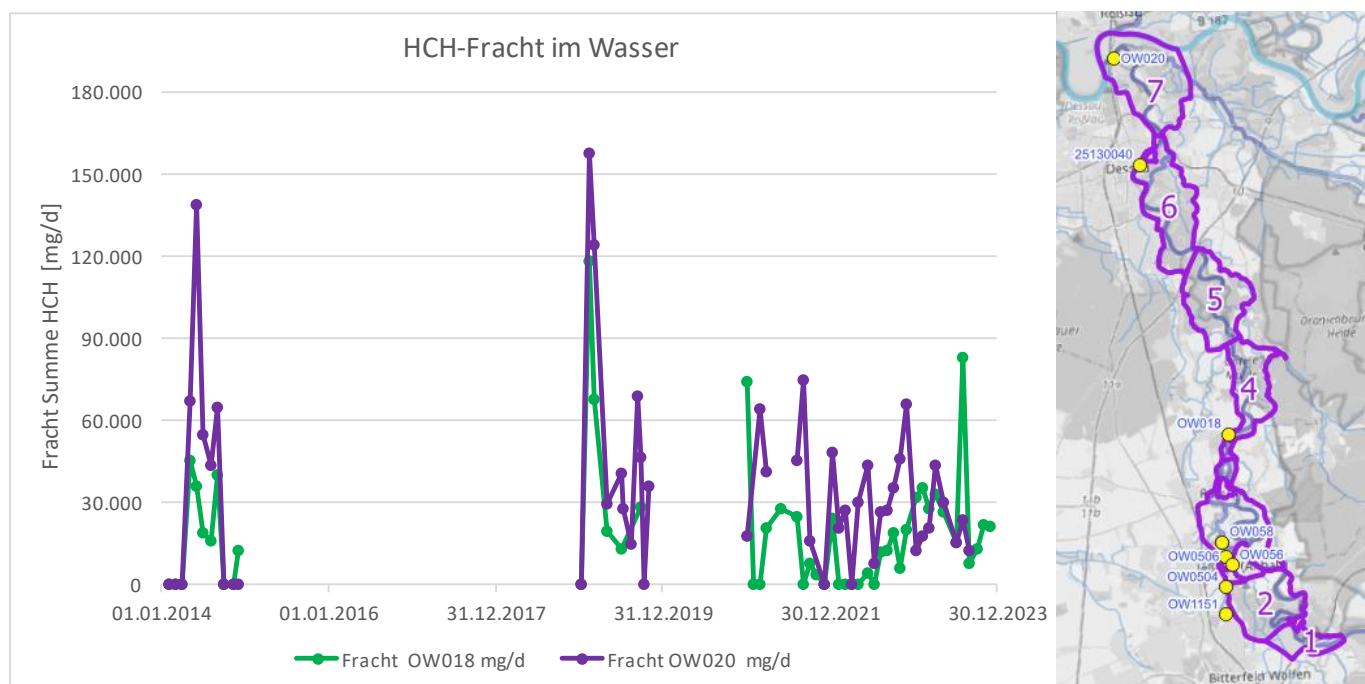


Abbildung 5.11: HCH-Fracht im Wasser in der Mulde bei Priorau (OW018) und bei Dessau (OW020)⁸ seit 2013

Die sehr hohen HCH-Frachten Anfang 2019 sind auf die hohen Wassermengen (114.000 bis 131.000 l/s) zurückzuführen. Die HCH-Konzentration lag auf weiterhin auf dem bisherigen Niveau zwischen 0,011 und 0,016 µg/l.

⁸ OW020 (= LHW 2130040) Datenquelle: © Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

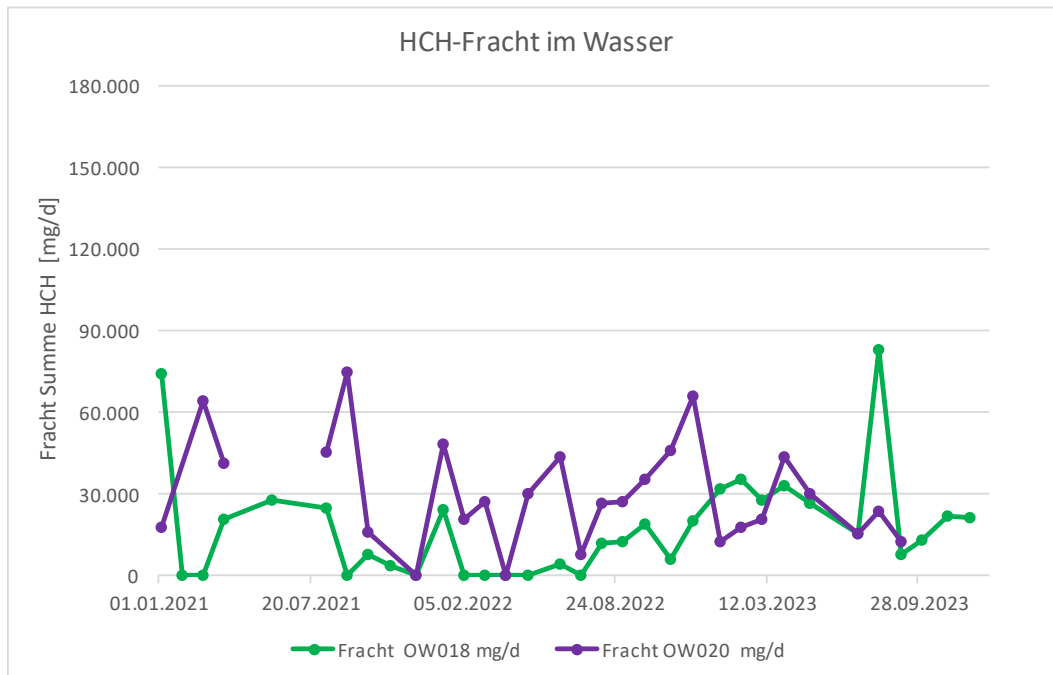


Abbildung 5.12: HCH-Fracht im Wasser in der Mulde bei Priorau (OW018) und bei Dessau (OW020)⁹ seit 2021

In den Jahren 2021 und 2022 lag der HCH-Fracht-Anteil OW018 zu OW020 durchschnittlich bei ca. 25-50%. Das heißt, nach Priorau sind dann noch 50 bis 75 % HCH-Fracht in die Mulde eingetragen worden. Im Jahr 2023 sieht das anders aus. Da ist die HCH-Fracht in der Mulde durchschnittlich um 1/3 nach OW018 bis OW020 abgesunken. Der HCH-Frachtanstieg in der OW018 im Jahr 2023 erscheint plausibel, da auch die HCH-Konzentration im Spittelwasser im Jahr 2023 zugenommen hat.

In der Abbildung 5.13 sind die HCH-Konzentrationen in der Mulde nach Einmündung des Spittelwassers (OW018) und kurz vor der Einmündung der Mulde in die Elbe (OW020) seit 2014 dargestellt. Die Umweltqualitätsnormen für HCH kann in der Mulde nicht immer eingehalten werden. Es ist festzustellen, dass auch HCH im an der OW020 bei Dessau nachgewiesen wird, wenn kein HCH an der OW018 vorhanden war.

⁹ OW020 (= LHW 2130040) Datenquelle: © Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

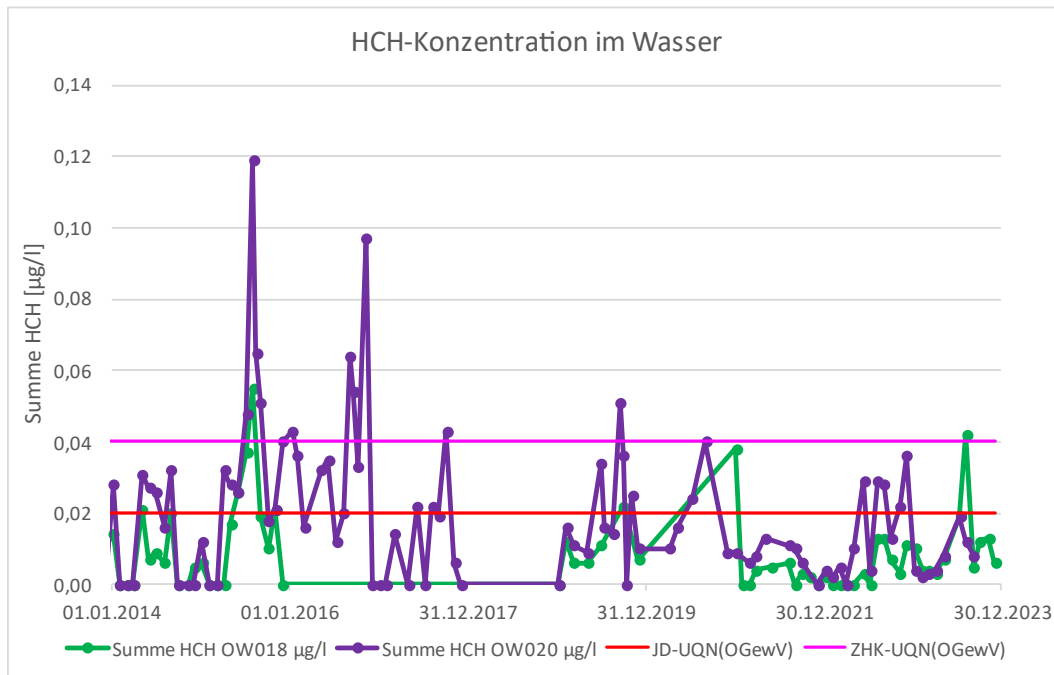


Abbildung 5.13: HCH-Konzentrationen im Wasser in der Mulde bei Priorau (OW018) und bei Dessau (OW020)¹⁰ seit 2014

An der OW058 werden im Zeitraum eines Monats Schwebstoffe in einem Schwebstoffsammelkasten im Gewässer erfasst und auf Schadstoffe untersucht. In der Station Dessau (25130040) werden die Schwebstoffe in einem Sedimentationsbecken im Zeitraum eines Monats gesammelt und analysiert. In Abbildung 5.14 werden die HCH-Gehalte im Schwebstoff pro Monat (Monatsmisch-Schwebstoff) des Spittelwassers (OW058) und der Mulde (25130040) im Untersuchungsabschnitt UA6 bei Dessau seit dem Jahr 2007 verglichen. Es ist kein Zusammenhang zwischen den HCH-Gehalten im Schwebstoff zwischen den beiden Messorten festzustellen.

¹⁰ OW020 (= LHW 2130040) Datenquelle: © Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

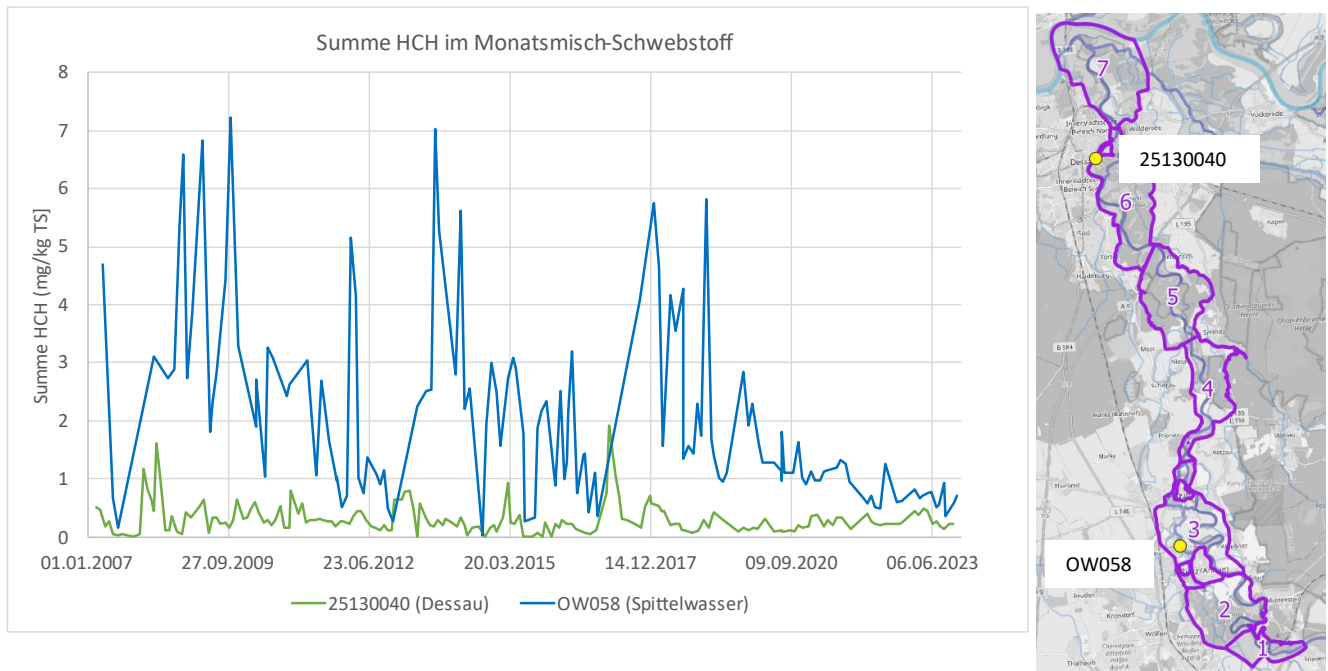


Abbildung 5.14: HCH-Gehalte im Monatsmisch-Schwebstoff im Spittelwasser (OW058, 25134015) und in der Mulde bei Dessau (25130040)¹¹

Die HCH-Gehalt im Monatsmisch-Schwebstoff im Spittelwasser schwanken zwischen 2007 und Ende 2019 zwischen ca. 0,04 und 7,2 mg/kg TS im Monat. Seit 2020 haben nehmen die HCH-Gehalte im Schwebstoff ab und liegen seit Oktober 2021 unterhalb von 1 mg/kg TS im Monat. Dies hat allerdings keinen Einfluss auf die HCH-Gehalte im Schwebstoff in der Mulde bei Dessau (Abbildung 5.14), wo die HCH-Gehalte im Schwebstoff seit 2018 zwischen ca. 0,08 mg/kg im Monat und 0,53 mg/kg TS im Monat schwanken und kein Rückgang zu verzeichnen ist. Das Hauptisomer ist an beiden Messpunkten beta-HCH. Beim Junihochwasser 2013 wurden in der Mulde bei Dessau eine HCH-Konzentration von 0,55 mg/kg TS im Schwebstoff gemessen. Im Jahr 2006 waren es noch 1,45 mg/kg TS. [10]

Möglicherweise hat die HCH-Belastung im Schwebstoff des Spittelwassers keinen unmittelbaren Einfluss auf die Schwebstoffbelastung in der Mulde bei Dessau

¹¹ Datenquelle: © Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

5.2.4.2.2. Organozinn im Wasser

Mit Hilfe der folgenden Diagramme soll ein möglicher Organozinn-Eintrag über den Schachtgraben in die Spittelwasseraue geprüft werden. In Abbildung 5.15 ist die Jahresdurchschnitt-Summenkonzentration entlang des Schachtgrabens sowie im Spittelwasser vor und nach Einmündung des Schachtgrabens dargestellt. In den Diagrammen ist das abgesenkte Bewirtschaftungsziel (JD-UQN(SCR)) des Schachtgrabens (SCR) mit aufgetragen (siehe auch Abschnitt 5.3, Seite 45). In der Auswertung der Daten in diesem Bericht werden zwischen den weniger strengen Umweltzielen des Schachtgrabens (Abk. JD-UQN(SCR), ZHK-UQN(SCR)), des Spittelwassers (Abk. JD-UQN(Spw), ZHK-UQN(Spw)) und den Umweltzielen der Oberflächengewässerverordnung (Abk. JD-UQN(OGewV), ZHK-UQN(OGewV)) unterschieden.

In der Abbildung 5.15 und Abbildung 5.16 ist die Entwicklung der Tributylzinn bzw. Monobutyl-Konzentration im Wasser des Schachtgrabens und im Spittelwasser seit dem Jahr 2008 bzw. seit 2024 gegenübergestellt (Abbildung 5.15 und Abbildung 5.16). Es ist ein wesentlicher Konzentrationsrückgang im Schachtgraben zu verzeichnen. Seit ca. 2018 bleibt die Tributylzinn-Konzentration auf einem ähnlichen Niveau. Das weniger strenge Umweltziel (JD-UQN(SCR)) wird an der OW1151 seit dem Jahr 2017 nicht überschritten.

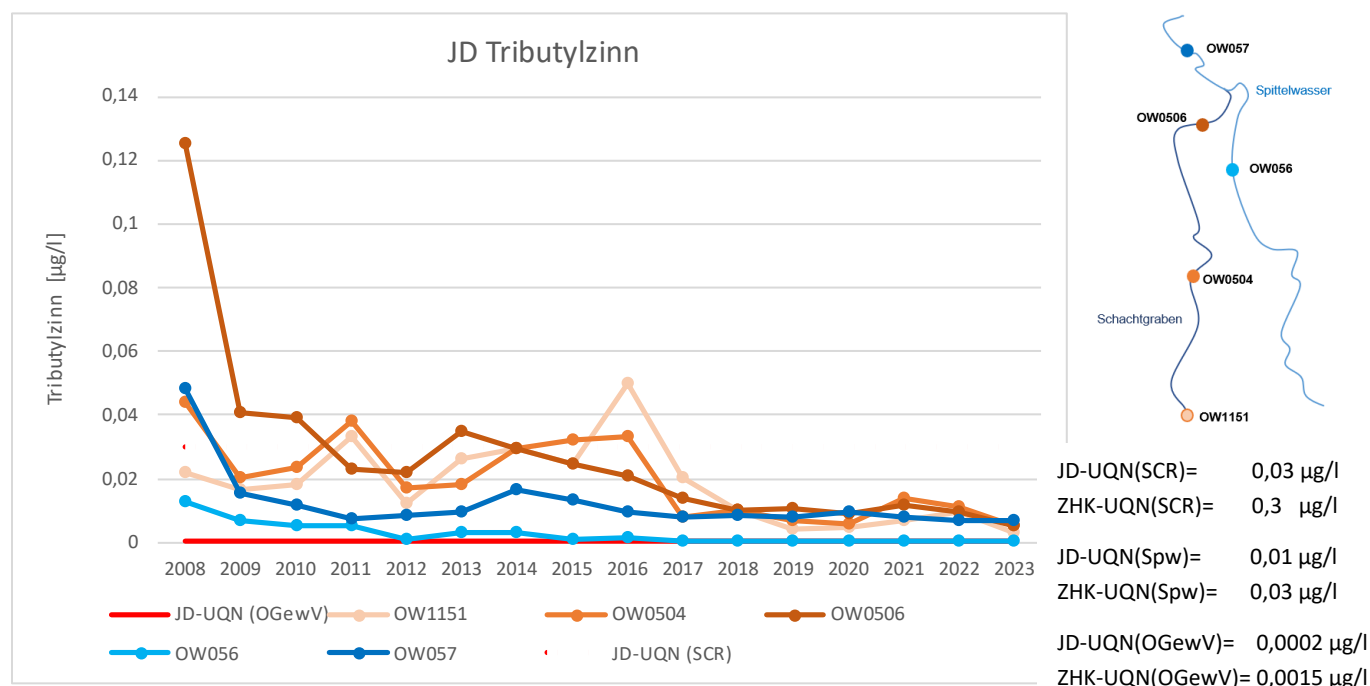


Abbildung 5.15: Tributylzinn (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2008

Die Abbildung 5.15 zeigt, dass der Unterlauf des Schachtgrabens weiterhin maßgeblich die Tributylzinn-Konzentration im Spittelwasser (OW057) beeinflusst. Ist das Wasser an der

Oberflächenwassermessstelle OW056 noch kaum belastet, steigt die Tributylzinn-Konzentration nach Einmündung des Schachtgrabens in das Spittelwasser in der OW057 an. Die Abbildung 5.15 zeigt auch, dass die Tributylzinn-Konzentration nicht nur vom Wasser des Chemieparks (SCR, OW1151) stammt, da im weiteren Verlauf des Schachtgrabens die Tributylzinn-Konzentration ansteigt und höher als am OW1151 (SCR) ist.

Monobutylzinn ist bei den Organozinnverbindungen das Hauptderivat, ist aber weniger toxisch als Tributylzinn. Für Monobutylzinn ist ein ähnlicher Verlauf wie für Tributylzinn zu verzeichnen (siehe Abbildung 5.16). Es ist bereits seit dem Jahr 2015 ein wesentlicher Konzentrationsrückgang zu beobachten.

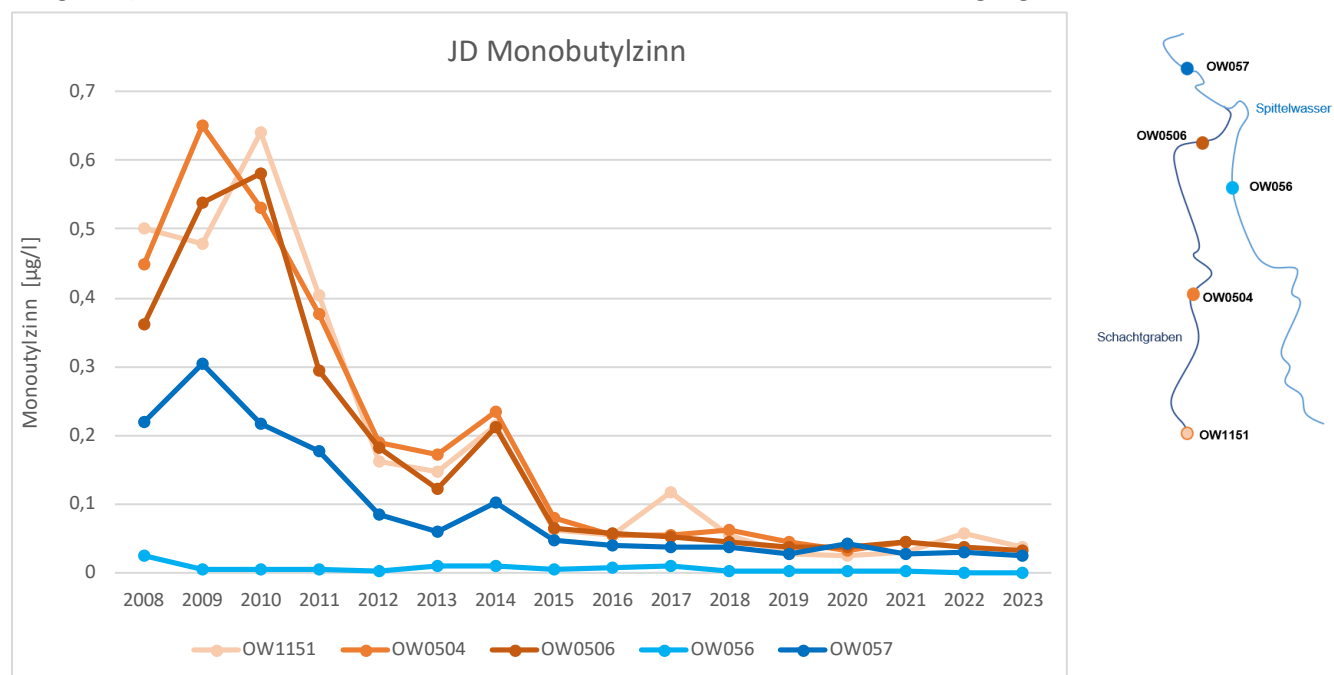


Abbildung 5.16: Monobutylzinn (Jahresdurchschnitt) am SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) seit 2014

In der Abbildung 5.17 ist die Zusammensetzung der Einzelparameter an den Messorten im Schachtgraben und Spittelwasser für das Jahr 2012 (vor dem Hochwasser 2013) und für das Jahr 2023 dargestellt. Im Schachtgraben hat sich die Zusammensetzung in der OW1151 und OW0504 nicht wesentlich geändert. Seit dem Jahr 2020 wird kein Dibutylzinn mehr im Wasser der OW056 im Oberlauf des Spittelwassers festgestellt. Und seit dem Jahr 2017 wird auch an der OW056 kein Tetrabutylzinn nachgewiesen (siehe Abbildung 5.17). Die Zusammensetzung der Organozinnverbindungen im Wasser der OW0506 im Schachtgraben und der OW057 im Spittelwasser ähnelt sich sehr. Das Wasser des OW056 im Oberlauf des Spittelwassers ist hingegen hinsichtlich der Zusammensetzung der Organozinnverbindungen zu der OW057 verschieden.

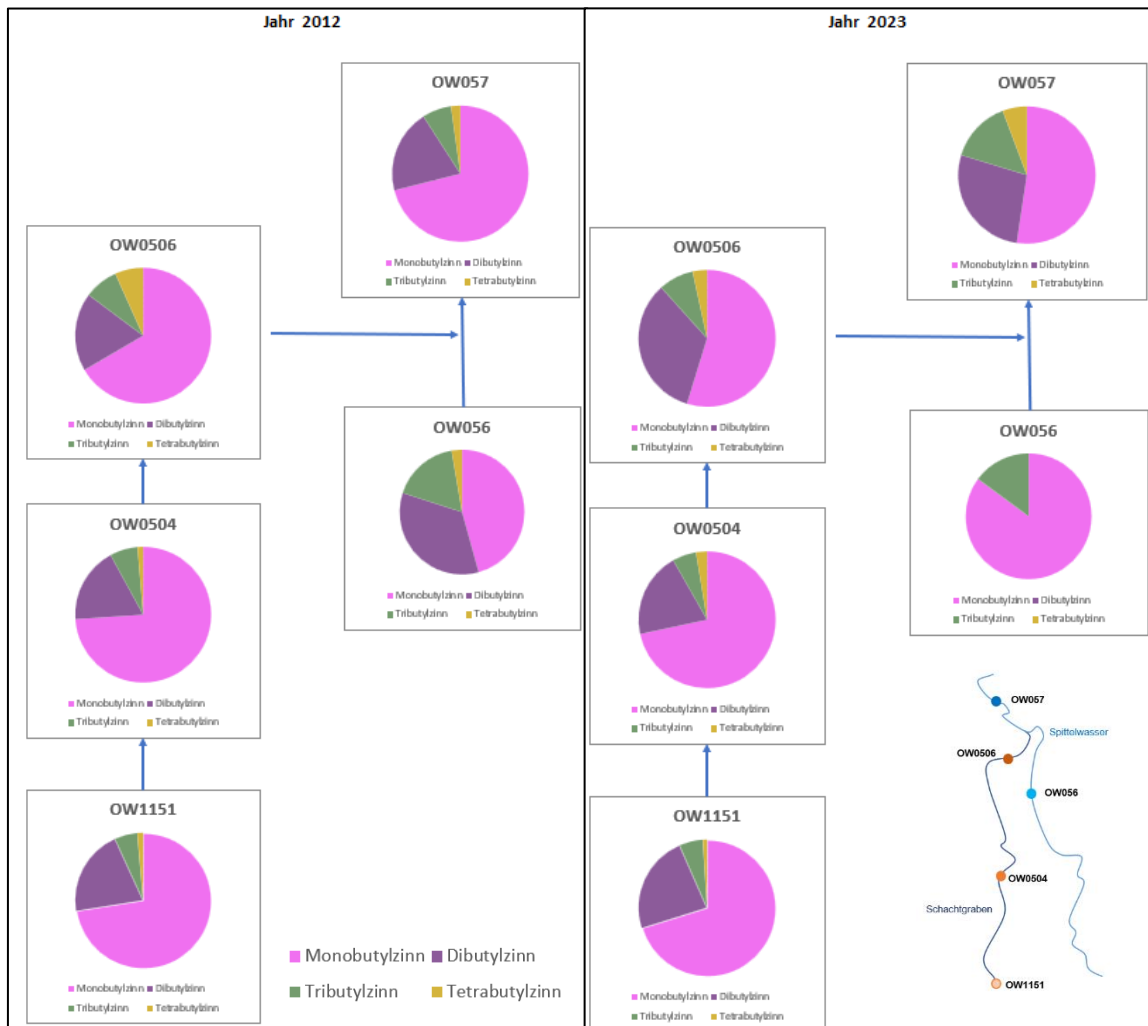


Abbildung 5.17: Vergleich Zusammensetzung der Organozinnverbindungen (Jahresdurchschnitt) im Wasser des SCR (OW1151), im Schachtgraben (OW0504, OW0506) und Spittelwasser (OW056, OW057) in den Jahren 2012 und 2023

Auch wenn an der Oberflächenwassermessstelle OW058 seit 2015 kein Organozinn im Schwebstoff erfasst wird, wird in Abbildung 5.18 ersichtlich, dass im Spittelwasser eine weitaus höhere Organozinn-Konzentration im Schwebstoff je Monat vorhanden ist als in der Mulde in Dessau.

In der Abbildung 5.19 ist die Zusammensetzung des Organozinns im Schwebstoff am Messort OW058 zwischen 2006 und 2014 dargestellt. Der Anteil Tributylzinn an Summe Organozinn im Schwebstoff liegt zwischen 4 und 44 % und im Mittel bei 19 %. Die Anteile der Derivate ändern sich über den zeitlichen Verlauf. Seit ca. 2012 nimmt Tributylzinn einen größeren Anteil ein und liegt teilweise auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie Mono- und Dibutylzinn.

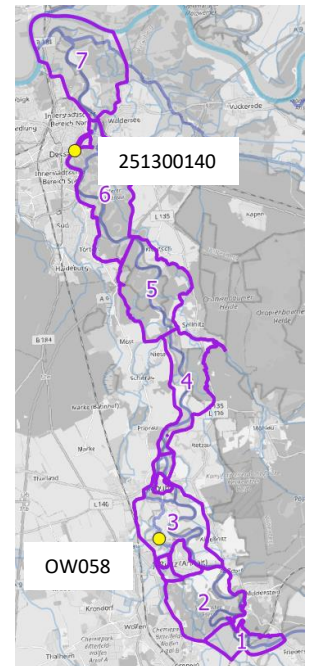
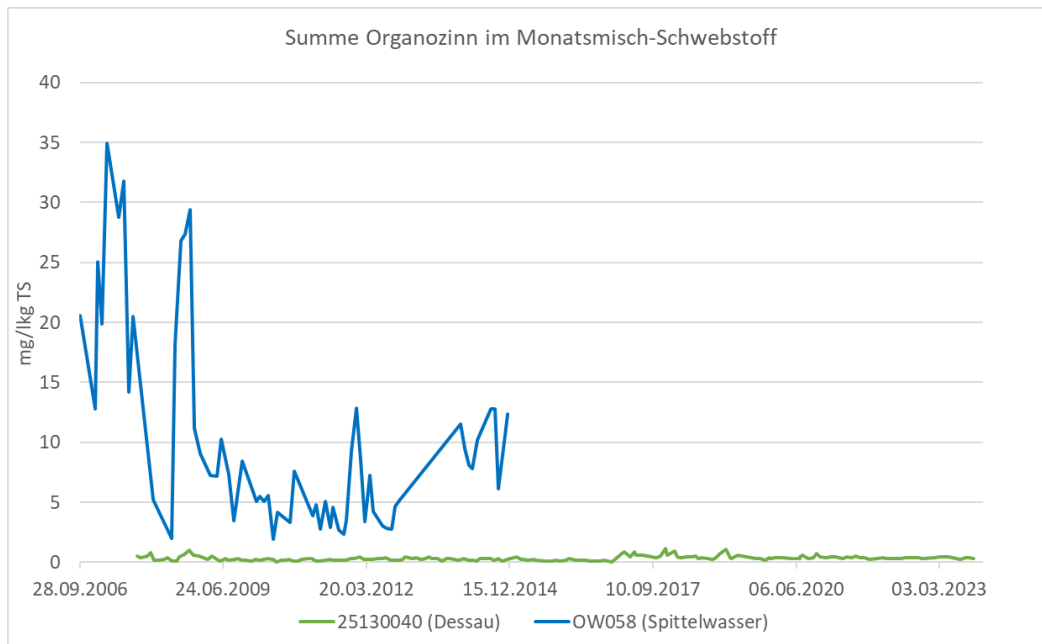


Abbildung 5.18: Organozinn-Gehalte im Monatsmisch-Schwebstoff im Spittelwasser (OW058, 25134015) und in der Mulde bei Dessau (25130040)¹²

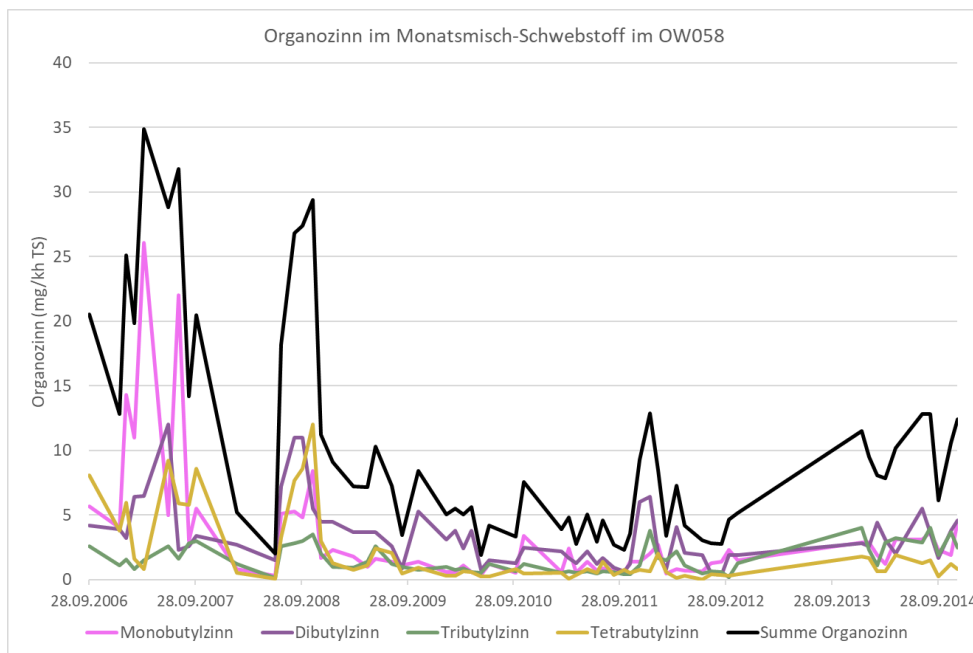


Abbildung 5.19: Zusammensetzung Organozinn im Schwebstoff an der OW058

¹² Datenquelle: © Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

5.2.4.3 Belastungen in den Pflanzen der Muldeaeue

Der Landkreis Anhalt-Bitterfeld (LK ABI Veterinärämter) führt jährlich Untersuchungen des Aufwuchses in der Muldeaeue auf ausgewählten Flächen im Grün- und Ackerland durch. In der Vergangenheit wurden Höchstgehalt-Überschreitungen für die Parameter Arsen (2 mg/kg), Cadmium (1 mg/kg) und beta-HCH (0,01 mg/kg) um mehrere Potenzen im Aufwuchs nachgewiesen, so dass viele Flächen keiner Nutzung zugeführt werden konnten. Diese o.g. Werte sind in der EU-Verordnung über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung als Höchstgehalt für Futtermittel-Ausgangserzeugnisse festgelegt. Der Auslösewert der WHO-PCDD/F-TEQ für Dioxine und dioxinähnliche PCB von 0,5 ng/kg wurde auch in einigen Bereichen überschritten.

Zur Erlangung des Systemverständnisses durch die Korrelation von Boden- und Pflanzenbelastungen wurden im April 2024 für drei HCH-Belastungsschwerpunkte in der Mulde- und Spittelwasseraue Untersuchungen des Aufwuchses durch das LLG durchgeführt. Anhand der vorgefundenen HCH-Belastungssituation im Boden wurden die Untersuchungszone in A1.1 und A1.2 (Muldewiesen, Abbildung 5.20), A3.1, A3.2 und A3.3 (Spittelwasseraue, Abbildung 5.21) sowie A4.1 und A4.2 (Untersuchungsabschnitt UA4.5, Abbildung 5.23) aufgeteilt. Von den 7 Abschnitten wurden vom LLG jeweils eine repräsentative Mischprobe aus min. 20 Einzelproben im Zick-Zack-Muster genommen und auf 2 Endprobenaufgeteilt. Jeweils eine Einzelprobe je Fläche wurde vor der Analyse im Labor gewaschen, um anhaftende Stäube und Sedimente vor der Analyse zu entfernen. Neben den HCH-Isomeren wurden auch u.a. Arsen, Cadmium, PCDD/F, PCB und DDT in den Proben untersucht.

Die Befunde für alpha-HCH und gamma-HCH (Lindan) liegen für alle Aufwuchsproben unter den Bestimmungsgrenzen. Das Isomer beta-HCH, welches im Spittelwasser-/Muldesystem stets den Hauptanteil der HCH-Kontamination im Boden ausmacht, ist in allen Aufwuchsproben mit sehr hohen Gehalten nachweisbar. Die Ergebnisse der gewaschenen Proben liegen i.d.R. in der gleichen Größenordnung wie die der ungewaschenen Proben. Die Untersuchungszone in den Muldewiesen bilden eine Ausnahme. Für die anderen Parameter waren außer für Cadmium die Höchstgehalte in den untersuchten Aufwuchsproben unterschritten.

Untersuchungszone A1.1 bis A1.3 (Muldewiesen)

Der Aufwuchs im nördlichen Bereich der Muldewiesen wurde bereits im Jahr 2020 vom LK ABI untersucht. Da er unauffällig war, wurde er nicht erneut beprobt. Es sollte mit den Untersuchungen überprüft werden, ob der Aufwuchs der unbelasteten Flächen (A1.2) durch die angrenzenden belasteten Flächen (A1.1) kontaminiert wird. Für die gewaschene Probe der Fläche A1.2 lag der beta-HCH-Wert knapp unter dem Grenzwert von 0,01 mg/kg. Die Werte für die ungewaschenen Proben beider Flächen überschritten den Höchstgehalt für beta-HCH von 0,01 mg/kg um das 3-fache und wiesen die gleiche Konzentration auf. Auch die beta-HCH-Konzentration in den gewaschenen Proben liegen auf einem ähnlichen Niveau. Die ungewaschenen Proben wiesen eine doppelte bis dreifache beta-HCH-Konzentration als die gewaschenen Proben auf.

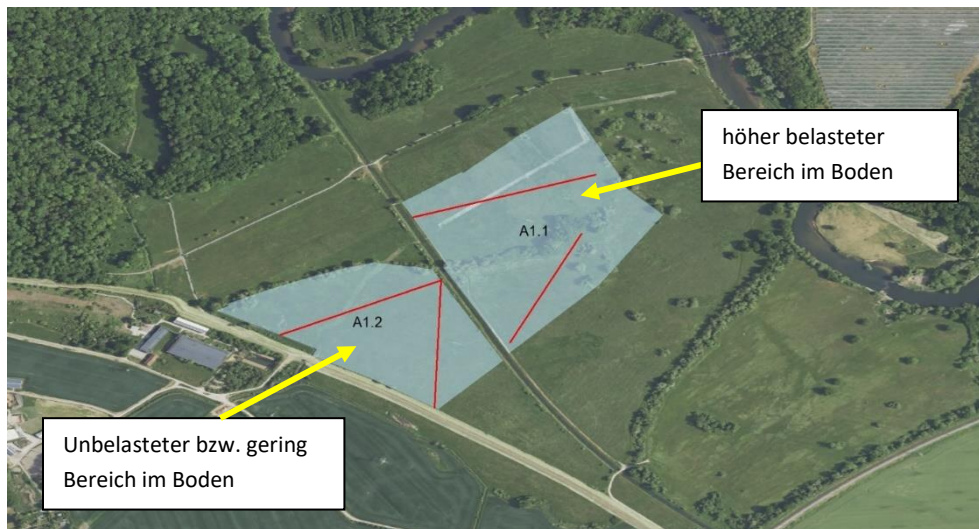


Abbildung 5.20: Probenahme­flächen A1.1 und A1.2 in den Muldewiesen

Untersuchungszonen A3.1 bis A3.3 (Spittelwasseraue im Umfeld der Oberflächengewässer Lauseborn/Schachtgraben und Spittelwasser)

Sowohl die gewaschenen als auch die ungewaschenen Aufwuchsproben der Flächen A3.1, A3.2 und A3.3 haben den Grenzwert von 0,01 mg/kg beta-HCH um mehr als das 10-fache überschritten. Es machte keinen wesentlichen Unterschied, ob die Proben gewaschen oder ungewaschen waren. In den gewaschenen Proben wurde sogar eine leicht höhere beta-HCH-Konzentration festgestellt.

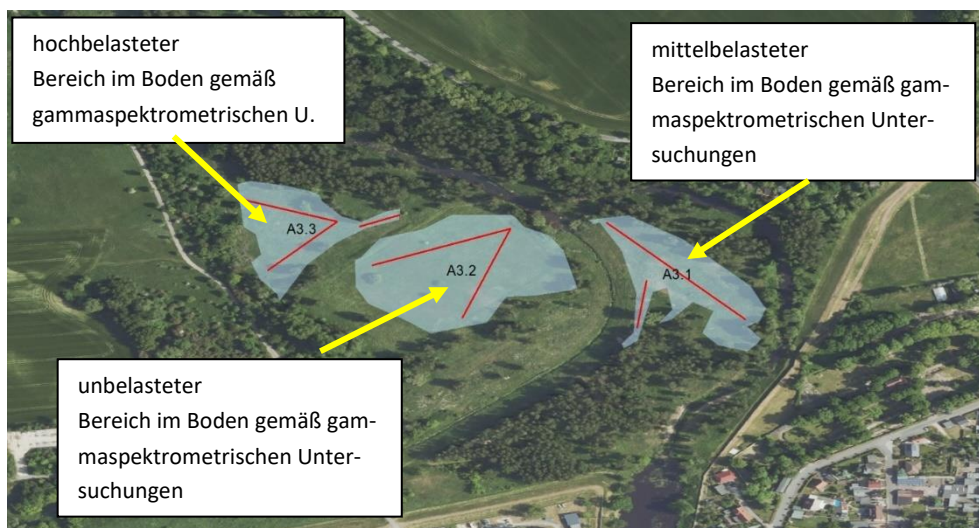


Abbildung 5.21: Probenahme­flächen A3.1, A3.2 und A3.3 in der Spittelwasseraue

Auf der Fläche A3.1, welche südlich von der Fläche mit die höchsten HCH-Gehalten im Boden der Spittelwasseraue liegt, wurde die höchsten Konzentrationen im Aufwuchs mit bis zu 0,475 mg/kg beta-HCH ermittelt. Die HCH-Gehalte im Aufwuchs für die anderen beiden Flächen waren niedriger und befanden sich beide in der gleichen Größenordnung. Lt. den gammaspektrometrischen Untersuchungen aus dem Jahr 2013 soll die Fläche A3.2 im Boden unbelastet sein (Abbildung 5.22). Der LK ABI hatte bereits auf der Fläche A3.2 (Gem. Jeßnitz „Doktor Heger“) eine weitaus höhere beta-HCH-Konzentration im Aufwuchs (0,799 mg/kg (2014); 1,233 mg/kg (2020)) nachgewiesen.

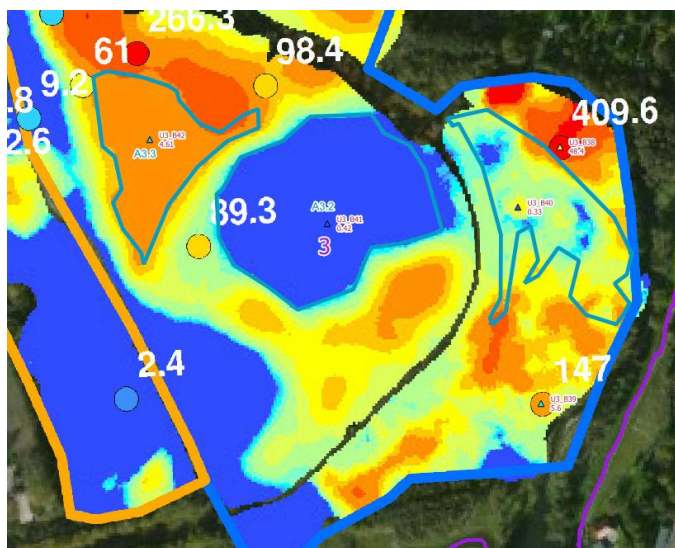


Abbildung 5.22: Ergebnisse gammaspektrometrische Untersuchungen der Summe HCH im Boden aus dem Jahr 2013 und den Bodenuntersuchungen au dem Jahr 2023/2024 in den ersten 10 cm.

Untersuchungszonen A4.1 und A4.2 (UA4 östlich von Schierau)

Für die Fläche A4.1, welche näher zur Mulde liegt, wurde der Grenzwert von 0,01 mg/kg beta-HCH sowohl für die gewaschene als auch die ungewaschene Probe um das 7-fache überschritten. Auf der Fläche A4.2 überschritten die beta-HCH-Werte der gewaschenen und ungewaschenen Proben den Grenzwert nur um das 2-fache. Es macht keinen Unterschied, ob die Pflanzenproben gewaschen wurden oder nicht.

Im Jahr 2020 hat der LK ABI auf der südlichen Fläche 0,055 mg/kg TS beta-HCH nachgewiesen. Das liegt in der Größenordnung, welche im April 2024 im Aufwuchs festgestellt wurde (0,019 bis 0,074 mg/kg TS beta-HCH). Die Belastungssituation hat sich somit nicht geändert. Allerdings gibt es für beta-HCH den ersten Hinweis, dass die näher zur Mulde gelegene Flächen höhere beta-HCH-Konzentrationen im Aufwuchs aufweisen können.

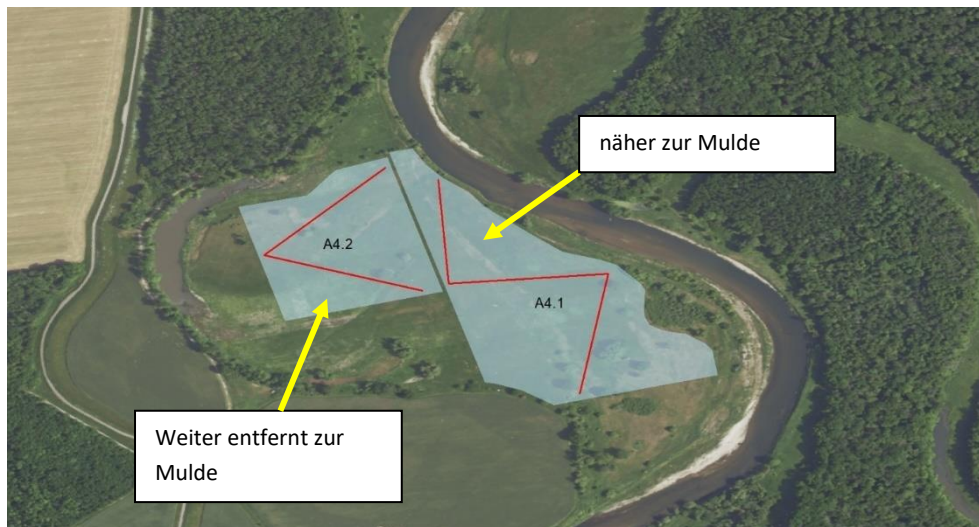


Abbildung 5.23: Probenahme­flächen A4.1 und A4.2 im Untersuchungsabschnitt UA4.5 (östlich vom Alt­wasser bei Schierau)

5.3 Umwelt­qualitätsnorm und abge­senkte Bewir­tach­tungsziele im Schachtgraben und Spittelwasser

In der Oberflächengewässerverordnung [19] sind Umwelt­qualitätsnormen (UQN) für den Jahres­durchschnitt (JD) und für die Zulässige Höchst­konzentration (ZHK) im Gewässer und im Sediment definiert.

Für den Schachtgraben und das Spittelwasser wurden aufgrund der Belastungssituation und der Ein­tragshistorie weniger strenge Bewir­tach­tungsziele als best­möglicher Zustand fest­gelegt. [24] Im Rahmen der Über­prüfung der Belastungen im dritten Bewir­tach­tungszeitraums (2020) sollten die weniger strengen Umwelt­ziele über­prüft und ggf. angepasst werden. Es wurde empfohlen, die fest­gelegten weniger strengen Umwelt­ziele beizubehalten (siehe Tabelle 5.4). Dies soll in Kombination mit einer schritt­weisen Verbesserung des Zustandes des Spittelwasser­systems (Reduzierung der Fracht unter Normal­wasser­bedingungen durch Maßnahmen im Chemiepark) stehen. [2]

Tabelle 5.4: Weniger strenge Umweltziele für Schachtgraben und Spittelwasser nach [2] und [24]

Prioritäre Stoffe	Gewässer		nach OGewV [µg/l]	Weniger strenge Um- weltziele [µg/l]	Faktor
Summe HCH	Spittelwasser ¹³	JD-UQN	0,02	0,16	8
		ZHK-UQN	0,04	0,28	7
Tributylzinn		JD-UQN	0,0002	0,01	50
		ZHK-UQN	0,0015	0,03	20
Summe HCH	Schachtgraben ¹⁴	JD-UQN	0,02	0,46	23
		ZHK-UQN	0,04	0,8	20
Tributylzinn		JD-UQN	0,0002	0,03	150
		ZHK-UQN	0,0015	0,3	200
Summe DDX		JD-UQN	0,025	0,05	2
		ZHK-UQN	nicht anwendbar		

In der Auswertung der Daten in diesem Bericht werden zwischen den weniger strengen Umweltzielen des Schachtgrabens (Abk. JD-UQN(SCR), ZHK-UQN(SCR)), des Spittelwassers (Abk. JD-UQN(Spw), ZHK-UQN(Spw)) und den Umweltzielen der Oberflächengewässerverordnung (Abk. JD-UQN(OGewV), ZHK-UQN(OGewV)) unterschieden.

5.4 Sedimentationsverhalten in der Aue

Durch Kenntnis bevorzugter Sedimentationszonen innerhalb der Muldeaue, kann an diesen Stellen eine anthropogene Belastung vermutet werden. Hierbei sind auch die bevorzugten Adsorptionseigenschaften der Schadstoffe relevant. Im Fall von HCH sind es die organische Substanz sowie die feinkörnigen Tonminerale, wobei HCH hauptsächlich schwebstoffgebunden vorliegt. Tonminerale vermögen auch im hohen Maße Schwermetalle zu adsorbieren. Zinnorganische Verbindungen haben auch eine hohe Tendenz an Feststoffen zu adsorbieren.

¹³ einschließlich Lobber und Schlangengraben

¹⁴ Zwischen Übergabepunkt Chemiepark (SCR) und Einmündung ins Spittelwasser

Die Korngrößenverteilung der abgelagerten Sedimente hängt einerseits von dem abtransportierten Körnungsspektrum des Oberstroms und andererseits von der Fließgeschwindigkeit, d.h. der Schleppkraft des Überflutungswassers ab. Die Fließgeschwindigkeit kann während eines Hochwassers in der Aue aufgrund der Geländemorphologie und des vom Fluss geschaffenen Kleinreliefs stark variieren, so dass unterschiedlich grobe Sedimente in der Aue abgelagert werden. Die Sedimentationsrate bestimmt die Mächtigkeit der abgelagerten Sedimentschichten.

Aufgrund des Auenreliefs ist eine Sedimentation auf den Auenflächen nur bei Hochwasser möglich. In Flussnähe entlang der Ufer setzen sich die gröberen Sedimente ab. Aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeit unterliegen die Ufer eines Hauptgerinnes und seiner flussnahen Nebengerinne einer häufigen Sedimentumlagerung.

Feinkörnige Materialien sedimentieren überwiegend in den strömungsberuhigten Zonen. In abflusslosen Rinnen und Mulden, wo nach einem Hochwasserereignis noch schwebstoffhaltiges Wasser verbleibt, lagern sich besonders feinkörnige Sedimente ab.

Beim Einsetzen eines Hochwassers werden zunächst linienhaft die Gewässer relativ schnell geflutet (linienhafte Überflutung). Erst nach Überschreiten des bordvollen Abflusses und dem einsetzenden Überfließen der Uferwalle erfolgt eine vorwiegend flächenhafte Füllung der Aue. Bei dieser steigt der Wasserstand des Flusses relativ langsam an; das fließende Wasser wird durch das Mikrorelief und Ufervegetation gebremst. Aufgrund der daraus resultierenden sehr geringen Fließgeschwindigkeit werden weniger Feststoffe transportiert, so dass auch feinkörnige Schwebstoffe sedimentieren (überwiegend Ton).

5.5 Arbeitsthesen und Fragestellungen

Die übergreifende Arbeitsthese zu den durchgeführten Untersuchungen ist, dass durch die Entnahme von Schadstoffen aus den Hotspots der Aue, es zu einer signifikanten Verbesserung der Schadstoffgehalte in der Mulde führen kann.

Im Rahmen des Projektes HCH in der EU wurde das in Abschnitt 6.1 dargestellte Untersuchungskonzept [28] erstellt. Das Untersuchungskonzept bearbeitete die Fragestellung, inwieweit Gebiete mit erhöhten HCH-Belastungen im Projektgebiet der Muldeaue identifiziert und abgegrenzt werden können.

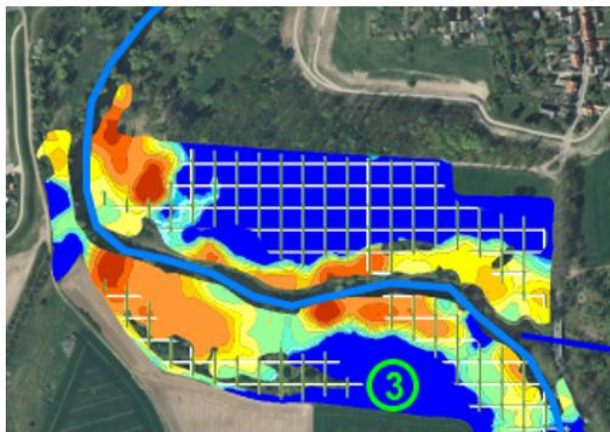
Die These ist, dass bei Hochwasser Schadstoffe in der Aue remobilisiert werden, um dann bei Hochwasserrückgang bevorzugt in Altwässern, Altarmen sowie Rinnen, Mulden und Senken mit geringerer Fließgeschwindigkeit wieder ablagern. Das Wasser fließt dabei über bevorzugte Fließwege wieder ab. Unter dieser Prämisse werden in den entsprechenden Auenbereichen Schadstoff-Hotspots vermutet. Um diese These zu überprüfen, wurden in ausgewählten Altwässern vergleichend auch

Untersuchungspunkte konzipiert, an denen aufgrund der Morphologie und des Fließverhaltens sich Schadstoffe nicht bevorzugt ablagern sollten.

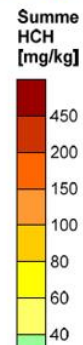
Altwässer, Rinnen, Mulden und Senken in der Aue könnten Schadstoffe bis zur nächsten Mobilisierung durch Hochwasser festsetzen und somit als Schadstoffsinke fungieren. Wenn diese schadstoffbelasteten Ablagerungen durch weniger belastetes Material abgedeckt wird, könnten die Schadstoffreservoirs dauerhaft vor der erneuten Mobilisierung festgesetzt werden.

Das Untersuchungsprogramm bezieht sich nicht nur auf Rinnen, Mulden und Senken, die in verschiedenen Formen wie Ackerland, Grünland und Wald genutzt werden, sondern auch auf Altwässer und Altarme in der Muldeaue. Untersuchungen in und im Umfeld der verschiedenen Altwässern und Altarmen sollen klären, ob sich die Schadstoffe gleichmäßig entlang der Mulde oder wellenartig ausgebreitet haben. Mit "wellenartiger" Ausbreitung ist gemeint, dass Schadstoffe im Boden bei Hochwasser mobilisiert und weiter flussabwärts in der Aue abgelagert werden. Mit dem Vergleich des Hochwassermodells aus [28] und den gammaspektrometrischen Untersuchungen der Spittelwasserstudie [29] konnte gezeigt werden, dass es Korrelationen zwischen HCH-Vorkommen und bevorzugten Sedimentationszonen gibt. Es existiert eine Abhängigkeit vom Schadstoffvorkommen in der Spittelwasseraue von der Wassertiefe und den Fließgeschwindigkeiten bei abfließendem Hochwasser. Wie in der Abbildung 5.24 und Abbildung 5.25 zu sehen ist, lässt sich eine Korrelation zwischen dem HCH-Gehalt im Boden (Bild links) zu den hohen Wassertiefen (Bild Mitte) und den Fließgeschwindigkeiten (Bild rechts) 12 h nach Beginn des Hochwasserrückgangs ableiten. Es wurden daher im Hochwassermodell die Fließgeschwindigkeiten mit der der Wassertiefe bei Hochwasserrückgang zu verschiedenen Zeiten verschnitten, um weitere potenzielle HCH-Hotspots zu identifizieren.

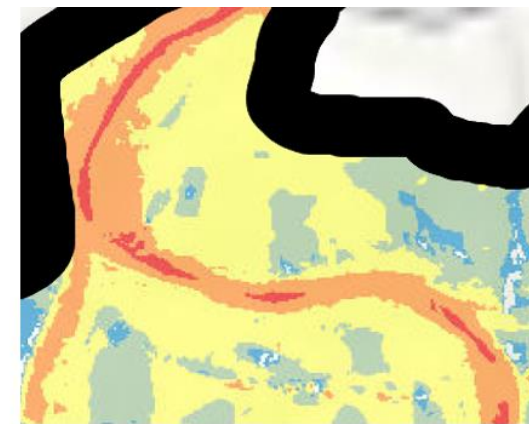
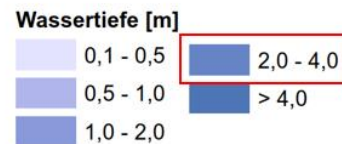
Als Ergebnis wurden Flächen ermittelt, die auf Grund der geringen Erosion und der verstärkten Sedimentation potenziell schadstoffbelastet sein könnten und somit für die Auswahl geeigneter Probenahmepunkte dienen sollten.



HCH-Konz. lt. „Abschlussbericht Frachtreduzierung Spittelwasser“



Wassertiefen 12 h nach einsetzendem Hochwasserrückgang



Fließgeschwindigkeiten 12 h nach einsetzendem Hochwasserrückgang



Abbildung 5.24:Gegenüberstellung Ergebnis „Abschlussbericht Frachtreduzierung Spittelwasser“ [29] und Ergebnisse Hochwassermodell, Teil I aus [28]

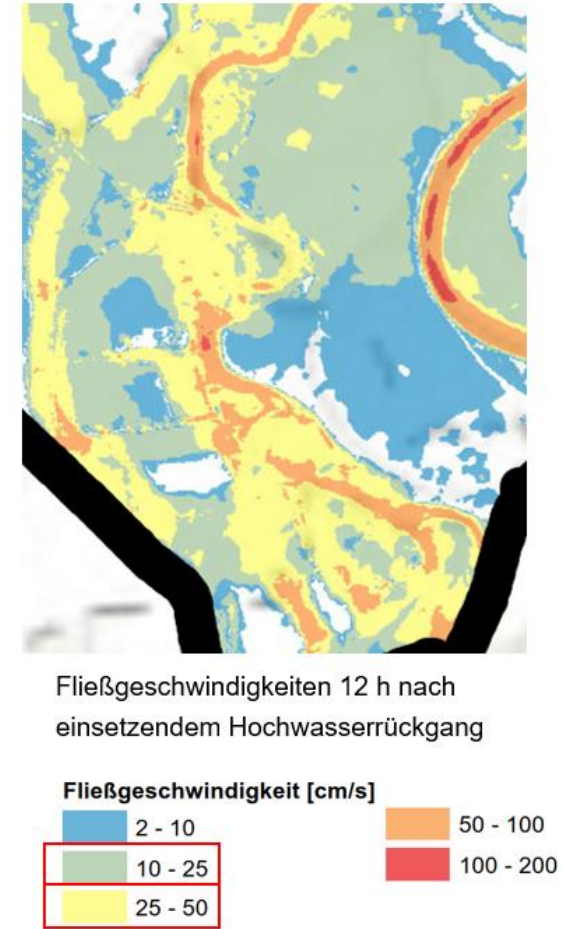
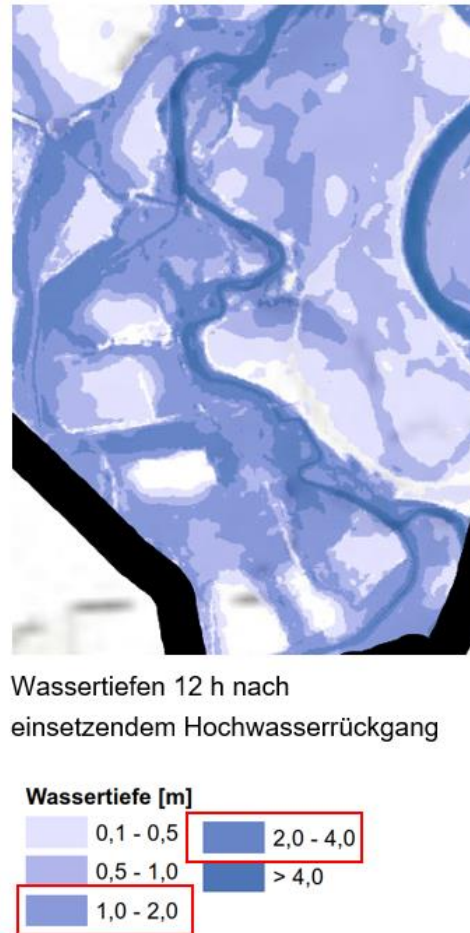
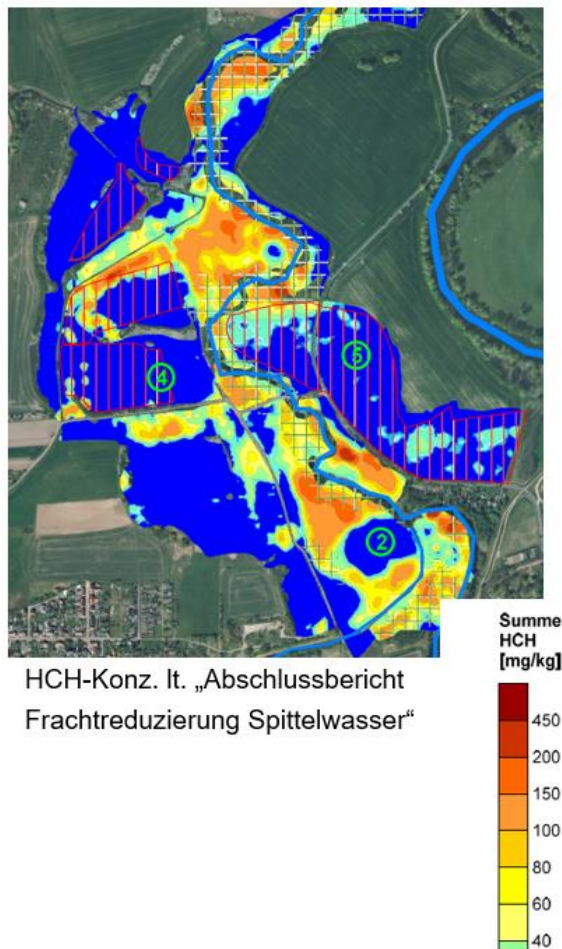


Abbildung 5.25:Gegenüberstellung Ergebnis „Abschlussbericht Frachtreduzierung Spittelwasser“ [29] und Ergebnisse Hochwassermodell, Teil II aus [28]

Es wurde im Untersuchungskonzept [28] darüber diskutiert, bis in welche Tiefe die Boden- und Sedimentuntersuchungen gehen sollten. Aufgrund des langjährigen Eintrags durch die Industrie und dem unregelmäßigen Wiedereintrag, aber auch Abtrag durch die Hochwasserereignisse ist eine inhomogene Schadstoffverteilung sowohl über die Fläche als auch in die Tiefe zu erwarten. Durch gezielte Untersuchungen in der Tiefe könnten dennoch Horizonte abgegrenzt werden, die besonders schadstoffbelastet sind.

Im Bereich des Spittelwassers wurden bereits in früheren Untersuchungen mittels der Gamma-Spektrometrie hohe HCH-Gehalte im Boden bis über 440 mg/kg TS festgestellt. Es wurden hierzu Bodenmischproben aus den ersten 30 cm zur Kalibrierung der gammaspektrometrischen Aufnahme verwendet.

Es stellen sich bezüglich der Spittelwasseraue (Untersuchungsabschnitt UA3) folgende Fragen, die mit den Untersuchungen geklärt werden sollten:

- Sind weitere Flächen, die nicht gammaspektrometrisch kartiert wurden, mit HCH kontaminiert?
- Beschränkt sich die Tiefe der HCH-Kontamination in den hochbelasteten Bereichen nur auf die ersten 30 cm oder liegen auch tieferliegende Belastungen vor?
- Hat sich die Situation seit der gammaspektrometrischen Aufnahme (Winter / Frühjahr 2012/2013) verändert?

Der Salegaster Forst (Untersuchungsabschnitt UA2) mit seinen vielen Gräben wirkt wie eine Entwässerungsnetz des Gebietes und leitet das Wasser bei Hochwasser relativ rasch in Richtung Spittelwasser ab. Es soll in der Vergangenheit gemäß handschriftlichen Zeugnissen [6] bei Hochwasserereignissen das Abwasser des Chemiekombinats Bitterfeld in den Salegaster Forst eingeleitet worden sein, so dass dort ein Schadstoffreservoir vermutet wurde. Es soll mit den Bodenuntersuchungen geklärt werden, ob und inwieweit sich HCH und andere Schadstoffe im Boden abgelagert haben.

Es stellen sich bzgl. des Salegaster Forstes u.a. folgende Fragen:

- Gibt es Unterschiede zwischen den Transekten im Salegaster Forst stromabwärts Richtung Spittelwasser?
- Liegen die Schadstoffe gleichmäßig im Untersuchungsabschnitt UA2 verteilt vor? Oder gibt es eher Schadstoff-Hotspots, die ggf. beim nächsten Hochwasser wieder mobilisiert werden könnten?
- Finden sich Schadstoffe hauptsächlich im Umfeld des Schlangengrabens, der Lobber und weiteren Gräben? Emittieren diese Quellen dauerhaft, dass dies z.B. zu einer HCH-Grundlast im Spittelwasser führt?

Folgende Fragen stellen sich bezüglich der Altwässer und Altarme im Projektgebiet:

- Stellen Altarme/Altwässer Schadstoff-Senken dar? Werden Schadstoffe in den Altarmen und Altwässern dauerhaft immobilisiert?
- Gibt es einen Unterschied, ob sich der Probenahmepunkt nahe zur Mulde bzw. näher am Altwasser befindet?
- Bis in welcher Tiefe ist HCH anzutreffen?
- Gibt es einen Unterschied zwischen Ost- und Westufer?
- Haben Sedimente im Altwasser höhere Schadstoffkonzentrationen als im Uferbereich oder umgekehrt?
- Gibt es Unterschiede bei den Schadstoffkonzentrationen in Abhängigkeit von Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit bei Hochwasserrückgang?
- Ist die Schadstoffbelastung flächig verteilt oder gibt es Schwerpunkte (Hotspots)?
- Ist das nahe gelegene Acker- oder Grünland ebenfalls kontaminiert?
- Sind bewaldete Altwässer/Altarme weniger betroffen als welche, die nicht bewaldet sind?

6 UNTERSUCHUNGSUMFANG

6.1 Projektgebiet / Untersuchungsumfang

6.1.1 Projektgebiet

Das Projektgebiet umfasst die Gewässer inklusive Auen im Gebiet zwischen Bitterfeld und Mündung in die Elbe bei Dessau. Die Mulde zählt vom Bereich der Mündung in die Elbe bis zum Muldestausee zur Kategorie Wasserkörper Typ 17 (Kiesgeprägter Tieflandfluss) und umfasst eine Länge von 54,8 km. Der Oberflächenwasserkörper OWK VM02OW01-00 Mulde wird den Vorranggewässern der Flussgebietsgemeinschaft Elbe zugeordnet.

Das Projektgebiet umfasst eine Fläche von 4.779 Hektar und gilt aufgrund der Schadstoffbelastungen bis heute als potenziell diffuse Kontaminationsquelle für die Mulde. Im Falle eines Jahrhundert-Hochwassers kann die Remobilisierung der Schadstoffe im Gebiet eine bedeutende Rolle bezüglich der Schadstoffeinträge in die Mulde spielen. Die Begrenzung des Projektgebietes ergibt sich durch seitliche Deiche sowie die Flussmündung in die Elbe im Norden und den Muldestausee im Süden.

Das Projektgebiet beinhaltet vier FFH-Gebiete, die etwas weniger als drei Viertel des Projektgebietes einnehmen. Aufgrund von in großräumigen Bodenuntersuchungen festgestellten Kontaminationen in Überschwemmungsgebieten der Mulde gilt seit 1994 ein Nutzungsverbot der Flächen als Weide und für die Futtermittelgewinnung. Nachdem das Nutzungsverbot im Jahr 2004 außer Kraft trat, wurde eine Flächennutzung nach Antragsstellung erneut ermöglicht. Aufgrund der anhaltenden Überschreitungen der beta-HCH-Werte auf Agrarflächen ist die Nutzung größtenteils jedoch weiterhin untersagt. [17]

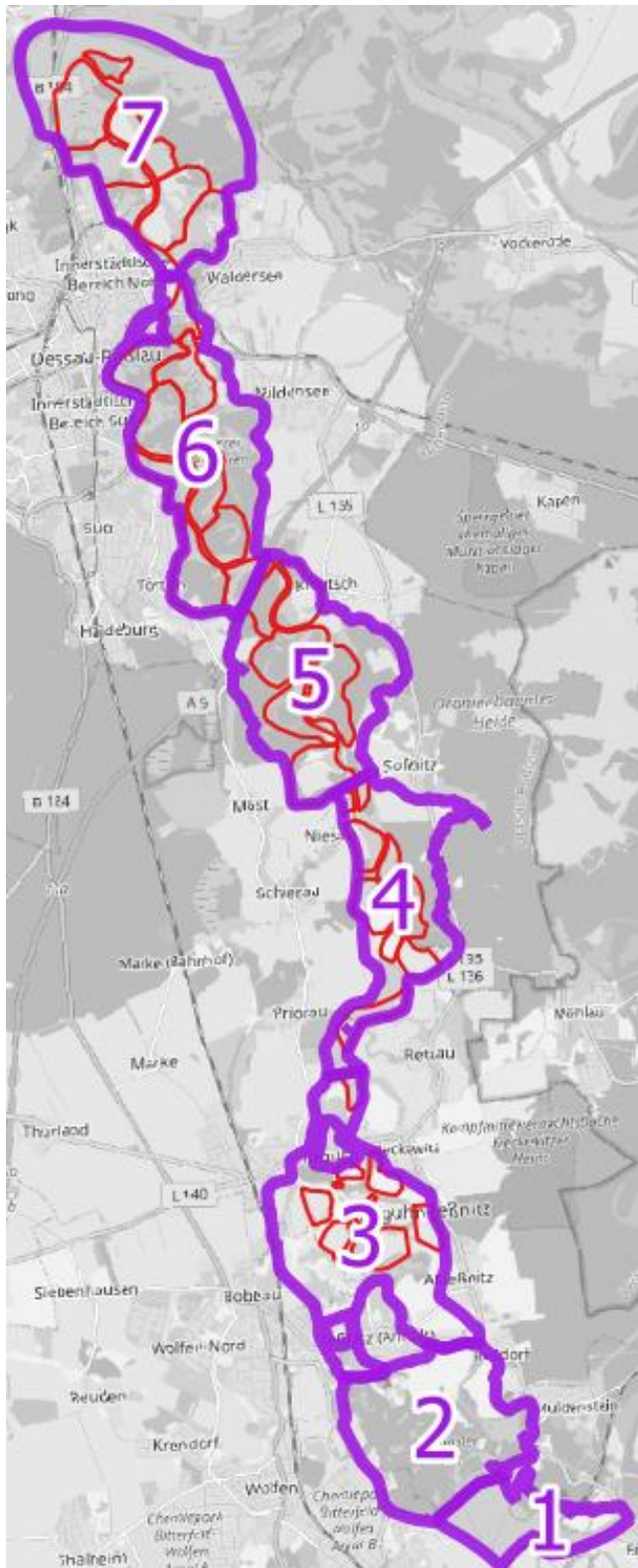


Abbildung 6.1: Übersichtsdarstellung der Untersuchungs-zonen im Projektgebiet (rot: Untersuchungs-zonen (UZ), lila: Untersuchungsabschnitte (UA) gemäß HQ100)

6.1.2 Unterteilung des Projektgebietes und Festlegung der Beprobungstiefen nach Nutzungsart gemäß Untersuchungskonzeption

Für die Ist-Stand-Analyse wurde ursprünglich geplant, gammaspektrometrische Untersuchungen wie in der Spittelwasserstudie [29] einzusetzen. Durch den Einsatz eines Hochwassermodells konnte jedoch gezeigt werden, dass es Korrelationen zwischen HCH-Vorkommen und Zonen mit bevorzugter Sedimentation gibt. Daraufhin wurde die Gammaskonzeption nicht weiterverfolgt.

Für die Ausarbeitung des Untersuchungsprogramms in [28] sind anhand von hydrologischen Modellen zu Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei abfließendem Hochwasser insgesamt sieben Untersuchungsabschnitte mit ähnlichen Merkmalen festgelegt worden (siehe Abbildung 6.1).

Innerhalb dieser Abschnitte wurde der Umfang und das Vorgehen für den Untersuchungsumfang (Lage und Tiefe der Untersuchungspunkte) näher beschrieben. Dabei gibt es Unterschiede im Vorgehen bei den Stapelflächen (Spittelwasser, Salegaster Forst, Muldewiesen) im Vergleich zu den anderen Abschnitten.

Für die Untersuchungen von Boden wurden ursprünglich 353 und für Sediment 38 Untersuchungspunkte geplant.

Die Probenahmen sollten ursprünglich in sieben zeitlich und räumlich aufeinanderfolgenden Untersuchungsabschnitten im Zeitraum von Oktober 2022 bis Ende Februar 2023 erfolgen. Da sich allerdings bei der ersten Ausschreibung der Probenahme keine Bieter an der Ausschreibung beteiligten, konnte nach erneuter Ausschreibung im Herbst 2022 die Beprobung erst ab Februar 2023 begonnen werden. Aufgrund der Fülle der Untersuchungspunkte mussten die Probenahmen im Herbst und Winter 2023/2024 fortgesetzt werden. Aufgrund des anhaltenden Hochwassers von Ende Dezember 2023 bis Februar 2024 konnten nicht alle Untersuchungspunkte erreicht werden. Eine sukzessive Anpassung des Probenahmeplans anhand der bereits vorliegenden Ergebnisse war nicht möglich da die Untersuchungsergebnisse erst sehr spät vorlagen.

Die Untersuchungstiefen an den Probenahmepunkten wurden in Anlehnung an die BBodSchV [4] in Abhängigkeit von der Nutzungsart wie folgt festgelegt:

Grünland: 0-10 cm, 10-30 cm

Gehölz, Wald: 0-10 cm

Ackerland: 0-30 cm

Eine Ausnahme stellen die Probenahmepunkte U3_B34 bis U3_B39 am Spittelwasser dar (siehe Abbildung 6.2). Da diese als Wiederholungsuntersuchungen zur Spittelwasserstudie [29] durchgeführt wurden, wurden zusätzlich aus Vergleichbarkeitsgründen Proben aus einer Untersuchungstiefe von 0-30 cm entnommen.



Abbildung 6.2: Probenahmestandorte U3_B34 bis U3_B39 (Summe HCH >100 mg/kg TS) für die Wiederholungsuntersuchung entlang des Spittelwassers (gelb markiert)

Eine ausführliche Darstellung der Beprobungstiefen nach Untersuchungsabschnitten und Nutzungsarten wird in Tabelle 6.1 dargestellt.

Tabelle 6.1: Beprobungstiefen Boden

Untersuchungsabschnitt	Nutzung	Beprobungstiefe	Rückstellprobe
UA 1	Grünland	0-10 cm	30-60 cm
		10-30 cm	
UA 2	Grünland	0-10 cm	30-60 cm
		10-30 cm	
UA 2	Ackerland	0-30 cm	30-60 cm
UA 3	U3_B34 bis U3_B39	0-30 cm (0-10 cm, 10-30 cm)	30-60 cm
	Grünland	0-10 cm	30-60 cm*
		10-30 cm	
	Gehölz, Wald	0-10 cm	10-30 cm
Ackerland	0-30 cm	-	
UA 4 – UA 7	Grünland	0-10 cm	30-60 cm*
		10-30 cm	
	Gehölz, Wald	0-10 cm	10-30 cm
	Ackerland	0-30 cm	-

* nur an ausgewählten Stellen

Für die Nutzung Gehölz und Wald sollten Rückstellproben (10-30 cm) untersucht werden, falls ein hoher Befund eine Tiefenabgrenzung notwendig erscheinen lässt. An ausgewählten Stellen (z.B. Altwasser) wurden Rückstellproben aus der Schicht 30-60 cm im Grünland genommen.

6.2 Zusammenfassung Untersuchungsumfang

Der Untersuchungsumfang im Projektgebiet umfasst Feld- und Probenahmen für Boden- und Sedimentuntersuchungen mit geeigneter Dokumentation, Auswertung und Ergebnisdarstellung.

Die höchsten Schadstoffkonzentrationen wurden aufgrund der Standorthistorie in der Aue rund um das Spittelwasser (UA 3), den Salegaster Forst (UA 2) und die Muldewiesen (UA 1) erwartet. Die Böden und Sedimente wurden auf HCH, Lindan (gamma-HCH), DDT und Abbauprodukte (DDX), Organozinnverbindungen, Schwermetalle, Dioxine und Furane untersucht. In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der geplanten Probenahmestandorte, nach Untersuchungsabschnitt (UA) und Nutzung unterteilt, dargestellt.

Tabelle 6.2: Anzahl Probenahmestandorte je Untersuchungsabschnitt und je Nutzung gemäß Untersuchungskonzept [28] sowie erweitertem Untersuchungskonzept UA1 (+x) und Untersuchungskonzept nach Hochwasser (+x)

Untersuchungsabschnitt (UA)	Anzahl Zonen	Anzahl Transekten	Anzahl Probenahmepunkte je Nutzung					Summe Anzahl Probenahmepunkte
			Ackerland	Grünland	Gehölz	Wald	Wasser (Sediment)	
1		3		11 (+12+2)	2 (+5)		(+3)	13 (+20+2)
2		5	1	9	4	20		34
3	9		13	18 (+3)	4	4 (+2)	4	43 (+5)
4	8		8	27 (+1)	6	2	7	50 (+1)
5	6		3	27	11	32	11	84
6	9		1	42	12	33	10	98
7	7		6	38	6	13	6	69
Summe			32	172 (+12+6)	45 (+5)	104 (+2)	38 (+3)	391 (+20+8)

Nach der ersten Untersuchungskampagne im Februar 2023 wurde deutlich, dass noch eine weitere Eingrenzung in den Mulde- und Leinewiesen im UA1 in Richtung Muldestausee notwendig ist. Es wurden weitere 20 Untersuchungspunkte (+x) im Boden und Sediment im Untersuchungsabschnitt UA1 konzipiert.

Aufgrund des Hochwasserereignisses Ende 2023/Anfang 2024 war es für die Beurteilung der Auswirkungen auf die bisherigen Ergebnisse notwendig, an acht ausgewählten Hotspots (+8) Wiederholungsuntersuchungen durchzuführen.

In den folgenden Abbildungen ist nach Untersuchungsabschnitt geordnet, die Anzahl der Untersuchungspunkte gemäß ursprünglichem Konzept [28], den tatsächlich durchgeführten Untersuchungen gegenübergestellt.

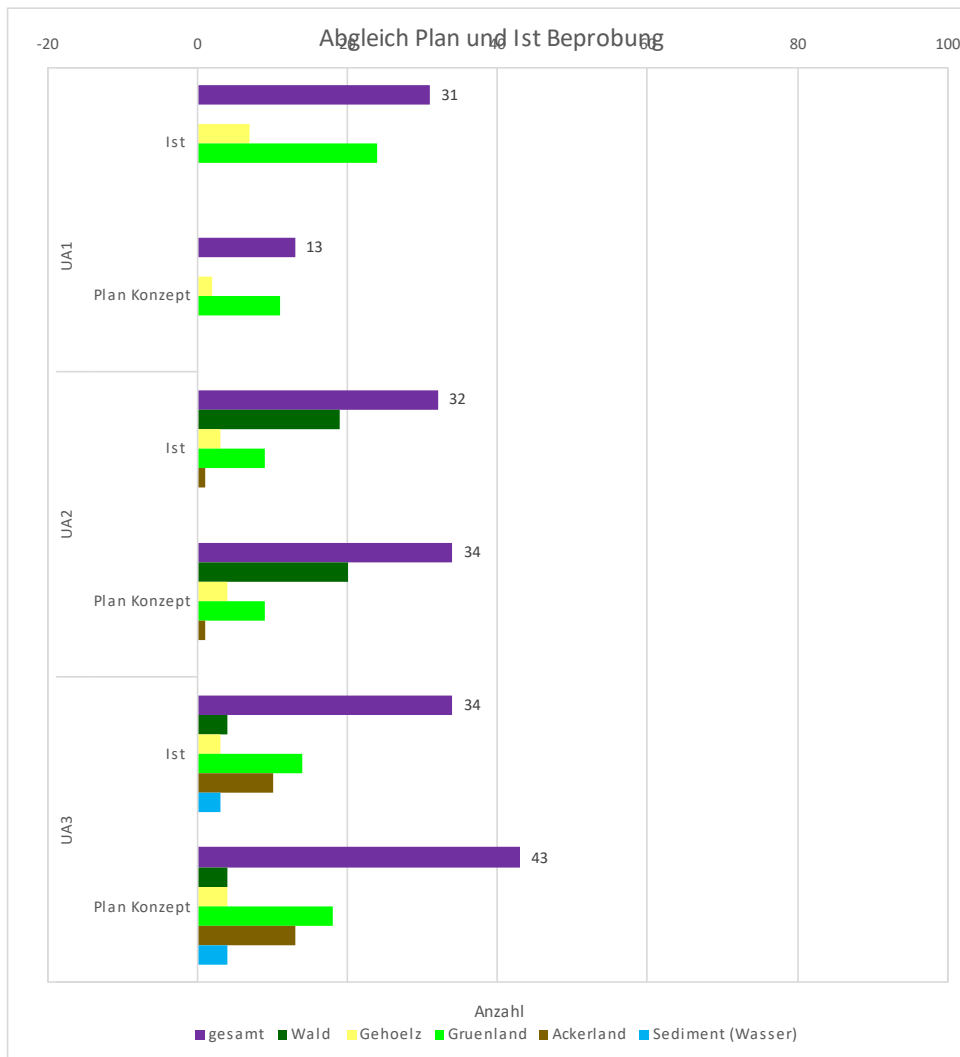


Abbildung 6.3: Abgleich Untersuchungen gemäß Untersuchungskonzept [28] und durchgeführten Beprobungen der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Einige Untersuchungspunkte konnten wegen fehlender Zustimmung der Eigentümer oder Bewirtschafter nicht beprobt werden. Insbesondere in den Untersuchungsabschnitten UA6 und UA7 konnte eine Vielzahl der Proben (insgesamt 44 Stk.) nicht im Winterhalbjahr bis Ende Februar 2024 genommen werden. Die Untersuchungspunkte, welche sich in Senken befinden, befanden sich nach dem Hochwasser unter einer Eis/Wasser-Schicht, sodass sie nicht erreichbar waren.

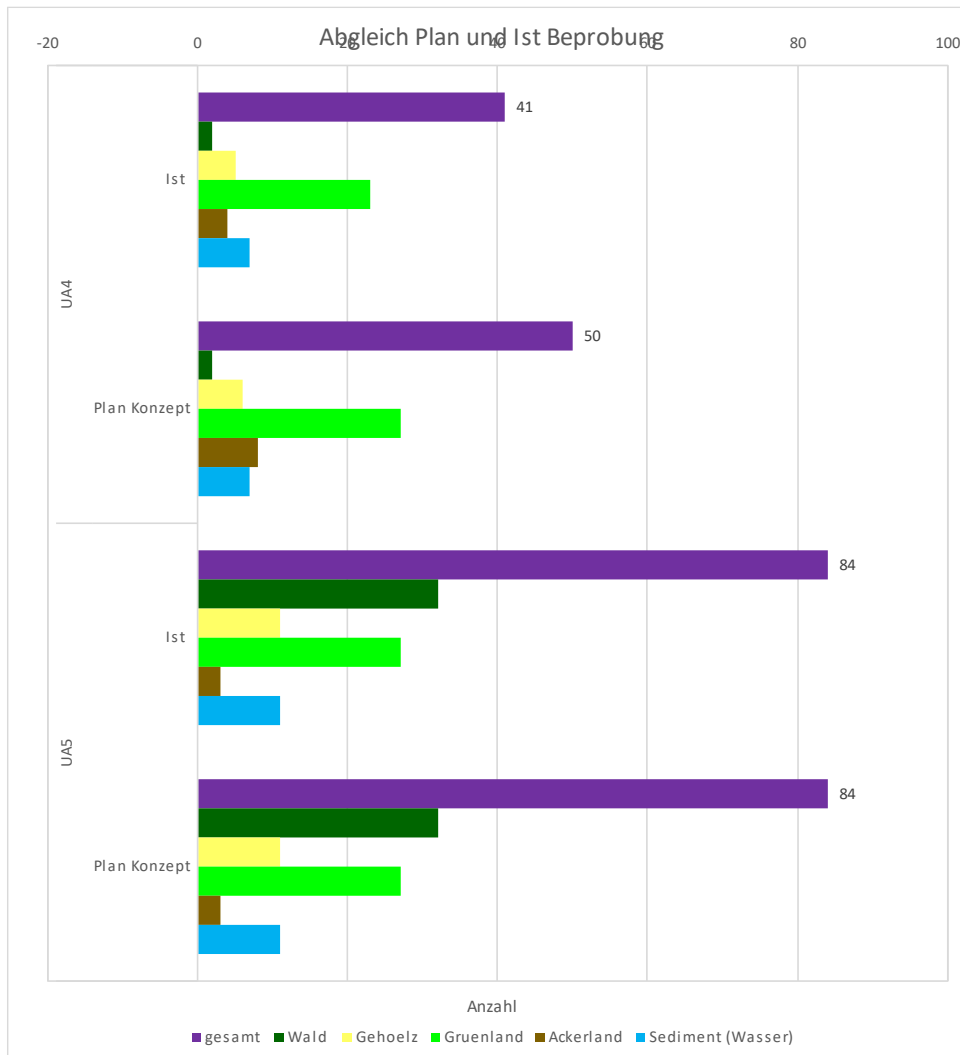


Abbildung 6.4: Abgleich Untersuchungen gemäß Untersuchungskonzept [28] und durchgeführten Beprobungen der Untersuchungsabschnitte UA4 und UA5

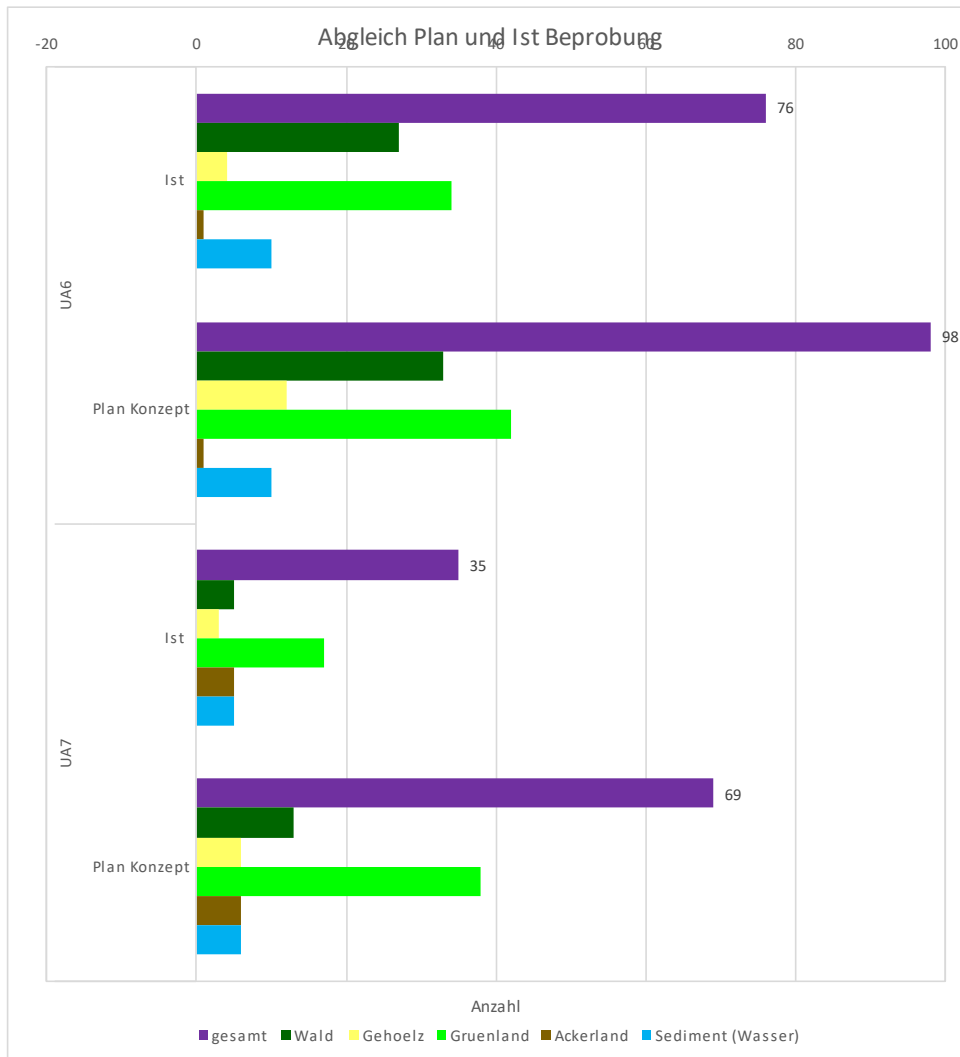


Abbildung 6.5: Abgleich Untersuchungen gemäß Untersuchungskonzept [28] und durchgeführten Beprobungen der Untersuchungsabschnitte UA6 und UA7

6.3 Vorlaufende Arbeiten

Da das Untersuchungskonzept der Muldeaue auftragsbedingt auf die Schadstoffgruppe HCH fokussierte, wurde in der Grundlagenermittlung überprüft, ob für weitere Parameter Untersuchungsergebnisse (Dioxine / Furane, Zinnorganika, Schwermetalle, DDX) für die Muldeaue vorliegen. Im Ergebnis wurden die Daten vom LAU aus dem Jahre 2020 herangezogen und mitausgewertet.

Aufgrund der möglichen Belastungen der Böden und Sedimente mit den standorttypischen Schadstoffen wurde im Rahmen der Vorbereitung der technischen Leistungen ein Arbeits- und Sicherheitsplan für die Probenahme im kontaminierten Bereich gemäß TRGS 524 erstellt.

Als Vorbereitung der technischen Leistungen wurden die Betretungs- und Nutzungserlaubnisse der Probenahmestandorte beschafft. Da im zum Untersuchungskonzept dazugehörigen GIS-Projekt die Flurstücke hinterlegt sind, konnten per Datenabfrage die Untersuchungspunkte den Flurstücken zugeordnet werden, so dass dann die Eigentümer und Pächter der Grundstücke angefragt und die Betretungs- und Nutzungserlaubnisse vorlaufend eingeholt werden konnten.

Für die betreffenden Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete wurden im Vorfeld Ausnahmegenehmigungen und Erlaubnisse für die Betretung, Befahrung sowie Beprobung eingeholt.

Eine Randbedingung für die Boden- und Sediment-Untersuchungen war, dass diese außerhalb der Brutzeit von Vögeln (z.B. Wachtelkönig) zwischen Oktober und Ende Februar durchgeführt werden mussten.

Des Weiteren waren Kampfmittelsondierungen im Kreis Dessau-Roßlau (UA5-UA7) sowie an ausgewählten Probenahmepunkten im Landkreis Anhalt-Bitterfeld durchzuführen. Die Kampfmittelauskunft wurde vorlaufend von der LAF angefragt. Die Schreiben des Landkreises Anhalt-Bitterfeld [18] und der Stadt Dessau [25] wurden bei der Festlegung der freizumessenden Untersuchungspunkten berücksichtigt. Dies hatte zur Folge, dass im Raum Dessau eine Vielzahl von Untersuchungspunkten vor Beprobung freigemessen werden mussten.

Die Kampfmittelsondierungen wurden von der Fa. FGGK Kampfmittelbergung GmbH & Co. KG durchgeführt. Gemäß Anlage 5 wurden 176 Erkundungspunkte auf einer Fläche von 2 m x 2 m bis in eine Tiefe von 2 m freigemessen. Es wurden keine Kampfmittel festgestellt.

6.4 Bodenuntersuchungen

6.4.1 Methodik

Die Untersuchungen wurden außerhalb der Vogelschutzzeiten im Februar 2023, im November 2023 sowie im Januar und Februar 2024 umgesetzt.

Die Bodenprobenahme wurde von der Fa. IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH im Auftrag der LAF durchgeführt. Die Proben wurden arbeitstäglich gekühlt an das Labor ANALYTIKUM Umweltlabor GmbH am Standort Merseburg gesendet.

Für die Bodenproben wurde gemäß Untersuchungskonzept [28] je Probenahmepunkt eine Mischprobe aus mindestens fünf Einstichen (Einzelprobe/Punktprobe) im Umkreis von 1 m um einen Probenahmepunkt gebildet und als homogenisierte Probe ins Labor gegeben.

Je Probenahme sollte eine Probenmasse von ca. 500 g in einem Schraubdeckelglas genommen werden. Da mit dem Pürckhauer Bohrstock für die oberste Schicht (0-10 cm u. GOK) mit 5 Einstichen nicht immer genug Probenvolumen zusammenkam, wurden bis zu 10 Einstiche abgeteuft und zu einer Mischprobe zusammengeführt (siehe Probenahmeprotokolle in Anlage 3).

Im Labor wurde die Trockensubstanz der Bodenproben bestimmt. Die Proben wurden entsprechend den auszuführenden Untersuchungen vorbehandelt, in Grob- und Feinfraktion (2mm) aufgetrennt und der Feinanteil homogenisiert. Extraktionen und Aufschlüsse für die Folgeanalytik wurden im Rahmen der Probenvorbehandlung durchgeführt.

Die jeweiligen analytischen Bestimmungen der Parameter HCH, Schwermetalle, DDX, Zinnorganika, Dioxine und Furane (PCDD/F) erfolgten für die Fraktion < 2mm (siehe Tabelle 6.3). Alle Proben wurden auf HCH, Schwermetalle und DDX untersucht. Bei ausgewählten Proben wurden zusätzlich Zinnorganika und PCDD/F analysiert. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die vorgegebene Anzahl der Analysen auf Zinnorganika und PCDD/F gleichmäßig über das gesamte Projektgebiet verteilt wurde. Es wurden auch Rückstellproben genommen, die vom Labor bei 4°C gelagert wurden. Für diese Proben wurden abhängig von den Ergebnissen aus den vorherigen Horizonten weitere Untersuchungen konzipiert.

Tabelle 6.3: Umfang Analytik Bodenproben

Parameter	Fraktion	Analytik
Trockenrückstand	< 2mm	
HCH		HCH-Isomere (alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH, epsilon-HCH)
Schwermetalle		Arsen, Blei, Cadmium, Chrom (ges.), Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink
DDX		DDT und Isomere (p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDD, o,p'-DDD, p,p'-DDE, o,p'-DDE)
Zinnorganika*		Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn, Tetrabutylzinn
PCDD/F*		Dioxine und Furane (2,3,7,8-chlorierte Dioxine und Furane)

* an ausgewählten Proben

6.4.2 Zielsetzung

Ziel der Bodenuntersuchungen stellte die Bestimmung der Schadstoffverteilung und -mengen, nutzungsbezogen in den Bodenhorizonten nach BBodSchV [4] dar. Das Einhalten beziehungsweise Überschreiten der nutzungsabhängigen Prüf- und Maßnahmenwerte nach BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze wurde überprüft, sodass Rückschlüsse auf das lokale Vorkommen von Schadstoffhotspots gezogen werden können. Mit Hilfe der Untersuchungen sollte ein Beitrag zur Untersuchung der Transport- und Remobilisierungsvorgänge geleistet werden.

6.4.3 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung erfolgt in Anlehnung an die Prüf- und Maßnahmenwerte für die verschiedenen Schadstoffe bezogen auf den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze nach BBodSchV (Tabelle 6.4). In der BBodSchV wird unterschieden, ob es sich um Acker- oder Grünland handelt. Da die meisten Grünlandflächen in der Muldeau nicht genutzt werden dürfen, hat das Überschreiten der Prüf- bzw. Maßnahmenwerts keinen unmittelbaren ordnungsrechtlichen Konsequenzen für diese Flächen.

Der Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze unterscheidet zwischen der Nutzung von Ackerlandflächen und Nutzgärten sowie Grünlandflächen. Des Weiteren gilt bei Grünland der 1,5-fache Prüf- bzw. Maßnahmenwert (Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze) bei einer Tiefe von 10-30 cm und 30-60 cm (siehe §15(1) Bewertung BBodSchV).

Die Prüf- und Maßnahmenwerte richten sich nach den Vorgaben der Anlage 2 Tabelle 6, 7 und 8 der BBodSchV, die Beprobungstiefen nach Anlage 3 Tabelle 3 der BBodSchV [4][2].

Tabelle 6.4: Prüf- und Maßnahmenwerte Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Acker- und Grünlandflächen nach BBodSchV [4] Tabelle 6 und 7

Stoff	Ackerland (0-30 cm)		Grünland (0-10 cm)	
	Prüfwert	Maßnahmenwert	Prüfwert	Maßnahmenwert
	[mg/kg TS]		[mg/kg TS]	
Arsen	200 (KW) / 0,4 (AN)		50 (KW)	
Blei	0,1 (AN)			1.200 (KW)
Cadmium		0,1 (AN)		20 (KW)
Kupfer	1 (AN)			1.300 (KW)
Nickel	1,5 (AN)			1.900 (KW)
Zink	2 (AN)			
Quecksilber	5 (KW)			2 (KW)
HCH, gesamt			0,05	
DDT	1			
			[ng TEQ/kg TS]	
PCDD/F			15	

Grünland (10 - 30 cm bzw. 30 – 60 cm): PW bzw. MW *1,5

KW Königswasseraufschluss

AN Aufschluss mit Ammoniumnitrat

Da die Bodenproben mit dem Königswasseraufschluss aufgeschlossen wurden, sind die Prüf- und Maßnahmenwerte mit dem Ammoniumnitrat aufschluss nicht anwendbar.

Für die Parametergruppe der Zinnorganika, für DDD und DDE gibt die BBodSchV keine Prüf- oder Maßnahmenwerte vor.

Um auch eine Einordnung der angetroffenen Schadstoffkonzentrationen für das gesamte Projektgebiet vornehmen zu können, werden in den Abschnitten „Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung“ die o.g. Prüf- und Maßnahmenwerte für alle Untersuchungspunkte unabhängig von der Nutzung herangezogen.

6.4.4 Auswertung weiterer Daten

Das LAU hat im Jahr 2020 an 100 Probenahmepunkten Bodenuntersuchungen in der Muldeae nach Einmündung des Spittelwassers (UA4 bis UA7) durchgeführt, um einen aktuellen Überblick über den Zustand der Muldeae zu erhalten. Hierbei wurden die Proben auf Flächen unterschiedlicher Nutzungen und unterschiedlicher Wassertiefen bei Hochwasser mit einem statistischen Ansatz verteilt. Der Untersuchungsansatz zielte darauf ab, einen Überblick auf die aktuelle Schadstoffsituation in der Muldeae verteilt zu erhalten. Die HCH-Daten wurden bei der Konzepterstellung [28] berücksichtigt.

Neben HCH wurden im Jahr 2020 u.a. auch Schwermetalle, DDX sowie Dioxine und Furane untersucht. Bei den Beprobungstiefen wurde sich nutzungsabhängig an der BBodSchV orientiert. Daher wurde die Beprobungstiefe auf Ackerlandflächen für den Tiefenbereich 0–30 cm festgelegt. Bei allen anderen Landnutzungsformen wurde in einer Tiefe von 0-10 cm im Hauptwurzelbereich untersucht.

Die Daten des LAU werden bei der Darstellung der Ergebnisse für die Beprobungstiefen 0-10 cm und 0-30 cm mit ausgewertet. Da zwischen den Untersuchungen des LAU und der LAF kein Hochwasserereignis lag, sind u.E. die Ergebnisse miteinander vergleichbar.

6.5 Sedimentuntersuchungen

Als Sediment sind in diesem Bericht die Gewässersedimente gemeint, die sich in Altarmen, Altwässern und Senken abgelagert haben. Dabei muss das Gewässer dauerhaft oder temporär vorhanden sein. Proben, die sich stichfest mit dem Pürckhauer Bohrstock aus ehemaligen Gewässerbereichen entnehmen ließen, wurden als Bodenprobe entnommen und definiert. Flusssedimente sind mit den hier untersuchten Sedimenten nicht gemeint, da lt. früherer Untersuchungen keine Feinsedimente im Flussbett vorhanden sind.

6.5.1 Zielsetzung

Ziel der Sedimentbeprobungen stellte die Bestimmung der Schadstoffverteilung und -mengen dar. Das Einhalten beziehungsweise Überschreiten festgelegter Schwellenwerte sollte überprüft werden, so dass Rückschlüsse auf das lokale Vorkommen von Schadstoffhotspots gezogen werden können. Mit Hilfe der Untersuchungen sollte ein Beitrag zum Verständnis der Transport- und Remobilisierungsvorgänge geleistet werden.

6.5.2 Methodik

Die Sedimentprobenahme wurde von der Fa. IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH im Auftrag der LAF durchgeführt. Die Proben wurden arbeitstäglich, gekühlt an das Labor ANALYTIKUM Umweltlabor GmbH am Standort Merseburg gesendet.

Die Probenahme wurde mit einem Sediment Corer (siehe Abbildung 6.6 und Abbildung 6.7) entsprechend der angesprochenen Schichten durchgeführt. Abweichend vom Untersuchungskonzept [28] wurden die Proben nicht äquivalent den Bodenproben in den Tiefen 0-10 cm, 10-30 cm und 30-60 cm entnommen, sondern entsprechend der Schichtung und mit „Tiefe 1“ (oberste Schicht) bis „Tiefe 3“ (unterste Schicht) benannt. Es sollte damit vermieden werden, dass Mischproben aus verschiedenen Sedimentschichten untersucht werden, die ggf. aus unterschiedlichen Hochwasserereignissen stammen. In der Anlage 2.2 sind die unterschiedlichen Probenahmetiefen aufgelistet.

Die Proben wurde in PE-Eimer abgefüllt und arbeitstäglich gekühlt an das Labor ANALYTIKUM Umweltlabor GmbH am Standort Merseburg gesendet.



Abbildung 6.6: Eingesetzter Sediment Corer



Abbildung 6.7: Schichtenweise Sedimentprobenahme

Bei den Sedimentproben wurden vom Labor die Anforderungen des LAWA-AO Arbeitspapier IV.4 (Rakon-Papier) (Anlage A) und des BfG-Methodenpapiers (C) berücksichtigt.

Für die Untersuchung sedimentologischer Proben wurde der Trockenrückstand der genommenen Proben sowie der Anteil der Feinkornfraktion ($< 63 \mu\text{m}$) an der Gesamtprobe ($< 2 \text{ mm}$) bestimmt.

Der nach Abtrennung der Fraktion $< 2 \text{ mm}$ zurückgebliebene Anteil wurde als Gesamtprobe definiert. Die Analytik erfolgte nach folgendem Schema:

- Bei einem Gewichtsanteil der Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ größer als 80 %: Analytik gemäß DIN 38414 S24 an der Gesamtprobe ($< 2 \text{ mm}$)
- Bei einem Gewichtsanteil der Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ zwischen 20 % bis 80 %: Analytik gemäß DIN 38414 S24 an der Gesamtprobe ($< 2 \text{ mm}$) und rechnerische Korrektur des Ergebnisses auf die Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ gemäß LAWA-AO Arbeitspapier IV.4 (Rakon Papier, Anlage B)
- Bei einem Gewichtsanteil der Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ von weniger als 20 % an der Gesamtprobe ($< 2 \text{ mm}$): Analytik gemäß DIN 38414 S24 an Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ + organisches Material der Gesamtprobe ($< 2 \text{ mm}$); Gewinnung der Einzelfractionen nach Anlage C

Die analysierten Parameter sind in Tabelle 6.5 dargestellt. Die Proben wurden vom Labor bei 4 °C gelagert. Alle Proben wurden auf HCH, Schwermetalle und DDX untersucht. Bei ausgewählten Proben wurden zusätzlich Zinnorganik, PCDD/F und PCB analysiert, da eine ähnliche Schadstoffverteilung wie bei den anderen persistenten organischen Schadstoffe vermutet wurde. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die maximale Anzahl der Analysen über das Projektgebiet verteilt wurde.

Tabelle 6.5: Analytik Sedimentproben

Parameter	Fraktion	Analytik
TOC	< 2mm bzw.	
Glühverlust	< 63 µm & organischer Substanz (<63 µm-Fraktion < 20%)	
HCH		HCH-Isomere (alpha-, beta-, gamma-, delta-, epsilon-HCH)
Schwermetalle		Arsen, Blei, Cadmium, Chrom (ges.), Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink
DDX		DDT und Isomere (p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDD, o,p'-DDD, p,p'-DDE, o,p'-DDE)
Zinnorganika		Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn, Tetrabutylzinn
PCDD/F		Dioxine und Furane (2,3,7,8-chlorierte Dioxine und Furane)
PCB		dioxinähnliche PCB (PCB-77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189; als TEQ)

6.5.3 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung der detektierten Schadstoffkonzentrationen orientiert sich an den festgelegten Schwellenwerten des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe [9]. Den Bewertungen zu Grunde liegt die Einordnung bezüglich unterem und oberem Schwellenwert.

Tabelle 6.6: Bewertung der Parameter von Sedimentproben

Parameter	Einheit	Unterer Schwellenwert	Schwellenbereich	Oberer Schwellenwert
alpha - HCH	mg/kg	0,0005 [9]	0,0005-0,0015	0,0015 [1]
beta - HCH	mg/kg			0,005 [23]
gamma - HCH	mg/kg	0,0005 [9]	0,0005-0,0015	0,0015 [1]
Arsen	mg/kg	7,9 [9]	7,9-40	40 [19]
Blei	mg/kg	25 [9]	25-53	53 [22]
Cadmium	mg/kg	0,22 [9]	0,22-2,3	2,3 [22]
Chrom gesamt	mg/kg	26 [9]	26-640	640 [19]
Kupfer	mg/kg	14 [9]	14-160	160 [19]
Nickel	mg/kg			3 [22]
Quecksilber	mg/kg	0,15 [9]	0,15-0,47	0,47 [22]
Zink	mg/kg	200 [9]	200-800	800 [19]
p,p'-DDD	mg/kg	0,00006 [9]	0,00006-0,0032	0,0032 [5]
p,p'-DDE	mg/kg	0,00031 [9]	0,00031-0,0068	0,0068 [5]
p,p'-DDT	mg/kg	0,001 [9]	0,001-0,003	0,003 [1]
Tributylzinn	mg/kg			0,00002 [22]
Dioxine/Furane	ng TEQ/kg	5 [9]	5-20	20 [7]

Weiterhin wurden bei der Bewertung die erhöhten Hintergrundbelastungen der Sedimente der Elbe und Mulde aufgrund des erhaltigen Gesteins sowie aufgrund von Halden- und Hüttenanlagen nach [21] und [11] berücksichtigt (Tabelle 6.7).

Tabelle 6.7: Hintergrundwerte für die Sedimente der Elbe und Mulde (Fraktion <20 µm) [21] [11]

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	U	Zn
	mg/kg								
Elbe gesamt	24	0,4	19	117	32	53	29	6,5	150
Freiberger Mulde	42	1,1	16	53	26	30	100	3,1	170
Zwickauer Mulde	24	0,3	11	39	30	34	44	4,2	110
Vereinigte Mulde	46	0,8	12	50	34	39	43	7,0	260

7 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

7.1 Ist-Stand-Analyse

In der Anlage 1.1ff bis Anlage 1.6ff sind die Ergebnisse kartographisch dargestellt.

Zunächst finden sich in den Anlagen 1.1.1. bis 1.6.1 für jeden Untersuchungsabschnitt Übersichtskarten wieder. Auf diesen werden u.a. die beprobten Untersuchungspunkte sowie die Zuordnung der Untersuchungspunkte zu den Nutzungen sowie Feldblöcken dargestellt. Da die Untersuchungspunkte anhand eines hydrologischen Modells zu Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten ausgewählt wurden, um Hotspots in Senken und Mulden zu finden, finden sich in den Übersichtskarten auch die Verschneidungen der Geschwindigkeiten mit der Wassertiefe nach Hochwasserrückgang wieder.

In den weiteren Lageplänen werden die Ergebnisse nach Parameter je Untersuchungsabschnitt gegliedert. In den Anlagen 1.1.2 bis 1.6.7 sind dann die Ergebnisse nach Untersuchungstiefen (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm und 0-30 cm) gestaffelt dargestellt. Für die Probenahmetiefen 0-10 cm bzw. 0-30 cm wurden ergänzend auch die Ergebnisse des LAU aus dem Jahr 2020 mit ausgewertet.

Auf der ersten Seite der Lagepläne werden i.d.R. zunächst die Ergebnisse anhand ordnungrechtlicher Werte (z.B. Prüfwert bzw. Maßnahmenwert BBodSchV) unabhängig von der Nutzung farblich visualisiert. In den tabellarischen Zusammenstellungen der Anlage 2.1 und Anlage 2.2 erfolgt die Visualisierung nutzungsbezogen in Anlehnung an die BBodSchV. Auf der ersten Seite der Lagepläne findet sich i.d.R. eine Darstellung der Zusammensetzung der Einzelparameter in Form von Kreisdiagrammen. Für Dioxine, Furane und PCB wurde diese Darstellung nicht gewählt, da die Einzelparameter unterschiedliche Toxizität aufweisen. Hier ist die ermittelte Summenkonzentration in Toxizitätsäquivalenten (TEQ) aussagekräftiger.

Auf der zweiten Seite der Lagepläne der Anlagen 1.1.2 bis 1.6.7 erfolgt die Visualisierung der Ergebnisse gestaffelt anhand von Konzentrationsniveaus für die unterschiedlichen Entnahmetiefen. Diese Lagepläne dienen dazu, um Hotspots in der Mulde zu finden bzw. die Verteilung des untersuchten Parameters in der Mulde besser zu visualisieren. Um eine Einordnung der angetroffenen Schadstoffkonzentrationen für das gesamte Projektgebiet vornehmen zu können, werden auch die Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV für alle Untersuchungspunkte unabhängig von der Nutzung herangezogen.

7.1.1 Hexachlorcyclohexan (HCH)

Mit Hilfe der Lagepläne (siehe Anlage 1.1.2 bis Anlage 1.6.2) erfolgt die Darstellung der Analysenergebnisse nach Über- bzw. Unterschreitung der genannten Prüfwerte sowie nach dem Größenbereich in dem sich die ermittelten Konzentrationen bewegen. Weiterhin wurde der Anteil der HCH-Isomere (Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta-, Epsilon-HCH) für die Bodenproben 0-10 cm und Sedimentproben der Tiefe 1 (oberste Sedimentschicht), bei denen HCH oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen wurden, dargestellt.

7.1.1.1 Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Der Prüfwert nach BBodSchV [4] für HCH-Gesamt liegt, wie in Tabelle 6.4 Seite 65 aufgelistet, bei 0,05 mg/kg TS für die Tiefe 0-10 cm bei Grünlandflächen (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). Für die Entnahmetiefe 10-30 cm gilt der 1,5-fache Prüfwert (siehe Abschnitt 6.5.3), d.h. 0,075 mg/kg TS.

In der folgenden Tabelle sind die festgestellten Prüfwertüberschreitungen für Summe HCH im Grünland zusammengefasst. Es ist festzustellen, dass in allen Untersuchungsabschnitten der Muldeae auf den Grünlandflächen eine Prüfwertüberschreitung für Summe HCH in den Beprobungstiefen 0-10 cm sowie 10-30 cm vorliegt. Eine Ausnahme besteht im Salegaster Forst (UA2). Hier sind wenig Grünlandflächen vorhanden. Auch im Untersuchungsabschnitt UA7 wurden sehr wenige Überschreitungen festgestellt. Hier ist allerdings anzumerken, dass 21 Untersuchungspunkte im Grünland aufgrund fehlender Betreuungserlaubnisse oder witterungsbedingt nicht untersucht werden konnten (siehe Anlage 1.6.1).

Tabelle 7.1: Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Summe HCH¹⁵ im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Grünland	Überschreitung Prüfwert
UA1	0-10 cm	24	9
	10-30 cm	24	9
	30-60 cm	6	6
UA2	0-10 cm	8	1
	10-30 cm	8	-
	30-60 cm	-	-
UA3	0-10 cm	14	10
	10-30 cm	14	9
	30-60 cm	3	3
UA4	0-10 cm	24	15
	10-30 cm	23	11
	30-60 cm	2	1
UA5	0-10 cm	27	17
	10-30 cm	27	15
	30-60 cm	4	3
UA6	0-10 cm	34	12
	10-30 cm	34	10
	30-60 cm	2	1
UA7	0-10 cm	16	1
	10-30 cm	16	1
	30-60 cm	1	-

7.1.1.2 Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

Die höchsten HCH-Konzentrationen bis zu 165,8 mg/kg TS werden im Untersuchungsabschnitt UA3 in der Spittelwasseraue festgestellt (siehe Abbildung 7.1 sowie Anlage 1.2.2). Der Salegaster Forst (UA2) ist nicht belastet (siehe auch Anlage 1.1.2). Es wird im Untersuchungsabschnitt UA2 nur an vier Untersuchungspunkten HCH > 0,05 mg/kg TS nachgewiesen, welche vornehmlich direkt an den Untersuchungsabschnitt UA1 der Muldewiesen angrenzen oder bereits zu den Muldewiesen gehören. In den Muldewiesen sind punktuell höhere HCH-Konzentrationen bis zu 6,48 mg/kg TS (UA1) festgestellt worden.

¹⁵ Prüfwerte: 0,05 mg/kg TS für die Tiefe 0-10 cm; 0,075 mg/kg TS für die Tiefen 10-30 cm und 30-60 cm

Im weiteren Verlauf der Muldeae werden HCH-Konzentrationen $> 0,05$ mg/kg TS im Boden vornehmlich entlang der Mulde angetroffen (siehe Abbildung 7.3 sowie Anlage 1.4.2, Anlage 1.5.2 und Anlage 1.6.2). Eine Ausnahme besteht bei dem Altwasser östlich von Schierau.

Die folgende Abbildung gibt einen Ausschnitt der HCH-Belastung in den ersten 10 cm in den Untersuchungsabschnitt UA1 bis UA3 wieder.

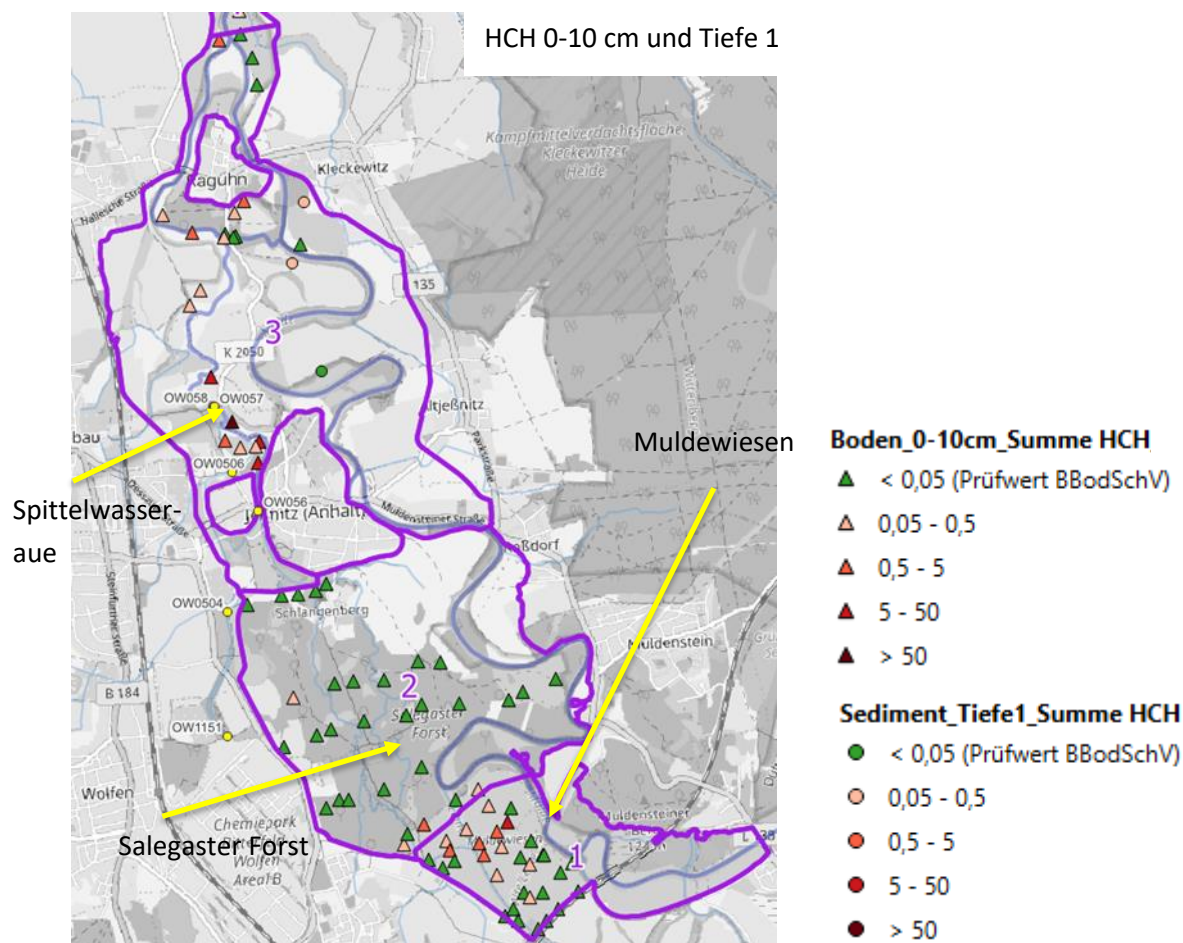


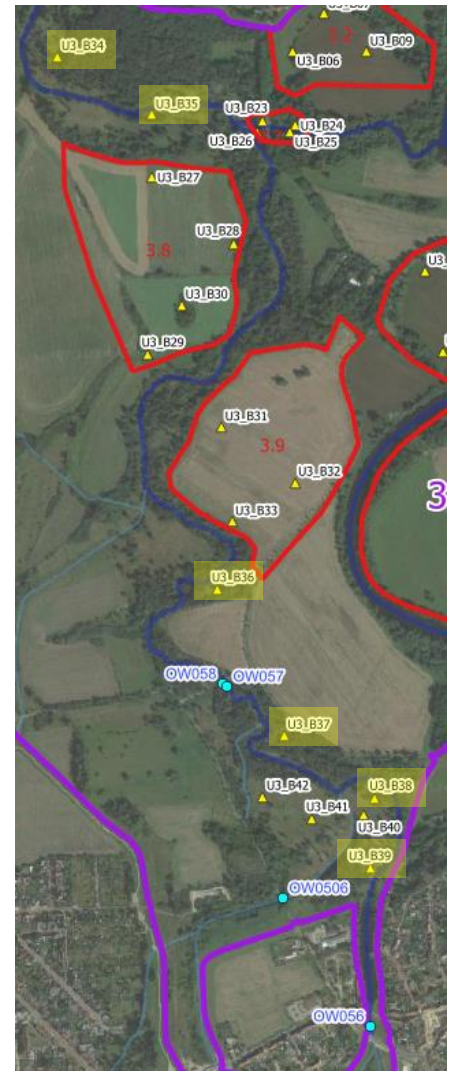
Abbildung 7.1: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Im Folgenden wird auf die HCH-Konzentrationen in den einzelnen Untersuchungsabschnitten eingegangen, wobei mit dem Belastungsschwerpunkt in der Spittelwasseraue (UA3) begonnen wird.

Die Tabelle 7.2 stellt die Untersuchungsergebnisse in der Spittelwasseraue tabellarisch dar. An 6 Untersuchungspunkten, die bereits 2013 vor dem Hochwasser (Sommer 2013) im Rahmen der Spittelwasserstudie [29] untersucht wurden, wurden im Februar 2023 erneut Proben aus Vergleichbarkeitsgründen auch in den ersten 30 cm genommen.

Tabelle 7.2: Vergleich der HCH-Konzentrationen in den 2013 hochbelasteten Messpunkten entlang der Spittelwasseraue

Untersuchungspunkte	beprobte Tiefe	Summe HCH 2013 (vor Hochwasser) [mg/kg TS]	Summe HCH Feb 2023 [mg/kg TS]	Summe HCH Feb 2024 (nach Hochwasser) [mg/kg TS]
U3_B34	0-30	127,04	0,22	-
U3_B34	0-10	-	0,32	-
U3_B34	10-30	-	0,53	-
U3_B34	30-60	-	-	-
U3_B35	0-30	113,84	12,8	8,51
U3_B35	0-10	-	2,16	3,81
U3_B35	10-30	-	10,2	4,08
U3_B35	30-60	-	106,2	-
U3_B36	0-30	100,65	165,8	85,2
U3_B36	0-10	-	6	8,71
U3_B36	10-30	-	39,6 ¹⁶	129,1
U3_B36	30-60	-	22,6	-
U3_B37	0-30	229,35	62,9	118,9
U3_B37	0-10	-	104,7	10,91
U3_B37	10-30	-	66,8	220,6
U3_B37	30-60	-	3,87	-
U3_B38	0-30	409,60	92	66,8
U3_B38	0-10	-	48,4	14,0
U3_B38	10-30	-	119,6	43,7
U3_B38	30-60	-	3,52	-
U3_B39	0-30	147,05	0,91 ¹⁶	1,30
U3_B39	0-10	-	5,6	0,45
U3_B39	10-30	-	30,1	-
U3_B39	30-60	-	2,07	-



blau: Oberflächenwassermessstelle OW...

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2013 wurden damals für die Kalibrierung der gammaspektrometrischen Untersuchungen verwendet. Da diese Untersuchungen 10 Jahre zurück liegen und im Sommer 2013 sich ein Hochwasser ereignete, sollte überprüft werden, ob sich die Belastungen in gleicher Größenordnung wie damals wiederfinden lassen.

Außer bei der U3_B36 wurden i.d.R. geringere HCH-Konzentrationen in den ersten 30 cm im Jahr 2023 als im Jahr 2013 nachgewiesen. Im Februar 2023 wurden an dem Untersuchungspunkt bis zu

¹⁶ Wert unplausibel

165,8 mg/kg TS Summe HCH (U3_B36 0-30 cm) festgestellt. Im Jahr 2013 wurde an dieser Stelle 100,65 mg/kg TS Summe HCH nachgewiesen, was ungefähr der gleichen Größenordnung entspricht. Weitaus höhere HCH-Konzentrationen wurde 2013 an der U3_B38 (409,6 mg/kg TS) analysiert. Diese hohe HCH-Konzentration wurde bei den Untersuchungen im Jahr 2023 und 2024 (ca. 92-67 mg/kg TS) nicht wiedergefunden.

Somit ist festzustellen, dass z.B. für die Summe HCH die Konzentrationen im Boden (0-30 cm) an den Wiederholungs-Untersuchungsstellen in der Spittelwasseraue i.d.R. gesunken ist. Lediglich an einem Untersuchungspunkt ist die HCH-Konzentration im Boden in den ersten 30 cm seit 2013 um 65 % (U3_B36) angestiegen (siehe Tabelle 7.2). Dieser Untersuchungspunkt liegt unterstromig von den im Jahr 2013 stark belasteten Untersuchungspunkten U3_B37 und U3_B38, deren Konzentration in den ersten 30 cm seit dem Jahr 2013 stark gefallen ist. Wenn allerdings die HCH-Konzentrationen in der U3_B36 in den ersten 10 cm mit darunterliegenden Schicht verglichen werden, stellt man fest, dass die ersten 10 cm wesentlich geringer mit HCH belastet ist.

Auch bei der U3_B34, welche am nördlichsten von den 7 Wiederholungs-Untersuchungspunkten liegt, wurden nur ca. 0,2 % der HCH-Konzentration aus dem Jahr 2013 wiedergefunden. Die U3_B35, welcher auf der gegenüberliegenden Seite des Spittelwassers liegt, weist im Jahr 2023 nur noch ca. 10 % der Konzentration aus dem 2013 auf. In der Aue zwischen Schachtgrabenzufluss und Spittelwasser (U3_B39) wurde auch nur noch ca. 0,7 % der HCH-Konzentration aus dem Jahr 2013 wiedergefunden.

I.d.R. sind die HCH-Konzentrationen in den ersten 10 cm geringer als in der darunterliegenden Schicht (10-30 cm). Die vertikale Verteilung im Boden der U3_B38 legt die Vermutung nahe, dass der im Jahr 2013 festgestellte HCH-belastete Boden in den ersten 30 cm nicht nur von weniger belasteten Material überdeckt, sondern auch mobilisiert wurde. Die vertikale Verteilung der HCH in der U3_B37 weist daraufhin, dass eine Verlagerung des Schadstoffdepots in der Tiefe durch Überdeckung mit neuem Material durch ein Hochwasser möglich ist.

Die gammaspektrometrischen Untersuchungen im Jahr 2013 wurden entlang der Spittelwasseraue durchgeführt. Im Februar 2023 wurde der Boden in den Untersuchungszone UZ3.8 und UZ3.9 auf den Grünland – und Ackerlandflächen beprobt, die in der Spittelwasserstudie nicht untersucht wurden. Die beiden Untersuchungszone sind nicht so stark mit HCH kontaminiert wie die an der Spittelwasseraue direkt angrenzenden Flächen (siehe Anlage 1.2.2). Der Prüfwert für HCH im Grünland wird in der UZ3.8 maximal mit einer 10er Potenz überschritten. Im Umfeld der beiden Untersuchungspunkte war zum Zeitpunkt der Probenahme keine Nutzung zu erkennen. Die beiden Untersuchungspunkte auf dem Ackerlandfläche der UZ3.8 waren hingegen nicht mit HCH belastet. Auf dem Ackerland der UZ3.9 werden leicht erhöhte HCH-Konzentrationen größer 0,05 mg/kg TS nachgewiesen.

An einigen Stellen in der Spittelwasseraue wurden auch Proben aus der 30-60 cm Bodenschicht entnommen. Es wurden dort noch HCH-Belastungen von 2-3 Potenzen oberhalb des Prüfwertes für HCH (0,05 mg/kg TS) im Grünland festgestellt.

Im Folgenden wird die HCH-Konzentrationsverteilung im Untersuchungsabschnitt UA1 beschrieben, da hier nach der Spittelwasseraue die höchsten Konzentrationen festgestellt wurden.

Es sind hohe HCH-Konzentrationen bis zu 6,48 mg/kg TS in den Muldewiesen (UA1) festgestellt worden (siehe Abbildung 7.2 sowie Anlage 1.1.2). Die punktuellen HCH-Belastungen in den Muldewiesen werden i.d.R. bis in die 30-60 cm Schicht angetroffen.

Die höchsten Konzentrationen in den Muldewiesen befinden sich in Gräben und Rinnen, die in der Vergangenheit mit Wasser durchflossen waren.

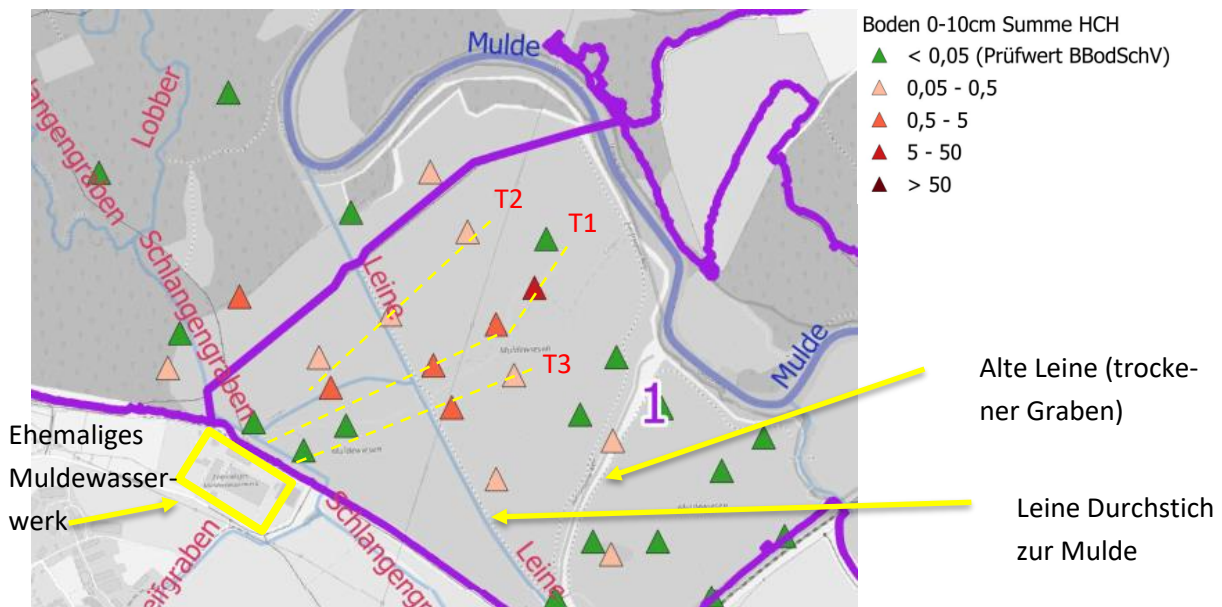
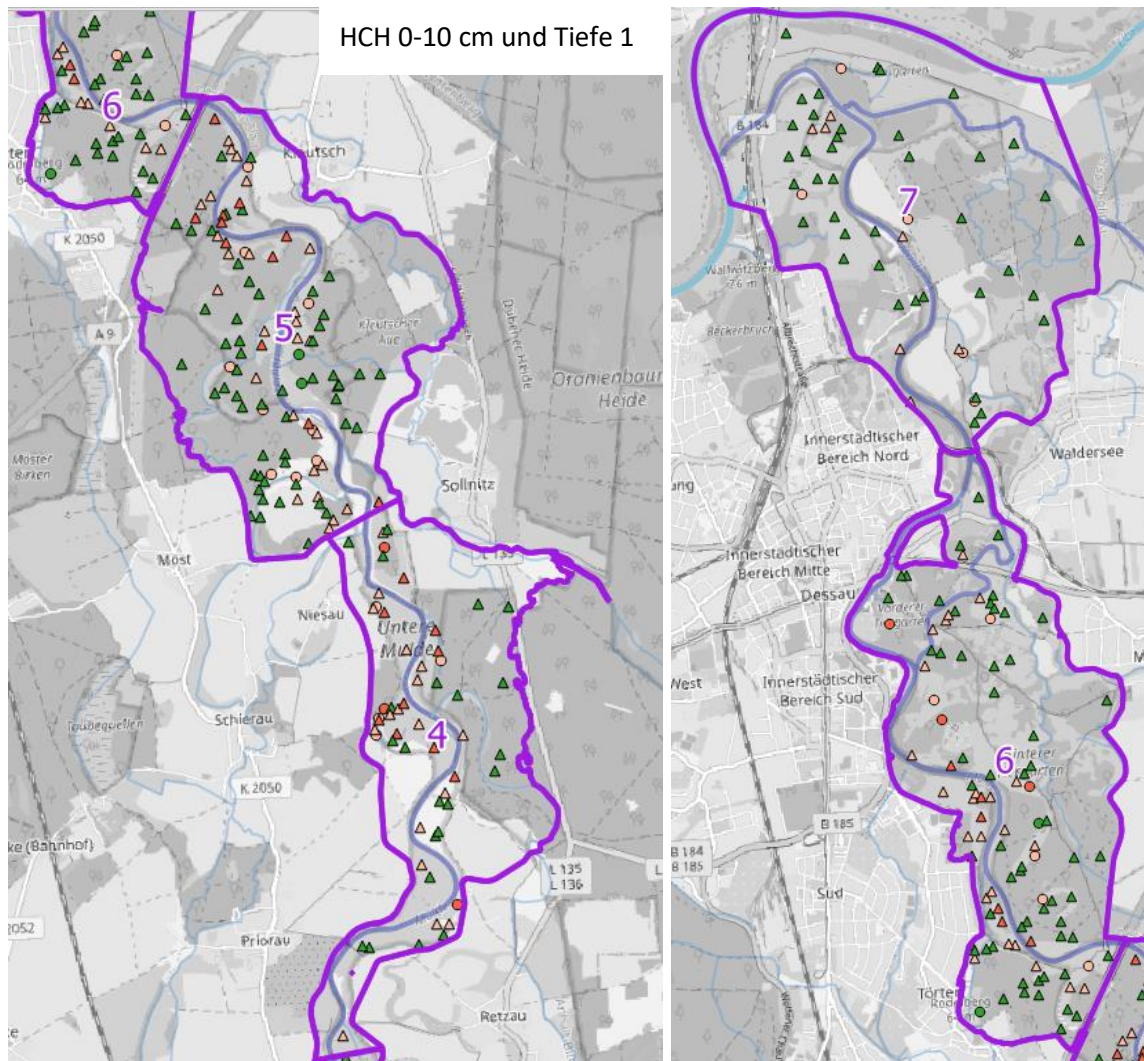


Abbildung 7.2: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm im Untersuchungsabschnitte UA1 (Muldewiesen) und randlich UA2 (Salegaster Forst)

Wie in Abbildung 7.2 dargestellt, sind die höchsten Konzentrationen auf dem Transekt T1 entlang der Rinnenstruktur festzustellen.

Im weiteren Verlauf der Muldeae werden HCH-Konzentrationen > 0,05 mg/kg TS im Boden vornehmlich entlang der Mulde angetroffen (siehe Abbildung 7.3 sowie Anlage 1.4.2, Anlage 1.5.2 und Anlage 1.6.2). Die Abbildung 7.3 zeigt, dass im Untersuchungsabschnitt UA7 weniger HCH-Belastungen vorliegen, auch wenn nur ca. die Hälfte der geplanten Untersuchungspunkte beprobt werden konnten.



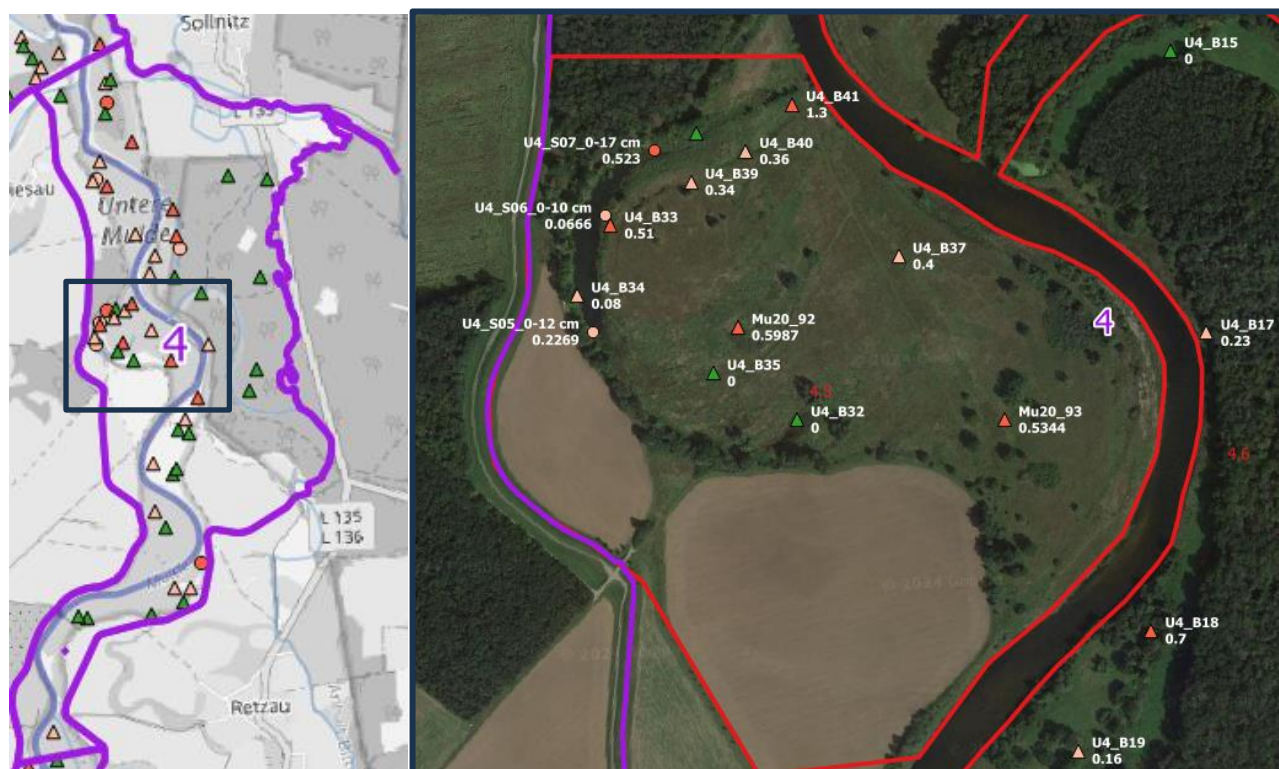
Sediment_Tiefe1_Summe HCH	Boden_0-10cm_Summe HCH
● < 0,05 (Prüfwert BBodSchV)	▲ < 0,05 (Prüfwert BBodSchV)
○ 0,05 - 0,5	△ 0,05 - 0,5
● 0,5 - 5	▲ 0,5 - 5
● 5 - 50	▲ 5 - 50
● > 50	▲ > 50

Abbildung 7.3: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)¹⁷

Da in Abbildung 7.3 auch die Ergebnisse des LAU aus dem Jahr 2020 mit dargestellt sind, welche ihre Untersuchungspunkte statistisch auf die gesamte Fläche Muldeau verteilt hat, wird deutlich, dass auch in den Randbereichen der Muldeau keine wesentlichen HCH-Belastungen vorhanden sind. Somit finden sich die HCH-Belastungen vornehmlich entlang der Mulde.

¹⁷ Daten vom LAU aus dem Jahr 2020 mit dargestellt

Lediglich östlich von Schierau (Untersuchungszone UZ 4.5) sind im Altwasser auch HCH im Sediment und im Boden verteilt anzutreffen (siehe Abbildung 7.4). Bei den Altwässern nördlich von Niesau (UZ 5.6) und östlich von Törten (UZ 6.8) ist dies nicht der Fall.



Sediment_Tiefe1_Summe HCH	Boden_0-10cm_Summe HCH
● < 0,05 (Prüfwert BBodSchV)	▲ < 0,05 (Prüfwert BBodSchV)
○ 0,05 - 0,5	△ 0,05 - 0,5
● 0,5 - 5	▲ 0,5 - 5
● 5 - 50	▲ 5 - 50
● > 50	▲ > 50

Abbildung 7.4: HCH-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungszone UA4.5 (Altwasser östlich von Schierau)

Die höchsten HCH-Konzentrationen im Untersuchungsabschnitt UA4 liegen bei 2,46 mg/kg TS (U4_B06, 10-30 cm). Es gibt nur wenige Untersuchungspunkte (5 Stk. inkl. 2 Stk. vom LAU) im UA4 die eine HCH-Konzentration > 1 mg/kg TS aufweisen. Auch in den Untersuchungsabschnitten UA5 und UA6 verhält es sich ähnlich. Es ist keine signifikante Konzentrationsänderung mit steigender Tiefe im Boden nachweisbar.

Für die Einzelparameter alpha-HCH, beta-HCH und gamma-HCH wurden im Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe [9] obere und untere Schwellenwerte fürs Sediment festgelegt (siehe auch Tabelle 6.6). In Anlage 2.2 sind die Ergebnisse im Sediment anhand der Schwellenwerte ausgewertet worden.

Aufgrund der Bestimmungsgrenze ($<0,001 \text{ mg/kg TS}$) kann der untere Schwellenwert ($0,0005 \text{ mg/kg TS}$) für alpha- und gamma-HCH zur Auswertung nicht herangezogen werden. Die oberen Schwellenwerte sind im Vergleich zum Prüfwert nach BBodSchV für Grünland ($0,05 \text{ mg/kg TS}$) viel geringer (alpha-/gamma HCH: $0,0015 \text{ mg/kg TS}$; beta-HCH: $0,005 \text{ mg/kg TS}$). Anhand der oberen Schwellenwerte sind fast alle Sedimente, als HCH belastet zu bewerten. Die oberen Schwellenwerte werden bis zu einem Faktor von ca. 1.000 für alpha-HCH und von ca. 20 für gamma-HCH überschritten.

Wie weiter oben beschrieben liegt der Belastungsschwerpunkt in der Spittelwasseraue. Der Belastung im Boden der Spittelwasseraue setzt sich hauptsächlich aus Isomer beta-HCH mit geringen Anteilen an alpha- und delta-HCH zusammen (siehe Abbildung 7.5).

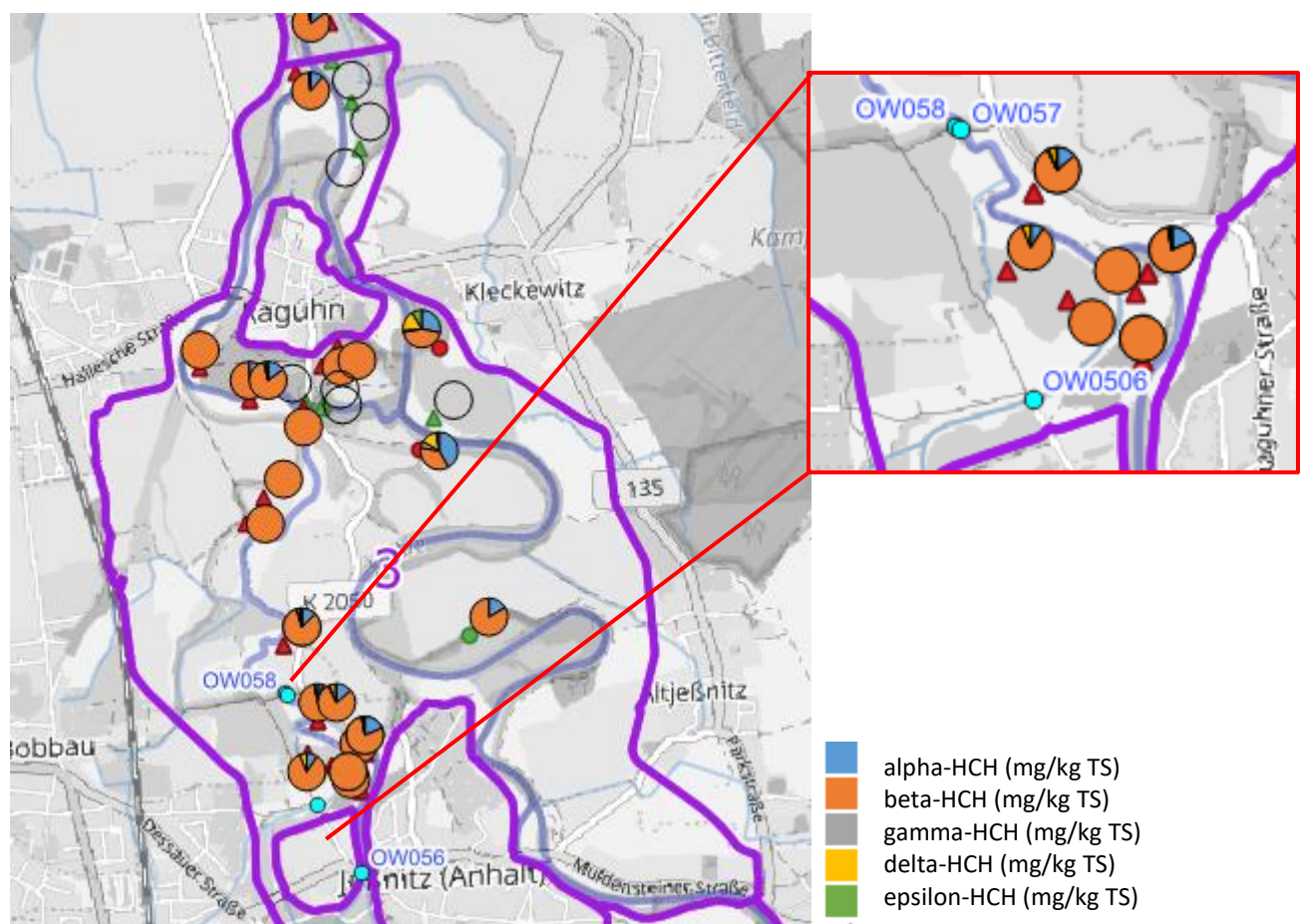


Abbildung 7.5: Zusammensetzung der HCH im Boden und Sediment im Untersuchungsabschnitt UA3

Die HCH-Zusammensetzung entspricht somit eher der Zusammensetzung des Wassers an der OW056 im Oberstrom des Spittelwassers (vergleiche Abbildung 5.9, Seite 32 mit Abbildung 7.5, Seite 81), welcher beta-HCH dominiert ist. Die Zusammensetzung im Wasser in der nach Einmündung des Schachtgrabens liegenden OW057 im Spittelwasser ist völlig anders. Die Anteile an alpha- und delta-HCH steigen stark an. Der Anteil an beta-HCH nimmt entsprechend stark ab.

7.1.2 Schwermetalle

Mit Hilfe der Lagepläne für Arsen (Anlage 1.1.3 bis Anlage 1.6.3) und Quecksilber (Anlage 1.1.4 bis Anlage 1.6.4) erfolgt die Darstellung der Ergebnisse nach Über- bzw. Unterschreitung der in Abschnitt 6.4.3 genannten Prüfwerte sowie nach dem Größenbereich in dem sich die Konzentrationen für Arsen und Quecksilber bewegen. Weiterhin wurde die Schwermetall-Zusammensetzung für die Bodenproben 0-10 cm und Sedimentproben der Tiefe 1 (oberste Sedimentschicht) in den Lageplänen dargestellt.

7.1.2.1 Arsen

7.1.2.1.1. Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV

Der Prüfwert nach BBodSchV [4] für Arsen liegt, wie in Tabelle 6.4 Seite 65 aufgelistet, bei 50 mg/kg TS für die Tiefe 0-10 cm bei Grünlandflächen (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). Für die Entnahmetiefe 10-30 cm gilt der 1,5-fache Prüfwert, d.h. 75 mg/kg TS (siehe Abschnitt 6.4.3). Für Ackerlandflächen liegt der Prüfwert bei 200 mg/kg TS für die Beprobungstiefe von 0-30 cm (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). Für Sedimente existiert in der OGewV für Arsen die Umweltqualitätsnorm (UQN) von 40 mg/kg TS.

In der Tabelle 7.3 sind die festgestellten Prüfwertüberschreitungen für Arsen im Grünland zusammengefasst. Die Tabelle zeigt, dass in den Untersuchungsabschnitten UA1 (Muldewiesen) und UA2 (Salegaster Forst) in fast allen Bodenproben im Grünland der Prüfwert für Arsen überschritten wird. In den darauffolgenden Untersuchungsabschnitten wird der Prüfwert für Arsen im Grünland bei der Mehrzahl der Proben nicht eingehalten.

Es ist weiterhin zu beobachten, dass nicht nur die ersten 10 cm, sondern auch die darunterliegende Schicht (10-30 cm) mit Arsen flächendeckend belastet ist. An einigen Untersuchungspunkten wurden Rückstellproben im Tiefenbereich von 30-60 cm im Grünland untersucht. Aber auch hier setzte sich die Prüfwertüberschreitung für Arsen fort.

Tabelle 7.3: Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Arsen¹⁸ im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Grünland	Überschreitung Prüfwert
UA1	0-10 cm	24	24
	10-30 cm	24	23
	30-60 cm	7	7
UA2	0-10 cm	8	6
	10-30 cm	8	6
	30-60 cm	-	-
UA3	0-10 cm	14	9
	10-30 cm	14	6
	30-60 cm	4	2
UA4	0-10 cm	24	21
	10-30 cm	23	15
	30-60 cm	3	3
UA5	0-10 cm	27	26
	10-30 cm	27	23
	30-60 cm	4	4
UA6	0-10 cm	34	27
	10-30 cm	34	22
	30-60 cm	4	4
UA7	0-10 cm	16	16
	10-30 cm	16	12
	30-60 cm	3	3

¹⁸ Prüfwerte: 50 mg/kg TS für die Tiefe 0-10 cm; 75 mg /kg TS für die Tiefen 10-30 cm und 30-60 cm

Der Prüfwert von Arsen für Ackerlandflächen wird in keiner der untersuchten Proben überschritten (siehe Tabelle 7.4)

Tabelle 7.4: Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Arsen (> 200 mg/kg TS) im Ackerland im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Ackerland	Überschreitung Prüfwert
UA1	0-30 cm	-	-
UA2	0-30 cm	1	0
UA3	0-30 cm	10	0
UA4	0-30 cm	4	0
UA5	0-30 cm	3	0
UA6	0-30 cm	1	0
UA7	0-30 cm	5	0

Ähnlich wie im Grünland sind bei fast allen Proben der UQN für Arsen in den Sedimentproben überschritten (Tabelle 7.5).

Tabelle 7.5: Anzahl festgestellte Überschreitungen des UQN Arsen (> 40 mg/kg TS) im Sediment im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Sediment	Überschreitung Prüfwert
UA3	Tiefe 1	3	2
	Tiefe 2	3	3
UA4	Tiefe 1	7	7
	Tiefe 2	7	7
	Tiefe 3	5	5
UA5	Tiefe 1	11	9
	Tiefe 2	11	9
	Tiefe 3	2	2
UA6	Tiefe 1	10	8
	Tiefe 2	10	9
	Tiefe 3	1	0
UA7	Tiefe 1	5	5
	Tiefe 2	5	5

7.1.2.1.2. Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

In den folgenden Abbildungen wurden zur Darstellung der Belastungssituation für Arsen nicht nur die Prüfwerte nach BBodSchV und die UQN der OGewV herangezogen, sondern auch die Schwellenwerte der Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe [9] mitberücksichtigt (Abbildung 7.6 bis Abbildung 7.8). Bei der Darstellung wurde die Untersuchungstiefe 10-30 cm gewählt, da dort teilweise höhere Belastungen als in den ersten 10 cm nachgewiesen wurde. Die Lagepläne Anlage 1.1.3 bis Anlage 1.6.3 stellen die Ergebnisse nach Untersuchungsabschnitten aller Tiefen dar.

Hohe Arsen-Gehalte werden flächendeckend in der gesamten Muldeae nachgewiesen (siehe am Beispiel Abbildung 7.6). Belastungsschwerpunkte sind daher schwer abzugrenzen. Der HCH-Belastungsschwerpunkt in der Spittelwasseraue ist für Arsen nicht nachweisbar.

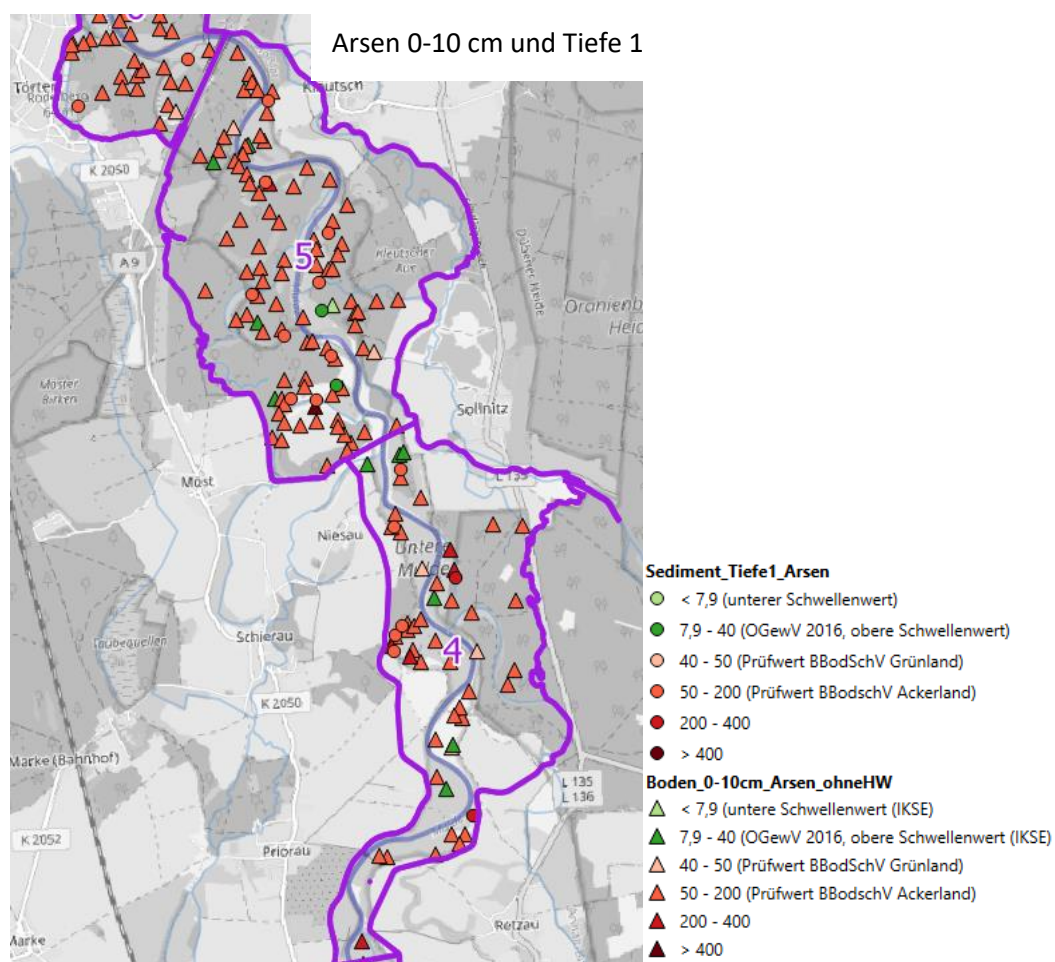


Abbildung 7.6: Arsen-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (inkl. der Daten vom LAU aus dem Jahr 2020)

Die Arsen-Hintergrundwerte in Sedimenten in der Elbe (gesamt) und der Vereinigten Muldeae liegen zwischen 24 und 46 mg/kg TS [21] [11] (vergleiche auch Tabelle 6.7, Seite 71). Vereinzelt werden in

Sedimentproben der Untersuchungsabschnitte UA3, UA5 und UA6 die Arsen-Konzentrationen von 40 mg/kg TS unterschritten und liegen somit im Hintergrundbereich (siehe auch Anlage 1.2.3, Anlage 1.4.3, Anlage 1.5.3).

Die höchsten Arsen-Gehalte werden in Untersuchungsabschnitt UA1 (Muldwiese: U1_B21: 479 mg/kg bei 30-60 cm, U1_B26: 820 mg/kg bei 10-30 cm) vereinzelt in UA4 (U4_B35: 470 mg/kg bei 10-30 cm), UA5 (U5_B62: 420 mg/kg TS bei 10-30 cm) sowie in den Untersuchungsabschnitten UA6 und UA7 (10-30 cm: 320 -370 mg/kg TS) nachgewiesen (Abbildung 7.7 und Abbildung 7.8).

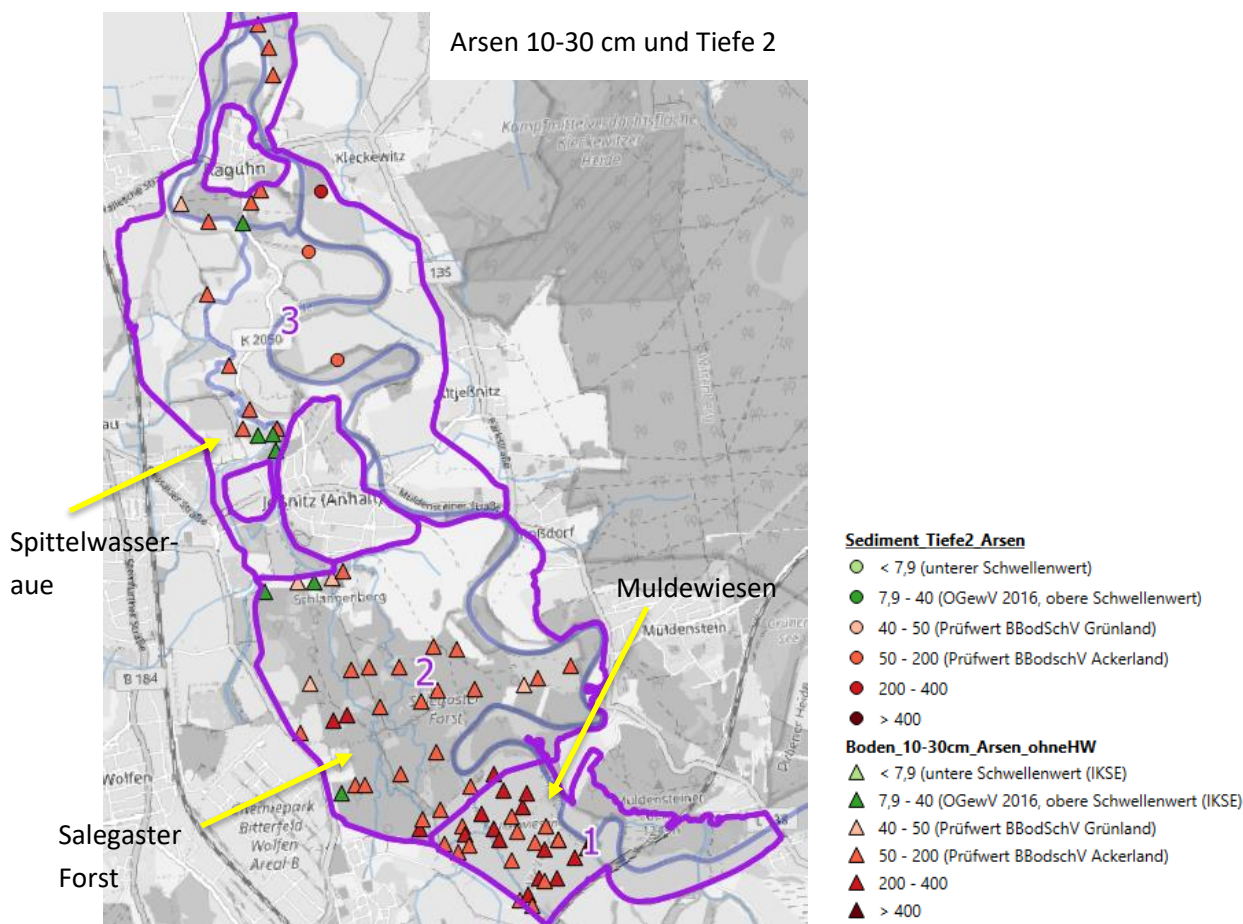


Abbildung 7.7: Arsen-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 10-30 cm und im Sediment Tiefe 2 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Auffällig ist, dass die Belastungssituation in der Spittelwasseraue (UA3) geringer als im UA1 (Muldwiese) ist. In der Spittelwasseraue werden Arsen-Konzentrationen zwischen 4 und 190 mg/kg TS detektiert.

Im Untersuchungsabschnitt UA4 wird hingegen eine Arsenkonzentration von bis zu 470 mg/kg TS in einem Untersuchungspunkt der Untersuchungszone UZ4.5 (UA_B35 10-30 cm, Altwasser östlich von Schierau) nachgewiesen.

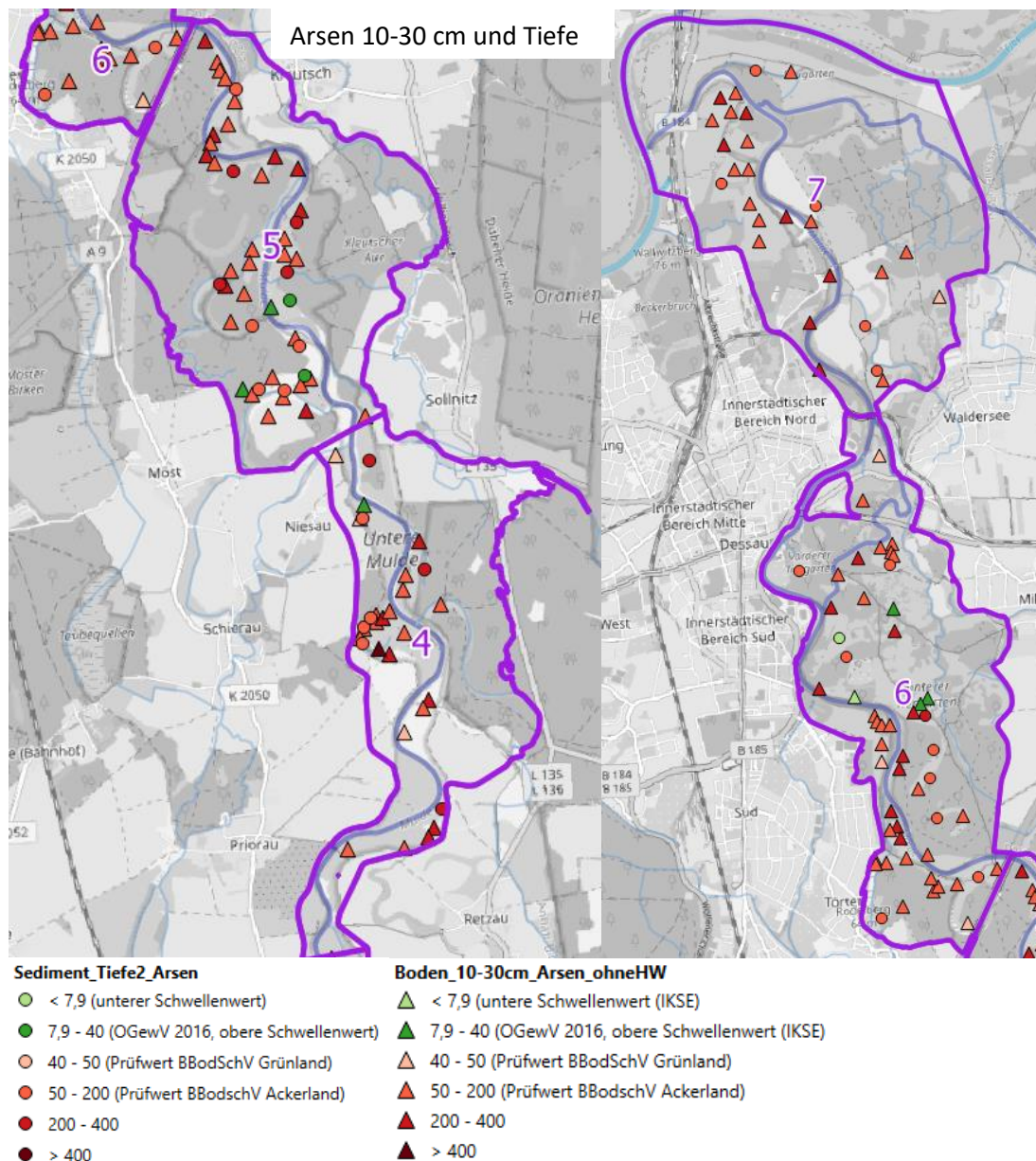


Abbildung 7.8: Arsen-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 10-30 cm und im Sediment Tiefe 2 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)

Der höchste Arsengehalt im Untersuchungsabschnitt UA5 wird im Altwasser der UZ5.6 (nördlich von Niesau) mit 420 mg/kg TS (U5_B62, 0-10 cm) festgestellt. Im Untersuchungsabschnitt UA6 und UA7 werden keine Arsen-Gehalte größer 400 mg /kg TS im Boden nachgewiesen.

In den Sedimenten der Stillgewässer sind keine Arsen-Gehalte größer 400 mg/kg TS ermittelt worden. Es werden Konzentrationen bis zu 380 mg/kg TS im Untersuchungsabschnitt UA4 nachgewiesen.

7.1.2.2 Quecksilber

7.1.2.2.1. Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Der Maßnahmenwert nach BBodSchV [4] für Quecksilber liegt, wie in Tabelle 6.4 Seite 65 aufgelistet, bei 2 mg/kg TS für die Tiefe 0-10 cm bei Grünlandflächen (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). Für die Entnahmetiefe 10-30 cm gilt der 1,5-fache Maßnahmenwert, d.h. 3 mg/kg TS.

Für Ackerlandflächen liegt der Prüfwert bei 5 mg/kg TS für die Beprobungstiefe von 0-30 cm (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der festgestellten Maßnahmenwertüberschreitungen für Quecksilber im Grünland zusammengefasst. Eine flächendeckende Überschreitung wie bei Arsen ist für den Parameter Quecksilber nicht nachzuweisen.

Tabelle 7.6: Anzahl festgestellte Maßnahmenwertüberschreitungen Quecksilber¹⁹ im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Grünland	Überschreitung Maßnahmenwert
UA1	0-10 cm	24	9
	10-30 cm	24	10
	30-60 cm	7	5
UA2	0-10 cm	8	2
	10-30 cm	8	0
	30-60 cm	-	-
UA3	0-10 cm	14	4
	10-30 cm	14	4
	30-60 cm	4	2
UA4	0-10 cm	24	14
	10-30 cm	23	6
	30-60 cm	3	2
UA5	0-10 cm	27	17
	10-30 cm	27	10
	30-60 cm	4	2
UA6	0-10 cm	34	12
	10-30 cm	34	3
	30-60 cm	4	1
UA7	0-10 cm	16	5
	10-30 cm	16	3
	30-60 cm	3	0

¹⁹ Maßnahmewerte: 2 mg/kg TS für die Tiefe 0-10 cm; 3 mg /kg TS für die Tiefen 10-30 cm und 30-60 cm

Im Untersuchungsabschnitt UA1 (Muldewiesen) sind bei weniger als der Hälfte der untersuchten Proben Überschreitungen des Maßnahmenwertes festzustellen. Die betreffenden Untersuchungspunkte liegen im westlichen Bereich der Muldewiesen (siehe auch Abbildung 7.9, Seite 90). Im Salegaster Forst (UA2), wo wenig Grünlandflächen vorhanden sind, gibt es nur 2 Untersuchungspunkte, an denen in den ersten 10 cm der Maßnahmenwert überschritten wird.

In den Untersuchungsabschnitten UA4 bis UA7 nimmt die Anzahl der Überschreitungen des Maßnahmenwertes mit der Tiefe (10-30 cm) ab. Bei den Untersuchungspunkten, an denen die Rückstellproben (30-60 cm) zur Abgrenzung untersucht wurden, wird zum Teil auch noch ein Quecksilbergehalt über dem Maßnahmenwert festgestellt.

Wie in Tabelle 7.7 dargestellt, ist für den Parameter Quecksilber keine Prüfwertüberschreitung im Ackerland (5 mg/kg TS) vorhanden.

Tabelle 7.7: Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Quecksilber (> 5 mg/kg TS) im Ackerland im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Ackerland	Überschreitung Prüfwert
UA1	0-30 cm	-	-
UA2	0-30 cm	1	0
UA3	0-30 cm	10	0
UA4	0-30 cm	4	0
UA5	0-30 cm	3	0
UA6	0-30 cm	1	0
UA7	0-30 cm	5	0

7.1.2.2.2. Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

In den folgenden Abbildungen wurde zur Darstellung der Belastungssituation für Quecksilber im Boden und Sediment neben den Prüf- und Maßnahmewerten (PW und MW) nach BBodSchV auch die Schwellenwerte des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe [7] herangezogen (Abbildung 7.9 und Abbildung 7.11). Somit kann man die Boden- und Sedimentergebnisse in einer gemeinsamen Abbildung darstellen. Die Lagepläne Anlage 1.1.4 bis Anlage 1.6.4 stellen die Ergebnisse nach Untersuchungsabschnitten aller Tiefen dar.

Die Verteilung der Quecksilbergehalte in der Muldeauere verhält sich anders als beim Parameter Arsen. Ähnlich wie Summe HCH werden Belastungsschwerpunkte in den Muldewiesen (UA1) und in der Spittelwasserare (UA3) festgestellt (Abbildung 7.9).

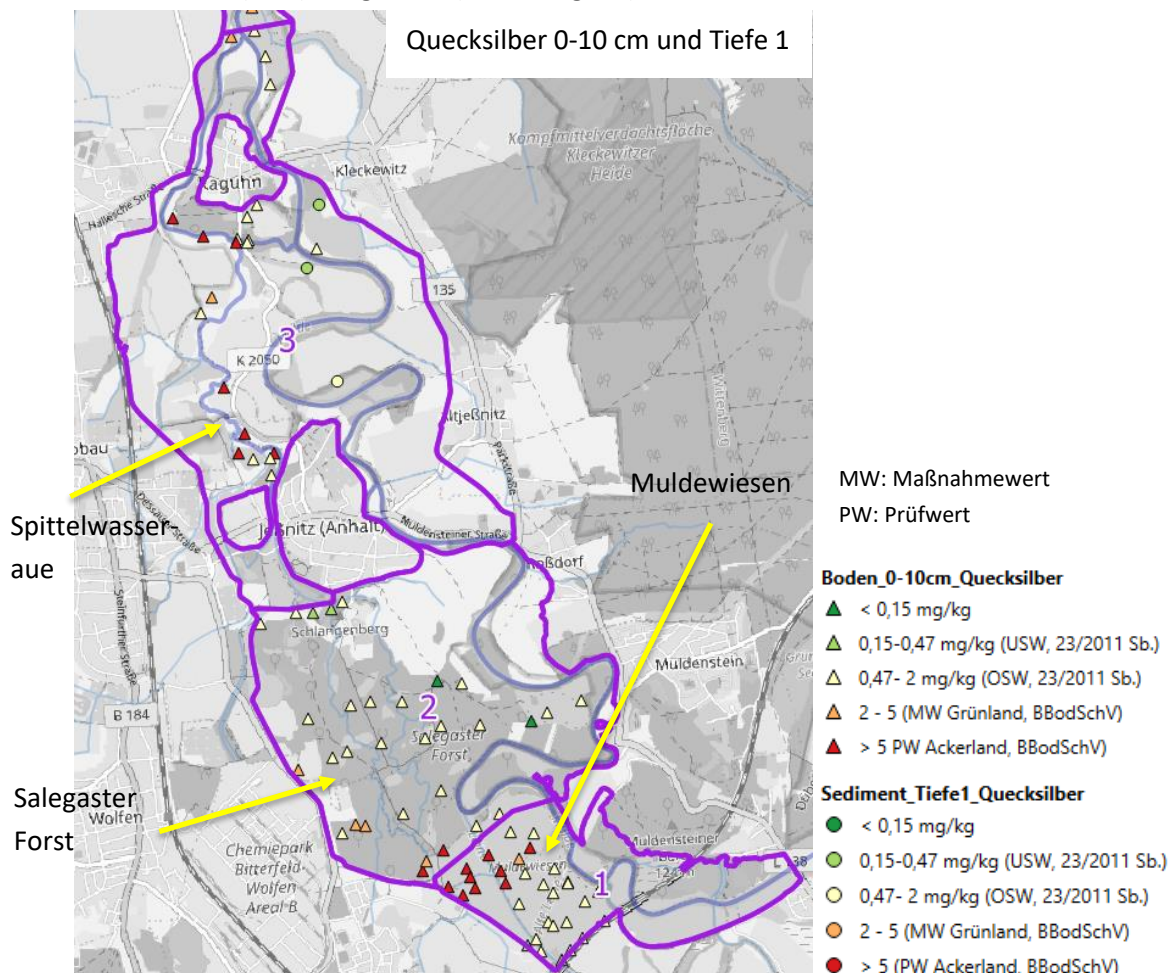


Abbildung 7.9: Quecksilber-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Im weiteren Verlauf der Muldeauere werden Quecksilber-Konzentrationen > 5 mg/kg TS im Boden vornehmlich entlang der Mulde angetroffen. Eine Ausnahme besteht bei den Altwässern östlich von

Schierau in Untersuchungsabschnitt UA4 (UZ 4.5) und nördlich von Niesau UA5 (UZ5.6) (siehe Abbildung 7.11).

Die höchsten Quecksilberkonzentrationen im Untersuchungsabschnitt UA1 (Muldewiesen) werden im nordwestlichen Bereich des UA1 und randlich dazu im UA2 festgestellt (Abbildung 7.9). Die höchsten Konzentrationen in den Muldewiesen befinden sich in Gräben und Rinnen, die in der Vergangenheit mit Wasser durchflossen waren. Der Belastungsschwerpunkt liegt wie bei Summe HCH im Untersuchungspunkt U1_B05 mit 46 mg/kg TS (0-10 cm), so dass der Maßnahmenwert mehr als 20fach überschritten ist. Selbst in 30-60 cm Tiefe wird noch eine Quecksilberkonzentration von 14 mg/kg TS nachgewiesen. Im weiteren Verlauf des Untersuchungsabschnittes UA2 (Salegaster Forst) nimmt die Quecksilber-Konzentration im Boden ab und liegt mehrheitlich unterhalb von 2 mg/kg TS.

Wie in Abbildung 7.10 dargestellt, sind die höchsten Quecksilberkonzentrationen auf dem Transekt T1 entlang der Rinnenstruktur festzustellen. Im Vergleich zu HCH reichen die hohen Quecksilberkonzentrationen bis an das ehemalige Muldewasserwerk heran.

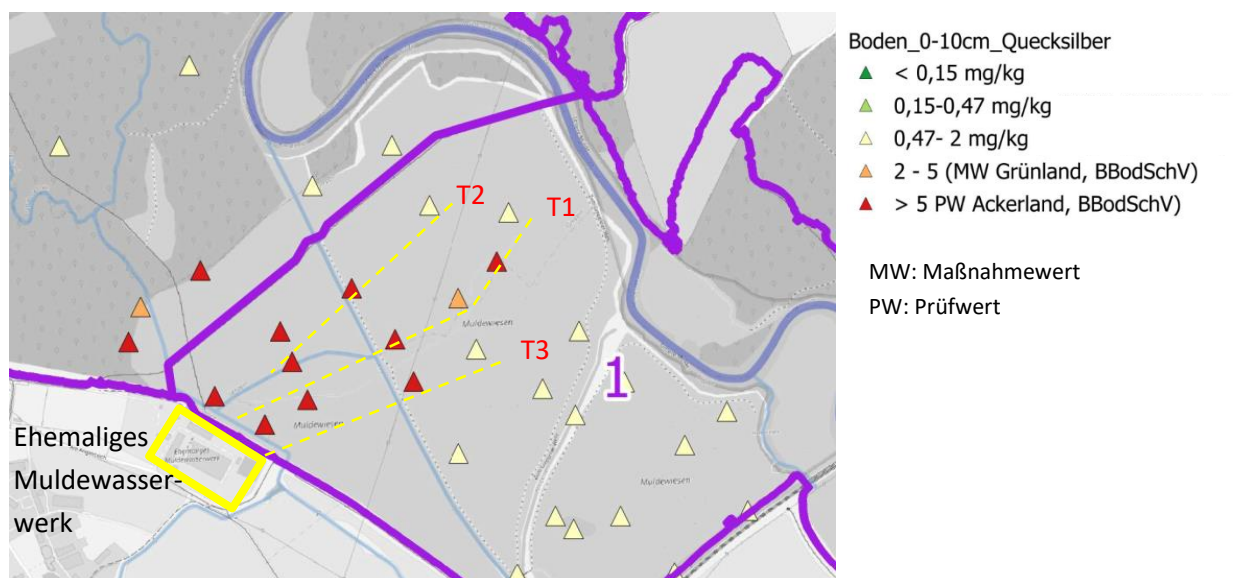
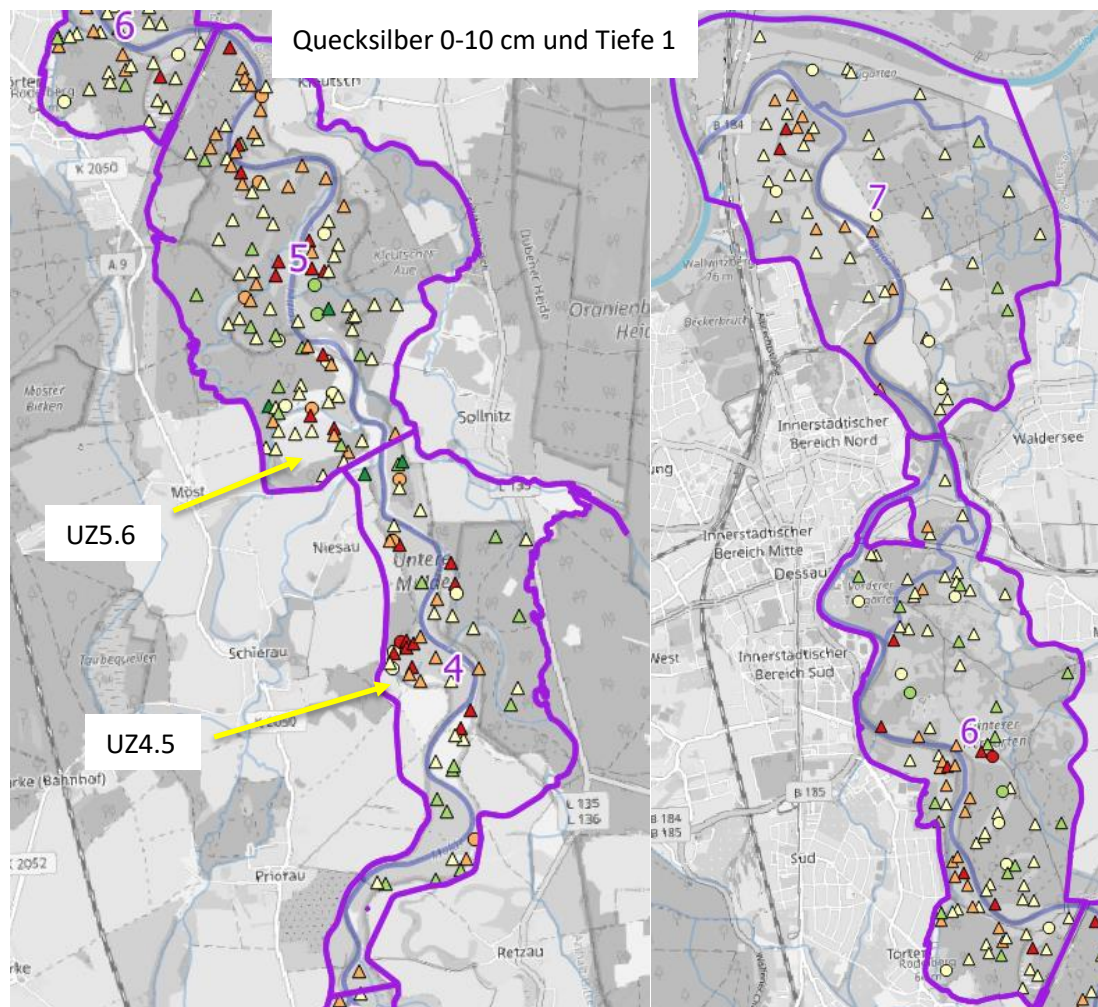


Abbildung 7.10: Quecksilber-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm im Untersuchungsabschnitte UA1 (Muldewiesen) und randlich UA2 (Salegaster Forst)

Im Untersuchungsabschnitt UA3 (Spittelwasseraue) werden auch bis zu 40 mg/kg TS (U3_B37, 0-30 cm) entlang des Spittelwassers nachgewiesen.

Im Altwasser der Untersuchungszone UZ4.5 wird eine Quecksilber-Konzentration im Boden bis zu 15 mg/kg TS in den ersten 10 cm ermittelt. Die Belastung setzt sich teilweise bis in den 10-30 cm Horizont fort (siehe Abbildung 7.11). In den Untersuchungsabschnitten UA5 bis UA7 werden vereinzelt noch Quecksilberkonzentrationen bis zu 12 mg/kg TS nachgewiesen. In den Sedimenten werden hingegen

nur maximale Gehalte von 7,3 mg/kg TS (UA4, UZ4.5) nachgewiesen. Somit sind die Sedimente nicht so stark mit Quecksilber belastet wie die Böden.



Sediment_Tiefe1_Quecksilber

- < 0,15 mg/kg
- 0,15-0,47 mg/kg (USW, 23/2011 Sb.)
- 0,47- 2 mg/kg (OSW, 23/2011 Sb.)
- 2 - 5 (MW Grünland, BBodSchV)
- > 5 (PW Ackerland, BBodSchV)

Boden_0-10cm_Quecksilber

- ▲ < 0,15 mg/kg
- ▲ 0,15-0,47 mg/kg (USW, 23/2011 Sb.)
- ▲ 0,47- 2 mg/kg (OSW, 23/2011 Sb.)
- ▲ 2 - 5 (MW Grünland, BBodSchV)
- ▲ > 5 PW Ackerland, BBodSchV)

MW: Maßnahmewert

PW: Prüfwert

Abbildung 7.11: Quecksilber-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)²⁰

²⁰ Daten vom LAU aus dem Jahr 2020 mitdargestellt

7.1.2.3 Weitere Schwermetalle

7.1.2.3.1. Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV

Für Blei, Kupfer und Nickel werden keine Überschreitungen des Maßnahmenwertes im Grünland festgestellt.

Für den Parameter Cadmium existieren nur vereinzelte Überschreitungen des Maßnahmenwertes von 20 mg/kg TS (0-10 cm) bzw. 30 mg/kg TS (10-30 cm) im Grünland im Untersuchungsabschnitt UA1 (UA1_B05, U1_B13 0-10 cm bzw. U1_B26 10-30 cm).

Für Sedimente gilt lt. OGewV für Chrom gesamt eine Umweltqualitätsnorm (UQN) von 640 mg/kg TS. Dieser wurde in den untersuchten Proben nicht überschritten. Für den Parameter Kupfer im Sediment gilt der UQN von 160 mg/kg TS. Dieser wurde nur an 4 Untersuchungspunkten mit 200 bis 340 mg/kg TS in den Untersuchungsabschnitten UA4, UA5 und UA6 überschritten.

Die UQN für Zink im Sediment liegt bei 800 mg/kg TS. In Tabelle 7.8 sind die Überschreitungen der UQN für Zink in den verschiedenen Untersuchungsabschnitten und Schichten (Tiefe 1 (oberste Sedimentschicht) bis 3) dargestellt. Es fällt auf, dass die UQN für Zink vornehmlich in den Untersuchungsabschnitten UA4 und UA5 überschritten wird. Die Sedimente im UA6 und UA7 sind mit einer Ausnahme nicht mit Zink belastet.

Tabelle 7.8: Anzahl festgestellte Überschreitungen des UQN (> 800 mg/kg TS) Zink im Sediment im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Sediment	Überschreitung Prüfwert
UA3	Tiefe 1	3	0
	Tiefe 2	3	1
UA4	Tiefe 1	7	5
	Tiefe 2	7	4
	Tiefe 3	5	3
UA5	Tiefe 1	11	4
	Tiefe 2	11	5
	Tiefe 3	2	1
UA6	Tiefe 1	10	1
	Tiefe 2	10	0
	Tiefe 3	1	0
UA7	Tiefe 1	5	0
	Tiefe 2	5	0

7.1.2.3.2. Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

Es ist auffällig, dass die höchsten Chrom-Gesamt-Konzentrationen im Boden im Untersuchungsabschnitt UA1 und UA3 (> 300 mg/kg TS; Mittelwert UA1: 132 mg/kg TS & UA3: 117 mg/kg TS) auftreten. Im Untersuchungsabschnitt UA2 finden sich noch Konzentrationen zwischen 14 und 190 mg/kg TS (im Mittel 61 mg/kg TS) wieder. Im weiteren Verlauf nehmen die Chrom-Gesamt-Konzentrationen im Boden wieder ab und liegen im Mittel bei 65-70 mg/kg TS. Der im Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe [9] festgelegte obere Schwellenwert für Sediment von 640 mg/kg TS wird in keiner der untersuchten Proben erreicht. Der untere Schwellenwert fürs Sediment (26 mg/kg TS) kann aufgrund der Hintergrundwerte (z.B. Vereinte Mulde: 50 mg/kg TS, siehe Tabelle 6.7 Seite 71) nur an einigen Stellen eingehalten werden.

Ähnliches ist für Zink festzustellen. Im Untersuchungsabschnitt UA1 und am nördlichen Rand des UA1 sind Zink-Konzentrationen > 1.000 mg/kg TS im Boden nachgewiesen. Im weiteren Verlauf nehmen die Zinkkonzentrationen im Boden ab, so dass in der Spittelwasseraue Zink-Konzentrationen von 14 bis 420 mg/kg TS im Boden festgestellt werden. In der Mulde treten dann im Untersuchungsabschnitt UA6 und UA7 wieder Zink-Konzentrationen > 1.000 mg/kg TS in der 10-30 cm Schicht entlang der Mulde auf. Für Sedimente sieht es etwas anders aus. Da werden Zink-Konzentrationen > 1.000 mg/kg TS vornehmlich in Sedimenten der Untersuchungsabschnitt UA4 und UA5 nachgewiesen. Die Zink-Konzentrationen nehmen zum Teil in der Tiefe zu. Im Sediment liegen sie mit einer Ausnahme über den Zink-Hintergrundwert der Elbe von 150 mg/kg TS [21] [11] (siehe auch Anlage 2.2).

Für die Parameter Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel wurden im Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe [9] auch obere und untere Schwellenwerte fürs Sediment festgelegt (siehe auch Tabelle 6.6).

Für den Parameter Blei wird außer bei wenigen Untersuchungspunkten der obere Schwellenwert von 53 mg/kg TS überschritten. Der untere Schwellenwert (25 mg/kg TS) für Blei wird vermutlich aufgrund der hohen Hintergrundbelastung im Auensediment (29 mg/kg TS Elbe) an keinem Untersuchungspunkt unterschritten.

Der obere Schwellenwert im Sediment für Cadmium liegt bei 2,3 mg/kg TS. Die angetroffenen Cadmiumgehalte in den Sedimenten lagen zwischen 0,93 und 54 mg/kg TS, wobei die höchsten Gehalte im Sediment der Untersuchungsabschnitte UA4 und UA5 nachgewiesen werden. Erst ab Untersuchungsabschnitt UA5 werden Cadmium-Gehalte im Sediment unterhalb des oberen Schwellenwert ermittelt. Der untere Schwellenwert von 0,22 mg/kg TS wird allerdings nirgends unterschritten, was an der hohen Hintergrundbelastung liegen wird (0,4 mg/kg TS Elbe).

Für Kupfer ist der obere Schwellenwert im Sediment mit 160 mg/kg TS festgelegt worden. Bei der Mehrzahl der Untersuchungspunkte im Sediment wurde dieser Schwellenwert nicht überschritten. Es wurden maximal 340 mg/kg TS in einer Probe im Tiefenbereich 30-52 cm im Untersuchungsabschnitt 4

(UZ4.5) ermittelt. Die sehr hohen Kupfer-Konzentrationen im Sediment wurden i.d.R. in der tieferen Schicht nachgewiesen und sind somit schwer mobilisierbar.

Für Nickel liegt der obere Schwellenwert für Sediment bei 3 mg/kg TS. Dieser wird von keiner der Sedimentproben eingehalten.

7.1.3 DDX

7.1.3.1 Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV

Bei alleiniger Heranziehung des Prüfwertes für Summe DDT (p,p-DDT, o,p-DDT) für Ackerlandflächen (Tiefe 0-30 cm) gemäß BBodSchV [4] lassen sich keine Aussagen über die Schadstoffverteilung in der Muldeaue treffen. Es wurden keine Überschreitungen des Prüfwertes von 1 mg/kg TS festgestellt. Für DDD und DDE sind keine verbindlichen Prüfwerte definiert.

7.1.3.2 Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

Wenn man nur den Prüfwert nach BBodSchV [4][2] von 1 mg/kg TS Summe DDT für Ackerlandflächen heranzieht, kann man nichts über die Verteilung der DDX in der Muldeaue aussagen. Exemplarisch wird in Abbildung 7.15 das Ergebnis in den Untersuchungsabschnitten UA1 bis UA3 dargestellt. Nur in der Spittelwasseraue werden DDT-Konzentrationen > 1 mg/kg TS mit bis zu 6,6 mg/kg TS (U3_B37 0-10 cm) nachgewiesen.

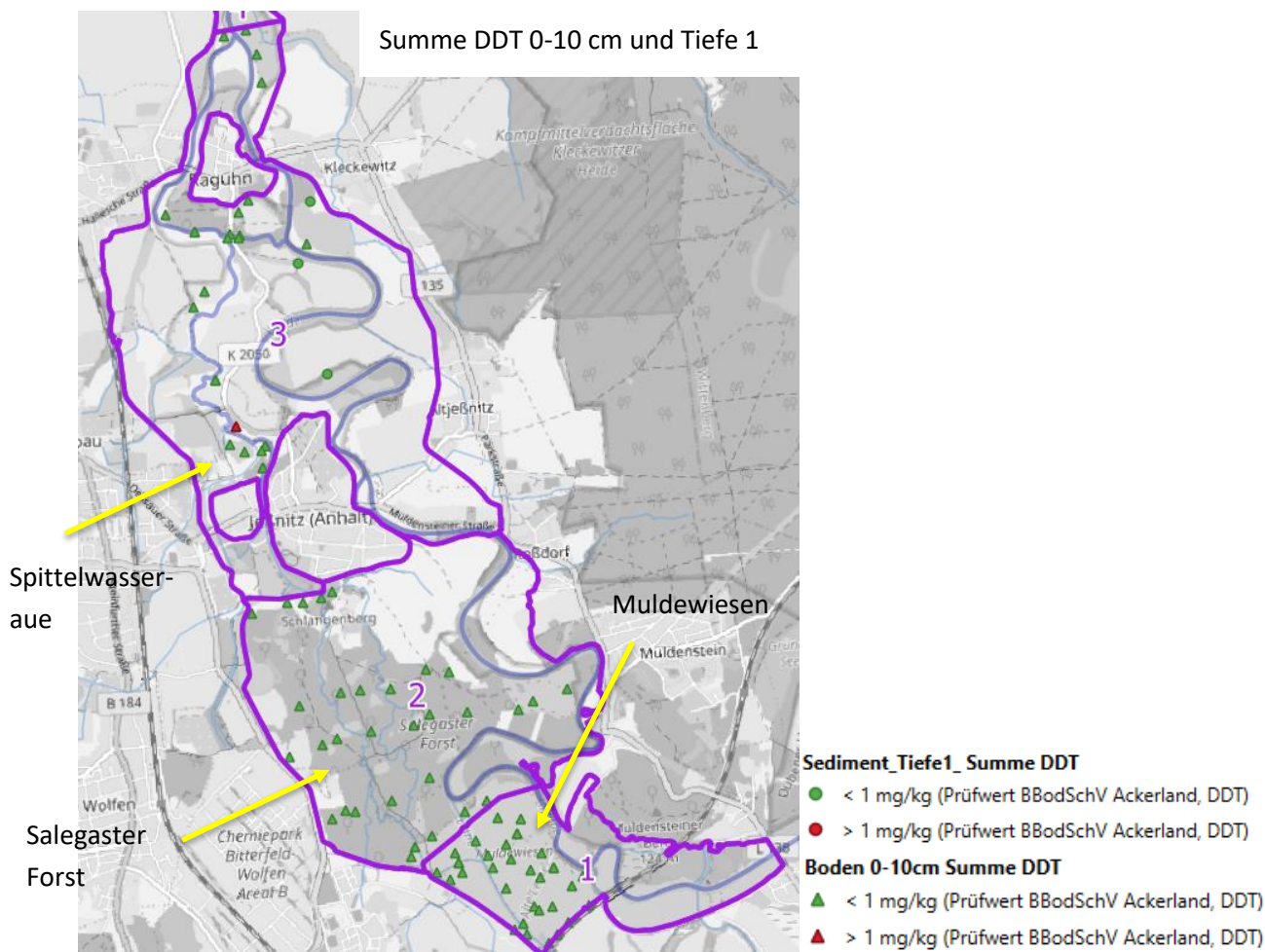


Abbildung 7.12: Gehalt an Summe DDT (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Zur besseren Darstellung in den Lageplänen wurden die Überschreitungen der oberen und unteren Schwellenwerte des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe [9] für den Parameter p,p-DDT in der Muldeae visualisiert (siehe Abbildung 7.13 und Abbildung 7.14). Es wurden bei der Auswertung die Ergebnisse vom LAU aus dem Jahr 2020 berücksichtigt, welche Untersuchungen in der Muldeae ab dem Untersuchungsabschnitt UA4 durchgeführt haben.

Die höchsten p,p-DDT-Konzentrationen werden in der Spittelwasseraue (UA3) mit max. 4,4 mg/kg TS (U3_B37,0-10 cm) ermittelt (siehe Abbildung 7.13). Punktuell werden noch hohe p,p-DDT Konzentrationen bis max. 2,4 mg/kg TS (U1_B05) im Boden der Muldewiesen (UA1) und randlich davon (UA2) nachgewiesen.

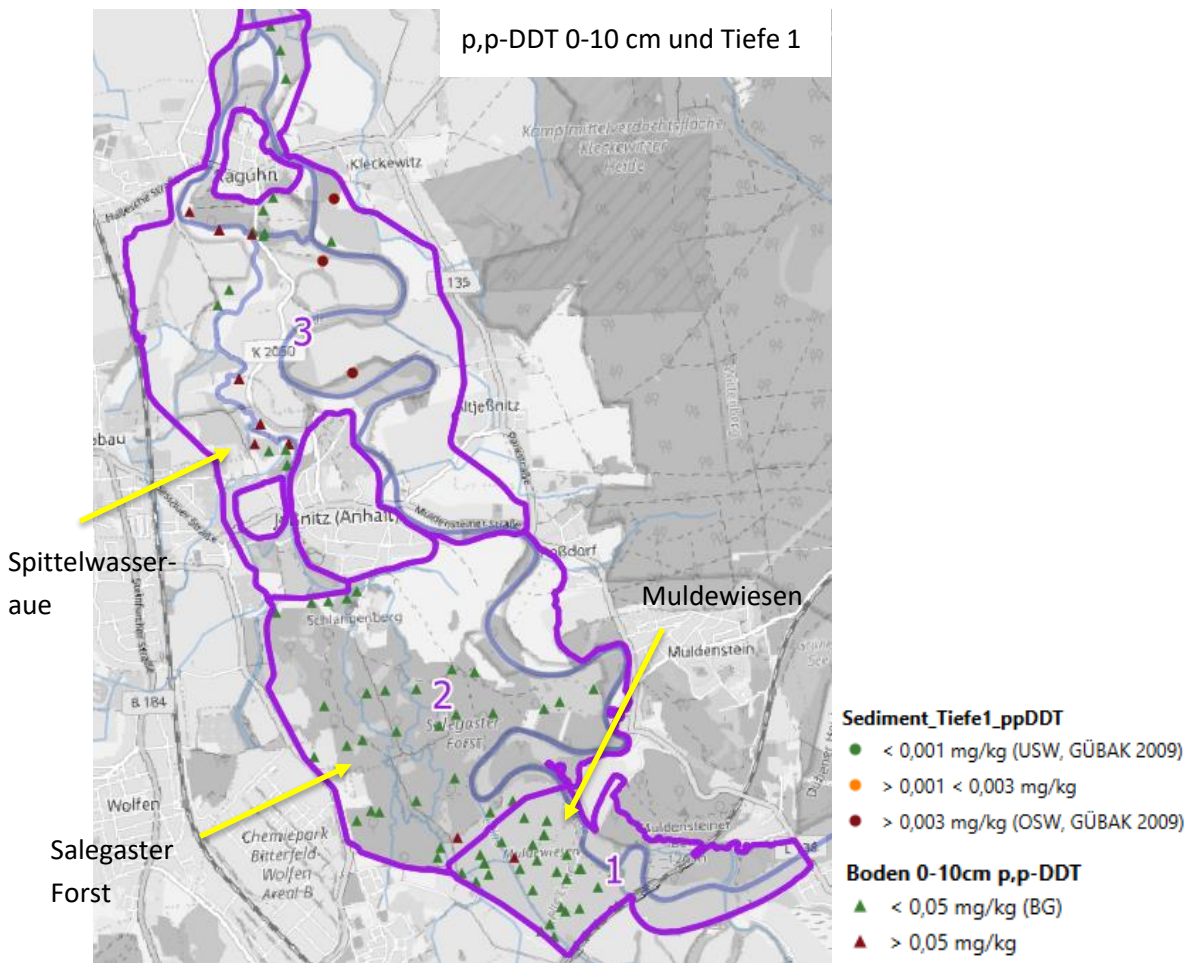
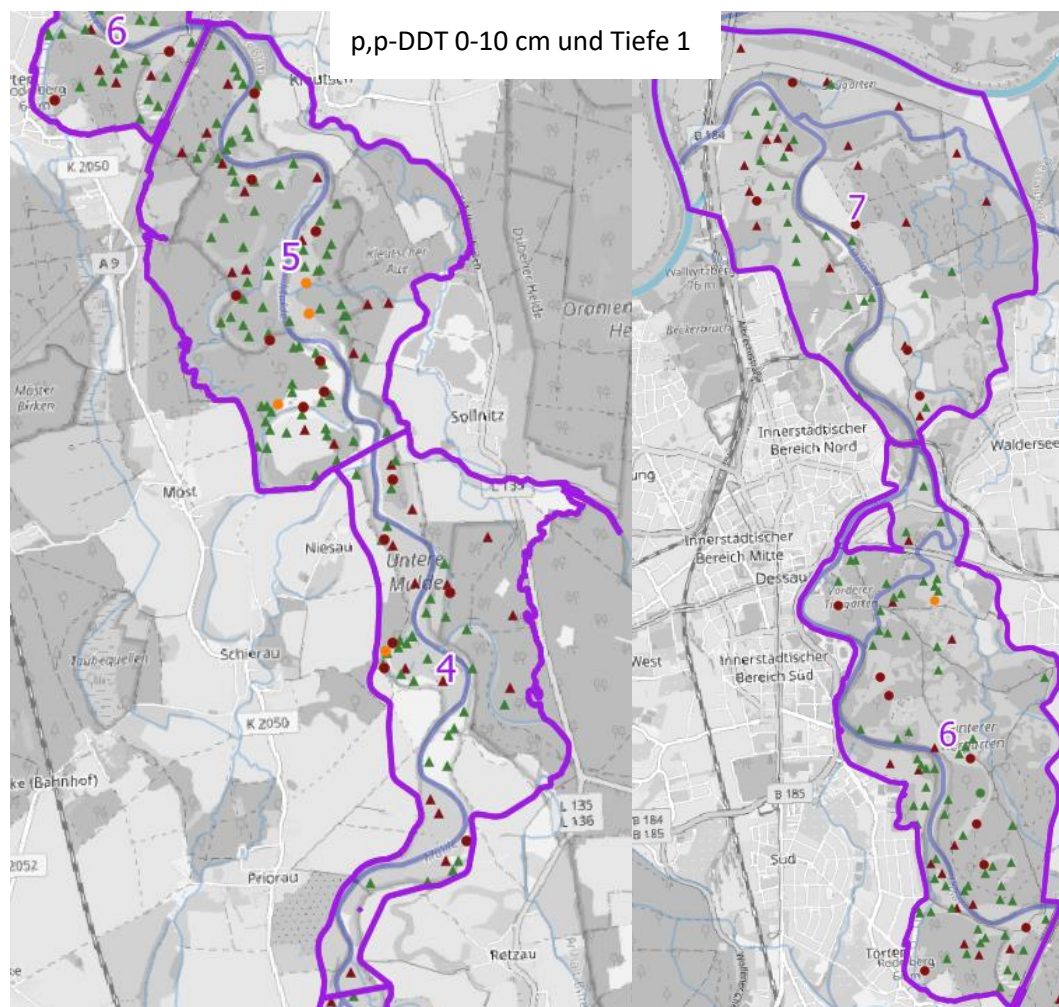


Abbildung 7.13: p,p-DDT-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Im weiteren Verlauf in der Muldeae werden nur noch vereinzelt p,p-DDT-Konzentrationen mit max. 0,56 mg/kg TS (U6_B66, 10-30 cm) festgestellt. Im Sediment werden p,p-DDT-Konzentrationen bis max. 0,22 mg/kg TS (U6_S09, 0-19 cm) nachgewiesen. Eine Konzentrierung auf bestimmte Belastungsbereiche konnte nicht festgestellt werden. Dies wird deutlich, wenn man die Daten vom LAU aus dem Jahr 2020 berücksichtigt, da auch p,p-DDT außerhalb von Senken und weit weg von der Mulde in Konzentrationen > 0,003 mg/kg TS nachgewiesen wurde (siehe z.B. UA7 in Abbildung 7.14).



Sediment_Tiefe1_ppDDT

- < 0,001 mg/kg (USW, GÜBAK 2009)
- > 0,001 < 0,003 mg/kg
- > 0,003 mg/kg (OSW, GÜBAK 2009)

Boden 0-10cm p,p-DDT

- ▲ < 0,05 mg/kg (BG)
- ▲ > 0,05 mg/kg

Abbildung 7.14: p,p-DDT-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)²¹

Für die p,p-DDD und p,p-DDE wurde im Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe [9] auch obere und untere Schwellenwerte fürs Sediment festgelegt (siehe auch Tabelle 6.6). Der untere Schwellenwert liegt unterhalb der Bestimmungsgrenze (<0,001), so dass dieser nicht mitausgewertet werden kann. Der obere Schwellenwert von 0,0032 mg/kg TS (p,p-DDD) bzw. 0,0068 mg/kg TS (p,p-DDE) wird in den meisten Sedimentproben überschritten (siehe Anlage 2.2). Belastungsschwerpunkte können nicht lokalisiert werden.

²¹ Daten vom LAU aus dem Jahr 2020 mitdargestellt

7.1.4 PCDD/F und dl-PCB

Dioxine und Furane (PCDD/F) wurden gemäß Ausschreibung an ausgewählten Stellen über die Mulde verteilt im Boden und Sediment untersucht (siehe Abschnitt 6.5.2). Im Sediment wurden zusätzlich an ausgewählten Stellen dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) untersucht.

7.1.4.1 Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV

Der Prüfwert nach BBodSchV [2] für PCDD/F liegt, wie in Tabelle 6.4 Seite 65 aufgelistet, bei 15 ng TEQ/kg TS für die Tiefe 0-10 cm bei Grünlandflächen (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). Für die Entnahmetiefe 10-30 cm gilt der 1,5-fache Prüfwert, d.h. 22,5 ng TEQ/kg TS. Wie in Tabelle 7.9 dargestellt, werden für fast alle Proben der Prüfwert für PCDD/F im Grünland überschritten.

Tabelle 7.9: Anzahl festgestellte Prüfwertüberschreitungen Summe PCDD/F (TE(WHO2005)²² exkl. BG) im Grünland in den unterschiedlichen Tiefen im Jahr 2023/2024

Untersuchungs-Abschnitt	Beprobungstiefe	Anzahl Proben Grünland	Überschreitung Prüfwert
UA1	0-10 cm	1	1
	10-30 cm	1	1
	30-60 cm	1	1
UA2	0-10 cm	-	-
	10-30 cm	-	-
	30-60 cm	-	-
UA3	0-10 cm	4	4
	10-30 cm	4	4
	30-60 cm	1	1
UA4	0-10 cm	7	6
	10-30 cm	6	5
	30-60 cm	2	2
UA5	0-10 cm	3	3
	10-30 cm	3	3
	30-60 cm	3	3
UA6	0-10 cm	10	10
	10-30 cm	10	10
	30-60 cm	-	-
UA7	0-10 cm	3	3
	10-30 cm	3	3
	30-60 cm	-	-

²² Prüfwerte: 15 ng TEQ/kg TS für die Tiefe 0-10 cm; 22,5 ng TEQ/kg TS für die Tiefen 10-30 cm und 30-60 cm

7.1.4.2 Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

In den folgenden Abbildungen wurde zur Darstellung der Belastungssituation für PCDD/F nicht nur die Prüfwerte nach BBodSchV herangezogen, sondern auch die Schwellenwerte des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe [9] mitberücksichtigt (Abbildung 7.15 und Abbildung 7.16). Da teilweise sehr hohe Konzentrationen festgestellt wurden, erfolgt die Darstellung der detektierten Konzentrationen logarithmisch. Die Lagepläne Anlage 1.1.7 bis Anlage 1.6.7 stellen die Ergebnisse nach Untersuchungsabschnitten aller Tiefen dar.

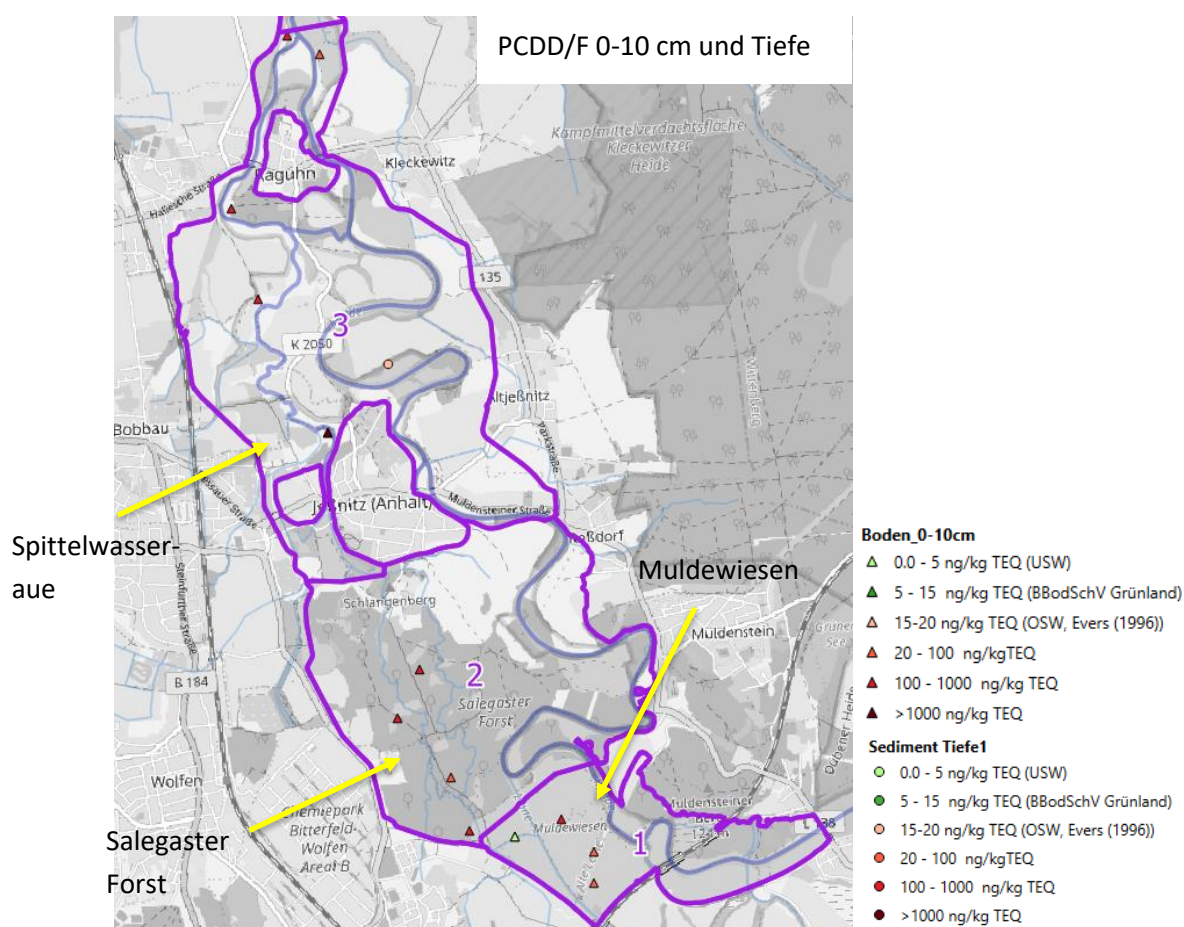
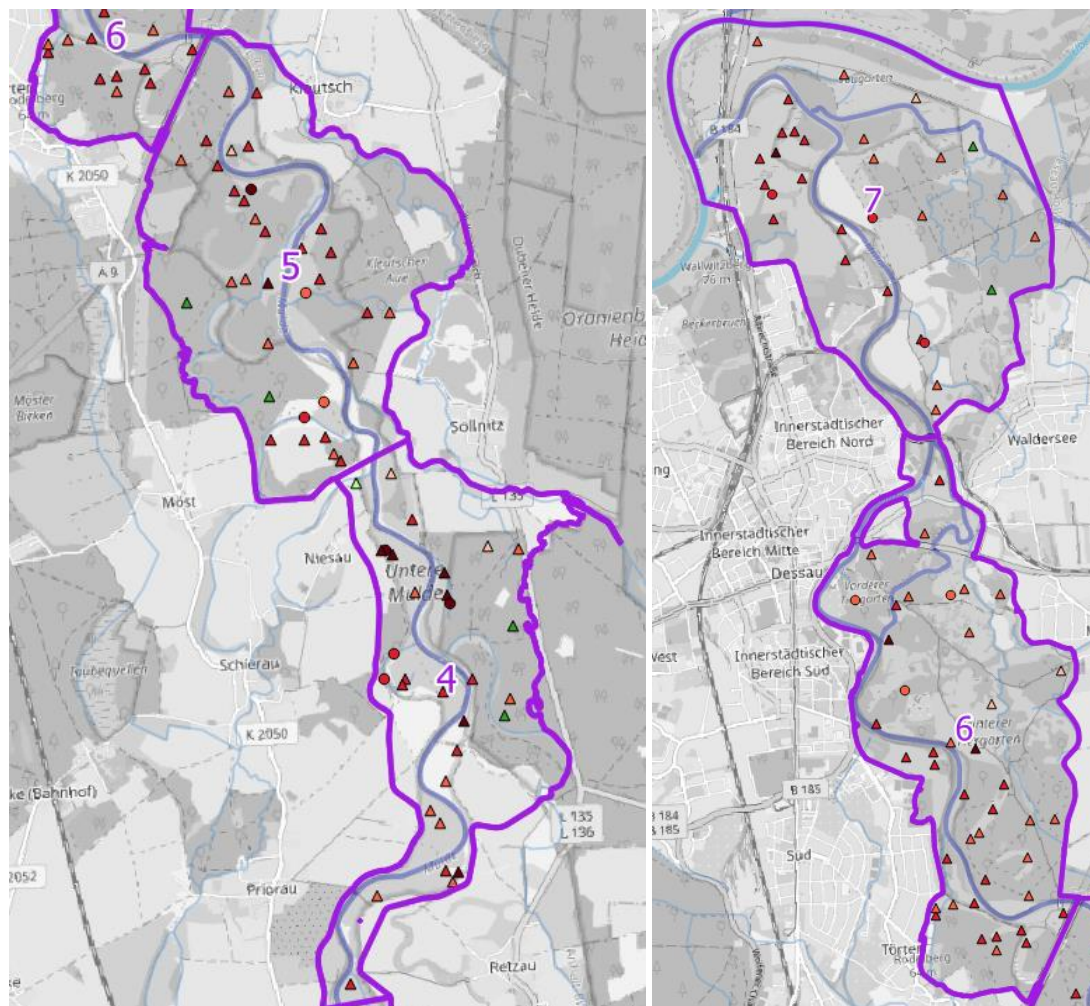


Abbildung 7.15: PCDD/F-Gehalt in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Die höchste PCDD/F-Konzentration (TE (WHO 2005) exkl. BG) findet sich mit 7.670 ng/kg TEQ in der Spittelwasseraue (U3_B38, 10-30 cm). In den Muldewiesen (UA1) und Salegaster Forst (UA2) sind die PCDD/F-Konzentrationen geringer als in der Spittelwasseraue (siehe Abbildung 7.15). Die höchsten Konzentrationen werden punktuell in der U1_B05 (686-502 ng/kg TEQ, 0-10 cm bis 30-60 cm) und in der randlich zur Muldewiese gelegenen U2_B29 (589-1.010 ng/kg TEQ, 0-10 cm bis 10-30 cm)

nachgewiesen. Die anderen Untersuchungspunkte weisen PCDD/F-Konzentrationen im Boden im Bereich von 25 bis 213 ng/kg TEQ auf. Im Untersuchungsabschnitt UA4 finden sich auch Konzentrationen > 1.000 ng/kg TEQ wieder (siehe Abbildung 7.19). In den Untersuchungsabschnitten UA5 und UA6 werden vereinzelt noch PCDD/F-Konzentrationen >1.000 ng/kg TEQ in der Beprobungstiefe 10-30 cm nachgewiesen. Belastungsschwerpunkte können nicht identifiziert werden.



Sediment Tiefe1	Boden_0-10cm
● 0.0 - 5 ng/kg TEQ (USW)	▲ 0.0 - 5 ng/kg TEQ (USW)
● 5 - 15 ng/kg TEQ (BBodSchV Grünland)	▲ 5 - 15 ng/kg TEQ (BBodSchV Grünland)
● 15-20 ng/kg TEQ (OSW, Evers (1996))	▲ 15-20 ng/kg TEQ (OSW, Evers (1996))
● 20 - 100 ng/kg TEQ	▲ 20 - 100 ng/kg TEQ
● 100 - 1000 ng/kg TEQ	▲ 100 - 1000 ng/kg TEQ
● >1000 ng/kg TEQ	▲ >1000 ng/kg TEQ

Abbildung 7.16: PCDD/F -Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)²³

²³ Daten vom LAU aus dem Jahr 2020 mitdargestellt

In der Abbildung 7.16 sind auch die Ergebnisse des LAU aus dem Jahr 2020 berücksichtigt, wo die Untersuchungspunkte auch außerhalb von Senken und auch weiter weg von der Mulde liegen. Hierbei wird deutlich, dass PCDD/F über die gesamte Mulde verteilt sind.

Im Sediment werden an den meisten Untersuchungspunkten Überschreitungen des oberen Schwellenwerts (20 ng/kg TEQ) nachgewiesen. Besonders hohe PCDD/F-Gehalte im Sediment (>1.000 ng/kg TEQ, max. 2.800 ng/kg TEQ) werden in den Untersuchungsabschnitten UA4 (UZ4.3+UZ4.4) sowie UA5 (UZ5.3, UZ5.5) festgestellt. Nur an zwei Stellen im Untersuchungsgebiet wird der untere Schwellenwert (5 ng/kg TEQ) im Sediment (Tiefe 2) eingehalten. Somit ist das Sediment in der Mulde auch flächendeckend mit PCDD/F belastet.

Weiterhin wurden im Sediment auch dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) untersucht. Die höchste dl-PCB-Konzentration wurde im Sediment des Untersuchungsabschnittes UA4 mit 0,0298 µg/kg TEQ (U4_S02, 0-10 cm) festgestellt.

7.1.5 Organozinnverbindungen

Organozinn wurde an ausgewählten Stellen über die Mulde verteilt im Boden und Sediment untersucht, da eine ähnliche Verteilung wie bei den anderen persistenten organischen Schadstoffe vermutet wurde. Da keine Prüf- und Maßnahmenwerte für Organozinn für Boden und Sedimente existieren, kann keine Bewertung in Anlehnung der BBodSchV oder OGewV erfolgen. Es wurde hilfsweise der obere Schwellenwert des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe von 0,02 µg/kg TS bzw. 0,00002 mg/kg TS für Tributylzinn (TBT) (23/2011 Sb. [22]) herangezogen und die Konzentrationen in logarithmischer Skalierung kartographisch dargestellt (siehe Anlage 1.1.7 bis Anlage 1.6.7). Da die akute Toxizität von Mono- bis zu den Triorganozinnverbindungen ansteigt [20], wird für die Bewertung der Konzentrationen im Boden und Sediment die Konzentration von Tributylzinn verwendet. Für Gewässer existiert gemäß OGewV 2016 aufgrund der Toxizität eine Umweltqualitätsnorm für Tributylzinn (JD-UQN: 0,0002 µg/l, ZHK-UQN: 0,0015 µg/l).

Im Untersuchungsabschnitt UA1 und UA2 waren keine Sedimente vorhanden, die auf Organozinn untersucht werden konnten (siehe Abbildung 7.17). Es ist auffällig, dass im Untersuchungsabschnitt UA2 (Salegaster Forst) geringere Tributylzinn-Konzentrationen als in den Muldewiesen (UA1) und Spittelwaseraue (UA3) nachgewiesen wurden.

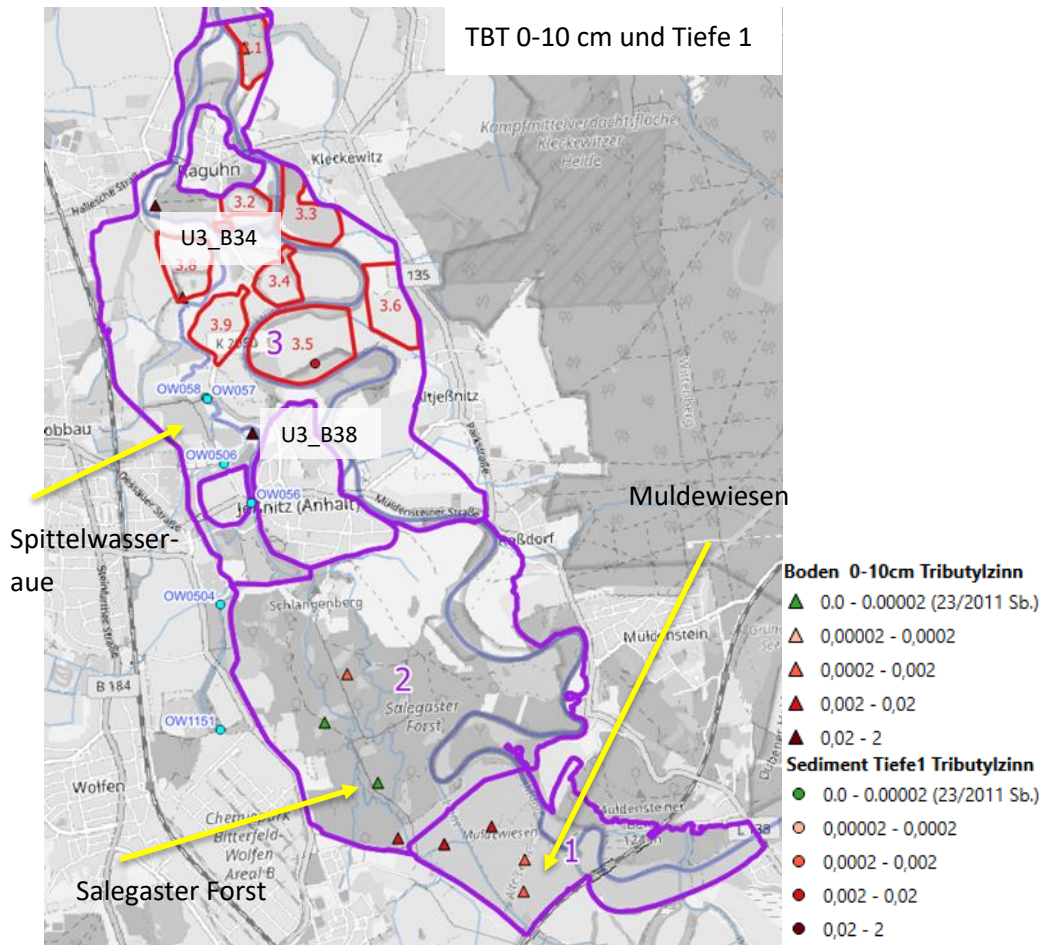


Abbildung 7.17: Tributylzinn-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA1 bis UA3

Die höchsten Organozinn-Konzentrationen werden im Boden der Spittelwasseraue (U3_B38: 5,7-74 mg/kg TS Organozinn ; U3_B34: 1,6-2,6 mg/kg TS Organozinn) angetroffen. Im Sediment wurden die höchsten Organozinn-Konzentrationen im Untersuchungsabschnitt UA4 (UZ4.5: 1,2-4,6 mg/kg TS) und UA5 (UZ5.3 und 5.6: 1,3-4,3 mg/kg TS) festgestellt. In den Untersuchungsabschnitten UA4 bis UA6 ist das Sediment i.d.R. stärker mit Tributylzinn als der Boden belastet (siehe Abbildung 7.18).

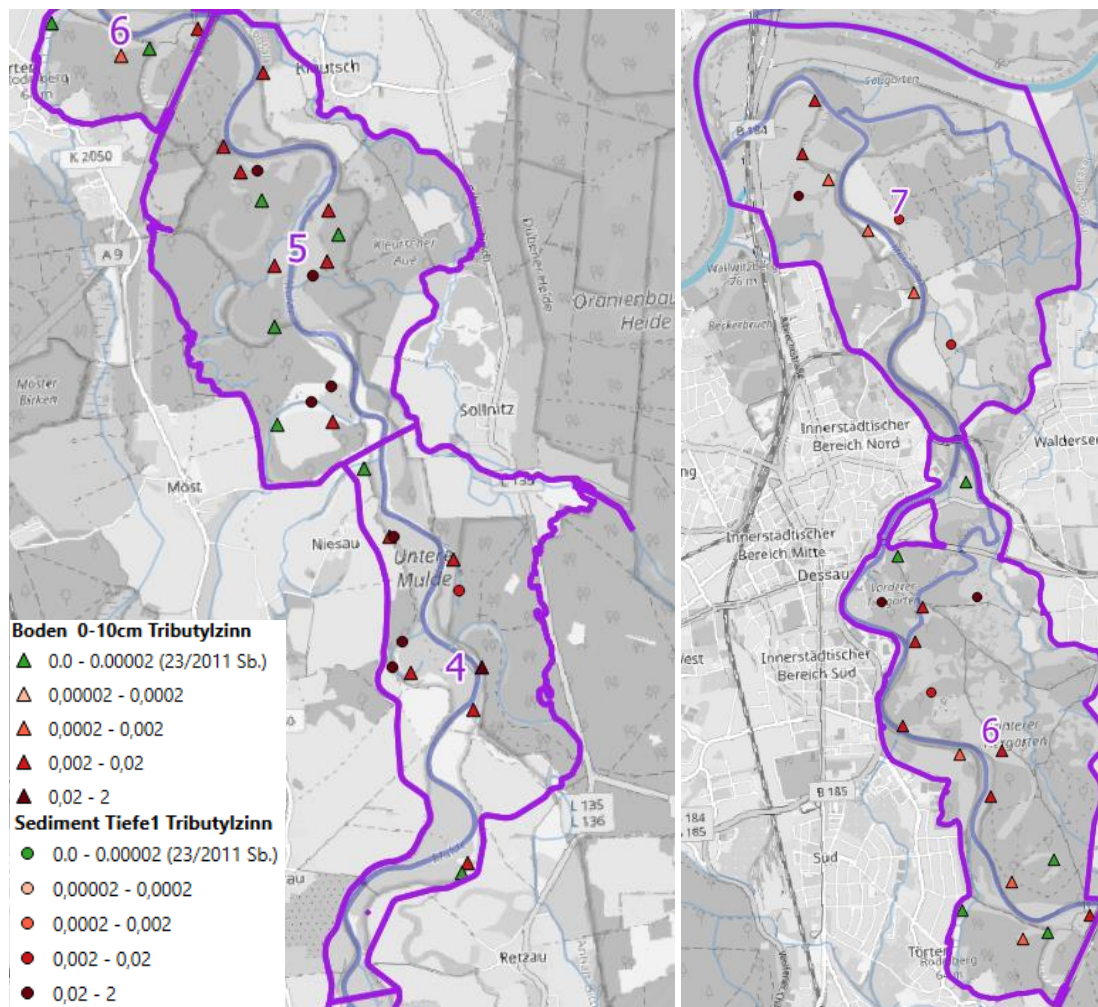


Abbildung 7.18: Tributylzinn-Gehalt (mg/kg TS) in dem Boden-Horizont 0-10 cm und im Sediment Tiefe 1 der Untersuchungsabschnitte UA4 bis UA5 (links) und UA6 bis UA7 (rechts)²⁴

Es ist auffällig, dass in den Sedimenten der UA4 (UZ4.5, UZ4.3), UA5 (UZ5.6, UZ5.3), UA6 (UZ6.2, UZ6.3) und UA7 (UZ7.2) Tributylzinn in größeren Anteil als im Boden enthalten ist (siehe Abbildung 7.19, Anlage 1.2.7, Anlage 1.3.7, Anlage 1.4.7, Anlage 1.5.7 und Anlage 1.6.7).

²⁴ Daten vom LAU aus dem Jahr 2020 mitdargestellt

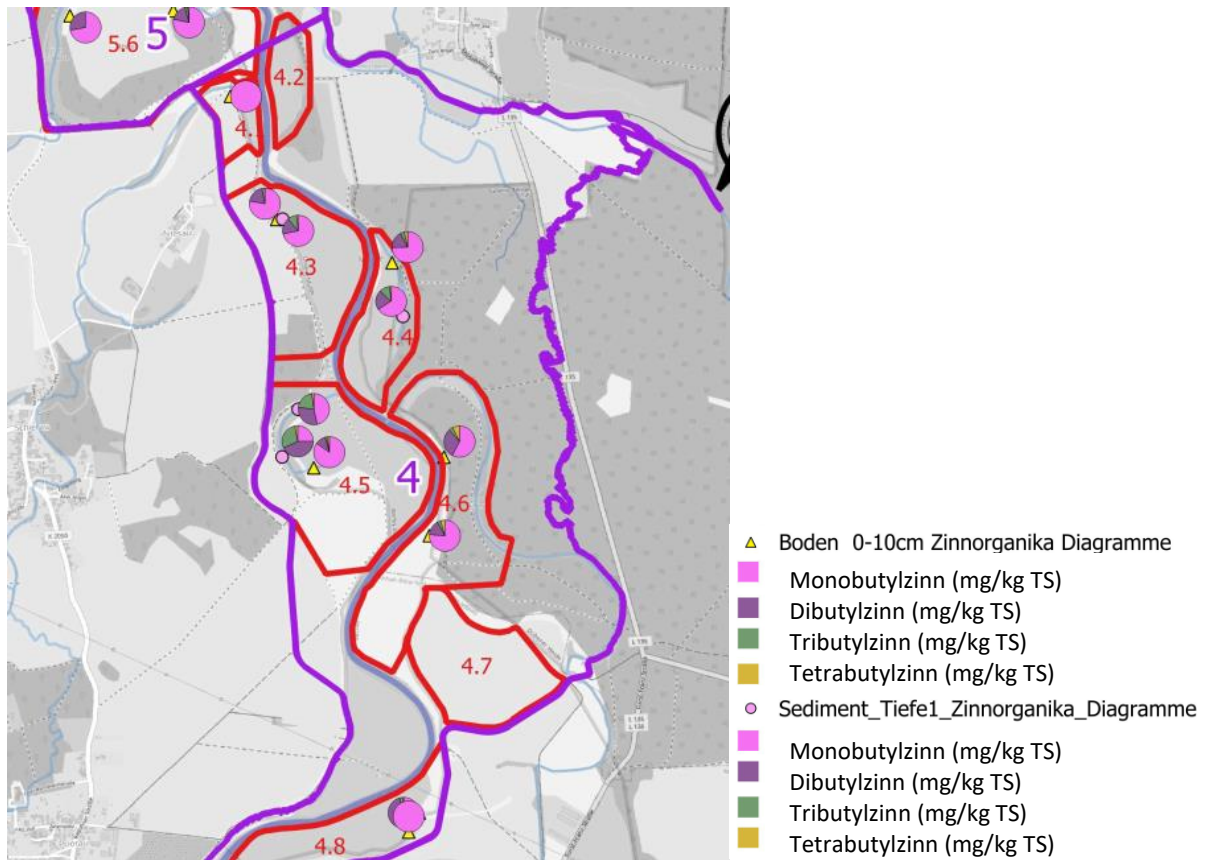


Abbildung 7.19: Zusammensetzung der Organozinnverbindungen im Boden und Sediment im Untersuchungsabschnitt UA4

7.2 Vergleich vor und nach Hochwasser

In der Abbildung 7.20 sind die Untersuchungsstellen, die bereits in der Spittelwasserstudie im Jahr 2013 vor dem Hochwasser untersucht wurden, gelb hinterlegt.

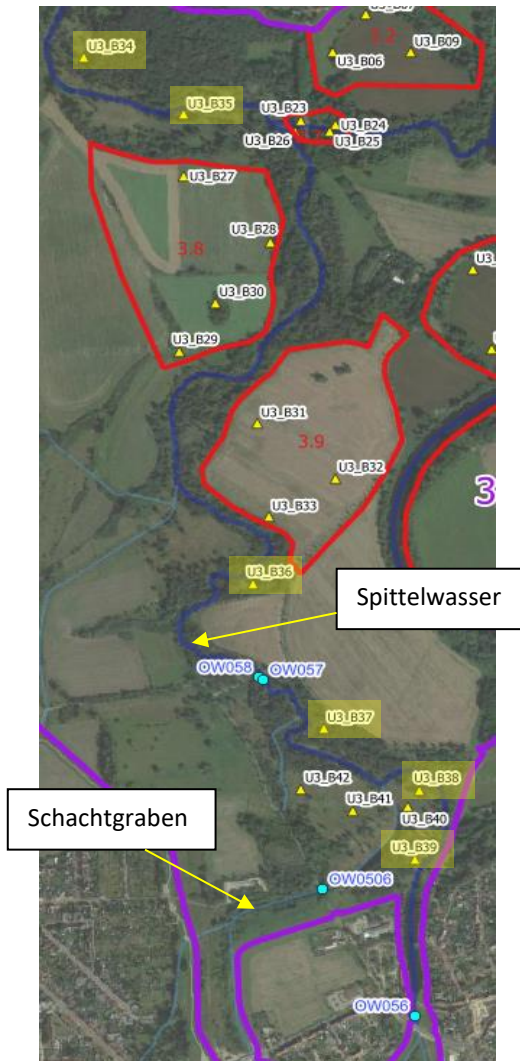


Abbildung 7.20: Untersuchungsstellen Wiederholungsuntersuchungen Spittelwasseraue U3_B34 bis U3_B39

Im Februar 2023 wurden diese Stellen wieder untersucht. Des Weiteren wurde im Februar 2024 nach dem Winterhochwasser Dezember 2023 /Januar 2024 die Untersuchungspunkte erneut beprobt.

In der Abbildung 7.21 sind die Ergebnisse für Summe HCH für die Jahre 2013, 2023 und 2024 für die Beprobungstiefe 0-30 cm logarithmisch dargestellt. Im Rahmen des Untersuchungskonzeptes [28] für die hier durchgeführten Untersuchungen wurden Beprobungspunkte für die Wiederholungsuntersuchungen herausgesucht, deren HCH-Summenkonzentration während der Spittelwasserstudie im Jahr 2013 min. 100 mg/kg TS hoch war. In Jahr 2023 zehn Jahre nach dem Sommerhochwasser 2013 wurden im

Boden der oberstromig (U3_B39) und unterstromig (U3_B34) gelegenen Messpunkte 2 bis 3 Potenzen weniger HCH nachgewiesen. Bei der U3_B35 wurde ein Rückgang von einer Potenz festgestellt.

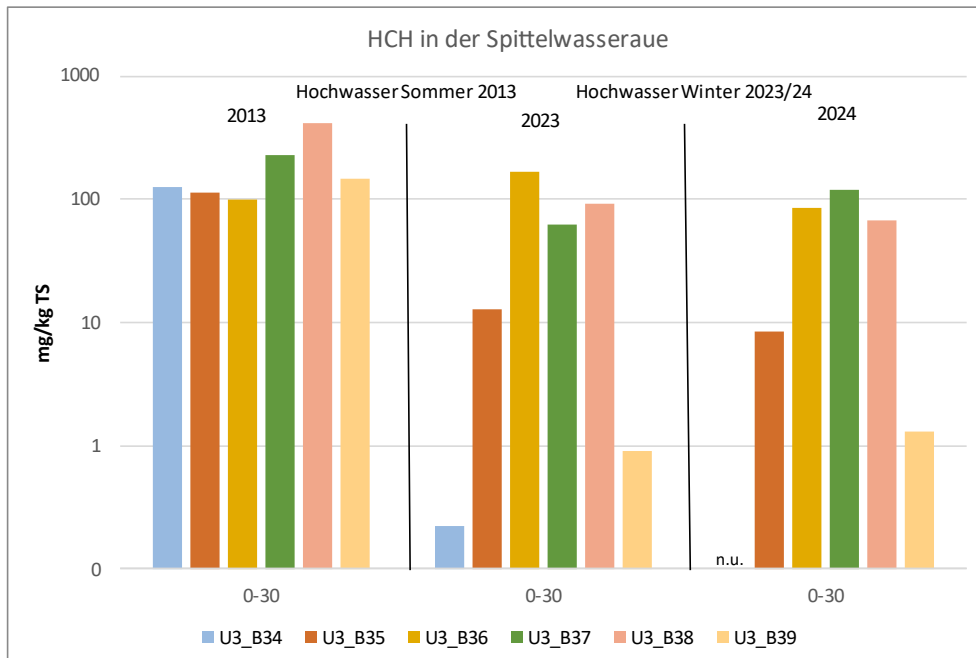


Abbildung 7.21: Vergleich der HCH-Konzentrationen in der Spittelwasseraue 2013, 2023 und 2024 vor und im Nachgang eines Hochwassers

Da die Beprobungspunkte per GPS wiedergefunden wurden, können aufgrund der Genauigkeit der GPS-Messungen auch Konzentrationsunterschiede durch Messortabweichungen nicht ausgeschlossen werden. Auffällig ist, dass das Hochwasser im Winter 2023/2024 zu keinen signifikanten Änderungen der HCH-Konzentration in der Muldeae geführt hat.

Auch für die PCDD/F wird ein Konzentrationsrückgang für die U3_B34 und ein gleichbleibendes Konzentrationsniveau für die U3_B38 nachgewiesen (vergleiche Anlage 2.1).

Für Tributylzinn und Zinnorganika ist nicht die gleiche Entwicklung zu beobachten (Abbildung 7.22). Hier ist auffällig, dass die Tributylzinn-Konzentration (0-30 cm) an den Untersuchungspunkten zwischen 2013 und 2023 um ca. eine halbe Potenz zurückgegangen ist, obwohl dies bei der Summe der Zinnorganika nicht der Fall ist. Nach dem Hochwasser im Winter 2023/2024 hat vornehmlich die Organozinnkonzentration zugenommen.

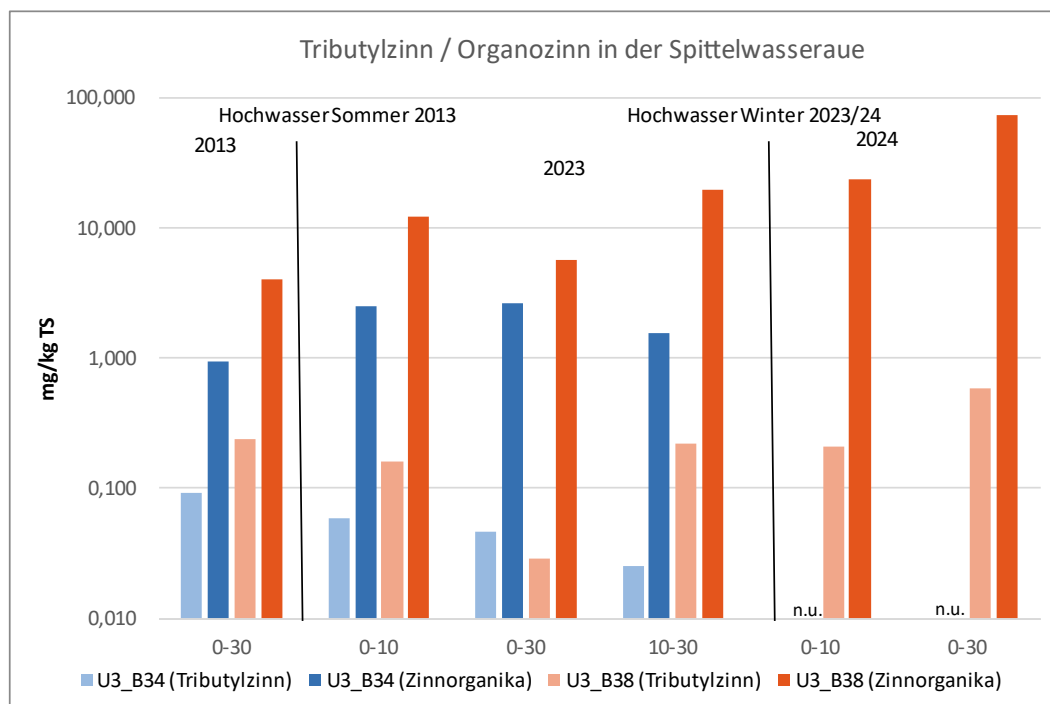


Abbildung 7.22: Vergleich der Tributylzinn- und Organozinn-Konzentrationen in der Spittelwasseraue 2013, 2023 und 2024 vor und im Nachgang des Hochwassers

Im Vergleich zu HCH, bei der die Schwankungsbreite vor und nach dem Hochwasser im Winter 2023/2024 relativ hoch ist, bleibt die Arsen- und Quecksilberkonzentration relativ konstant im Boden der Spittelwasseraue (siehe Abbildung 7.23). Es ist auffällig, dass für Summe HCH in den ersten 10 cm die Konzentration von drei Untersuchungspunkten (U3_B37, B38 und B39) um mehr als eine halbe bis eine Potenz abgenommen hat.

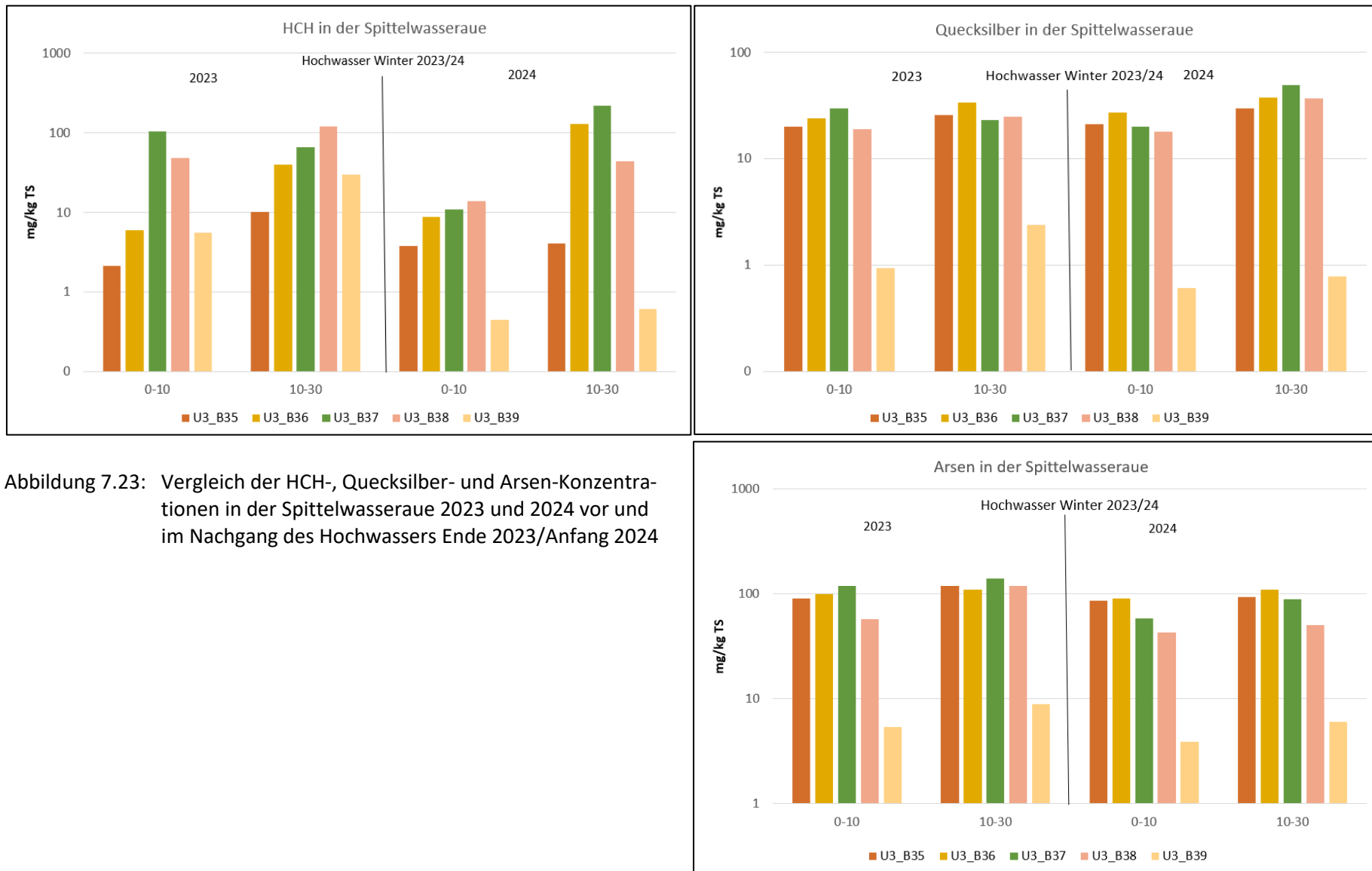


Abbildung 7.23: Vergleich der HCH-, Quecksilber- und Arsen-Konzentrationen in der Spittelwasseraue 2023 und 2024 vor und im Nachgang des Hochwassers Ende 2023/Anfang 2024

7.3 Zusammenfassung Belastungsbereiche nach Schadstoffen

Wie in dem vorherigen Kapitel beschrieben wurden für die untersuchten Schadstoffe Belastungsbereiche in den Muldewiesen und der Spittelwasseraue festgestellt. Für einige Schadstoffe sind punktuell bzw. ubiquitär hohe Konzentrationen in der Aue festzustellen und keine Belastungsschwerpunkte nachzuweisen (siehe Tabelle 7.10).

Tabelle 7.10: Zusammenfassung Belastungsbereiche im Projektgebiet

Untersuchungsabschnitt	UA1	UA2	UA3	UA4	UA5	UA6	UA7
Bereich / Schadstoff	Nördliche Muldewiesen & Randbereich zum Salegaster Forst	Salegaster Forst bis Jeßnitz	Spittelwasseraue ab Jeßnitz	Einmündung Spittelwasser in Mulde bei Priorau bis Sollnitz	Sollnitz bis Brücke A9	A9 bis Einmündung Jahnitzer Mulde bei Dessau	Dessau-Wörlitzer Brücke bis Einmündung Mulde in Elbe
Summe HCH							
Arsen							
Quecksilber							
DDT							
PCDD/F							
Organozinn							

	höchste Konzentration / Belastungsschwerpunkte
	Belastungsschwerpunkte
	ubiquitär hohe Konzentrationen
	punktuell hohe Konzentrationen
	überwiegend geringe Konzentrationen

8 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

8.1 Bewertung in Anlehnung an die BBodSchV Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und OGewV

Im Rahmen der Erstellung des Untersuchungskonzepts [28] wurden die Untersuchungstiefen im Boden (0-10 cm, 10-30 cm, 0-30 cm, 30-60 cm) entsprechend der Nutzung (Grünland, Ackerland) gemäß BBodSchV gewählt, um die Ergebnisse mit den Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze gegenüberstellen zu können. Die Untersuchungsbereiche liegen größtenteils im FFH- bzw. Naturschutzgebiet und für einen Großteil der Flächen ist die Nutzung beschränkt (siehe Abschnitt 5.2.4). Daher ist eine ordnungsrechtliche Bewertung aller Ergebnisse für Grünland im eigentlichen Sinne nicht relevant im Hinblick auf eine Gefährdungsbeurteilung. Allerdings gibt die Auswertung der Daten mit Hilfe der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV wertvolle Hinweise auf den Zustand der Flächen im Hinblick auf die Schadstoffverteilung und bzgl. ggf. zukünftiger Nutzungen.

Auf den untersuchten Ackerlandflächen werden für die Parameter Arsen, Quecksilber und Summe DDT die Prüfwerte nach BBodSchV Wirkungspfad Boden Nutzpflanze unterschritten. Dies ist zu erwarten, da die Ackerlandflächen nicht gesperrt, sondern zur Nutzung freigegeben sind.

Die Mehrzahl der Grünlandflächen dagegen sind aufgrund der Schadstoffgehalte in den Pflanzen zur Nutzung gesperrt. Sie werden allerdings zum Erhalt jährlich gemäht und der Schnitt als Mulch auf den Flächen belassen. Somit bleiben Schadstoffe, die von der Pflanze aus dem Boden aufgenommen wurden und sich in den Pflanzen angereichert haben, vor Ort erhalten.

Die Ist-Stand-Analyse der Grünlandflächen im Bezug des BBodSchV zeigt, dass diese weiterhin im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze nicht für Nutztierhaltung und Futtermittelgewinnung verwandt werden können. Die untersuchten Flächen können aufgrund des Schadstoffreservoirs (HCH, Arsen und PCDD/F) und des Schadstoffaufnahmepotenzials der Pflanzen nicht genutzt werden. Eine Anreicherung entlang der Nahrungskette (Pflanze, Nutztier, Mensch) wäre zu besorgen.

8.2 Belastungsschwerpunkte und räumliche Verteilung

8.2.1 Bewertung der Belastungssituation Hexachlorcyclohexan (HCH)

Wie bereits in der Spittelwasserstudie gezeigt wurde, sind keine nennenswerten Schadstoffreservoirs in der Mulde oder im Spittelwasser vorhanden, da diese keine Feinsedimente aufweisen. Es wurde gezeigt, dass das Spittelwasser einen geringen Einfluss auf die HCH-Fracht hat, weil bereits die Hintergrundbelastung der Mulde hoch ist. Den größten Einfluss haben Hochwasserereignisse auf die Schadstoffmobilisierung.

Die HCH-Belastungsschwerpunkte im Boden liegen in der Spittelwasseraue (UA1) und punktuell in den Muldewiesen. Vermutlich wurde in den Muldewiesen in der Vergangenheit im Hochwasserfall auch Abwasser eingeleitet. Der Nord-Leine-Kanal, welcher durch die Muldewiesen führt, hat auch zum HCH-Eintrag geführt, da dort bis 1986 ca. 30% des Abwassers des Chemiekombinats Bitterfeld in die Vorflut (Mulde) eingeleitet wurde [6]. Allerdings weisen die festgestellten HCH-Konzentrationen darauf hin, dass der Eintrag nicht im gleichen Ausmaß wie in der Spittelwasseraue erfolgte.

Mittlerweile sind die HCH-Konzentrationen im Schachtgraben und Spittelwasser weiter zurückgegangen. In der Spittelwasserstudie wurde festgestellt, dass die HCH-Fracht im Schachtgraben und Spittelwasser fast vollständig aus dem Zufluss über den SCR stammt und der Mulde unverändert weitervermittelt wird. Dies ist mittlerweile nicht mehr der Fall. Die HCH-Gehalte im Schachtgraben nehmen bis zur Einmündung in das Spittelwasser zu. Somit ist der Einfluss des Reinabwassers des Chemieparkes am SCR auf die Wasserqualität im Schachtgraben und Spittelwasser mittlerweile viel geringer geworden. Der Schachtgraben mit seinen Uferbereichen selbst muss diffus zum HCH-Eintrag in das Gewässer beitragen.

In der Spittelwasserstudie wurde angenommen, dass bei Hochwasserereignissen Schadstoffe aus Überflutungsflächen des Salegaster Forstes mobilisiert werden. Diese Vermutung wird durch die ermittelte Isomerenverteilung (Dominanz beta-HCH) gestützt. Bei den Untersuchungen des Salegaster Forstes im Jahr 2023 zeigte sich, dass dieser bzgl. HCH fast unbelastet ist und nicht für die hohe HCH-Fracht bei Hochwasser verantwortlich sein kann. Auch die punktuell hohen HCH-Gehalte im Boden können nicht die Quelle für die Schadstoffsituation im Spittelwasser sein.

Es kommen für den HCH-Eintrag ins Spittelwasser in Hochwasserfall nur nördlich vom Salegaster Forst liegende Flächen in Betracht. Dieser Bereich beinhaltet den ehemaligen Schachtgrabenverlauf bis 1986 (vergleiche Abbildung 5.4). Die gammaspektrometrischen Untersuchungen in der Spittelwasserstudie im Jahr 2013 zeigten in diesem Bereich lokal hohe HCH-Konzentrationen im Boden an. Allerdings sind diese nicht so hoch wie die Belastungsschwerpunkte in der Spittelwasseraue. Wahrscheinlich führen diese Bereiche zu diffusen HCH-Einträgen in das Spittelwassersystem bei Starkregen- und Hochwasserereignissen.

Im weiteren Verlauf der Mulde werden hohe HCH-Konzentrationen im Boden vornehmlich entlang der Mulde angetroffen. D.h. die mit HCH-belasteten Schwebstoffe haben sich i.d.R. nicht wie vermutet vornehmlich in den Altwässern & Altarmen hinein verteilt. HCH ist nicht dauerhaft in der Mulde bis zum nächsten Hochwasser festgelegt, sondern wird diffus wahrscheinlich u.a. durch Regenereignisse und natürlichen Uferabbrüchen eingetragen.

Die Kontaminationssituation in die Mulde und das Spittelwasser ist durch eine komplexe Eintragungssituation charakterisiert. Dies erschwert die punktuellen Ergebnisse mit hoher Schwankungsbreite zwischen 2 Hochwasserereignissen zu vergleichen. Einträge aus dem Reinabwassersystem des Chemieparks haben einen Einfluss auf die Wasserqualität, welche aber geringer geworden sind. HCH werden allerdings auch diffus durch den Schachtgraben selbst eingetragen. Über den SCR wird eine Grundlast mit Mittel von 0,06 µg/l Summe HCH (n=26, 03.10.23-03.09.24) eingetragen. Bis zur Einmündung der Spittelwasseraue verdreifacht sich die HCH-Konzentration im Wasser des Schachtgrabens auf ca. 0,2 µg/l (n=9, 10.01.23-14.11.23). Dieses Wasser genügt allerdings weiterhin nicht der Umweltqualitätsnorm der Oberflächengewässerverordnung (JD-UQN(OGewV) von 0,02 µg/l, ZHK-UQN(OGewV) von 0,04 µg/l). Die HCH-Konzentrationen im Schachtgraben sind aber so weit abgesunken, dass die abgesenkten Umweltziele (JD-UQN(SCR), ZHK-UQN(SCR)) seit 2014 dauerhaft eingehalten werden. Selbst wenn der HCH-Eintrag über das Reinabwassersystem des Chemieparks (SCR) vollständig unterbunden werden würde, kann die Umweltqualitätsnorm der Oberflächengewässerverordnung im Schachtgraben und Spittelwasser nicht eingehalten werden.

Die HCH-Konzentration im Schwebstoff zeigt, dass die HCH-Belastungssituation im Spittelwasser keinen unmittelbaren Einfluss auf die HCH-Belastung in der Mulde bei Dessau hat. Die Schwebstoffe bei Dessau zeigen i.d.R. dauerhaft einen ähnlichem HCH-Belastungsbereich, egal wie hoch die HCH-Schwebstoffkonzentration im Spittelwasser ausfällt. Frachtbetrachtungen im Wasser des Spittelwasser und Schachtgraben zeigen, dass die HCH-Fracht im Spittelwasser nicht mehr vornehmlich aus dem Schachtgraben stammt. Dies hängt damit zusammen, dass die HCH-Konzentrationen im SCR und somit die HCH-Frachten im Schachtgraben zurückgegangen sind. Diffuse Einträge im Bereich der Spittelwasseraue nehmen somit mehr an Bedeutung zu.

Die schematische Darstellung zu den Teilströme der HCH-Fracht aus der Spittelwasserstudie kann anhand der Untersuchungen ergänzt und aktualisiert werden (siehe Abbildung 8.1). Aber das Spittelwasser ist nicht vornehmlich für den hohe HCH-Fracht in der Mulde bei Dessau verantwortlich. Bis Priorau stammt 60-70% der HCH-Fracht aus der Mulde. Bis Dessau kamen 2021 und 2022 noch 50-75% HCH-Fracht durch diffuse Einträge aus der Mulde ab Priorau bis nach Dessau dazu. Somit trugen das Spittelwasser und die Spittelwasseraue in den Jahren 2021 und 2022 nur eine HCH-Fracht von ca. 15 bis 25 % im Wasser der Mulde in Dessau bei.

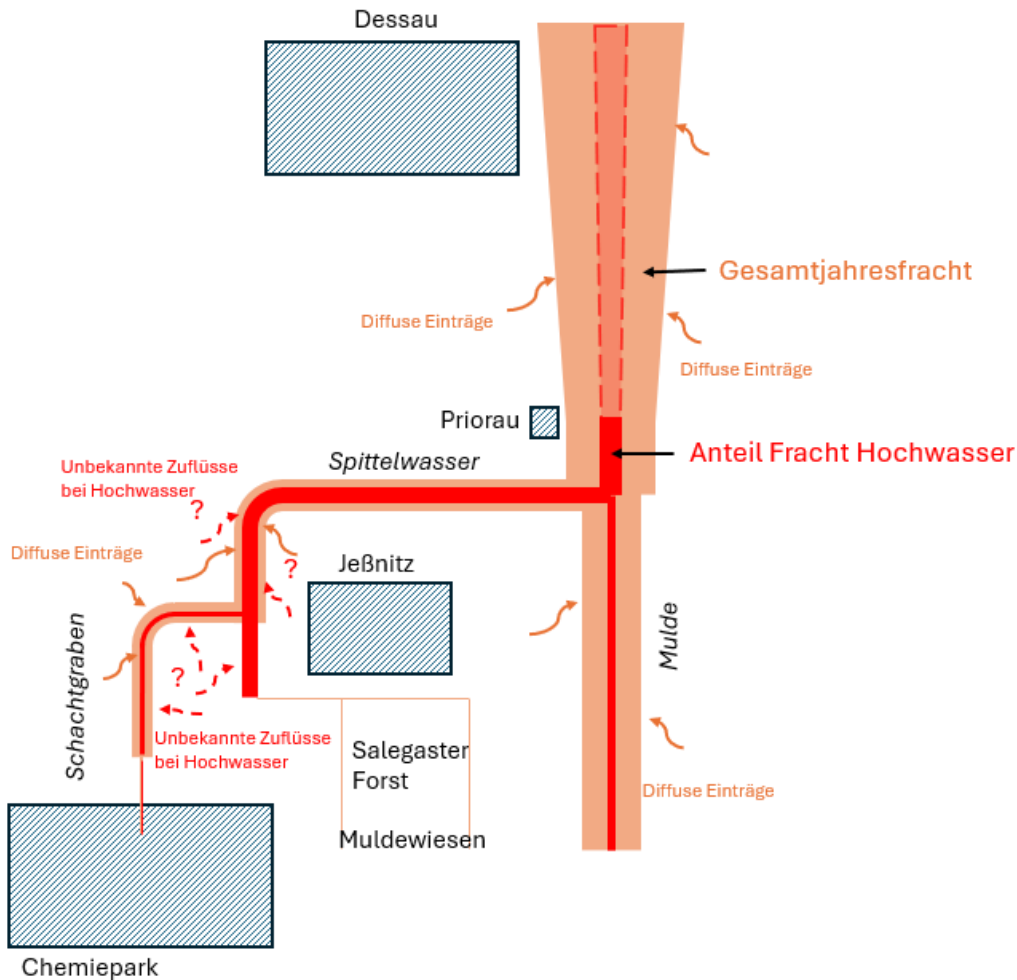


Abbildung 8.1: Aktualisierte schematische Darstellung der Teilströme der HCH-Fracht mit der Gesamtjahresfracht in orange und dem Anteil des Hochwassers (Januar 2013) in rot (Stärke der Linien proportional zum Frachtbeitrag) (Abbildung in Anlehnung an [29] und [2])

Aufgrund der Frachtzunahme im Wasser bis nach Dessau kann angenommen werden, dass auch im Hochwasserfall der Anteil der HCH-Fracht in Verlauf der Mulde ansteigen wird. Wo die Schadstoffe herühren, die zu den hohen HCH- Frachten im Spittelwasser beim Hochwasser Januar 2013 führten, kann nicht lokalisiert werden. Der Salegaster Forst stellt selbst keine Quelle für chemieparkbürtige Schadstoffe dar. Es ist zu vermuten, dass Schadstoffe aus dem Umfeld des Schachtgrabens und des ehemaligen Schachtgrabenverlaufes mobilisiert worden sind.

8.2.2 Bewertung der Belastungssituation Schwermetalle

Schwermetalle zeigen im Boden und im Sediment kein einheitliches Bild. Abhängig von der Herkunft des Schwermetalls sind unterschiedliche Verteilungen in der Muldeae festzustellen.

Hohe Arsen-Gehalte werden flächendeckend in der gesamten Muldeae nachgewiesen. Ein Belastungsschwerpunkt in der Spittelwasseraue wie beispielsweise für HCH ist für Arsen nicht nachweisbar. Auffällig ist, dass die Belastungssituation in der Spittelwasseraue (UA3) geringer als im UA1 (Muldeewiese) ist. Auch der Salegaster Forst ist mit Arsen belastet. Das erscheint plausibel, da Arsen vom Oberlauf der Mulde über den Muldestausee in die Mulde und Muldeae eingetragen wird.

Die Verteilung der Quecksilbergehalte in der Muldeae verhält sich anders als beim Parameter Arsen. Ähnlich wie Summe HCH werden Belastungsschwerpunkte in der Muldeewiese (UA1) und in der Spittelwasseraue (UA3) festgestellt. Der Salegaster Forst ist geringer belastet. Dies weist darauf hin, dass der Quecksilbereintrag wie der HCH-Eintrag erfolgt ist.

Im Boden bindet sich Quecksilber stark an Humusbestandteilen und reichert sich dort an. Daher werden im Verlauf der Muldeae geringere Quecksilberkonzentrationen angetroffen als in den Belastungsschwerpunkten Spittelwasser und Muldeewiesen. Im Altwasser östlich von Schierau (UZ4.5) sind die Sedimente nicht so stark mit Quecksilber belastet wie die Böden.

Auch Chrom und Zink wurden wahrscheinlich über das Abwasser des Chemiekombinats Bitterfeld eingetragen.

8.2.3 Bewertung der Belastungssituation DDX

DDX spielt in der Muldeae als Schadstoff nur eine untergeordnete Rolle, da die festgestellten Konzentrationen im Boden im Vergleich zum entsprechenden Prüfwert nach BBodSchV als sehr gering eingestuft werden können. Belastungsschwerpunkte konnten nicht ausgewiesen werden. Dies wird besonders deutlich, wenn man die Daten des LAU berücksichtigt, wo auch Untersuchungspunkte weiter von der Mulde entfernt und außerhalb von Senken liegen.

Ein Eintrag fand in früherer Zeit, wahrscheinlich über das Abwasser des Chemiekombinats Bitterfeld, in die Spittelwasseraue statt, worauf die höheren Konzentrationen in der Spittelwasseraue und in den Muldeewiesen hindeuten. DDT wurde auch als Insektizid bis 1984 in der Land- und Forstwirtschaft der DDR eingesetzt. Somit kommen neben den Einträgen, die vom Chemiekombinat Bitterfeld herrühren, auch Einflüsse aus der Anwendung der Produkte in der Landwirtschaft als Quellen in Frage.

Für Summe DDT gilt für den Schachtgraben ein abgesenktes Umweltziel von 0,025 µg/l, welches regelmäßig überprüft wird [2]. Seit dem Jahr 2014 werden die Umweltqualitätsnormen der OGewV für p,p-

DDT und Summe DDT²⁵ im Wasser des Schachtgrabens dauerhaft eingehalten. Bei der nächsten Überprüfung für den Bewirtschaftungszeitraum 2022 bis 2027 könnte darüber entschieden werden, ob ein abgesenktes Umweltziel für Summe DDT weiterhin notwendig ist.

8.2.4 Bewertung der Belastungssituation PCDD/F und dl-PCB

Dioxine und Furane liegen in der gesamten Mulde in höheren Konzentrationen verteilt vor. Dies wird durch die Berücksichtigung der Ergebnisse vom LAU deutlich, weil diese auch außerhalb von Senken und auch weiter von der Mulde entfernt, Bodenproben entnommen haben. Als Belastungsschwerpunkt kann die Spittelwasseraue identifiziert werden. Die PCDD/F-Konzentrationen in den Muldewiesen und Salegaster Forst fallen hingegen viel geringer aus. Dies könnte einerseits darauf hindeuten, dass weniger stark PCDD/F-belastetes Abwasser durch den Nord-Leine-Kanal eingeleitet worden ist. Andererseits könnte bei Hochwasser auch ein Teil der Belastungen stromabwärts transportiert worden sein. Auffällig ist, dass in den Untersuchungsabschnitten UA4 und UA5 wieder hohe PCDD/F Konzentrationen im Boden und Sediment detektiert wurden. Das Sediment in den Stillwasserbereichen und Altwässern/Altarmen ist in der Mulde flächendeckend mit PCDD/F belastet.

8.2.5 Bewertung der Belastungssituation Organozinnverbindungen

Monobutylzinn ist bei den Organozinnverbindungen das Hauptderivat, welches mit dem größten Konzentrationsanteil im Boden und Sediment der Mulde nachgewiesen wurde. Da die akute Toxizität von Mono- bis zu den Tri-Organozinnverbindungen ansteigt [20], wurde für die Bewertung der Konzentrationen im Boden und Sediment die Belastung durch Tributylzinn verwendet.

Auffällig ist, dass die höchsten Organozinn-Konzentrationen im Boden der Spittelwasseraue angetroffen werden, aber das Sediment in den Untersuchungsabschnitten UA4 und UA5 am stärksten belastet ist. Auch in den Untersuchungsabschnitten UA4 bis UA6 ist das Sediment i.d.R. stärker als der Boden belastet. Organozinnverbindungen werden schwebstoffgebunden transportiert und akkumulieren in Sedimenten, die im anaeroben Milieu schlechter abgebaut werden.

Tributylzinn (TBT) kann abiotisch durch UV-Licht (photolytisch) und biotisch durch Mikroorganismen zu Dibutylzinn (DBT) und Monobutylzinn abgebaut werden. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt liegt beim Abbau von Tributylzinn zum Hauptmetaboliten Dibutylzinn, welcher relativ langsam (Halbwertszeit im Süßwasser mehrere Wochen bei 20°C) abgebaut wird. Der photochemische Abbau bzw. die Halbwertszeit kann mehrere Monate betragen. [26]

²⁵ Die OGewV definiert Summe DDT als Summe der Isomere 4,4-DDT, 2,4-DDT, 4,4-DDE und 4,4-DDD

Aufgrund der schlechteren Abbaubarkeit im Anaeroben ist im Sediment ein höherer Anteil an Tributylzinn als im Boden anzutreffen. Die Sedimente fungieren somit als Depot für das Tributylzinn. Wenn die Anteile von Tributylzinn an den Zinnorganika in den Schwebstoffen, Böden und Sedimenten betrachtet werden, wird dies besonders deutlich. Es ist daher wichtig nicht nur das Tributylzinn als Derivat allein, sondern im Zusammenhang mit der Summe der Organozinnverbindungen zu betrachten. Der Anteil Tributylzinn an Summe Organozinn im Schwebstoff ist auf dem gleichen Niveau wie im Sediment. Im Boden fällt hingegen aufgrund der besseren Abbaubarkeit der Anteil von Tributylzinn an Summe Organozinn viel geringer aus.

Tributylzinn in der Muldeae stammt aus der chemischen Produktion in Bitterfeld-Wolfen, welche über den Luftpfad und Wasserpfad in die Muldeae gelangt. Die Ergebnisse aus der Wasser- und Schwebstoff-Analytik sowie Bodenuntersuchungen weisen darauf hin, dass die Organozinnverbindungen über den Wasserpfad des Schachtgrabens in die Spittelwasseraue gelangt sind, wo sie sich entlang des Spittelwassers in der Spittelwasseraue abgelagert haben.

Die Derivatzusammensetzung im Oberlauf des Spittelwassers hat sich mit der Zeit geändert (vergleiche Abschnitt 5.2.4.2.2, Seite 38). Seit dem Jahr 2020 wird kein Dibutylzinn und seit dem Jahr 2017 kein Tetrabutylzinn mehr im Wasser des Oberlaufes festgestellt. Somit kann die Konzentrationen an Dibutylzinn und Tetrabutylzinn im Wasser im Mittellauf nur aus dem Schachtgraben und/oder durch einen Austrag aus der Spittelwasseraue stammen, wobei bei normalen Abflussverhältnissen der Eintrag aus der Spittelwasseraue in das Gewässer vernachlässigt werden kann.

Die Schwebstoffanalysen im Spittelwasser und der Mulde auf Höhe von Dessau zeigen keinen Zusammenhang zwischen den angetroffenen Konzentrationen im Spittelwasser und in der Mulde an. Eine Reduzierung der Konzentrationen im Spittelwasser würde wahrscheinlich zu keiner signifikanten Verbesserung der Tributylzinn-Konzentration in der Mulde bei Dessau führen.

Für Tributylzinn gilt für den Schachtgraben und für das Spittelwasser abgesenkte Umweltziele, welche regelmäßig überprüft werden [2]. Im Spittelwasser wird das weniger strenge Umweltziel von 0,01 µg/l für Tributylzinn seit dem Jahr 2016 nicht mehr überschritten (siehe Abbildung 5.15, Seite 38). Die Tributylzinn-Konzentrationen bleiben trotz der Reduzierung der Einträge aus dem Schachtgraben und Chemiepark weiterhin hoch. Aufgrund der kontinuierlichen diffusen Einträge aus der Spittelwasseraue wird eine weitere Reduzierung der Tributylzinn-Konzentration im Spittelwasser wahrscheinlich kurzfristig nicht zu erwarten sein. Seit 2017 wird im Schachtgraben das weniger strenge Umweltziel von 0,03 µg/l dauerhaft eingehalten, weil sich die Einträge aus dem Reinabwasser des Chemieparks reduziert haben. Bei der Überprüfung des nächsten Bewirtschaftungszeitraumes (2022-2027) könnte darüber befunden werden, ob die weniger strengen Umweltziele für den Schachtgraben reduziert werden können.

8.3 Wechselwirkungen zwischen Gewässer und Aue

Bei einem naturnahen Fluss steht die Aue mit dem Gewässer in ständiger Wechselwirkung. Der Fluss, die Altwässer, Altarme und die Aue bieten aufgrund der stark unterschiedlichen Strömungsverhältnisse und Vernässungen vielseitige Habitate für unterschiedliche Arten der Flora und Fauna. Die Muldeaue ist daher zum überwiegenden Anteil auch ein FFH- und Naturschutzgebiet.

Ein kiesgeprägter Tieflandfluss wie die Mulde verläuft in Mäandern, so dass Prall- und Gleithänge entstehen, wo Ufermaterial ständig abgetragen und flussabwärts wieder sedimentiert. Es befinden sich in der Aue zahlreiche Altwässer in verschiedenen Verlandungsstadien. Zusätzlich erfolgen im Hochwasserfall weitere Mobilisierungs- und Sedimentationsvorgänge, die im Fall von schadstoffbelasteten Böden und Sedimenten zu einer weiteren Verteilung dieser Schadstoffe in der Aue führen.

Die hohen HCH- und Quecksilber-Belastungen befinden sich vornehmlich entlang des Flusses; Arsen befindet sich ubiquitär in der gesamten Muldeaue verteilt. Eine Festsetzung dieser Stoffe in Altarmen und Altwässern bis zum nächsten Hochwasser ist in der Regel nicht gegeben. Es werden bei den natürlichen Prozessen des Flusses schadstoffbelastete Uferbereiche abgetragen und flussabwärts sedimentiert, so dass dauerhaft ein diffuser Schadstoffeintrag im Fluss vorhanden ist. In den hier konzipierten Untersuchungen war ein Augenmerk auf Rinnen, Mulden und Senken in der Muldeaue gelegt worden, da dort hohe Schadstoffreservoirs vermutet wurden. Prall- und Gleithänge entlang der Mulde wurden nicht untersucht. Es wurden Bodenproben auf den unterschiedlichen Uferseiten der untersuchten Altwässer entnommen, um strömungsabhängige Ablagerungsprozesse beurteilen zu können. Aber da sich dort vergleichsweise wenig Schadstoffe nachweisen ließen, kann keine Aussage über eine unterschiedliche Belastungssituation des Prall- und Gleithangs eines Altwässers getroffen werden.

8.4 Überprüfung der Arbeitsthese

Im Rahmen des Untersuchungskonzeptes [28] wurden Arbeitsthese über das Verhalten von HCH in der Muldeaue aufgestellt (vergleiche Abschnitt 5.5), die im Folgenden überprüft und ggf. angepasst werden müssen.

Eine These war, dass bei Hochwasser Schadstoffe remobilisiert werden, die sich anschließend bei Hochwasserrückgang bevorzugt in Altwässern, Altarmen sowie Rinnen, Mulden und Senken mit geringerer Fließgeschwindigkeit wieder ablagern. Es wurde vermutet, dass sich die Schadstoffe dort bevorzugt in den Sedimenten abgelagert haben und als Hotspots identifiziertbar sind. Diese These konnte mit den Untersuchungen der Spittelwasserstudie [29] nicht überprüft werden, da sich westlich des Spittelwassers höher liegende Flächen befinden und in der Spittelwasseraue keine Altarme und Altwässer existieren. Die gammaspektrometrischen Untersuchungen aus dem Jahr 2013 zeigten allerdings, dass sich die Schadstoffe im Nahbereich in Senken und Rinnen entlang der Flusses abgelagert haben.

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass im Projektgebiet sich HCH bevorzugt im Nahbereich der Mulde entlang der Mulde in Rinnen, Mulden und Senken abgelagert haben. Lediglich in einem Altwasser im Untersuchungsabschnitt UA4 wird das in der These formulierte Schadstoffverteilungsverhalten für HCH und Quecksilber teilweise festgestellt. Aber auch in diesem Altwasser werden die höchsten HCH-Konzentrationen näher zur Mulde hin nachgewiesen. Eine flächendeckende Ausbreitung dieser beiden Schadstoffe in der Mulde ist somit nicht erfolgt.

Im Umkehrschluss stellen somit die Altwässer und Altarme, welche nicht im Nahbereich der Mulde liegen, keine Schadstoffsinken zur dauerhaften Immobilisierung der Schadstoffe dar. Bei zukünftigen Renaturierungsmaßnahmen müsste geprüft werden, ob durch die Maßnahmen aus dem Nahbereich der Mulde Schadstoffe mobilisiert werden können.

Arsen hat sich hingegen ubiquitär in der ganzen Mulde im Boden und Sediment verteilt. Die Arbeitsthese zur bevorzugten Ablagerung in Altwässern/Altarmen und Senken trifft für Arsen nicht zu. Die Ablagerungen scheinen älteren Ursprungs zu sein, da in der Untersuchungstiefe 10-30 cm höhere Konzentrationen als in den ersten 10 cm vorliegen. Dies ist mit der Herkunft der Arsenbelastungen in der Vereinigten Mulde auf die Bergbauaktivitäten bei Freiberg erklärbar. Der Muldestausee stellt eine Schwebstoffsinken dar, d.h. partikulär gebundene Schwermetalle werden dort sedimentiert. Arsen, welches lt. [15] vorwiegend gelöst transportiert wird, kann den Muldestausee im Vergleich zu den anderen Schwermetallen passieren. Aufgrund der Einstellung der bergbaulichen Tätigkeiten, wird auch weniger Arsen in die Mulde eingetragen.

Eine weitere These war, dass Altwässer, Rinnen, Mulden und Senken der Aue Schadstoffe bis zur nächsten Mobilisierung durch Hochwasser festsetzen und somit als Schadstoffsinken dienen. Wenn diese Ablagerungen überdeckt werden, könnten sich die Schadstoffreservoirs möglicherweise dauerhaft immobilisiert worden sein. Wie allerdings den Untersuchungsberichten bezüglich der Schadstoffkonzentrationen in Schwebstoffen des Gewässers und Wasser zu entnehmen ist, ist ganzjährig ein diffuser Eintrag ins Gewässer festzustellen. Eine Abdeckung mit wenig belasteten Feststoffpartikeln ist bisher nicht erfolgt.

Anders als im Rahmen der Spittelwasserstudie vermutet, erfolgt kein wesentlicher Frachteintrag durch den Salegaster Forst bei Hochwasser. Die vermuteten Belastungen im Salegaster Forst konnten durch die erfolgten Untersuchungen nicht belegt werden. Außer für Arsen liegen die Schadstoffe geländemorphologisch bevorzugt in der Rinnenstruktur der Muldewiesen vor. Bei Hochwasser werden die Muldewiesen und der dahinterliegende Salegaster Forst geflutet, so dass potentiell Schadstoffe aus dem Muldewiesen in den Salegaster Forst eingetragen werden können. Wenn die aktuelle die Schadstoffverteilung im Salegaster Forst betrachtet wird, scheint eine Mobilisierung von Schadstoffen aus den Muldewiesen (UA1) nicht vorhanden oder aus dem Salegaster Forst (UA2) bereits soweit abgeschlossen zu sein, so dass dieser nicht mehr belastet ist. Aufgrund der Konzentrationen, die in den Muldewiesen aufgetreten sind und der (ausgenommen von Arsen) vernachlässigbaren Schadstoffbelastung im Salegaster Forst, werden die festgestellten HCH-Konzentrationen aus den

Muldewiesen im Normalwasserabflussbedingungen nicht zu einer HCH-Grundlast im Wasser des Spittelwassers führen. Hierzu müsste ständig HCH aus den Muldewiesen in die Lobber und Schlangengraben eingebracht werden.

Eine weitere These war, dass sich die Schadstoffe gleichmäßig entlang der Fließstrecke der Mulde oder in einer Art "Hochwasser-Welle" ausbreiten. Mit Welle ist gemeint, dass dort wo aktuell hohe Schadstoffgehalte im Boden vorhanden sind, diese beim nächsten Hochwasser mobilisiert werden und an anderer Stelle flussabwärts wieder in der Aue abgelagert werden. Mit den hier durchgeführten Untersuchungen kann diese These mit der „Hochwasser-Welle“ belegt werden, da die Schadstoffverteilung in der Mulde nur durch eine Verfrachtung der Schadstoffe mit dem Hochwasser möglich ist. Für einzelne Schadstoffe wie Zink kann eine „wellenartige“ Verfrachtung einer länger zurückliegenden Kontamination beobachtet werden.

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen wurde gezeigt, dass die im Jahr 2013 durchgeführten gamma-spektrometrischen Untersuchungen in der Spittelwasserstudie die Belastungsbereiche Spittelwasseraue sehr gut erfassen. Alle wesentlichen Belastungsbereiche wurden damals mitkartiert. Eine Tiefenabgrenzung erfolgte mit den Untersuchungen aus dem Jahr 2013 jedoch nicht, da nur Proben bis einer Tiefe von 30 cm entnommen wurden. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen konnte eine Abgrenzung mit der Tiefe auch nicht erfolgen, da noch bei 60 cm Tiefe hohe HCH-Konzentrationen nachgewiesen wurden.

Der Boden im Salegaster Forst war bzgl. chemieparkbürtigen Schadstoffen wie HCH fast unbelastet. Die Arbeitsthese, dass im Hochwasserfall Abwasser in den Salegaster Forst eingeleitet wurde, konnte mit den durchgeführten Untersuchungen nicht bestätigt werden. Es zeigte sich allerdings, dass randlich zum Salegaster Forst in den Muldewiesen hohe Belastungen entlang einer Rinnenstruktur vorliegen. Diese Bodenbelastungen sind wahrscheinlich durch die Einleitung von Abwasser des Chemiekombinats Bitterfeld-Wolfen über den Nord-Leine-Kanal und die Leine entstanden.

Die übergreifende Arbeitsthese, dass die Entfernung von Schadstoff-Hotspots aus der Aue es einer signifikanten Verbesserung der Schadstoffgehalte in der Mulde führen kann, trifft nicht zu. Es wurde festgestellt, dass dauerhaft diffuse Einträge in das Gewässer auch jenseits von Hotspots und außerhalb von Hochwasserereignissen erfolgen und zu den hohen Schadstoffkonzentrationen in der Mulde führen.

Die Aufwuchsuntersuchungen auf den Grünflächen in den Belastungsbereichen Mulde und Spittelwasseraue im Jahr 2024 zeigen keinen Zusammenhang zwischen stärker und weniger stark belasteten Bodenbereichen an. In den Muldewiesen waren die Aufwuchsproben mit der Hälfte bis zu zwei Dritteln durch HCH-haltigen Anhaftungen wie Stäuben belastet. In der Spittelwasseraue nehmen die Pflanzen die HCH-Belastungen vermutlich vornehmlich über die Wurzeln auf, da kein Unterschied zwischen gewaschenen und ungewaschenen Proben festzustellen war. Somit gibt es keinen Hinweis, dass in der Spittelwasseraue beta-HCH über Stäube an den Pflanzen haften.

Die im Jahr 2024 festgestellten HCH-Gehalte im Aufwuchs der Spittelwasseraue korrelieren nicht mit den bisher festgestellten HCH-Gehalten im Boden. Aufwuchs auf gering belasteten Boden ist in gleicher Größenordnung belastet wie Aufwuchs aus stark belasteten Bereichen. Gegebenenfalls ist das in den Pflanzen aufgenommene beta-HCH vornehmlich im Nährstoffkreislauf der Grünlandflächen gebunden. Die Flächen werden mit dem Grünschnitt gemulcht und Schadstoffe werden somit nicht dem Nährstoffkreislauf entzogen. Da HCH an organischer Substanz des Humus binden kann, steht es den Pflanzen im nächsten Jahr wieder zur Aufnahme zur Verfügung. Bei Bodenproben werden vor der Analytik Pflanzenreste entfernt, so dass der Schadstoffgehalt ggf. nicht miterfasst wird. Geschnittene, schadstoffbelastete Gräser können im Hochwasserfall sich in der Aue verteilen. Dies würde jedenfalls erklären, dass auch bei geringbelasteten Böden hohe HCH-Gehalte im Aufwuchs festzustellen sind.

Im Untersuchungsbereich UA4.5 sind die beta-HCH-Gehalte im Aufwuchs näher zur Mulde hin höher. Dies unterstützt die Erkenntnis, dass sich HCH im Nahbereich des Gewässers ausgebreitet hat.

9 HANDLUNGSBEDARF

Die Schadstoffgehalte im Boden, Sediment und im Gewässer im Projektgebiet zeigen, dass die und ihre Aue weiterhin schadstoffbelastet sind. Bereits in der Spittelwasserstudie wurde festgestellt, dass unter Normalabflussbedingungen die Kontaminationssituation sich durch eine komplexe Eintragsituation auszeichnet. Mögliche Eintragspfade sind neben dem Zufluss aus dem Chemiepark auch die Mobilisierung von Sedimenten aus dem Schachtgraben sowie die Mobilisierung von schadstoffhaltigen Ablagerungen aus den Uferbereichen von Schachtgrabens und Spittelwasser, Einträgen durch Regenwasserabflüsse aus dem Auenbereich sowie die Mobilisierung von schadstoffhaltigen Böden und ggf. Pflanzenresten bei Hochwasser. Die Schadstoffe sind diffus in der Muldeaue verteilt. Es konnten zwei Belastungsschwerpunkte identifiziert werden, die Spittelwasseraue (1) und die Muldewiesen (2). Die Kontamination steht im direkten Zusammenhang mit den Abwassereinleitungen aus der historischen Chemieindustrie am Standort Bitterfeld-Wolfen. Es konnte gezeigt werden, dass die Schadstoffgehalte in den Muldewiesen keinen Einfluss auf die Schadstoffsituation des Salegaster Forstes hat.

Die Eintragsituation durch das Reinabwasser des Chemieparks hat sich seit dem Jahr 2013 signifikant verbessert. Die diffusen Einträge aus belasteten Ufer- und Nahbereichen des Schachtgrabens und des Spittelwassers nehmen daher an Bedeutung zu. Der Belastungsbereich der Spittelwasseraue konnte im Jahr 2013 mit gammaspektrometrischen Untersuchungen sehr gut visualisiert und eingegrenzt werden. Da die Muldeaue selbst den überwiegenden Frachtanteil an Schadstoffeinträgen in das Gewässer beisteuert (HCH-Fracht Mulde: 60-70 % und Spittelwasser: 30-40 % vor Priorau; zuzüglich 50-75 % HCH-Fracht durch die Mulde nach Priorau), würde das Entfernen der Schadstoffe aus dem Boden der Spittelwasseraue zu keiner wesentlichen Verbesserung der Wasserqualität und somit zu einem guten chemischen Zustand führen. Durch natürliche Prozesse verändern sich die Uferbereiche und der Fluss ständig. Dies führt zu einer ständigen diffusen Eintragsituation in die Mulde.

Seit Aufhebung der Gefahrenabwehrverordnung im Jahr 2004, welche zuvor Nutzungsbeschränkungen für bestimmte Flurstücke festgelegt hat, wurden aufgrund der Schadstoffsituation im Aufwuchs keine neuen Flächen einer Nutzung als Grünland- oder Ackerlandfläche zugeführt. Dies wird aufgrund der Schadstoffsituation auch in Zukunft nicht möglich sein. Dies trifft vornehmlich auf die Schadstoffe beta-HCH, Arsen, Cadmium und Dioxine und Furane zu, welche regelmäßig in sehr hohen Konzentrationen vom Veterinäramt des LK ABI im Aufwuchs von Grünlandflächen nachgewiesen werden. Die durch die LLG erfolgten Aufwuchsuntersuchungen in den Belastungsbereichen weisen darauf hin, dass weiterhin ein Handlungsbedarf bzgl. der Grünlandflächen aufgrund hoher beta-HCH und Cadmium-Gehalte besteht. Nicht nur, dass der Aufwuchs des Grünlands oberhalb einer belasteten Bodenfläche stark mit beta-HCH belastet ist; auch der Aufwuchs auf den weniger belasteten benachbarten Flächen kann den festgelegten Höchstwert für beta-HCH für Futtermittel im gleichen Maße überschreiten. Die Untersuchungen des LLG geben erste Hinweise, dass Stäube wahrscheinlich nicht maßgeblich dafür verantwortlich sind. Daher ist es wichtig, sich mit dem zukünftigen Umgang mit dem belasteten Aufwuchsmaterial zu befassen. Bisher müssen die Bewirtschafter zum Freihalten der Flächen den Aufwuchs mähen. Das Pflanzenmaterial bleibt als Mulch auf den Flächen liegen, so dass die aufgenommenen Schadstoffe wieder schnell dem Nährstoffkreislauf zugeführt werden.

Die Schadstoffe, die sich mittlerweile in der Mulde verteilt haben, führen dauerhaft zu diffusen Einträgen in die Mulde. Um die Schadstoffkonzentration in die Mulde zu minimieren, wird es nicht ausreichen, die Einträge aus der Spittelwasseraue zu reduzieren. Die HCH-Konzentrationen im Wasser und den Schwebstoffen bei Priorau und Dessau zeigen, dass es keine Korrelation zwischen den beiden Messpunkten gibt. Da die HCH-Fracht bei Priorau nur zu 30-40 % aus der Spittelwasseraue stammt und nach Priorau noch zusätzlich bis zu 75 % HCH-Fracht entlang der Mulde eingetragen wird (siehe Abbildung 8.1, Seite 114), wird es zu keiner wesentlichen Schadstoffverbesserung im Gewässer Mulde bei Dessau führen, wenn die Schadstoffe aus der Spittelwasseraue entfernt werden. Des Weiteren muss beachtet werden, dass die Isomerenverteilung im Wasser darauf hinweist, dass die Wasserqualität im Spittelwasser maßgeblich durch den Zufluss des Schachtgraben beeinflusst wird. Die Einträge aus dem Schachtgraben sind auch diffuser Art.

Für Ackerland ist für HCH kein Prüf- oder Maßnahmenwert in der BBodSchV festgelegt worden. Für Arsen, Quecksilber und DDT sind die Prüfwerte für die bestehenden Ackerlandflächen eingehalten worden. Von den untersuchten Ackerlandflächen geht aktuell keine Gefährdung aus, da diese die Prüf- und Maßnahmenwerte im Boden einhalten.

Um die Wasserqualität der Mulde zu verbessern, dass die Vorgaben der WRRL und OGewV eingehalten werden, müssten Maßnahmen zur Verringerung von diffusen Einträgen aus der Aue ergriffen werden.

10 ABLEITUNG VON MAßNAHMEN

Anhand der gewonnenen Ergebnisse sollen Maßnahmen zur Schadstoffminimierung und Verringerung des Eintrages von Schadstoffen in die Mulde zwischen Bitterfeld und der Mündung in die Elbe abgeleitet werden, welche zu einem guten chemischen und guten ökologischen Zustand gemäß EU-WRRL und OGewV der Mulde mit verhältnismäßigen Mitteln führen.

Um einen guten Zustand des Gewässers zu erhalten, müssten Maßnahmen umgesetzt werden, welche die Schadstoffkonzentrationen im Gewässer dauerhaft reduzieren. Maßnahmen, welche die Schadstofffracht im Hochwasserfall reduzieren sind nicht geeignet, da aufgrund der Verdünnungseffekte die Schadstoffkonzentrationen im Gewässer im Vergleich zur Normalabflussbedingungen niedrig sind. Daher sind gemäß [29] mögliche Maßnahmen mit dem Ziel der Erreichung des guten chemischen Zustands primär auf der Grundlage der Normalabflussbedingungen abzuleiten bzw. zu bewerten, da diese aufgrund der höheren Konzentrationsniveaus für mögliche Überschreitungen der UQN maßgeblich sind.

Um die Schadstoffkonzentration im Gewässer zu reduzieren, müssten die diffusen Schadstoffeinträge bei Normalabflussbedingungen parallel für alle Teilbereiche reduziert werden. Hierfür müssten technische Maßnahmen zur Unterbindung des Schadstoffeintrags wie beispielweise Bodenaustausch und Ufersicherungen gegen Bodenabtrag umgesetzt werden. Einerseits ist es technisch unmöglich, die diffusen Schadstoffeinträge aus den Uferbereichen der gesamten Mulde zu unterbinden. Andererseits stehen die technischen Maßnahmen im starken Widerspruch zum Erhalt der naturschutzrechtlich geschützten Mulde, wo in den vergangenen Jahren bereits Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Die großflächig nötigen technischen Maßnahmen zur Erlangung eines guten chemischen Zustandes würden den ökologischen Zustand stark beeinträchtigen und die naturschutzrechtlich geschützten Flussniederungen weitestgehend zerstören.

Aufgrund der der schweren Abbaubarkeit der vorliegenden Schadstoffe sind naturnahe Verfahren wie Phytosanierung und Verbesserung des natürlichen Abbaus (Enhanced Natural Attenuation (ENA)) nicht geeignet die Umweltziele des guten chemischen Zustandes zeitnah zu erreichen. Eine Phytosanierung würde auch aus artenschutzrechtlicher Sicht im FFH- und Naturschutzgebiet nicht umsetzbar sein, da damit ein Verlust von Grünlandflächen einhergeht, welche Lebensräume von zu schützenden und vom Aussterben bedrohten Arten wie beispielsweise der Wachtelkönig darstellen. Ein Ausgleich für diese Flächen wäre schwer möglich.

Es können keine eindeutigen Bereiche identifiziert werden, an denen mit verhältnismäßigen Mitteln die Schadstoffnachlieferung so weit reduziert werden kann, so dass stromabwärts eine signifikante Verbesserung der Gewässerqualität erreicht werden kann. Somit verbleibt als mögliche Maßnahme der Umgang mit der vorhandenen Belastungssituation im Rahmen eines Auenmanagements.

11 EMPFEHLUNGEN

Auch wenn nicht mit verhältnismäßigen Mitteln die Schadstoffnachlieferung in das Gewässer unterbunden werden kann, sind neben dem regelmäßigen Monitoring der Schadstoffkonzentrationen und -frachten im Gewässer u.E. weitere Maßnahmen erforderlich.

Die Entnahme von schadstoffbelasteten Pflanzenmaterial der Aue kann zu einer langfristigen sukzessiven Verbesserung der Schadstoffsituation in der Aue und schlussendlich im Gewässer führen. Da zum Erhalt der Auenlandschaft als Habitat für verschiedene Arten die Grünlandflächen regelmäßig gemäht werden, sollte sich weiter mit dem Umgang des schadstoffbelasteten Pflanzenmaterials befasst werden. Aktuell stehen die Schadstoffe durch das Mulchen dem Nährstoffkreislauf zeitnah wieder zur Verfügung und werden dem System nicht entzogen. Die gemähten Pflanzen zu deponieren, wäre aufgrund der Mengen kostenintensiv. Man könnte die Pflanzen mit Hilfe von mobilen Kleinkompostieranlagen vor Ort kompostieren, um die Mengen zu reduzieren und dann die Reste zu entsorgen. Besser wäre allerdings die Verwertung in einer Biogasanlage, da die Pflanzenmaterialien nicht vor Ort verbleiben und somit bei Hochwasser die Pflanzenreste nicht weggeschwemmt werden können.

Da sich bei Renaturierungsmaßnahmen die Morphologie des Flusses verändert, sollte vor Umsetzung der Maßnahmen die Schadstoffsituation vor Ort untersucht werden. Es sollte vorab geklärt werden, wie mit dem schadstoffbelasteten Material vor Ort umgegangen wird, wenn ein Seitenarm wieder an die Mulde angebunden wird. Auch die Wiederherstellung eines natürlichen Ufers, wie bei Retzau bereits durchgeführt, setzt natürliche Veränderungsprozesse des Flussufers wieder in Gang. Dies führt dazu, dass ggf. schadstoffbelastete Böden und Uferbereiche mobilisiert werden. Eine Überprüfung und Abwägung von Nutzen (Brutmöglichkeiten von Vögeln) und Schaden (Mobilisierung von Schadstoffen) sollte im Vorfeld solcher Maßnahmen durchgeführt werden, da das Verschlechterungsverbot gilt.

Da eine Entfernung von Hotspots keine zeitnahe Lösung herbeiführen kann, ist es wichtig aufgrund der Belastungssituation, ein Augenmerk auf die Entwicklung eines Auenmanagements zu legen. Die durchgeführten Boden- und Sedimentuntersuchungen stellen eine erste Grundlage dar. Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass bestehende Nutzungsbeschränkungen vermutlich aufrechterhalten werden müssen. Im Rahmen des Auenmanagements sollten die notwendigen Anforderungen an die Pflegemaßnahmen auf Grünlandflächen mit den Bewirtschaftern und Eigentümern sowie den Umweltbehörden abgestimmt werden. Ggf. ist eine Art Schadstoffüberwachung im Aufwuchs nötig, um als Maßnahme ggf. die bestehende Nutzung anpassen zu können.

Wir empfehlen für Ackerland- und Grünlandflächen, die durch Deichverlegungen in der Muldeaue dazu gekommen sind oder noch kommen werden, Ausgangswerte im Boden zu bestimmen. Aufgrund der langen erzgebirgischen Bergbaugeschichte können auch Flächen außerhalb von Deichen eine Vorbelastung mit Schwermetallen aufweisen.

CDM Smith SE
2024-10-30

i.V. 

Dipl.-Geol. Jens Heyden
Qualitätsicherung

erstellt:

i.A. 

Dr. Rosemarie Leonhardt
Projektleiterin

i.V. 

M. Sc. Carsten Schumacher
Projektmanager