

BfG-1757

# Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe

## Abschlussbericht

Bearbeitungszeitraum März 2008 – August 2011

Koblenz, den 17.09.2012

Auftraggeber: Hamburg Port Authority

SAP Nr.: M 39610304019

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung  
und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BfG.



**Bearbeiter(Innen) in der BfG:**

Federführung: Dr.-Ing. Axel Winterscheid

**Fachliche Bearbeitung:**

Hydrologie: Dr.-Ing. Axel Winterscheid

Morphologie: Dr.-Ing. Axel Winterscheid

Schadstoffe, HABAK: Dr. Birgit Schubert

Dr. Uwe Hentschke

Sauerstoff-/Nährstoffhaushalt: Andreas Schöl

Ökotoxikologie: Steffen Warendorf

Illona Kirchesch

FFH, Schutzgebiete: Dr. Heike Büttner



# Inhaltsverzeichnis

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>1</b>
<b>1 VERANLASSUNG</b>	<b>5</b>
1.1 PLANUNG UND EINVERNEHMEN ZUM SEDIMENTFANG	7
1.2 MONITORINGKONZEPT SEDIMENTFANG	7
1.2.1 Gliederung des Auswerteprogramms .....	8
1.2.2 Durchgeführtes Monitoringprogramm .....	8
1.3 INHALTE UND GLIEDERUNG DES GESAMTBERICHTS	13
<b>2 FREIGABEUNTERSUCHUNGEN (EBENE 1) UND UNTERHALTUNG DES SEDIMENTFANGS VOR WEDEL</b>	<b>15</b>
2.1 MITTLERE KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTABLAGERUNGEN IM SEDIMENTFANG	16
2.2 STOFFHAUSHALT UND SCHADSTOFFBELASTUNG	18
2.2.1 Zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen .....	18
2.2.2 Beurteilung der Schwermetallgehalte .....	23
2.2.3 Beurteilung der organischen Schadstoffgehalte und TBT .....	23
2.3 NÄHRSTOFFE	24
2.4 ÖKOTOXIKOLOGISCHES POTENZIAL	26
2.5 UNTERHALTUNGSBAGGERGUTMENGEN	29
<b>3 ÜBERPRÜFUNG DER AUSWIRKUNGSPROGNOSEN (EBENE 2)</b>	<b>31</b>
3.1 AUSWIRKUNGEN SEDIMENTFANG AUF BAGGERGUTMENGENENTWICKLUNG IM BEREICH HAMBURGER HAFEN	34
3.2 WIRKSAMKEIT SEDIMENTFANG AUF SUSPENSIONSTRANSPORT UND SOHLSNAHEN SEDIMENTTRANSPORT	40
3.3 HERKUNFT DER SEDIMENTABLAGERUNGEN IM SEDIMENTFANG	42
3.3.1 Marine/fluviatile Anteile bei den Sedimentablagerungen .....	46
3.3.2 Einfluss durch Baggergutumlagerung vor Neßsand.....	48
3.4 TURBULENZ	50
<b>4 ZUSAMMENFASSUNG DER WESENTLICHEN ERKENNTNISSE ZUM PROZESSVERSTÄNDNIS (EBENE 3)</b>	<b>51</b>
4.1 ZUSAMMENFASSUNG PROZESSVERSTÄNDNIS	51
4.2 SCHWEBSTOFFZUSAMMENSETZUNG UND -KONZENTRATION	53
4.2.1 Schwebstoffzusammensetzung .....	53

4.2.2	<i>Schwebstoffkonzentrationen und Transportbilanzen</i> .....	56
4.3	SEDIMENTINVENTAR	61
4.4	SOHLHÖHENÄNDERUNG UND EINFLUSSGRÖßEN AUF DAS SEDIMENTATIONSGESCHEHEN	66
4.4.1	<i>Sohlhöhenänderung</i> .....	66
4.4.2	<i>Einflussgrößen auf das Sedimentationsgeschehen</i> .....	68
4.5	EINFLUSSGRÖßEN AUF DIE SEDIMENTQUALITÄT	72
4.6	RESIDUELLE TRANSPORTRICHTUNGEN	73
<b>5</b>	<b>ABSCHLIEßENDE BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DES SEDIMENTFANGS</b>	<b>79</b>
5.1	ÜBERBLICK ÜBER DIE ZU PRÜFENDEN ZIELSTELLUNGEN UND WIRKSAMKEITEN	80
5.2	WIRKSAMKEIT REDUKTION BAGGERGUTMENGE IM HAMBURGER HAFEN	81
5.3	WIRKSAMKEIT UNTERSTÜTZUNG BAGGERSCHWERPUNKT WEDEL	81
5.4	REDUZIERTE SCHADSTOFFBELASTUNG DER SEDIMENTE	86
5.5	AUSWIRKUNGEN AUF UMWELT UND SCHUTZGEBIETE	87
5.6	ZUSAMMENFASSUNG	89
<b>6</b>	<b>EMPFEHLUNGEN</b>	<b>91</b>
6.1	UNTERHALTUNGSSTRATEGIE SEDIMENTFANG WEDEL	92
6.2	STANDORT UND BEMESSUNG SEDIMENTFANG WEDEL	94
6.2.1	<i>Herstellungstiefe</i> .....	95
6.2.2	<i>Sedimentfanggeometrie</i> .....	98
6.3	EINBINDUNG IN UMLAGERUNGSSTRATEGIE TIDEELBE	98
6.4	BEURTEILUNG MONITORINGKONZEPT	100
6.5	ZUSAMMENFASSUNG DER EMPFEHLUNGEN	102
<b>7</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>104</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG</b>	<b>107</b>

# Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1-1: Übersicht über das am Sedimentfang vor Wedel durchgeführte Monitoringprogramm, Gesamtanzahl Naturmessprogramm bis einschließlich Dezember 2011 und Übersicht über vorgenommene Modifikationen am Monitoringkonzept bzw.-programm .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabelle 1-2: Übersicht über Termine, Zeiträume und die wesentlichen Inhalte der Berichterstattung über den Sedimentfang vor Wedel.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabelle 2-1: Schadstoffe, die aufgrund Richtwertüberschreitung nach HABAK-WSV (BfG, 1999) bzw. GÜBAK (ANONYMUS, 2009) eine Einstufung des Baggergutes in den Fall 3 bewirkt haben.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabelle 2-2: Mittelwerte (2008-2011) der mittleren Schadstoffbelastung von Sedimenten im potenziellen Unterhaltungsbaggergut .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabelle 2-3: Übersicht über die im Sedimentfang bei Wedel festgestellten ökotoxikologischen Belastungspotentiale von August 2005 bis März 2011. Dargestellt ist die Anzahl bzw. Häufigkeit der jeweils festgestellten Toxizitätsklassen der limnischen und der marinen Biotestpalette.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabelle 2-4: Zusammensetzung der Laderaumvolumen [m<sup>3</sup>] und Feststoffmassen [t Trockensubstanz, TS] an umgelagerten Sedimenten aus Herstellung und Unterhaltung Sedimentfang. Zusätzlich erfasst ist das WSV-seitige Unterhaltungsbaggergut aus Sicherung Fahrwassertiefe im Baggerabschnitt Wedel.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabelle 3-1: Zusammenfassende Beurteilung der Auswirkungsprognosen .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabelle 4-1: Übersicht über die verschiedenen Messkampagnen zur Erfassung der Feststofftransportverhältnisse im Untersuchungsgebiet .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabelle 5-1: Zusammenfassung der Beurteilungen zu verschiedenen Wirksamkeiten des Sedimentfangs.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabelle 6-1: Mittelwert der maximalen Mächtigkeit der Sedimentablagerungen im Sedimentfang (theoretische Betrachtung).....</b>	<b>95</b>

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1-1: Übersichtskarte Tideelbe (BfG, 2008d) .....</b>	<b>5</b>
<b>Abbildung 1-2: Baggergutmengenentwicklung in der Delegationsstrecke (Quelle HPA).....</b>	<b>6</b>
<b>Abbildung 2-1: Probenahmeraster und IST-Positionen am Beispiel der Probenahme am 17.03.2009 im Zuge einer Freigabeuntersuchung.....</b>	<b>16</b>
<b>Abbildung 2-2: Korngrößenzusammensetzung der frischen Sedimentablagerungen im Sedimentfang im Vergleich zu Nullbeprobung Gewässersohle (März 2008), Probenahme durch Entnahme von Sedimentkernen (Abbildung in Anlehnung an BfG, 2012a).....</b>	<b>17</b>
<b>Abbildung 2-3: Gesamt-Stickstoffgehalt in den untersuchten Sedimentkernen der Freigabeuntersuchungen im Zeitraum 2008 – 2010. Der rote Balken gibt den Richtwert 1 für Stickstoffgehalt nach den GÜBAK (ANONYMUS, 2009) an.....</b>	<b>24</b>
<b>Abbildung 2-4: Gesamt-Phosphorgehalt in den untersuchten Sedimentkernen der Freigabeuntersuchungen im Zeitraum 2008 – 2010. Der rote Balken gibt den Richtwert 1 für Phosphorgehalt nach den GÜBAK (ANONYMUS, 2009) an.....</b>	<b>25</b>
<b>Abbildung 2-5: Korrelation der Gesamt-Stickstoff- und Gesamt-Phosphorgehalte mit den TOC-Anteilen in den beprobten Sedimentkernen. ....</b>	<b>25</b>
<b>Abbildung 2-6: Korrelation der Gesamt-Stickstoff- und Gesamt-Phosphorgehalte mit den Anteilen in der Feinkornfraktion &lt; 20 µm in den beprobten Sedimentkernen.....</b>	<b>26</b>
<b>Abbildung 3-1: Lage der untersuchten Kontrollräume im Hamburger Hafen zur Bestimmung der Sedimentationsraten zu Zeiten eines voll hergestellten (aktiver Zustand) bzw. eines stark gefüllten Sedimentfangs (nicht-aktiver Zustand).....</b>	<b>36</b>
<b>Abbildung 3-2: Sedimentationsraten im Hafengebiet Köhlfleet in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte). ....</b>	<b>37</b>
<b>Abbildung 3-3: Sedimentationsraten im Hafengebiet Parkhafen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte). ....</b>	<b>37</b>
<b>Abbildung 3-4: Sedimentationsraten im Hafengebiet Vorhafen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte). ....</b>	<b>38</b>
<b>Abbildung 3-5: Sedimentationsraten im Hafengebiet Sandauhafen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte). ....</b>	<b>38</b>
<b>Abbildung 3-6: Sedimentationsraten im Hafengebiet Rethe in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte). ....</b>	<b>39</b>
<b>Abbildung 3-7: Cadmium- und Quecksilbergehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedimentfang und in Proben der Dauermessstationen Wedel und Bützfleth (2008 – 2011).....</b>	<b>43</b>
<b>Abbildung 3-8: HCB- und PCB7-Gehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedimentfang und in Proben der Dauermessstationen Wedel und Bützfleth (2008 – 2011).....</b>	<b>44</b>

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 3-9: Zeitliche Verlauf der Belastung mit PCB 153 in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.....</b>	<b>47</b>
<b>Abbildung 3-10: Zeitliche Verlauf der Belastung mit <math>\alpha</math>-HCH in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.....</b>	<b>47</b>
<b>Abbildung 3-11: Entwicklung mittlere Sohlhöhenänderungsrate vs. auf der Verbringstelle Neßsand umgelagerte Baggergutmengen [in m<sup>3</sup> Profilaß], Zeiträume der Unterhaltung des Sedimentfangs Wedel sind schraffiert dargestellt.....</b>	<b>49</b>
<b>Abbildung 4-1: Korngrößenverteilung der mittels Pumpproben erfassten Schwebstoffe der Kampagne vom 15.03.2011. Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt.....</b>	<b>53</b>
<b>Abbildung 4-2: Korngrößenverteilung der mittels Pumpproben erfassten Schwebstoffe, der Kampagnen aus den Jahren 2008 und 2009. Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt, aus BfG (2011a) .....</b>	<b>54</b>
<b>Abbildung 4-3: Oberwasserverhältnisse im Vorfeld der Entnahme von Pumpproben .....</b>	<b>55</b>
<b>Abbildung 4-4: Vergleich der sohnahen Schwebstoffkonzentrationen in Pumpproben stromauf und stromab des Sedimentfangs, Kampagnen vom 15. März 2011 und 18. Mai 2010 (untere Abbildung aus BfG, 2011a), Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt.....</b>	<b>58</b>
<b>Abbildung 4-5: Vergleich der oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen in Pumpproben stromauf und stromab des Sedimentfangs, Kampagnen vom 15. März 2011 und 18. Mai 2010 (untere Abbildung aus BfG, 2011a), Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt .....</b>	<b>60</b>
<b>Abbildung 4-6: Photo der Mittelsandauflage im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs, Datum Februar 2011 .....</b>	<b>62</b>
<b>Abbildung 4-7: Korrespondierende Jahrgänge zwischen den Gewichtsanteilen der Fraktion &lt; 20 <math>\mu</math>m an der Gesamtprobe (obere Abbildung) und dem TOC Gehalt (untere Abbildung), Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.....</b>	<b>63</b>
<b>Abbildung 4-8: Möglicher Jahrgang in der Fraktion des größeren Feinsandes (100 – 200 <math>\mu</math>m) im Zeitraum Juli 2008 bis August 2010, nicht erkannt im Winter 2010/2011, Auswertung durch HPA .....</b>	<b>64</b>
<b>Abbildung 4-9: Einfluss von Wassertemperatur und Oberwasserzufluss auf den Feinsedimentanteil (Fraktion &lt; 20 <math>\mu</math>m), Greiferproben von frischen Sedimentablagerungen (17 Probenahmen im Zeitraum 1. Juli 2008 bis 17. September 2011).....</b>	<b>65</b>
<b>Abbildung 4-10: Zeitliche Entwicklung der Mittelsandanteile im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA, ergänzt durch die Zeitpunkte von Hochwasserwellen im Oberwasserzufluss (markiert als vertikale Striche in rot).....</b>	<b>65</b>

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 4-11: Zeitreihe der mittleren Sohlhöhenänderungsrate bzw. Sohllage im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs, Zeitraum Juni 2008 bis August 2011. ....</b>	<b>67</b>
<b>Abbildung 4-12: Zeitreihen der mittleren Sohlhöhenänderungsrate, des Oberwasserzufluss am Pegel Neu Darchau und der Wassertemperatur im Untersuchungsgebiet im Zeitraum Juni 2008 bis August 2011 .....</b>	<b>69</b>
<b>Abbildung 4-13: 90% Quantil der flutgemittelten (linke Abbildung) und der ebbgemittelten (rechte Abbildung) in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss.....</b>	<b>70</b>
<b>Abbildung 4-14: Oberwasserzufluss vs. Sohlhöhenänderung (links) und Wassertemperatur vs. Sohlhöhenänderung (rechts) in zwei benachbarten Rasterfeldern (E-Mitte und F-Mitte) im Zentrum des Maßnahmenbereichs des Sedimentfangs Wedel.....</b>	<b>71</b>
<b>Abbildung 4-15: Einfluss Oberwasserzufluss auf Sohlhöhenänderung und Schadstoffbelastung von schwebstoffbürtigen Sedimenten am Beispiel von Cadmium .....</b>	<b>72</b>
<b>Abbildung 4-16: Flut- und ebbestromdominante Bereich im Elbeabschnitt Wedel aus BAW (2007) .....</b>	<b>74</b>
<b>Abbildung 4-17: Sohlnahe Transportdominanzen des Feststoffhaushaltes (Sedimente und Schwebstoffe) im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs .....</b>	<b>76</b>
<b>Abbildung 4-18: Oberflächennahe Transportdominanzen des Feststoffhaushaltes (Sedimente und Schwebstoffe) im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs .....</b>	<b>77</b>
<b>Abbildung 5-1: Entwicklung der Mengen an gebaggerten Feinsedimenten (nur feinsandig / schluffiges Unterhaltungsbaggergut) von 2001 bis 2011 gemäß Baggergutmengenstatistik der WSÄ Hamburg und Cuxhaven sowie HPA. ....</b>	<b>82</b>
<b>Abbildung 5-2: Vergleich der mittleren Baggergutmengen pro Baggerauftrag im Baggerabschnitt Wedel / Sedimentfang Wedel seit 2006 (in Anlehnung an Skuppin, 2011).....</b>	<b>84</b>
<b>Abbildung 5-3: Vergleich der Anzahl von Baggeraufträgen im Baggerabschnitt Wedel / Sedimentfang (in Anlehnung an Skuppin, 2011).....</b>	<b>84</b>
<b>Abbildung 5-4: Baggerkosten [EUR/ m<sup>3</sup> Laderaumvolumen] in Abhängigkeit der Gesamtbaggermenge pro Auftrag und der eingesetzten Gerätegröße, bei Annahme einer einfachen Transportentfernung von 46 km (Quelle: Skuppin, 2011) .....</b>	<b>85</b>
<b>Abbildung 6-1: Über den Beobachtungszeitraum Juni 2008 bis August 2011 beobachtete und anteilig gemittelte Sohlhöhenänderung im Jahresgang.....</b>	<b>92</b>
<b>Abbildung 6-2: Anteilige Baggergutmengen auf Monatsbasis bezogen auf die jeweilige Jahresbaggermenge für den Zeitraum 2004 bis 2007 .....</b>	<b>93</b>
<b>Abbildung 6-3: Häufigkeitsverteilung der erwarteten Mächtigkeit von Sedimentablagerungen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs .....</b>	<b>96</b>
<b>Abbildung 6-4: Baggerfelder südwestlich des Sedimentfangs.....</b>	<b>98</b>
<b>Abbildung 6-5: Jahresgang des Oberwasserzuflusses (Pegel Neu Darchau) für die Zeiträume 1994 – 2007 sowie 2008 bis 2011.....</b>	<b>99</b>

# Abkürzungsverzeichnis

**$\alpha$ -HCH -  $\alpha$ -Hexachlorcyclohexan**

**ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler**

**ARGE Elbe – Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe**

**BAW - Bundesanstalt für Wasserbau**

**BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde**

**BLABAK - Bund-Länder-Arbeitskreis Baggergut Küste**

**BMVBW (heute: BMVBS) - Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen**

**FFH - Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG)**

**GÜBAK – Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern**

**HABAB - Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenbereich**

**HABAK - Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich**

**HCB - Hexachlorbenzol**

**HPA - Hamburg Port Authority**

**NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz**

**PAK - Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe**

**p,p'- DDD - Dichlordiphenyldichlorethan**

**p,p'- DDE - Dichlordiphenyldichlorethylen**

**TBT - Tributylzinnverbindungen**

**TOC - Total Organic Carbon**

**SKN - Seekartennull**

**VS 686/690 - Verbringstellenbereichs zwischen Elbe-km 686 und 690**

**WSA Hamburg - Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg**

**WSA Cuxhaven - Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven**

**WSD Nord – Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord**

**WSV - Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes**



# Zusammenfassung

In den Monaten Mai und Juni des Jahres 2008 hat die Hamburg Port Authority (HPA) erstmals im Elbeabschnitt vor Wedel einen Sedimentfang hergestellt und seitdem insgesamt 6-mal unterhalten. Dabei sind insgesamt 6,2 Mio. m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) an frisch abgelagerten Sedimenten aus dem Sedimentfang gebaggert und etwa 50 km stromabwärts im Verbringstellenbereich zwischen Elbe-km 686 und 690 umgelagert worden. Der Sedimentfang vor Wedel ist als ein Pilotversuch und zugleich als ein großangelegter, praktischer Test für die Realisierung eines innovativen Bausteins für ein ganzheitliches Strombau- und Sedimentmanagementkonzept hergestellt und betrieben worden. Die HPA hat daher seit 2008 ein speziell auf den Sedimentfang bezogenes Monitoringprogramm umgesetzt und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) beauftragt, die möglichen Auswirkungen durch Herstellung und Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel zu überwachen sowie dessen Wirksamkeit zu überprüfen. In vier Teilberichte hat die BfG bislang über laufende Ergebnisse berichtet.

Mit dem vorliegenden Bericht soll das Untersuchungsprogramm durch eine abschließende Beurteilung der erkannten Auswirkungen und Wirksamkeiten des Sedimentfangs abgeschlossen werden. Des Weiteren beschreibt der Abschlussbericht ein erweitertes Prozessverständnis über den Feststofftransport und seine Dynamik in dem Elbeabschnitt vor Wedel. Zusammen mit den bei der Unterhaltung gesammelten praktischen Erfahrungen ist dieses erweiterte Verständnis Grundlage für einen Katalog an Empfehlungen für eine zukünftige Optimierung des Sedimentfangs vor Wedel.

Ein erster Schwerpunkt des Untersuchungsprogramms waren mögliche Auswirkungen des Sedimentfangs vor Wedel auf Umweltbelange wie Sauerstoffhaushalt, Schadstoffbelastung der frischen Sedimentablagerungen sowie eine mögliche Beeinträchtigung der Erhaltungsziele von umgebenden Schutzgebieten. Als Ergebnis des Monitoring- und Auswerteprogramms konnten solche Auswirkungen aufgrund der vorliegenden und ausgewerteten Messdaten ausgeschlossen werden.

Die anfängliche Vorstellung eines sich überwiegend von Unterstrom mit Sedimenten mariner Herkunft bei Flutstrom füllenden Sedimentfangs konnte aufgrund von Messdaten und Auswertergebnissen fortentwickelt werden. Diese anfängliche Vorstellung hätte in Konsequenz auch zu einer Verringerung der Schadstoffbelastung im Sediment führen müssen. Im Monitoring ist jedoch weiterhin eine oberstromig geprägte Schadstoffbelastung festgestellt worden. Hinweise auf einen maßnahmebedingten Einfluss auf die Schadstoffbelastung liegen nicht vor. Die Monitoringergebnisse zeigen weiterhin, dass sich stets ein Sedimentgemisch aus marinen und fluviatilen Anteilen im Sedimentfang abgelagert, welches vorher durch das tideinduzierte Strömungsgeschehen über den Maßnahmenbereich hin und her bewegt wird. Der marine Anteil an diesem Feststoffgemisch und damit auch das Potenzial zur Reduzierung der Schadstoffbelastung in den frischen Sedimentablagerungen wird nicht durch den Sedimentfang sondern durch die Oberwasser-

situation und dessen Einfluss auf den großräumigen Feststofftransport der Tideelbe beeinflusst.

Das stärkste Sedimentationsgeschehen im Elbeabschnitt vor Wedel und damit im Sedimentfang Wedel tritt zu Zeiten geringer Oberwasserverhältnisse (gemessen am Pegel Neu Darchau bei Elbe-km 536 stromauf der Tidegrenze am Wehr Geesthacht) auf. In einer Phase niedriger Oberwasserzuflüsse in das Ästuar der Elbe verlagert sich die Trübungszone stromaufwärts. Damit stellen sich im Elbeabschnitt vor Wedel ein erhöhter Schwebstoffgehalt und ein verstärkt flutstromorientierter Sedimenttransport ein, was beides zusammen eine erhöhte Sedimentation innerhalb des Sedimentfangs bewirkt.

Die Auswertung von Sedimentationsraten im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs hat zu Zeiten eines voll hergestellten (d.h. mittlere Sohlage bei -16,30 m SKN, also 2 m unterhalb der Fahrwassersohle) gezeigt, dass sich maßnahmenbedingt dort verstärkt Sedimente abgelagert haben. Zeitgleich konnte in Teilbereichen des Hamburger Hafens (Köhlfleet und Parkhafen) verringerte Sedimentationsraten beobachtet werden. Die Möglichkeit einer Verringerung der Hamburger Baggergutmenge bleibt aufgrund des mit einem Fassungsvermögen von maximal 0,8 Mio. m<sup>3</sup> hergestellten Sedimentfangs und der „natürlichen“ Sedimentation in diesem Elbeabschnitt beschränkt. Ein in Fläche und Tiefe vergrößerter Sedimentfang vor Wedel wäre sicherlich in der Lage, stromauf in Einfahrts- bzw. Anschlussbereichen von Hafenbecken eine weitere Verringerung der Sedimentationsraten und damit verstärkt eine Reduktion der Baggergutmengen im Hamburger Hafen zu bewirken.

Der Elbeabschnitt vor Wedel ist ein Baggerschwerpunkt bei der Wassertiefenunterhaltung. Der Zeitraum mit den durchschnittlich größten Baggergutmengen sind die Monate Mai bis September. Hierein fällt auch das Laichgeschehen der Finte. Gemäß Planfeststellungsbeschluss zur Fahrinnenanpassung der Unter- und Aussenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe vom 23. April 2012 (Anordnung Unterpunkt 4.2.4) dürfen vom 15. April bis 30. Juni Unterhaltungsbaggerungen unmittelbar nur unter der Voraussetzung durchgeführt werden, dass im Hauptlaichgebiet der Finte (Schwingemündung bis Mühlenberger Loch) kein Laichgeschehen stattfindet. Durch den Betrieb eines Sedimentfangs vor Wedel kann für diesen Zeitraum ein zusätzlicher Sedimentationsraum vorgehalten werden, der die frischen Sedimentablagerungen ohne die Notwendigkeit nautischer Einschränkungen aufnehmen kann. Auch im anschließenden Zeitraum bis September kann durch die Herstellung eines ausreichend dimensionierten Sedimentfangs die Anzahl an kurzfristigen und kleinvolumigen Unterhaltungsbaggerungen verringert werden. Durch eine Verlängerung der Lagerungszeit in einem Sedimentfang wird eine verbesserte Konsolidierung der Sedimente und damit eine höhere Laderaumdichte bei der Hopperbaggerung erzielt. Insgesamt ist damit eine effizientere Unterhaltung der Wassertiefen im Elbeabschnitt vor Wedel möglich. So ist im Jahr 2010 – unterstützt durch die durchgängig hohe Oberwassersituation – bereits erreicht worden, dass WSV-seitig für die Wassertiefenunterhaltung nur wenige Baggerumläufe erforderlich waren.

In den abschließend gegebenen Empfehlungen werden u.a. erste Ansätze zur Bestimmung einer auf die Sedimentationsverhältnisse bestmöglich angepassten Herstellungstiefe für den Sedimentfang vor Wedel beschrieben. Der vorliegende Abschlussbericht gibt die Empfehlung, die bestehende Geometrie des Sedimentfangs nach stromab zu vergrößern

und diesen bereichsweise um mehr als die bisherigen zwei Meter zu vertiefen. Damit kann erreicht werden, dass lokale Sedimentationsschwerpunkte besser aufgenommen werden können. Eine solche Vertiefung sollte schrittweise erfolgen, um die Entwicklung des Sedimentationsgeschehens analog der Auswertungen im bisherigen Monitoring zu beobachten.

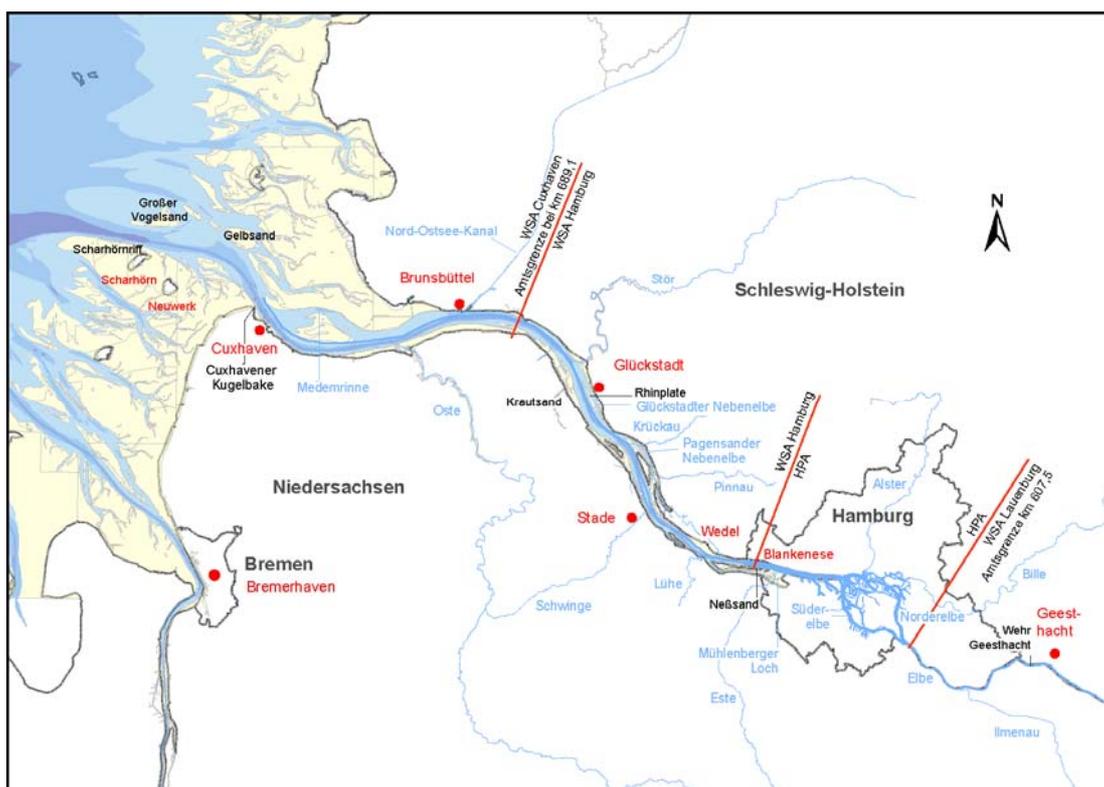
Der vorliegende Abschlussbericht betrachtet und beurteilt den Sedimentfang vor Wedel als eine lokal wirkende bzw. bis in den Hamburger Hafen wirkende Einzelmaßnahme. Die Einbindung des Sedimentfangs vor Wedel in ein regional übergreifendes Baggergut- und Sedimentmanagementkonzept für die gesamte Tidelbe ist Bestandteil einer „Erweiterten Systemstudie“, die seit Jahresbeginn 2012 durch die BfG im gemeinsamen Auftrag von WSV und HPA bearbeitet wird. Veränderte Rahmenbedingungen durch Umsetzung der geplanten Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe werden im Rahmen dieser Studie berücksichtigt.

Bereits das Ende 2011 abgeschlossene Monitoring- und Auswerteprogramm am Sedimentfang hat aufzeigen können, dass der für die Unterhaltung des Sedimentfangs gewählte Termin zu Jahresbeginn in den Monaten März und April gut gewählt ist, um das Baggergut in den Verbringstellenbereich zwischen Elbe-km 686 und 690 zu verbringen. Zumeist hohe Oberwasserverhältnisse während dieser beiden Monate bewirken im Verbringstellenbereich einen überwiegenden Nettotransport des umgelagerten Baggergutes in Richtung Nordsee, was ebenfalls eine weitere Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Tidelbe bedeutet.



# 1 Veranlassung

Das Elbeästuar ist als Wasserstraße ausgebaut und verbindet, neben kleineren Häfen wie Cuxhaven, Brunsbüttel, Glückstadt oder Stade, den Hamburger Hafen mit der Nordsee (siehe Abbildung 1-1).

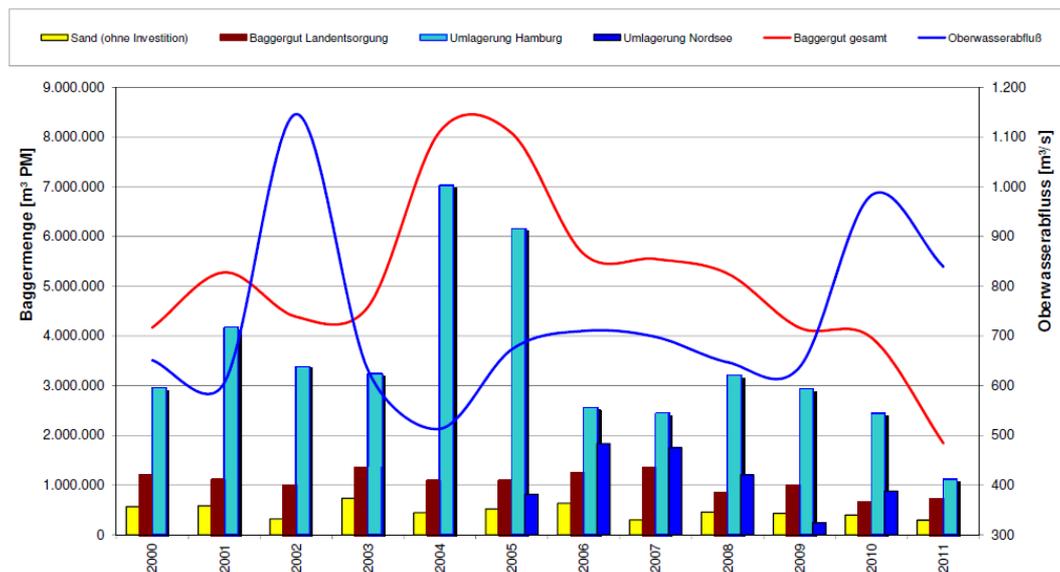


**Abbildung 1-1: Übersichtskarte Tidelbe (BfG, 2008d)**

Die letzte Fahrrinnenanpassung im Jahr 1999 ermöglicht heute die Passage von Schiffen mit einem Tiefgang von maximal 14,80 m (einlaufende Schiffe) bzw. 13,50 m (auslaufende Schiffe), tideunabhängig von Schiffen mit maximal 12,50 m Tiefgang. Die Sicherstellung der planmäßigen Wassertiefen erfordert von jeher kontinuierliche Unterhaltungsarbeiten sowohl im Hauptstrom der Tidelbe als auch im Hamburger Hafen. Das dabei anfallende Baggergut wird zum großen Teil im System umgelagert, d.h. an eine andere Stelle im Tidelbeverlauf verbracht.

Seit dem Jahr 2000 war im Vergleich zur Vergangenheit ein erheblicher Anstieg der Baggergutmengen im Zuständigkeitsbereich der HPA (Delegationsstrecke und Hamburger Hafen, siehe Abbildung 1-2) sowie eine Verlagerung von Baggerschwerpunkten im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) nach weiter stromaufwärts (Abschnitt vor Wedel) zu beobachten.

### Baggermengen 2000 bis 2011



**Abbildung 1-2: Baggergutmengenentwicklung in der Delegationstrecke (Quelle HPA)**

Der Anstieg der Baggergutmengen und die Verlagerung von Baggerschwerpunkten in den oberen Bereich der Tideelbe stellen nicht nur eine wirtschaftliche Herausforderung dar, sondern sind auch aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht sowie vor dem Hintergrund der Umsetzung europäischer und nationaler Gewässer-, Meeres- und Naturschutzrichtlinien einer besonderen Betrachtung zu unterziehen. Jede Unterhaltungsbaggerung, die mit der Umlagerung von Sedimenten an eine andere Stelle im Gewässer verbunden ist, muss vor dem Hintergrund der Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes und der bestehenden - obwohl seit der Wiedervereinigung stark zurückgegangenen - Schadstoffbelastung der feinkörnigen Anteile und den damit verbundenen Einträgen dieser Stoffe in die Umwelt beurteilt werden.

Der 2007/2008 in der Planungsphase bekannte Wissensstand zur Feststoffdynamik im Bereich der Tideelbe sowie auch im Baggerabschnitt Wedel ist in der BfG-Systemstudie (damit bezeichnet ist BfG, 2008) zusammengefasst. Durch das am Sedimentfang Wedel durchgeführte Monitoring- und Auswerteprogramm konnte dieser Wissensstand erheblich weiterentwickelt und detailliert werden. Detailliert beschrieben wird dieser gegenwärtige Wissensstand in den Teilberichten. Zusammengefasst wird dieser nachfolgend in Kapitel 4.

Zu Jahresbeginn 2012 ist die BfG gemeinsam durch WSV und HPA mit der Bearbeitung einer „Erweiterten Systemstudie“ aufbauend auf den in BfG (2008) beschriebenen Ergebnissen beauftragt worden. Im Fokus dieser Studie (lt. Auftragschreiben WSA Hamburg vom 10. Februar 2012) steht die Feinmaterialbewirtschaftung der bei der Wassertiefenunterhaltung anfallenden Sedimente. Betrachtungsraum ist die gesamte tidebeeinflusste Elbe bis in die Nordsee. Ergebnis dieser Studie werden Empfehlungen für ein adaptives, flexibles und umweltverträgliches Sedimentmanagement sein. Ausdrücklich einbezogen in die Untersuchungen sind Sedimentfänge als ein Maßnahmenbestandteil für eine weitergehende Optimierung des Sedimentmanagements. Dabei werden auch die veränderten Rahmenbedingungen

durch Umsetzung der geplanten Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe berücksichtigt. Diese für die 2. Jahreshälfte 2012 terminierten Untersuchungen werden auf den Ergebnissen dieser Berichtsreihe aufbauen. Der Sedimentfang vor Wedel wird in dieser Berichtsreihe als eine lokal wirkende, bzw. bis in den Hamburger Hafen wirkende Einzelmaßnahme betrachtet und beurteilt. Im Zuge der Bearbeitung der „Erweiterten Systemstudie“ wird die Wirksamkeit des Sedimentfanges vor Wedel, aber auch von weiteren Sedimentfängen an anderen möglichen Standorten - z.B. im Elbeabschnitt bei Juellssand - großräumig im Kontext eines tideweiten Sediment- und Baggergutmanagementkonzeptes betrachtet.

## 1.1 Planung und Einvernehmen zum Sedimentfang

Als Reaktion auf den Anstieg der Baggergutmengen im Hamburger Hafen und die Verlagerung der Baggerschwerpunkte in den oberen Bereich der Tideelbe seit dem Jahr 2000 haben die HPA und die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ein gemeinsames Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe erarbeitet (HPA & WSV, 2008). Dieses Konzept wird durch die Freie und Hansestadt Hamburg sowie die Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein ausdrücklich unterstützt (Freie und Hansestadt Hamburg et al., 2008). Es sieht einen „breiten Strauß“ von Maßnahmen vor, unter anderem die Herstellung eines ersten Sedimentfangs unterhalb (stromab) der hamburgischen Landesgrenze. Grundlage hierfür ist eine Vereinbarung vom 23. April 2008 zwischen der HPA und dem Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg (WSA Hamburg) zur Einrichtung eines Sedimentfanges im Rahmen der Unterhaltung (WSA Hamburg & HPA, 2008). Dieser sollte vor Wedel in der Fahrrinne von ca. Elbe-km 642 bis 644 hergestellt werden (WSA Hamburg & HPA, 2008). Rechtlich ist der Sedimentfang als eine Maßnahme zur Substanzerhaltung des Verkehrsweges einzuordnen.

## 1.2 Monitoringkonzept Sedimentfang

Der Sedimentfang vor Wedel ist ein Pilotversuch und zugleich ein großangelegter, praktischer Test für die Realisierung eines innovativen Bausteins für ein ganzheitliches Strombau- und Sedimentmanagementkonzept. Für eine solche Maßnahme liegen bislang keine vergleichbaren Erfahrungen an der Tideelbe oder anderen Tideflussbereichen vor (HPA, 2008). Daher wurde von der HPA in Abstimmung mit der Wasser- und Schifffahrtsdirektion (WSD) Nord, den WSÄ Hamburg und Cuxhaven, der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ein speziell auf den Sedimentfang bezogenes Monitoringkonzept zur Überwachung und Beurteilung seiner möglichen Auswirkungen durch Herstellung und Betrieb sowie zur Überprüfung dessen Wirksamkeit beschlossen (WSA Hamburg & HPA, 2008). Das Monitoringkonzept umfasst die Überprüfung der morphologischen und in Teilen ökologischen Auswirkungen und ist detailliert im ersten Teilbericht (BfG, 2009) beschrieben. Die Ergebnisse der laufenden Auswertungen sind kontinuierlich in den weiteren Teilberichten dargestellt – für eine Übersicht siehe die nachfolgende Tabelle 1-2 in Kapitel 1.3.

## 1.2.1 Gliederung des Auswerteprogramms

Seit März 2008 werden im Wesentlichen die Auswirkungen des Sedimentfangs auf die Hydrologie und Morphologie, Nährstoff- und Sauerstoffhaushalt, auf Schadstoffbelastung, ökotoxikologische Wirkungen sowie, soweit möglich, den Naturschutz im Umfeld des Sedimentfangs untersucht. Das Monitoringkonzept umfasst ein nachgeschaltetes Auswerteprogramm, das in 3 Ebenen gegliedert ist, die auch rechtlich unterschiedlich einzuordnende Aspekte enthalten. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zu allen Untersuchungsebenen ist in den weiteren Kapiteln 2 bis 4 gegeben.

**Ebene 1 (Freigabeuntersuchung, Zusammenfassung aller Ergebnisse in Kapitel 2)** beinhaltet die verbindliche Freigabeuntersuchung anhand der Handlungsanweisung der WSV für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich HABAK-WSV (BfG, 1999) sowie dem BLABAK-TBT-Konzept (BMVBW, 2001)<sup>1</sup> vor der Herstellung und jeder Unterhaltung des Sedimentfangs<sup>2</sup>.

**Ebene 2 (Auswirkungsprognosen, Zusammenfassung aller Ergebnisse in Kapitel 3)** beinhaltet die Auswertung der Monitoringdaten, welche die morphologische Wirksamkeit des Sedimentfangs vor Wedel im Sinne eines Maßnahmenenerfolgs prüft sowie die ökologischen Belange und relevanten Auswirkungen des Sedimentfangs auf den Naturraum Tideelbe (einschließlich Natura2000/FFH) beurteilt.

**Ebene 3 (Verbesserung des Prozessverständnisses, Zusammenfassung aller Ergebnisse in Kapitel 4)** beinhaltet ein weitergehendes Auswerteprogramm, welches grundsätzlich zu einer Verbesserung des Systemverständnisses über den Sedimenttransport in diesem Bereich der Tideelbe beitragen soll.

## 1.2.2 Durchgeführtes Monitoringprogramm

Das Monitoringkonzept beschreibt ein Messprogramm, welches den wiederholten Einsatz unterschiedlicher Probenahme- und Messtechniken vorsieht. Die Randbedingungen für die Auswahl der Messtechniken sowie die Durchführung des Programms haben die spezifischen Anforderungen des in 3 Ebenen gegliederten Untersuchungs- und Auswerteprogramms gesetzt. Modifikationen am ursprünglichen Monitoringkonzept und -programm hat es aufgrund der Ergebnisse und neuer Erkenntnisse gegeben. Die Modifikationen am Monito-

---

<sup>1</sup> Die Freigabeuntersuchungen der Jahre 2010 und 2011 sind nach Erlass des BMVBS vom 18.11.2009 anhand der eingeführten „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in Küstengewässern“ erfolgt.

<sup>2</sup> Im Januar 2011 ist seitens des WSA Hamburg unter Einbeziehung der BfG einem Vorschlag der HPA zugestimmt worden, umfassende Freigabebehebungen vor Unterhaltung des Sedimentfangs nur noch alle 3 Jahre durchzuführen. Die erste Freigabebehebung gemäß dieses Beschlusses hat rückwirkend am 03. März 2010 stattgefunden. Die nächste Freigabebehebung wäre demnach 2013 erforderlich.

ringkonzept und -programm sind fortlaufend in den Teilberichten<sup>3</sup> beschrieben und erläutert worden. Eine Zusammenfassung aller Modifikationen ist in Tabelle 1-1 gegeben. Die Durchführung des vereinbarten Monitoringprogramms für die Ebenen 1 und 2 des Auswerteprogramms ist zum Jahresende 2011 abgeschlossen worden.

Das Monitoring im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs hat sowohl das natürliche als auch das durch die Maßnahme selber beeinflusste Prozessgeschehen seit März 2008 detailliert erfasst. Die Messdaten sind Grundlage für die Untersuchung der gegebenen Auswirkungsprognosen (Ebene 2). Über die abschließenden Ergebnisse wird in Kapitel 3 berichtet. Aus wissenschaftlicher Sicht haben die bislang durchgeführten Auswertungen dieser Datenbasis zu einem deutlich erweiterten Verständnis über den Sedimenttransport und das Sedimentationsgeschehen in diesem Elbeabschnitt vor Wedel geführt, der zugleich auch ein Bagger-schwerpunkt des WSA Hamburg im Zuge der Wassertiefenunterhaltung ist. Dieses erweiterte Prozessverständnis ist schwerpunktmäßig in BfG (2011a) und in Kapitel 4 in diesem Bericht beschrieben und zusammengefasst.

---

<sup>3</sup> für eine Übersicht der Teilberichte siehe Tabelle 1-2 in Kapitel 1.3.

**Tabelle 1-1: Übersicht über das am Sedimentfang vor Wedel durchgeführte Monitoringprogramm, Gesamtanzahl Naturmessprogramm bis einschließlich Dezember 2011 und Übersicht über vorgenommene Modifikationen am Monitoringkonzept bzw.-programm**

Nr.	Maßnahme	Beschreibung und Ort der Durchführung	Gesamtanzahl der Naturmesskampagnen im Zuge Sedimentfangmonitoring	Vorgenommene Modifikationen
1	Sedimentbeprobung (Greiferproben)	Sedimententnahme als Greiferprobe an 31 Positionen, <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 17 Proben innerhalb des Sedimentfangs</li> <li>▪ 5 Proben oberhalb bzw. unterhalb des Sedimentfangs</li> <li>▪ 6 Proben in den Randbereichen des Sedimentfangs</li> <li>▪ 3 Proben im Einfahrtsbereich zur Hahnöfer Nebeneibe</li> </ul>	17 Kampagnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weiterhin Entnahme von Proben an allen 31 Positionen, jedoch ab 2011 labortechnische Untersuchung nur der 17 Proben, die auf Positionen innerhalb des Sedimentfangs genommen worden sind (siehe BfG, 2012a)</li> <li>- Letzten regulären Beprobung im September 2011</li> </ul>
2	Sedimentbeprobung (Kernproben)	Kernentnahme an 16 Positionen innerhalb des Sedimentfangs (im Zuge Freigabebeobachtung / Ebene 1 des Auswerteprogramms)	7 Kampagnen, davon 5 Freigabebeobachtungen und 2 ergänzende Probenahmen in 2010 und 2011 (siehe BfG 2012a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ab dem Jahr 2010 Reduktion der ökotoxikologischen Untersuchungen von 16 auf 10 Sedimentproben (siehe BfG, 2010a)</li> <li>- nach Beschluss WSA Hamburg auf Antrag HPA letzte Freigabebeobachtung im August 2010, das Ergebnis dieser Beprobung ist im Allgemeinen 3 Jahre gültig, bei Fortführung des Betriebes eines Sedimentfangs vor Wedel nächste Freigabebeobachtung in 2013 (vgl. BfG, 2012a).</li> </ul>
3	Geräteträger	Sohl nah und in maximal möglicher Nähe zur Fahrinne eingebrachter Geräteträger.	Einsatzzeit 93 Tage verteilt auf 5 Kampagnen	unverändert fortgesetzt, letzte Kampagne im Mai/Juni 2011

**Fortsetzung Tabelle 1-1**

Nr.	Maßnahme	Beschreibung und Ort der Durchführung	Gesamtanzahl der Naturmesskampagnen im Zuge Sedimentfangmonitoring	Vorgenommene Modifikationen
4	Dauermessstationen an 4 Positionen	Dauermessung Trübung und Strömung (5-minütliche Punktmessungen sohl- und oberflächennah) in zwei Messprofilen ober- und unterhalb des Sedimentfangs, zusätzliche Messung Sauerstoffgehalt an Position D1	<i>Kontinuierliche Messung an 4 Stationen seit 28.03.2008, ab Januar 2011 Fortsetzung der Messungen nur an Station D1</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einstellung des Messbetriebes an den Dauermessstationen SF West, SF Nord und SF Süd zum Jahresende 2010.</li> <li>- Fortsetzung der Messungen auch in 2012 an umgerüsteter Dauermessstation D1 (Umrüstung von Aanderaa RCM9 Multisonden auf Seaguard RCM)</li> </ul>
5	Einsatz Akustisches Doppler Gerät (ADCP)	Trübungs- und Strömungsverhältnisse in zwei Querprofilen ober- und unterhalb des Sedimentfangs	8 Kampagnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Letzte ADCP Messung im Zuge Sedimentfangmessung am 29.03.2011</li> <li>- Fortsetzung ADCP Messung im Querprofil an Position der Dauermessstelle D1 durch WSA Hamburg im Zuge der Beweissicherung zur letzten Fahrrinnenanpassung, Messintervall 1*jährlich bis mindestens 2015</li> </ul>
6	Entnahme Schwebstoffproben	Schwebstoffgehalte in 3 Querprofilen aus verschiedenen Tiefen	6 Kampagnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Letzte Entnahme von Schwebstoffproben am 15.03.2011</li> </ul>

Fortsetzung Tabelle 1-1

Nr.	Maßnahme	Beschreibung und Ort der Durchführung	Gesamtanzahl der Naturmesskampagnen im Zuge Sedimentfangmonitoring	Vorgenommene Modifikationen
7	Flächenpeilungen	Hydrographische Aufnahme des Gewässerbodens	85 Peilungen	<p>- Ab 2010 Erweiterung des Peilgebietes stromauf und stromab des Sedimentfangs (siehe BfG, 2010a)</p> <p>- Ab 2010 Erfassung der morphologisch gering aktiven Randbereiche nur noch alle 2 Monate (siehe BfG, 2010a)</p> <p>- Letzte Monitoringpeilung am 17.04.2012, Fortsetzung im Anschluss durch 4-wöchentliche Peilungen des WSA Hamburg zur Verkehrssicherung</p>
8	Mehrfrequenzpeilungen	Wahrnehmung von Dichtehorizonten in der Gewässer- sohle im Bereich des Sedimentfangs	26 Peilungen	<p>- letzte Mehrfrequenzpeilung am 10.11.2011</p> <p>- Einmalige Messkampagne an drei Terminen in 2010 mit dem Einsatz zusätzlicher Messsysteme zur Erfassung von Sedimentdichten und –horizonten (siehe BfG, 2012a).</p>
9	Sediment- echolotung	Parametrisierte Mehrfrequenzpeilung mit dem ADMODUS Verfahren	4 Kampagnen	

### **1.3 Inhalte und Gliederung des Gesamtberichts**

Der Gesamtbericht setzt sich aus mehreren Teilberichten zusammen, die in regelmäßigen Abständen über die Baggerarbeiten zur Herstellung und Unterhaltung des Sedimentfangs, das begleitende Monitoringprogramm und die Auswertergebnisse in den Ebenen 1 bis 3 informieren. Der vorliegende Abschlussbericht umfasst einen Berichtszeitraum, der mit der Erfassung eines Referenzzustandes im März 2008 vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs beginnt und je nach Monitoringkampagne sich bis zum Jahresende 2011 erstreckt. Die nachfolgende Tabelle 1-2 gibt einen Überblick über die diesem Abschlussbericht vorangegangenen Teilberichte sowie deren thematischen Schwerpunkte.

**Tabelle 1-2: Übersicht über Termine, Zeiträume und die wesentlichen Inhalte der Berichterstattung über den Sedimentfang vor Wedel**

<b>Bericht</b>	<b>Themenschwerpunkte und Zuordnung zu den Ebenen</b>	<b>Berichtszeitraum &amp; (Datum der Veröffentlichung)</b>
Bericht 2008 <b>(veröffentlicht)</b> <sup>4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erläuterung: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hintergründe</li> <li>- Gesamtbericht</li> <li>- Monitoringkonzept</li> </ul> </li> <li>▪ Auswerteprogramm</li> <li>▪ Berichterstattung Ebene 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freigabeuntersuchung</li> <li>- Herstellung Sedimentfang</li> <li>- Zuordnung Monitoringmaßnahmen zu Ebenen des Auswerteprogramms</li> </ul> </li> </ul>	Anfang 2008 bis Herstellung Sedimentfang im Juni 2008 <b>(Oktober 2009)</b>
Zwischenbericht 2009 <b>(veröffentlicht)</b> <sup>4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definition Referenzzustand vor Herstellung Sedimentfang</li> <li>▪ Berichterstattung Ebene 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freigabeuntersuchung</li> <li>- Unterhaltung Sedimentfang</li> </ul> </li> <li>▪ Berichterstattung Ebene 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überprüfung Auswirkungsprognose</li> </ul> </li> </ul>	März 2008 bis Dezember 2009 <b>(Juli 2010)</b>
Bericht 2009 / 2010 <b>(veröffentlicht)</b> <sup>4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zwischenergebnisse Auswertung Feststofftransport und Schwebstoffdynamik (Ebene 3)</li> <li>▪ Vorläufige Schlussfolgerungen</li> </ul>	März 2008 bis Dezember 2010 <b>(Oktober 2010)</b>
Zwischenbericht 2010/2011 <b>(veröffentlicht)</b> <sup>4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berichterstattung Ebene 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freigabeuntersuchung</li> </ul> </li> <li>▪ Berichterstattung Ebene 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überprüfung Auswirkungsprognose</li> </ul> </li> </ul>	Januar 2010 bis Dezember 2010 <b>(Februar 2012)</b>
Abschlussbericht <b>(dieser Bericht)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abschließende Beurteilung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wirksamkeit und Auswirkungen des Sedimentfangs (Ebenen 1 bis 2)</li> </ul> </li> <li>▪ Darstellung einer erweiterten Wissensbasis über Feststofftransport und Schwebstoffdynamik (Ebene 3)</li> <li>▪ Schlussfolgerungen</li> <li>▪ Abschließende Empfehlungen und Ausblick</li> </ul>	März 2008 bis August 2011 <b>(August 2012)</b>

<sup>4</sup> Die bereits veröffentlichten Teilberichte können im Internet heruntergeladen werden unter:  
<http://www.tideelbe.de/167-0-Sedimentfang.html>  
<http://www.Portal-Tideelbe.de/Projekte/StromundSediTideelbe/SedWedel/index.html>

## 2 Freigabeuntersuchungen (Ebene 1) und Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel

Der Sedimentfang vor Wedel ist erstmalig im Frühjahr 2008 hergestellt worden. Die Ergebnisse der dieser Herstellung des Sedimentfangs vorangegangenen Nullbeprobung des Sedimentinventars sind Bestandteil des ersten Teilberichts (BfG, 2009). Der Zwischenbericht 2009 (BfG, 2010a) und der Zwischenbericht 2010/2011 (BfG, 2012a) informieren über die Ergebnisse aller durchgeführten Freigabeuntersuchungen und Unterhaltungskampagnen, die in den folgend gelisteten Zeiträumen stattgefunden haben. Eine 6. Kampagne der HPA zur Unterhaltung des Sedimentfangs hat im Frühjahr 2012 stattgefunden. Eine Berichterstattung über diese Kampagne wird an dieser Stelle nicht stattfinden, da diese nach Abschluss des Berichtszeitraumes stattgefunden hat.

- Erstmalige Herstellung Sedimentfang vom 05. Mai 2008 bis 23. Juni 2008
- 1. Unterhaltung Sedimentfang vom 21. Oktober 2008 bis 24. November 2008
- 2. Unterhaltung Sedimentfang vom 05. April 2009 bis 13. Mai 2009
- 3. Unterhaltung Sedimentfang vom 17. August 2009 bis 30. August 2009
- 4. Unterhaltungskampagne vom 31. März 2010 bis 27. April 2010
- 5. Unterhaltungskampagne vom 31. März 2011 bis 20. April 2011
- 6. Unterhaltungskampagne vom 15. März 2012 bis 15. April 2012

Während jeder Unterhaltung wurde der Sedimentfang in einer mehrwöchigen Baggerkampagne geräumt (Solltiefe -16,30 m SKN) und das Baggergut auf der jeweils von der WSV zugewiesenen Verbringstelle umgelagert. Das gesamte feinkörnige Baggergut ist im Verbringstellenbereich zwischen Elbe-km 686 bis 690 – dort vor allem auf die Verbringstelle VS 689 R - umgelagert worden. Bei den Freigabeuntersuchungen ist die Überprüfung der Umlagerungsfähigkeit des Baggerguts hinsichtlich qualitativer Komponenten (Schadstoffe, Nährstoffe und toxische Wirkeffekte) zunächst auf Grundlage der *Handlungsanweisung der WSV für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich HABAK-WSV* (BfG, 1999)<sup>5</sup> sowie dem BLABAK-TBT-Konzept (BMVBW et al., 2001) untersucht worden. Die HABAK-WSV ist im November 2009 durch die *Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern GÜBAK* (ANONYMUS, 2009) ersetzt worden. Entsprechend haben die GÜBAK Anwendung bei der Untersuchung und Beurteilung der 4. Freigabeuntersuchung im März 2010 gefunden. Für die Freigabeuntersuchungen sind an 16

---

<sup>5</sup> Für eine verbesserte Lesbarkeit wird im Folgenden das Dokument HABAK-WSV (BfG, 1999) als HABAK-WSV zitiert.

Positionen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs Sedimentkerne entnommen und untersucht worden (siehe Abbildung 2-1).

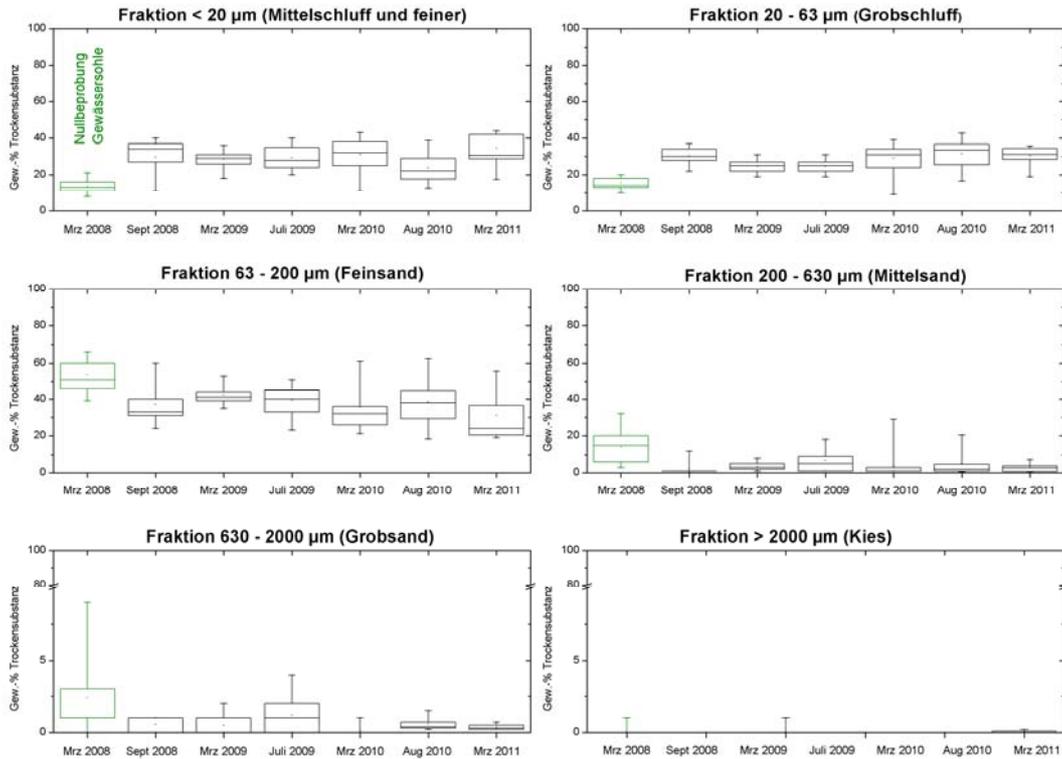


**Abbildung 2-1: Probenahmeraster und IST-Positionen am Beispiel der Probenahme am 17.03.2009 im Zuge einer Freigabeuntersuchung**

Die Auswirkungen der Umlagerung von Baggergut im Verbringstellenbereich VSB 686/690 zwischen Elbe-km 686 und 690 sowohl aus Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel als auch aus der WSV-seitigen Wassertiefenunterhaltung sind im Zuge weiterer BfG-Untersuchung im Auftrag der WSÄ Hamburg und Cuxhaven überwacht und ausgewertet worden (siehe hierzu BfG, 2010b und BfG, 2012b).

## 2.1 Mittlere Korngrößenverteilung der Sedimentablagerungen im Sedimentfang

Die Sedimentablagerungen sind vor jeder Unterhaltungsbaggerung im Zuge der durchgeführten Freigabeuntersuchungen beprobt und auf Korngrößenverteilung untersucht worden. Die zeitliche Entwicklung der fraktionellen Anteile seit der Nullbeprobung im März 2008 ist in Abbildung 2-2 dargestellt. In Ergänzung zu den Freigabebehebungen ist die Datenbasis um die Ergebnisse von zwei weiteren Beprobungen im August 2010 und März 2011 ergänzt worden. Allerdings sind bei der Sedimentbeprobung im März 2011 nur an 8 anstelle der 16 Probenahme-positionen Sedimentkerne entnommen worden.



**Abbildung 2-2: Korngrößenzusammensetzung der frischen Sedimentablagerungen im Sedimentfang im Vergleich zu Nullbeprobung Gewässersohle (März 2008), Probenahme durch Entnahme von Sedimentkernen (Abbildung in Anlehnung an BfG, 2012a)**

Bei zahlreichen Einzelproben ist es gelungen, entsprechend lange Sedimentkerne, d.h. Kernlängen von bis zu 2 m aus der Sohle, zu entnehmen. Damit ist sichergestellt, dass das potenzielle Baggergut über die gesamte Schnitttiefe erfasst worden ist. Bei anderen Sedimentkernen wurde eine Länge von nur 1 m oder darunter erreicht, so dass bei einer Probenahme je nach Position und Mächtigkeit der frischen Sedimentablagerungen nicht das gesamte Inventar erfasst werden konnte. In obenstehender Abbildung 2-2 sind die mittleren Anteile für jede analysierte Korngrößenfraktion dargestellt.

Verglichen mit den Ergebnissen der Nullbeprobung sind bei allen nachfolgenden Beprobungen im Durchschnitt feinere Sedimente erfasst worden. Es handelt sich hierbei um junge Sedimente und nicht um den anstehenden Gewässerboden, wie dieser bei der Nullbeprobung zum Teil erfasst und bei der erstmaligen Herstellung entfernt worden ist. Trends oder saisonale Effekte in der Korngrößenverteilung sind im Datensatz der Freigabebeprobungen bei keiner Sedimentfraktion zu erkennen. Im Gegensatz dazu konnten im Datensatz der 2-monatlich genommenen Greiferproben, Jahresgänge bei den Gewichtsanteilen in der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  erkannt werden. Ein solcher Jahresgang ist auch in der Fraktion des groben Feinsandes (100 bis  $200 \mu\text{m}$ ) möglich, kann jedoch bislang aufgrund der vorliegenden Daten nicht eindeutig erkannt werden (siehe Kapitel 4.3). Die Greiferproben haben stets die oberste, 20 bis 30 cm mächtige Schicht der Gewässersohle mit den frischen Sedimentablagerungen erfasst.

Die im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs entnommenen Sedimentkerne zeigten fortwährend seit der ersten Freigabebeprobung ein potenzielles Unterhaltungsbaggergut, welches als schluffig mit unterschiedlich starken Feinsandanteilen beschrieben werden kann. In der Fahrrinnenmitte ist das Baggergut weiterhin schluffig, kann dort aber höhere Mittelsandanteile von bis zu 15 Gew.-% aufweisen. Als kleinste Fraktion ist die Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  analysiert worden, welche die tonige Sedimentfraktion ( $< 2 \mu\text{m}$ ) beinhaltet. Über die spezifischen Gewichtsanteile der kleineren Fraktionen liegen keine Ergebnisse vor.

## 2.2 Stoffhaushalt und Schadstoffbelastung

Die Schadstoffbelastung der Sedimente bzw. des potenziellen Baggergutes ist bis einschließlich der zuletzt durchgeführten Freigabebeprobung im März 2010 sowie der zusätzlich durchgeführten Probenahmekampagnen (mit Entnahme von Sedimentkernen) vor jeder Unterhaltung des Sedimentfangs erfasst und entsprechend den gültigen Handlungsanweisungen zum Umgang mit Baggergut in Küstengewässern beurteilt worden:

- HABAK-WSV (BfG, 1999) bei Beurteilung der Ergebnisse aus den Freigabeuntersuchungen für die erstmalige Herstellung des Sedimentfangs bis einschließlich der Untersuchung für die 3. Unterhaltungskampagne.
- GÜBAK (ANONYMUS, 2009) bei Beurteilung der Ergebnisse aus den Freigabeuntersuchungen für die 4. bzw. 5. Unterhaltungskampagne.

### 2.2.1 Zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

Das Baggergut sowohl aus der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs als auch aus den weiteren Unterhaltungsbaggerungen ist aufgrund der Beprobungsergebnisse in den Fall 3 nach HABAK-WSV (BfG, 1999) bzw. nach GÜBAK (ANONYMUS, 2009) eingestuft worden. Die Einstufung in den Fall 3 erfolgt wegen einer Überschreitung des Richtwertes (RW) 2 bei den in nebenstehender Tabelle 2-1 dargestellten Stoffen. Damit gilt das Material als deutlich höher belastet als Sedimente des Küstennahbereichs. Die Gehalte weiterer, gemäß den jeweils angewendeten Handlungsanweisungen überprüfter Schadstoffe lagen im Durchschnitt unterhalb des RW2.

Die mittleren Gehalte der Schwermetalle, der organischen Schadstoffe sowie des TBT zeigen bei den Freigabeuntersuchungen Schwankungen im Rahmen der Messunsicherheit und des Jahresganges an. Sie lassen sich gut mit den 3-Jahresmittelwerten der DMS Wedel sowie dem Niveau der Schadstoffbelastung des WSV-seitigen Unterhaltungsbaggergutes vor 2008<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Für eine detaillierte Beschreibung des WSV-seitigen Baggergutes vor 2008 siehe BfG (2006): Untersuchung von Bagger- und Umlagerungsbereichen in Unter- und Aussenelbe in Anlehnung an HABAK/HABAB-WSV, Koblenz, BfG-1373

vergleichen. Auch die Schwebstoffe aus der DMS Wedel sind in den Fall 3 einzustufen. Damit zeigt das Unterhaltungsbaggergut die aktuell dort herrschende Belastung der Elbe an.

**Tabelle 2-1: Schadstoffe, die aufgrund Richtwertüberschreitung nach HABAK-WSV (BfG, 1999) bzw. GÜBAK (ANONYMUS, 2009) eine Einstufung des Baggergutes in den Fall 3 bewirkt haben.**

Baggergut aus		Schadstoffe mit Überschreitung von Richtwert 2, damit Einordnung in Fall 3						
[.] beprobung		$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT	Penta-chlor-benzol	Hexa-chlor-benzol
Null... März 2008	<b>Bewertung nach HABAK</b>	X		X	X	X		X
1. Frei-gabe... Sept. 08				X	X	X		X
2. Frei-gabe... Mrz. 09		X	X	X	X	X	X	X
3. Frei-gabe... Juli 09		X	X	X	X	X	X	X
4. Frei-gabe... Mrz. 10	<b>Bewertung nach GÜBAK</b>				X			
Beprobung Aug. 10				X	X			X
Beprobung Mrz. 11				X	X			

Da die Schadstoffbelastung der sich im Sedimentfang abgelagerten Sedimente der Belastung der regelmäßig vor 2008 und aktuell im Bereich Wedel WSV-seitig gebaggerten Sedimente entsprechen, war eine Umlagerung des Unterhaltungsbaggergutes in den Verbringstellenbereich stromabwärts zwischen Elbe-km 686 bis 690 möglich.

Die mittleren Belastungen für alle untersuchten Schadstoffe sind für die vier bis einschließlich März 2010 durchgeführten Freigabebeprobungen sowie für die zwei weiteren Sedimentbeprobungen (Entnahme von Sedimentkernen) am 03. August 2010 und 22. März 2011 in der nachfolgenden Tabelle 4-1 dargestellt. Erläutert werden diese nochmals in den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3, getrennt nach Schwermetallen und organischen Schadstoffen sowie TBT.

Die Bewertung der mittleren Konzentration für die verschiedenen Schadstoffe erfolgt einheitlich nach den gegenwärtig gültigen GÜBAK (ANONYMUS, 2009). Die Bewertung der in den ersten drei Freigabebeprobungen festgestellten Schadstoffbelastungen gemäß HABAK-WSV (BfG, 1999), die zur Zeit der Durchführung dieser Unterhaltungskampagnen gültig war, hatte bezüglich Richtwertüberschreitung zu keinem anderen Gesamtergebnis geführt. Nach beiden Regelwerken erfolgt wegen Überschreitung des Richtwertes RW2 für mindestens eine chlororganische Verbindung eine Einstufung in den Fall 3.

Für einzelne Metalle und organische Schadstoffe ergeben sich jedoch z.T. abweichende Einstufungen der Schadstoffgehalte bei der Anwendung der beiden Handlungsempfehlungen. Vor allem für Arsen erfolgt nach GÜBAK überwiegend eine günstigere Einstufung in den Fall 1 statt nach HABAK-WSV in den Fall 2. Die Belastungen mit Cadmium und Quecksilber wurden dagegen wegen der Herabsetzung der Richtwerte RW1 nach GÜBAK häufig in den Fall 2 eingestuft, während sie nach HABAK-WSV dem Fall 1 zugeordnet waren. Trotz der nach GÜBAK für die meisten Metalle deutlich geringeren oberen Richtwerte RW2 wären auch bei den vergangenen Unterhaltungskampagnen bei einer Beurteilung nach GÜBAK keine Überschreitungen der Richtwerte RW2 aufgetreten.

Das trifft ebenso auf TBT zu. Auch bei einer Bewertung der vor dem Jahr 2010 durchgeführten Unterhaltungskampagnen nach GÜBAK wäre der obere RW2 in keinem Fall überschritten worden; obwohl der RW2 gegenüber dem im BLABAK-TBT Konzept festgelegten Wert halbiert wurde. Im Fall der organischen Schadstoffe, bei denen die Richtwerte der GÜBAK nur aufgrund der geänderten Bezugsfraktion niedriger sind, wären die Beurteilungen der Schadstoffgehalte nach GÜBAK vor allem für einige chlororganischen Verbindungen, z.B. die Verbindungen der DDX-Gruppe, Chlorbenzole und Hexachlorcyclohexane, um eine Stufe günstiger ausgefallen.

**Tabelle 2-2: Mittelwerte (2008-2011) der mittleren Schadstoffbelastung von Sedimenten im potenziellen Unterhaltungsbaggergut**

		Untersuchung von Sedimentkernen an 16 Positionen (8 Positionen am 22.03.2011); Probenahmeterminale						RW1	RW2	DMS Wedel (km 642)
		29.09.2008	17.03.2009	06.07.2009	03.03.2010	03.08.2010	22.03.2011	GÜBAK		Mittelwert (01.08.2008- 09.08.2010)
<b>Trockenrückstand</b>	Gew.-%	53	52	51	54	48	49			27,56
<b>Fraktion 20-63µm</b>	Gew.-% TM	28,8	24,8	23,3	29,0	31,6	30,6			39,5
<b>Fraktion &lt;20µm</b>	Gew.-% TM	27,8	28,7	29,3	31,2	23,9	34,7			49,7
<b>Gesamtfraktion &lt;63µm</b>	Gew.-% TM	56,6	53,5	52,5	60,1	55,5	65,3			89,2
<b>Schwermetalle</b>										
<b>Arsen (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	34	31	33	35	37	42	40	120	27
<b>Blei (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	73	86	92	83	88	103	90	270	69
<b>Cadmium (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	1,44	2,08	2,48	1,81	2,56	2,98	1,50	4,50	1,91
<b>Chrom (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	88	95	96	63	59	100	120	360	61
<b>Kupfer (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	52	62	69	54	66	77	30	90	83
<b>Nickel (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	45	45	47	39	40	47	70	210	43
<b>Quecksilber (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	0,96	1,43	1,55	1,02	1,27	1,89	0,70	2,10	1,27
<b>Zink (in &lt;20µm)</b>	mg/kg TM	478	480	558	478	569	604	300	900	694
<b>Kohlenwasserstoffe</b>										
<b>Kohlenwasserstoffe (in &lt;63µm)</b>	mg/kg TM	115	204	197	90	88	107	200	600	106
<b>PAK-Summe 16 EPA (in &lt;63µm)</b>	mg/kg TM	2,06	1,57	1,93	1,31	1,59	1,59	1,80	5,50	1,93

Fortsetzung Tabelle 2-2

		Untersuchung von Sedimentkernen an 16 Positionen (8 Positionen am 22.03.2011); Probenahmetermine						RW1	RW2	DMS Wedel (km 642)
		29.09.2008	17.03.2009	06.07.2009	03.03.2010	03.08.2010	22.03.2011	GÜBAK		Mittelwert (01.08.2008- 09.08.2010)
<b>Chlororganische Verbindungen</b>										
Pentachlorbenzol (in <63µm)	µg/kg TM	1,07	1,76	2,64	1,09	1,18	1,01	1,00	3,00	1,58
Hexachlorbenzol (in <63µm)	µg/kg TM	4,62	10,43	9,58	5,08	6,52	5,01	1,80	5,50	8,07
Summe 7 PCB (in <63µm)	µg/kg TM	13,30	17,18	21,91	13,49	13,99	13,18	13	40	15,41
α-HCH (in <63µm)	µg/kg TM	0,37	0,84	0,77	0,39	0,44	0,51	0,50	1,50	0,53
γ-HCH (in <63µm)	µg/kg TM	0,19	0,93	0,80	0,19	0,17	0,23	0,50	1,50	0,22
p,p-DDE (in <63µm)	µg/kg TM	2,98	4,45	5,71	2,84	3,94	3,4	1,00	3,00	3,80
p,p-DDD (in <63µm)	µg/kg TM	7,54	10,48	16,06	7,70	9,73	7,6	2,00	6,00	9,52
p,p-DDT (in <63µm)	µg/kg TM	3,29	4,22	2,48	2,35	2,42	1,52	1,00	3,00	3,94
<b>Organozinnverbindungen</b>										
Tributylzinn-Kation (in <2mm)	µg/kg TM	28,2	75,9	51,4	42,0	31,0	34,0	20,0	300	75,74
Phosphor ges. (in <2mm)	mg/kg TM	834	908	929	846	838	1046	500		
Stickstoff ges. (in <2mm)	Gew.-% TM	0,18	0,21	0,21	0,22	0,25	0,26	0,15		0,35

## 2.2.2 Beurteilung der Schwermetallgehalte<sup>7</sup>

Die mittleren Gehalte für Cadmium (außer bei Beprobung vom 29.09.2008, hier Unterschreitung von RW1), Kupfer, Zink und Quecksilber überschreiten den RW1 bei allen Beprobungen. Bei der Belastung mit Blei konnte einzig bei den Beprobungen vom 06.07.2009 und 22.03.2011 eine Überschreitung von RW1 festgestellt werden. Für die mittlere Belastung mit Arsen ist einzig bei der Beprobung vom 22.03.2011 der RW1 überschritten worden. Für alle Schwermetalle gilt, dass bei keiner Beprobung der Mittelwert über alle Einzelproben den RW2 überschritten hat.

Die bei den Freigabeuntersuchungen festgestellten Schwermetallgehalte spiegeln die 3-Jahresmittelwerte der DMS Wedel wider. Teilweise zeigen sie etwas höhere Gehalte an, bleiben aber deutlich unterhalb des RW2.

## 2.2.3 Beurteilung der organischen Schadstoffgehalte und TBT<sup>8</sup>

**Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW):** Nach Normierung unter Verwendung der Bestimmungsgrenze als theoretisch ungünstigsten Fall liegen die Mittelwerte aller Sedimentuntersuchungen und der 3-Jahresmittelwert an der DMS Wedel unter RW1. Nur die Kohlenwasserstoffgehalte der Proben mit Entnahmedatum 17.03.2009 zeigen im Mittel eine leichte Überschreitung von RW1 an.

**Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):** Die Gehalte der Summe der 16 PAK nach EPA überschreiten den RW1 im Mittel bei den Freigabeuntersuchungen am 29.09.2008 und am 06.07.2009 sowie bei der Sedimentbeprobung am 22.03.2011. Dasselbe gilt für den 3-Jahresmittelwert an der DMS Wedel. Die Gehalte liegen aber unterhalb des RW2. In den restlichen drei Freigabeuntersuchungen und der Sedimentbeprobung am 03.08.2010 wird RW1 unterschritten. In Anbetracht der Messunsicherheit liegen sämtliche Gehalte in vergleichbarer Größenordnung.

**Chlororganische Verbindungen:** Die mittleren Gehalte des Pentachlorbenzol überschreiten RW1 bei allen Freigabe- und Sedimentuntersuchungen. Auch an der DMS Wedel und in den Untersuchungen aus 2005 wird RW1 überschritten. RW2 wird jedoch eingehalten.

Die mittleren HCB-Gehalte aus den Untersuchungen vom 29.09.2008, 03.03.2010 und 03.08.2010 überschreiten RW1. Die mittleren Gehalte der restlichen Untersuchungen zeigen sogar eine deutliche Überschreitung von RW2 an. Auch der 3-Jahresmittelwert der DMS Wedel überschreitet RW2 deutlich.

Bei allen Freigabe- und Sedimentuntersuchungen überschreiten die mittleren Gehalte der PCBs (Summe 7 PCB) den RW1 geringfügig. Dasselbe gilt für den 3-Jahresmittelwert an der DMS Wedel.

---

<sup>7</sup> Dieses Kapitel ist textlich zu großen Teilen identisch mit Kapitel 3.2.2.1 aus BfG (2012b).

<sup>8</sup> Dieses Kapitel ist textlich zu großen Teilen identisch mit Kapitel 3.2.2.2 aus BfG (2012b).

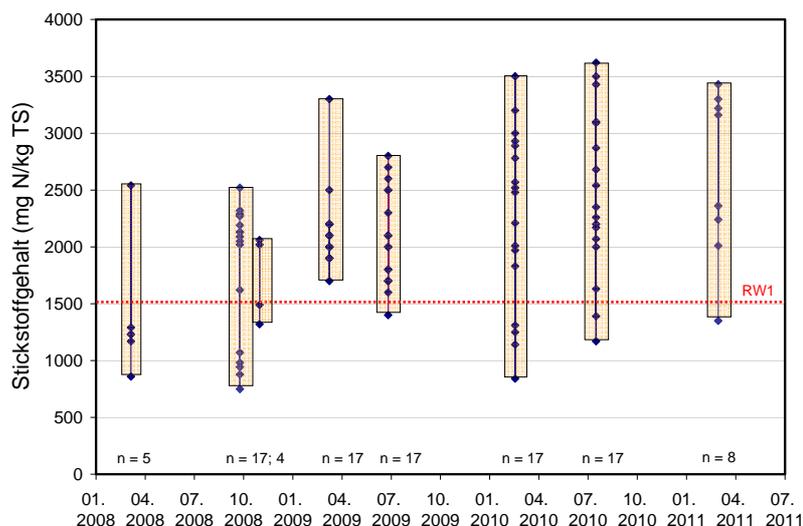
Die mittleren Gehalte des  $\alpha$ -HCH liegen in den Freigabeuntersuchungen zum Teil über und zum Teil unter RW1. Die Gehalte des  $\gamma$ -HCH liegen nur am 17.03.2009 und am 06.07.2009 über RW1, aber noch unter RW2. Im Rahmen der Messunsicherheit sind die bei den Freigabeuntersuchungen ermittelten Gehalte gut mit dem 3-Jahresmittelwert an der DMS Wedel vergleichbar.

Die Gehalte des p,p'-DDE zeigen in den Freigabeuntersuchungen vom 29.09.2008 und 03.03.2010 eine Überschreitung des RW1. Der 3-Jahresmittelwert an der DMS Wedel und die mittleren Belastungen der restlichen Freigabe- und Sedimentuntersuchungen überschreiten den RW2. Die mittleren Gehalte des p,p'-DDD liegen bei allen Freigabeuntersuchungen oberhalb des RW2. Diese Überschreitung ist auch an der DMS Wedel zu sehen. Im Fall des p,p'-DDT wird RW2 an der DMS Wedel und bei den Freigabeuntersuchungen vom 29.09.2008 und 17.03.2009 überschritten. In den restlichen Untersuchungen liegen die mittleren Gehalte zwischen RW1 und RW2.

**Zinnorganische Verbindungen:** Die mittleren TBT-Gehalte in allen Freigabeuntersuchungen, der 3-Jahresmittelwert an der DMS Wedel liegen oberhalb von RW1. RW2 wird jedoch deutlich unterschritten.

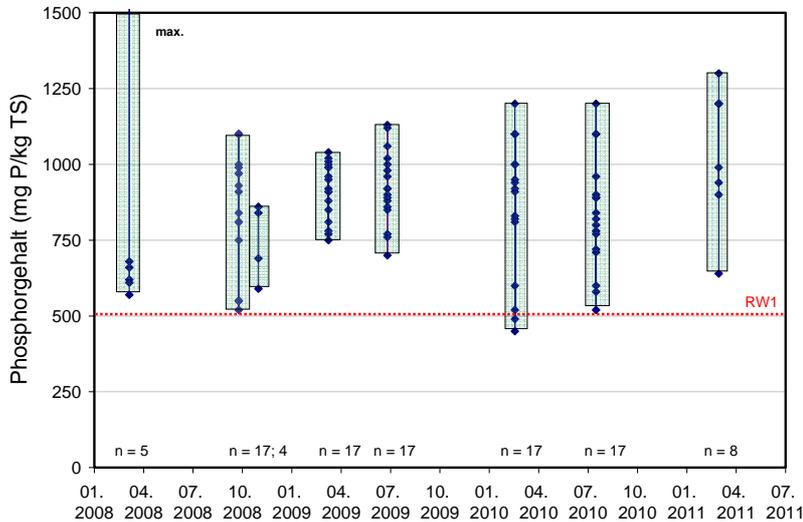
## 2.3 Nährstoffe

Für den Gesamt-Stickstoffgehalt im Feststoff wurden im Sedimentfang bei den Freigabeuntersuchungen von 2008 bis 2010 Konzentrationen zwischen 750 und 3200 mg N/kg TS (Trockensubstanz) im potenziellen Unterhaltungsbaggergut über die gesamte Schnitttiefe gemessen (siehe Abbildung 2-3). Der Richtwert in Höhe von 1500 mg N/kg TS wird dabei in 64 der insgesamt 83 auf Stickstoff hin untersuchten Sedimentkerne überschritten. Dabei weisen die Werte der Beprobungen 2009 und 2010 gegenüber den Werten aus 2008 prozentual häufigere Überschreitungen des Richtwertes 1 auf.



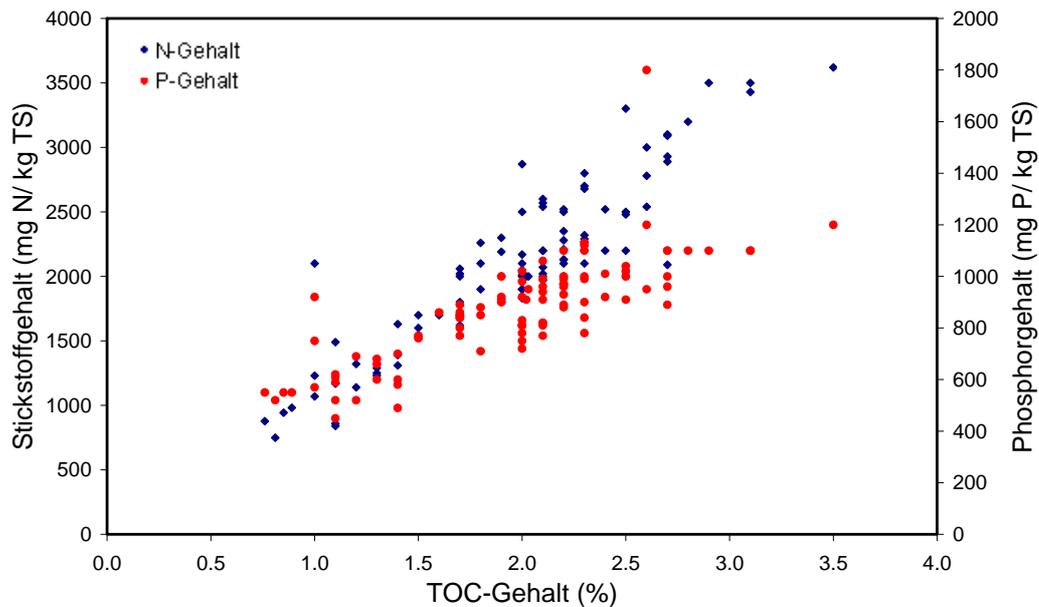
**Abbildung 2-3: Gesamt-Stickstoffgehalt in den untersuchten Sedimentkernen der Freigabebeobachtungen im Zeitraum 2008 – 2010. Der rote Balken gibt den Richtwert 1 für Stickstoffgehalt nach den GÜBAK (ANONYMUS, 2009) an.**

Für den Gesamt-Phosphorgehalt im Feststoff wurden Konzentration zwischen 450 und 1200 mg/kg TS (ohne den Ausreißerwert 1800 mg/kg TS, siehe Abbildung 2-4) gemessen. Somit überschreiten die Konzentrationen in 81 der insgesamt 83 Proben den Richtwert 1 für den Phosphorgehalt von 500 mg P/kg TS.

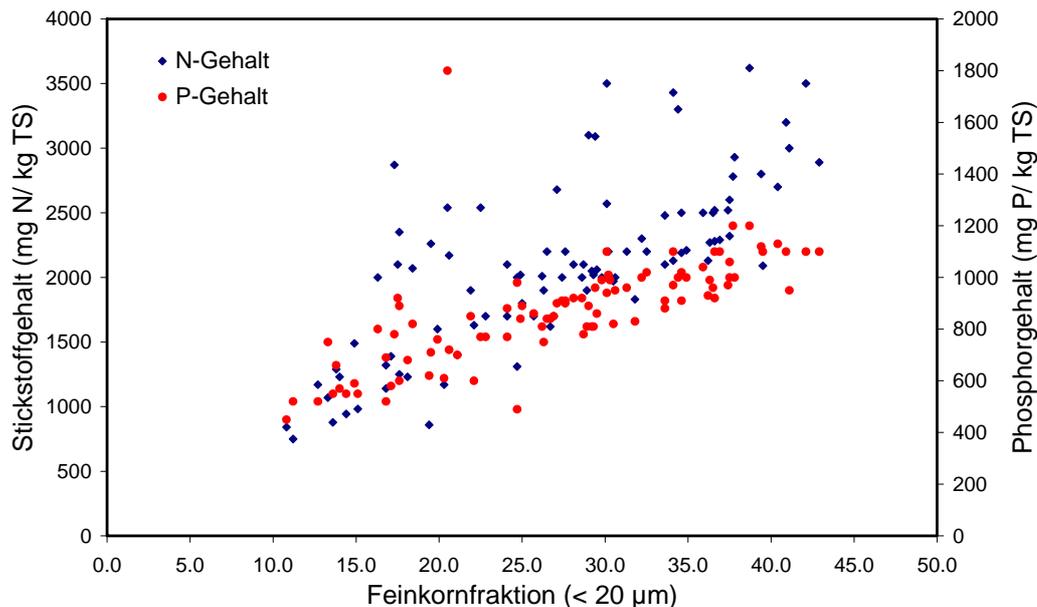


**Abbildung 2-4: Gesamt-Phosphorgehalt in den untersuchten Sedimentkernen der Freigabebeobachtungen im Zeitraum 2008 – 2010. Der rote Balken gibt den Richtwert 1 für Phosphorgehalt nach den GÜBAK (ANONYMUS, 2009) an.**

Generell sind die Nährstoffgehalte stark positiv mit dem TOC-Gehalt der Sedimente korreliert (siehe Abbildung 2-5). Alle drei Größen sind wiederum stark positiv mit physikalischen Größen der Sedimente, dem Anteil in der Feinkornfraktion < 20 µm (siehe Abbildung 2-6) und auch dem Wassergehalt korreliert.



**Abbildung 2-5: Korrelation der Gesamt-Stickstoff- und Gesamt-Phosphorgehalte mit den TOC-Anteilen in den beprobten Sedimentkernen.**



**Abbildung 2-6: Korrelation der Gesamt-Stickstoff- und Gesamt-Phosphorgehalte mit den Anteilen in der Feinkornfraktion < 20 µm in den beprobten Sedimentkernen.**

Vergleichbar zur Beurteilung der Schadstoffbelastung in Kapitel 2.2.1 sind in den untersuchten Sedimentablagerung zwar erhöhte Nährstoffgehalte (Überschreitung Richtwert 1) festgestellt worden. Diese Werte entsprachen jedoch den Gehalten der regelmäßig vor 2008 und aktuell im Bereich Wedel WSV-seitig baggerten Sedimente. Eine Umlagerung des Unterhaltungsbaggereutes aus dem Sedimentfang Wedel in den Verbringstellenbereich stromabwärts zwischen Elbe-km 686 bis 690 ist deshalb möglich. Aufgrund der ganzjährig guten und stabilen Sauerstoffbedingungen am Ort der Verbringung kann eine Beeinflussung der Sauerstoffgehalte durch Umlagerung des Baggereutes aus dem Sedimentfang ausgeschlossen werden (siehe BfG, 2012a, dort in Kapitel 5.3.2).

## 2.4 Ökotoxikologisches Potenzial

Die für die Freigabeuntersuchungen entnommenen Sedimente wurden an 10 der 16 Probenahme-positionen ökotoxikologisch untersucht. In den Jahren 2008 und 2009 ist das Sediment an sämtlichen Positionen ökotoxikologisch untersucht worden (vgl. Tabelle 1-1). Die Untersuchungen erfolgten sowohl mit der limnischen als auch mit der marinen Biotestpalette, da das Unterhaltungsbaggereut aus dem Sedimentfang in den Brackwasserbereich der Elbe im VSB 686/690 umgelagert worden ist.

Die Beurteilung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der erfassten Sedimente erfolgt nach den GÜBAK (ANONYMUS, 2009) anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse. In der nachfolgenden Tabelle 2-3 sind die Untersuchungsergebnisse der Jahre 2008 bis 2011 zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Übersicht der Untersuchungsergebnisse ist in den vorangegangenen Teilberichten enthalten (siehe BfG, 2009; BfG, 2010a und BfG, 2011a). Die Ergebnisse der im Jahr 2005 erfolgten ökotoxikologischen Untersuchungen an

Sedimentproben aus BA 1 sind dokumentiert in BfG (2008). Im Zeitraum März 2008 bis März 2011 sind im Bereich der Maßnahme in Summe 80 bis 90 Sedimentproben mit der limnischen und der marinen Biotestpalette untersucht worden.

Die Ergebnisse der Baggergutuntersuchungen seit 2008 aus diesem Bereich weisen zu vorangegangenen Untersuchungen im Zeitraum vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs (vgl. BfG, 2008 und BfG, 2006) ein vergleichbares ökotoxikologisches Belastungspotenzial auf. Ausnahmen bilden die Untersuchungen vom März 2009 und vom August 2010. Die Freigabeuntersuchung im März 2009 (beschrieben in BfG, 2010a) wies ein in der Tendenz geringeres ökotoxikologisches Belastungspotenzial auf. Diese tendenziell sehr geringen Toxizitäten im Frühjahr 2009 wurden in den Folgeuntersuchungen in den Jahren 2009, 2010 und 2011 nicht erneut festgestellt. In diesen Jahren lagen die Belastungspotenziale der Sedimente wieder in dem für dieses Gebiet erwarteten Bereich. Auszunehmen ist eine Sedimentbeprobung im August 2010. Bei der Untersuchung dieser Sedimente wurden tendenziell erhöhte Belastungspotenziale festgestellt (BfG, 2011a). Die Ursache für die aufgetretenen Unterschiede bzw. Schwankungen in der Sedimentbelastung sind unbekannt. Eine systematische und längerfristige Veränderung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials ist auf Grundlage der bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht abzuleiten.

**Tabelle 2-3: Übersicht über die im Sedimentfang bei Wedel festgestellten ökotoxikologischen Belastungspotentiale von August 2005 bis März 2011. Dargestellt ist die Anzahl bzw. Häufigkeit der jeweils festgestellten Toxizitätsklassen der limnischen und der marinen Biotestpalette.**

Toxizitäts- klasse	August 2005		März '08	September 2008		März 2009		Juli 2009		März 2010		August 2010		März 2011		Fall- einstufung  gem. Handlungs- anweisungen für den Umgang mit Baggergut
	Häufigkeit Toxizitätsklasse		Häufigk. Toxkl.	Häufigkeit Toxizitätsklasse												
	limnische Bioteste	marine Bioteste	limnische Bioteste	limnische Bioteste	marine Bioteste											
<b>0</b>		<b>1</b>			<b>2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>1</b>		<b>4</b>						<b>Fall 1</b>
<b>I</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		<b>9</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>				
<b>II</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>				<b>10</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			<b>5</b>	<b>8</b>	
<b>III</b>	<b>2</b>		<b>1</b>	<b>3</b>				<b>1</b>	<b>1</b>			<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>Fall 2</b>
<b>IV</b>												<b>2</b>	<b>4</b>			
<b>V</b>													<b>2</b>			<b>Fall 3</b>
<b>VI</b>																

## 2.5 Unterhaltungsbaggergutmengen

**Tabelle 2-4: Zusammensetzung der Laderaumvolumen [m<sup>3</sup>] und Feststoffmassen [t Trockensubstanz, TS] an umgelagerten Sedimenten aus Herstellung und Unterhaltung Sedimentfang. Zusätzlich erfasst ist das WSV-seitige Unterhaltungsbaggergut aus Sicherung Fahrwassertiefe im Baggerabschnitt Wedel**

<b>Zusammenfassung Baggerarbeiten</b>			
	Stark sandiges Baggergut	Stark feinsandig- schluffiges Baggergut	<b>TOTAL</b>
<b>[1]</b> Erstmalige Herstellung - HPA (Mai bis Juni 2008)	290.437 m <sup>3</sup> 488.213 t TS	1.235.285 m <sup>3</sup> 693.099 t TS	1.525.722 m <sup>3</sup> 1.181.312 t TS
<b>[2]</b> 1. Unterhaltung - HPA (Oktober – November 2008)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	975.993 m <sup>3</sup> 548.867 t TS	975.993 m <sup>3</sup> 548.867 t TS
<b>[3]</b> Sicherung Fahrwassertiefe Baggerabschnitt Wedel - WSV (Januar – Dezember 2008)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	436.639 m <sup>3</sup> k.A.	436.639 m <sup>3</sup> k.A.
<b>[4]</b> 2. Unterhaltung - HPA *1) (April – Mai 2009)	245.528 m <sup>3</sup> 359.071 t TS	1.404.758 m <sup>3</sup> 614.514 t TS	1.650.286 m <sup>3</sup> 973.585 t TS
<b>[5]</b> 3. Unterhaltung - HPA *2) (August 2009)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	694.746 m <sup>3</sup> 188.020 t TS	694.746 m <sup>3</sup> 188.020 t TS
<b>[6]</b> Sicherung Fahrwassertiefe Baggerabschnitt Wedel - WSV (Januar – Dezember 2009)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	658.366 m <sup>3</sup> k.A.	658.366 m <sup>3</sup> k.A.
<b>[7]</b> 4. Unterhaltung – HPA (März - April 2010)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	1.138.234 m <sup>3</sup> 604.523 t TS	1.138.234 m <sup>3</sup> 604.523 t TS
<b>[8]</b> Sicherung Fahrwassertiefe Baggerabschnitt Wedel - WSV (Januar – Dezember 2010)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	54.898 m <sup>3</sup> k.A.	54.898 m <sup>3</sup> k.A.
<b>[9]</b> 5. Unterhaltung – HPA (März - April 2011)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	789.276 m <sup>3</sup> 374.306 t TS	789.276 m <sup>3</sup> 374.306 t TS
<b>[10]</b> Sicherung Fahrwassertiefe Baggerabschnitt Wedel - WSV (Januar – Dezember 2011)	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	796.842 m <sup>3</sup> k.A.	796.842 m <sup>3</sup> k.A.
<b>Jahressumme 2008</b> =([1]+[2]+[3])	290.437 m <sup>3</sup> 488.213 t TS	2.647.917 m <sup>3</sup> k.A.	2.938.354 m <sup>3</sup> k.A.
<b>Jahressumme 2009</b> =([4]+[5]+[6])	245.528 m <sup>3</sup> 359.071 t TS	2.757.870 m <sup>3</sup> k.A.	3.003.398 m <sup>3</sup> k.A.

**Fortsetzung Tabelle 2-4**

	Stark sandiges Baggergut	Stark feinsandig- schluffiges Baggergut	<b>TOTAL</b>
<b>Jahressumme 2010</b> =([7]+[8])	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	1.193.132 m <sup>3</sup> k.A.	1.193.132 m <sup>3</sup> k.A.
<b>Jahressumme 2011</b> =([9]+[10])	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	1.586.1418 m <sup>3</sup> k.A.	1.586.1418 m <sup>3</sup> k.A.

**Zusammenfassung Baggerarbeiten**

	Stark sandiges Baggergut	Stark feinsandig- schluffiges Baggergut	<b>TOTAL</b>
<b>HPA Baggergut gesamt aus gewachsener Gewässersohle (Herstellung Sedimentfang)</b> =([1]+[4 / stark sandiges Baggergut])	535.965 m <sup>3</sup> 847.284 t TS	1.235.285 m <sup>3</sup> 693.099 t TS	1.771.250 m <sup>3</sup> 1.540.383 t TS
<b>HPA Baggergut gesamt, welches zuvor frisch sedimentiert ist (nur Unterhaltung Sediment- fang)</b> =([2]+[4 / stark feinsandig- schluffiges Bagger- gut+[5]+[7]+[9])	0 m <sup>3</sup> 0 t TS	5.003.007 m <sup>3</sup> 2.330.230 t TS	5.003.007 m <sup>3</sup> 2.330.230 t TS
<b>WSV Baggergut gesamt (stark feinsandig-schluffig) aus Sicherung Fahrwassertiefe</b> =[3]+[6]+[8]+[10]	0 m <sup>3</sup> k.A.	1.149.903 m <sup>3</sup> k.A.	1.149.903 m <sup>3</sup> k.A.

**Hinweis zu obenstehender Tabelle 2-4:** Die Baggergutmengen der Unterhaltung des Sedimentfangs im Frühjahr 2012 werden hier nicht erfasst, da diese Unterhaltungskampagne nach Abschluss des Berichtszeitraums (bis einschließlich August 2011) stattgefunden hat.

### 3 Überprüfung der Auswirkungsprognosen (Ebene 2)

Der Sedimentfang Wedel ist als Pilotversuch und zugleich als großangelegter, praktischer Test für die Realisierung eines innovativen Bausteins für ein ganzheitliches Strombau- und Sedimentmanagementkonzept konzeptioniert und in den Jahren 2008 bis 2011 umgesetzt worden. Ein speziell auf den Sedimentfang bezogenes Monitoringkonzept wurde zur Überwachung und Beurteilung seiner möglichen Auswirkungen auf ökologische Belange und den Naturraum Elbe (einschließlich Natura2000/FFH) durch Herstellung und Betrieb sowie zur Überprüfung dessen Wirksamkeit beschlossen worden. Eine detaillierte Beschreibung des Monitoringkonzeptes ist in BfG (2009) enthalten.

Eine Übersicht über die untersuchten maßnahmebedingten Auswirkungen ist in Tabelle 3-1 gegeben. Detailliert sind die Untersuchungsergebnisse in BfG (2010a) und BfG (2012a) beschrieben. Abschließende Ergebnisse zu den meisten Auswirkungsprognosen sind in BfG (2012a) bereits dargestellt. Über die noch fehlenden, bzw. noch nicht abschließend untersuchten Auswirkungsprognosen wird in diesem Kapitel berichtet.

Eine abschließende Beurteilung der Wirksamkeit des Sedimentfangs erfolgt in Kapitel 5. Grundlagen dieser Beurteilung sind u.a. die hier beschriebenen Ergebnisse der Überprüfung der wirksamkeitsbezogenen Auswirkungsprognosen, ergänzt um die Ergebnisse des weitergehenden Auswerteprogramms der Ebene 3 (vgl. Kapitel 4).

Das Unterhaltungsbaggergut ist bis auf die überwiegend grobkörnigen Baggergutanteile, die bei der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs angefallen sind, im Verbringstellenbereich zwischen Elbe-km 686 bis 690<sup>9</sup> – dort auf VS689R – umgelagert worden. Der VSB 686/690 nimmt in der Unterhaltungsstrategie des WSA Hamburg eine zentrale Stellung ein. Seit 2006 wird Baggergut aus dem Amtsbereich des WSA Hamburg, damit auch das Unterhaltungsbaggergut aus dem Sedimentfang, hier bevorzugt umgelagert. Die Mengen aus der erstmaligen Herstellung und Unterhaltung des Sedimentfangs haben an den im VSB 686/690 umgelagerten Gesamtbaggergutmengen in den Jahren 2008 bis 2010 einen Anteil zwischen 45 und 49% gehabt. Im Auftrag des WSA Hamburg hat die BfG die morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen der Baggergutumlagerung im VSB 686/690 untersucht und berichtet darüber in BfG (2012b).

---

<sup>9</sup> Im Folgenden als VerbringStellenBereich (VSB) 686/690 bezeichnet.

**Tabelle 3-1: Zusammenfassende Beurteilung der Auswirkungsprognosen**

Auswirkungsprognose für	Prognose	Festgestellte Auswirkungen des Sedimentfangs nach Abschluss der Untersuchungen
Wirksamkeit Sedimentfang (Suspensionstransport)	Absenkung der Strömungsgeschwindigkeit um 10% -15% wird nicht erreicht, damit auch keine deutliche Verringerung der Transportkapazität	Kein signifikanter Einfluss auf Schwebstofftransport anhand der Messdaten zu erkennen
Wirksamkeit Sedimentfang (sohlnaher Sedimenttransport)	<i>Hinweis: „Keine Auswirkungsprognose gegeben“</i>	Füllung des Sedimentfangs erfolgt überwiegend aus sohlnah suspendiertem Transportgeschehen. Aufgrund erhöhter Sedimentationsraten in voll hergestelltem Zustand muss der Sedimentfang Einfluss auf den sohlnahen Sedimenttransport haben.
Strömungsgeschwindigkeit	Nur geringe Absenkung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit	Hinweis auf Absenkung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit um ca. 6 cm/s unmittelbar nach Unterhaltung des Sedimentfangs
Tidecharakteristika	<i>Hinweis: „Keine Auswirkungsprognose gegeben“</i>	Keine signifikante Auswirkung des Sedimentfangs auf Wasserstandsganglinie festzustellen
Turbulenz	Keine verstärkte Turbulenz mit Einfluss auf die Gewässermorphologie erwartet	Keine messtechnische Untersuchung von Turbulenz im Zuge des Monitorings erfolgt
Baggergutmengen und -beschaffenheit	Pro Baggerkampagne 0,8 Mio. m <sup>3</sup> Fassungsvermögen, überwiegend schluffiges Sediment	Bis einschließlich August 2011 in 5 Unterhaltungskampagnen ca. 5 Mio. m <sup>3</sup> Laderaumvolumen an feinsandig-schluffigem Baggergut - also ca. 1,0 Mio. m <sup>3</sup> pro Kampagne - gebaggert und umgelagert
Sedimentationsrate	Höhere Sedimentationsrate im Bereich des Sedimentfangs erwartet	Tendenz zu verstärktem Aufwuchs der mittleren Sohlage im Maßnahmenbereich bei voll hergestelltem Sedimentfang festgestellt.

Fortsetzung Tabelle 3-1

Auswirkungsprognose für	Prognose	Festgestellte Auswirkungen des Sedimentfangs nach Abschluss der Untersuchungen
Geometrie Sedimentfang	Ortstabile Böschungskante mit einer natürlichen Neigung von 1:4	Unmittelbar nach Baggerung festgestellte Neigung ist geringer als 1:4, danach Verflachung Böschungskante
Schwebstoffkonzentration	Verlagerung der hohen Sedimentkonzentrationen vertikal nach unten und einer Abnahme derselben in den oberen Wasserschichten	Keine signifikanten Auswirkungen auf den Schwebstoffhaushalt an den Positionen der Dauermessstationen im Umfeld des Sedimentfangs erkennbar
Herkunft der Sedimente	Unsichere Prognose: überwiegend marine Herkunft, oder Durchmischung mit Sedimenten bzw. abgelagertem Baggergut von Oberstrom	Verhältnis der fluviatilen zu marinen Sedimentanteile in frischen Sedimentablagerungen durch Oberwasserhältnisse geprägt. Kein Einfluss des Sedimentfangs auf dieses Verhältnis erkennbar.
Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt	Geringe Abnahme der Sauerstoffkonzentrationen durch Betrieb des Sedimentfangs	An Dauermessstation D1 keine Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt erkennbar, auch nicht während der Baggerkampagnen
Schadstoffkonzentration und ökotoxikologisches Potenzial	Bei verstärktem Sedimenteintrag von unterstrom mit hohem marinen Anteil: verringerte Schadstoffbelastung und ökotoxikologisches Potenzial. Bei verstärktem Sedimenteintrag von oberstrom mit hohem fluviatilen Anteil: erhöhte Schadstoffbelastung und ökotoxikologisches Potenzial durch Belastung oberstromiger Feststoffe und ggf. von dem im Bereich Neßsand umgelagerten Baggergut	Keine signifikanten Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte und das ökotoxikologische Potenzial erkennbar

**Fortsetzung Tabelle 3-1**

Auswirkungsprognose für	Prognose	Festgestellte Auswirkungen des Sedimentfangs nach Abschluss der Untersuchungen
Makrozoobenthos	Im Bereich Sedimentfang bereits sehr hohe Umlagerungs- und Baggeraktivitäten. Keine weiteren Auswirkungen auf vorliegende, artenarme Benthos-Lebensgemeinschaft erwartet	<i>Monitoringkonzept umfasst keine weiteren Untersuchungen zu Makrozoobenthos</i>
Fischfauna	Im Bereich Sedimentfang bereits sehr hohe Umlagerungs- und Baggeraktivitäten. Durch Sedimentfang kein relevanter Einfluss auf Fischbestände erwartet	<i>Monitoringkonzept umfasst keine weiteren Untersuchungen zu Fischfauna – siehe hierzu Gutachten von Limnobios (Limnobios, 2009)</i>
Schutzgebiete	Keine Beeinträchtigung der Sauerstoffversorgung der ansässigen Lebensgemeinschaften	Kein relevantes Risiko für die Erhaltungsziele der Natura 2000 Gebiete aufgrund von Sauerstoffbelastungen infolge des Sedimentfangs erkennbar

### 3.1 Auswirkungen Sedimentfang auf Baggergutmen- entwicklung im Bereich Hamburger Hafen<sup>10</sup>

Diesem Pilotprojekt lag die Auswirkungsprognose zu Grunde, dass durch Betrieb und Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel eine Reduktion der Baggergutmengen im Bereich des Hamburger Hafens erreicht werden kann. Suspendiertes Feststoffmaterial, das stromaufwärts transportiert wird („Tidal Pumping“), sollte sich vermehrt im Sedimentfang Wedel anstatt im Bereich des Hamburger Hafens ablagern. Tatsächlich ist eine Abnahme der Baggergutmengen seit 2006, also schon vor Herstellung des Sedimentfangs, im Hamburger Hafen ersichtlich (siehe Abbildung 1-2). Diese Abnahme ist aber vor allem bedingt durch ein Zusammenspiel unterschiedlichster Randbedingungen (Oberwasserzufluß bzw. Lage der Trübungszone, Unterhaltungszustand im Hafen, Suspensionsfracht, etc.) und Veränderungen im Sedimentmanagement (Änderung der Umlagerungsstrategie im Bereich des WSA Hamburg, Umlagerungen der HPA zur Tonne E3, etc.). Ein Einfluss des Sedimentfangs Wedel auf diese Entwicklung der Baggergutmengen ist erst ab 2008 möglich. Die Quantifi-

<sup>10</sup> Das nachfolgende Kapitel 3.1 ist das Ergebnis eigener Untersuchungen durch die HPA.

zierung dieses möglichen Wirkanteils ist aufgrund einer Überlagerung der unterschiedlichen Prozesse und Randbedingungen nicht möglich. Diese werden im Folgenden kurz erläutert:

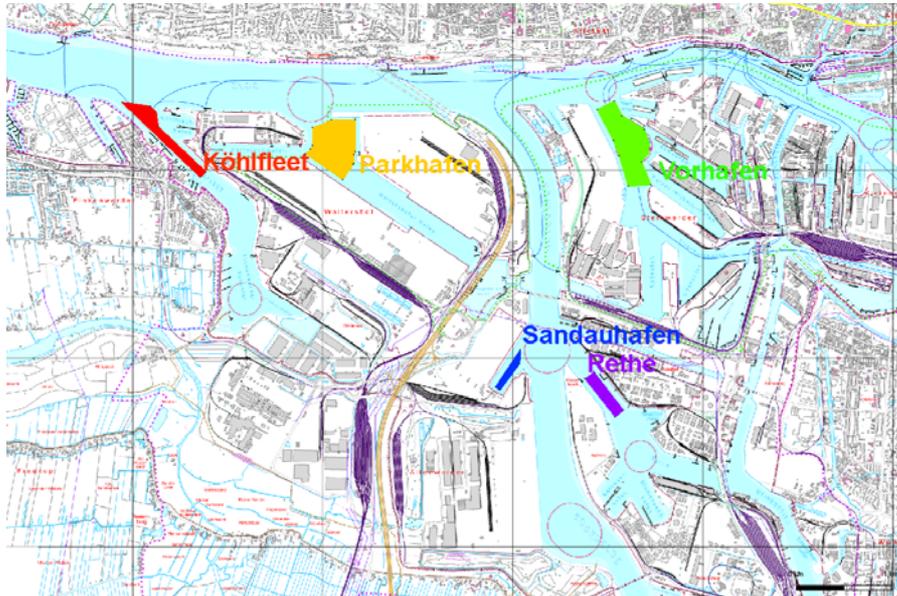
- Eintrag von suspendiertem und sohnah transportiertem Material von Unter- („Tidal Pumping“) und Oberstrom in den Bereich des Hamburger Hafens.
- Oberstromiger Einfluss auf die Schwebstoffkonzentration und Suspensionsfracht sowie die oberwasserabhängige Lage der Trübungszone im Ästuar. Beides hat Einfluss auf das gesamte Schwebstoffkonzentrationsgefälle unterhalb Hamburgs.
- Zur natürlichen Variabilität des Suspensionstransports kann dieser durch Umlagerung von feinkörnigem Baggergut und Baggerkreisläufen künstlich angereichert werden, so dass die Entwicklung der Baggergutmengen im Hamburger Bereich auch durch weitläufige Sedimentkreisläufe und Umlagerungsstrategien beeinflusst werden kann.
- Des Weiteren sind die Sedimentationsmengen und damit auch die Baggermengen von Art, Lage, Anschluss und Größe der Hafenbecken im Hamburger Bereich abhängig. Je nach Hafenbeckentyp können sich im Einfahrts- bzw. Anschlussbereich der Hafenbecken unterschiedliche Strömungen (z.B. Walzen und Ablösewirbel) und damit auch unterschiedliche Sedimentationsbedingungen einstellen, welche zu einer starken Erhöhung der Sedimentation führen. Auch Dichteeffekte aus sohnah erhöhten Schwebstoffkonzentrationen spielen in diesen Einfahrts- bzw. Anschlussbereichen eine Rolle. In den hinteren Hafenbecken hängt die Sedimentationsmenge im Allgemeinen nur vom auszutauschenden Tidevolumen des Hafenbeckens und der Schwebstoffkonzentration im jeweiligen Bereich ab.
- Im Wesentlichen ist die Baggermenge jedoch von der nautisch vorzuhaltenden Wassertiefe abhängig und in welchem Bereich diese wie oft für unterschiedliche Schiffe hergestellt werden muss, d.h. zu einer jeweiligen Baggergutmenge gehört notwendigerweise auch das Abbild eines Unterhaltungszustandes des Hamburger Hafens, welcher in der dargestellten Baggergutmengenstatistik unterschiedlich sein kann.

Insbesondere aufgrund der zuletzt genannten Randbedingung ist die Baggergutmenge und deren Entwicklung im Bereich des Hamburger Hafens ein schwieriger Indikator, um die Wirksamkeit des Sedimentfangs Wedel beurteilen zu können. Besser geeignet erscheint eine Untersuchung der zeitlichen Beeinflussung der Sedimentationsraten in verschiedenen Hafenbecken, um einen möglichen Einfluss des Sedimentfangs Wedel darauf zu identifizieren.

HPA hat hierfür langjährige Untersuchungen zu den Sedimentationsraten in verschiedenen Hafenbecken zu unterschiedlichen Oberwassersituationen durchgeführt. Es soll die Hypothese geprüft werden, ob zu Zeiten eines wirksamen Sedimentfangs die Sedimentationsraten in ausgewählten Teilbereichen des Hafens kleiner sind. Da der Sedimentfang nur den stromaufgerichteten Suspensionstransport beeinflussen kann, sollen Hafenbecken untersucht werden, welche möglichst nah zum Sedimentfang Wedel liegen. Das Sedimentationsgeschehen in den weiter stromauf liegenden Hafenbecken wird verstärkt durch die von Oberstrom stammenden Suspensionsfrachten beeinflusst.

In der folgenden Abbildung 3-1 sind die untersuchten Hafenbecken im Hamburger Hafen dargestellt. Es wurde angenommen, dass eine Wirkung des Sedimentfangs am ehesten im

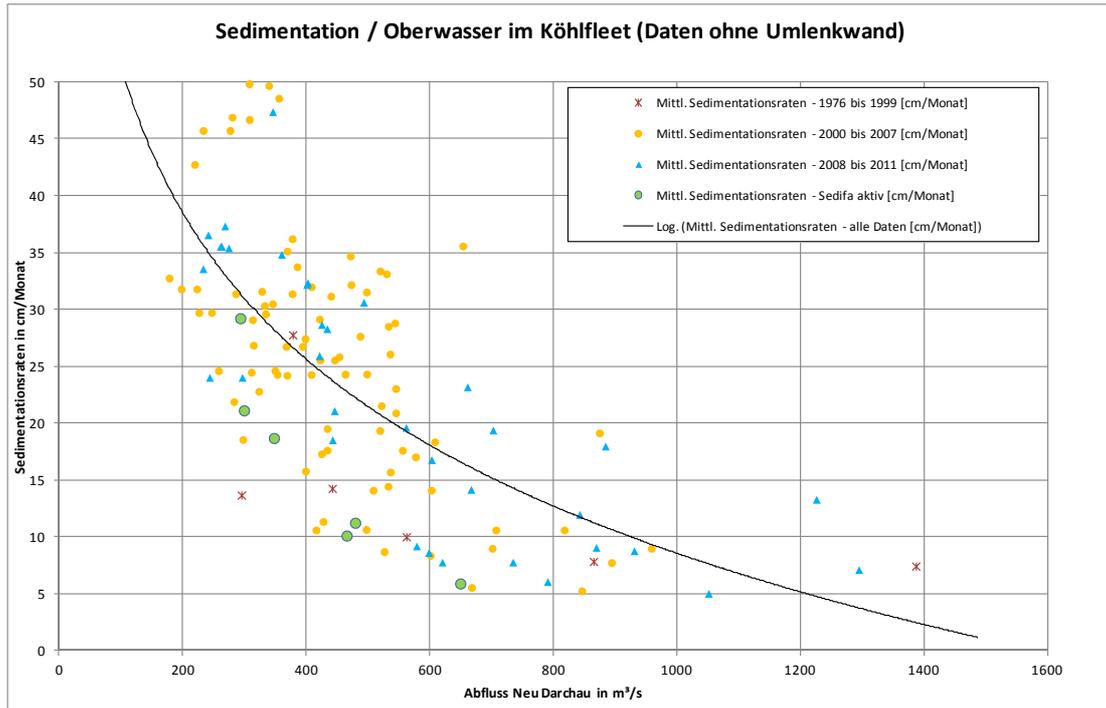
Bereich des Köhlfleets oder des Parkhafens ersichtlich ist. Eine in Messdaten zu erkennende Wirkung des Sedimentfangs im Vorhafen, Sandauhafen oder der Reihe ist nicht zu erwarten.



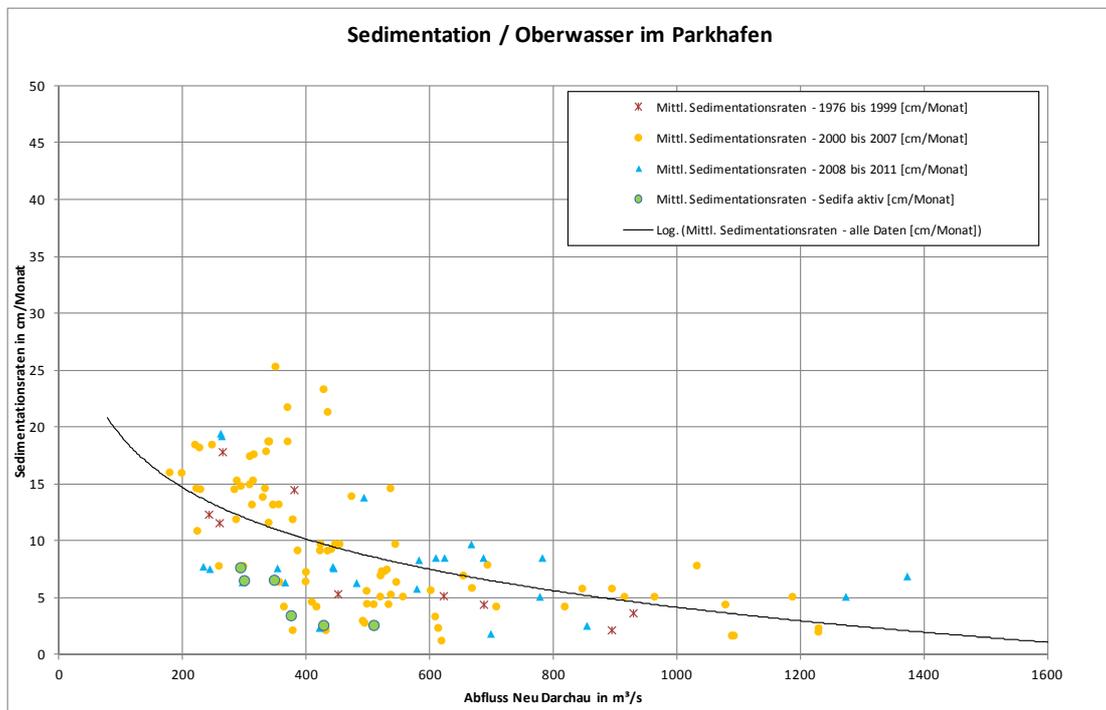
**Abbildung 3-1: Lage der untersuchten Kontrollräume im Hamburger Hafen zur Bestimmung der Sedimentationsraten zu Zeiten eines voll hergestellten (aktiver Zustand) bzw. eines stark gefüllten Sedimentfangs (nicht-aktiver Zustand)**

Abbildung 3-2 bis Abbildung 3-6 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen von Sedimentationsraten in den einzelnen Kontrollräumen der untersuchten Hafenbecken. Die Kontrollräume wurden auf die Einfahrts- bzw. Anschlussbereiche beschränkt, da hier die größten Effekte zu erwarten sind. Die Sedimentation in den hinteren Hafenbecken wird im Wesentlichen durch das Tidevolumen und die Schwebstoffkonzentration im jeweiligen Gewässerbereich geprägt. Die Ergebnisse des Sedimentfangmonitorings lassen einen maßnahmebedingten Einfluss vor allem auf die sohnah im Elbeabschnitt Wedel transportierten Frachten schließen. Der Schwebstofftransport in der Wassersäule oberhalb des Sedimentfangs wird nicht durch diesen beeinflusst (siehe BfG, 2011a). Daher erscheint eine Untersuchung des Sedimentationsgeschehens in diesen hinteren Hafenteilen, wo zudem auch die geringsten Unterhaltungsbaggermengen anfallen, nicht sinnvoll.

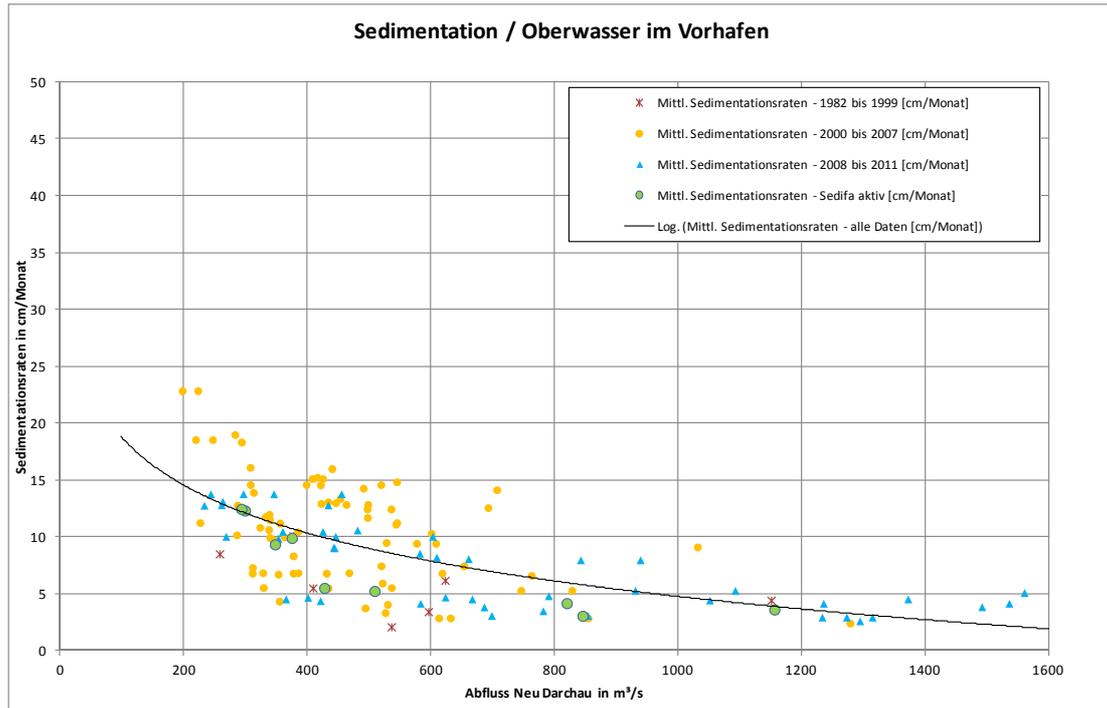
In Abbildung 3-2 bis Abbildung 3-6 ist die langjährige Regression zwischen Sedimentationsrate und Oberwasserzufluss dargestellt. Die Anzahl der in den Hafenbereichen ausgewerteten Sedimentationsraten nimmt mit der elektronischen Verfügbarkeit von Peildaten seit 1995 erheblich zu. Hauptaugenmerk wurde auf die Daten nach der letzten Fahrrinnenanpassung aus dem Jahr 2000 gelegt. Alle Daten seit der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs im Frühjahr 2008 sind separat dargestellt. Eine eigene Datenklasse bilden darüber hinaus die Sedimentationsraten, die in Zeiträumen erfasst worden sind, in denen der Sedimentfang Wedel in einem quasi voll hergestellten Zustand vorgelegen hat und damit von einem größtmöglichen Einfluss auf das Transportgeschehen ausgegangen werden kann (aktiver Sedimentfang). Für dieselben Zeiträume ist in BfG (2012a, dort in Kapitel 3.4.2) bereits eine maßnahmebedingte Tendenz zu höheren Sedimentationsraten im Bereich des voll hergestellten Sedimentfangs festgestellt worden.



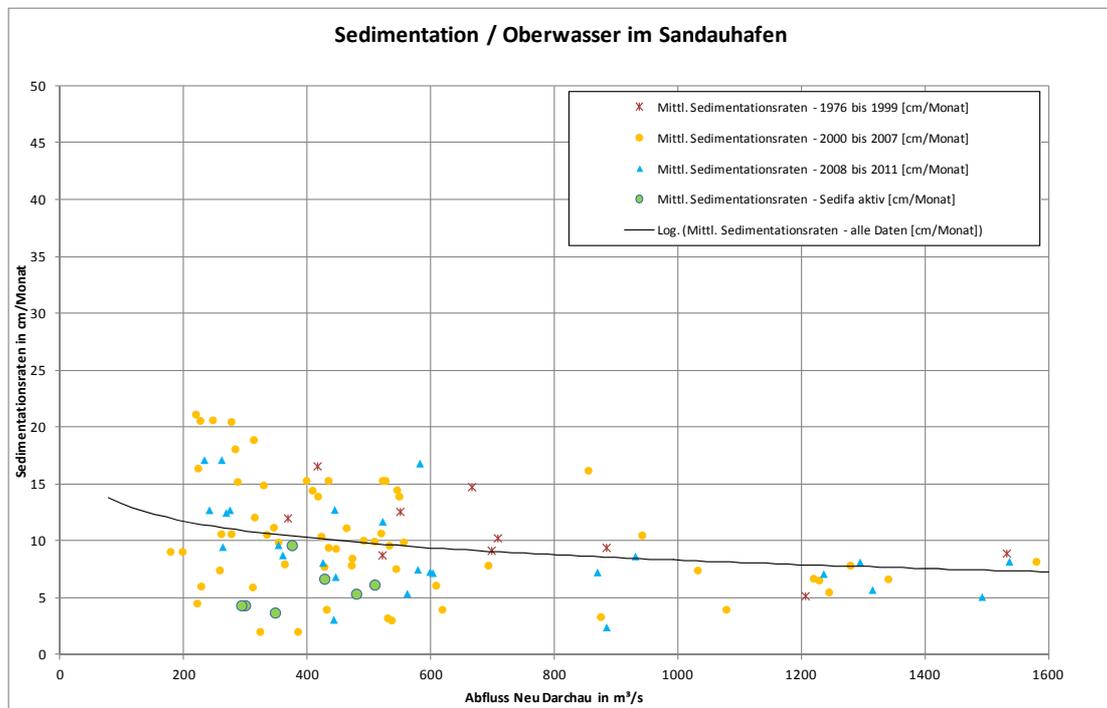
**Abbildung 3-2: Sedimentationsraten im Hafenbereich Köhlfleet in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte).**



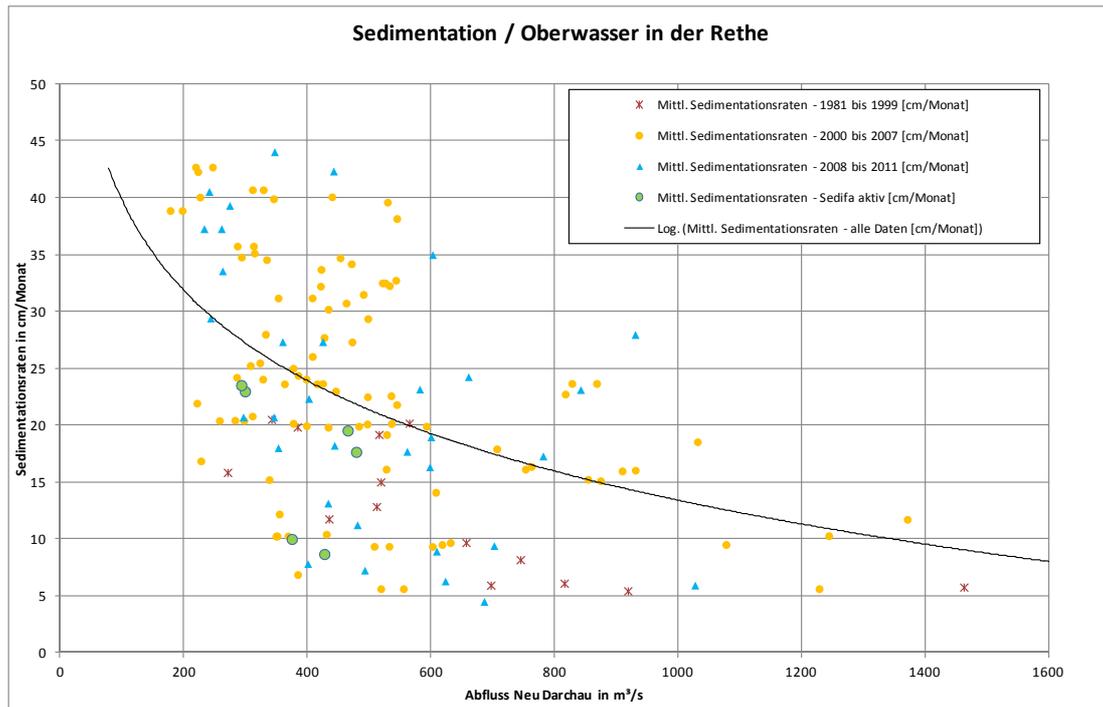
**Abbildung 3-3: Sedimentationsraten im Hafenbereich Parkhafen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte).**



**Abbildung 3-4: Sedimentationsraten im Hafenbereich Vorhafen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte).**



**Abbildung 3-5: Sedimentationsraten im Hafenbereich Sandauhafen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte).**



**Abbildung 3-6: Sedimentationsraten im Hafengebiet Rethe in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß bei aktivem (grüne Datenpunkte) und nicht-aktivem Sedimentfang (übrigen Datenpunkte).**

Das Auswertungsergebnis zu den Sedimentationsraten lässt in den Bereichen des Köhlfleets (Abbildung 3-2) und des Parkhafens (Abbildung 3-3) einen Einfluss des Sedimentfangs für die Zeiträume schließen, in denen dieser voll hergestellt und damit maximalen Einfluss auf das stromaufwärts gerichtete Transportgeschehen gehabt hat. Die in diesen Hafengebieten festgestellten Sedimentationsraten liegen systematisch – mit Ausnahme eines Datenpunktes im Köhlfleet - im unteren Randbereich der ansonsten in den übrigen Zeiträumen seit 1976 bzw. 2000 festgestellten Sedimentationsraten. Die Variabilität der beobachteten Sedimentationsraten – auch innerhalb einer Abflussklasse – ist jedoch hoch. Daher kann diesem Ergebnis keine strenge statistische Signifikanz nachgewiesen werden. Die Schlussfolgerung einer durch den Sedimentfang verringerten Sedimentation erscheint jedoch plausibel, vor allem weil die Auswertungen im Bereich des Sedimentfangs Hinweise auf eine maßnahmebedingte Verstärkung des Sedimentationsgeschehens ergeben haben (vgl. BfG, 2012a). Dies wird auch dadurch unterstützt, dass weitere niedrige Sedimentationsraten im Köhlfleet und Parkhafen zur jeweiligen Abflussklasse (jeweils am unteren Ende der Variabilität) zeitlich an die Zeiträume anschließen, zu denen der Sedimentfang den größten Einfluss auf das stromaufwärts gerichtete Transportgeschehen (aktiver Sedimentfang) hat.

Für den Vorhafen, den Sandauhafen und die Rethe sowie für alle weiter stromauf gelegenen Hafengebiete konnten bei der Analyse keine belastbaren Hinweise auf reduzierte Sedimentationsraten zu Zeiten eines voll hergestellten Sedimentfangs Wedel gefunden werden. Es sei jedoch angemerkt, dass auch hier die beobachteten Sedimentationsraten unter dem langjährigen Mittel liegen. In diesen Hafengebieten ist auch keine direkte zeitliche Zuordnung der

niedrigen Sedimentationsraten der jeweiligen Abflussklasse zu den aktiven Zeiträumen des Sedimentfangs möglich.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Hinweise auf eine potenzielle Wirkung des auf zwei Meter voll hergestellten Sedimentfangs auf die Sedimentationsraten des Köhlfleets und des Parkhafens in den Daten zu resultierenden Sedimentationsraten erkannt werden konnten. Für die weiter stromauf gelegenen Hafengebiete von Vorhafen, Sandauhafen und Rethel liegen keine belastbaren Hinweise auf eine Beeinflussung der Sedimentationsraten durch den Sedimentfang vor. Eine Analyse der Wirkung des Sedimentfangs auf die aus dem Sedimentationsgeschehen resultierende Baggergutmenge im Hamburger Hafen ist – wie zu Beginn dieses Kapitels erläutert worden ist - nicht erfolgt. Der tatsächlich mögliche Effekt einer Reduktion der Baggergutmenge muss aber deutlich unter 0,8 Mio. m<sup>3</sup> - dem Herstellungsvolumen des Sedimentfangs – liegen; denn dieses Volumen muss noch um die (unbekannte) Menge an Sedimentablagerungen reduziert werden, welche auch ohne die Maßnahme des Sedimentfangs sich dort „natürlicherweise“ abgelagert hätte.

Eine erste Überschlagsrechnung für die Bereiche des Köhlfleets und des Parkhafens ergibt, dass während der aktivsten Zeit des Sedimentfangs vor Wedel – also 6 bis 8 Wochen unmittelbar nach Abschluss der Unterhaltungsbaggerungen – eine Reduktion der Menge an frischen Sedimentablagerungen um maximal 50.000 m<sup>3</sup> (Sohlvolumen) erreicht werden konnte. Da für die weiteren Bereiche des Hamburger Hafens keine eindeutigen Aussagen zu treffen sind, kann diese Zahl jedoch nur einen Anhalt für die Wirkung des Sedimentfangs vor Wedel auf den Hamburger Hafen geben.

### **3.2 Wirksamkeit Sedimentfang auf Suspensionstransport und sohnahen Sedimenttransport**

Der Suspensionstransport und der sohnaher Sedimenttransport im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs sind durch Messungen an vier Dauermessstellen, durch die Entnahme von Pumpproben und durch einen mit Feststofffallen ausgerüsteten Geräteträger, der kampagnenweise auf der Gewässersohle abgesetzt worden ist, messtechnisch erfasst worden. Sämtliche Messungen bis Dezember 2010 sind in BfG (2011a) ausgewertet und beschrieben worden. In Ergänzung dazu werden in dem vorliegenden Abschlussbericht die in 2011 durchgeführten Messungen in Kapitel 4 beschrieben. Eine detaillierte Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse zum gesamten Feststofftransportgeschehen im Elbeabschnitt vor Wedel folgt in Kapitel 4.4. In Ergänzung dazu hat die Zeitreihe an Differenzmodellen der Sohlbathymetrie (erfasst durch 2-wöchentlich durchgeführte Fächerecholotpeilungen, siehe Kapitel 4.4 oder BfG (2011a), dort Kapitel 3) die resultierende (volumenbezogene) Sedimentbilanz im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs erfasst.

Der Elbeabschnitt vor Wedel ist ein Sedimentationsbereich. Dies zeigen die Differenzmodelle sowie die stets durch Baggerung der Gewässersohle entnommenen Sedimentmengen zur Sicherung der vorgegebenen Wassertiefe und zur Wiederherstellung des Sedimentfangs. Die Auswertungen in BfG (2012a) zeigen ein verstärktes Sedimentationsgeschehen im Zustand eines voll hergestellten Sedimentfangs. Damit muss dieser einen Einfluss auf das Transportgeschehen haben. Unmittelbar im Anschluss an jede Unterhaltung des Sedimentfangs konnte

an der Dauermessstation D1 in der sohnnahen Messebene eine sprunghafte Absenkung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten um ca. 6 cm/s bei Ebbestrom festgestellt werden (vgl. BfG 2012a, Kapitel 3.3.1). Die Auswertung der Messungen von Trübung, vor allem der Messungen an den Dauermessstationen haben aber keinen Einfluss des Sedimentfangs erkennen lassen (vgl. BfG 2012a, Kapitel 3.4.4).

Bei dem sich im Sedimentfang abgelagerten Sedimentinventar handelt es sich um feinsandigen Schluff, bereichsweise auch um schluffigen Feinsand. Die Füllung des Sedimentfangs erfolgt überwiegend aus dem sohnnahen Transportgeschehen. Dies zeigen Auswertungen der Korngrößenverteilung an Probenmaterial, das einerseits sohnnah mit Hilfe der am Geräteträger installierten Schwebstofffallen und andererseits mit Hilfe von Pumpproben in drei Messebenen aus dem Wasserkörper erfasst worden ist (siehe BfG, 2011a, dort Kapitel 4.2.1 und Kapitel 4.3). Das Material aus den Schwebstofffallen ist vergleichbar zur Gewässersohle schluffig mit Feinsandanteilen gewesen. Bei der Analyse des bei den Pumpproben gewonnenen Materials konnten auch in der untersten, etwa 1 m über der Gewässersohle angeordneten Messebene keine Feinsande und sogar nur geringe Mengen an Grobschluffanteilen erfasst werden<sup>11</sup>.

Die Auswertung der vorangehend beschriebenen Messergebnisse ist stark erschwert worden durch das Fehlen einer in Umfang und Qualität vergleichbaren Datenbasis an Messergebnissen für den Zeitraum vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs. Auch verhindert die starke natürliche Variabilität der Prozesse eine eindeutige Beschreibung und Identifikation des Einflusses durch den Sedimentfang in den Datenreihen. Eine Beschreibung des expliziten Anteils des Sedimentfangs am Prozessgeschehen bzw. eine Bilanzierung des Feststofftransportes war daher anhand der vorliegenden Messdaten nicht möglich.

Wichtigstes Ergebnis des bisher durchgeführten Monitoringprogramms der Ebenen 2 und 3 ist das erweiterte Prozessverständnis über den Suspensionstransport und den sohnnahen Sedimenttransport in dem Elbeabschnitt vor Wedel. Dieses ist nun vor allem durch Messdaten belegt und begründet. Obwohl die Messdaten von Trübung und Strömung den unmittelbaren Einfluss des Sedimentfangs nicht haben bilanzieren können, ergibt sich eine erweiterte Wissensgrundlage, die für den gezielten Einsatz der Maßnahme Sedimentfang bei der Unterhaltung des Sedimentations- und Baggerschwerpunkt Wedel zukünftig genutzt werden kann (siehe hierzu Kapitel 5.3 und Kapitel 6).

---

<sup>11</sup> Das bei der Pumpprobenentnahme vom 15. März 2011 analysierte Material (siehe Kapitel 4.2.1) weist im Gegensatz zu den vorangegangenen Probenahme in allen Messebenen sandige Bestandteile auf. Aufgrund der hohen Oberwasserverhältnisse zum Zeitpunkt der Probenahme hat es im Sedimentfang keine Sedimentation gegeben und dieser war durchgehend von einer Mittelsandauflage bedeckt gewesen.

### 3.3 Herkunft der Sedimentablagerungen im Sedimentfang

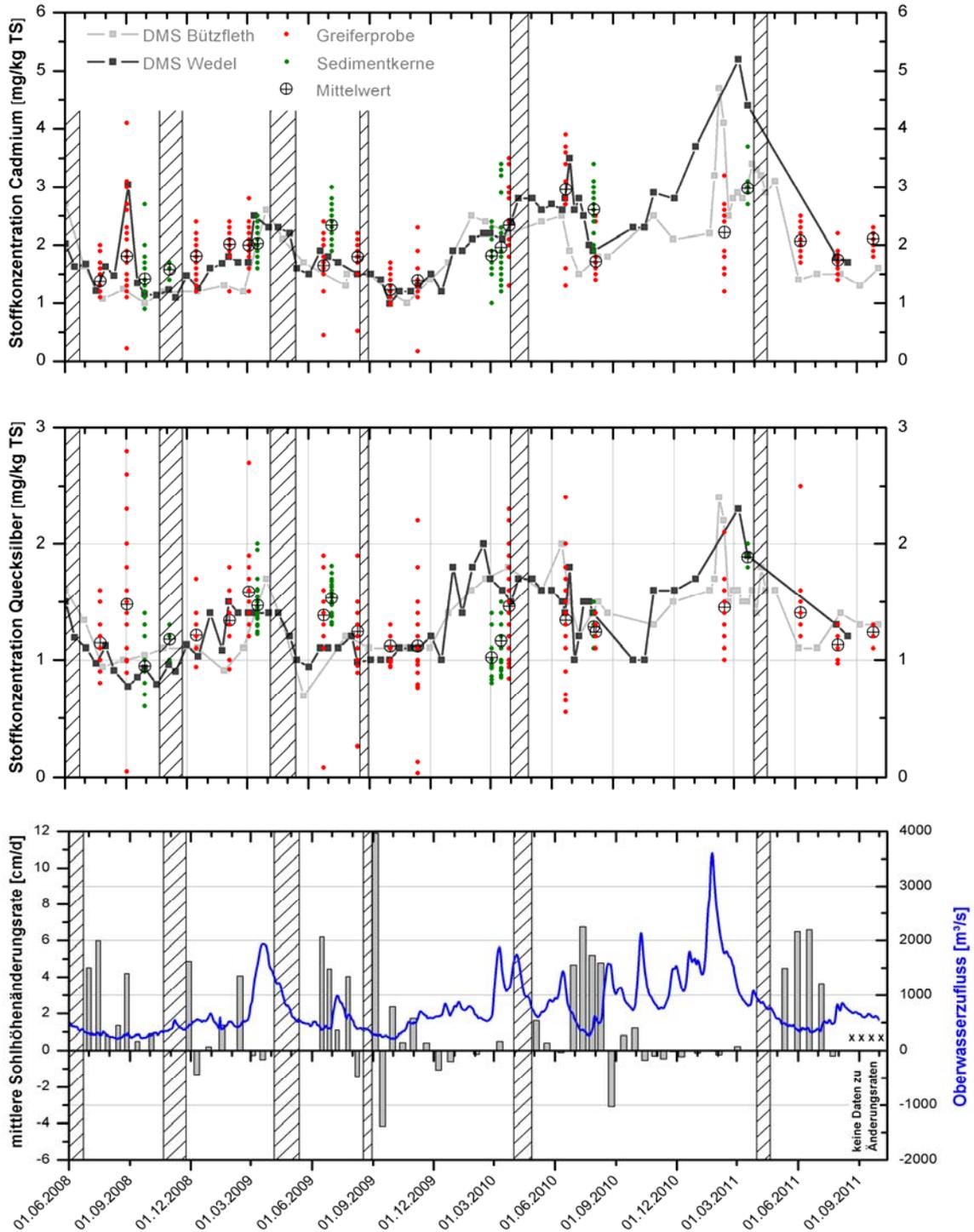
Schwebstoffe mariner sowie fluviatiler Herkunft vermischen sich im Längsverlauf der Tideelbe. Das Mischungsverhältnis an einem festen Ort ist stark abhängig von der Entwicklung des Oberwasserzuflusses der vorangegangenen Wochen. Die genaue Bestimmung des Mischungsverhältnisses ist messtechnisch nicht unmittelbar möglich und ist zugleich mit größeren Unsicherheiten behaftet. Schwebstoffe fluviatiler Herkunft weisen eine höhere Belastung mit Schadstoffen auf als Schwebstoffe mariner Herkunft. Daher kann bei Kenntnis der Eingangskonzentration am Wehr Geesthacht und des marinen Belastungsniveaus das Mischungsverhältnis an einer beliebig im Ästuar gelegenen Messposition abgeschätzt werden, vorausgesetzt es gibt für die betrachteten Schadstoffe keine signifikanten Quellen im Ästuar (Ackermann et al., 2007).

Wie in BfG (2011a) dargelegt, wurden an den verschiedenen Probenahmepositionen im Sedimentfang am frisch abgelagerten Sediment keine systematischen Unterschiede bei der Schadstoffbelastung festgestellt. Daher ist es für die folgenden Bewertungen möglich, die über die Kampagnen gemittelten Schadstoffgehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedimentfang zu betrachten<sup>12</sup>.

Zunächst wird die zeitliche Entwicklung der für das Monitoring 2-monatlich entnommenen Greiferproben sowie der im Zuge von Freigabeuntersuchungen und weiteren Untersuchungen entnommenen Sedimentkernen bewertet. Außerdem werden diesen Ergebnissen die an den Dauermessstation (DMS) Wedel ermittelten Schadstoffgehalte gegenübergestellt. Die Gehalte der meisten untersuchten Schadstoffe liegen in der Regel im Bereich der an der DMS Wedel gemessenen Schadstoffgehalte und zeigen überwiegend einen ähnlichen zeitlichen Verlauf, der stark von den Oberwasserverhältnissen beeinflusst wird. In Ergänzung dazu werden auch die Werte von der DMS Bützfleth dargestellt. Die Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8 zeigen die zeitliche Entwicklung der Schadstoffgehalte am Beispiel von Cadmium, Quecksilber, Hexachlorbenzol (HCB) und der Summe 7 der Polychlorierten Biphenyle (PCB7) nach GÜBAK (ANONYMUS, 2009). Der zeitliche Verlauf der Kupfer- und Zinkgehalte, die an der DMS Wedel gemessen wurden, weicht jedoch deutlich von der im Sedimentfang ermittelten Belastung ab (siehe Abbildung 3-9). Eine ergänzende Abbildung für p,p'-DDD und p,p'-DDE findet sich im Anhang 3.

---

<sup>12</sup> Die in den Quadranten HN, HM und HS (gelegen am östlichen Rand des Sedimentfangs, siehe Abbildung 2-1) genommenen Proben sind wegen der geringen Sedimentation in diesem Bereich bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt worden.



**Abbildung 3-7: Cadmium- und Quecksilbergehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedimentfang und in Proben der Dauermessstationen Wedel und Bützfleth (2008 – 2011)**

Monitoring der  
morpho-  
logischen, ökolo-  
gischen und  
naturschutz-  
fachlichen  
Auswirkungen  
eines Sedi-  
ment-  
fangs vor Wedel  
an der Tidelbe

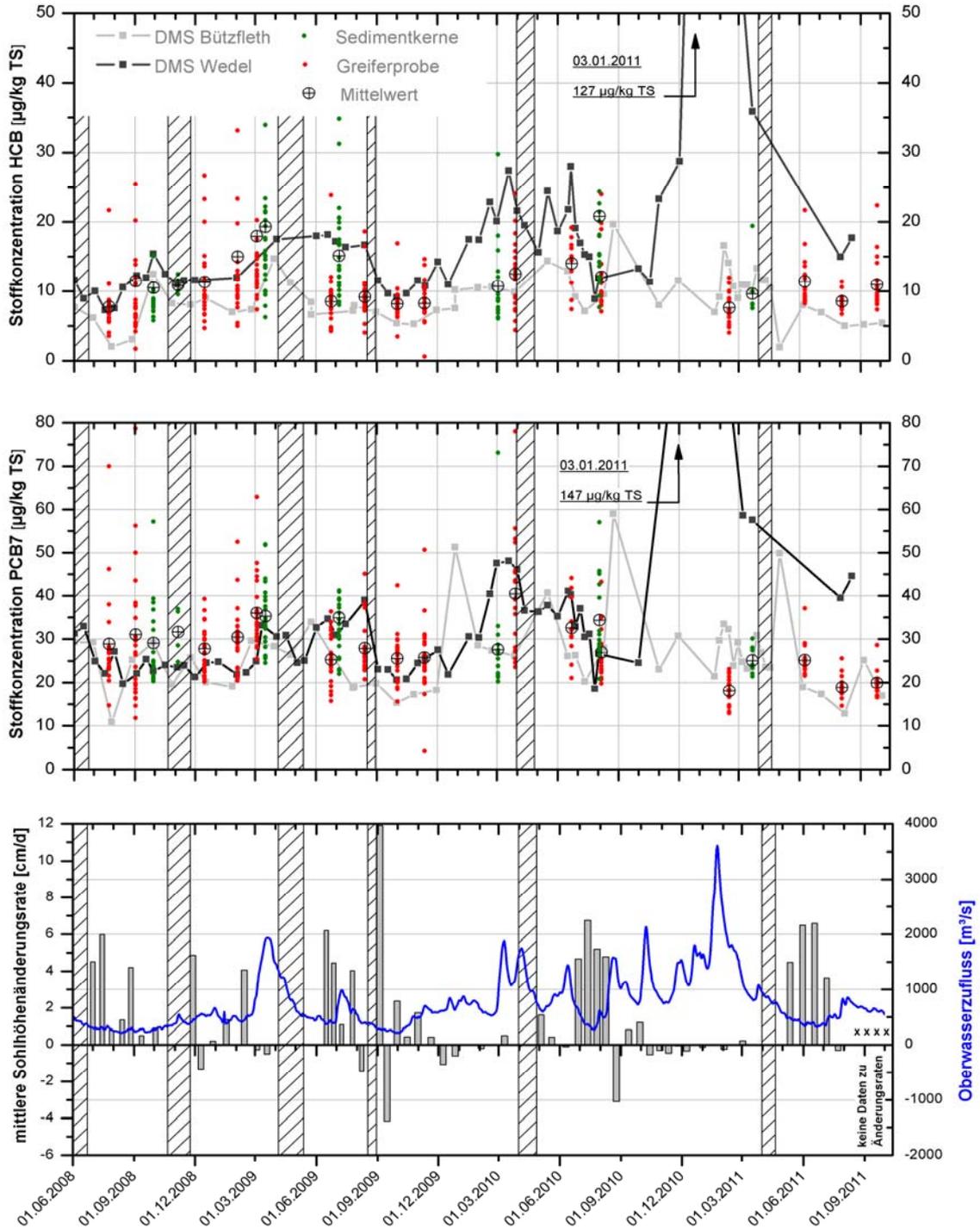
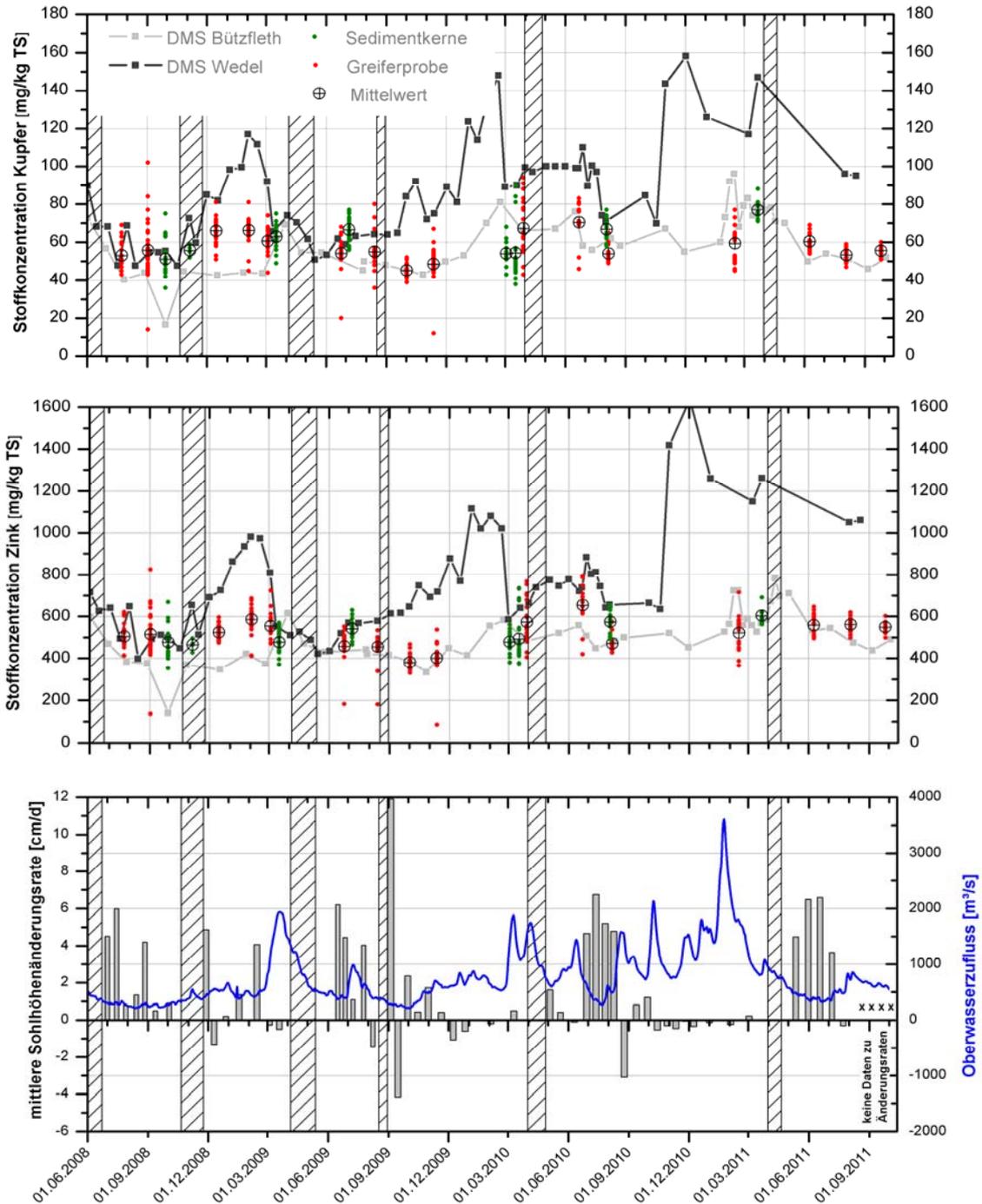


Abbildung 3-8: HCB- und PCB7-Gehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedi-  
mentfang und in Proben der Dauermessstationen Wedel und Bützfleth (2008 – 2011)



**Abbildung 3-9: Kupfer- und Zinkgehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedimentfang und in Proben der Dauermessstationen Wedel und Bützfleth (2008 – 2011)**

An der DMS Wedel erreichten die Gehalte der Schwermetalle Zink und Kupfer in den Jahren 2009 bis 2011 jeweils vor den Hochwasserereignissen, d.h. vor den Zeitpunkten maximaler Abflüsse bei Neu-Darchau, maximale Konzentrationen, die z.T. dem Niveau der stromauf an der Messstation Bunthaus (bei Elbe-km 609,8) gemessenen Belastung entsprachen. Dieser Verlauf weicht deutlich von dem der übrigen Schadstoffgehalte an der DMS Wedel ab (vgl. Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8). In den Jahren 2009 und 2010 ist der Konzentrationsanstieg der anderen betrachteten Schadstoffe geringer als bei Kupfer und Zink. Allerdings werden während der langen Phase hoher Abflüsse ab September 2010 auch für die übrigen Schadstoffe starke Konzentrationsanstiege beobachtet. Zudem in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen werden die maximalen Gehalte der Schadstoffe - ausgenommen Kupfer und Zink - nach den Abflussmaxima erreicht. Dieses abweichende Verhalten ließe sich durch eine lokale Kupfer- und Zinkquelle in der Nähe der DMS Wedel erklären. Für die Bewertung der Kupfer- und Zinkgehalte im Sedimentfang wurde daher zusätzlich die bei Elbe-km 657,5 gelegene DMS Bützfleth herangezogen.

In Phasen hoher Oberwasserzuflüsse steigen die Kupfer- und Zinkgehalte an der DMS Bützfleth viel geringer als bei der DMS Wedel an, während die Gehalte der übrigen betrachteten Schadstoffe überwiegend an beiden Stationen in den Jahren 2009 und 2010 einen ähnlichen Verlauf zeigen. In der Phase mit den lang andauernden, hohen Oberwasserzuflüssen ab September 2010 liegt jedoch auch die Belastung der übrigen Stoffe an der DMS Wedel höher als an der DMS Bützfleth. Evtl. reagieren die Sedimente an der DMS Wedel, die näher an dem Bereich mit einem steilen Gradienten des Mischungsverhältnisses Sedimente mariner Herkunft/Sedimente fluvialer Herkunft liegt (Ackermann et al., 2007), stärker auf den bei dem lang andauernden, hohen Oberwasserabfluss erfolgenden Eintrag belasteter Sedimente von Oberstrom als die Sedimente an der ca. 15 km weiter seewärts gelegenen DMS Bützfleth. Die Klärung der Ursachen dieser ungewöhnlichen Konzentrationsunterschiede bedarf weiterer Untersuchungen.

### **3.3.1 Marine/fluviale Anteile bei den Sedimentablagerungen**

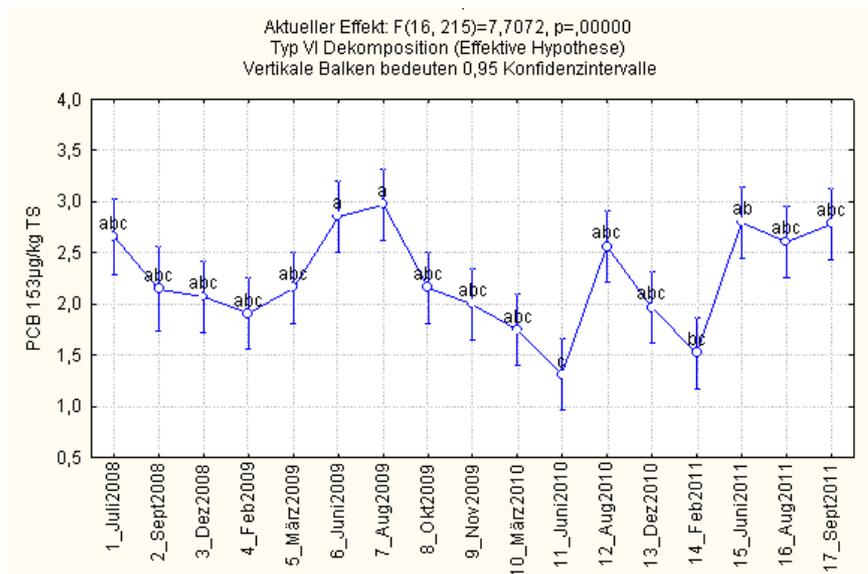
Die in den Greiferproben ermittelten Schadstoffgehalte zeigen deutliche Variationen. In Anlehnung an die Untersuchung von Jahregängen bei der Korngrößenverteilung (siehe Kapitel 4.3) führte die HPA statistische Tests<sup>13</sup> zur Prüfung der Signifikanz der Unterschiede in mittleren Schadstoffkonzentrationen aus den 17 Probenahmekampagnen seit 2008 durch.

Zwischen den Kampagnen wurden nur in Einzelfällen statistisch signifikante Unterschiede festgestellt. So wurden vor allem nach dem Hochwasser Anfang 2010 sowie nach Beginn des lange andauernden Hochwassers mit mehreren Spitzenwerten ab September 2010 signifikante Anstiege der Gehalte fast aller untersuchten Metalle beobachtet. Bei den organischen Schadstoffen (normiert auf die Fraktion < 20 µm) wurde nur nach dem Hochwasser Anfang 2010 bei einigen Stoffen (PCB 153 – siehe Abbildung 3-9, α-HCH – siehe Abbildung 3-10,

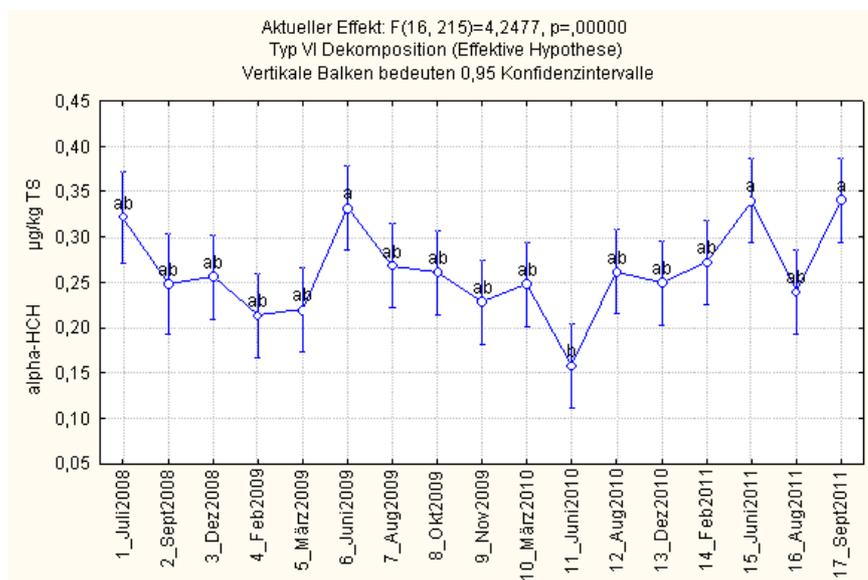
---

<sup>13</sup> einfaktorier Anova-Test mit einem Post-hoc Scheffe-Test, Mittelwertbildung bei allen Kampagnen ohne die Ergebnisse aus den Quadranten H sowie bei der Beprobung im September 2008 wegen einer kurzfristigen lokalen Belastung auch ohne die Quadranten EN, FN, GN und GS.

Verbindungen der DDX-Gruppe) ein signifikanter Anstieg festgestellt. Die Ergebnisse der statistischen Prüfung für die Metalle und weitere Stoffe befinden sich in Anhang 4 und 5.



**Abbildung 3-9: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit PCB 153 in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**



**Abbildung 3-10: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit  $\alpha$ -HCH in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**

Im Gesamtverlauf von Juli 2008 bis September 2011 zeigen die Ergebnisse der Beprobungen im Sedimentfang keinen zeitlichen Trend und geben zunächst keinen Hinweis auf eine verstärkte Sedimentation von Sedimenten mit höheren Anteilen gering belasteter, mariner

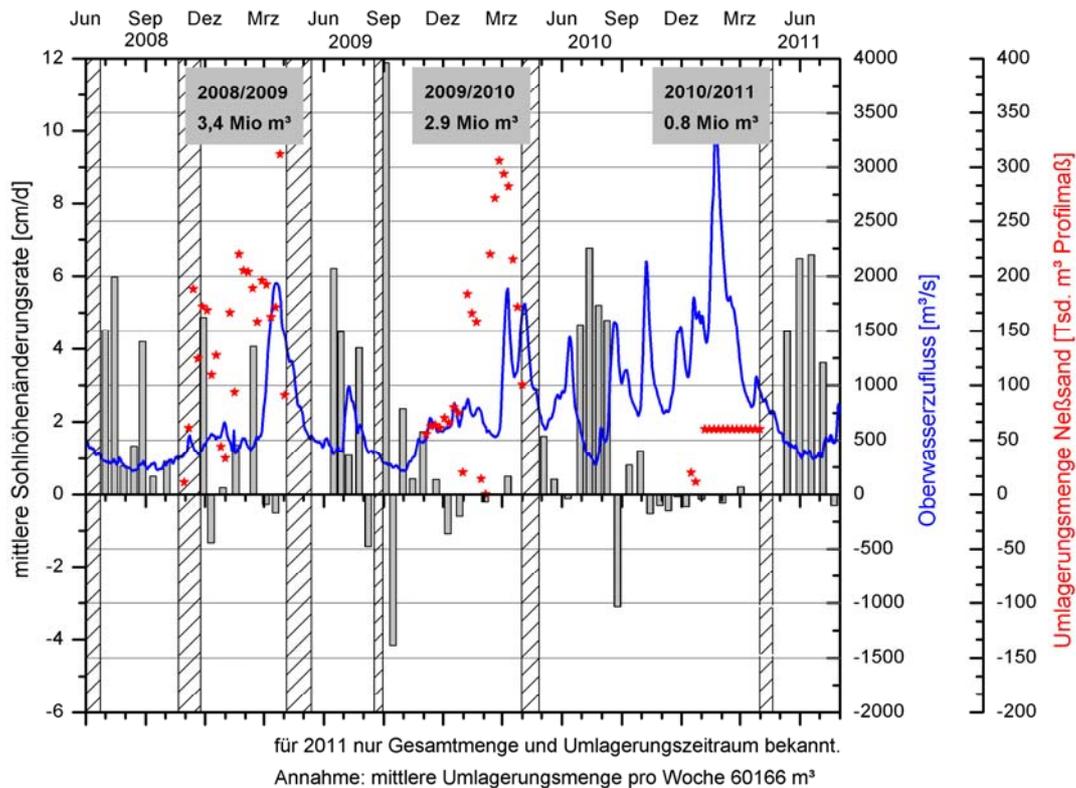
Sedimente aus dem Unterstrombereich. Für eine detailliertere Bewertung, die den wechselnden Einfluss der von Oberstrom kommenden Feststoffe berücksichtigt, wurden die marinen Anteile der mit den Greiferbeprobungen erfassten Sedimente über den gesamten Untersuchungszeitraum März 2008 (vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs) bis Juli 2011 aus den Cadmiumkonzentrationen der Greiferprobe, der Cadmiumbelastung an der DMS Geesthacht aus den entsprechenden Zeitfenstern sowie der Belastung der Deutschen Bucht, die mit 0,5 mg/kg als konstant angenommen wird, abgeschätzt. Die marinen Anteile variieren zwischen 65% und 85% und lassen ebenfalls keinen Trend erkennen.

Der zeitliche Verlauf der Schadstoffgehalte in den Proben der Referenzstationen Wedel bzw. Bützfleth und in den Proben aus dem Sedimentfang ist zwar für die meisten Schadstoffe ähnlich, doch im Detail sind Unterschiede zu beobachten, die durch das Sedimentationsverhalten im Sedimentfang erklärt werden könnten. Insbesondere bei den lang anhaltenden hohen Oberwasserabflüssen ab September 2009 zeigen sowohl Greifer- als auch Kernproben deutlich geringere Schadstoffgehalte als die Schwebstoffproben der DMS Wedel und auch geringere Gehalte als an der DMS Bützfleth (siehe Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8). Dieser Unterschied ist vor allem auf die geringe bis nicht vorhandene Sedimentation von Feinmaterial zu Zeiten hoher Oberwasserzuflüsse (vgl. Kapitel 4.4) zurückzuführen. Bei solchen Oberwasserhältnissen werden Schwebstoffe sowie die daran anhaftenden Schadstoffbelastungen stromabwärts über den Sedimentfang Wedel hinweg transportiert. Aufgrund der fehlenden aktuellen Sedimentablagerungen haben Greiferproben zu diesen Zeitpunkten stets „ältere“ Sedimentablagerungen aus Sedimentationsereignissen erfasst, die Wochen bzw. Monate zuvor passiert sind.

### **3.3.2 Einfluss durch Baggergutumlagerung vor Neßsand**

Stromab des Hamburger Hafens, nahe der Amtsgrenze bei Elbe-km 638,9 befindet sich die Verbringstelle Neßsand. Überwiegend schluffiges Baggergut aus der laufenden Wassertiefenunterhaltung mit Herkunft Hamburger Hafen wird hier umgelagert. Im Zuge des Auswerteprogramms ist der mengenmäßige Anteil am Baggergut zu prüfen, der im Anschluss an den Umlagerungsvorgang verdriftet und sich dann stromabwärts im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs ablagern kann. Dieser Anteil würde dann Einfluss auf das Sedimentationsgeschehen und die Entwicklung der Schadstoffbelastung der Sedimentablagerungen im Sedimentfang nehmen.

Dargestellt in Abbildung 3-11 ist die Entwicklung der mittleren Sohlhöhenänderungsrate im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs sowie die auf der Verbringstelle Neßsand umgelagerten Baggergutmengen (wöchentliche Gesamtmengen). Die Umlagerung von Baggergut auf die Verbringstelle Neßsand erfolgt ausschließlich im Zeitraum Dezember bis April.



**Abbildung 3-11: Entwicklung mittlere Sohlhöhenänderungsrate vs. auf der Verbringstelle Neßsand umgelagerte Baggeregutmengen [in m<sup>3</sup> Profilmaß], Zeiträume der Unterhaltung des Sedimentfangs Wedel sind schraffiert dargestellt.**

In der Umlagerungssaison 2010/2011, zumeist auch in der Saison 2009/2010 ist Baggeregut zu Zeiten hoher Oberwasserzuflüsse und damit stark durch den Ebbestrom dominierte Transportverhältnisse auf Neßsand verbracht worden. Das bei Umlagerung in den Wasserkörper eingebrachte Baggeregut wird überwiegend stromabwärts in Richtung Sedimentfang transportiert. Zugleich lassen die im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs beobachteten mittleren Sohlhöhenänderungsraten keinen Rückschluss auf ein verstärktes Sedimentationsgeschehen zu. Trotz der Umlagerung von 2,9 Mio. m<sup>3</sup> (Profilmaß) - also einem Mehrfachen des Fassungsvermögens des Sedimentfangs - ist es im Sedimentfang im Verlauf der Umlagerungssaison 2009/2010 zu einer Abnahme des Füllvolumens gekommen.

In der ersten Hälfte der Umlagerungssaison 2008/2009 ist Baggeregut auf Neßsand unter der Randbedingung eines vergleichsweise geringen Oberwasserzuflusses (ca. 500 m<sup>3</sup>/s bei Pegel Neu Darchau) und eines zugleich voll hergestellten Sedimentfangs verbracht worden. Beides sind Randbedingungen mit einem verstärkenden Einfluss auf das Sedimentationsgeschehen im Sedimentfang (vgl. Kapitel 4.4.2). Inwiefern das „natürliche“ Sedimentationsgeschehen durch Baggeregutumlagerungen bei Neßsand verstärkt worden ist, kann aufgrund dieser Analyse nicht abgeschätzt werden.

In diesem Zeitraum wurden für einige Schadstoffe (Kupfer, Zink, Cadmium und PCB7) in Greiferproben aus dem Sedimentfang höhere Belastungen als in den Proben der DMS Wedel

bzw. Bützfleth nachgewiesen. Bei HCB und den Verbindungen der DDX-Gruppe liegen die Gehalte im Sedimentfang nur geringfügig höher als an den DMS Wedel und Bützfleth. Diese erhöhten Gehalte könnten einen Hinweis auf die Sedimentation von Baggergut, das bei Neßsand zu Zeiten geringer Oberwasserzuflüsse – wie im Jahreswechsel 2008/2009 erfolgt - verbraucht wurde. Durch Messungen nachweisbare Ablagerungsmächtigkeiten von Baggergut im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs und damit im Elbeabschnitt vor Wedel, das auf der Verbringstelle Neßsand zu Zeiten hohen Oberwasserzuflüsse umgelagert worden ist, konnten sowohl durch die Analyse der Sedimentationsraten als auch der Schadstoffbelastungen im Sediment der Gewässersohle ausgeschlossen werden.

### 3.4 Turbulenz

Direkte Messungen der Turbulenz sind nicht anfänglicher Bestandteil des Monitoringprogramms gewesen. Versuchsweise ist der Geräteträger einmalig bei der Kampagne vom 16. Mai 2011 bis 9. Juni 2011 mit ADV Sonden<sup>14</sup> ausgerüstet worden. Eine vorläufige Auswertung der Messergebnisse hat ergeben, dass der Geräteträger und damit auch die daran befestigte ADV Sonde von frisch abgelagerten Sedimenten bedeckt gewesen sind und daher keine Turbulenzmessungen in der Wasserphase erfolgt sind.

---

<sup>14</sup> Acoustic Doppler Velocimetry, hochfrequente Sonde zur punktuellen Messung von instationären Geschwindigkeitskomponenten und Turbulenzen

## 4 Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse zum Prozessverständnis (Ebene 3)

Die Ebene 3 des Monitoring- und Auswerteprogramms am Sedimentfang beinhaltet Untersuchungen mit dem Ziel, das Prozessverständnis über den Feststofftransport und dessen Dynamik im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs und damit im Elbeabschnitt vor Wedel zu erweitern. Als zentrale Untersuchungsaspekte haben sich die nachfolgend genannten Fragestellungen ergeben:

- Wie füllt sich der Sedimentfang? Welche Randbedingungen haben Einfluss auf die Sedimentationsraten bzw. die resultierende Änderung der Sohlhöhenlage?
- Welche Sedimente lagern sich im Sedimentfang ab? Welche Randbedingungen haben Einfluss auf die Korngrößenverteilung und Qualität der sich im Sedimentfang ablagernden Sedimente?
- Darüber hinaus soll nach Möglichkeit eine Beschreibung und Bilanzierung des gesamten Feststofftransportgeschehens im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs Wedel erfolgen.

Diese Fragen bzw. der derzeitige Kenntnisstand über das Feststofftransportgeschehen im Elbeabschnitt Wedel werden zusammenfassend im Kapitel 4.1 beantwortet bzw. beschrieben. Über die Details der Untersuchungsergebnisse ist bereits in BfG (2011a) berichtet worden. Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen und Messkampagnen, die in BfG (2011a) noch nicht ausgewertet werden konnten, sind dann nachfolgend in den Kapiteln 4.2 bis 4.6 beschrieben.

### 4.1 Zusammenfassung Prozessverständnis

Das Sedimentationsgeschehen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs kann in drei, sich zeitweise überlagernde Sedimentationsmuster unterschieden werden (für detaillierte Ergebnisse siehe BfG (2011a), dort in Kapitel 3.2). Das dominierende Muster ist eine flächenhafte Sedimentation von überwiegend schluffigen Sedimenten im mittleren Bereich des Sedimentfangs. Bei den lokalen Sedimentationsschwerpunkten im nördlichen bzw. südlichen Bereich des Sedimentfangs (zweites und drittes Sedimentationsmuster) handelt es sich um stark feinsandige Sedimenteintreibungen. Das gesamte aus dem Sedimentationsgeschehen resultierende Sedimentinventar kann als feinsandiger Schluff beschrieben werden.

Als Einflussfaktoren auf das Sedimentationsgeschehen untersucht und bestätigt worden sind der Oberwasserzufluss, die Maßnahme Sedimentfang im voll hergestellten Zustand sowie die Wassertemperatur. Maßgeblicher Einflussfaktor ist der Oberwasserzufluss. Ein geringer Oberwasserzufluss bewirkt eine Verlagerung der ästuarinen Trübungszone stromaufwärts sowie einen verstärkt flutstromorientierten Eintrag von Sedimenten in den Elbeabschnitt vor Wedel. Entsprechend tritt das maximale Sedimentationsgeschehen zumeist während der abflussärmeren Sommermonate und frühherbstlichen Monate auf. Zwischen Sedimentations-

geschehen und Oberwasserabfluss besteht dennoch keine unmittelbare Korrelation. Vielmehr wirkt der Oberwasserzufluss limitierend auf die maximal mögliche Sohlhöhenänderungsrate (siehe nachfolgende Abbildung 4-14). Es müssen also noch weitere, bislang durch Untersuchungen nicht ausreichend erfasste Einflussfaktoren auf das Sedimentationsgeschehen einwirken. Die durch Peilung beobachtete Sohlhöhenänderung muss als integrale Größe aus den Anteilen von Deposition (im Sinne von Sedimentation der Ablagerung neuer, frischer Sedimente), Erosion und Konsolidierung von Sedimenten betrachtet werden. Die Größenordnung der einzelnen Anteile ist jedoch unbekannt, man kennt nur die absolute Änderung. Im Anschluss an eine Phase von extremer Deposition, konnte häufig eine nächste Phase extrem „negativer“ Änderungsraten bzw. maximaler Sprünge zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Änderungsraten beobachtet werden (siehe nachfolgende Abbildung 4-12). Dieser Effekt ist vermutlich stark auf den Einfluss von Konsolidierung zurückzuführen.

Die Monitoringergebnisse haben gezeigt, dass der Sedimentfang sich mit stromaufwärts und in Sohlhöhe transportierten Sedimenten füllt. Andererseits haben die Ergebnisse verdeutlicht, dass der Stromauftransport mariner Sedimente und der Stromabwärtstransport fluviatiler Sedimente nicht unabhängig voneinander erfolgt. Es kommt zu einer graduellen Vermischung beider Anteile im Längsverlauf der Tideelbe, die durch das stark oberwasserabhängige und auch tideabhängige (Spring-Nipp Zyklus) Strömungsfeld gesteuert wird. Über den Maßnahmenbereich des Sedimentfangs wird stets ein Sedimentgemisch aus marinen und fluviatilen Anteilen durch das tideinduzierte Strömungsgeschehen hin und her bewegt und kommt dabei dort zur Ablagerung. Eine differenzierte Bilanzierung der im Untersuchungsraum vor Wedel transportierten Feststofffrachten konnte anhand der vorliegenden Messergebnisse und Auswertungen bislang nicht vorgenommen werden. Aus den Messungen der Baggerdichten an den eingesetzten Hopperbaggern ist bekannt, dass bei Unterhaltung des Sedimentfangs - abhängig vom Füllungsgrad und der Lagerungsdichte der Sedimente im Sedimentfang - eine Feststoffmasse in der Größenordnung von 550.000 bis 615.000 t Trockensubstanz (TS) frisch abgelagerter Sedimente gebaggert worden ist<sup>15</sup>.

Die Schadstoffbelastung der sich im Sedimentfang abgelagerten Sedimente ist oberstromig geprägt und zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem Belastungsniveau, das kontinuierlich an schwebstoffbürtigen Sedimentproben an der BfG-Dauermessstation (DMS) Wedel bzw. etwas weiter stromab an der DMS Bützfleth erfasst wird. Das resultierende Belastungsniveau bestimmt sich aus der Eingangskonzentration am Wehr Geesthacht (erfasst an der DMS Geesthacht) und dem Mischungsanteil mit Sedimenten mariner Herkunft. Schwebstoffe mit einer erhöhten Schadstoffbelastung werden hohen Oberwasserzuflüssen in das Ästuar der Elbe eingetragen. Solche Ereignisse führen dann an den DMS Wedel und DMS Bützfleth, auch aufgrund des geringeren Mischungsanteils mit marinen Sedimenten zu Messungen von erhöhten Schadstoffbelastungen. Zugleich kommt es nur zu geringen Sedimentationen im Elbeabschnitt vor Wedel, so dass Hochwasserereignisse keine unmittelbaren Auswirkungen auf die Gesamtschadstoffbelastung im Wedeler Baggergut haben.

---

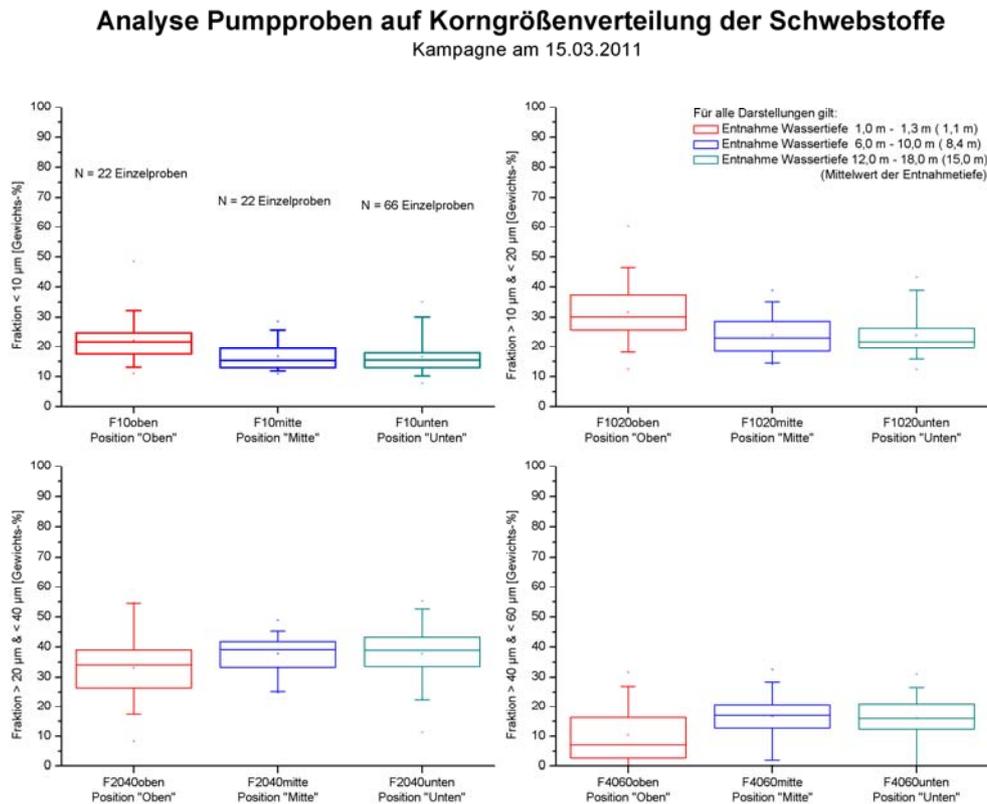
<sup>15</sup> Unberücksichtigt bleiben die Unterhaltungsbaggerungen im August 2009 (188.000 t TS, Abbruch der Baggerkampagne aufgrund zu geringer Konsolidierung der Sedimente) und März/April 2010 (374.306 t TS, Sedimentfang bei Unterhaltung nur teilweise gefüllt)

## 4.2 Schwebstoffzusammensetzung und -konzentration

Am 18. Mai 2010 ist erstmals die Schwebstoffkonzentration im Wasserkörper über dem Maßnahmenbereich des Sedimentfangs zeitgleich mit zwei Schiffen auf Messprofilen stromauf und stromab des Sedimentfangs durch Entnahme von Pumpproben über die Dauer einer Tide erfasst worden. Die Ergebnisse dieser Probenahme sowie der fünf vorangegangenen Probenahmen mit nur einem Schiff, welches abwechselnd die beiden bzw. weitere Messprofile beprobt hat, sind in BfG (2011a, dort in Kapitel 2.2.3) beschrieben. Bei den Probenahmekampagnen mit nur einem Schiff - im Gegensatz zur Kampagne vom 18. Mai 2010 - ist zusätzlich zur Konzentration auch die Schwebstoffzusammensetzung, d.h. die Korngrößenverteilung der Schwebstoffe bei allen Einzelproben analysiert worden. Am 15. März 2011 ist erneut eine Kampagne zur Entnahme von Pumpproben auf beiden Messprofilen mit zwei Schiffen im Paralleleinsatz durchgeführt worden. Die Proben sind diesmal auf Schwebstoffzusammensetzung und -konzentration untersucht worden. In den Messebenen „Oben“ und „Mitte“ ist nur jede dritte Probe auf Korngrößenverteilung untersucht worden.

### 4.2.1 Schwebstoffzusammensetzung

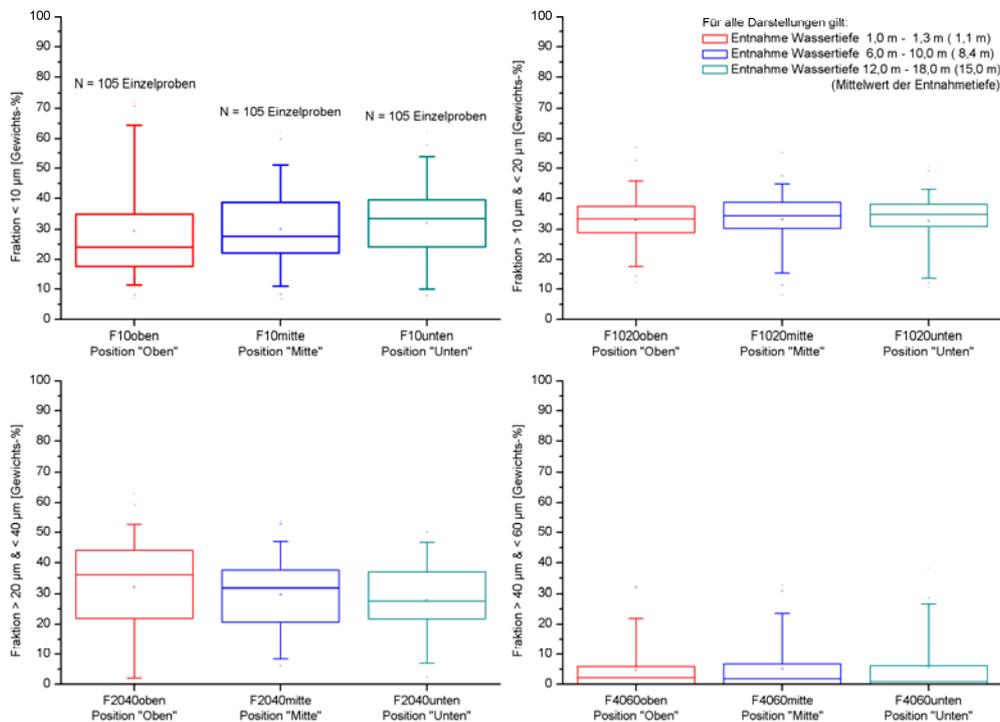
Die bei der Probenahme vom 15. März 2011 erfasste Korngrößenverteilung ist in Abbildung 4-1 dargestellt. In Abbildung 4-2 sind nochmals die bereits in BfG (2011a) beschriebenen Korngrößenverteilungen der Kampagnen aus 2008 und 2009 dargestellt.



**Abbildung 4-1: Korngrößenverteilung der mittels Pumpproben erfassten Schwebstoffe der Kampagne vom 15.03.2011. Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt.**

## Analyse Pumpproben auf Korngrößenverteilung der Schwebstoffe

Kampagnen am 4.12.2008, 31.03.2009, 25.06.2009 & 2.07.2009

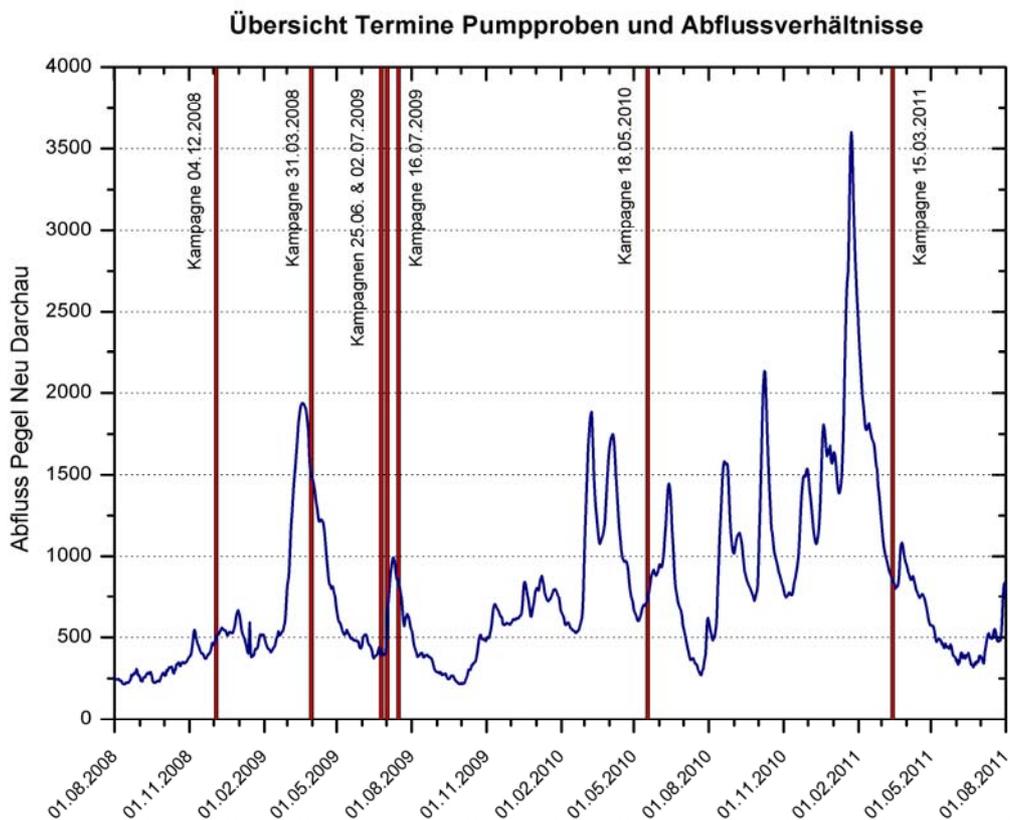


**Abbildung 4-2: Korngrößenverteilung der mittels Pumpproben erfassten Schwebstoffe, der Kampagnen aus den Jahren 2008 und 2009. Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt, aus BfG (2011a).**

Der Vergleich der Ergebnisse der aktuellen Kampagne mit dem Gesamtergebnis der Kampagnen aus 2008 und 2009 (Abbildung 4-1 mit Abbildung 4-2) zeigt eine ähnliche aber nicht identische Korngrößenverteilung. Alle Verteilungen zeigen ein homogenes Bild für die Messebenen „Oben“, „Mitte“ und „Unten“. Als signifikant zu bewertende Unterschiede in Bezug auf Mittelwert und Median haben sich bei den Analysen nicht ergeben; der deutlichste Unterschied bei den Korngrößenverteilungen ist in Abbildung 4-1 (Messkampagne vom 15. März 2011) in der Fraktion des Grobschluffes zwischen der Messebene „Oben“ und den darunter liegenden Ebenen „Mitte“ bzw. „Unten“ zu erkennen. Im Vergleich zu den Proben aus 2008 und 2009 zeichnet die Korngrößenzusammensetzung der aktuellen Proben ein etwas größeres Sediment. Die Anteile in der Feinkornfraktion bis 20 µm sind geringer, dafür wurden bei der Analyse deutlich höhere Anteile in der Fraktion Grobschluff (20 bis 40 µm) und vor allem ein mittlerer Anteil von etwa 5 Gew.-% in der Teilfraktion 60 bis 100 µm des Feinsandes festgestellt (in Abbildung 4-1 nicht dargestellt). Unabhängig der Messebene konnten bei Einzelproben in dieser Fraktion Anteile von sogar bis zu 20 Gew.-% festgestellt werden. Im Gegensatz dazu hat der Feinsandanteil bei allen 315 untersuchten Einzelproben der Kampagnen 2008 und 2009 bei Null oder im Einzelfall bei nur wenigen Prozenten gelegen.

Alle Proben sind auf Korngrößenverteilung mit demselben Verfahren untersucht worden. Vor der Korngrößenanalyse mit Hilfe eines Laserfraktiometers sind die Proben durch den Einsatz von  $H_2O_2$  (Wasserstoffperoxid) von organischen Anteilen befreit worden. Die Proben vom 15. März 2011 sind jedoch nicht mit dem selben Laserfraktiometer wie zuvor die Proben der Jahre 2008 und 2009 sondern in einem anderen Labor mit einem „baugleichen“ Laserfraktiometer analysiert worden. Der Begriff „baugleich“ steht in Anführungszeichen, da es zwischen beiden Geräten einen konstruktiven Unterschied im Detail des Einfülltrichters für die Probe gibt. Inwiefern dieses tatsächlich zu einem systematischen Unterschied bei der Korngrößenbestimmung geführt haben könnte, ist noch zu überprüfen und kann daher an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

Andererseits ist natürlich nicht auszuschließen, dass die gröbere Zusammensetzung der (anorganischen) Schwebstoffpartikel natürliche Ursachen wie z.B. die hydrologischen Verhältnisse haben kann. Die Probenahme am 15. März 2011 hat im Anschluss an eine mehrmonatige Phase mit dauerhaften Oberwasserzuflüssen von mehr als 1000  $m^3/s$  sowie nach einem extremen Hochwasserereignis, bei dem am Pegel Neu-Darchau ein Spitzenabfluss von etwa 3500  $m^3/s$  gemessen worden ist, stattgefunden (vgl. Abbildung 4-3). Insgesamt waren die hydrologischen Abflussverhältnisse ab der 2. Jahreshälfte 2010 außergewöhnlich gewesen. Als Folge der sehr hohen Oberwasserzuflüsse haben zu Jahresbeginn 2011 die Beprobungen der Gewässersohle im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs eine flächendeckende Mittelsandauflage gezeigt (siehe Kapitel Abbildung 4-2).



**Abbildung 4-3: Oberwasserverhältnisse im Vorfeld der Entnahme von Pumpproben**

Auswertungen der Korngrößenverteilungen der Schwebstoffe an den Messstationen Seemannshöft (Elbe-km 628,9; Institut für Hygiene und Umwelt, Stadt Hamburg) und Grauerort (Elbe-km 660,5; NLWKN) in BfG (2008) bestätigen dieses Ergebnis der Probenahme am Sedimentfang vom 15. März 2011. In BfG (2008) wird über Ton- und Schluffanteile (Fraktion < 63 µm) in den verschiedenen Schwebstoffproben berichtet, die in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss (Referenzpegel Neu Darchau, Elbe-km 536,4) zwischen 80 und 100 Gew.-% betragen haben. Bei Hochwasserereignissen hingegen ist bei den genommenen Proben ein Sandanteil von bis zu 50 Gew.-% festgestellt worden. Diese Messung wird den tatsächlichen Sandanteil im Wasserkörper überschätzt haben. Es ist bekannt, dass die Abscheideraten der Schwebstoffsammler für die Feinfraktionen i.A. geringer als für die grobkörnigen Fraktionen sind; Folge ist ein Verlust von Feinsedimentanteilen in der analysierten Probe (siehe Pohlert et al., 2011). Dieser trotzdem höhere Sandanteil wird in BfG (2008) auf die bei hohen Oberwasserzuflüssen ebenfalls erhöhte Transportkapazität des Ebbestroms bezogen, welcher dann auch gröberes, sandiges Material über die gesamte Wassersäule transportieren kann. Im Gegensatz dazu sind die Probenahmekampagnen der Jahre 2008 und 2009 entweder im Anschluss an eine mehrwöchige Phase geringer Oberwasserzuflüsse bei hohen Sedimentationsraten im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs erfolgt oder im Anschluss an eine kleinere Hochwasserwelle (Kampagne vom 16. Juli 2009) durchgeführt worden. Bei allen Kampagnen ist bei der Korngrößenanalyse ein Gewichtsanteil von knapp 100 % in der Gesamtfraktion < 63 µm ermittelt worden, was damit wiederum die an den Stationen Seemannshöft und Grauerort gemachten Beobachtungen bestätigt. Nicht in dieses Bild passen die Ergebnisse der Kampagne vom 31. März 2009, die nur kurze Zeit nach einer Abflussspitze von knapp 2000 m<sup>3</sup>/s am Pegel Neu-Darchau durchgeführt worden ist. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Kampagne vom 15. März 2011 sowie den Auswerteergebnissen der Messungen an den Stationen Seemannshöft und Grauerort wären höhere Sandanteile in den Schwebstoffproben zu erwarten gewesen. Diese sind aber in den Pumpproben nicht festgestellt worden.

Mit Blick auf diesen Vergleich sei noch zu erwähnen, dass es sich im Unterschied zu den Pumpproben, die im Zuge des Sedimentfangmonitorings genommen worden sind, bei den Messungen an den Stationen Seemannshöft und Grauerort sich nicht um Einzelproben sondern um Monatsmischproben aus Schwebstoffsammlern handelt. Diese Messstationen werden als Teil des Messnetzes der FGG Elbe betrieben. Im Gegensatz zu den Mischproben der FGG Elbe ist der Organikanteil aus den Pumpproben vor der Korngrößenanalyse durch Vorbehandlung mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Wasserstoffperoxid) entfernt worden. Zuletzt muss auch auf die möglicherweise systematisch unterschiedlichen Messergebnisse aufgrund des nicht baugleichen Einfülltrichters bei beiden zur Probeanalyse verwendeten Laserdiffraktometern hingewiesen werden.

#### **4.2.2 Schwebstoffkonzentrationen und Transportbilanzen**

Wie bereits einleitend erläutert sind bei den Kampagnen vom 18. Mai 2010 und 15. März 2011 Proben auf zwei Messprofilen (stromab des Sedimentfangs auf Profil Elbe-km 643,8 sowie stromauf des Sedimentfangs auf Profil Elbe-km 641,7) mit zwei Schiffen im Paralleleinsatz genommen worden. Alle Einzelproben sind auf Schwebstoffkonzentrationen analysiert worden. Durch einen Vergleich der Ergebnisse auf beiden Querschnitten kann eine

Abschätzung des resultierenden Schwebstofftransports über den Sedimentfang hinweg vorgenommen werden. Dabei kann der Transport während Flut- und Ebbestrom sowie auf den drei Messebenen separat analysiert werden. Über die Ergebnisse der Kampagne vom 18. Mai 2010 ist bereits in BfG (2011a) berichtet worden. Diese Ergebnisse und die aktuellen Ergebnisse der Kampagne vom 15. März 2011 sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst dargestellt. Zunächst werden die Ergebnisse in der sohn nahen Messebene (Abbildung 4-4) und anschließend in der oberflächennahen Messebene (Abbildung 4-5) diskutiert.

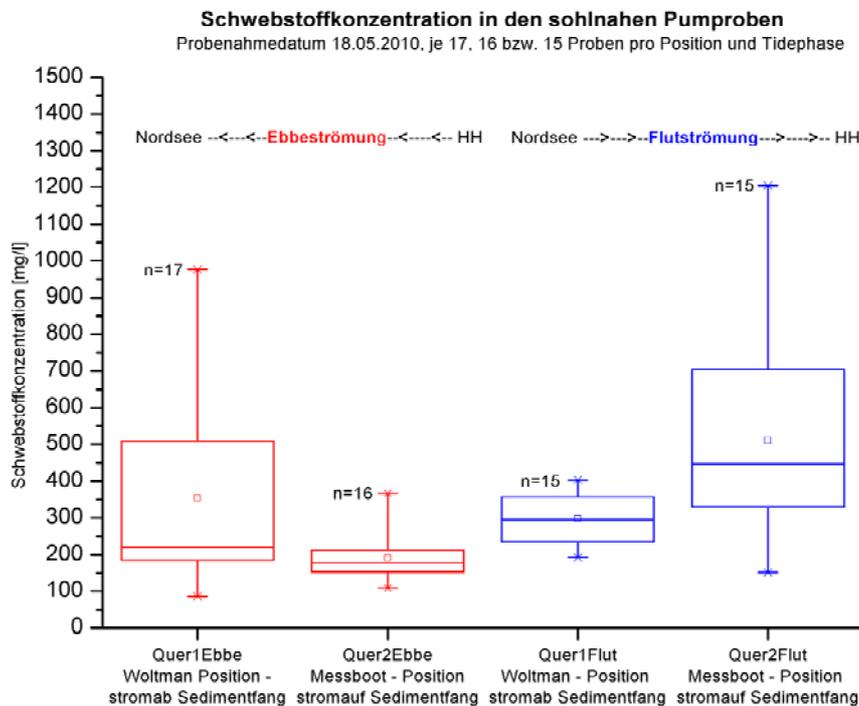
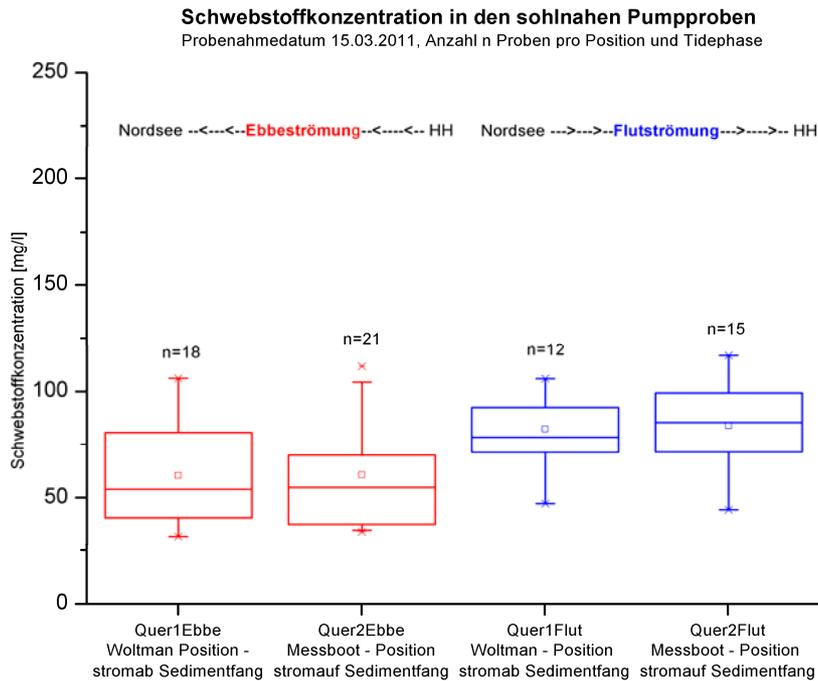
Ein erstes, sehr deutliches Ergebnis sind die bei beiden Kampagnen in Sohlnähe erfassten Unterschiede in Bezug auf das Konzentrationsniveau. Bei der Kampagne vom 18. Mai 2010 hat dieses je nach Messprofil und Tidephase als Mittelwert etwa zwischen 200 und 500 mg/l betragen. Als maximaler Wert sind bei Einzelproben bis zu 1200 mg/l gemessen worden. Bei der Kampagne am 15. März 2011 hat das mittlere Konzentrationsniveau mit Werten um die 75 mg/l deutlich darunter gelegen. Im Maximum ist hier bei einer Einzelprobe eine Konzentration von nur etwa 120 mg/l gemessen worden. Die Streubreite der Einzelergebnisse ist zudem deutlich geringer als im Vergleich zu den Ergebnissen vom 18. Mai 2010.

Aus der Auswertung der Ergebnisse der Kampagne vom 18. Mai 2010 konnte ein sohn naher Nettostromaufwärtstransport von Schwebstoff über das Profil stromauf des Sedimentfangs bei Elbe-km 641,7 in Richtung Hamburger Hafen schlussgefolgert werden. Diesen Nettostromaufwärtstransport - jedoch geringer ausgeprägt - zeigen die Ergebnisse der Kampagne vom 15. März 2011<sup>16</sup>. Aufschlussreich ist der Vergleich der Konzentrationsniveaus auf beiden Messprofilen jeweils bei Ebbe- und bei Flutstrom<sup>17</sup>. Bei den Ergebnissen vom 18. Mai 2010 ist zu beiden Tidephasen ein Anstieg der Schwebstoffkonzentration bei Überströmung des Sedimentfangs zu erkennen. Dies ist vermutlich das Ergebnis der Resuspension von frisch abgelagerten Sedimenten. Bei den höheren Strömungsgeschwindigkeiten des Flutstroms ist der Konzentrationsunterschied entsprechend stärker. Dieser deutliche Konzentrationsunterschied ist bei der Messung am 15. März 2011 hingegen nicht zu erkennen. Zum damaligen Zeitpunkt war der Sedimentfang flächenhaft mit einer erosionsstabilen Mittelsandauflage bedeckt gewesen (vgl. Kapitel 4.3).

---

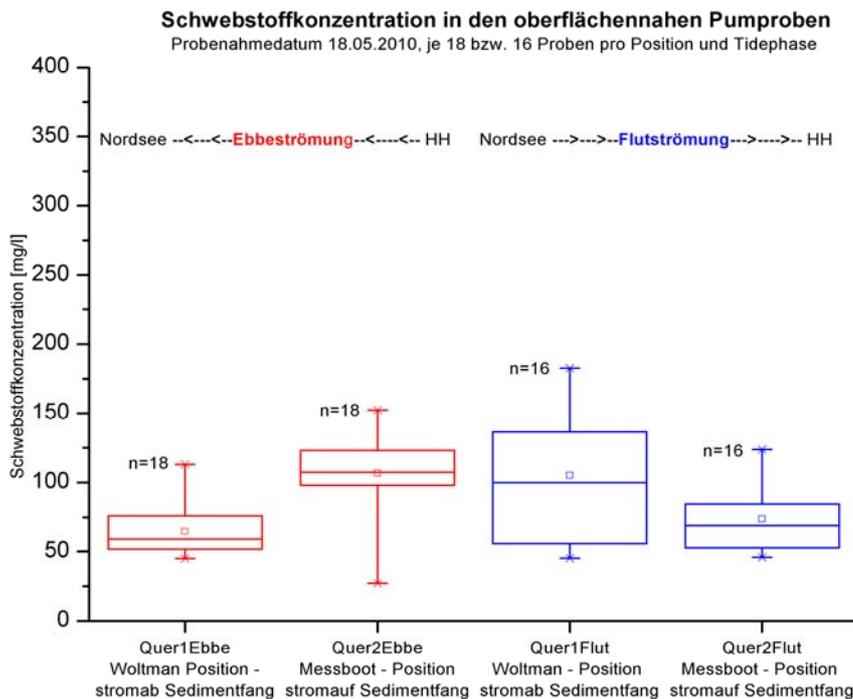
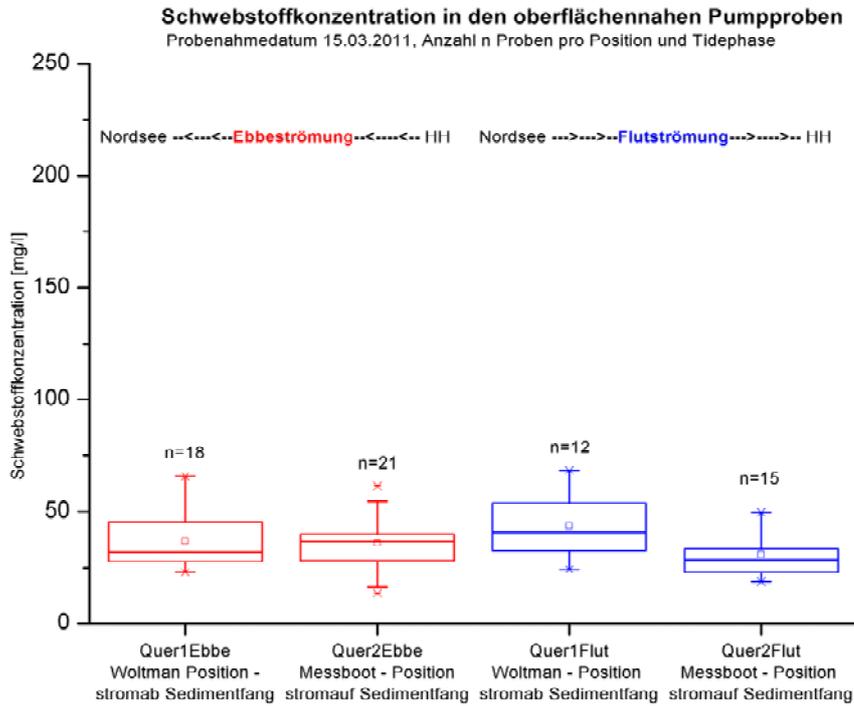
<sup>16</sup> vergleiche dazu in Abbildung 4-4 (obere Abbildung) Boxplot bei Quer2Ebbe mit Boxplot bei Quer2Flut bzw. Boxplot bei Quer1Ebbe mit Boxplot bei Quer1Flut.

<sup>17</sup> vergleiche dazu in Abbildung 4-4 (obere und untere Abbildung) Boxplot bei Quer1Ebbe mit Boxplot bei Quer2Ebbe bzw. Boxplot bei Quer1Flut mit Boxplot bei Quer2Flut.



**Abbildung 4-4: Vergleich der sohnnahen Schwebstoffkonzentrationen in Pumpproben stromauf und stromab des Sedimentfangs, Kampagnen vom 15. März 2011 und 18. Mai 2010 (untere Abbildung aus BfG, 2011a), Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt**

Diese Seite wurde absichtlich aus Gründen der  
Formatierung freigelassen



**Abbildung 4-5: Vergleich der oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen in Pumpproben stromauf und stromab des Sedimentfangs, Kampagnen vom 15. März 2011 und 18. Mai 2010 (untere Abbildung aus BfG, 2011a), Erläuterung: Whisker 99% / 1%, Boxplot mit 75%, 50% und 25% Quantil, Mittelwert als Quadrat dargestellt**

Auch in der Messebene „Oben“ zeigt der Vergleich der Ergebnisse beider Kampagnen eine etwa 2,5-fach höhere mittlere Schwebstoffkonzentration in den Proben vom 18. Mai 2010. Beim Vergleich der mittleren Konzentrationen in den Messebenen „Oben“ und „Unten“ können bei der Kampagne am 15. März 2011 im Gegensatz zu der Kampagne vom 18. Mai 2010 sohnah nur wenig höhere Konzentrationen festgestellt werden. Auch hier liegt die Ursache vermutlich in der flächenhaften Mittelsandauflage.

Die Kampagne vom 18. Mai 2010 hat in der Messebene „Oben“ einen Nettotransport von Schwebstoff über die Profile von beiden Seiten hinein in das Bilanzgebiet ergeben (siehe BfG, 2010a und siehe nebenstehende Abbildung 4-5, unten). Bei der aktuellen Kampagne können (siehe nebenstehende Abbildung 4-5, oben) keine signifikanten Konzentrationsunterschiede weder in Bezug auf die Messprofile noch auf die Tidephase festgestellt werden.

### 4.3 Sedimentinventar

Die Veränderung des Sedimentinventars über die Zeit ist alle zwei Monate durch die Entnahme von Greiferproben an 17 Positionen im unmittelbaren Maßnahmenbereich des Sedimentfangs sowie in seinem Nahbereich erfasst worden. Dabei hat jede Greiferprobe die oberste, ca. 15 bis 20 cm dicke Sedimentschicht erfasst, die als Mischprobe auf Korngrößenverteilung und Schadstoffbelastung untersucht worden ist. In den Jahren 2008 bis 2010 haben insgesamt 13 Probenahmekampagnen stattgefunden. Die Ergebnisse dieser Kampagnen sind in BfG (2011a) beschrieben. Dieser Datenbestand soll nachfolgend um die Ergebnisse der fünf weiteren Kampagnen aus 2011 fortgeschrieben und ergänzend ausgewertet werden.

Das Sedimentinventar, welches sich im Sedimentfang abgelagert hat, kann je nach Probenahmekampagne als feinsandiger Schluff bzw. schluffiger Feinsand beschrieben werden. Innerhalb des Sedimentfangs kann die Korngrößenverteilung räumlich variieren. In den nördlichen und südlichen Randbereichen ist es häufig zu stärkeren Feinsandeintreibungen gekommen. Die zeitliche und räumliche Sedimentationsdynamik ist in BfG (2011a) bereits umfassend beschrieben worden.

Das oberste Sedimentinventar, welches durch zwei Greiferbeprobungen im Februar und März 2011 erfasst worden ist, war geprägt durch eine mehrere Zentimeter dicke Mittelsandauflage (siehe Abbildung 4-6). Da ein Sedimentationsgeschehen zwischen beiden Kampagnen ausgeschlossen werden konnte, ist auf eine Laboranalyse der im März 2011 genommenen Proben verzichtet worden. Herkunft dieser Mittelsandauflage ist der oberstromige Bereich. Dieser Auflage vorausgegangen ist eine Phase lang anhaltender, hoher Oberwasserzuflüssen. Auswertungen der Transportkörperdynamik durch Zorndt (2009) und in BfG (2011b) haben bei diesen Oberwasserverhältnissen einen stromabwärts gerichteten Sandtransport durch Migration dieser Körper aufzeigen können.

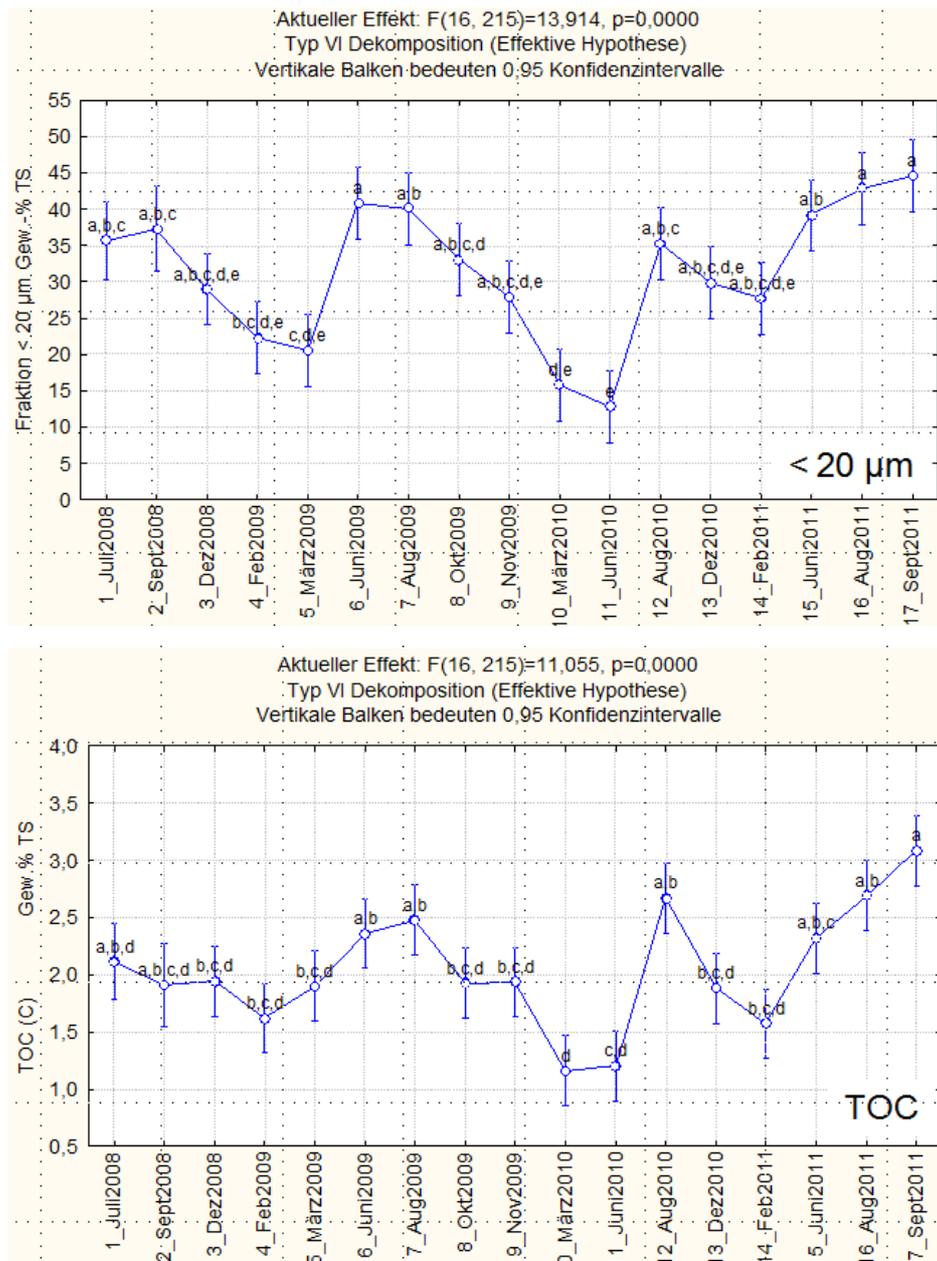


**Abbildung 4-6: Photo der Mittelsandauflage im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs, Datum Februar 2011**

Im Anschluss an die 5. Unterhaltung des Sedimentfangs sind dann in drei weiteren Greiferbeprobungen (9. Juni 2011, 4. August 2011 und 26. September 2011) die frisch abgelagerten Sedimente erfasst worden. Hierbei ist wiederum ein überwiegend schluffiges Sedimentinventar mit unterschiedlich starken Feinsandanteilen erfasst worden. Die Ergebnisse der Korngrößenanalyse sind im Anhang 6 dargestellt.

Bei einer Analyse der zeitlichen Entwicklung der Korngrößenverteilung in BfG (2011a) ist ein korrespondierender Jahresgang zwischen dem TOC Gehalt (total organic carbon – Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff) im Sediment und den Gewichtsanteilen der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  beschrieben worden; ein hierzu antizyklisch korrespondierender Jahresgang in der Fraktion des gröbereren Feinsandes ( $100 - 200 \mu\text{m}$ ) konnte ebenfalls festgestellt werden. Die in BfG (2011a) begonnene Analyse ist in Abbildung 4-7 bis Abbildung 4-10 um die aktuellen Daten aus dem Jahr 2011 ergänzt worden.

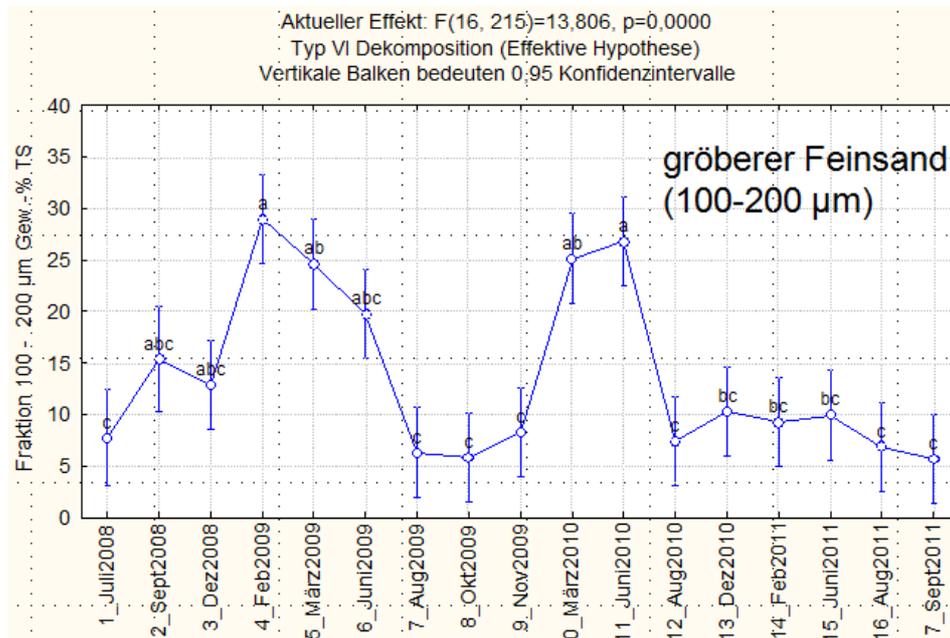
Die um die neuen Daten aktualisierte Analyse bestätigt die bereits in BfG (2011a) beschriebenen korrespondierenden Jahresgänge für den Gewichtsanteil der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  an der Gesamtprobe und für den TOC Gehalt. Die mittleren Anteile in der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  über alle Probenahmepositionen haben bei den Sommerkampagnen zwischen 35 und 45 Gew.-% betragen. In den Winterkampagnen lagen diese zwischen 13 und 20 Gew.-% bzw. einmalig bei 27 Gew.-% bei der Greiferbeprobung im Februar 2011. Eine Auswertung der 2-wöchentlich erstellten Peilpläne zeigt für den Zeitraum Dezember 2010 bis März 2011 keine Neusedimentation; bzw. keine Sohlhöhenänderung in der Größenordnung größer des peilbedingten Sensitivitätsbereiches von etwa 20 cm. Es ist daher zu vermuten, dass es sich bei dem in der Probenahme vom Februar 2011 erfassten Material um ältere Sedimente handelt. Diese haben sich schon bereits vor dem Winter 2010/2011 dort abgelagert, auf das erneut eine Zentimeter-dünne Mittelsandauflage hinzugekommen ist. Im Jahresgang des TOC Gehaltes ist dieser Effekt nicht so stark ausgeprägt. Ein weiteres, bereits in BfG (2011a) als außergewöhnliches beschriebenes Ergebnis stammt aus der Beprobung vom Juni 2010. Diese Probenahme hat zeitgleich mit einer für den Sommer außergewöhnlichen Oberwassersituation von dauerhaft mittleren Abflüssen von ca.  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  stattgefunden.



**Abbildung 4-7: Korrespondierende Jahrgänge zwischen den Gewichtsanteilen der Fraktion < 20 µm an der Gesamtprobe (obere Abbildung) und dem TOC Gehalt (untere Abbildung), Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA**

Die aktuellen Ergebnisse der Greiferbeprobungen aus 2011 bestätigen nicht den in BfG (2011a) basierend auf den damals vorliegenden Daten aus 2008 bis 2010 festgestellten Jahrgang in der Fraktion des größeren Feinsandes (100 – 200 µm). In beiden Winterkampagnen (Dezember 2010 und Februar 2011) konnte kein Anstieg der Feinsandanteile auf etwa 25 bis 30 Gew.-% vergleichbar zu den vorangegangenen Wintern festgestellt werden (siehe Abbildung 4-8). Dieses Ergebnis sollte als Ausreißer, wie schon zuvor für die Fraktion < 20 µm beschrieben, betrachtet werden und bestätigt zugleich die Vermutung, dass bei beiden Probenahmen im Dezember 2010 und Februar 2011 überwiegend Sediment aus einem

früheren Sedimentationsgeschehen beprobt worden ist. Die These eines Jahresganges in der Fraktion des groben Feinsandes sollte daher nicht verworfen werden und durch zukünftige Probenahmen weiterhin betrachtet werden.

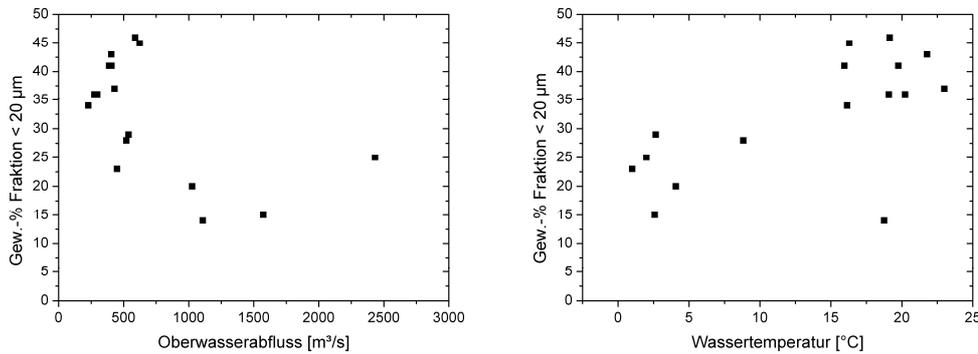


**Abbildung 4-8: Möglicher Jahresgang in der Fraktion des gröberer Feinsandes (100 – 200 µm) im Zeitraum Juli 2008 bis August 2010, nicht erkannt im Winter 2010/2011, Auswertung durch HPA**

Die Entwicklung des Mittelsandanteiles (siehe Abbildung 4-10) ist nicht unmittelbar jahreszeitlich sondern stark durch das Auftreten von Situationen mit einem sehr hohen Oberwasserzufluss geprägt. Im langzeitlichen Mittel hat der Mittelsandanteil deutlich unter 5 Gew.-% gelegen. Bei Situationen mit Oberwasserzuflüssen  $Q > 1500 \text{ m}^3/\text{s}$  (als grober Richtwert) ist bei den darauf folgenden Greiferbeprobungen auf der Gewässersohle ein flächenhafter Mittelsandanteil von bis zu 25 Gew.-% bei der Kampagne am 14. Februar 2011 erfasst worden. Diesem Maximalwert ist seit dem August 2010 eine Phase dauerhaft hoher Oberwasserzuflüsse  $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ , bei Spitzenabflüssen von  $Q = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$  (Anfang Oktober 2010) bzw. bis zu  $Q = 3600 \text{ m}^3/\text{s}$  (Anfang Februar 2011) vorausgegangen. Die Zeitpunkte des Auftretens von Abflussspitzen ( $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  oder höher) sind in Abbildung 4-10 durch vertikale Striche kenntlich gemacht. Für die weiteren Informationen zum Abfluss sei auf Abbildung 4-3 verwiesen, in der die langjährige Ganglinie des Oberwasserzuflusses am Pegel Neu Darchau dargestellt ist.

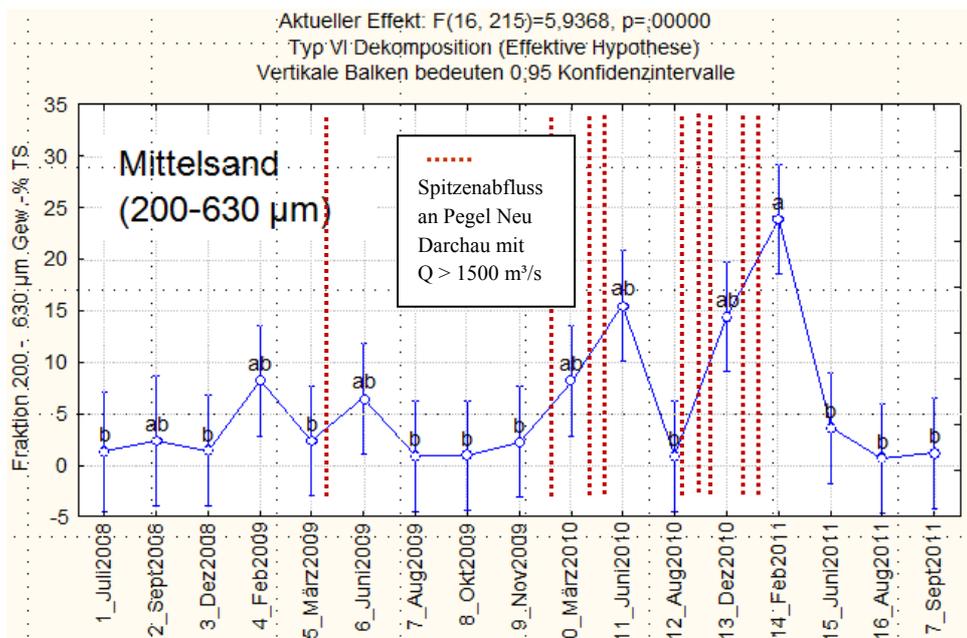
Trägt man für jede Beprobungskampagne den mittleren Gewichtsanteil der Sedimentproben in der Fraktion  $< 20 \text{ µm}$  gegen den Oberwasserzufluss und die Wassertemperatur auf, so resultiert daraus ein funktionaler Zusammenhang zwischen diesen Größen, der in Abbildung 4-9 dargestellt ist. Dieses Ergebnis zeigt, dass unter den Randbedingungen einer hohen Wassertemperatur und eines geringen Oberwasserzuflusses in den frischen Sedimentablagerungen ein hoher Gewichtsanteil in der Fraktion  $< 20 \text{ µm}$  erwartet werden kann. Dieser Wirkungszusammenhang bestätigt auch den zuvor dargestellten Jahresgang in dieser Fraktion

< 20 µm, da hohe Wassertemperaturen in Verbindung mit niedrigen Oberwasserzuflüssen eine typische gewässerkundliche Randbedingung für die Sommermonate sind.



**Abbildung 4-9: Einfluss von Wassertemperatur und Oberwasserzufluss auf den Feinsedimentanteil (Fraktion < 20 µm), Greiferproben von frischen Sedimentablagerungen (17 Probenahmen im Zeitraum 1. Juli 2008 bis 17. September 2011)**

Auswertungen aus Peilungen zeigen für Zeiträume mit hohen Oberwasserzuflüssen eine nur geringe Tendenz zur Sedimentation (vgl. Kapitel 4.4.2), so dass die Mächtigkeit der Mittelsandauflage gering im Vergleich zur Herstellungstiefe des Sedimentfanges ist und die mittlere Zusammensetzung des Baggergutes über die gesamte Schnitttiefe weiterhin schluffig bis feinsandig bleibt. Herkunft dieser mittelsandigen Sedimente ist der oberstromige Bereich. Auswertungen der resultierenden Migrationsrichtung von Transportkörpern zwischen Elbekm 636 und 639 durch Zorndt (2009) zeigen bei einem hohen Oberwasser ab etwa 1500 m³/s eine ebbestromgerichtete Migration dieser ebenfalls stark mittelsandigen Strukturen.



**Abbildung 4-10: Zeitliche Entwicklung der Mittelsandanteile im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA, ergänzt durch die Zeitpunkte von Hochwasserwellen im Oberwasserzufluss (markiert als vertikale Striche in rot)**

## 4.4 Sohlhöhenänderung und Einflussgrößen auf das Sedimentationsgeschehen

Wie bereits in Kapitel 4.3 beschrieben, sind Zusammensetzung und Qualität der Sedimente, die sich im Sedimentfang abgelagert haben, durch eine regelmäßige Entnahme von Sedimentproben (2-monatliche Greiferproben und vor jeder Unterhaltung Sedimentkerne über die gesamte Schnitttiefe der Baggergutes) erfasst worden. Darüber hinaus ist das Sedimentationsgeschehens bzw. die daraus resultierende Sohlhöhenveränderung im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs 2-wöchentlich durch Fächerecholotpeilung erfasst worden. Auf Grundlage dieser Peilungen liegen für den Monitoringzeitraum Juni 2008 bis August 2011 insgesamt 52 Differenzmodelle vor<sup>18&19</sup>, die als Zeitreihe der Sohlhöhenänderung in Kapitel 4.4.1 betrachtet und analysiert werden. Durch Gegenüberstellung dieser Zeitreihe mit gewässerkundlichen Messgrößen wird in Kapitel 4.4.2 die Wirkung potenzieller Einflussfaktoren auf das Sedimentationsgeschehen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs aufgezeigt.

### 4.4.1 Sohlhöhenänderung

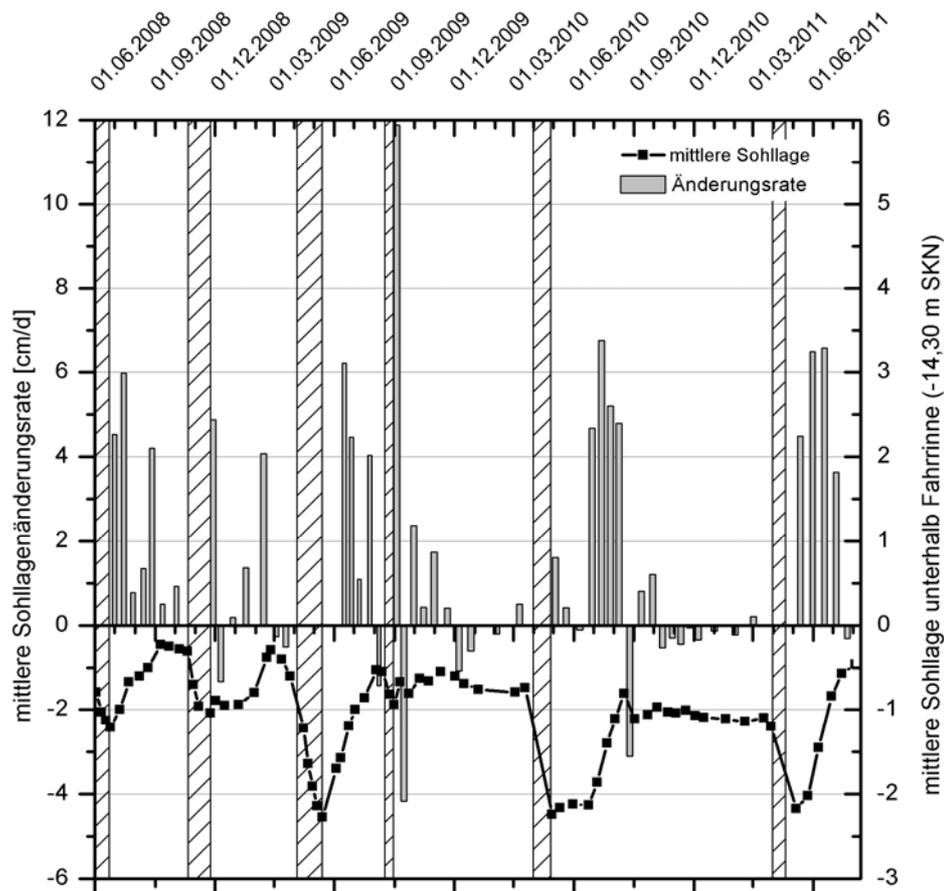
Die Zeitreihe der mittleren Sohlhöhenänderung im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs ist für den Zeitraum Juni 2008 bis August 2011 in Abbildung 4-11 dargestellt. Die Zeiträume einer Unterhaltung des Sedimentfangs sind schraffiert dargestellt. Die Berechnung der Sohlhöhenänderung basiert auf den aus Peilungen erstellten Differenzenmodellen. Die Sohlhöhenänderung selber muss als integrale Größe aus den Anteilen Deposition, Erosion und Konsolidierung von Sedimenten aufgefasst werden. Die genauen Anteile sind zeitlich variabel und unbekannt; nur die totale Sohlhöhenänderung ist bekannt. Ergänzend in Abbildung 4-11 dargestellt ist die Zeitreihe der mittleren Sohlage des Sedimentfangs bezogen auf die Sohlage der Fahrrinnensohle bei -14,30 m SKN.

Im zeitlichen Verlauf weist die Sohlhöhenänderung maximal positive Raten in den Sommermonaten auf. Zugleich treten im Anschluss an diese Phasen maximal negative Raten von bis zu -4 cm/d über einen Zeitraum von 2 Wochen auf. In den Wintermonaten hingegen kann zumeist eine Abnahme bzw. eine nur geringfügige Zunahme der mittleren Sohlage beobachtet werden. Der Einfluss von Wassertemperatur, Oberwasserzufluss und von der Maßnahme des Sedimentfangs selber auf das Sedimentationsgeschehen wird im nachfolgenden Kapitel 4.4.2 dargestellt.

---

<sup>18</sup> Die Differenzmodelle für den Zeitraum 25. Juni 2008 bis 02. August 2010 sind in BfG (2011a) dargestellt. Anhang 1 zu diesem Bericht enthält sechs korrigierte Differenzmodelle für den Zeitraum vom 29. April 2010 bis 02. August 2010 und soll damit die fehlerhaften Modelle aus BfG (2011a) ersetzen. Bei der flächenhaften Interpolation sind die im südlichen Bereich des Sedimentfangs mit den im mittleren Bereich ermittelten Sohlhöhenänderungen vertauscht worden.

<sup>19</sup> In Ergänzung zu den in BfG (2011a) dargestellten Differenzmodelle enthält Anhang 2 weitere Modelle für den Anschlusszeitraum 08. Mai 2011 bis 01. August 2011.



**Abbildung 4-11: Zeitreihe der mittleren Sohlhöhenänderungsrate bzw. Sohlage im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs, Zeitraum Juni 2008 bis August 2011.**

Eine Abnahme der mittleren Sohlage bedeutet nicht zwangsläufig eine Nettoerosion von Sediment. Der zeitabhängige Prozess der Konsolidierung von Sedimenten bewirkt auch eine Abnahme der Sohlage. Die Masse der abgelagerten Sedimente bleibt jedoch konstant aber mit einer erhöhten Lagerungsdichte. Eine Unterscheidung der in Abbildung 4-11 dargestellten totalen Änderung in die drei genannten Anteile ist gegenwärtig nicht möglich. Dies wäre jedoch eine wichtige Grundlage für eine weitergehende und vertiefte Auswertung der im Zuge des Sedimentfangmonitorings geschaffenen Datenbasis.

Sedimentdichten sind in einer einmaligen Messkampagne an drei Terminen im März, Mai und August 2010 vertieft untersucht worden. Zusätzlich sind im August 2010 innerhalb von einer Woche die folgenden drei Messsysteme zur Erfassung von Sedimentdichten und -horizonte eingesetzt worden.

- DSLP Technologie, Messungen durchgeführt durch General Acoustics e.K., Kiel, [www.generalacoustics.com](http://www.generalacoustics.com)
- Silas EBP-10 System, Messungen durchgeführt durch STEMA Survey Services B.V., Geldermalsen in den Niederlanden, [www.stema-systems.nl](http://www.stema-systems.nl)

- ADMODUS System, Messungen durchgeführt durch Hydroacoustics GmbH, Bremerhaven, [www.hydroacoustics.de](http://www.hydroacoustics.de)

Ursprünglicher Anlass zur Durchführung dieser ergänzenden Monitoring- und Untersuchungskampagne war der Abbruch der Baggerkampagne zur 3. Unterhaltung des Sedimentfangs im August 2009 aufgrund von unzureichender Konsolidierung der Sedimente, die sich als nicht baggerfähig erwiesen haben (vgl. BfG, 2010a, dort in Kapitel 2.3). Eine detaillierte Auswertung dieser Messdaten mit Fokus auf Sedimentdichten wird die dann abgeschlossene Berichtsreihe zum Sedimentfangmonitoring noch ergänzen.

Es bleibt daher zunächst festzustellen, dass an der Ausprägung und Entwicklung der Anteile Deposition, Erosion und Konsolidierung ein komplexes, umfangreiches und weitgehend unverstandenes Prozessgeschehen beteiligt ist, welches Gegenstand laufender Forschung ist. Das Prozessgeschehen, bzw. die Gesamtheit der wirkenden Teilprozesse kann grob aber hinreichend in diese Kategorien gegliedert werden:

- (1) Sinkverhalten: Die Teilprozesse, welche Einfluss auf die Sinkgeschwindigkeit des Einzelkorns bzw. der Flocken im Fall von Feinsedimenten haben.
- (2) Interaktion Strömung und Sohle: Die auf die Sohle einwirkenden Strömungskräfte werden angetrieben durch das Tidegeschehen, aber auch durch Schiffsantriebe.
- (3) Bodenmechanik: Gegen die einwirkenden Kräfte steht die Summe der Teilprozesse, welche Einfluss auf die Erosionsstabilität der abgelagerten Sedimente hat – hier vor allem die Konsolidierung sowie physiko-chemische Prozesse (siehe 4) auf der Partikel-Partikel-Ebene (Mikroskala).
- (4) Physiko-chemische Prozesse: Die Summe der Teilprozesse, die auf der Partikel-Partikel-Ebene (Mikroskala) wirken. Sie haben z.B. Einfluss auf den Erosionswiderstand von Sedimenten (siehe 3), aber auch auf die Bildung und Stabilität von Flocken (siehe 1).
- (5) Biogene Prozesse: Die Teilprozesse, welche vor allem Einfluss auf die Art der Zusammensetzung der Sedimente und damit auf die Teilprozesse 1, 3 und 4 nehmen.

#### 4.4.2 Einflussgrößen auf das Sedimentationsgeschehen<sup>20</sup>

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Wirksamkeit des Sedimentfangs sowie der weiteren planerischen und betrieblichen Optimierung ist eine vertiefte Kenntnis über die Randbedingungen bzw. Faktoren, welche Einfluss auf das Sedimentationsgeschehen im Maßnahmenbereich nehmen. Der Sedimentfang vor Wedel selber ist bereits in BfG (2011a) als ein Einflussfaktor auf das Sedimentationsgeschehen in seinem Maßnahmenbereich beschrieben worden; präziser formuliert ist es das hergestellte Sedimentfangvolumen unterhalb Fahrrinnenniveau. Gegenstand dieser Untersuchungen waren die beiden „Extremzustände“ eines voll hergestellten Sedimentfangs und eines vollgefüllten Sedimentfangs. Die Untersuchungen haben nachweisen können, dass ein voll hergestellter Sedimentfang eine auf

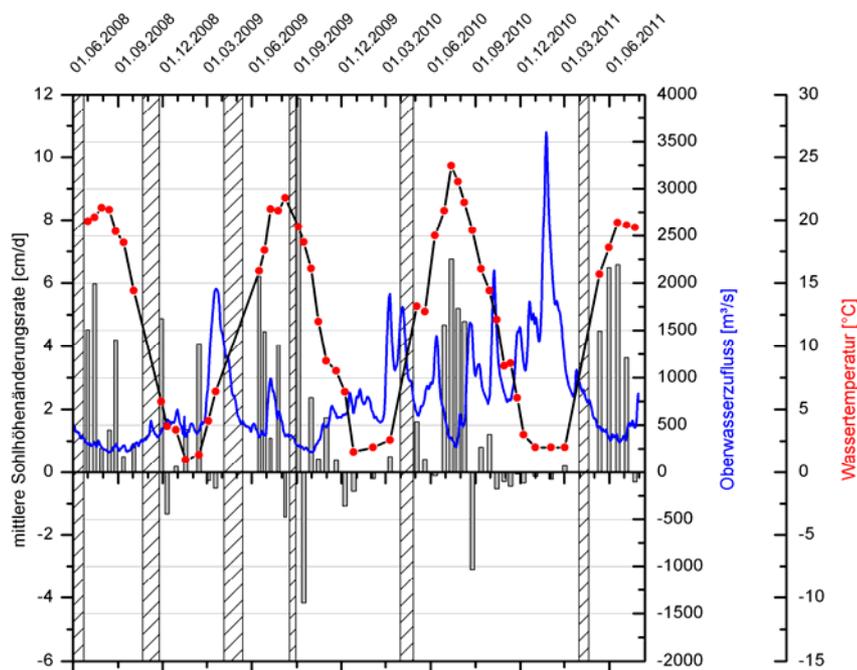
---

<sup>20</sup> Textbestandteil auch veröffentlicht in Winterscheid et al. (2011)

die Entwicklung der mittleren Sohllage (im Sinne einer Nettosedimentation) verstärkende Wirkung hat. Im Fokus der weitergehenden Untersuchungen zum Einfluss möglicher gewässerkundlicher Messgrößen stehen nun ebenfalls diese beiden Faktoren:

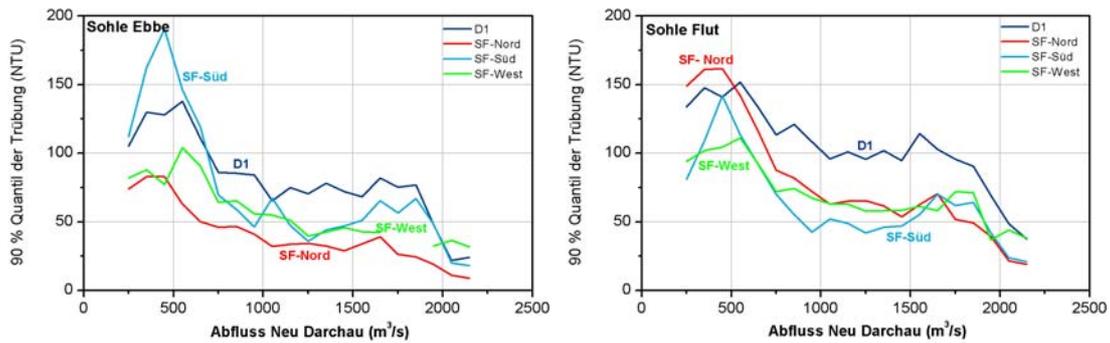
- Oberwasserabfluss über das Wehr Geesthacht, gemessen am letzten binnenseitigen Pegel bei Neu Darchau (Elbe-km 536,4)
- Wassertemperatur gemessen an den Dauermessstellen im Bereich des Sedimentfangs

In Kapitel 4.3 ist bereits der Oberwasserzuflusses und die Wassertemperatur auf die Zusammensetzung der Sedimentablagerungen bzw. der Gewichtsanteile in der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  dargestellt worden. In Abbildung 4-12 sind die Zeitreihen für den Oberwasserzufluss und für die Wassertemperatur zusammen mit der Zeitreihe der mittleren Sohlhöhenänderung aus Abbildung 4-11 dargestellt.



**Abbildung 4-12: Zeitreihen der mittleren Sohlhöhenänderungsrate, des Oberwasserzuflusses am Pegel Neu Darchau und der Wassertemperatur im Untersuchungsgebiet im Zeitraum Juni 2008 bis August 2011**

Die Verläufe der Zeitreihen zeigen, dass hohe Sedimentationsraten zu Zeiten geringer Oberwasserzuflüsse aber zugleich auch bei hohen Wassertemperaturen auftreten. Ein geringer Oberwasserzufluss bewirkt eine Verlagerung der ästuarinen Trübungszone stromaufwärts sowie einen verstärkten flutstromorientierten Eintrag von Sedimenten im Elbeabschnitt vor Wedel. Dies zeigen die Ergebnisse von Modellrechnungen und Naturmessungen, die in der Fachliteratur hinreichend beschrieben sind (siehe z. B. Weilbeer et al., 2011; Entelmann, 2011 oder GKSS, 2007). Auch das Sedimentfangmonitoring zeigt an den vier Dauermessstellen diesen großräumigen Prozess, der in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss steht (siehe Abbildung 4-13).



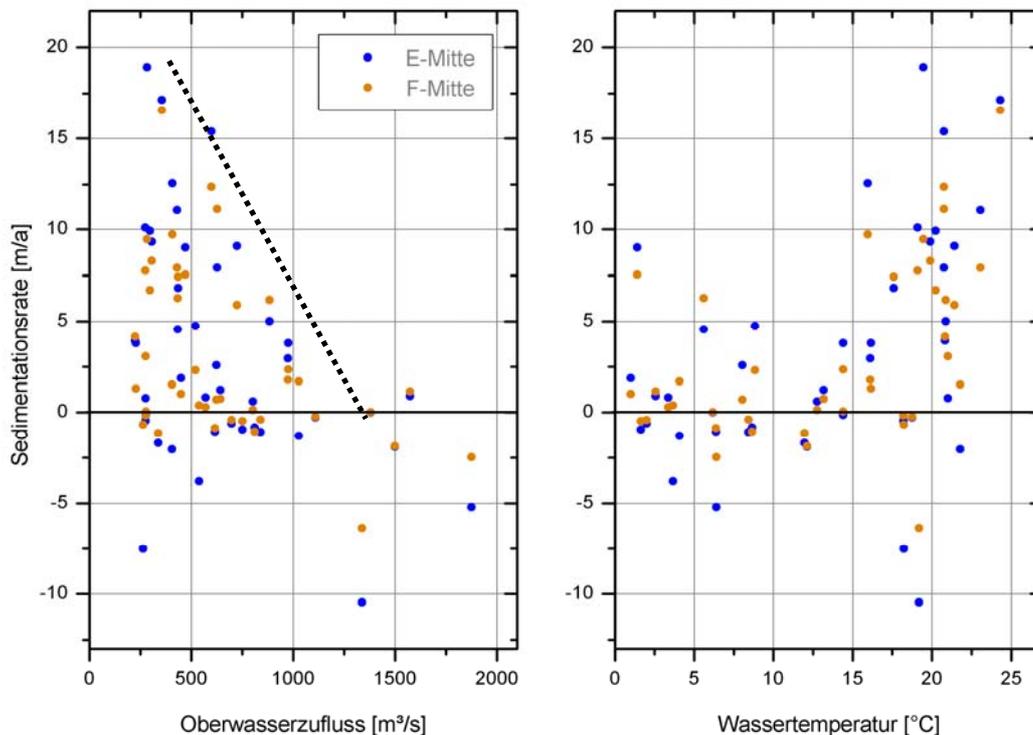
**Abbildung 4-13: 90% Quantil der flutgemittelten (linke Abbildung) und der ebbegemittelten (rechte Abbildung) in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss**

Datengrundlage für Abbildung 4-13 sind die flut- und ebbestromgemittelten Trübungsdaten (Zeitraum Juni 2008 bis Dezember 2010) an den vier Dauermessstationen rund um den Sedimentfang. Alle Daten sind für den Zweck der Darstellung nach der Oberwassersituation sortiert worden sind. Aufgrund der großen Spannweite an Messergebnissen von Trübung - auch bei gleichen Oberwassersituationen - sind hier nicht die Einzelwerte sondern das 90% Quantil der Messwerte für die Bandbreite an aufgetretenen Oberwassersituationen dargestellt. Es zeigt sich an allen Stationen sowohl bei Flut- als auch bei Ebbestrom ein deutlicher Anstieg des Trübungsniveaus bei Oberwasserzuflüssen unterhalb von 500 bis 1000 m<sup>3</sup>/s je nach betrachteter Dauermessstation und Tidephase.

Wieder mit Blick zurück auf Abbildung 4-12 ist umgekehrt zu Zeiten höherer Oberwasserzuflüsse eine Abnahme der Sohlhöhe zu beobachten. Ob diese Abnahme auf eine verstärkte Erosion von bereits abgelagerten Sedimenten oder einzig auf eine stark verminderte Deposition bei konstanten Erosionsraten oder Raten der Konsolidierung zurückgeführt werden kann, ist wie bereits in Kapitel 4.4.1 diskutiert, unbekannt. Ebenfalls kann auf Grundlage dieser Daten nicht abgeschätzt werden, wie hoch der relative Einfluss der Wassertemperatur auf die Anteile Erosion, Deposition und Konsolidierung bzw. auf die daran beteiligten Teilprozesse ist. Zum Beispiel nimmt die Wassertemperatur Einfluss auf Dichte und kinematische Viskosität von Wasser und verändert damit das Sinkverhalten von suspendierten Sedimenten und Schwebstoffen (vgl. Teilprozess 1 – Sinkverhalten in Kapitel 4.4.1). Der integrale Effekt über die in Kapitel 4.4.1 genannten Teilprozesse 1 bis 5 ist unbekannt.

Insgesamt erscheint der Einfluss des Oberwasserzuflusses dominant. Unabhängig davon, ob eine Phase mit hohen Oberwasserzuflüssen in einen sommerlichen oder winterlichen Zeitraum mit deutlich unterschiedlichen Wassertemperaturen fällt, bewirkt der Oberwasserzufluss stets eine negative oder stark verringerte Entwicklung der Sohlhöhenänderung im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs. In sommerlichen Zeitperioden mit Randbedingungen, welche Sedimentation stark begünstigen, treten aber zugleich auch extrem „negative“ Änderungsraten bzw. maximale Sprünge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Änderungsraten auf. Vermutlich ist dieses abrupte, extrem nicht-lineare Systemverhalten Folge des komplexen Wechselspiels zwischen den Teilprozessen.

In Ergänzung zu den vorangegangenen Betrachtungen zeigt Abbildung 4-14 den möglichen Zusammenhang zwischen Sohlhöhenentwicklung und Oberwasserzufluss bzw. Wassertemperatur in zwei repräsentativen Teilbereichen des Sedimentfangs (Rasterfelder: E-Mitte und F-Mitte, Größe je Teilfeld 250 m x 250 m, für Lage der Rasterfelder siehe z.B. Abbildung 2-1).



**Abbildung 4-14: Oberwasserzufluss vs. Sohlhöhenänderung (links) und Wassertemperatur vs. Sohlhöhenänderung (rechts) in zwei benachbarten Rasterfeldern (E-Mitte und F-Mitte) im Zentrum des Maßnahmenbereichs des Sedimentfangs Wedel.**

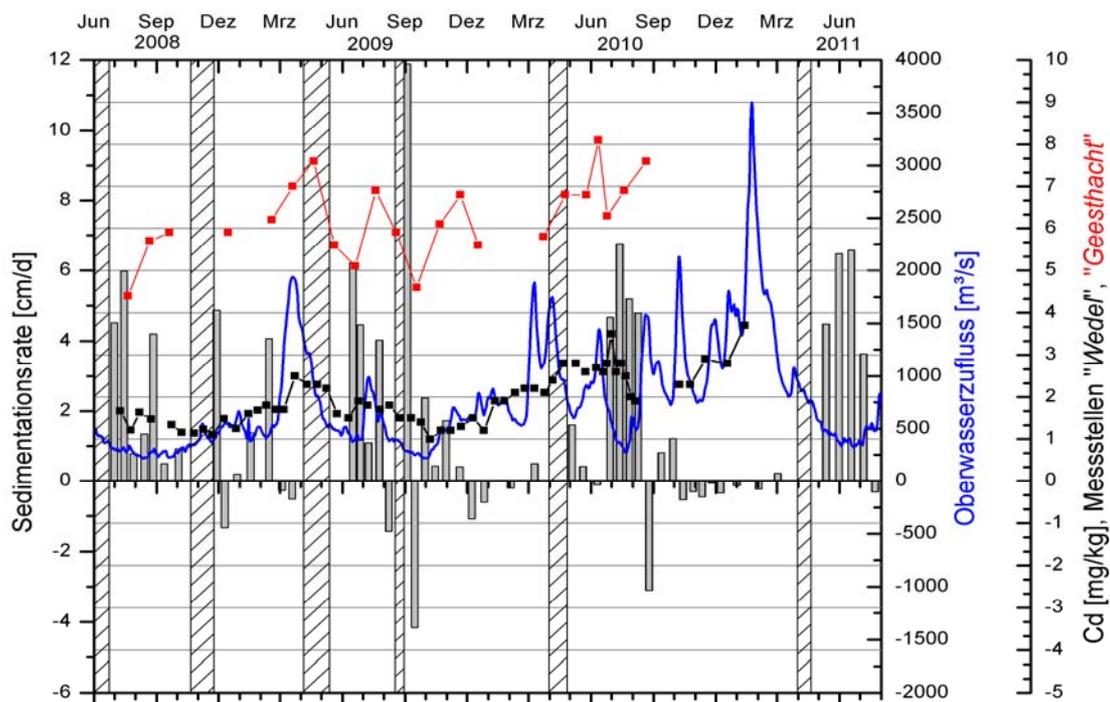
In den Daten ist keine unmittelbare Korrelation zu erkennen, sondern es zeigt sich, dass der Oberwasserzufluss eine limitierende Wirkung auf die maximal mögliche Sohlhöhenänderungsrate hat. Diese Maximalrate ist als grobe, skizzenhafte Näherung in die Abbildung 4-14 (links) eingetragen. Unterhalb dieser Maximalrate ist im Beobachtungszeitraum stets die volle Bandbreite möglicher Sedimentationsraten, auch negative (Erosions-/Konsolidierungs-) Raten aufgetreten. Bei Oberwasserzuflüssen  $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$  kommt es zu keiner erwähnenswerten Nettosedimentation. Diese Beobachtung gilt auch für die nicht in Abbildung 4-14 dargestellten, übrigen Rasterfelder im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs. Dieses Ergebnis ist als Hinweis zu bewerten, dass noch weitere, bislang unberücksichtigte Einflussfaktoren wirken.

Ab einer Wassertemperatur von etwa  $15^\circ\text{C}$  (siehe Abbildung 4-14, rechts) kann ein deutlich erhöhtes Sedimentationsgeschehen in den Daten beobachtet werden. In Einzelfällen sind aber auch bei sehr niedrigen Wassertemperaturen höhere Sohlhöhenänderungsdaten von bis zu  $10 \text{ m/a}$  bzw.  $2,74 \text{ cm/d}$  aufgetreten. Die maximale Spannweite von Sohländerungsdaten bzw. die maximal positiven als auch negativen Änderungsdaten können bei hohen Wassertemperaturen beobachtet werden.

In der Zusammenfassung kann gesagt werden, dass der Oberwasserzufluss ein wichtiger aber nicht der einzig maßgebende Einflussfaktor auf die Entwicklung der Sohlhöhe im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs ist. Die Gesamtheit der Teilprozesse bildet ein komplexes und extrem nicht-lineares Wirkgefüge, für das bislang kein mathematisch formuliertes Wirkmodell vorliegt.

## 4.5 Einflussgrößen auf die Sedimentqualität

Aus früheren Untersuchungen (vgl. Ackermann et al., 2007) ist bekannt, dass die Schadstoffbelastung in frischen Sedimentablagerungen durch die aktuelle Oberwassersituation geprägt ist. Quellregion der meisten Schadstoffgruppen ist das Elbeinzugsgebiet. Eine hohe Oberwassersituation führt zu einem erhöhten Eintrag schadstoffbelasteter Schwebstoffe über das Wehr Geesthacht in das Elbeästuar. Weitergehende Auswertungen in Winterscheid et al. (2012) konnten diesen Wirkungszusammenhang durch Vergleich der aus Abbildung 4-12 bekannten Zeitreihe der Sohlhöhenentwicklung mit den Messzeitreihen für die Schadstoffkonzentrationen an den BfG-Dauermessstationen Wedel und Wehr Geesthacht (Entnahme von Schwebstoffen ein bis wenige Meter unter der Wasseroberfläche) am Beispiel von Cadmium bestätigen (siehe Abbildung 4-15).



**Abbildung 4-15: Einfluss Oberwasserzufluss auf Sohlhöhenänderung und Schadstoffbelastung von schwebstoffbürtigen Sedimenten am Beispiel von Cadmium**

Die an der Dauermessstelle Wedel gemessenen Konzentrationen sind im Vergleich zur Station Geesthacht geringer. Ursache hierfür ist eine Vermischung der fluviatilen Schweb-

stoffe mit stromauf transportierten, marinen und daher geringer belasteten Schwebstoffen. Bei hohen Oberwasserzuflüssen kommt es einerseits zu dem bereits zuvor beschriebenen erhöhten Schadstoffeintrag und unabhängig davon im Untersuchungsgebiet vor Wedel zu einem stärker ebbestromdominierten und damit stromabwärts gerichteten Transportregime. Folge dieser Prozesse sind ansteigende Schadstoffkonzentrationen in den Sedimentproben an der Dauermessstelle Wedel. Dennoch bedeutet dies in einer frachtorientierten Blickweise keine Akkumulation von Schadstoffen in potenziellem Baggergut. Die Schadstoffkonzentration zu Zeiten hoher Oberwasserzuflüsse ist zwar höher, zugleich kommt es nur zu geringen Sedimentationen im Elbeabschnitt vor Wedel. Dies zeigen die beiden Kurven in Abbildung 4-15, die sich in der Tendenz gegenläufig entwickeln, also geringe Sedimentationsraten zu Zeiten höherer Belastungen und umgekehrt.

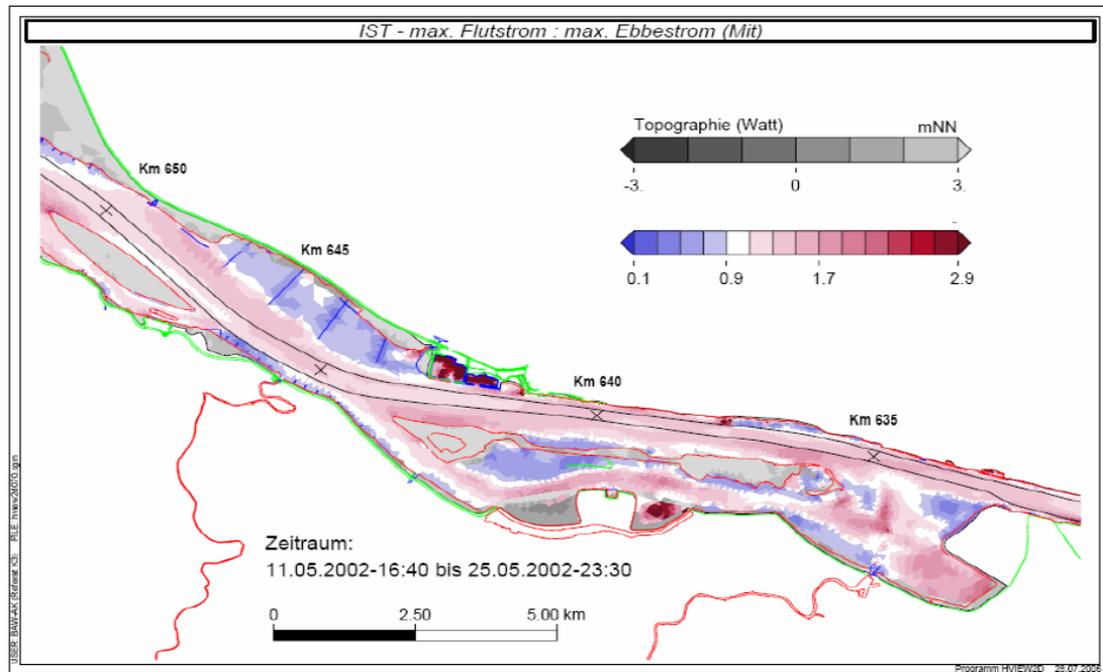
Die Ergebnisse des Sedimentfangmonitorings in Bezug auf die Schadstoffbelastung der frischen Sedimentablagerungen (= potenzielles Unterhaltungsbaggergut) und relevanter Transportprozesse können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Der Stromauftransport mariner Schwebstoffe und der Stromabwärtstransport fluviatiler Schwebstoffe erfolgt nicht unabhängig voneinander. Es kommt zu einer graduellen Vermischung beider Anteile im Längsverlauf der Tideelbe, die durch das stark oberwasserabhängige und auch tideabhängige (Spring-Nipp Zyklus) Strömungsfeld gesteuert wird.
- Diese Randbedingungen bestimmen das resultierende Verhältnis beider Anteile im Untersuchungsgebiet Elbeabschnitt vor Wedel.
- Es lagert sich stets ein Feststoffgemisch aus marinen und fluviatilen Anteilen im Sedimentfang ab. Dieses Gemisch wird durch das tideinduzierte Strömungsgeschehen über den Maßnahmenbereich des Sedimentfangs hin und her bewegt und kommt dabei zur Ablagerung. Die Vorstellung eines sich überwiegend von Unterstrom mit Sedimenten mariner Herkunft bei Flutstrom füllenden Sedimentfangs bestätigen die Auswertungen der Monitoringergebnisse nicht (vgl. Kapitel 3.3.1).
- Der marine Anteil an diesem Feststoffgemisch und damit auch die Schadstoffbelastung in den frischen Sedimentablagerungen wird nicht durch den Sedimentfang sondern durch die Oberwassersituation und dessen Einfluss auf den großräumigen Feststofftransport beeinflusst.

## 4.6 Residuelle Transportrichtungen

In BfG (2008) ist der damalige Stand des Wissens über das Sedimenttransportregime der Tideelbe und im Untersuchungsabschnitt vor Wedel - also vor dem Start des Sedimentfangmonitorings im Frühjahr 2008 - aus den vorhandenen Literaturquellen zusammengefasst beschrieben. Modelluntersuchungen der BAW (siehe z.B. BAW, 2007) über die Dauer eines Spring-/Nipp-Zyklus bei mittleren Abflussverhältnissen aber auch die Dauermessungen seit 1998 an der Station D1 belegen, dass das Sedimenttransportregime in diesem Abschnitt durch eine Flutstromdominanz geprägt ist. Im Zuge des Sedimentfangmonitorings ist diese Dauermessung im Zeitraum Frühjahr 2008 bis Ende 2010 um die drei weiteren Stationen SF Süd, SF Nord und SF West ergänzt worden (siehe z.B. Abbildung 4-17 oder Abbildung

4-18). Die Auswertung der Daten von diesen Stationen in BfG (2011a, dort in Kapitel 2.1.1) zeigt bei SF Süd und SF Nord ebenfalls flutstromdominante Strömungsverhältnisse. An der dem Fährmansander Watt vorgelagerten Station SF West konnten hingegen ebbestromdominante Verhältnisse festgestellt werden, was in Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus Modellrechnungen der BAW gesehen werden kann (siehe Abbildung 4-16).



**Abbildung 4-16: Flut- und ebbestromdominante Bereich im Elbeabschnitt Wedel aus BAW (2007)**

ADCP Messungen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs zeigen, dass etwa zwischen Elbe-km 643 und 642 die Strömung eine Beschleunigung erfährt. Diese Beschleunigung geht einher mit einer zunehmenden Einengung des Fließquerschnitts in den flacheren Bereichen südlich der Fahrrinne. Dies ist gut in Abbildung 4-16 zu erkennen. Diese Beobachtung ist eine plausible Erklärung für den Beginn der sich stromauf des Sedimentfangs anschließenden Dünenstrecke im Bereich der Fahrrinne.

Das aktuelle Wissen über die Sedimenttransportverhältnisse im Elbeabschnitt vor Wedel ist in Abbildung 4-17 und Abbildung 4-18 zusammengefasst. Beide Abbildungen stammen aus BfG (2011a) und wurden um die aktuellen Untersuchungsergebnisse vervollständigt. Beide Abbildungen fassen die Ergebnisse der in Tabelle 4-1 genannten Messkampagnen zusammen.

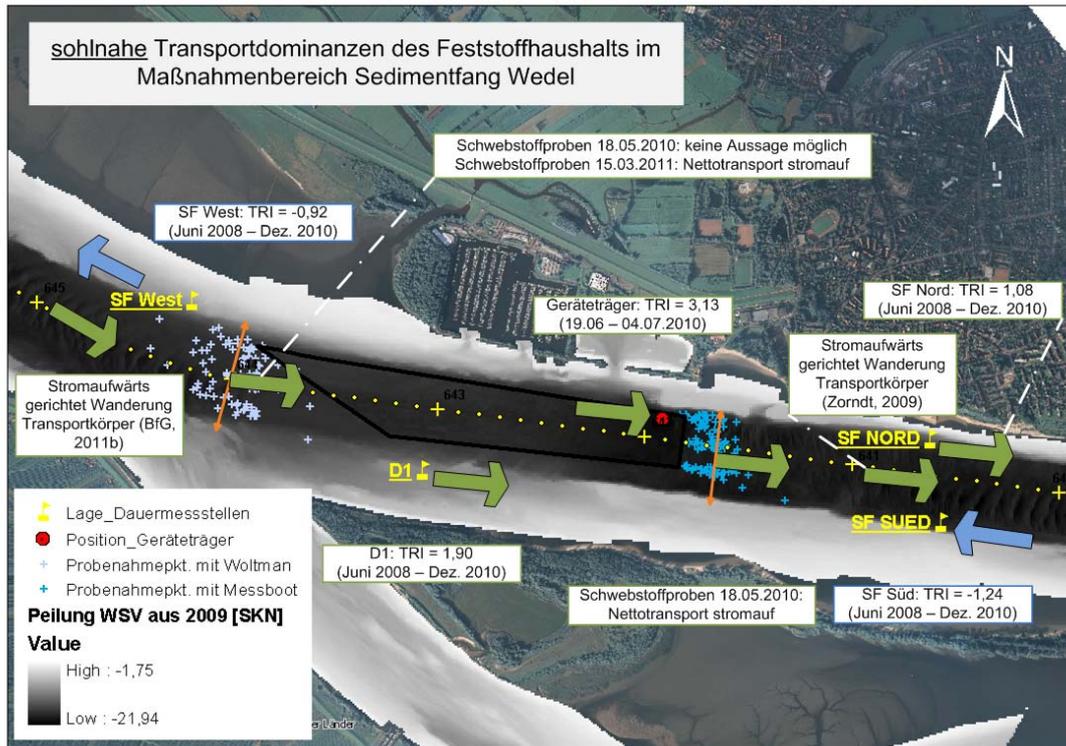
**Tabelle 4-1: Übersicht über die verschiedenen Messkampagnen zur Erfassung der Feststofftransportverhältnisse im Untersuchungsgebiet**

Messkampagne	Auswertung	Auswertung und Kampagnen erläutert in:
Dauermessstationen	Kombinierte Auswertung der kontinuierlichen Messungen von Strömung und Trübung mit Hilfe eines Transportrichtungsindikators	Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 in BfG (2011a)
Pumpproben	Vergleich der erfassten Schwebstoffkonzentrationen auf Messprofilen stromauf und stromab des Sedimentfangs	Kapitel 2.2.3 in BfG (2011a) und in diesem Bericht in Kapitel 4.2.2
ARGUS Surface Meter IV montiert auf Geräteträger	Kombinierte Auswertung der Messung von Strömung und Trübung mit Hilfe eines Transportrichtungsindikators	Kapitel 2.2.2, 2.3.1 und 2.3.3 in BfG (2011a)
Fächerecholotpeilungen	Statistische Auswertung von Transportkörperstrukturen mittels Kreuzkorrelation	BfG (2011b) und Zorndt (2009)

Die Gezeiten und die Oberwasserverhältnisse sind beides Einflussgrößen auf das Strömungsgeschehen (Geschwindigkeiten sowie Richtungen bei Ebbe und Flut) im Elbeabschnitt vor Wedel und damit auch Einflussgrößen auf den Feststofftransport. Entsprechend erfassen Pumpproben und die Einsätze mit dem Geräteträger nur die tages- bzw. wochengenauen Transportverhältnisse überwiegend in der Feinkornfraktion. Anders die Analysen der Transportkörpergeometrien, deren Ergebnisse für den Bereich Wedel in BfG (2011b) und Zorndt (2009) beschrieben sind. In beiden Arbeiten konnte die integrale Wirkung unterschiedlicher Oberwasserverhältnisse in deutlich längeren Zeiträumen (zum Teil über mehrere Spring-Nipp Zyklen) auf die Wandergeschwindigkeiten der Transportkörper und damit den sohlgebundenen Transport der Sandfraktion untersucht werden. Langfristig (Frühjahr 2008 bis Ende Dezember 2010), aber nur punktuell und nicht im Bereich der Fahrrinne konnte der Schwebstofftransport an den Positionen der Dauermessstationen untersucht werden. Hierzu sind die Messzeitreihen mit Hilfe eines Transportrichtungsindikators analysiert worden. Ergebnis dieser Analyse ist ein semi-quantitatives Bild über die resultierenden Transportrichtungen (Flut- bzw. Ebbestromdominanz); konkret ein Verhältnis der bei Flut- und Ebbestrom transportierten Frachten unter der Annahme, dass sich die trübungsverursachenden Eigenschaften des Schwebstoffs bei einer aufeinanderfolgenden Flut- und Ebbephase sich nicht maßgeblich verändern (vgl. BfG, 2011a).

Das Gesamtergebnis aller durchgeführten Messkampagnen zeichnet ein Bild des sohlnahen bzw. sohlgebundenen Feststofftransports im Elbeabschnitt vor Wedel, dass durch die einleitend bereits beschriebene Flutstromdominanz des Strömungsgeschehens geprägt ist. Dieses Bild ist in Abbildung 4-17 gezeichnet.

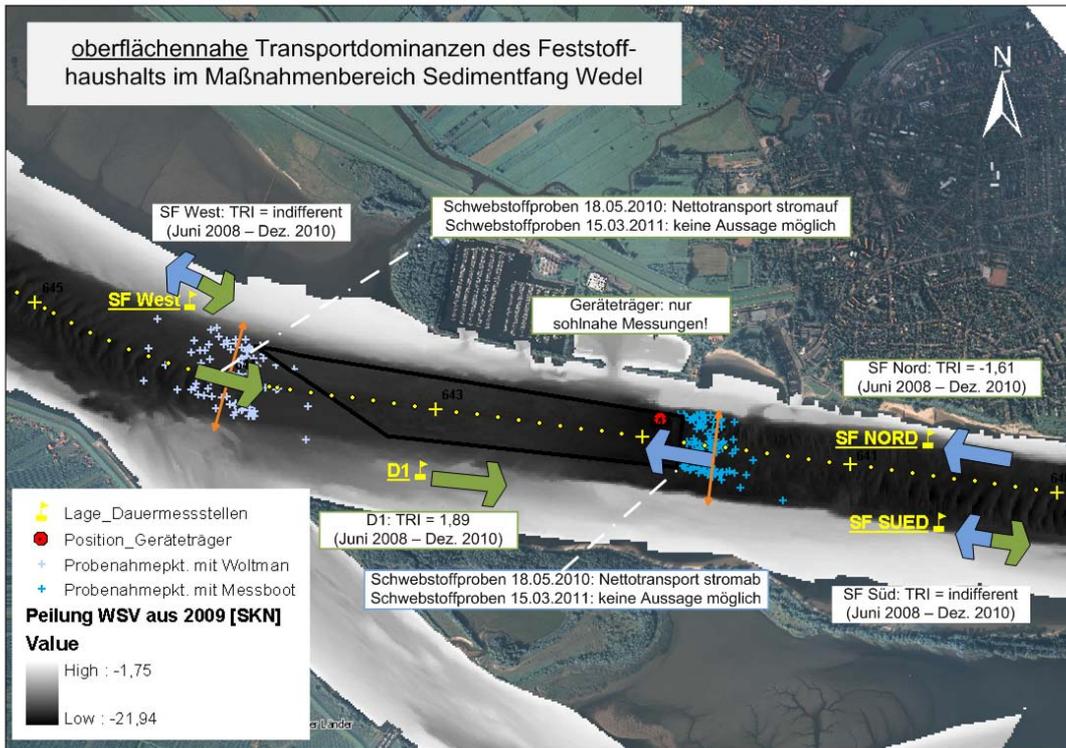
Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe



**Abbildung 4-17: Sohlnahe Transportdominanzen des Feststoffhaushaltes (Sedimente und Schwebstoffe) im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs**

Die Untersuchungen der Wandergeschwindigkeiten von Transportkörpern stromauf und stromab des Sedimentfangs in BfG (2011b) und Zorndt (2009) zeigen langfristig einen residuellen, stromaufwärts gerichteten Sandtransport, der auch in BfG (2008) beschrieben ist. Sedimente der Fraktion  $< 63 \mu\text{m}$  werden bei ansteigenden Strömungsgeschwindigkeiten resuspendiert und dann sohlnah stromaufwärts transportiert. Dies zeigen übereinstimmend die Auswertungen der Pumpproben sowie die Auswertungen einer Messzeitreihe, die mit Hilfe einer am Geräteträger befestigten ARGUS Surface Meter IV – Trübungssonde aufgezeichnet worden sind. Einzig an den Dauermeßstationen SF West und SF Süd, die seitlich der Fahrrinne positioniert sind, lassen die Auswertungen der Strömungs- und Trübungsmessungen einen stromabwärts gerichteten, also ebbestrom-dominierten Transport von überwiegend feinsandigen bis schluffig-tonigen Sedimenten vermuten. Die Dauermeßstationen sind jenseits der Fahrrinne positioniert.

Im oberflächennahen Bereich des Wasserkörpers (siehe Abbildung 4-18) werden fast ausschließlich feinkörnige Schwebstoffe der Fraktion  $< 63 \mu\text{m}$  (Schluff und Ton) transportiert. Hingegen konnten Feinsande nur bei ausgeprägten Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet der Elbe festgestellt werden (vgl. Untersuchungsergebnisse der ARGE Elbe zitiert in BfG (2008) oder Kampagne vom 15. März 2011 in Kapitel Abbildung 4-1).



**Abbildung 4-18: Oberflächennahe Transportdominanzen des Feststoffhaushaltes (Sedimente und Schwebstoffe) im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs**

Auf Seite des grünen Tonnenstrichs zeigen die oberflächennah durchgeführten Messungen - in Übereinstimmung mit den Messungen auf der sohlnahen Messebene - ein in Bezug auf den Nettoschwebstofftransport eher flutstromdominantes Bild. Eine vergleichbare Beschreibung der Transportverhältnisse in den Flachwasserbereichen findet sich in BfG (2008). Dagegen zeichnen die Messungen auf der gegenüber liegenden Seite, auch in den Flachwasserbereichen ein eher ebbestromdominantes Bild des Schwebstofftransports aus Richtung Hamburg in den Maßnahmenbereich des Sedimentfangs hinein. Einen beidseitigen Nettoeintrag über die stromab und stromauf gelegenen Messprofile zeigen die Auswertungen der Pumpproben (vgl. Kapitel 4.2.2 und BfG, 2011a, dort in Kapitel 2.2.3).

In der Zusammenfassung zeigen die Messungen ein räumlich differenziertes Bild des Feststofftransportes im Elbeabschnitt vor Wedel. Eine Massenbilanz der Transporte kann derzeit aus den Messergebnissen nicht abgeleitet werden. Als ein Endergebnis des Sedimentfangmonitorings bleibt die in diesem Kapitel gegebene qualitative Beschreibung des Feststofftransportes, welche für die verschiedenen Sedimentfraktionen und Bereiche Aussagen zu residuellen Transportrichtungen umfasst.

Diese Seite wurde absichtlich aus Gründen der  
Formatierung freigelassen

## 5 Abschließende Beurteilung der Wirksamkeit des Sedimentfangs

Die Herstellung und die Unterhaltung eines Sedimentfangs vor Wedel ist integraler Bestandteil des Strombau- und Sedimentmanagementkonzeptes für die Tideelbe. Dieses Konzept ist 2008 als eine gemeinsame Reaktion von WSV und HPA auf den Anstieg der Baggergutmengen im Hamburger Hafen und die Verlagerung der Baggerschwerpunkte in den oberen Bereich der Tideelbe beschlossen worden. Die zeitlich befristete Umlagerung von Hamburger Baggergut in die Nordsee an die Tonne E3 (durchgeführt in den Jahren 2005 bis 2010) und die Einrichtung eines zentralen Verbringstellenbereichs zwischen Elbe-km 686 und 690 (im Folgenden bezeichnet als VSB 686/690) für das gesamte, im Amtsbereich des WSA Hamburg gebaggerte Sediment sind weitere Bestandteile des Strombau- und Sedimentmanagementkonzeptes. Vor diesem Hintergrund ist der Begriff „Wirksamkeit des Sedimentfangs Wedel“ in einem übergreifenden Kontext zu betrachten.

Wirksamkeit kann am besten mit den Möglichkeiten und Fähigkeiten für eine weitere Optimierung der gegenwärtigen Sediment- und Baggergutmanagementstrategie für die Tideelbe beschrieben werden. Die mit diesem Bericht abgeschlossene Berichtsreihe betrachtet und beurteilt den Sedimentfang Wedel zunächst als eine überwiegend lokal wirkende, bzw. bis in den Hamburger Hafen wirkende Einzelmaßnahme. Zugleich ist aber das feinsandig-schluffige Unterhaltungsbaggergut aus dem Sedimentfang in den etwa 50 km stromabwärts gelegenen VSB 686/690 verbracht und umgelagert worden; seit 2008 insgesamt 6,2 Mio. m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) aus sechs Baggerkampagnen<sup>21</sup>. Daher betrachtet dieser Abschlussbericht auch die Auswirkungen der Umlagerung dieses Baggergutes im VSB 686/690. Im Rahmen der zum Jahresanfang 2012 begonnenen „Erweiterten Systemstudie“ (vgl. Kapitel 1) soll dann die Wirksamkeit des Sedimentfangs Wedel und eventuell weiteren Sedimentfängen wie z.B. im stromabwärts gelegenen Baggerabschnitt Juelssand großräumig und ganzheitlich im Kontext eines tideweiten Sediment- und Baggergutmanagementkonzeptes betrachtet werden.

---

<sup>21</sup> 5 Baggerkampagnen zur Unterhaltung des Sedimentfangs im Zeitraum Oktober 2008 bis April 2011 sowie nach Abschluss des Berichtszeitraums im Frühjahr 2012 eine 6. Baggerkampagne zur Unterhaltung des Sedimentfangs.

## 5.1 Überblick über die zu prüfenden Zielstellungen und Wirksamkeiten

Der Sedimentfang vor Wedel ist erstmals im Juni 2008 als Pilotprojekt hergestellt worden. Bis dahin lagen noch keine vergleichbaren Erfahrungen an der Tideelbe oder anderen Tideflussbereichen vor. Diesem Projekt lag die Grundannahme und das Prozessverständnis zugrunde, dass mit Hilfe eines Sedimentfangs „verstärkt“ von Unterstrom eingetragene Sedimente abgefangen werden können, bevor sie den Hamburger Hafen erreichen und sich dort mit aus dem Einzugsgebiet der Elbe herangeführten, höher belasteten Sedimenten vermischen (vgl. HPA, 2008). Das Abfangen dieser Sedimente bzw. eine verstärkte Sedimentation sollte durch die bei Herstellung des Sedimentfangs erreichte Querschnittsaufweitung und Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeit bewirkt werden. Der Planungsphase zur Umsetzung dieser Maßnahme lagen die folgenden Zielstellungen bzw. „Wirksamkeiten“ zu Grunde (vgl. HPA & WSV, 2008; HPA 2008; BfG, 2009):

### 1) **Reduktion Baggergutmenge im Hamburger Hafen**

Durch eine verstärkte Sedimentation im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs sollen die Baggergutmengen im Bereich des Hamburger Hafens reduziert werden.

### 2) **Unterstützung Baggerschwerpunkt Wedel**

Der Elbeabschnitt Wedel ist der mengenstärkste WSV-Baggerabschnitt für Feinsedimente in der Stromelbe. Durch Betrieb des Sedimentfangs besteht die Möglichkeit einer zeitlichen Streckung bzw. einer zeitlichen Konzentrierung der erforderlichen Baggerungen zur Wassertiefenunterhaltung (vgl. Strombau- und Sedimentmanagementkonzept Tideelbe von HPA & WSV zitiert als HPA & WSV, 2008). Ein im Zuge dessen zu berücksichtigender Aspekt bei der Beurteilung sind die möglichen Auswirkungen durch Umlagerung des Unterhaltungsbaggergutes im VSB 686/690. Diese sind detailliert in BfG (2012b) untersucht und beschrieben worden.

### 3) **Reduzierte Schadstoffbelastung der frisch abgelagerten Sedimente**

Die im Sedimentfang gebaggerten Sedimente weisen aufgrund ihres hohen marinen Anteils eine vergleichsweise geringe Schadstoffbelastung auf und können daher in weiter stromabwärts gelegene Verbringstellen gebracht werden.

### 4) **Keine schadhaften Auswirkungen auf Umwelt und Schutzgebiete**

Die in 1) bis 3) genannten Ziele können nur erfolgreich unter der Voraussetzung erreicht werden, dass durch Herstellung und Unterhaltung des Sedimentfangs keine schadhaften Auswirkungen auf ökologische und naturschutzfachliche Belange zu erwarten sind. Ein Teil des Monitoringprogramms war daher speziell ausgerichtet, um Prognosen zu maßnahmenbedingten Auswirkungen auf die Umwelt und die umgebenden Schutzgebiete zu erfassen.

In diesem Kapitel wird sukzessive die Erreichung der in 1) bis 4) genannten Ziele vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Monitoring- und Auswerteprogramms diskutiert. Im Laufe der Berichterstattung über das Sedimentfangprojekt sind weitere Wirksamkeiten erkannt worden bzw. es konnten die anfänglich genannten Wirksamkeiten und Zielstellungen präzisiert werden. Diese werden dann an entsprechender Stelle im Text beschrieben und erläutert.

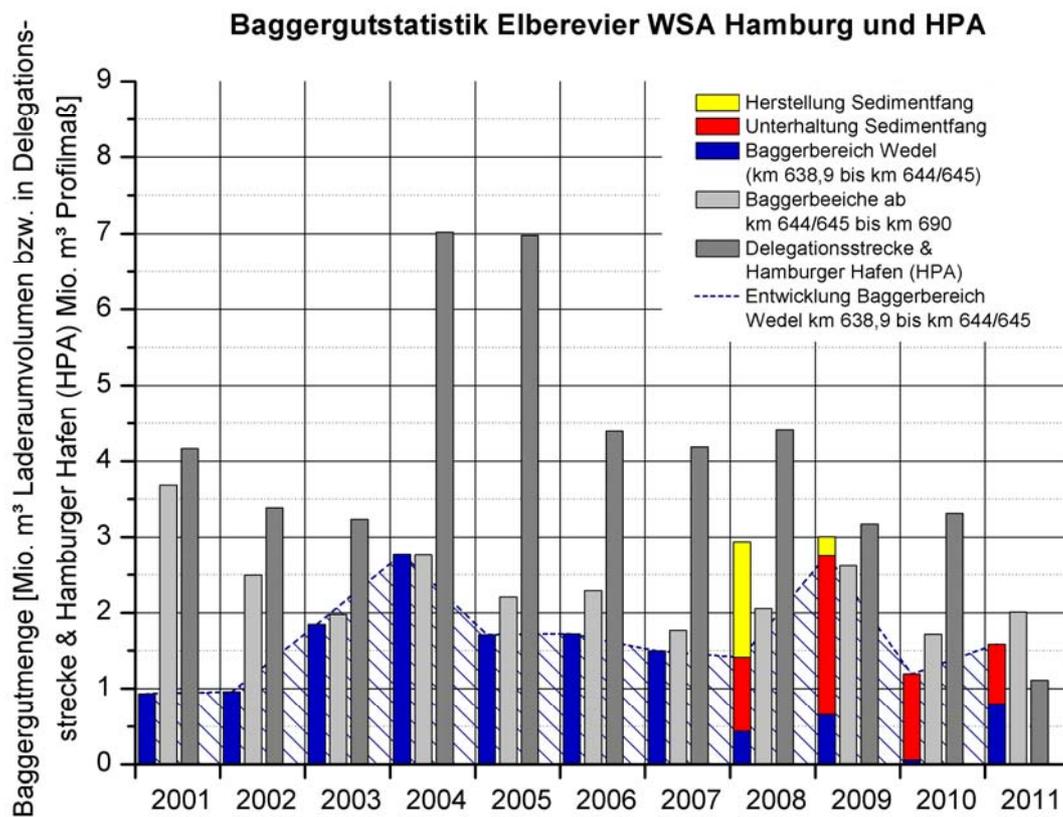
## **5.2 Wirksamkeit Reduktion Baggergutmenge im Hamburger Hafen**

Die Untersuchung von Sedimentationsraten hat ergeben, dass in einem voll hergestellten Sedimentfang erhöhte Sedimentationsraten und zugleich in den Einfahrts- bzw. Anschlussbereichen von Köhlfleet und Parkhafen Hinweise auf verringerte Sedimentationsraten in den Messdaten erkannt worden sind. Es kann daher die plausible Schlussfolgerung gezogen werden, dass diese zusätzlichen Sedimentmengen anstatt sich stromaufwärts in den Hafenbereichen abzulagern, sich maßnahmenbedingt im Elbeabschnitt vor Wedel abgelagert haben. Eine Abschätzung dieser Mengen auf Grundlage der erzielten Monitoringergebnisse oder basierend auf den Ergebnissen einer Auswertung der Baggergutstatistiken war aufgrund anderer beeinflussender Randbedingungen (z.B. Konsolidierungsgrad der Sedimentablagerungen oder Unterhaltungszustand Hafen) nur begrenzt möglich. Eine Überschlagsrechnung der HPA hat zum Ergebnis gehabt, dass durch den Sedimentfang vor Wedel die Menge an frischen Sedimentablagerungen im Bereich des Köhlfleets und des Parkhafens um bis zu 50.000 m<sup>3</sup> (Sohlvolumen) pro Unterhaltungszyklus reduziert werden konnte (vgl. Kapitel 3.1).

Die Wirksamkeit eines jeden Sedimentfangs wird stets durch solche Sedimentmengen reduziert, welche sich „natürlicherweise“, auch ohne die Wirkung des Sedimentfangs dort abgelagert hätten. Eine mögliche Vergrößerung von Fläche und / oder Tiefe des Sedimentfangs Wedel würde die Wirksamkeit insgesamt mit Blick auf den Hamburger Hafen weiter verstärken.

## **5.3 Wirksamkeit Unterstützung Baggerschwerpunkt Wedel**

Der Sedimentfang Wedel liegt in einem Sedimentations- und Baggerschwerpunkt für Feinsedimente im Amtsbereich des WSA Hamburg. Dieser Bereich ist vor allem deshalb als geeigneter Standort für den Betrieb eines Sedimentfangs ausgewählt worden (vgl. BAW, 2008 und BfG, 2009). Unterhaltungsbaggerungen seitens der WSV finden hier zur Sicherung der Fahrwassertiefe statt. Abbildung 5-1 zeigt die Entwicklung der Baggergutmengen (nur Feinsedimente) in der Tideelbe inklusive der Mengen aus dem Hamburger Hafen. Die Mengen aus Herstellung und Unterhaltung des Sedimentfangs sind separat dargestellt.



**Abbildung 5-1: Entwicklung der Mengen an gebaggerten Feinsedimenten (nur feinsandig / schluffiges Unterhaltungsbaggergut) von 2001 bis 2011 gemäß Baggergutmengenstatistik der WSA Hamburg und Cuxhaven sowie HPA.**

Im Zuge der Unterhaltungsbaggerungen zur Wiederherstellung des Sedimentfangs sind seit 2008 bis Ende Juni 2011 – also im Berichtszeitraum bis einschließlich August 2011 - in fünf Kampagnen insgesamt ca. 5 Mio. m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) gebaggert und umgelagert worden. Das Fassungsvermögen des Sedimentfangs beträgt bei vollständiger Herstellung ca. 0,8 Mio. m<sup>3</sup>, d.h. bei Herstellung einer mittleren Sohllage von -16,30 m SKN. Bei den ersten drei Baggerkampagnen zur Unterhaltung des Sedimentfangs war dieser vollständig gefüllt. Es hat flächenhaft Sedimentablagerung mit einer Mächtigkeit von mehr als zwei Meter gegeben. Bei Beginn der 4. und 5. Unterhaltungskampagne war der Sedimentfang nicht vollständig sondern nur in Teilbereichen gut gefüllt. Das hydrologische Regime des Oberwasserzuflusses, das die Lage der Trübungszone und damit die Sedimentationsprozesse im Baggerabschnitt Wedel bzw. im Sedimentfang maßgeblich beeinflusst (vgl. Kapitel 4.4), war ein besonders außergewöhnliches gewesen. Die 2. Jahreshälfte in 2010 war fast durchgängig geprägt durch einen hohen Abfluss von  $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Entsprechend gering war auch das Sedimentationsgeschehen mit dem Ergebnis eines nur geringen Zuwachses der mittleren Sohllage im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs.

Durch die Herstellung des Sedimentfangs wird unterhalb der Fahrrinnensohle ein zusätzlicher Sedimentationsraum geschaffen. Hier kann es Sedimentablagerungen geben, ohne dass diese WSV-seitig aus nautischen Gründen kurzfristig gebaggert werden müssten. Ein Eingreifen ist

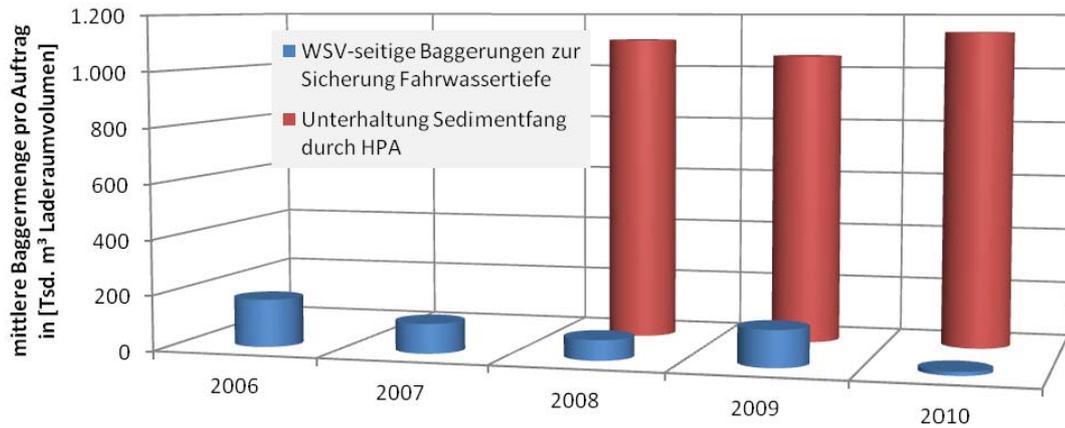
erst dann erforderlich, wenn die Sedimentablagerungen das SOLL-Niveau der Fahrriemensohle überschreiten. Seit der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs in 2008 zeigt die Baggergutstatistik im Vergleich zu den Vorjahren eine deutliche Reduktion der WSV-seitigen Baggergutmengen für den Baggerabschnitt Wedel. In 2010 ist erreicht worden, dass die WSV-seitig durchgeführten Baggerungen bis auf nur wenige Baggerumläufe reduziert werden konnten. Natürlich hat hierzu stark die durchgängig hohe Oberwassersituation beigetragen.

Wie erstmals in 2010 ist auch in 2011 der Sedimentfang nur einmal im Frühjahr gebaggert worden. Dies hat vermutlich die wieder ansteigenden WSV-seitigen Baggergutmengen relativ zur Gesamtbaggermenge im Baggerabschnitt Wedel bewirkt. Ein Schwerpunkt der WSV-seitigen Baggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe ist die nordwestliche Spitze des Sedimentfangs gewesen. Hier hat es häufig, auch schon während noch laufender Unterhaltungsbaggerungen zur Wiederherstellung des Sedimentfangs, Sedimentationsmächtigkeiten von mehr als 2 m gegeben, die wiederum WSV-seitig, nautisch bedingte Baggerungen erforderlich gemacht hatten.

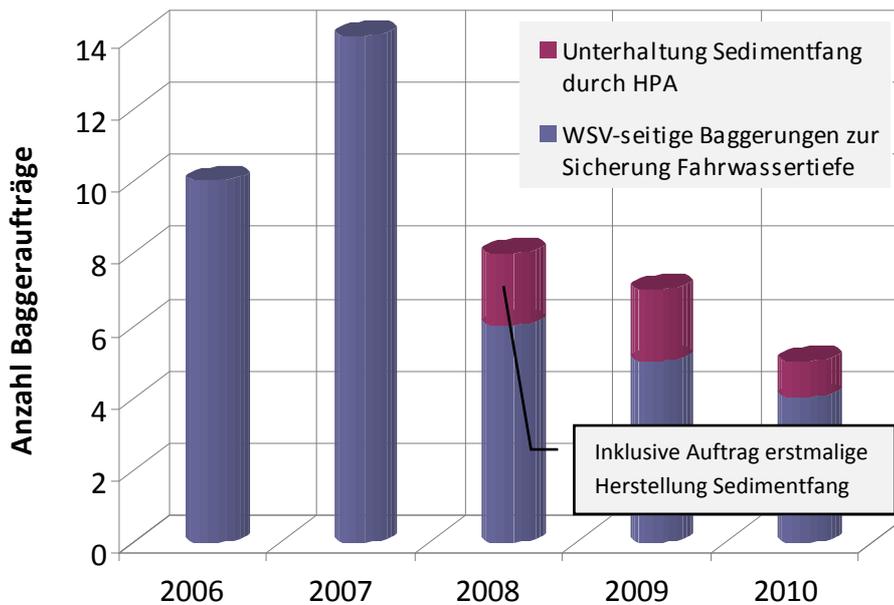
Herstellungstiefe, Zeitpunkt einer Unterhaltung des Sedimentfangs sowie Kenntnis über die lokalen Sedimentationsschwerpunkte innerhalb des Sedimentfangs sind sedimentfangspezifische Planungsgrößen, welche den zuvor beschriebenen Effekt einer Verringerung von WSV-seitigen Baggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe weiter optimieren können. Dieser Gedanke soll in den Empfehlungen in Kapitel 6 weiter ausgeführt werden.

Ein weiterer Effekt der Maßnahme Sedimentfang ist die Möglichkeit einer zeitlichen Streckung bzw. einer zeitlichen Konzentrierung der Baggerung von frischen Sedimenten, die sich im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs abgelagert haben. Diese Möglichkeit besteht nur, weil der zusätzliche, durch den Sedimentfang geschaffene Sedimentationsraum die Funktion eines zeitlichen Puffers besitzt. Es können sich Sedimente ablagern, ohne dass diese kurzfristig zum Erhalt der Mindestfahrwassertiefe gebaggert werden müssen. Daraus ergeben sich mehrere Vorteile bei der Planung und Durchführung von Baggereinsätzen.

1. Baggereinsätze zur Sicherung von Mindestfahrwassertiefen erfolgen kurzfristig, die Baggermengen sind vergleichsweise gering, die Baggerfelder sind tendenziell klein. Im Gegensatz dazu sind die Baggerkampagnen zur Unterhaltung des Sedimentfangs Wedel langfristig planbar, die gesamte Kampagne erfolgt zeitlich zusammenhängend (zeitliche Konzentration) bei zugleich großen Baggermengen und einem großflächigen Baggerfeld. Eine Analyse aller Baggereinsätze im Baggerabschnitt Wedel für den Zeitraum 2006 bis 2010 in Anlehnung an Skuppin (2011) verdeutlicht diesen Sedimentfangspezifischen Vorteil (siehe Abbildung 5-2 und Abbildung 5-3).



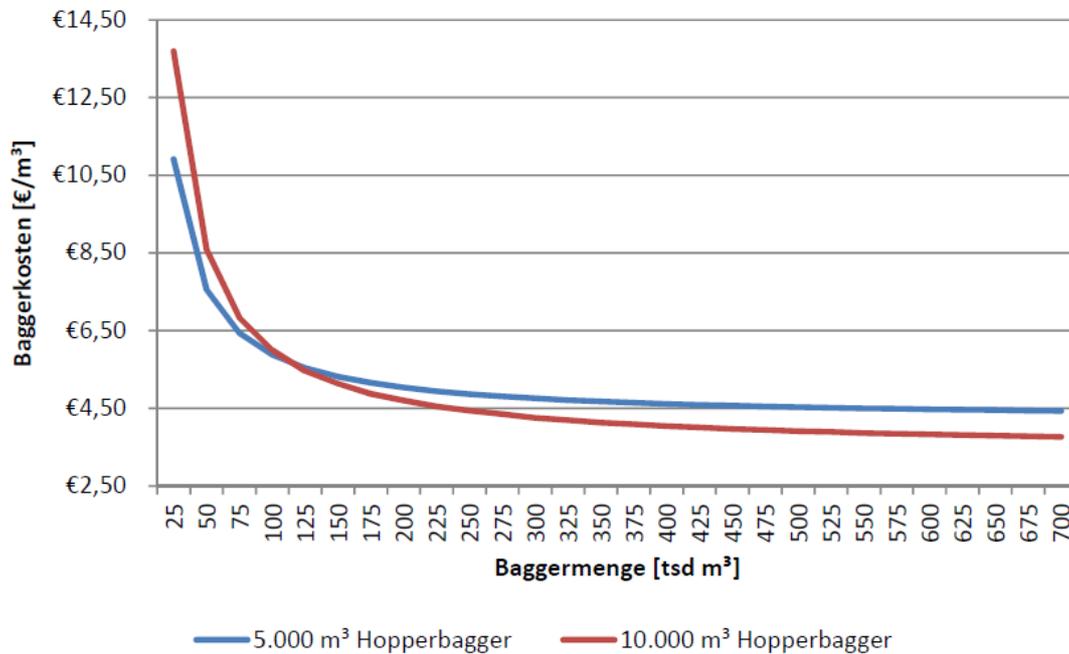
**Abbildung 5-2: Vergleich der mittleren Baggervolumen pro Baggerauftrag im Baggerabschnitt Wedel / Sedimentfang Wedel seit 2006 (in Anlehnung an Skuppin, 2011)**



**Abbildung 5-3: Vergleich der Anzahl von Baggeraufträgen im Baggerabschnitt Wedel / Sedimentfang (in Anlehnung an Skuppin, 2011)**

- Erste Untersuchungen zur Nutzung dieser unter 1) genannten, einsatztaktischen Vorteile für eine kostengünstigere Vertragsgestaltung mit den Baggerunternehmen sind in Skuppin (2011) beschrieben. Beispielsweise erlaubt die Baggerung größerer Gesamtvolumina den Einsatz von Hopperbaggern mit einem größeren Laderaumvolumen verbunden mit geringeren Gesamtkosten pro Baggervolumen. Dieses zeigt Abbildung 5-4 unter Annahme einer Umlaufstrecke von 92 km (bzw. einfache Entfernung von 46 km), die

der tatsächlichen Entfernung zwischen dem Ort der Baggerung (Sedimentfang) und dem Verbringort (VSB 686/690) entspricht.



**Abbildung 5-4: Baggerkosten [EUR/ m³ Laderaumvolumen] in Abhängigkeit der Gesamtbaggermenge pro Auftrag und der eingesetzten Gerätegröße, bei Annahme einer einfachen Transportentfernung von 46 km (Quelle: Skuppin, 2011)**

3. Durch die gezielte Herstellung eines zusätzlichen Sedimentationsraums unterhalb der Fahrwassersohle im Baggerschwerpunkt Wedel können kurzfristige Baggereinsätze aus nautischen Gründen im baggerkritischen Zeitraum der Fintenlaichzeit von April bis Juni durch zeitliche Streckung vermieden werden. Dazu ist es erforderlich, den Sedimentfang rechtzeitig und flächenhaft in einer bestimmten Tiefe herzustellen (siehe Kapitel 6.1), um ausreichend Sedimentationsraum während dieser baggerkritischen Phase vorhalten zu können.
4. Durch die zeitliche Streckung der Baggerung wird zusätzlich eine verbesserte Konsolidierung und damit eine potenziell höhere Laderaumdichte im Bagger erreicht. Daraus resultiert bei gleichem Laderaumvolumen eine höhere Bagger- und Verbringleistung aufgrund des geringeren Wassergehaltes und höheren Feststoffanteils. Im August 2009 musste die 3. Unterhaltungsbaggerung des Sedimentfangs aufgrund unzureichender Konsolidierung der zu baggernden Sedimentablagerungen abgebrochen werden (siehe BfG, 2010a). Diese Einschätzung der Sedimentverhältnisse in Bezug auf Konsolidierung bestätigen die beim Monitoring genommenen Greiferproben. Das sommerlich beprobte Sediment ist in seiner Ansprache sehr breiig und damit von sehr hohem Wassergehalt gewesen. Ein weiterer Hinweis auf Konsolidierungsprozesse sind die extremen Schwankungen bei der Entwicklung der mittleren Sohllage des Sedimentfangs zu Zeiten hoher Wassertemperaturen und geringer Oberwasserzuflüsse (siehe Abbildung 4-11). Darüber hinaus waren die Sedimentdichten im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs Untersu-

chungsgegenstand einer einmaligen Messkampagne an drei Terminen in 2010 (vgl. Kapitel 4.4.1).

5. Die Überprüfung der Auswirkungsprognose „Sedimentationsraten“ in BfG (2012, dort Kapitel 3.4.2) hat zum Ergebnis gehabt, dass ein voll hergestellter Sedimentfang gegenüber einem mit Sedimentablagerungen gut gefüllten Sedimentfang eine verstärkte Sedimentation bewirkt (vgl. BfG, 2012a, dort in Kapitel 3.4.2). Dies bedeutet relativ zu den anderen Baggerabschnitten ein Anstieg bei den Baggergutmengen im Elbeabschnitt Wedel. Diese Mehrmengen können jedoch nicht auf Grundlage vorliegender Daten und Untersuchungsergebnisse quantifiziert werden, da die Baggergutmenge durch das sehr variable hydrologische Regime des Oberwasserzuflusses überprägt wird. Mit zunehmendem Füllungsgrad des Sedimentfangs wird sich diese Wirkung aber abschwächen, so dass daraus keine Mehrmengen bei den nautisch bedingten, kurzfristigen Unterhaltungsbaggermengen zur Sicherung der Fahrwassertiefe zu erwarten sind.
6. Es liegen keine Hinweise dafür vor, dass zu Zeiten hoher Oberwasserzuflüsse und damit einem verstärkt stromabwärts gerichteten Sedimenttransport dieser durch den Sedimentfang Wedel behindert oder sogar unterbunden wird. Zu diesen Zeiten konnten stets geringe bis sogar negative Raten der Sohlhöhenänderung im Sedimentfang festgestellt werden (vgl. Abbildung 4-12).
7. Das bei Unterhaltung des Sedimentfangs anfallende feinsandig schluffige Baggergut ist seit 2008 gemäß dem Verbringkonzept des WSA Hamburg im VSB 686/690 umgelagert worden. Mit der Umlagerung in den etwa 50 km stromabwärts des Sedimentfangs gelegenen Bereich soll ein verbesserter Materialaustrag in Richtung Deutsche Bucht und damit eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes erreicht werden. Dieses Ziel wird bei Umlagerung zu Zeiten hoher Oberwasserhältnisse am besten erreicht (BfG, 2012b). Mit mittleren Abflüssen von  $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$  kann vor allem im Zeitraum Februar bis April gerechnet werden (vgl. nachfolgende Abbildung 6-5 in Kapitel 6.3). Bislang ist der Sedimentfang in den Jahren 2009, 2010 und 2011 in den Monaten April bis Anfang Mai unterhalten worden. Die beiden anderen Unterhaltungskampagnen sind im Oktober / November 2008 bzw. im August 2009 bei geringen Oberwasserhältnissen (mittlerer Abfluss an Pegel Neu Darchau  $Q = 405 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $Q = 392 \text{ m}^3/\text{s}$ ) durchgeführt worden. Bei Umlagerung dieser Baggergutmengen im VSB 686/690 muss daher – im Vergleich zu einer Unterhaltungskampagne, die im Frühjahr eines Jahres stattgefunden hat - von einem verstärkten Stromauftransport ausgegangen werden (Stichwort Baggerkreislauf).

## 5.4 Reduzierte Schadstoffbelastung der Sedimente

Die für die Planung gegebene Auswirkungsprognose ist von einer Verringerung der Schadstoffbelastung in den Sedimentablagerungen im Sedimentfang relativ zu der Belastung des im Zeitraum vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs Wedel angefallenen Unterhaltungsbaggergutes ausgegangen. Diese Verringerung sollte durch die verstärkte Ablagerung von Sedimenten marinen Ursprungs und damit von gering belasteten Sedimenten erreicht werden. Um diese Prognose zu überprüfen, ist zusätzlich zu den Freigabebeprobungen die

Belastung der frischen Sedimentablagerungen 2-monatlich durch Greiferproben an 17 Positionen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs erfasst worden (vgl. Kapitel 3.3).

Übereinstimmendes Ergebnis sämtlicher Freigabeuntersuchungen, bei der über die gesamte Schnitttiefe die mittlere Schadstoffbelastung der im Sedimentfang abgelagerten Sedimente ermittelt worden ist, war die Einstufung des potenziellen Baggergutes in den Fall 3 nach HABAK-WSV (BfG, 1999) bzw. später nach den GÜBAK (ANONYMUS, 2009). Dieselbe Einstufung trifft sowohl auf das regelmäßig vor 2008 im Bereich Wedel WSV-seitig gebaggerte Sediment als auch auf die schwebstoffbürtigen Sedimentproben, die an den Dauermessstellen (DMS) Wedel und Bützfleth genommen werden, zu. Damit zeigt das Unterhaltungsbaggergut aus dem Sedimentfang keine maßnahmebedingte Reduktion sondern weiterhin die im Bereich Wedel bzw. Bützfleth herrschende und stark vom Oberwasserzufluss beeinflusste Belastungssituation der Elbe an. Detailliert sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen in den diesem Abschlussbericht vorangegangenen Teilberichten dargestellt (siehe BfG, 2009; BfG, 2010a; BfG, 2011a).

Zeitlich hochaufgelöster haben die 2-monatlichen Greiferproben die Belastungssituation in den frisch abgelagerten Sedimenten im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs erfasst. Ein unmittelbarer Vergleich dieser Werte im Sediment der Gewässersohle mit den Ergebnissen an der DMS Wedel war möglich und ist detailliert in Kapitel 3.3 beschrieben. Die Analyseergebnisse der Greiferproben zeigten mit wenigen Ausnahmen eine gute Übereinstimmung mit der Belastungssituation, wie diese an den schwebstoffbürtigen Sedimentproben an der DMS Wedel bzw. Bützfleth durch BfG-eigene Messungen erfasst worden ist (vgl. Kapitel 3.3.1 und BfG, 2011a). Trotz deutlicher Unterschiede der Schadstoffgehalte im Laufe der Zeit und zwischen den verschiedenen Untersuchungsbereichen (Sedimentfang, DMS Wedel und DMS Bützfleth) kann eine Tendenz zu signifikant verringerten oder sogar erhöhten Schadstoffbelastung in den Sedimentablagerungen des Sedimentfangs auf Grundlage der vorliegenden Messergebnisse ausgeschlossen werden. Diese Schlussfolgerung ist bezogen auf die jeweils an den DMS Wedel und Bützfleth erfasste Belastungssituation sowie die Anfangssituation nach erstmaliger Herstellung des Sedimentfangs.

## 5.5 Auswirkungen auf Umwelt und Schutzgebiete

Zu Beginn des Pilotprojektes Sedimentfang sind verschiedene Auswirkungsprognosen aufgestellt worden, die im Zuge des Monitoring- und Auswerteprogramms (Ebene 2) überprüft worden sind. Diese Überprüfung hat ergeben, dass negative und zugleich erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt und die nahe gelegenen Schutzgebiete durch Herstellung und Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel ausgeschlossen werden können.

Insbesondere die Auswirkungen des Sedimentfangs auf den Sauerstoffhaushalt des Gewässers und die Schadstoffbelastung der sich im Sedimentfang abgelagerten Sedimente waren bei der Überprüfung umweltrelevanter Auswirkungen untersucht worden. Während der Unterhaltungsbaggerungen konnten messbare Einflüsse auf den Sauerstoffhaushalt durch den Baggervorgang an der sohnahen Position der Dauermessstelle D1 nicht festgestellt werden. Für diesen Messpunkt sind kontinuierliche Messzeitreihen für Sauerstoff ausgewertet worden. Die Sauerstoffzehrung der bei den Freigabeprobungen erfassten Sedimentablage-

rungen kann bezogen auf den Mittelwert nach Müller et al. (1998) als gering eingestuft werden.

Wie bereits zuvor in Kapitel 5.5 beschrieben, kann maßnahmenbedingt eine Erhöhung der Schadstoffbelastung in den Sedimentablagerungen des Sedimentfangs ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse der ökotoxikologischen Tests, die an Proben aus der Nullbeprobung und allen folgenden Freigabeuntersuchungen bzw. Sedimentbeprobungen durchgeführt worden sind, weisen ein zu vorangegangenen Untersuchungen (siehe BfG, 2008) vergleichbares ökotoxikologisches Belastungspotenzial auf. Auszunehmen ist hier jedoch eine Sedimentbeprobung im August 2010. Bei der Untersuchung dieser Sedimente wurden tendenziell erhöhte Belastungspotenziale festgestellt (vgl. BfG, 2012a). Die Ursache für die aufgetretenen Unterschiede bzw. Schwankungen in der Sedimentbelastung sind unbekannt. Eine systematische und längerfristige Veränderung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials ist jedoch auf Grundlage der bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht abzuleiten.

Die Unterhaltungsbaggerungen zur Wiederherstellung des Sedimentfangs finden ebenso wie die WSV-seitigen Unterhaltungsbaggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe ausschließlich im Bereich der Fahrrinne statt. Rast-, Schlaf- und Nahrungsgebiete für Vögel in Flachwasserbereichen, Wattflächen oder Grünlandgebiete sind davon nicht unmittelbar betroffen. Im Zuge des Monitoring- und Auswerteprogramms konnten zudem mögliche Risiken für die Erhaltungsziele der angrenzenden Natura 2000 Gebiete aufgrund von Sauerstoffbelastungen infolge des Sedimentfangs ausgeschlossen werden. Durch Unterhaltung des Sedimentfangs wird kein relevanter Einfluss auf Fischbestände insbesondere auf die Bestände der Finte erwartet. Vielmehr ist es durch die Maßnahmen Sedimentfang gelungen, nautisch bedingte Unterhaltungsbaggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe in den für die Finte kritischen Monaten April bis Juni deutlich zu reduzieren. An dieser Stelle sei auf den Planfeststellungsbeschluss zur Fahrinnenanpassung der Unter- und Aussenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe vom 23. April 2012 (Anordnungen Unterpunkt 4.2.4) verwiesen, gemäß welchem Unterhaltungsbaggerungen im Zeitraum 15. April bis 30. Juni unmittelbar nur unter der Voraussetzung durchgeführt werden dürfen, dass im Hauptlaichgebiet der Finte (Schwingemündung bis Mühlenberger Loch) kein Laichgeschehen stattfindet.

## 5.6 Zusammenfassung

Tabelle 5-1 fasst abschließend die in den Kapiteln zuvor beschriebenen Beurteilungen zu den verschiedenen Wirksamkeiten des Sedimentfangs zusammen. In Ergänzung dazu hebt sie nochmals für die verschiedenen Fachaspekte die spezifischen Vorteile/Möglichkeiten bzw. Schwächen/Risiken durch Unterhaltung und Betrieb eines Sedimentfangs vor Wedel hervor.

**Tabelle 5-1: Zusammenfassung der Beurteilungen zu verschiedenen Wirksamkeiten des Sedimentfangs**

<b>Wirksamkeit Sedimentfang</b>	<b>Vorteile/Möglichkeiten ./ Schwächen/Risiken</b>
Auswirkungen auf ökologische und naturschutzfachliche Belange	<p><b>Vorteile/Möglichkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduktion Umfang und Häufigkeit nautisch bedingter Unterhaltungsbaggerungen</li> <li>▪ Vermeidung von Unterhaltungsbaggerung in dem für die Finte kritischen Zeitraum vom 15. April bis 30. Juni</li> </ul> <p><b>Schwächen/Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ die normalen Auswirkungen der Hopperbaggerung von Feinsedimenten bleiben bestehen</li> </ul>
Verminderung Sedimentationsraten stromauf in Bereich Hamburger Hafen	<p><b>Vorteile/Möglichkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei aktueller Herstellungstiefe von 2 m unter Fahrwassersohle (entspricht 0,8 Mio. m<sup>3</sup> Fassungsvermögen) Hinweise auf verminderte Sedimentationsraten im Köhlfleet und Parkhafen (Zuständigkeitsbereich HPA), Überschlagsrechnung der HPA ergibt für diese Bereiche ein verringertes Sedimentationsvolumen in der Größenordnung von bis zu 50.000 m<sup>3</sup> (Sohlvolumen) je Unterhaltungszyklus.</li> </ul> <p><b>Schwächen/Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Natürliche“ Sedimentation, welche sich im Sedimentfang ablagert, vermindert Wirksamkeit der Maßnahme</li> <li>▪ Erhöhung Wirksamkeit nur durch vergrößertes Fassungsvermögen möglich</li> <li>▪ maßnahmenbedingte Mehrmengen im Baggerabschnitt Wedel (Amtsbereich WSA Hamburg)</li> </ul>
Verbesserung Sedimentqualität	<p><b>Vorteile/Möglichkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Hinweis auf Verschlechterung Sedimentqualität</li> </ul> <p><b>Schwächen/Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Hinweis auf Verbesserung Sedimentqualität</li> </ul>
Unterstützung bei Wassertiefenunterhaltung im Baggerabschnitt Wedel	<p><b>Vorteile/Möglichkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduktion von Menge und Häufigkeit nautisch bedingter Unterhaltungsbaggerungen, Wirksamkeit abhängig von Sedimentfangvolumen (Tiefe und Maßnahmenfläche)</li> <li>▪ Wirtschaftlichere und effizientere Unterhaltung von Baggerschwerpunkten durch <ul style="list-style-type: none"> <li>- zeitlich konzentrierte Baggeraufträge und damit weniger Einzelaufträge zu verschiedenen und unbekanntem Zeitpunkten</li> <li>- gleichzeitig größeres Gesamtbagervolumen und</li> <li>- großflächige Baggerfelder</li> <li>- verbesserte Konsolidierung der Sedimente, damit höhere Laderaumdichten in Hopperbagger möglich</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Schwächen/Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ keine Wirksamkeit bei Vollfüllung Sedimentfang (Versagen der Maßnahme)</li> <li>▪ maßnahmenbedingte Mehrmengen im Baggerabschnitt Wedel (Amtsbereich WSA Hamburg)</li> </ul>

Monitoring der  
morpholo-  
gischen, ökolo-  
gischen und  
naturschutz-  
fachlichen  
Auswirkungen  
eines Sediment-  
fangs vor Wedel  
an der Tideelbe

**Fortsetzung Tabelle 5-1**

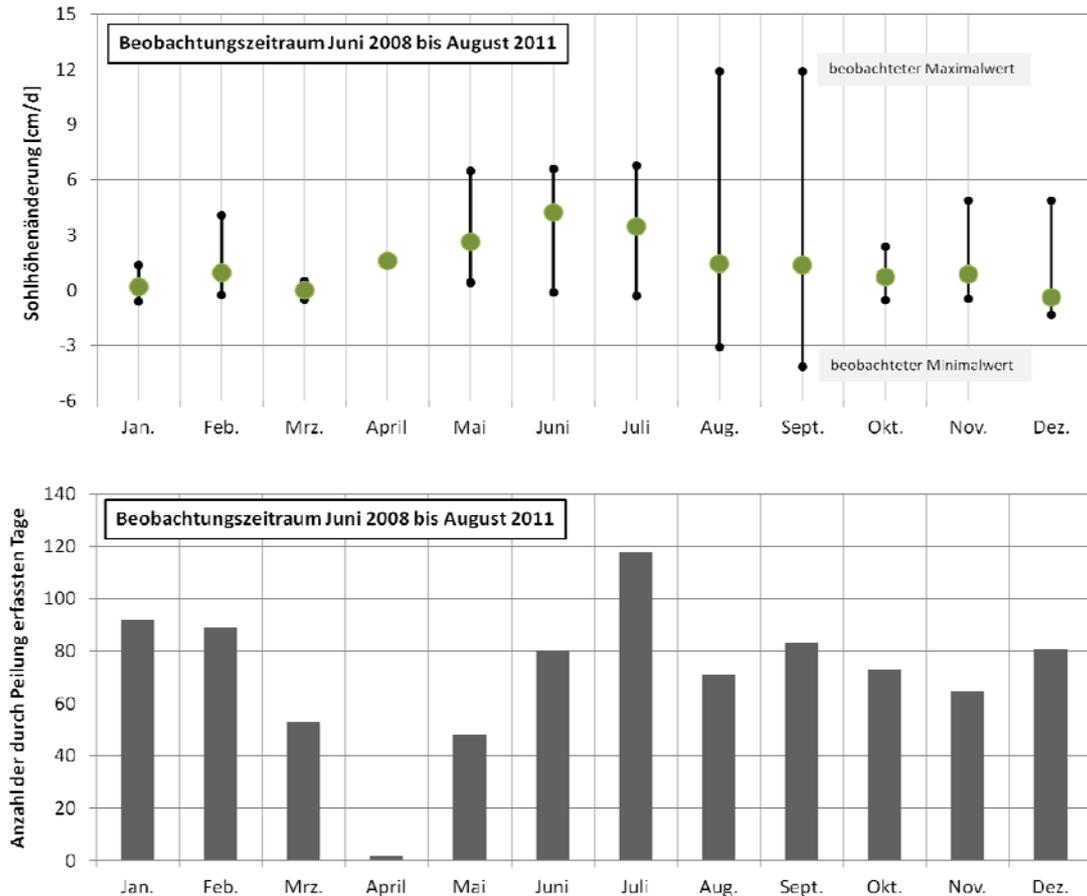
<b>Wirksamkeit Sedimentfang</b>	<b>Vorteile/Möglichkeiten ./.. Schwächen/Risiken</b>
Bewirtschaftung Verbring- StellenBereich VSB 686/690	<p><b>Vorteile/Möglichkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ terminierte Verbringung von Baggergut zu Zeiten eines erwartungsgemäß starken Nettotransportes stromabwärts im VSB 686/690 oder zu einer anderen Verbringstelle</li> <li>▪ dadurch gezielter Beitrag zur Entlastung Feinsedimenthaushalt der Tideelbe möglich</li> </ul> <p><b>Schwächen/Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei Unterhaltung Sedimentfang starke Beanspruchung des VSB 686/690, viel Baggergutmenge in relativ kurzer Zeit wird Ablagerungen an Gewässersohle auf Verbringstelle und Eintreibungen in den Fahrrinnenbereich verstärken (vgl. BfG, 2012b)</li> <li>▪ Eventuell weitere Verbringstellenkapazitäten erforderlich</li> </ul>

## 6 Empfehlungen

Das aus Monitoring- und Auswerteprogramm gesammelte Wissen, ergänzt durch die bisherigen Erfahrungen bei Unterhaltung des Sedimentfangs Wedel ist Grundlage für die nachfolgend gegebenen Empfehlungen. Diese haben zum Ziel, die Wirksamkeit der Maßnahme Sedimentfang als integraler Bestandteil eines ganzheitlichen Sediment- und Baggergutmanagements weiter zu verbessern. Die Empfehlungen richten sich primär auf eine weitergehende Verbesserung der zukünftigen Unterhaltung eines Sedimentfangs vor Wedel. Die Empfehlungen sind ggfls. auch auf den Betrieb von Sedimentfängen an anderen Standorten an der Tideelbe übertragbar. Dieser Aspekt ist Bestandteil der in 2012 begonnenen „Erweiterten Systemstudie“ (siehe Kapitel 1). Eines der Untersuchungsaspekte dieser Studie ist die Abschätzung möglicher Wirksamkeiten von Sedimentfängen im Kontext eines ästuarweiten Sediment- und Baggergutmanagementkonzeptes, dann auch unter Berücksichtigung der geänderten Randbedingungen bei einer auf 14,5 m tiefgehende Containerschiffe angepassten Fahrrinne. Nach durchgeführter Fahrrinnenanpassung wird der jetzige Standort des Sedimentfangs vor Wedel im Bereich der Begegnungsbox liegen. Aufgrund dieser neuen Randbedingungen wären dann ggfls. die hier nachfolgend gegebenen Empfehlungen erneut zu überprüfen.

## 6.1 Unterhaltungsstrategie Sedimentfang Wedel

Ein Ergebnis des Sedimentfangmonitorings ist der in Abbildung 6-1 dargestellte Jahresgang der mittleren bzw. extremen Sohlhöhenänderungsraten (Beobachtungszeitraum Juni 2008 bis August 2011). Dieser Jahresgang definiert einen Erwartungsraum für das Sedimentationsgeschehen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs Wedel, der eine wichtige Grundlage für die Planung der weiteren Unterhaltungsstrategie ist.

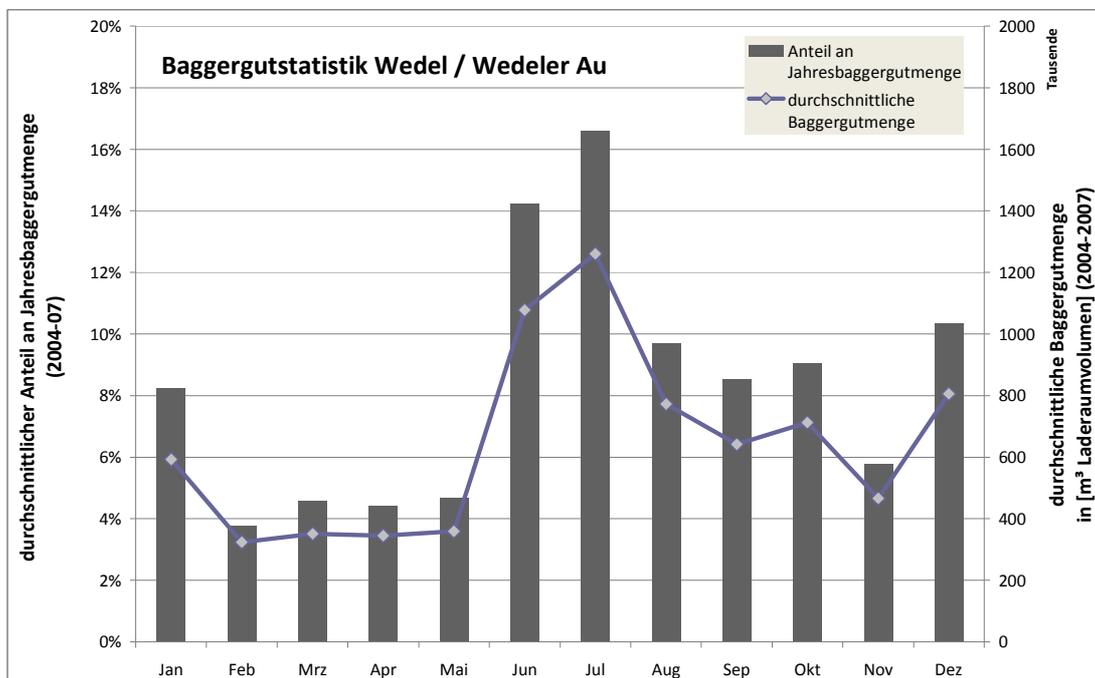


**Abbildung 6-1: Über den Beobachtungszeitraum Juni 2008 bis August 2011 beobachtete und anteilig gemittelte Sohlhöhenänderung im Jahresgang**

Bezogen auf den Mittelwert treten maximale Sohlhöhenänderungsraten in den Monaten Mai bis Juli auf. Die Datengrundlage für den Monat Mai umfasst jedoch deutlich weniger Beobachtungstage im Vergleich zu den Monaten Juni und Juli, so dass dieses Ergebnis entsprechend unsicherer einzuschätzen ist. Im Monat April konnte die Entwicklung der Sohlhöhenänderung an nur wenigen Tagen beobachtet werden. Ursache hierfür waren die laufenden Unterhaltungsbaggerungen, die zur Wiederherstellung des Sedimentfangs in den Jahren 2009 bis 2011 stets im Monat April durchgeführt worden sind. Im darauf folgenden Zeitraum August und September sind wieder geringere Änderungsraten bei einem Mittelwert von etwa 1,5 cm/d beobachtet worden. Das Prozessgeschehen zu diesem Zeitraum ist aber extrem dynamisch. Im August und September sind sowohl die maximal positiven als auch die maximal negativen Änderungsraten erfasst worden; zumeist als extremer Zuwachs unmittel-

bar gefolgt von einer Phase der extremen Abnahme der mittleren Sohlhöhenlage. Wie bereits mehrfach in diesem Bericht angedeutet, wird diese Dynamik mit einer starken Sedimentation bei geringen Lagerungsdichten gefolgt von einer Phase der plötzlichen Konsolidierung in Zusammenhang gebracht (siehe Kapitel 4.4.2). In den anschließend kälteren Monaten nehmen sowohl die durchschnittlichen Änderungsraten als auch die möglichen Schwankungsbreiten bei den Extremwerten ab.

Dem in Abbildung 6-1 gezeigten Jahresgang liegt eine Beobachtungszeitreihe von nur etwas mehr als drei Jahren zugrunde. Jedoch zeigt sie bezogen auf den qualitativen Verlauf eine gute Übereinstimmung mit dem in Abbildung 6-2 dargestellten Jahresverlauf der monatlichen Anteile an der Jahresbaggergutmenge im Baggerabschnitt Wedel für den vorangegangenen Zeitraum von 2004 bis 2007.



**Abbildung 6-2: Anteilige Baggergutmengen auf Monatsbasis bezogen auf die jeweilige Jahresbaggergutmenge für den Zeitraum 2004 bis 2007**

Der Sedimentfang Wedel ist bislang mit Schwerpunkt in den Monaten April und Mai unterhalten, d.h. wiederhergestellt worden. Seit 2010 ist der Sedimentfang einmal jährlich im Monat April hergestellt worden. Eine zweite Unterhaltung des Sedimentfangs im Spätsommer bzw. im Herbst hat nur in den Jahren 2008 und 2009 stattgefunden. Seitdem ist darauf verzichtet worden. Die Ergebnisse in Abbildung 6-1, ergänzt um die Ergebnisse aus Abbildung 6-2 und den Betrachtungen am Verbringort für das Baggergut aus der Unterhaltung des Sedimentfangs (siehe Kapitel 6.3) bestätigen die bisher gewählte Unterhaltungsstrategie. Die gegebene Empfehlung lautet daher, den Sedimentfang Wedel weiterhin einmal jährlich zu unterhalten. Die Baggerarbeiten sind bis zum 15. April abzuschließen. Dieses Datum ergibt sich aus dem Planfeststellungsbeschluss zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 tiefgehende Containerschiffe vom 23. April 2012 (Anordnungen

Unterpunkt 4.2.4). Demnach dürfen Unterhaltungsbaggerungen mit Hopperbaggern im Zeitraum vom 15. April bis 30. Juni nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass im Hauptlaichgebiet der Finte (Schwingemündung bis Mühlenberger Loch) kein Laichgeschehen stattfindet. Als Ergebnis eines Monitorings zum Laichgeschehen ist zwar denkbar, dass über den 15. April hinaus gebaggert werden kann, letztlich ist aber für die Baggerkampagne Sedimentfang eine frühzeitige Planung mit zeitlichen Festsetzungen notwendig.

Sofern der Sedimentfang in den Monaten März und April wiederhergestellt wird, steht anschließend der erforderliche Sedimentationsraum maximal zur Verfügung, um die nachfolgenden Sedimentablagerungen aufzunehmen und damit die erforderliche Fahrwassertiefe ohne weitere Baggerungen zu erhalten. Im besonderen Fokus steht hier der Zeitraum von Mitte April bis September. In diesen Zeitraum fallen die folgenden Ereignisse:

- Ein maximales Sedimentationsgeschehens in den Monaten Mai bis September (vgl. Abbildung 6-1), das vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs WSV-seitig umfangreiche Unterhaltungsbaggerungen zur Folge hatte (vgl. Abbildung 6-2).
- die Fintenlaichzeit, zu deren Schutz (Verluste durch Einsaugen der Finteneier) Hopperbaggerung vom 15. April bis 30. Juni unterbleiben sollten.
- Die Nettosedimentation im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs sollte zu Zeiten eines ebbestrom-gerichteten Transportregimes möglichst gering sein.

Eine Herstellung des Sedimentfangvolumens zu einem deutlich früheren Zeitpunkt als März oder April würde einen Verlust an Sedimentationsvolumen und damit eine eingeschränkte Wirksamkeit des Sedimentfangs für die Unterhaltung des Baggerschwerpunktes Wedel in dem nachfolgenden Zeitraum bedeuten. Der Aspekt der erforderlichen Herstellungstiefe ist Gegenstand der Diskussion im nachfolgenden Kapitel 6.2.1.

## 6.2 Standort und Bemessung Sedimentfang Wedel

Die im Auswerteprogramm erzielten Ergebnisse sowie die in Betrieb und Unterhaltung des Sedimentfangs gesammelten Erfahrungen haben die anfänglichen Standortkriterien, welche die Herstellung des Sedimentfangs im Elbeabschnitt vor Wedel begründet haben, bestätigt. Die beiden wichtigsten Kriterien für die Suche geeigneter Standorte für eventuell weitere Sedimentfänge sind demzufolge:

- Der Maßnahmenbereich des Sedimentfangs ist ein Sedimentations- und Baggerschwerpunkt von überwiegend feinkörnigen und damit kohäsiven Sedimenten.
- Der Standort eines Sedimentfangs weist zumeist einen stromaufwärts gerichteten Nettotransport von Sedimenten auf.

Für eine verbesserte Bemessung des Sedimentfangs Wedel, welche die Wirksamkeit dieser Maßnahme weiter erhöhen wird, konnten im Zuge des Auswerteprogramm neue Erkenntnisse gewonnen werden. Bemessungsgrößen sind Herstellungstiefe und die Geometrie des Maßnahmengbietes.

## 6.2.1 Herstellungstiefe

Als Herstellungstiefe für das Pilotprojekt Sedimentfang Wedel sind bislang flächenhaft zwei Meter unter Fahrrinnensohle (Lage bei -14,30 m SKN) gewählt und umgesetzt worden. Die in Kapitel 5.3 durchgeführte Auswertung der Baggergutstatistik hat ergeben, dass durch Betrieb und Unterhaltung des Sedimentfangs in den Jahren 2008 bis 2011 WSV-seitige Unterhaltungsbaggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe deutlich reduziert werden konnten. Die Herstellung des Sedimentfangs schafft zusätzlichen Sedimentationsraum. Durch Herstellung eines weiter vertieften Sedimentfangs können die noch verbliebenen Restbaggermengen weiter reduziert werden; das theoretische Maximalziel ist ein unterhaltungsfreier Baggerabschnitt, d.h. keine kurzfristigen, nautisch bedingten Einzelbaggerungen. Dieses Ziel konnte mit Hilfe des Sedimentfangs bereits in dem sedimentationsschwachen Jahr 2010 beinahe erreicht werden.

Dargestellt in Tabelle 6-1 sind die Maximalwerte der theoretisch möglichen Mächtigkeiten der Sedimentablagerungen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs vor Wedel. Diese sind differenziert für die verschiedenen Zeiträume 1 bis 6 dargestellt, die jeweils durch eine Unterhaltungskampagne zur Unterhaltung des Sedimentfangs voneinander getrennt werden.

**Tabelle 6-1: Mittelwert der maximalen Mächtigkeit der Sedimentablagerungen im Sedimentfang (theoretische Betrachtung)**

Zeitraum	von	bis	Dauer [d]	Maximale Mächtigkeit Sedimentablagerung			
				Sedimentfang gesamt [m]	Streifen Nord [m]	Streifen Mitte [m]	Streifen Süd [m]
1	25.06.2008	16.09.2008	105	8,29	8,29	4,54	5,41
2	24.11.2008	25.03.2009	111	8,13	8,13	3,90	3,96
3	11.06.2009	12.08.2009	63	4,93	4,93	4,92	4,46
4	31.08.2009	17.03.2010	195	7,96	7,96	3,43	3,43
5	29.04.2010	15.03.2011	292	6,51	6,41	6,51	6,46
6	06.05.2011	01.08.2011*	79	8,18	7,00	7,50	8,18

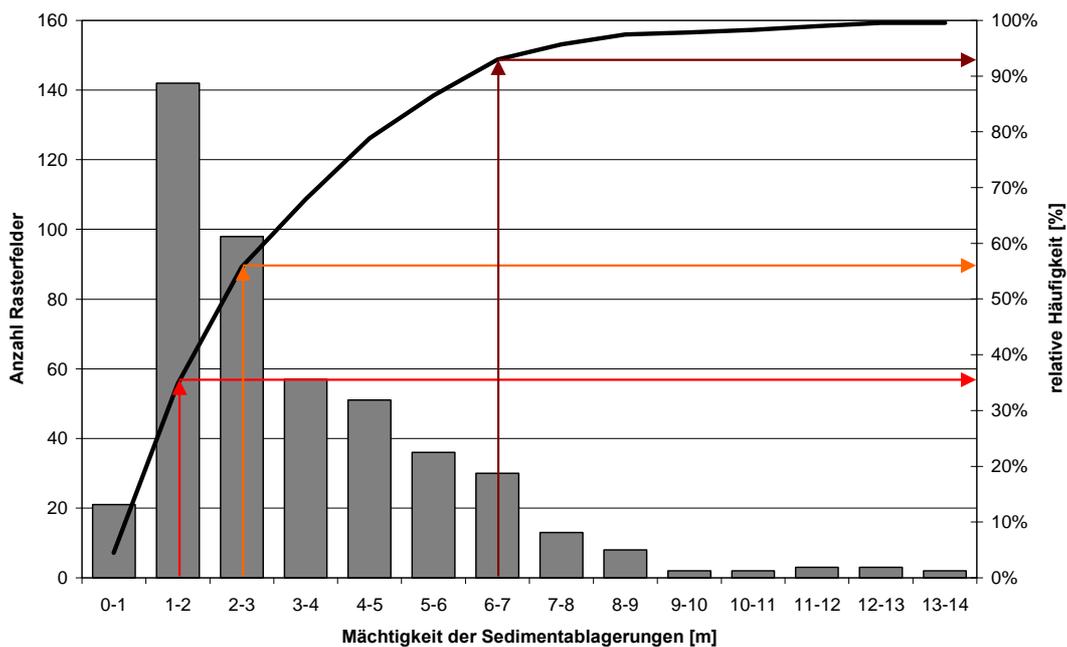
\* Sedimentfang erst im Frühjahr 2012 erneut unterhalten

Zu Beginn eines jeden Zeitraums ist der Sedimentfang Wedel voll hergestellt worden. Die in Tabelle 6-1 dargestellte maximale Mächtigkeit der Sedimentablagerungen ist sowohl für den gesamten Maßnahmenbereich als auch für die Teilbereiche „Streifen Nord“ (Raster A-Nord bis H-Nord), „Streifen Mitte“ (Raster B-Mitte bis H-Mitte) und „Streifen Süd“ (Raster C-Süd bis H-Süd) berechnet worden. Berechnungsgrundlage sind die Differenzmodelle der Bathymetrie im Zeitraum 25. Juni 2008 bis 01. August 2011, die in BfG 2011, dort Kapitel 3 erläutert und dargestellt sind. Da die Differenzmodelle um den Einfluss von nautisch bedingten, WSV-seitigen Baggerungen korrigiert worden sind, handelt es sich hierbei um eine theoretische Betrachtung, welche die maximale Mächtigkeit der Sedimentablagerungen abschätzt. Die Mächtigkeiten sind zunächst für jedes Rasterfeld (Flächengröße

ca. 250 m \* 250 m, siehe Abbildung 2-1) individuell bestimmt worden. Daraus sind dann für Tabelle 6-1 bereichsweise die jeweiligen Maximalwerte bestimmt worden.

Im Ergebnis zeigt Tabelle 6-1, dass ohne nautisch bedingte Baggerungen die Sedimentablagerungen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs in Teilbereichen eine theoretische Mächtigkeit von bis zu 8,29 m erreicht hätten (Zeitraum 1). Die Maximalwerte sind zumeist im nördlichen Bereich des Sedimentfangs aufgetreten. Der globale Maximalwert von 8,29 m ist jedoch als eine stark konservative Schätzung aufzufassen. Zum einen wären Sedimentablagerungen dieser Mächtigkeit verstärkten Erosionsprozessen ausgesetzt gewesen, zum anderen handelt es hierbei um einen Einzelwert, der nur im Rasterfeld D-Nord (vgl. Abbildung 2-1) aufgetreten ist. So hat die mittlere Mächtigkeit der Ablagerungen im Zeitraum 1 (25. Juni 2008 bis 16. September 2008, vgl. Tabelle 6-1) nur maximal 4,11 m betragen. Eine flächenhafte Herstellung des Sedimentfangs Wedel auf über 8 m Tiefe ist nicht erforderlich, sondern würde nur auf kleinere Teilbereiche zutreffen.

Ein fortentwickelter Bemessungsansatz für die Optimierung der Herstellungstiefe des Sedimentfangs Wedel ist die in Abbildung 6-3 dargestellte Häufigkeitsverteilung. Jede Herstellungstiefe besitzt demzufolge eine bestimmte Versagenswahrscheinlichkeit<sup>22</sup>. Grundlage für die Entscheidung der zu realisierenden Herstellungstiefe ist eine zuvor festgelegte und daher akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit.



**Abbildung 6-3: Häufigkeitsverteilung der erwarteten Mächtigkeit von Sedimentablagerungen im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs**

<sup>22</sup> Der hier genutzte Begrifflichkeit „Versagen“ soll bedeuten, dass die Maßnahme Sedimentfang ihre ursprüngliche Funktion als Sedimentationsraum nicht mehr erfüllen kann. Der Sedimentfang versagt sobald er vollgefüllt ist und dadurch nautisch bedingte Unterhaltungsbaggerungen erforderlich werden.

In Abbildung 6-3 ist diesmal das einzelne Rasterfeld<sup>23</sup> in seiner Entwicklung ausgewertet worden, der Auswertungszeitraum sind die Monate April bis September. Vergleichbar zum Vorgehen in Tabelle 6-1 sind die Daten ebenfalls um den Einfluss nautisch bedingter Unterhaltungsbaggerungen korrigiert worden. Das Auswertungsergebnis zeigt, dass der Sedimentfang Wedel in seiner gegenwärtig umgesetzten Herstellungstiefe von 2 m unter Fahrriinsensohle (-14,30 SKN) einen Wirksamkeitsgrad von ca. 35 % gehabt hatte. Dieses Ergebnis ist so zu interpretieren, dass es bei 65 % der untersuchten Datensätze zu Sedimentablagerungen der Mächtigkeit von mehr als zwei Metern gegeben hat. Eine Vertiefung um einen Meter auf dann 3 m unter der Fahrriinsensohle hätte im Untersuchungszeitraum den Wirksamkeitsgrad weiter auf ca. 55 % steigern können, woraus eine deutliche Verringerung der WSV-seitigen Unterhaltungsbaggerungen hätte erzielt werden können. Eine Herstellungstiefe von 7 m hätte den Wirksamkeitsgrad theoretisch auf ca. 93 % steigern können. Jede weitere Steigerung der Herstellungstiefe würde eine nur noch geringe Steigerung der Wirksamkeit bedeuten. Des Weiteren ist bei jeder Steigerung der Herstellungstiefe mit einer maßnahmeninduzierten Verstärkung der Sedimentation und in Folge dessen zu höheren Mächtigkeiten bei den Sedimentablagerungen zu rechnen. Diese sedimentationsverstärkende Wirkung konnte bereits im laufenden Pilotprojekt nachgewiesen werden (vgl. BfG, 2012a, dort in Kapitel 3.4.2). Ein genauer Faktor dieser Verstärkung konnte hingegen nicht bestimmt werden.

Daher sollte die Steigerung der Herstellungstiefe schrittweise und im Hinblick auf die Anforderungen von Baggerei und Sedimentmanagement / Unterhaltungsstrategie (u.a. auch im Hinblick auf die Auswirkungen an der/den gewählten Verbringstellen, vgl. BfG 2012b, dort Kapitel 6) vorgenommen werden. Eine dieser Anforderungen ist die Vermeidung von Unterhaltungsbaggerungen im Elbeabschnitt vor Wedel im Zeitraum 15. April bis 30. Juni zum Schutz der Finte. Dieses Ziel kann mit einem wie bislang auf -16,30 m SKN vertieften Sedimentfang ggfls. nicht erreicht werden. Eine Möglichkeit dieser Anforderung nachzukommen, bestünde in der weiteren Vertiefung des bislang bestehenden Sedimentfangs Wedels. Diese Vertiefung sollte schrittweise erfolgen, um die Entwicklung von Sedimentationsraten analog der Auswertungen im bisherigen Monitoring beobachten zu können.

Die bisherigen Auswertungen und Ergebnisse gehen von einem Sedimentfang aus, der flächenhaft in derselben Tiefe hergestellt wird. Ein in Teilbereichen unterschiedlich tief hergestellter Sedimentfang ist ein weitergehendes Konzept zur Verbesserung der Wirksamkeit dieser Maßnahme. Das im Sedimentfangmonitoring beobachtete Sedimentationsgeschehen ist räumlich stark unterschiedlich und die Auswertungen in Tabelle 6-1 zeigen z.B. einen Schwerpunkt der Sedimentablagerungen im nördlichen Bereich des Sedimentfangs Wedel. Mit einem in Teilbereichen weiter vertieften Sedimentfang können lokal auftretende Sedimentationsmaxima besser berücksichtigt werden. Bei der Umsetzung dieses Konzeptes sind jedoch die baggertechnischen Anforderungen zu beachten. Es ist zu überlegen, z.B.

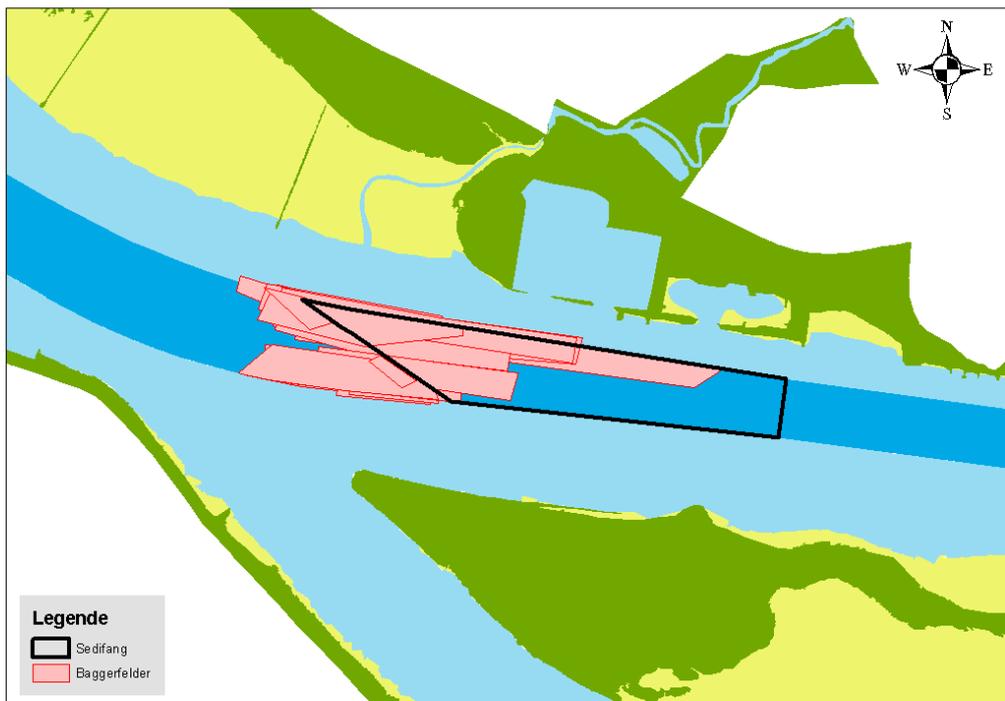
---

<sup>23</sup> Der Maßnahmenbereich des Sedimentfangs wird durch insgesamt 21 Rasterfelder abgedeckt. Für jedes Rasterfeld sind die Ablagerungsmächtigkeiten in den 26 Zeiträumen von April bis September berechnet worden. Daraus ergeben sich  $21 * 26 = 546$  Datensätze, die der Analyse zu Grunde liegen.

mehrere Rasterfelder zu größeren Baggerfeldern, die in einer einheitlichen Tiefe gebaggert werden sollen, zusammenzufassen.

## 6.2.2 Sedimentfanggeometrie

Die im Zeitraum 2008 bis heute hergestellte Sedimentfanggeometrie umfasst die wesentlichen Schwerpunktbereiche des Sedimentationsgeschehens vor Wedel. Außerhalb dieser Sedimentfanggeometrie hat es jedoch weitere WSV-seitige Unterhaltungsbaggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe gegeben. Das zeigen die in Abbildung 6-4 dargestellten Baggerfelder.



**Abbildung 6-4: Baggerfelder südwestlich des Sedimentfangs**

Eine Ausdehnung der Sedimentfanggeometrie stromab und in den niedersächsischen Bereich wäre zu empfehlen, da dies zu einer weiter verbesserten Wirksamkeit des Sedimentfangs vor Wedel beitragen würde.

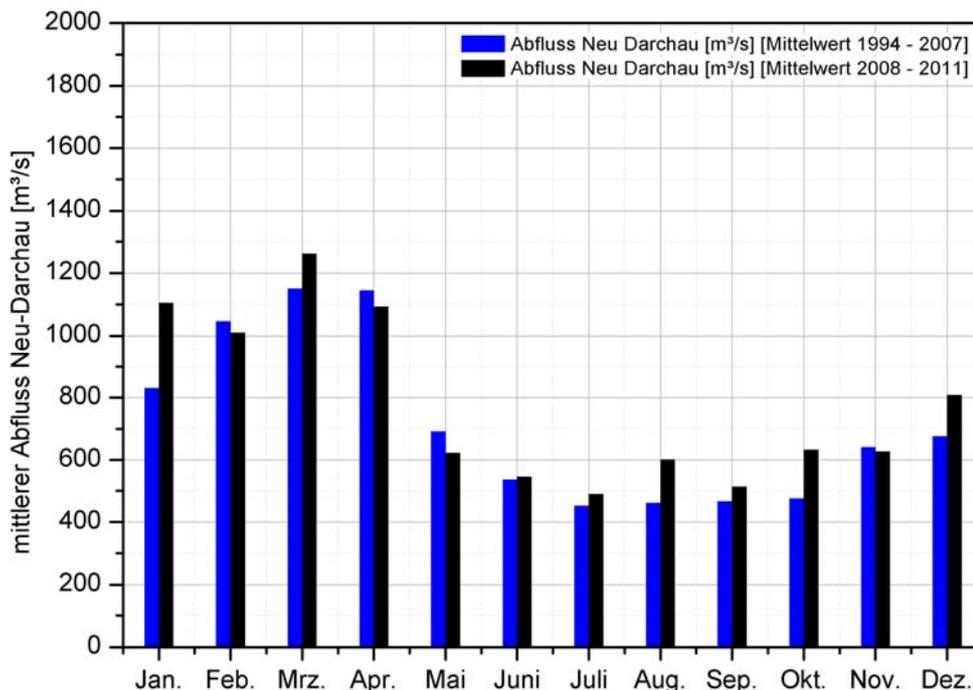
## 6.3 Einbindung in Umlagerungsstrategie Tideelbe

Durch eine gezielte Einbindung der Unterhaltungsstrategie für den Sedimentfang in die großräumige Umlagerungsstrategie von WSV und HPA kann eine weitere Entlastung des Feinsedimenthaushaltes erzielt werden. Untersuchungen zur Einbindung des Sedimentfangs Wedel in den Kontext eines Sediment- und Baggergutmanagementkonzeptes für das gesamte Elbeästuar ist Bestandteil der sich zurzeit in Erstellung befindlichen „Erweiterten Systemstu-

die“ (siehe Kapitel 1). Erste Ergebnisse, die noch im Zuge des mit diesem Bericht abgeschlossenen Auswerteprogramms erarbeitet worden sind, sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

Das feinkörnige Unterhaltungsbaggergut aus Wiederherstellung des Sedimentfangs ist im VerbringStellenBereich VSB 686/690 verbracht worden. Modelluntersuchungen zeigen für den VSB 686/690 einen deutlich ausgeprägten Nettotransport stromab zu Zeiten höherer Oberwasserzuflüsse von mehr 1000 m<sup>3</sup>/s (siehe BAW, 2011 auch dokumentiert in BfG, 2012b). Unter diesen Randbedingungen wird durch die Umlagerung des feinsandig / schluffigen Baggergutes im VSB 686/690 eine resultierende Verdriftung in Richtung Nordsee und damit eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Tidelbe erreicht. Bei Umlagerungen zu Zeiten geringerer Oberwasserzuflüsse zeigen die Modellergebnisse einen deutlich verstärkten Nettotransport des verdriftenden Baggergutes stromauf (Stichwort Baggerkreislauf).

Der Jahresgang des Oberwasserzuflusses (siehe Abbildung 6-5) zeigt im langjährigen Mittel ein maximales Abflussgeschehen in den Monaten Februar bis April. Um eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes zu erreichen, sollte unter Berücksichtigung der in Kapitel 6.1 gegebenen Empfehlung der Sedimentfang im Zeitraum März bis 15. April unterhalten werden. Von einer zusätzlichen Unterhaltung des Sedimentfangs im August bzw. Oktober / November, wie dies in den Jahren 2008 und 2009 durchgeführt wurde, ist aufgrund des im VSB 686/690 zu erwartenden Stromauftransportes von umlagerten Feinsedimenten abzuraten. Bei Vollfüllung des Sedimentfangs sollten in diesem Fall - sofern erforderlich - nautisch bedingte Einzelbaggerungen in dem erforderlichen Maße durchgeführt werden.



**Abbildung 6-5: Jahresgang des Oberwasserzuflusses (Pegel Neu Darchau) für die Zeiträume 1994 – 2007 sowie 2008 bis 2011**

## 6.4 Beurteilung Monitoringkonzept

Die Ebenen 1 und 2 des Monitoring- und Auswerteprogramms haben das erforderliche Monitoringkonzept bereits weitgehend vorgezeichnet. Bei der Gestaltung und Durchführung weiterer Messprogramme als Bestandteil der Ebene 3 hat es dagegen weitergehende Freiheiten gegeben. Ziel der Ebene 3-Aktivitäten war die Erweiterung des bestehenden Prozessverständnisses über die Sedimentationsdynamik und den Feststofftransport im Elbeabschnitt vor Wedel. Zu diesem erweiterten Verständnis haben natürlich auch die Monitoringprogramme beigetragen, die aus den Anforderungen der Ebenen 1 und 2 gestaltet und umgesetzt worden sind.

Aus wissenschaftlicher Sicht hat das seit 2008 am Sedimentfang vor Wedel durchgeführte Monitoring- und Auswerteprogramm eine in Umfang und Kontinuität außergewöhnliche Datenbasis über die Sedimentationsdynamik und den ästuarinen Feststofftransport im Elbeabschnitt vor Wedel geschaffen. Die in den Ebenen 1 und 2 gestellten Untersuchungsaufträge konnten auf Grundlage der erhobenen Messdaten bearbeitet werden. Die überwiegende Anzahl der gestellten Auswirkungsprognosen sind abschließend überprüft und beurteilt worden. Für den Maßnahmenbereich des Sedimentfangs ist es nicht gelungen, eine vollständige Sedimentbilanz zu erstellen. Es besteht vor allem zum Themenfeld der Sedimentdichten eine Wissenslücke, das anfänglich nur ein Nebenaspekt im Monitoringkonzept war und dann im Laufe der Untersuchungen eine zentrale Stellung eingenommen hat. Eine einmalige, dafür aber sehr umfangreiche Untersuchungskampagne zu den Sedimentdichten ist in 2010 durchgeführt worden (siehe Kapitel 4.4.1), u.a. aufgrund der in 2009 abgebrochenen Unterhaltungsbaggerung (siehe BfG, 2010a, dort in Kapitel 2.3). Die Fortführung solcher Messkampagnen zur Erfassung von Sedimentdichten ist daher ein wichtiger Baustein für die bereichsweise Erstellung von Sedimentbilanzen und darauf aufbauend eine verbesserte Abschätzung von Sedimentations- bzw. Erosionsraten.

Zudem hat eine vergleichsweise geringe Datenlage im Elbeabschnitt vor Wedel im Zeitraum vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs (Referenzzustand) eine starke Einschränkung für die Auswertungen und Bewertung der beim Sedimentfangmonitoring erzielten Ergebnisse bedeutet. Die vielleicht wichtigste Methode für eine Beurteilung der Wirksamkeiten des Sedimentfangs, nämlich der Vergleich der gemessenen Zustände mit dem Zustand vor der erstmaligen Herstellung des Sedimentfangs Wedel, konnte nicht angewendet werden. Diese Tatsache ist Anspruch für die Fortführung der wesentlichen und zentralen Messprogramme mit Blick auf zukünftige, zurzeit eventuell noch unbekanntes Fragestellungen. Dieses fortgesetzte Monitoring sollte als eine Investition in die Zukunft begriffen werden. Aber auch schon jetzt würde das fortgesetzte Monitoring die wichtige Aufgabe der weiteren Erfassung von Menge, Zusammensetzung und Qualität der Sedimente im Baggerschwerpunkt vor Wedel erfüllen. Damit bilden diese Daten die Grundlage für die Prüfung und weitere Optimierung der laufenden Bagger- und Unterhaltungsstrategie. Eine Empfehlung für die Fortführung der wesentlichen und zentralen Messprogramme ist im Folgenden gegeben.

Von besonderer Bedeutung sind grundsätzlich die Messungen, welche unmittelbar im Bereich der Fahrrinne stattfinden können und damit die Feststoffdynamik unmittelbar in den Sedimentationsschwerpunktbereichen erfassen. Aufgrund des Schiffverkehrs sind hier dauerhafte Messinstallationen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Die flächenhaften

Peilungen und die regelmäßige Entnahme von Sedimentproben können als zentrale Mess- und Monitoringkampagnen benannt werden, die es auch in Zukunft in vergleichbarem Umfang fortzuführen gilt. In Ergänzung zu den regelmäßig stattfindenden Verkehrssicherungspeilungen können die 2-wöchentlichen Messintervalle durch Einzelkampagnen sichergestellt werden. Dabei kann das intensive Monitoring z.B. auf die eher wärmeren Monate von April bis Oktober mit dem stärksten Sedimentationsgeschehen beschränkt bleiben. Des Weiteren wird empfohlen, im selben Zeitraum jeweils 2-monatlich in den Monaten Mai, Juli und September die Sedimenteigenschaften durch Greiferproben an den bisherigen Positionen fortgesetzt zu erfassen. Das Monitoringprogramm ergänzen sollte eine weitere Probenahmekampagne in den Wintermonaten. Bei fortgesetzter Unterhaltung des Sedimentfangs werden im Rahmen einer Freigabebeprobung alle drei Jahre Sedimentkerne über die gesamte Schnitttiefe des Baggergutes entnommen und labortechnisch untersucht.

Weitere wissenschaftliche Messungen sind auf der Ebene 3 des Monitoring- und Auswerteprogramms durchgeführt worden. Die Häufigkeit dieser Messungen war nicht vergleichbar mit denen der Ebene 2, so dass die zeitliche Entwicklung von Prozessen und Zuständen hier nicht erfasst worden ist. Der Fokus dieser Messungen lag auf dem Prozessverständnis, hier insbesondere bei der Erfassung des sohnnahen Feststofftransport- und Sedimentations-/Resuspensionsgeschehens im untersten Bereich der Wassersäule. Dieser Bereich, insbesondere im Fahrinnenbereich der Elbe konnte bislang durch keine andere Messtechnik außer dem Geräteträger erfasst werden. Die gewonnenen Daten sind daher einzigartig und von großem Wert für die Grundlagenforschung. Der Aufwand an Mensch und Material für den Einsatz des Geräteträgers ist hoch, zugleich ist es bei Messgeräten häufig zu Ausfällen und Datenverlusten gekommen. Die Weiterentwicklung dieses Geräteträgers sollte auf jeden Fall verfolgt werden, vor allem mit den Zielen der Vereinfachung des Verfahrens beim Einbringen und Bergen des Geräteträgers sowie der Ausstattung mit robusten Messgeräten. Die Erforschung des grundlegenden Prozessgeschehens kann auch in anderen, leichter zugänglichen Bereichen mit dem gleichen Erfolg durchgeführt werden. Über alternative Messstandorte sollte der Fragestellung entsprechend nachgedacht werden.

Insgesamt hat das Sedimentfangmonitoring den Mehrwert einer kontinuierlichen Beobachtung durch Einsatz verschiedener, sich in der möglichen Aussage ergänzender Monitoring-techniken gezeigt. Die durchgeführten Auswertungen aller Messungen hat deutlich zeigen könnten, dass der Zugewinn an Erkenntnis durch Auswertung einer Messung erheblich durch den Datenbestand einer zeitnah durchgeführten weiteren Messung (z.B. Differenzmodell aus Peilung ergänzt durch Beprobung der Sedimente) vergrößert werden kann. Die erforderlichen Wiederholfrequenzen der Einzelmessungen sind ein Erfahrungswert oder alternativ das Ergebnis der Auswertung von laufenden Messergebnissen. Dabei sollte die Planung so erfolgen, dass verschiedene Messungen zeitgleich erfolgen.

## 6.5 Zusammenfassung der Empfehlungen

Im Detail beschrieben und erläutert sind die Empfehlungen für eine zukünftige Optimierung des Sedimentfangs vor Wedel in den Kapiteln 6.1 bis 6.4. Dieses Kapitel gibt nochmals eine abschließende Zusammenfassung der gegebenen Empfehlungen.

1. Für die Unterhaltung des Baggerschwerpunktes Wedel wird die Fortführung der Maßnahme eines Sedimentfangs empfohlen. Mit Hilfe des Sedimentfangs kann WSV-seitig eine Reduktion bzw. Vermeidung der nautisch erforderlichen und daher kurzfristigen Unterhaltungsbaggerungen zur Sicherung der Fahrwassertiefe für die folgenden Zeiträume erreicht werden:
  - i. 15. April bis 30. Juni. Zum Schutz der Finte dürfen in diesem Zeitraum Unterhaltungsbaggerungen mit Hopperbaggern nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass im Hauptlaichgebiet der Finte (Schwingemündung bis Mühlenberger Loch) kein Laichgeschehen stattfindet (Planfeststellungsbeschluss zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe vom 23. April 2012, Anordnungen Unterpunkt 4.2.4).
  - ii. Mai bis September. In diesen Zeitraum fällt das maximale Sedimentationsgeschehen, welches WSV-seitig umfangreiche Unterhaltungsbaggerungen verursacht. Zugleich wird eine effiziente Hopperbaggerung mit hohen Laderaumdichten durch eine geringe Konsolidierung der Sedimente erschwert.
2. Die Unterhaltung des Sedimentfangs Wedel soll im Zeitraum März bis spätestens 15. April erfolgen. Zum Schutz der Finte dürfen von diesem Zeitpunkt an nur unter Auflagen Hopperbaggerungen durchgeführt werden (siehe 1i).
3. Um die Wirksamkeit des Sedimentfangs Wedel in den unter 1i. und 1ii. genannten Zeiträumen zu erhöhen, wird zukünftig eine größere Herstellungstiefe vor allem in den Teilbereichen der Maßnahme mit lokalen Sedimentationsmaxima empfohlen.
4. Des Weiteren wird eine Ausdehnung der Sedimentfanggeometrie in bislang unberücksichtigte Sedimentationsbereiche empfohlen. Diese liegen unmittelbar stromab des heutigen Sedimentfangs Wedel, dort vor allem auf der niedersächsischen Seite der Fahrrinne.
5. Die Steigerung der Herstellungstiefe und die Vergrößerung der Sedimentfanggeometrie sollte schrittweise unter Beobachtung von Sedimentationsraten erfolgen.
6. Eine zusätzliche Unterhaltung des Sedimentfangs Wedel in den Monaten Juli bis November sollte nicht erfolgen. Aufgrund der geringen Oberwasserverhältnisse muss im **VerbringStellenBereich (VSB) 686/690<sup>24</sup>** mit einem überwiegenden Stromauftransport von umlagerten Feinsedimenten (Stichwort Baggerkreislauf) gerechnet werden. Bei Vollfüllung des Sedimentfangs sollten in diesem Fall - sofern notwen-

---

<sup>24</sup> Von einer zukünftigen Umlagerung des gesamten Baggergutes aus dem Amtsbereich des WSA Hamburgs in den VSB 686/690, wie in 2008 bis 2011 erfolgt, wird hierbei weiter ausgegangen.

dig - nautisch bedingte Einzelbaggerungen in dem erforderlichen Umfang durchgeführt werden.

7. Eine Fortführung der wesentlichen Kampagnen des Sedimentfangmonitorings wird empfohlen
  - i. Erfassung des Sedimentationsgeschehens durch Peilung und
  - ii. Erfassung des Sedimentinventars durch Entnahme von Sedimentproben.

Monitoring der  
morpho-  
logischen, ökolo-  
gischen und  
naturschutz-  
fachlichen  
Auswirkungen  
eines Sediment-  
fangs vor Wedel  
an der Tideelbe

## 7 Literatur

Ackermann, F. & B. Schubert (2007): Trace metals as indicators for the dynamics of (suspended) particulate matter in the tidal reach of the River Elbe. – In: U. Förstner und B. Westrich (ed.): Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers, Chapter 7.4, pp. 296-304. - Springer, Berlin- Heidelberg

ANONYMUS (2009): Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in Küstengewässern (GÜBAK)

BAW (2005): Untersuchung des Sedimenttransportregimes in der Unterelbe als Grundlage für die Optimierung der Baggergutstrategie für den Hamburger Hafen, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg

BAW (2007): WSV Sedimentmanagement-Systemanalyse Elbe – Gutachten zu Simulation und Analyse der Verdriftung von Baggergut. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg

BAW (2008): Stellungnahme zur Planung eines Sedimentfangs in der Fahrrinne am Hanksalbsand. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg

BAW (2011): Model Validation and System Studies for Hydrodynamics, Salt and Sediment Transport in the Elbe Estuary – Basic Information for the River Engineering and Sediment Management Concept. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg

BfG (1999): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich (HABAK-WSV). 2. überarbeitete Fassung, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1100

BfG (2000): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV). 2. überarbeitete Fassung, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1251.

BfG (2006): Untersuchung von Bagger- und Umlagerungsbereichen in Unter- und Außenelbe in Anlehnung an HABAK/HABAB-WSV. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1373.

BfG (2007): BfG-Merkblatt "Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung" - Ökotoxikologische Untersuchung von Sedimenten, Eluaten und Porenwässern. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Stand März 2007

BfG (2008): WSV-Sedimentmanagement Tideelbe, Strategien und Potenziale – eine Systemstudie. Ökologische Auswirkungen der Umlagerung von Wedeler Baggergut. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1584

BfG (2009): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel – Bericht 2008. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1655

BfG (2010a): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel – Zwischenbericht 2010. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1692

BfG (2010b): Untersuchungen zur Dynamik von Feststoffen und feststoffgebundenen Schadstoffen für den Verbringbereich bei Elbe-km 688/690. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1691

BfG (2011a): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel – Bericht 2009/2010. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1716

BfG (2011b): Untersuchung der Dynamik von Transportkörpern sowie deren Oberwasserabhängigkeit an ausgewählten Flussabschnitten der Tideelbe, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1710

BfG (2012a): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel – Zwischenbericht 2010/2011. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1737

BfG (2012b): Auswirkungsprognose für die Umlagerung von Baggergut im Verbringstellenbereich zwischen Elbe-km 686 und 690. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1744

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie den für Umwelt bzw. Verkehr zuständigen Landesministerien der Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein (2001): Konzept zur Handhabung von Tributylzinn (TBT)-belastetem Baggergut im Küstenbereich. (zitiert als BMVBM et al., 2001)

Entelmann I. (2011): Optimierung von Unterhaltungsstrategien an der Tideelbe - Fragestellungen zum Sedimenttransport, vorgestellt auf dem 14. Gewässermorphologisches Kolloquium der BfG, Koblenz, 09. / 10. November 2011

GKSS (2007): Sedimenttransportgeschehen in der tidebeeinflussten Elbe, der Deutschen Bucht und in der Nordsee, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht

HPA & WSV (2008): Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe. Hamburg Port Authority & Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Hamburg

HPA (2008): Optimierung der Wassertiefenunterhaltung mit Hilfe eines Sedimentfangs im Bereich der bestehenden Fahrrinne bei Wedel zwischen Elbe-km 6481,8 und 643,8. Hamburg Port Authority, Hamburg

Krebs, F. (1988): der pT-Wert – ein gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab. Fachzeitschrift für das Laboratorium 32, S. 293-296

Krebs, F. (2005): The pT-method as a Hazard Assessment Scheme for Sediments and Dredged Materials. In: C.Blaise and J.-F. Férard (eds.): Small-scale Freshwater Toxicity Investigations, Vol. 2: Hazard Assessment Schemes, Chapter 9: pp. 281-304. Springer, Dordrecht, The Netherlands

Limnobilos (2009): Das Fischlarvenaufkommen im Bereich des Sedimentfangs bei Wedel. Hamburg

Müller, D. Pfitzner S., Wunderlich M. (1998): Auswirkungen von Baggergutumlagerungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt von Fließgewässern. Wasser & Boden, Vol 50/10, S. 26-32

Pohlert, T, Hillebrand G. & V. Breitung (2011): Effects of sampling techniques on physical parameters and concentrations of selected persistent organic pollutants in suspended matter., Journal of Environmental Monitoring 13(6):1579-88

Skuppin H. (2011): Optimierung der Fahrrinnenunterhaltungsstrategie der Tideelbe durch Sedimentfänge, Häusliche Prüfungsarbeit, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, Kiel

Wahrendorf (2005): Wirkung von Ammonium-Stickstoff auf den Wachstumshemmtest mit der Grünalge *Desmodesmus subspicatus* nach DIN 38412-L33. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1468

Weilbeer H. & Peasler A. (2011): Systemanalysen für vergangene und mögliche zukünftige morphologische Zustände der Tideelbe, vorgestellt auf dem 14. Gewässermorphologisches Kolloquium der BfG, Koblenz, 09. / 10. November 2011

Winterscheid A. Gehres N. & Kleisinger C. (2011). Untersuchungen zum Einfluss des Klimawandels auf Haushalt und Qualität der Sedimente am Beispiel der Tideelbe, in KLIWAS Tagungsband der 2. Statuskonferenz, BMVBS, Berlin

WSA Hamburg (2007): Bericht zur Beweissicherung 2006, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Hamburg

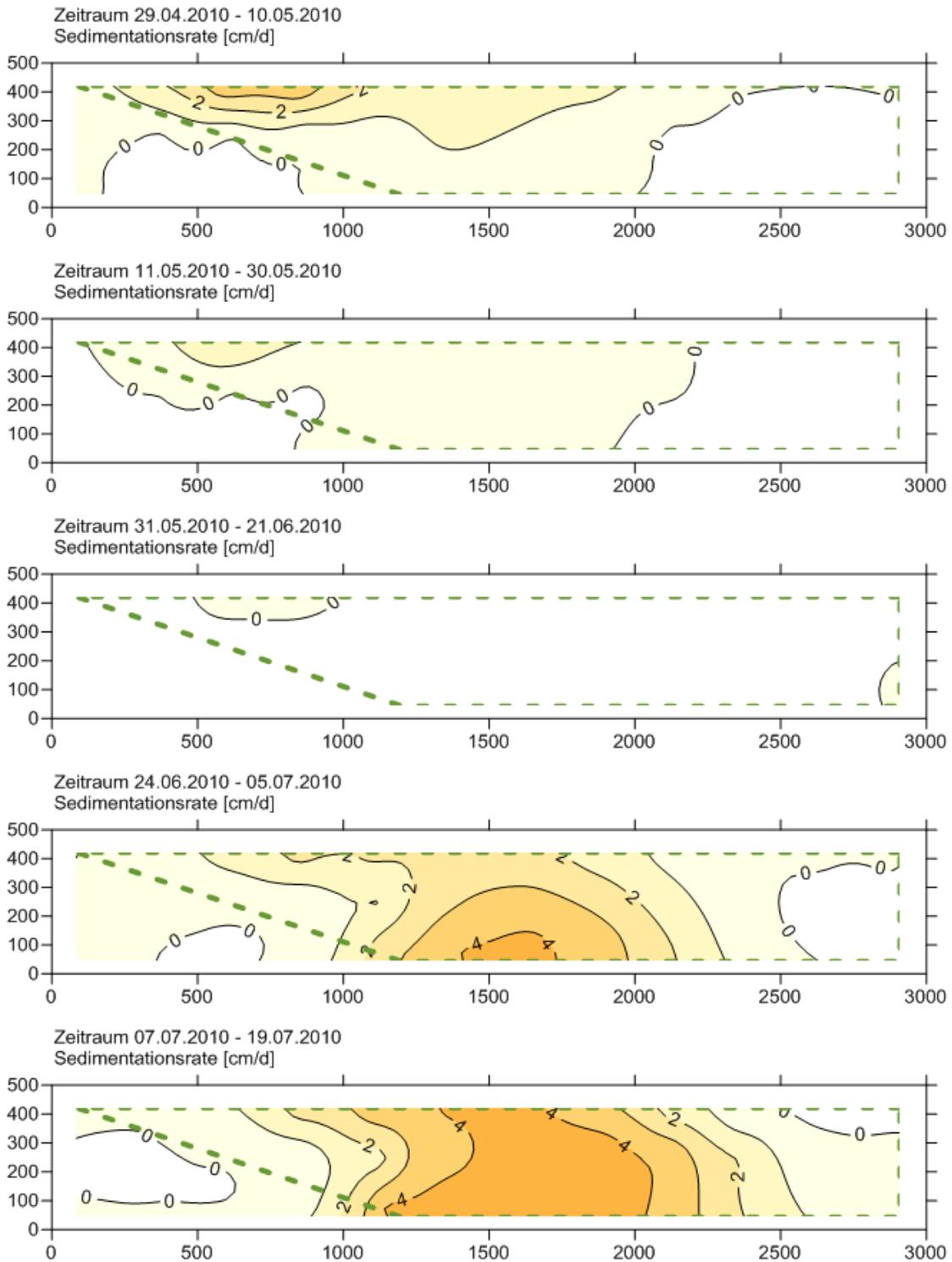
WSA Hamburg und HPA (2008): Vereinbarung über die Herstellung und Unterhaltung eines Sedimentfangs vor Wedel. Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg & Hamburg Port Authority, Hamburg

WSV & HPA (2007): Bericht zur Beweissicherung 2006. Version 4.0, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und Hamburg Port Authority, Hamburg

Zorndt A. (2009): Einfluss hydrodynamischer Randbedingungen auf die Mobilität von Transportkörpern in der Tideelbe bei Hamburg. Leibniz Universität Hannover, Diplomarbeit, 1-126.

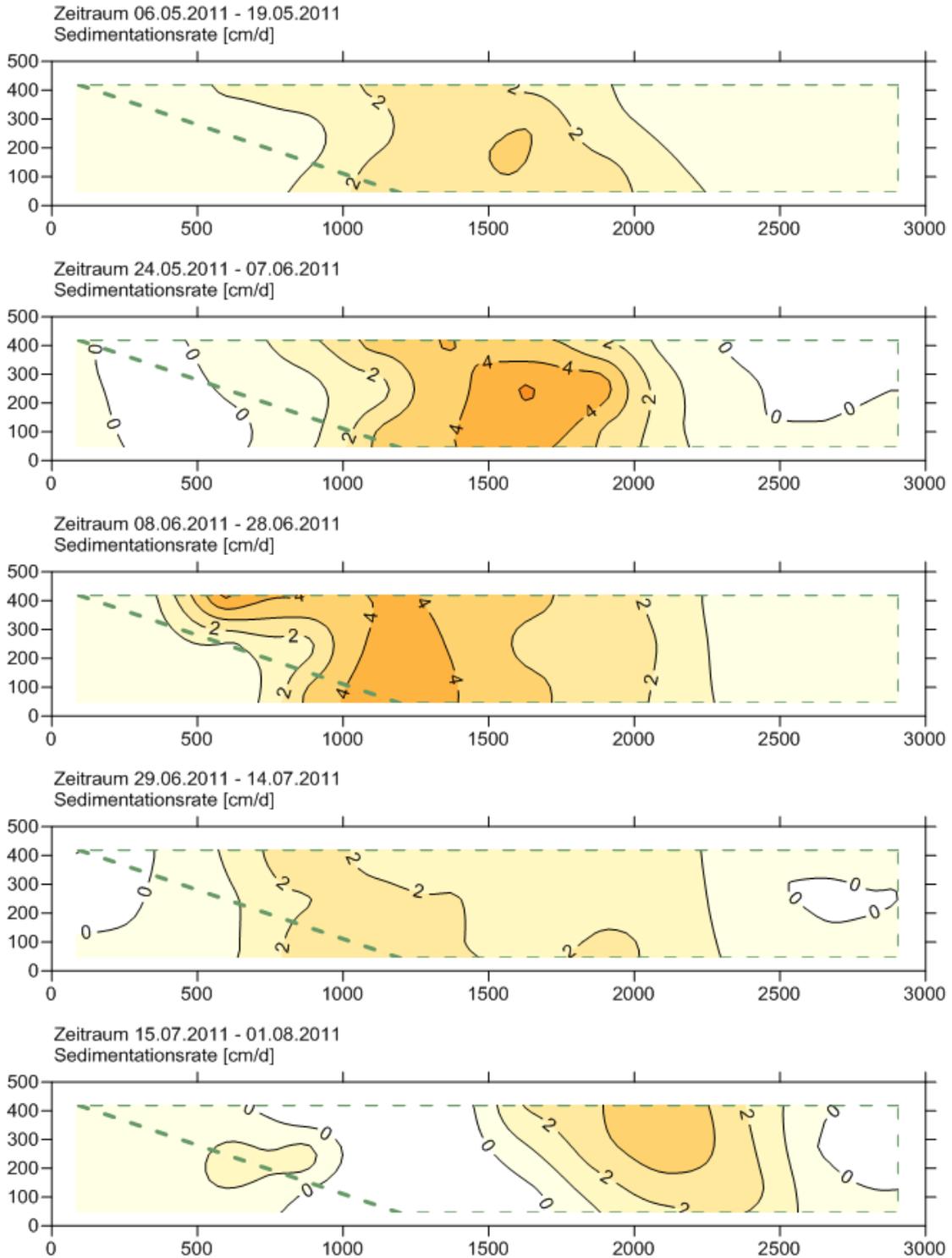
# 8 Anhang

## Anhang 1: Sedimentationsraten im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs, 29.04.2010 – 19.07.2010

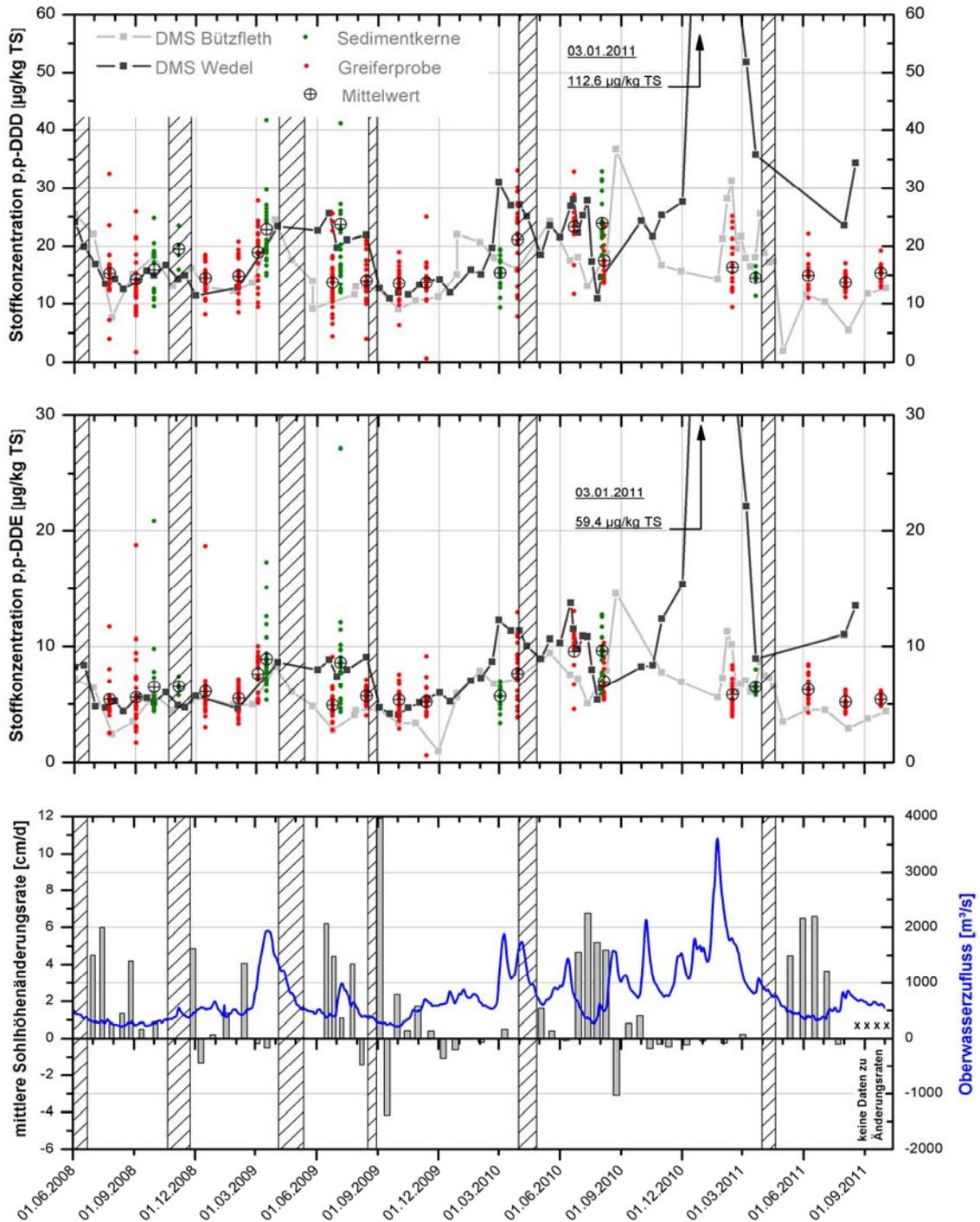


Die Abbildungen aus Anhang 1 ersetzen die fehlerhafte Abbildung 3-10 in BfG (2011a). Hierbei wurden in der Vorbereitung zur flächenhaften Interpolation die im südlichen Bereich des Sedimentfangs ermittelten Sedimentationsraten mit den im mittleren Streifen ermittelten Raten vertauscht.

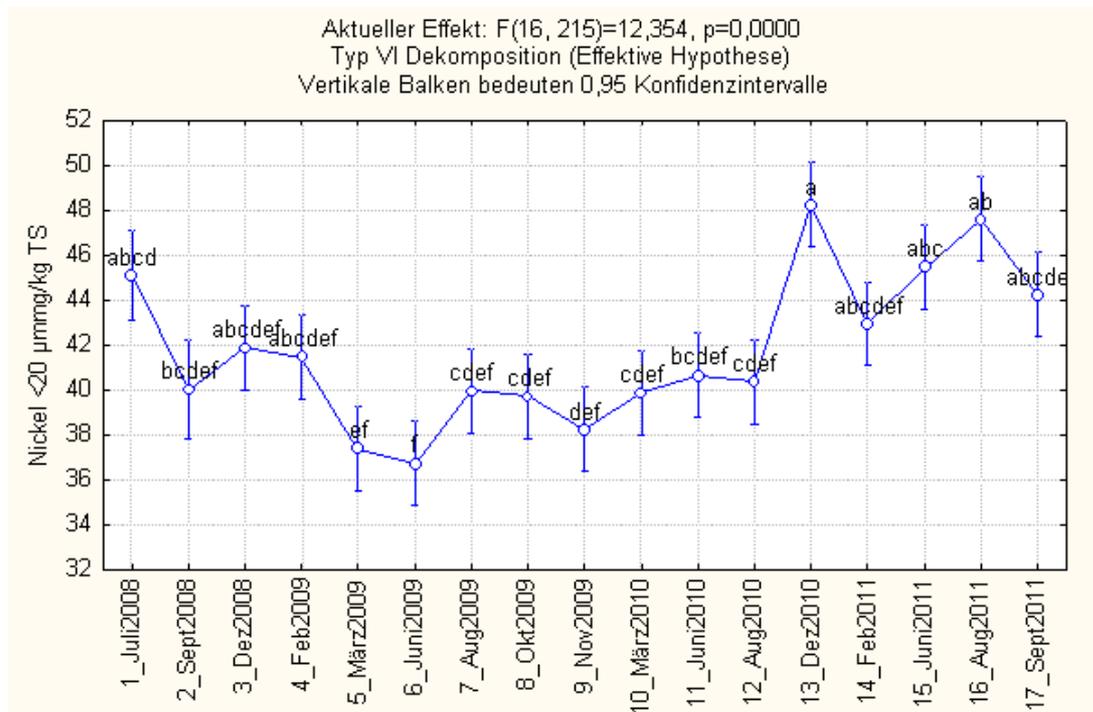
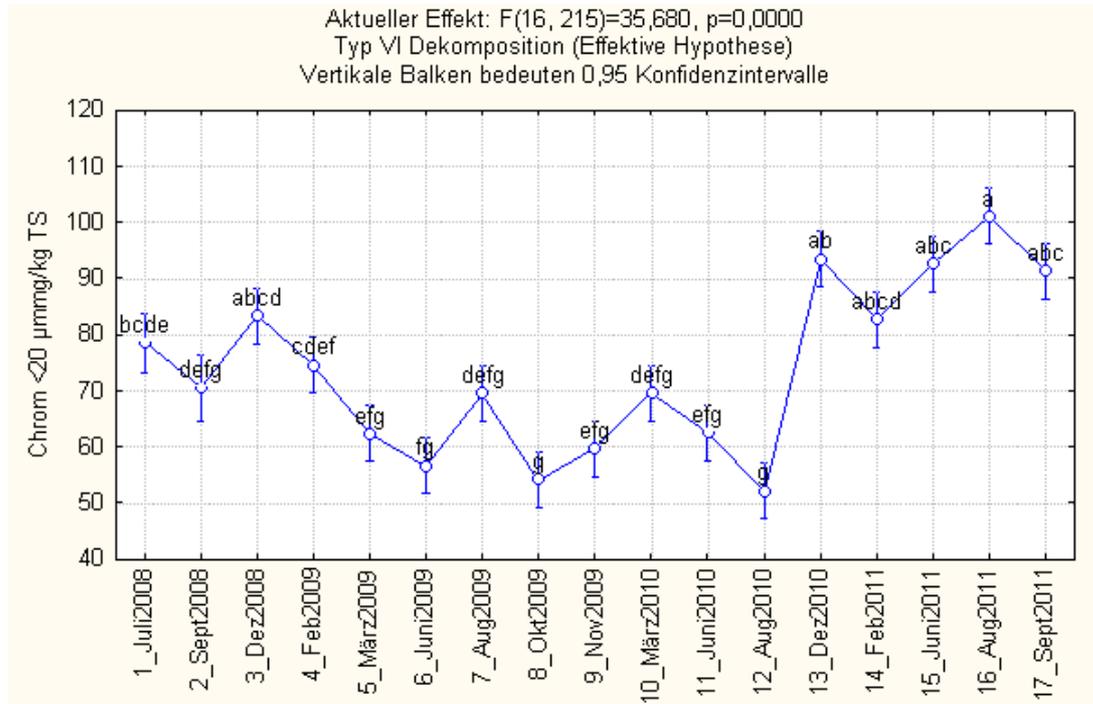
**Anhang 2: Sedimentationsraten im Maßnahmenbereich des Sedimentfangs, 06.05.2011 – 01.08.2011**



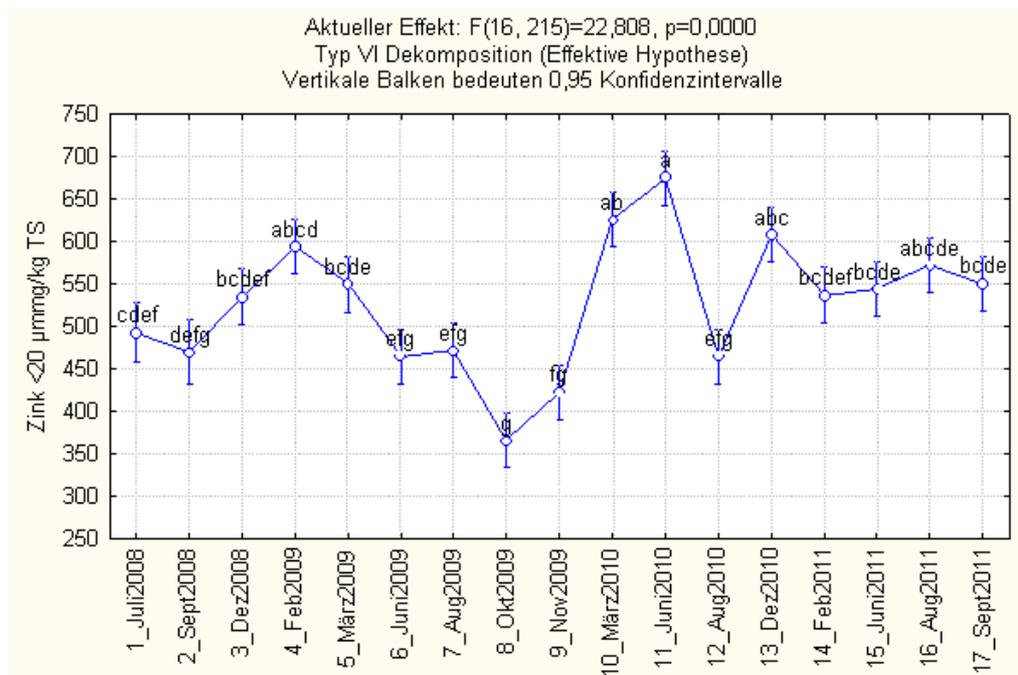
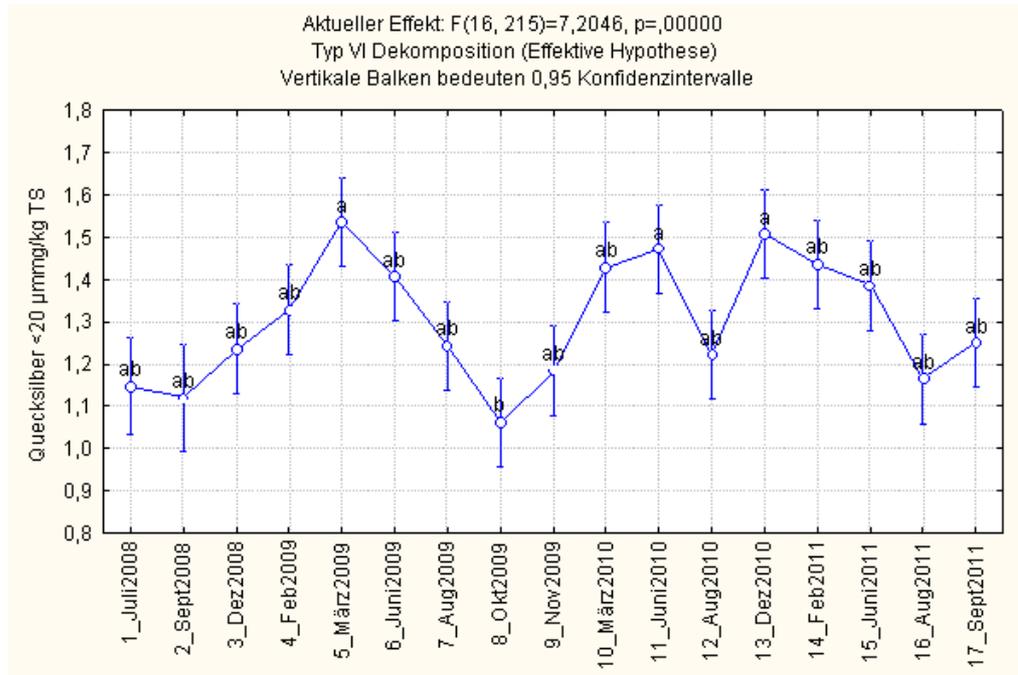
**Anhang 3: p,p-DDD und p,p-DDE Gehalte in Greifer- und Kernproben aus dem Sedimentfang und in Proben der Dauermessstationen Wedel und Bützfleth (2008 – 2011)**



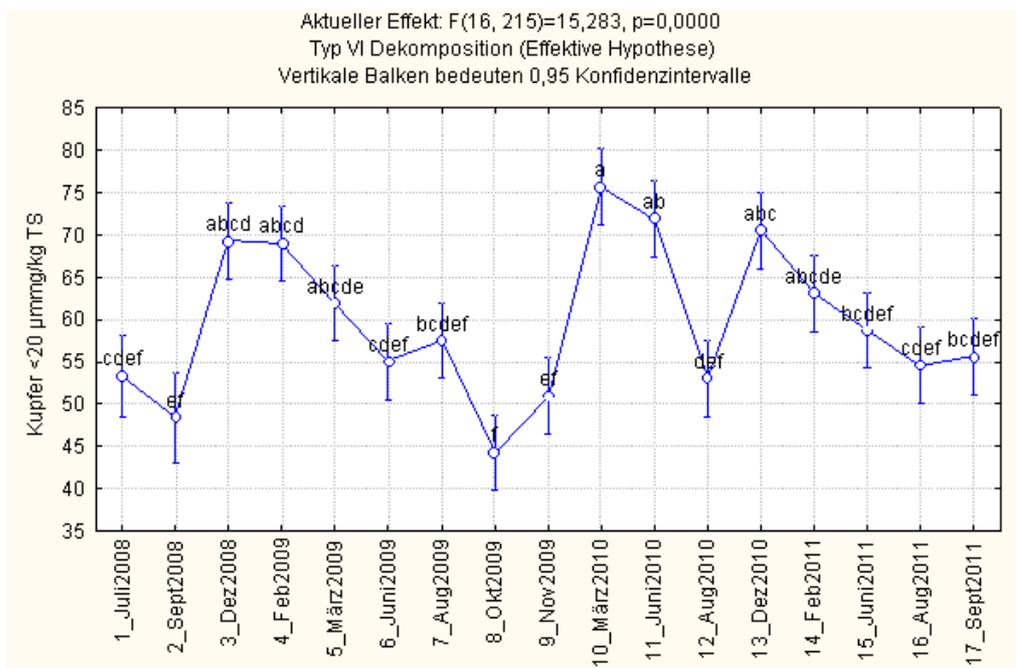
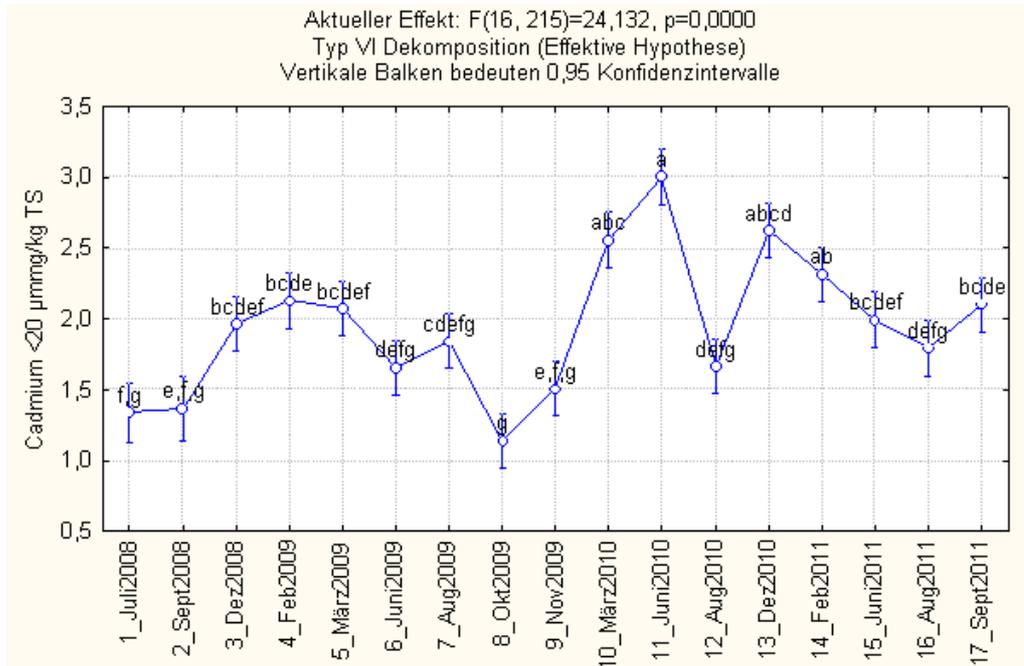
**Anhang 4: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit verschiedenen Schwermetallen und Zinnorganik in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**



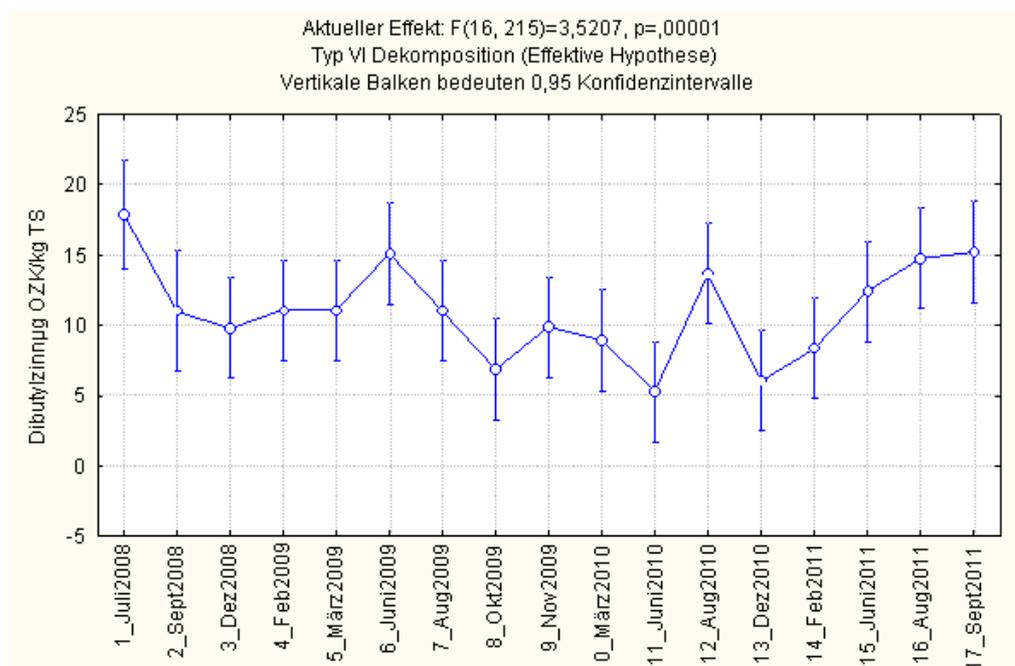
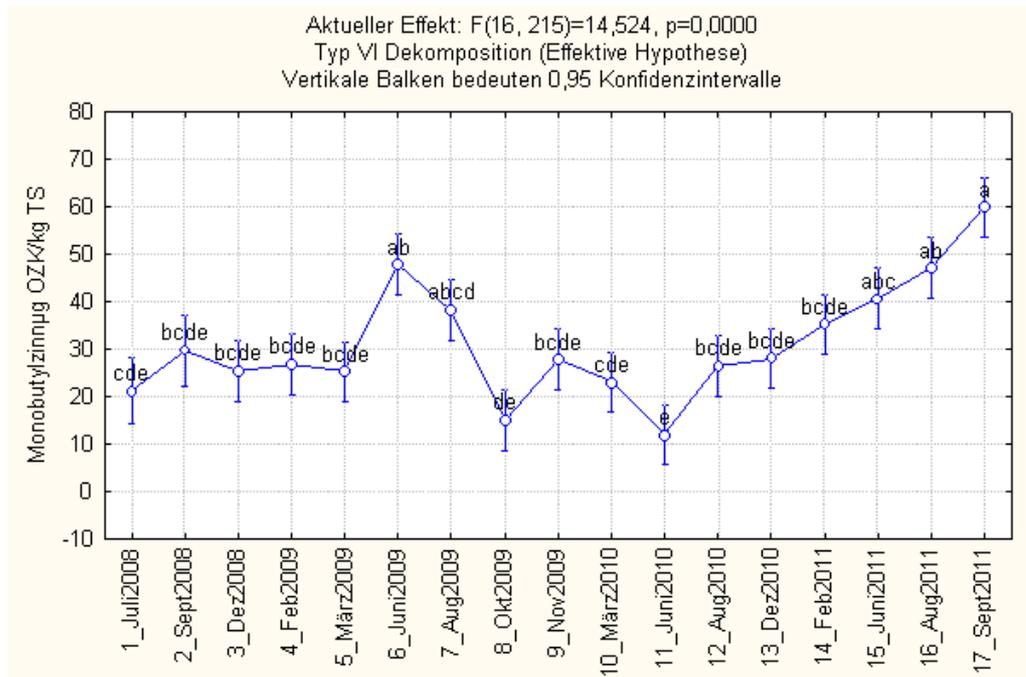
**Fortsetzung Anhang 4: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit verschiedenen Schwermetallen und Zinnorganik in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**



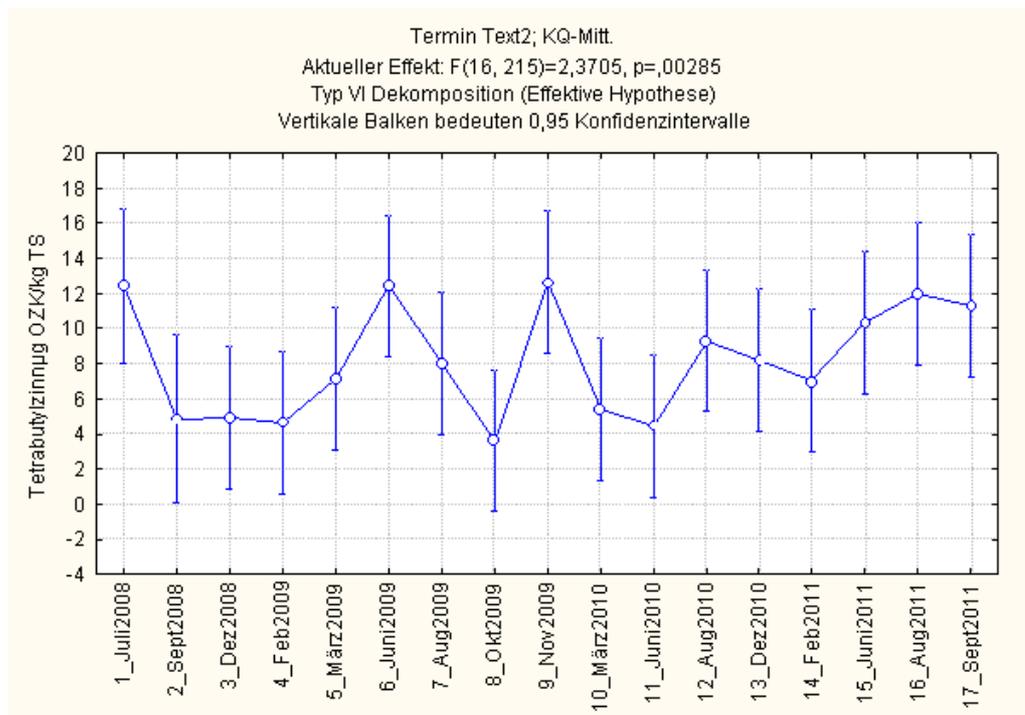
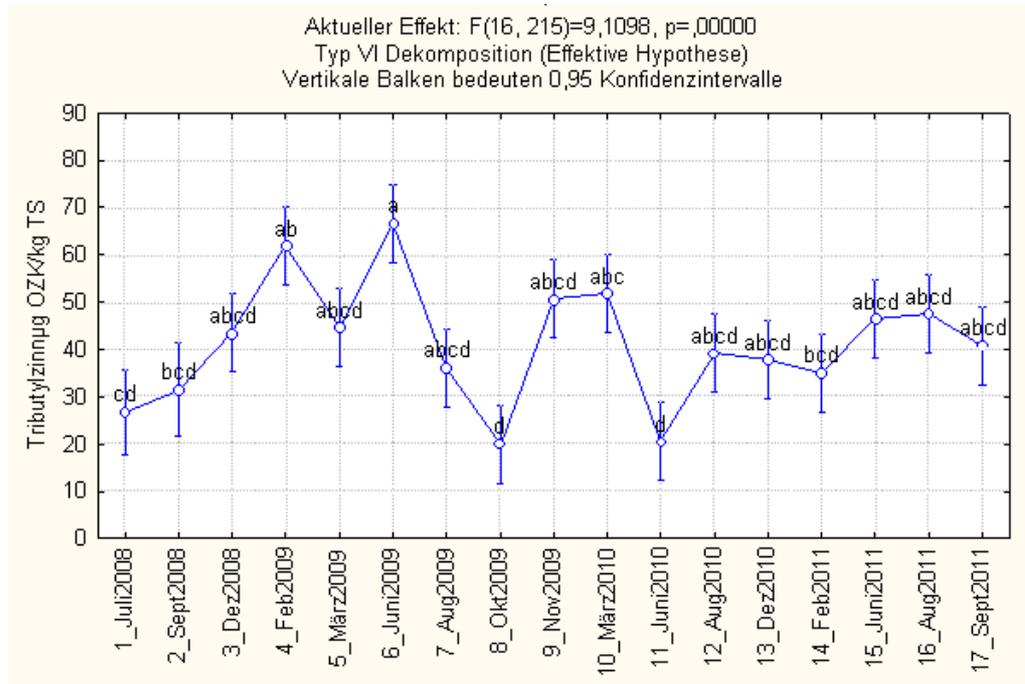
**Fortsetzung Anhang 4: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit verschiedenen Schwermetallen und Zinnorganik in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**



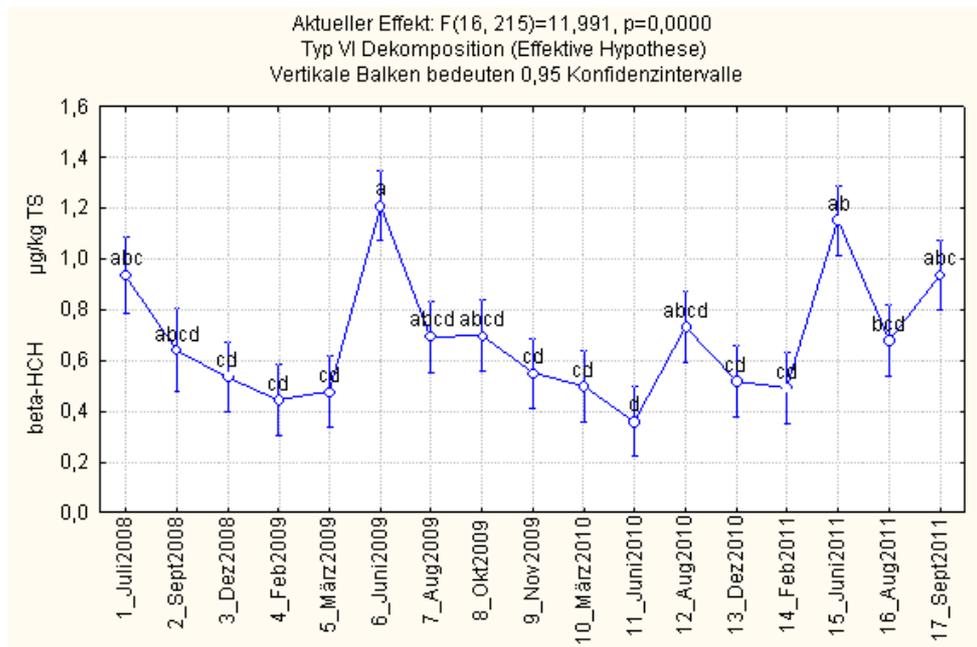
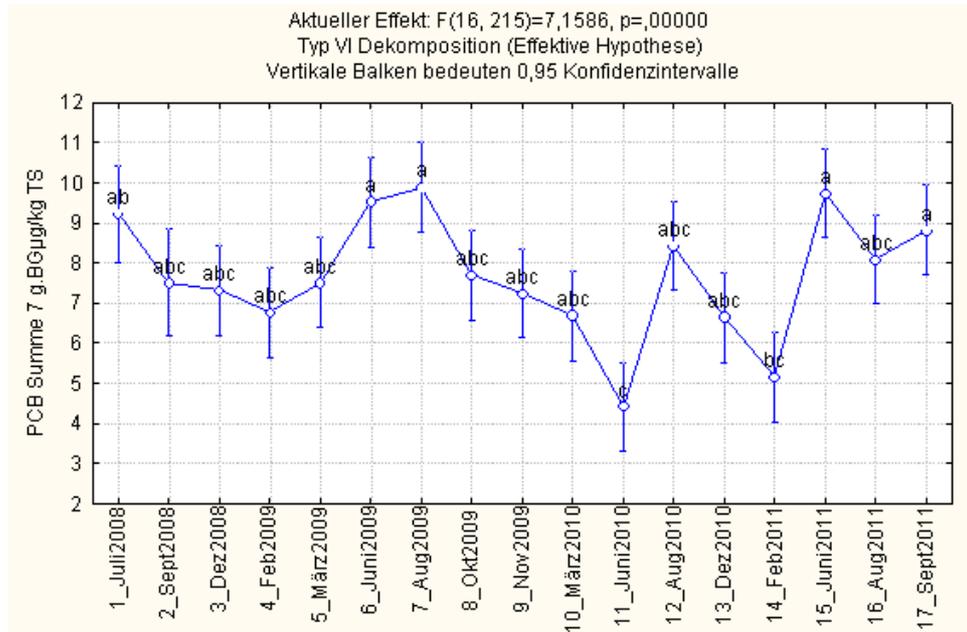
**Fortsetzung Anhang 4: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit verschiedenen Schwermetallen und Zinnorganik in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**



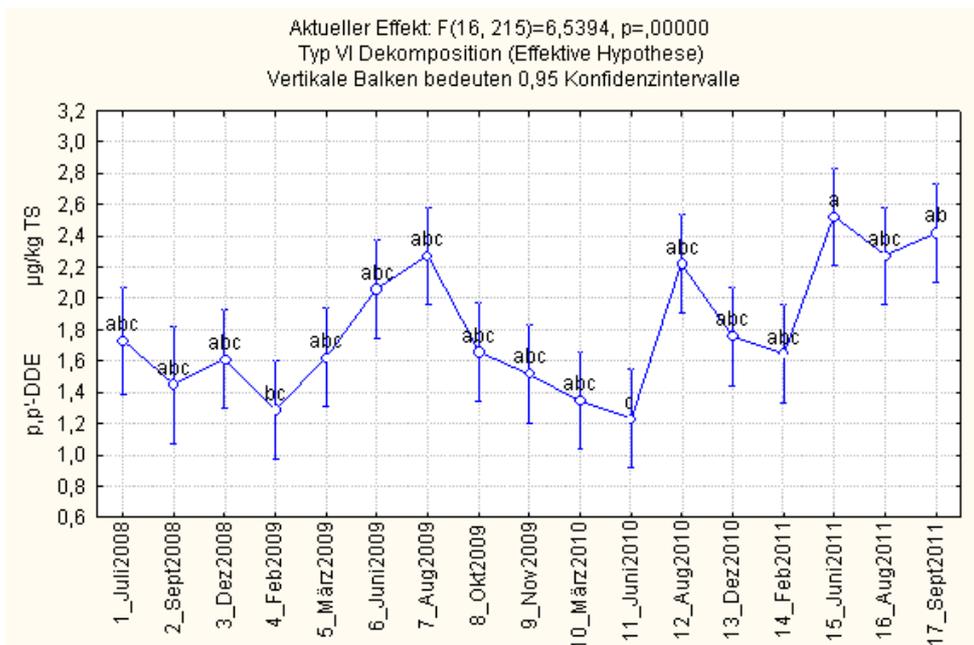
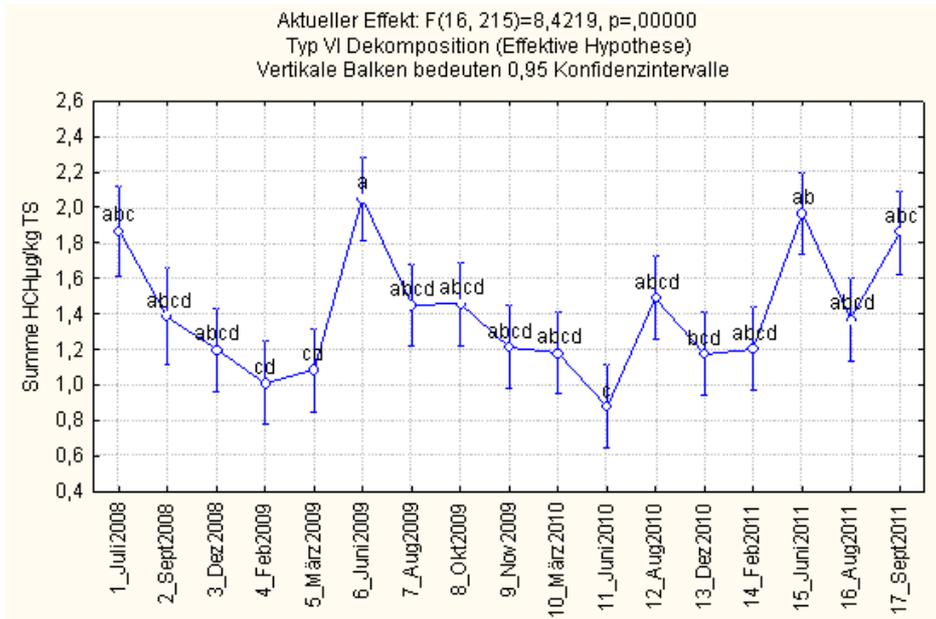
**Fortsetzung Anhang 4: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit verschiedenen Schwermetallen und Zinnorganik in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**



**Anhang 5: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit ausgewählten organischen Schadstoffen in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**

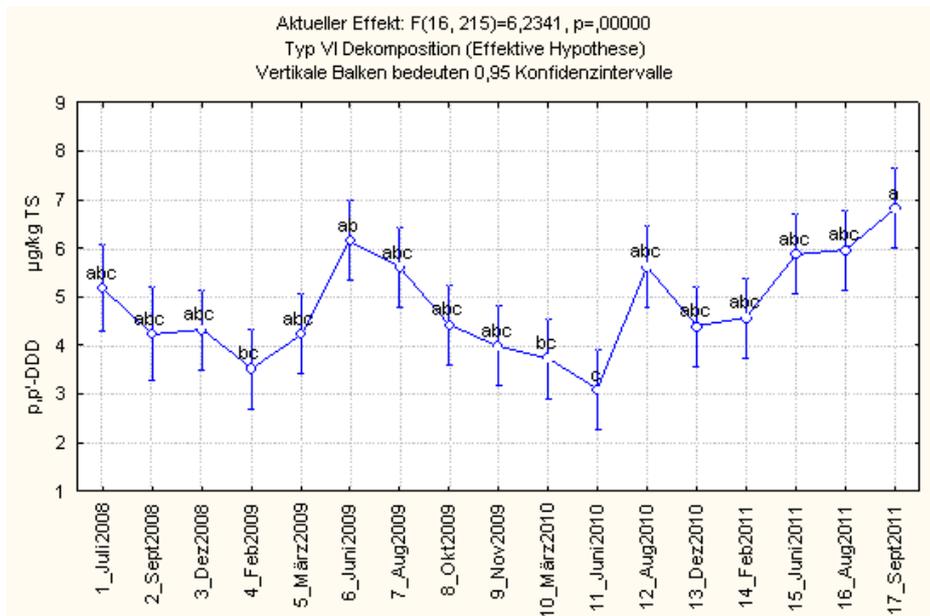
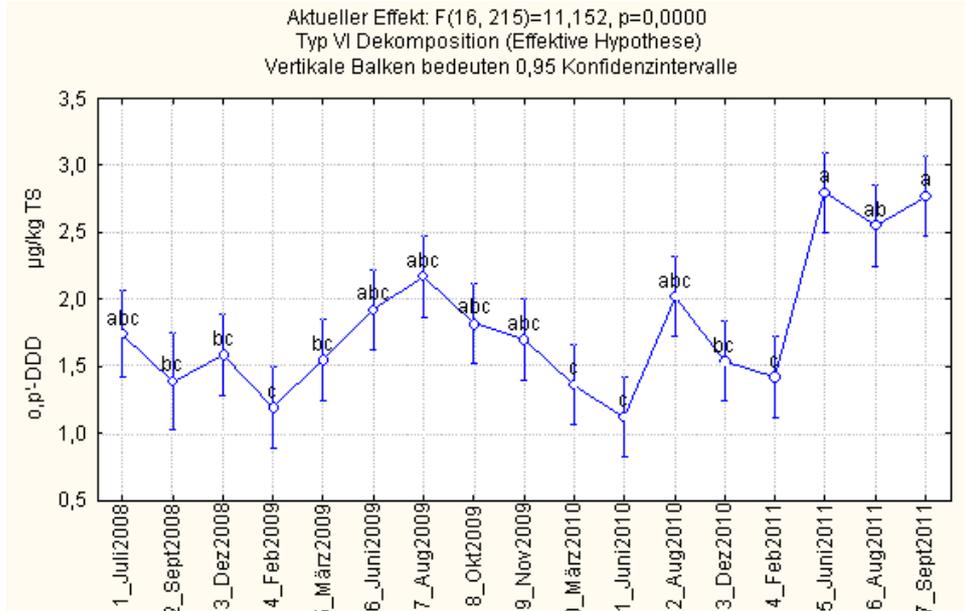


**Fortsetzung Anhang 5: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit ausgewählten organischen Schadstoffen in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**

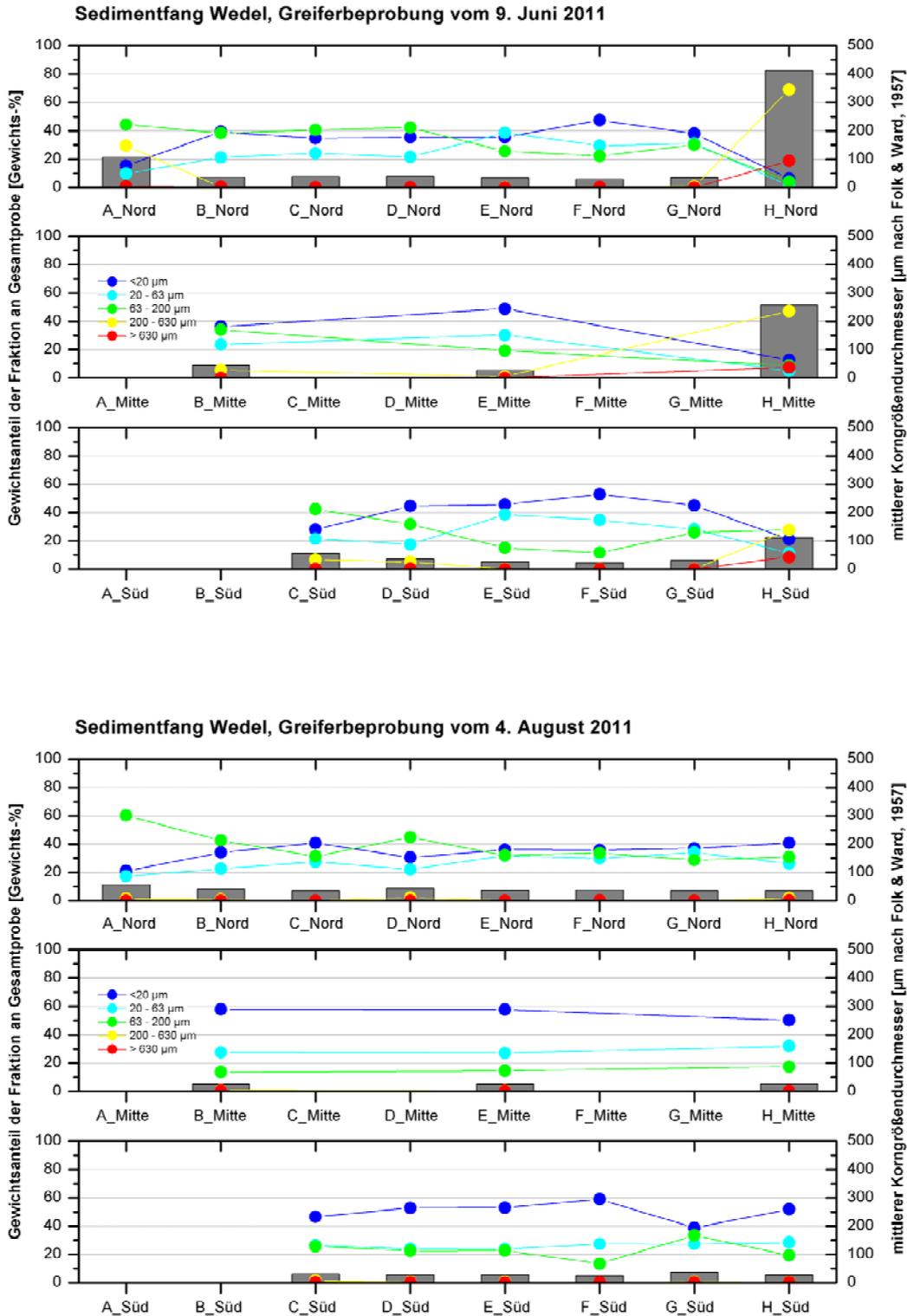


**Fortsetzung Anhang 5: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit ausgewählten organischen Schadstoffen in frischen Sedimentablagerungen aus dem Sedimentfang, Datengrundlage sind 17 Greiferbeprobungen im Zeitraum Juli 2008 bis September 2011, Auswertung durch HPA.**

Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe



**Anhang 6: Sedimentfang Wedel, mittlere Korngrößenverteilung und mittlere Korngroßendurchmesser für die Kampagnen 9. Juni 2011, 4. August 2011 und 26. September 2011.**



**Fortsetzung Anhang 6: Sedimentfang Wedel, mittlere Korngrößenverteilung und  
mittlere Korngrößendurchmesser für die Kampagnen 9. Juni 2011, 4. August 2011 und  
26. September 2011.**

