

Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Untersuchung des Strombaus und des
Sedimentmanagements im Rahmen des
"Tideelbekonzeptes"**

**Bericht zur Wirkung der Maßnahmen im
Bereich Spadenland**

A3955 03 10172-4

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Untersuchung des Strombaus und des Sedimentmanagements im Rahmen des "Tideelbekonzeptes"

Bericht zur Wirkung der Maßnahmen im Bereich Spadenland

Auftraggeber: Hamburg Port Authority
Neuer Wandrahm 4
20457 Hamburg

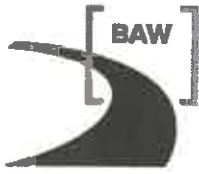
Auftrag vom: 11.08.2009, Az.: S 663 / 09F

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. A3955 03 10172-4

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Küstenbereich
Referat: Ästuarsysteme II (K3)
Bearbeiter: Dipl.-Ing. M. Klöpper

Hamburg, Dezember 2012

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.



Zusammenfassung

Die Hamburg Port Authority verfolgt mit dem „Konzept zur nachhaltigen Entwicklung der Tideelbe als Lebensader der Metropolregion Hamburg“ [HPA, 2006] das Ziel, den negativen Entwicklungen der Vergangenheit langfristig entgegenzuwirken. Ein Eckpfeiler des Konzeptes stellt die Schaffung von Flutraum zwischen Glückstadt und Geesthacht dar. Der BAW wurde der Auftrag erteilt, verschiedene Fluträume zur Verbesserung der hydrologischen Bedingungen zu untersuchen. Bei den Fluträumen handelt es sich um Flächen im Raum Hamburg, die an die Elbe angeschlossen werden um das Tidevolumen zu erhöhen.

In dieser Studie wird der Anschluss zweier Flächen im Bereich Spadenland an die Tideelbe mit Hilfe des 3D-Elbe-Simulationsmodells der BAW unter Berücksichtigung von Salz- und Sedimentdynamik untersucht. Dabei handelt es sich zum einen um den Spadenländer Ausschlag am östlichen Elbufer und zum zweiten um den Bereich des am Westufer gelegenen Spadenländer Busch bzw. Kreetsand. Für den Anschluss des Flutraums im Spadenländer Ausschlag werden zwei Varianten betrachtet. Zum einen der direkte Anschluss der Fläche an die Norderelbe nach Westen, zum anderen ein Anschluss der Fläche nach Osten, im Mündungsbereich der Doveelbe. Zusätzlich werden die Kombinationen der beiden Varianten mit der Maßnahme Kreetsand betrachtet.

Alle untersuchten Varianten wirken positiv im Sinne der Zielsetzung (vgl. BAW, 2011), die eine Dämpfung des Tidehubs und eine Reduktion des stromauf gerichteten Schwebstofftransports vorsieht. Die Wirkung der Maßnahme Kreetsand ist aufgrund des geringen zusätzlichen Tidevolumens nur lokal. Die Maßnahme Spadenländer Ausschlag wirkt sich auf das gesamte Stromspaltungsgebiet aus. Die Kombination beider Maßnahmen weist die größte Wirkung auf. Insgesamt unterscheidet sich die Wirkung der Maßnahme Spadenländer Ausschlag in den beiden Anschlussvarianten nur gering. Tendenziell ist die positive Wirkung des Anschlusses nach Westen allerdings etwas größer als die des Anschlusses nach Osten.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen und Daten	1
3	Bearbeitungskonzept	1
4	Untersuchungsumfang und Modelltopographie	2
5	Ergebnisse	6
5.1	Analyseergebnisse der Wasserstände	7
5.2	Analyseergebnisse der Strömungsverhältnisse	10
5.3	Analyseergebnisse des Salzgehalts	14
5.4	Analyseergebnisse der Schwebstoffdynamik	15
6	Bewertung	21
7	Literaturverzeichnis	23

Bildverzeichnis	Seite
Bild 4.1 Links: Luftbild und Animation des Ausbauszustands Kreetsand.	2
Bild 4.2 Ausschnitt der Modelltopographie des PIZ und des AZ der Maßnahme Kreetsand.	3
Bild 4.3 Ausschnitt der Modelltopographie der Ausbauszustände der Maßnahme Spadenländer Ausschlag mit dem Anschluss nach Osten bzw. Westen.	4
Bild 4.4 Ausschnitt der Modelltopographie der Kombination aus den Maßnahmen Kreetsand und Spadenländer Ausschlag mit Anschluss nach Osten bzw. Westen.	5
Bild 5.1 Differenz des mittleren Tideniedrigwassers auf dem Trassenprofil.	7
Bild 5.2 Differenz des mittleren Tideniedrigwassers in der Süderelbe.	8
Bild 5.3 Differenz des mittleren Tidehubs auf dem Trassenprofil.	9
Bild 5.4 Differenz des mittleren Tidehubs in der Süderelbe.	10
Bild 5.5 Differenz der maximalen querschnittsintegrierten Ebbestromgeschwindigkeit auf dem Trassenprofil und in der Süderelbe.	11
Bild 5.6 Differenz der maximalen querschnittsintegrierten Flutstromgeschwindigkeit auf dem Trassenprofil und in der Süderelbe.	12
Bild 5.7 Differenz des querschnittsintegrierten F:E-Verhältnis auf dem Trassenprofil und in der Süderelbe.	14
Bild 5.8 Differenz des maximalen Salzgehalts auf dem Trassenprofil.	15
Bild 5.9 Differenz des maximalen Schwebstoffgehalts auf dem Trassenprofil.	16
Bild 5.10 Differenz des maximalen Schwebstoffgehalts in der Süderelbe.	16
Bild 5.11 Differenz der advektiven Schwebstofftransporte im Flut- und Ebbestrom auf dem Trassenprofil.	17
Bild 5.12 Differenz der advektiven Schwebstofftransporte im Flut- und Ebbestrom in der Süderelbe.	18
Bild 5.13 Differenz des residuellen advektiven Schwebstofftransports auf dem Trassenprofil.	19
Bild 5.14 Differenz des residuellen advektiven Schwebstofftransports in der Süderelbe.	20
Bild 7.1 Mittleres Tideniedrigwasser im PIZ auf dem Trassenprofil.	24
Bild 7.2 Mittleres Tideniedrigwasser im PIZ in der Süderelbe.	24
Bild 7.3 Mittlerer Tidehub im PIZ auf dem Trassenprofil.	25
Bild 7.4 Mittlerer Tidehub im PIZ in der Süderelbe.	25
Bild 7.5 Maximale Flut- und maximale Ebbestromgeschwindigkeit (Mit) sowie F:E-Verhältniss im PIZ auf dem Trassenprofil.	26
Bild 7.6 Maximale Flut- und maximale Ebbestromgeschwindigkeit (Mit) sowie F:E-Verhältniss im PIZ in der Süderelbe.	26
Bild 7.7 Maximaler Salzgehalt im PIZ auf dem Trassenprofil.	27
Bild 7.8 Maximaler Schwebstoffgehalt im PIZ auf dem Trassenprofil.	27
Bild 7.9 Maximaler Schwebstoffgehalt im PIZ in der Süderelbe.	28

Bild 7.10 Advektiver Schwebstofftransport im Flut- und Ebbestrom im PIZ auf dem Trassenprofil.	28
Bild 7.11 Advektiver Schwebstofftransport im Flut- und Ebbestrom im PIZ in der Süderelbe.	29
Bild 7.12 Residueller advektiver Schwebstofftransport im PIZ auf dem Trassenprofil.	29
Bild 7.13 Residueller advektiver Schwebstofftransport im PIZ in der Süderelbe.	30

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1 Tabellarische Übersicht zum Untersuchungsumfang.	5

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Mit einem Konzept zur nachhaltigen Entwicklung der Tideelbe [HPA, 2006] verfolgt die Hamburg Port Authority das Ziel den in der Vergangenheit erfolgten ungünstigen Entwicklungen des Systems der Tideelbe langfristig entgegenzuwirken.

Unter anderem sieht das Konzept die Schaffung zusätzlichen Tidevolumens zwischen Glückstadt und Geesthacht vor. Studien der BAW [BAW, 2003; BAW, 2007a; BAW, 2007b] zeigen, dass sich zusätzlicher Flutraum im Stromspaltungsgebiet der Tideelbe dämpfend auf den Tidehub auswirkt. Zu den betrachteten Maßnahmen gehören u.a. Flächen im Bereich Spadenland. Dazu werden die Vordeichfläche Spadenlander Busch / Kreetsand und der Spadenländer Ausschlag gezählt. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Untersuchung zur Wirkung der Maßnahmen im Bereich Spadenland auf die Hydrodynamik und den Sedimenttransport der Tideelbe beschrieben.

2 Unterlagen und Daten

Die für die Untersuchung der Maßnahmen im Bereich Spadenland verwendeten Unterlagen und Daten werden im Bericht zum Bearbeitungskonzept der Untersuchungen im Rahmen des Tideelbekonzepts (BAW, 2011) aufgelistet.

3 Bearbeitungskonzept

Das Bearbeitungskonzept für die Untersuchungen im Rahmen des Tideelbekonzeptes wird in einem separaten Bericht (BAW; 2011) beschrieben. Dem Bericht können Details zu den folgenden Themen entnommen werden:

- allgemeine Hinweise zum Vorgehen,
- das verwendete mathematische Modellverfahren,
- die Kalibrierung des Modells,
- das Modellgebiet und das verwendete Gitternetz,
- die Modelltopographie des planerischen Ist-Zustandes,
- die Modellsteuerung und
- allgemeine Hinweise zur Ergebnisanalyse und Bewertung.

4 Untersuchungsumfang und Modelltopographie

Betrachtet werden in diesem Bericht zwei Maßnahmen im Bereich Spadenland. Am Westufer liegt die Fläche des Spadenlander Busch, auch Kreetsand genannt. Am Ostufer befinden sich die Flächen des Spadenländer Ausschlags.

Bei der Maßnahme Spadenlander Busch / Kreetsand (im Weiteren, einfach Kreetsand genannt) handelt es sich um ein ca. 47 Hektar großes Areal im Osten von Wilhelmsburg. Die gesamte Fläche liegt vor dem Kreetsander Hauptdeich (Elbe-Km 614). Mit einer durchschnittlichen Geländehöhe von ca. 5,5 Meter über NHN ist die Fläche derzeit so hoch gelegen, dass sie nur bei außergewöhnlich hohen Wasserständen überflutet wird.

Kreetsand

Im Rahmen einer Voruntersuchung der Firma PROAQUA (ProAqua, 2009) wurde aus einer Vielzahl von Varianten zur Umgestaltung der Fläche Kreetsand eine bevorzugte Ausbauvariante durch die HPA bestimmt. Diese Ausbauvariante wird in der vorliegenden Untersuchung betrachtet. In Bild 4.1 ist eine Luftaufnahme der Fläche Kreetsand (links) abgebildet. Die rechte Seite des Bildes zeigt eine Fotomontage des Ausbauszustands der Maßnahme Kreetsand.



Bild 4.1 Links: Luftbild von Kreetsand, Rechts: Animation des Ausbauszustands Kreetsand.

Im Ausbauszustand entsteht eine ca. 30 Hektar große Wasserfläche (bei mittlerem Tidehochwasser). Sie ist im Süden der Maßnahme an die Elbe angeschlossen. Das zusätzliche Wasservolumen zwischen dem mittleren Tidehoch- und mittleren Tideniedrigwasser beträgt ca. 0,8 Mio. m³. In Bild 4.2 (links) ist ein Ausschnitt der Modelltopographie des planerischen Ist-Zustandes (PIZ) und (rechts) ein Ausschnitt der Modelltopographie des Ausbauszustands

im Bereich der Maßnahme Kreettsand dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Modelltopographie des planerischen Ist-Zustandes kann dem Bericht zum Bearbeitungskonzept (BAW, 2011) entnommen werden. Im Weiteren wird der Ausbauzustand im Bereich Kreettsand als Variante 1 bezeichnet.



Bild 4.2 Ausschnitt der Modelltopographie des planerischen Ist-Zustands PIZ (links) und des Ausbauzustands AZ (rechts) der Maßnahme Kreettsand (Variante 1).

Spadenländer Ausschlag

Die Maßnahme Spadenländer Ausschlag befindet sich am gegenüber der Maßnahme Kreettsand gelegenen Elbufer. Als Spadenländer Ausschlag werden landwirtschaftlich genutzte Flächen zwischen dem Tatenberger Damm, dem Hofschläger Weg und dem Ruschorter Hauptdeich bezeichnet. Die Fläche ist ca. 50 Hektar groß.

Es werden zwei Ausbauvarianten untersucht. Durch beide Ausbauvarianten wird ein zusätzliches Wasservolumen zwischen dem mittleren Tidehoch- und mittleren Tideniedrigwasser von ca. 2,3 Mio. m³ an die Elbe angeschlossen. Die Ausbauvarianten unterscheiden sich durch den Anschluss der Flächen an die Elbe. Die eine Variante wird im Osten des Spadenländer Ausschlags (Richtung Tatenberg) über die Verbindung zur Dove-Elbe an die Norderelbe angeschlossen (siehe Bild 4.3, links). In der zweiten Variante erfolgt der Anschluss des Flutraums direkt an die Norderelbe (siehe Bild 4.3, rechts). Im Weiteren wird der Ausbauzustand mit dem Anschluss im Osten als Variante 2 und der Ausbauzustand mit dem Anschluss im Westen als Variante 3 bezeichnet.



Bild 4.3 Ausschnitt der Modelltopographie der Ausbauzustände (AZ) der Maßnahme Spadenländer Ausschlag mit dem Anschluss nach Osten (links) bzw. Westen (rechts).

Die beiden Maßnahmen Kreetsand und Spadenländer Ausschlag liegen in direkter Nachbarschaft. Besonders in der Ausbauvariante des Spadenländer Ausschlags mit dem Anschluss nach Westen, liegen die Anbindungen beider Fluträume an die Elbe nur wenige Meter (ca. 200 Meter) voneinander entfernt. Um mögliche Wechselwirkungen der beiden Einzelmaßnahmen Kreetsand und Spadenländer Ausschlag zu untersuchen werden daher zusätzlich zu den Einzelmaßnahmen auch Kombinationen beider Maßnahmen betrachtet. In Bild 4.4 sind Ausschnitte der Modelltopographie für die betrachteten Kombinationen dargestellt. Die Kombination aus der Variante 1 und Variante 2 (Bild 4.4, links) wird im Weiteren als Variante 4 bezeichnet. Die Kombination aus der Variante 1 und Variante 3 (Bild 4.4, rechts) wird als Variante 5 bezeichnet.



Bild 4.4 Ausschnitt der Modelltopographie der Ausbautzustände (AZ) der Kombination aus den Maßnahmen Kreetsand und Spadenländer Ausschlag mit dem Anschluss nach Osten (links) bzw. Westen (rechts).

Insgesamt werden damit fünf Ausbauvarianten im Bereich des Maßnahmenkomplexes Spadenland betrachtet. In Tabelle 1 sind die fünf Ausbauvarianten aufgelistet.

Variante	Beschreibung	Volumen* [Mio. m ³]	Dargestellt in
1	Einzelmaßnahme (EM) Kreetsand	0,8	Bild 4.2 (rechts)
2	EM Sp. Ausschlag mit Anschluss nach Osten	1,5	Bild 4.3 (links)
3	EM Sp. Ausschlag mit Anschluss nach Westen	1,5	Bild 4.3(rechts)
4	Kombination aus der EM Kreetsand und EM Sp. Ausschlag mit Anschluss nach Osten	2,3	Bild 4.4 (links)
5	Kombination aus der EM Kreetsand und der EM Sp. Ausschlag mit Anschluss nach Westen	2,3	Bild 4.4 (rechts)

Tabelle 1 Tabellarische Übersicht zum Untersuchungsumfang des Maßnahmenkomplexes Spadenland.

5 Ergebnisse

Um fundierte Prognosen über die Auswirkung der geplanten Maßnahmen abzugeben, bedürfen die Rechenwerte aus den Modellsimulationen und –analysen der fachwissenschaftlichen Interpretation. Die Ergebnisse sind daher nicht die alleinige Grundlage der gutachterlichen Aussagen, da sowohl die gewässerkundlichen Erkenntnisse über das Untersuchungsgebiet als auch die revier- und methodenspezifischen Erfahrungen des Gutachters in der wasserbaulichen Systemanalyse mit in die Bewertung einfließen müssen.

Die generelle Wirkungsweise einer Flutraumvergrößerung sowie allgemeine Hinweise zur Analyse (Tidekennwertanalyse), Darstellung (Verlauf der Längsprofile, Vorzeichenkonventionen) und Bewertung (Schwellenwerte zur Berücksichtigung der ausbaubedingten Änderungen) der Simulationsergebnisse werden im Bericht zum Bearbeitungskonzept (BAW, 2011) aufgeführt.

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse der Tidekennwertanalyse näher beschrieben. Der Übersicht halber, werden nur die Differenzdarstellungen (AZ-PIZ) dargestellt. Die Absolutwerte des planerischen Ist-Zustandes sind im Anhang (Bild 7.1 bis Bild 7.13) abgebildet und darüber hinaus als kleine Abbildungen in den jeweiligen Differenzdarstellungen enthalten. Die in den Abbildungen dieses Abschnitts dargestellten Kurven sind entsprechend der zugrunde liegenden Varianten eingefärbt. Folgende Farben werden verwendet:

Rot	Variante 1: Einzelmaßnahme Kreetsand
Hellgrün	Variante 2: Einzelmaßnahme Spadenland mit Anschluss nach Osten
Dunkelgrün	Variante 3: Einzelmaßnahme Spadenland mit Anschluss nach Westen
Hellblau	Variante 4: Kombination aus Variante 1 und Variante 2
Dunkelblau	Variante 5: Kombination aus Variante 1 und Variante 3

Das Hauptaugenmerk bei der nachfolgenden Beschreibung der Ergebnisse liegt auf dem Bereich zwischen der Trübungszone (ca. Elbe-Km 670) und dem stromauf gelegenen Ende des Stromspaltungsgebiets (ca. Elbe-Km 608), da sich Änderungen in diesem Bereich besonders stark auf die zu bewertenden Prozesse auswirken.

5.1 Analyseergebnisse der Wasserstände

• Tideniedrigwasser

Das geringste mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) liegt mit ca. -1,9 m NHN im Stromspaltungsgebiet der Elbe (siehe Bild 7.1 und Bild 7.2 bzw. kleine Abbildung in Bild 5.1 und Bild 5.2). Gegenüber dem Minimum liegt das MTnw in der unteren Tideelbe um ca. 0,5 m und am Wehr Geesthacht ca. 1,4 m höher. Um den negativen Gradienten im Verlauf des Tideniedrigwassers zu reduzieren ist eine Stützung des Tideniedrigwassers besonders im Hamburger Bereich wünschenswert.

Trassenprofil:

Durch alle fünf Maßnahmen wird das MTnw in der Tideelbe angehoben (Bild 5.1). Die größte Stützung des MTnw tritt im Anschlussbereich der Maßnahmen (Elbe-Km 614) und damit im Bereich der geringsten Absolutwerte des MTnw auf. Die Maßnahme Kreetsand (Variante 1) bewirkt nur eine lokale Stützung des MTnw, ansonsten liegt die Änderung unterhalb des Schwellenwerts von 1 cm. Bei den beiden Maßnahmen des Spadenländer Ausschlags (Variante 2 und 3) ist die Stützung des Niedrigwassers beinahe im gesamten Stromspaltungsgebiet (Elbe-Km 600 bis 620) zu erkennen. Mit bis zu 3 cm ist sie etwa doppelt so groß wie bei der Maßnahme Kreetsand. Die größte Stützung bewirken die beiden Varianten mit einer Kombination der Maßnahmen (Variante 4 und 5). Sie wirken auch außerhalb des Stromspaltungsgebiets.

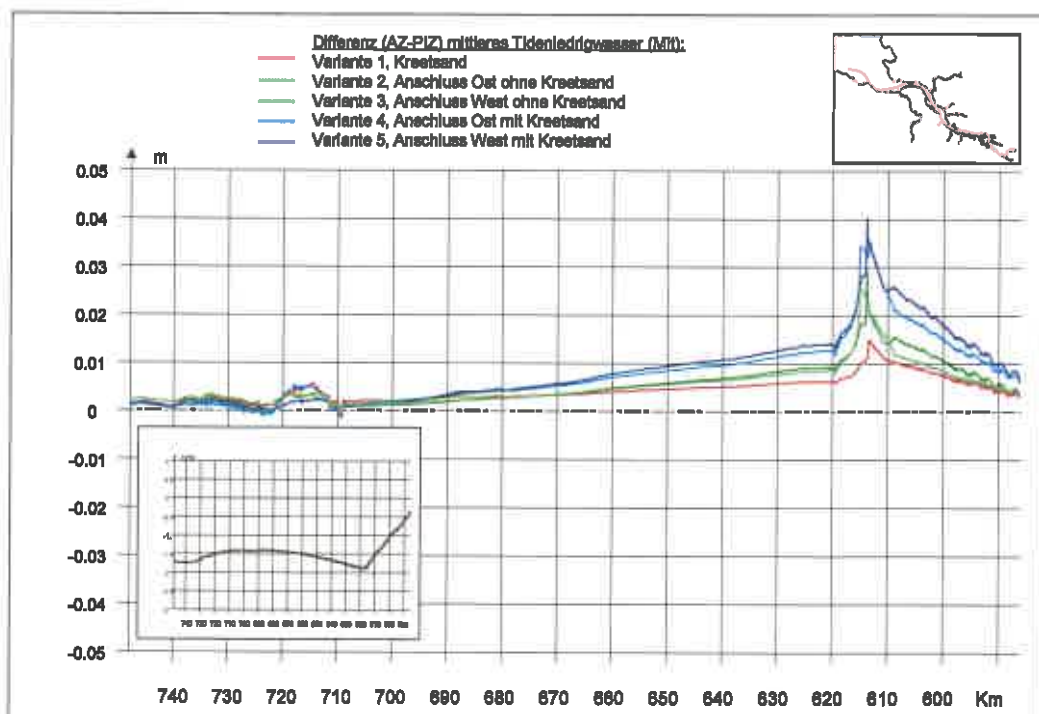


Bild 5.1 Differenz (AZ-PIZ) des mittleren Tideniedrigwassers (Mit) in Meter, aller fünf Varianten entlang des Trassenprofils für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

Süderelbeprofil:

In der gesamten Süderelbe wird das MTnw durch die Maßnahmen gestützt (Bild 5.2). Die Wirkung der Varianten 1 und 2 liegen kaum (nur Richtung Bunthaus) oberhalb des Schwellenwerts. Mit ca. 2,5 cm tritt die maximale Stützung in der Variante 5 auf. Der Anschluss des Spadenländer Ausschlags Richtung Osten bewirkt insgesamt eine geringere Stützung des MTnw als der Anschluss Richtung Westen. Dies liegt daran, dass der Ostanschluss ca. 2 Flusskilometer weiter von der Süderelbe (Bunthaus) entfernt liegt als der Westanschluss.

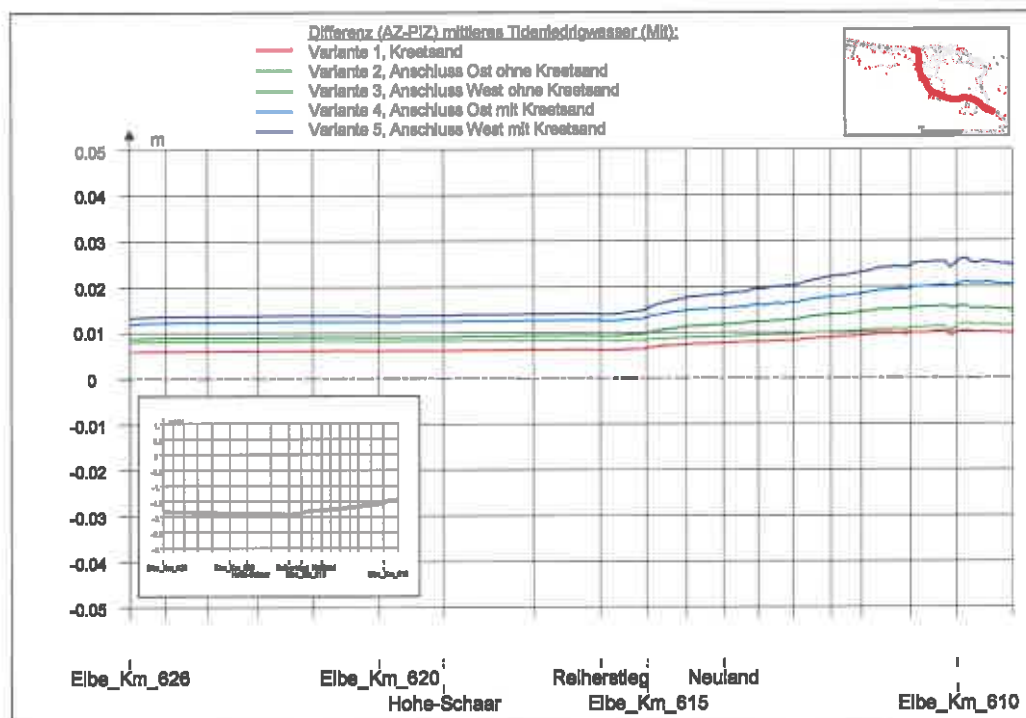


Bild 5.2 Differenz des mittleren Tideniedrigwassers (Mit) in Meter, aller fünf Varianten auf dem Längsprofil in der Süderelbe für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

- **Tidehub**

Der mittlere Tidehub (MThb) liegt im Referenzzustand zwischen 2,7 m und 4 m (siehe Bild 7.3 und Bild 7.4 bzw. kleine Abbildung in Bild 5.3 und Bild 5.4). Der größte mittlere Tidehub tritt in Hamburg auf, der niedrigste etwa bei Brokdorf (Elbe-Km 685).

Trassenprofil:

Durch die Maßnahmen nimmt der MThb ab (Bild 5.3). Die Abnahme resultiert größtenteils aus der Stützung des mittleren Tideniedrigwassers. Die größte Wirkung zeigen die Kombinationsvarianten (Variante 4 und 5), gefolgt von den beiden Maßnahmen des Spadenländer Ausschlags. Der Anschluss des Flutraums nach Westen hat jeweils eine etwas größere Wirkung auf die Dämpfung des Tidehubs als der Anschluss nach Osten. Die Maßnahme Kreetsand (Variante 1) wirkt nur lokal dämpfend auf den Tidehub.

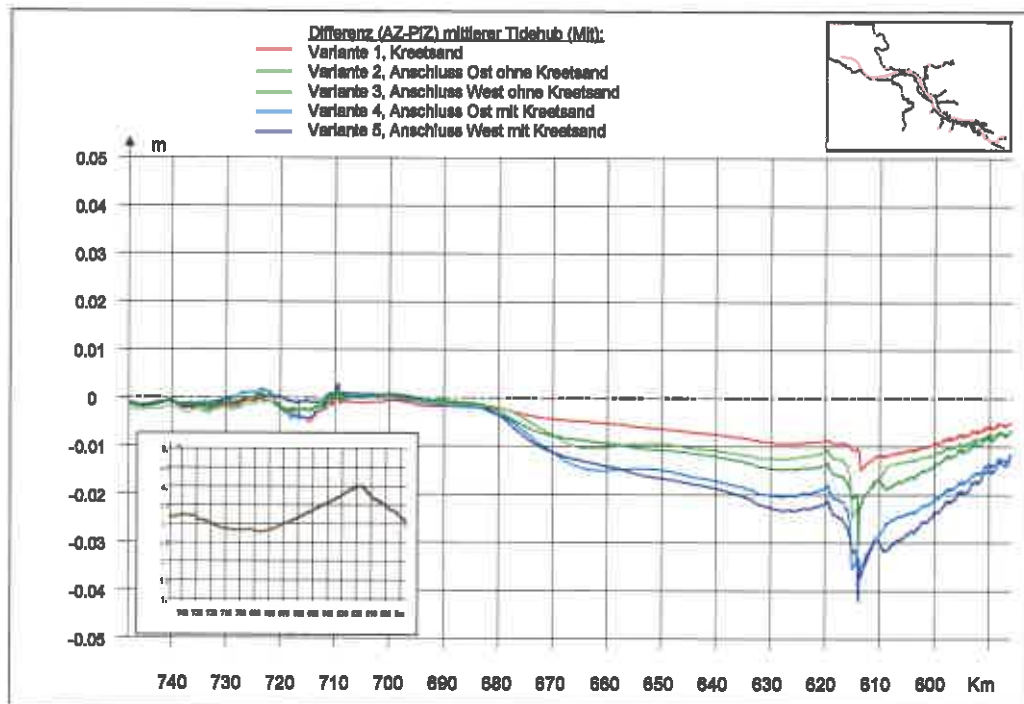


Bild 5.3 Differenz des mittleren Tidehubs (Mit) in Meter, aller fünf Varianten auf dem Tras-
 senprofil für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

Süderelbeprofil:

In der Süderelbe reduzieren die Maßnahmen den MThb (Bild 5.4). Richtung Bunt-
 haus ist die Abnahme jeweils am größten. Stromab des Sohlspungs (Elbe-Km 615)
 ist die Wirkung konstant. Die Dämpfung des Tidehubs liegt zwischen 1 cm in Vari-
 ante 1 und ca. 3 cm in Variante 5. Die Anschlussvarianten des Spadenländer Aus-
 schla- ges nach Osten haben in der Süderelbe jeweils eine etwas geringere Wirkung auf die
 Dämpfung des Tidehubs als die Anschlussvarianten nach Westen.

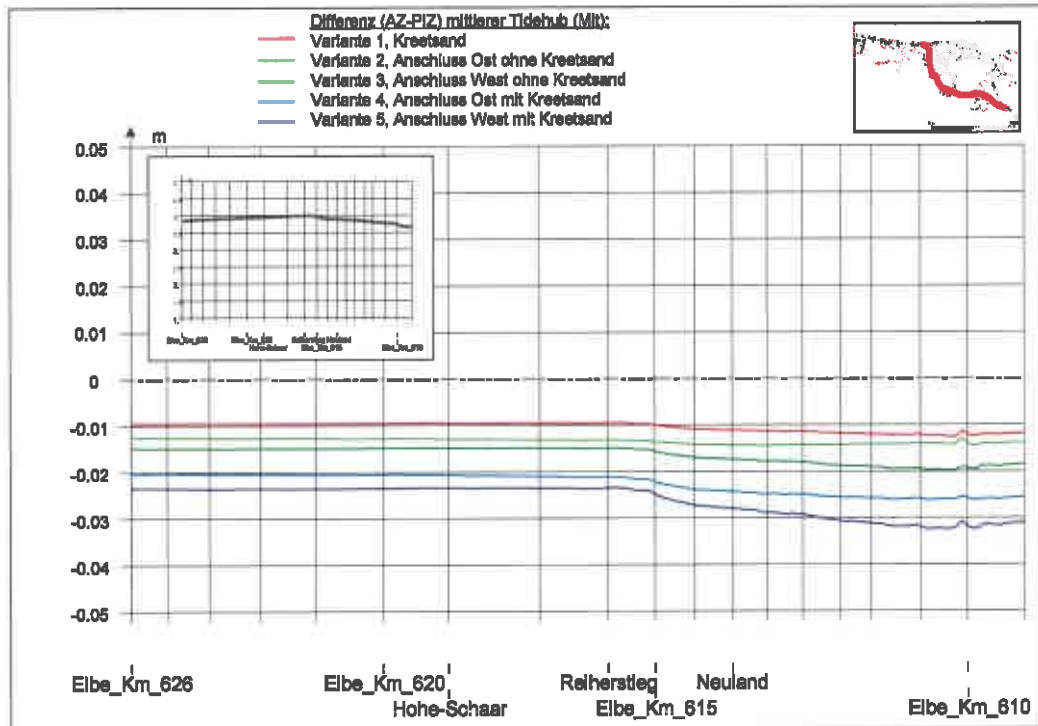


Bild 5.4 Differenz des mittleren Tidehubs (Mit) in Meter, aller fünf Varianten auf dem Längsprofil in der Süderelbe für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

5.2 Analyseergebnisse der Strömungsverhältnisse

- **Maximale Ebbestromgeschwindigkeit**

Die über den Querschnitt des Ästuars integrierte maximale Ebbestromgeschwindigkeit (Bild 7.5 und Bild 7.6 bzw. kleine Abbildungen in Bild 5.5) liegt zwischen ca. 1,5 m/s (Cuxhaven) und ca. 0,3 m/s (Hamburg).

Trassenprofil:

In der oberen Abbildung von Bild 5.5 ist die Wirkung aller fünf Varianten auf die maximale querschnittsintegrierte Ebbestromgeschwindigkeit auf dem Trassenprofil abgebildet. Der zusätzliche Flutraum erhöht das Tidevolumen. Stromab der Maßnahmen steigt die maximale Ebbestromgeschwindigkeit daher. Stromauf der Maßnahmen nimmt sie ab. Die Änderungen der Variante 1 (Kreetsand) liegen unterhalb des Schwellenwerts. Bei dem Anschluss des Spadenländer Ausschlags nach Osten ist die Zunahme mit 0,05 m/s am größten. Die Abnahmen liegen etwa in derselben Größenordnung wie die Zunahmen. Außerhalb des Stromspaltungsgebiets treten in keiner Variante Änderungen auf.

Süderelbeprofil:

In der unteren Abbildung von Bild 5.5 ist die Wirkung aller fünf Varianten auf die maximale querschnittsintegrierte Ebbestromgeschwindigkeit auf dem Längsprofil durch die Süderelbe abgebildet. In keiner Variante liegt die Änderung über dem Schwellenwert (2,5 cm/s).

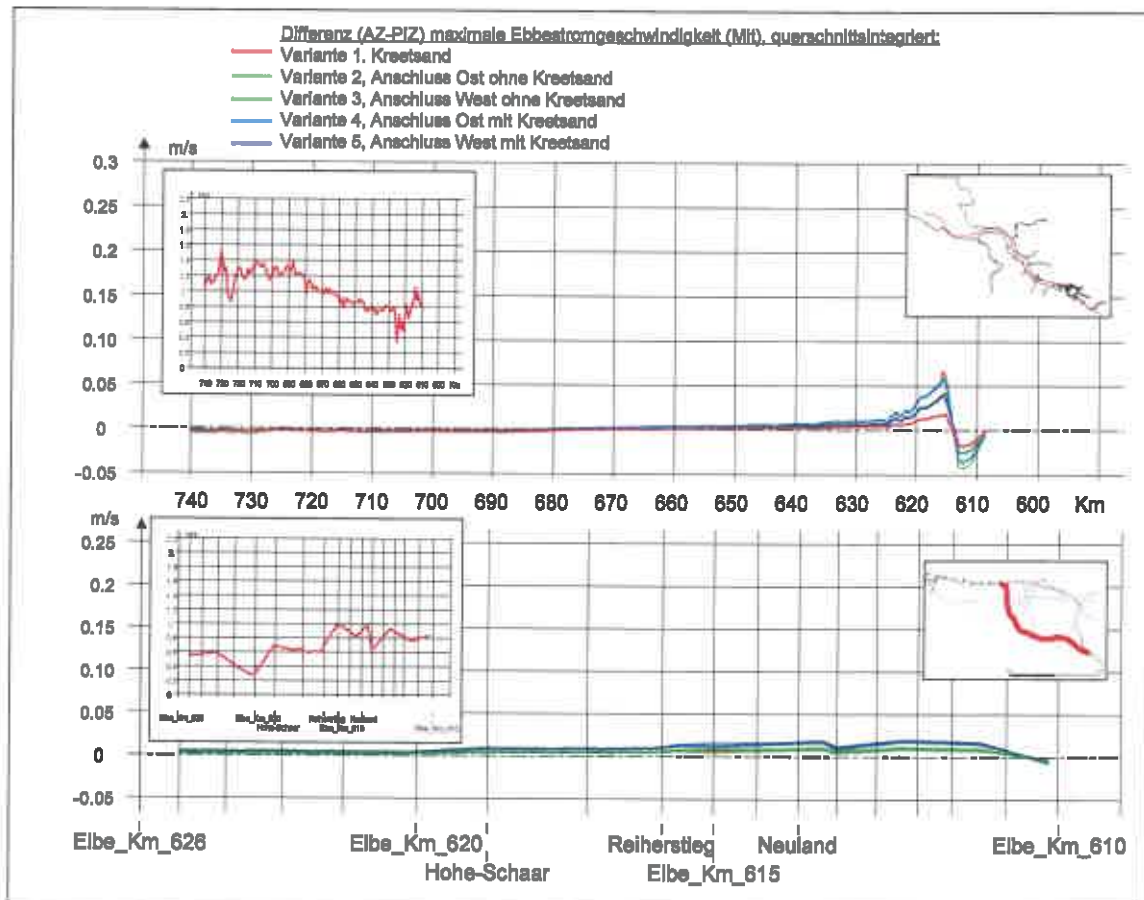


Bild 5.5 Differenz der maximalen querschnittsintegrierten Ebbestromgeschwindigkeit (Mit) in m/s, aller fünf Varianten auf dem Trassenprofil (oben) und in der Süderelbe (unten) jeweils für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

• **Maximale Flutstromgeschwindigkeit**

Die maximale querschnittsintegrierte Flutstromgeschwindigkeit (Bild 7.5 und Bild 7.6 bzw. kleine Abbildungen in Bild 5.6) liegt zwischen ca. 1,4 m/s (Brokdorf) und ca. 0,3 m/s (Hamburg).

Trassenprofil:

Die Wirkung aller fünf Varianten auf die maximale querschnittsintegrierte Flutstromgeschwindigkeit entlang des Trassenprofils ist in der oberen Abbildung von Bild 5.6 dargestellt. Wie die maximale Ebbestromgeschwindigkeit steigt auch die maximale Flut-

stromgeschwindigkeit stromab der Maßnahmen, da sich das Tidevolumen durch den zusätzlichen Flutraum erhöht. Stromauf der Maßnahmen nimmt sie ab. Der Anstieg nimmt Werte zwischen 0,03 m/s (Variante 1) und 0,2 m/s (Variante 4) an und beschränkt sich auf das Stromspaltungsgebiet. Der Anschluss des Spadenländer Ausschlags nach Westen verursacht insgesamt eine geringere Zunahme der maximalen querschnittsintegrierten Flutstromgeschwindigkeit als der nach Osten.

Süderelbeprofil:

In der unteren Abbildung von Bild 5.6 ist die Wirkung aller fünf Varianten auf die maximale querschnittsintegrierte Flutstromgeschwindigkeit entlang des Längsprofils durch die Süderelbe abgebildet. In der Variante 5 steigt die maximale Flutstromgeschwindigkeit zwischen dem Reiherstieg und Neuland um ca. 0,025 m/s an. In allen anderen Varianten liegen die Änderungen unterhalb des Schwellenwerts.

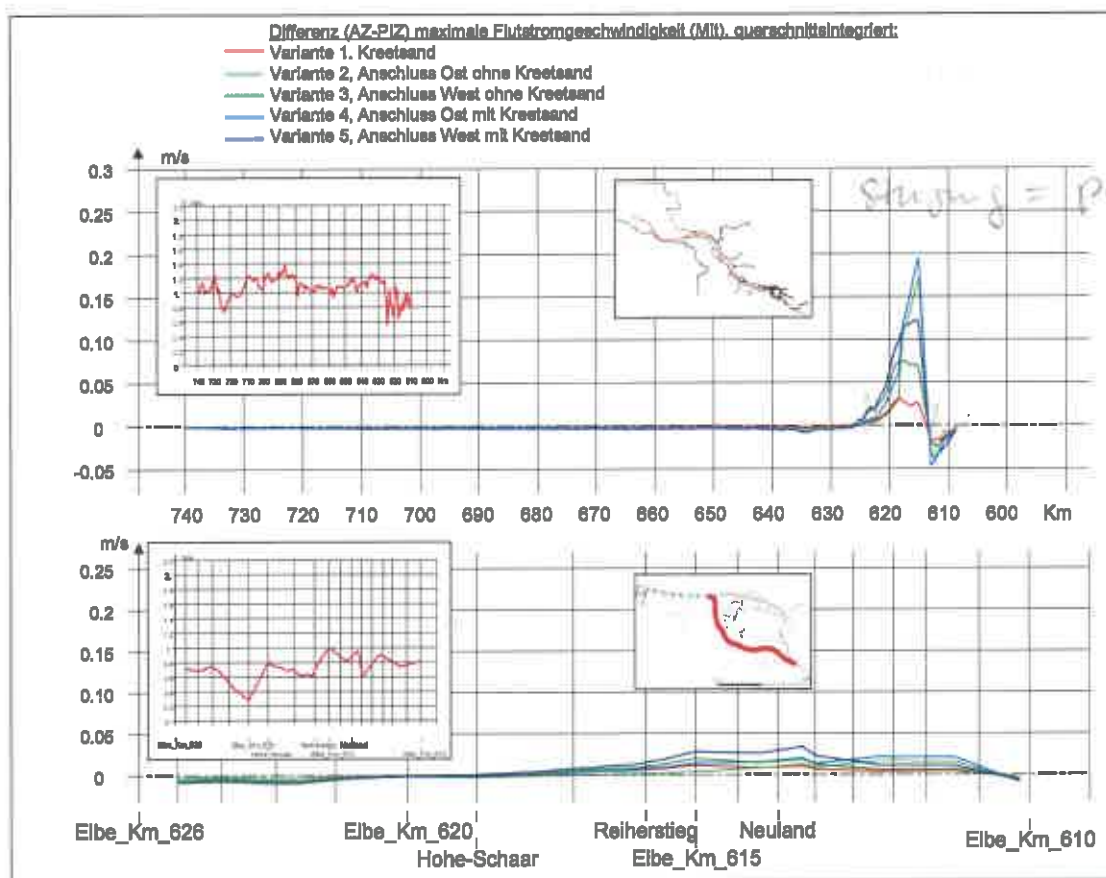


Bild 5.6 Differenz der maximalen querschnittsintegrierten Flutstromgeschwindigkeit (Mit) in m/s, aller fünf Varianten auf dem Trassenprofil (oben) und in der Süderelbe (unten) jeweils für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

- **Maximaler Flut- zu maximaler Ebbestrom (F:E- Verhältnis)**

Zwischen Brokdorf und Hamburg liegt das Verhältnis aus maximalem querschnittsintegriertem Flut- und maximalem querschnittsintegriertem Ebbestrom über eins. Dieser

Bereich ist damit flutstromdominant. In der Süderelbe herrscht in dem Bereich stromab des Elbe-Km 615 Flutstromdominanz (Bild 7.5 und Bild 7.6 bzw. kleine Abbildungen in Bild 5.7).

Trassenprofil:

Die obere Abbildung von Bild 5.7 zeigt die Veränderung des F:E- Verhältnisses auf dem Trassenprofil. Im Bereich der Maßnahmen steigt das F:E- Verhältnis. Stromab von Hamburg sinkt es in allen Varianten. Die Flutstromdominanz sinkt damit zwischen der Trübungszone und Hamburg. Die Wirkung der Flutraumvergrößerung im Bereich des Spadenländer Ausschlags auf das F:E- Verhältnis ist größer als die der Maßnahme Kreesand (Variante 1). Bei dem Anschluss der Fläche nach Osten (Varianten 2 und 4) steigt das F:E- Verhältnis lokal deutlich stärker an als bei dem Anschluss nach Westen (Varianten 3 und 5). Dafür reicht der Bereich in dem das F:E- Verhältnis abnimmt weiter nach Oberstrom.

Süderelbeprofil:

In der Süderelbe sinkt das F:E- Verhältnis stromab des Reiherstiegs (Bild 5.7, unten). Die Abnahme ist bezogen auf den Absolutwert des Verhältnisses relativ klein. Am nördlichen Ende des Köhlbrands beträgt die Abnahme ca. 2,5 %. Sie tritt im flutstromdominanten Bereich der Süderelbe auf.

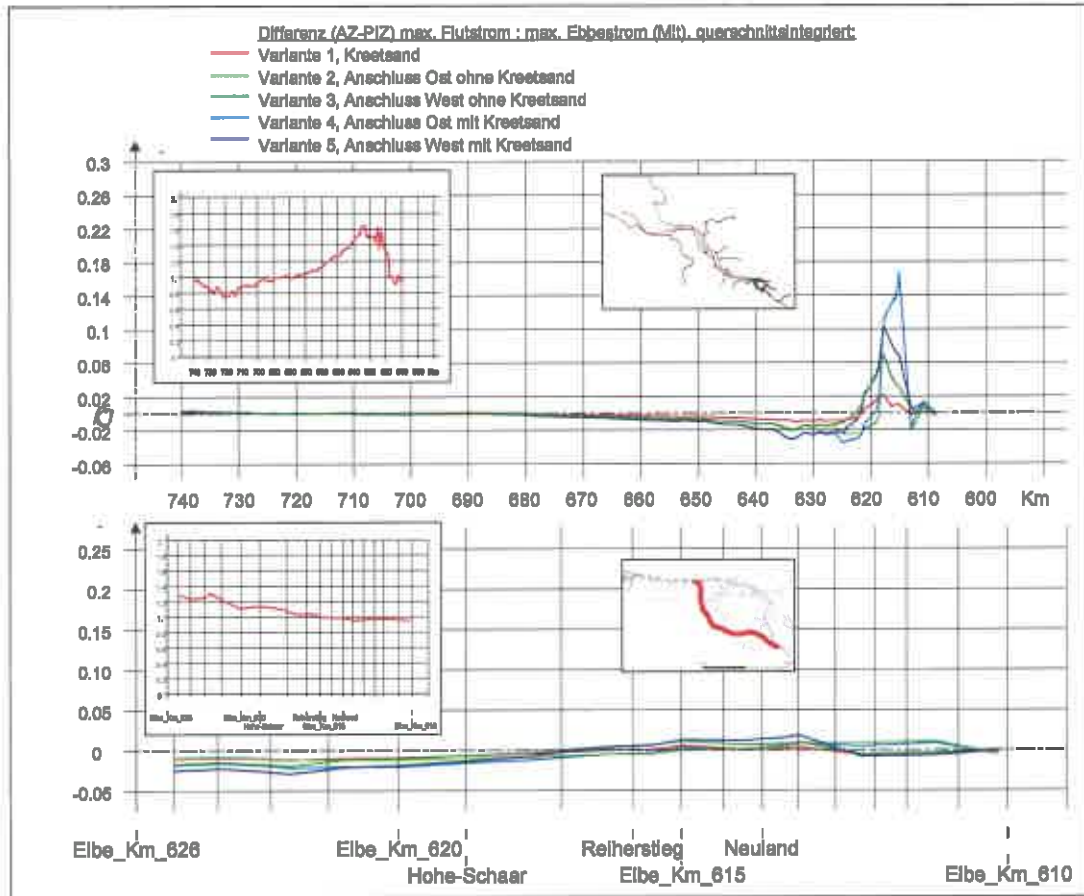


Bild 5.7 Differenz des querschnittsintegrierten F:E-Verhältnis (dimensionslos) aller fünf Varianten auf dem Trassenprofil (oben) und in der Süderelbe (unten) jeweils für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

5.3 Analyseergebnisse des Salzgehalts

Der maximale Salzgehalt in der Elbe nimmt in das Ästuar hinein ab. Stromab von Grauerort liegt er unter 1 (Bild 7.7 bzw. kleine Abbildung in Bild 5.8). Wie das Bild 5.8 zeigt, rufen die Maßnahmen keine Veränderungen des maximalen Salzgehalts oberhalb des Schwellenwerts von $0,1 [10^{-3}]$ hervor.

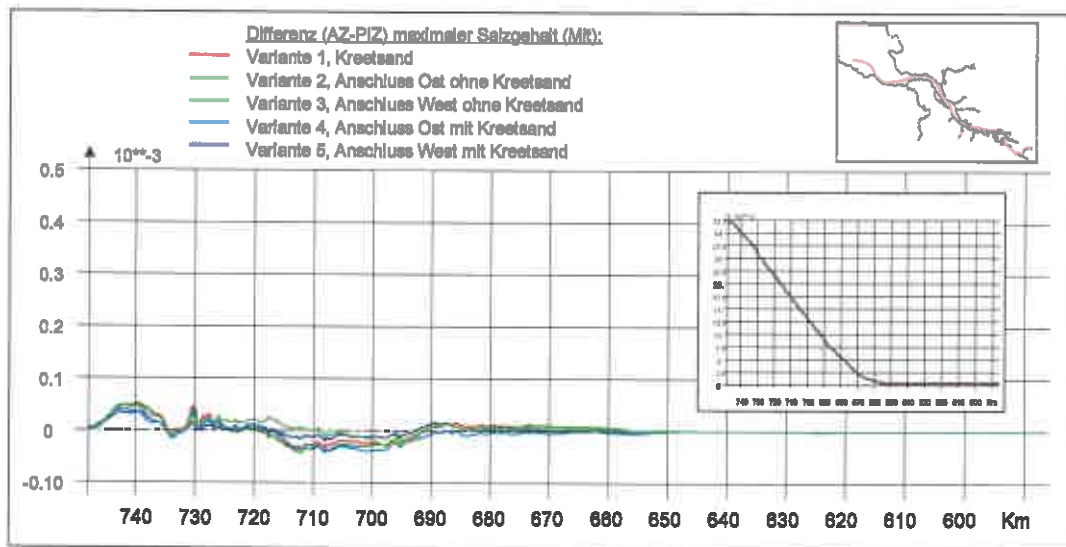


Bild 5.8 Differenz des maximalen Salzgehalts (dimensionslos) aller fünf Varianten auf dem Trassenprofil für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

5.4 Analyseergebnisse der Schwebstoffdynamik

- **Maximaler Schwebstoffgehalt**

Trassenprofil:

In Bild 5.9 ist die Differenz des maximalen Schwebstoffgehalts für alle fünf Varianten abgebildet. Die kleine Darstellung zeigt den maximalen Schwebstoffgehalt im planerischen Ist-Zustand (vgl. auch Bild 7.8). Der Maximalwert in der Trübungszone liegt bei ca. 0,6 kg/m³. Die Änderungen im maximalen Schwebstoffgehalt sind gering. Im Nahbereich der Maßnahmen (Stromspaltungsgebiet) tritt ein Anstieg des maximalen Schwebstoffgehalts bis ca. 0,01 kg/m³ auf. Ansonsten ist die Änderung deutlich kleiner.

Süderelbeprofil:

Mit 0,15 kg/m³ tritt der höchste Wert des maximalen Schwebstoffgehalts am stromab liegende Ende der Süderelbe auf (Bild 7.9 bzw. kleine Abbildung in Bild 5.10). Durch die Maßnahmen steigt der maximale Schwebstoffgehalt in allen fünf Varianten an (Bild 5.10). Der Anstieg nimmt nach stromauf zu. Bezogen auf den maximalen Schwebstoffgehalt im planerischen Ist-Zustand liegt die Zunahme durch den Anschluss des Flutraums Spadenländer Ausschlag im Bereich Bunthaus bei ca. 8 %. Die Maßnahme Kreetsand erhöht den maximalen Schwebstoffgehalt um ca. 2 %. Im Köhlbrand liegt der Anstieg in allen Varianten unter 1 %.

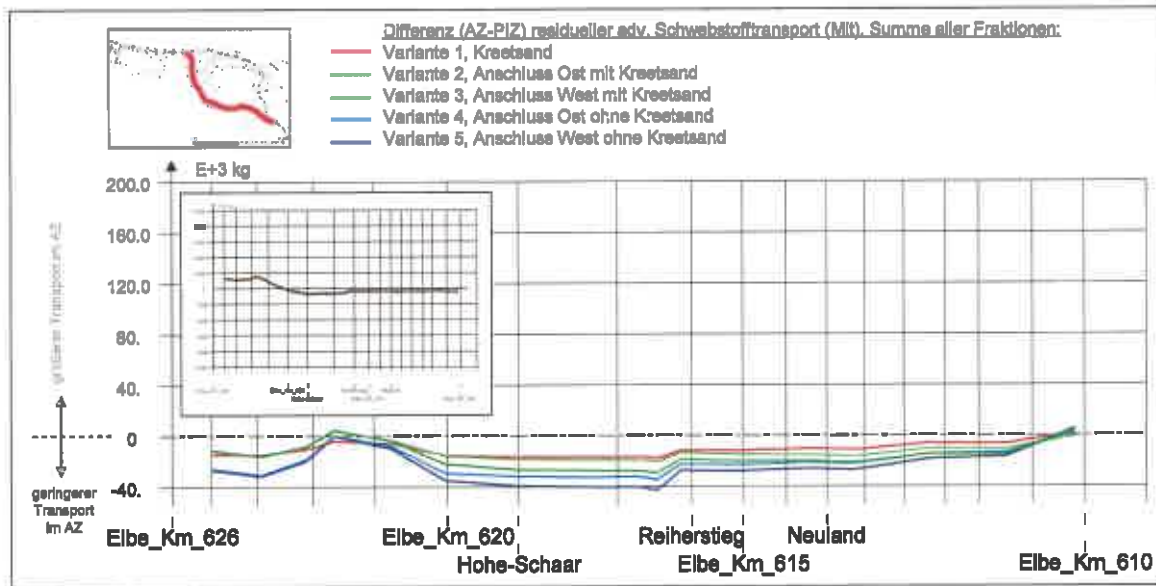


Bild 5.14 Differenz des residuellen advektiven Schwebstofftransports in 10^3 kg, für alle fünf Varianten in der Süderelbe jeweils für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

6 Bewertung

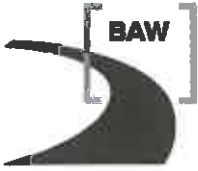
Die untersuchten Maßnahmen im Bereich Kreetsand und des Spadenländer Ausschlags wirken sich weitestgehend im Sinne der Zielsetzung (vgl. BAW, 2011) aus. Alle Maßnahmen führen zu der erwünschten Dämpfung des Tidehubs. Diese resultiert zum Großteil aus einer Stützung des mittleren Tideniedrigwassers. Hervorzuheben ist, dass sich die Wirkung im Wesentlichen auf den Hamburger Raum konzentriert. Damit tritt sie genau in dem Bereich auf, in dem der Tidehub sein Maximum und das mittlere Tideniedrigwasser sein Minimum aufweist.

Infolge des Anstiegs des Tidevolumens wirken die Maßnahmen erhöhend auf die Strömungsgeschwindigkeit. Die Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit konzentriert sich im Wesentlichen auf den Bereich des Stromspaltungsgebiets. Das F:E-Verhältnis steigt in Teilen des Stromspaltungsgebiets zwar an, gerade in den kritischen, weil flutstromdominanten Abschnitten der Süderelbe und zwischen der Trübungszone und Hamburg sinkt das F:E-Verhältnis und damit die Flutstromdominanz allerdings ab. Dies macht sich auch im Schwebstofftransport positiv bemerkbar. Die Schwebstoffdynamik nimmt durch eine Erhöhung der advektiven Transporte durch den Flut- und Ebbestrom zwischen der Trübungszone und Hamburg zwar zu, durch den stärkeren Anstieg der Transporte im Ebbestrom sinkt allerdings der residuelle advektive Schwebstofftransport. Damit wird dem stromauf Transport der Sedimente entgegen gewirkt.

Qualitativ unterscheidet sich die Wirkung der Ausbauvarianten kaum. Die Wirkungsweise ist auch aufgrund der ähnlichen Position des jeweils angeschlossenen Flutraums gleich. Die quantitative Wirkung unterscheidet sich jedoch.

Die Maßnahme Kreetsand weist schon durch das kleinere, zusätzlich angeschlossene Volumen die geringste quantitative Wirkung auf. Maßnahmenbedingte Änderungen oberhalb der im Bearbeitungskonzept (BAW, 2011) definierten Schwellenwerte treten nur sehr lokal im Bereich der Maßnahme auf. Die größte Wirkung wird durch die Kombination des Flutraumes Kreetsand und des Spadenländer Ausschlags hervorgerufen.

Die Art des Anschlusses des Flutraums im Bereich des Spadenländer Ausschlags (nach Osten oder Westen) hat nur geringe Auswirkungen auf die großräumige Wirkung der Maßnahme. Tendenziell sind die Dämpfung des mittleren Tidehubs sowie die Stützung des mittleren Tideniedrigwassers bei einem Anschluss nach Westen etwas größer als bei dem nach Osten. Auch bei dem gleichzeitigen Anschluss der Maßnahme Kreetsand überwiegt die Wirkung des nach Westen angeschlossenen Flutraums. Auch auf die Änderung der Strömungsgeschwindigkeit hat der Anschluss des Flutraums im Bereich des Spadenländer Ausschlags nur lokal Einfluss. Der Anstieg fällt durch den Anschluss nach Westen etwas gerin-



ger aus und das F:E- Verhältnis steigt weniger stark an. In der Süderelbe verursacht der Anschluss nach Westen eine etwas höhere Schwebstoffdynamik, der residuelle advective Schwebstofftransport nimmt stromauf des Elbe-Km 620 stärker ab als bei dem Anschluss nach Osten. Insgesamt verstärkt der Anschluss des Flutraums Spadenländer Ausschlag nach Westen daher die positive Wirkung der Maßnahme gegenüber dem Anschluss nach Osten. Die Unterschiede sind insgesamt aber gering.

Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg
Hamburg, im Dezember 2012

Im Auftrag

Bearbeiter

Dr. rer. nat. N. Winkel
(Regierungsdirektor)

Dipl.-Ing. M. Klöpper
(Wiss. Angestellter)

7 Literaturverzeichnis

- BAW, 2003** Potentialanalyse für die Unter- und Außenelbe. Systemanalyse zur hydraulischen Kompensation nachteiliger Entwicklungen der kennzeichnenden Tidewasserstände.; Auftrag Nr. 5.02.10014; Bundesanstalt für Wasserbau; Unveröffentlicht
- BAW 2007a** Mittel- und langfristiges Strombaukonzept für die durch Tide beeinflusste Elbe, Systemstudie zur Auswirkung der Schaffung von Fluträumen im Bereich der „Doveelbe“; Gutachten BAW-Nr. A39550310069; Bundesanstalt für Wasserbau; Unveröffentlicht.
- BAW 2007b** Mittel- und langfristiges Strombaukonzept für die Tideelbe, Systemstudie zur Auswirkung der Schaffung von Flutraum im Bereich der „Alten Süderelbe“; Gutachten BAW-Nr. A39550310069; Bundesanstalt für Wasserbau; Unveröffentlicht.
- BAW, 2011** Untersuchung des Strombau und des Sedimentmanagements im Rahmen des „Tideelbekonzeptes“ Bericht zum Bearbeitungskonzept, BAW-Nr. A399550310172-1, Bundesanstalt für Wasserbau, Unveröffentlicht.
- HPA, 2006** Konzept für eine nachhaltige Entwicklung der Tideelbe als Lebensader der Metropolregion Hamburg; H.P. Dücker, H.-H. Witte, H. Glindemann und K. Thode; HPA 2006
- ProAqua, 2009** Entwicklung eines tidebeeinflussten Flachwassergebietes Spadenlander Busch / Kreetsand, Strömungsmodellierung / Sedimentationsmodellierung, Bericht der ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH, September 2009.

Anhang

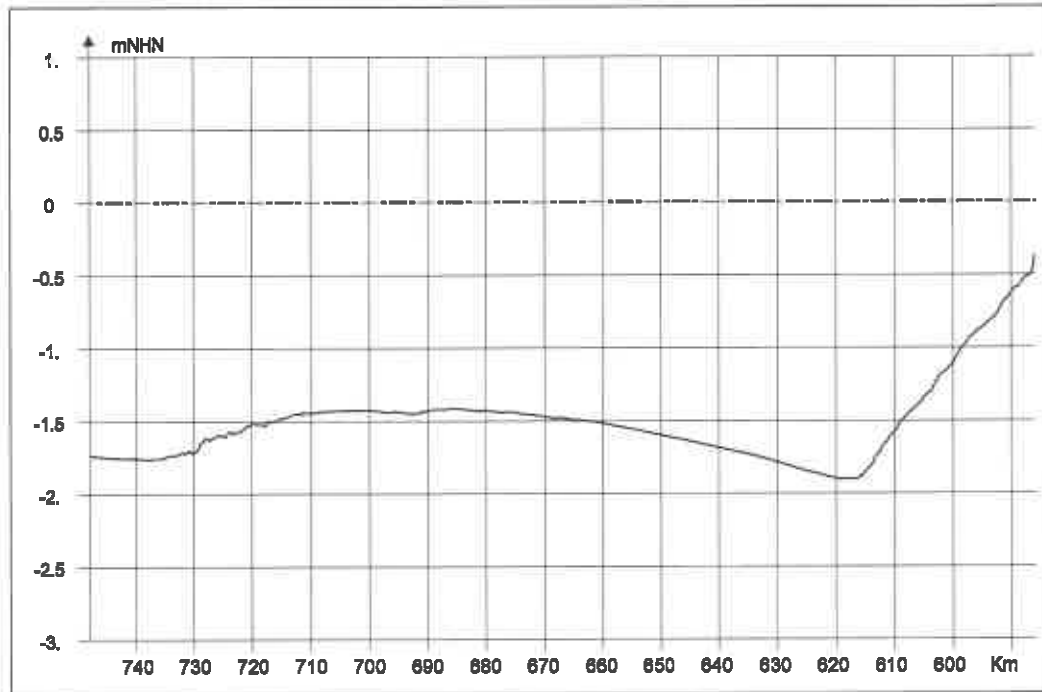


Bild 7.1 Mittleres Tideniedrigwasser (Mit) in Meter NHN auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

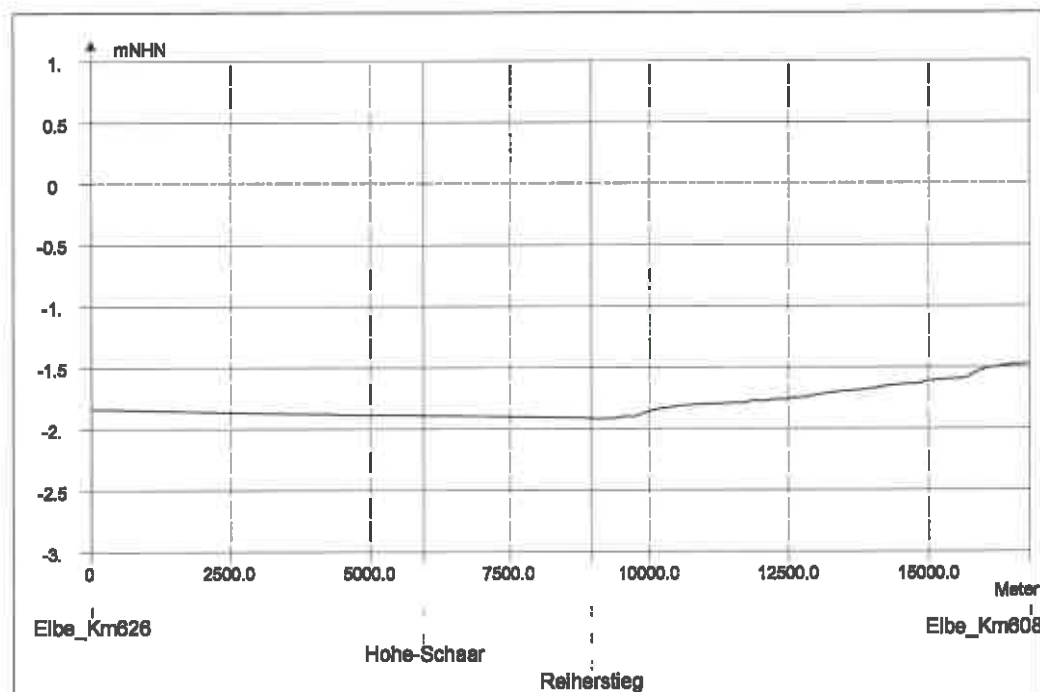


Bild 7.2 Mittleres Tideniedrigwasser (Mit) in Meter NHN in der Süderelbe im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

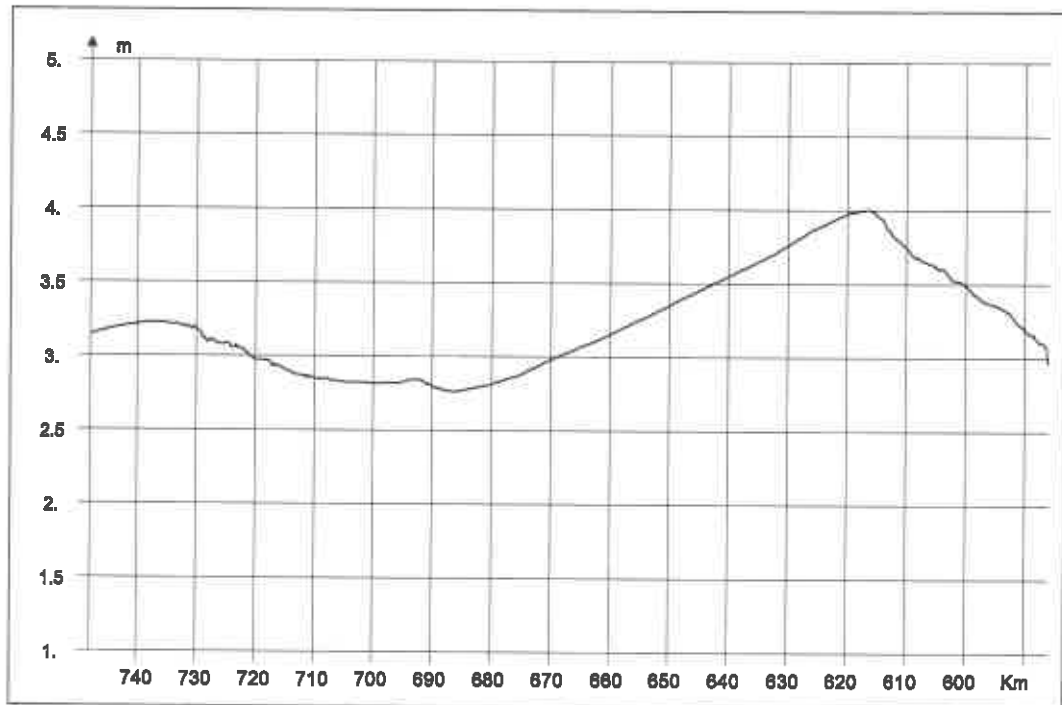


Bild 7.3 Mittlerer Tidehub (Mit) in Meter NHN auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

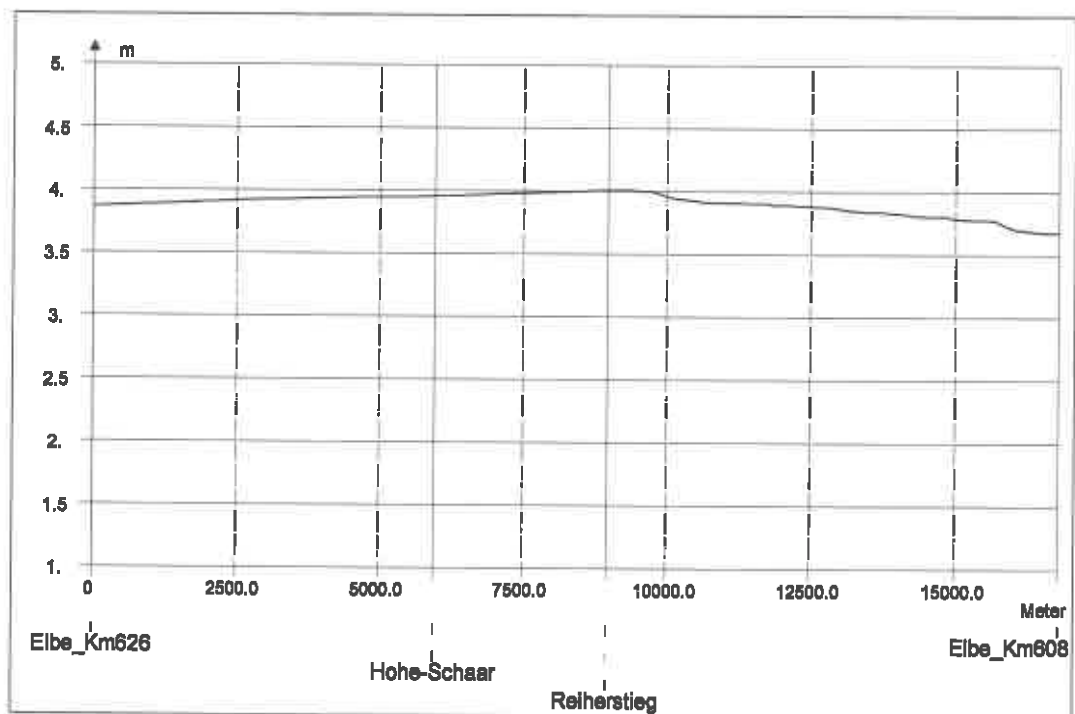


Bild 7.4 Mittlerer Tidehub (Mit) in Meter NHN in der Süderelbe im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

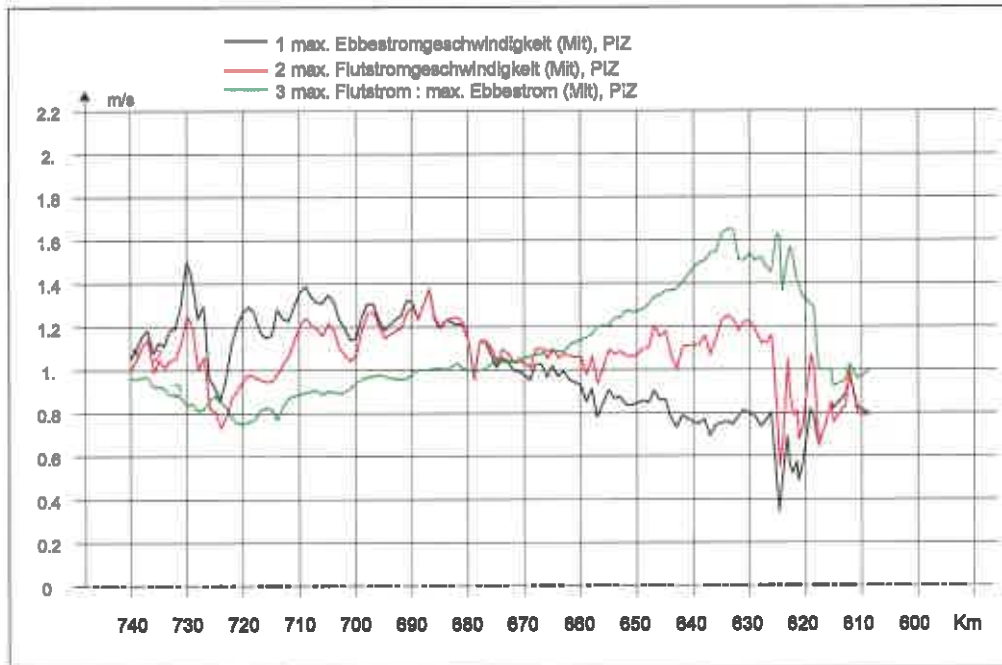


Bild 7.5 Maximale Flut- und maximale Ebbestromgeschwindigkeit (Mit) in m/s sowie F:E-Verhältniss (Mit) (dimensionslos) auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

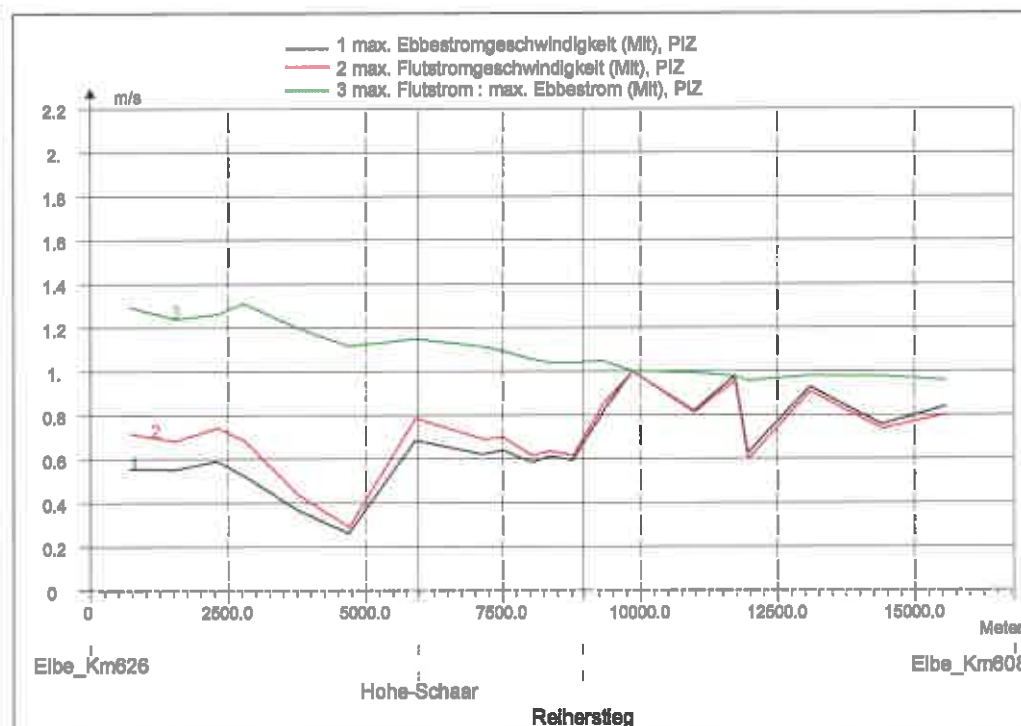


Bild 7.6 Maximale Flut- und maximale Ebbestromgeschwindigkeit (Mit) in m/s sowie F:E-Verhältniss (Mit) (dimensionslos) in der Süderelbe im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

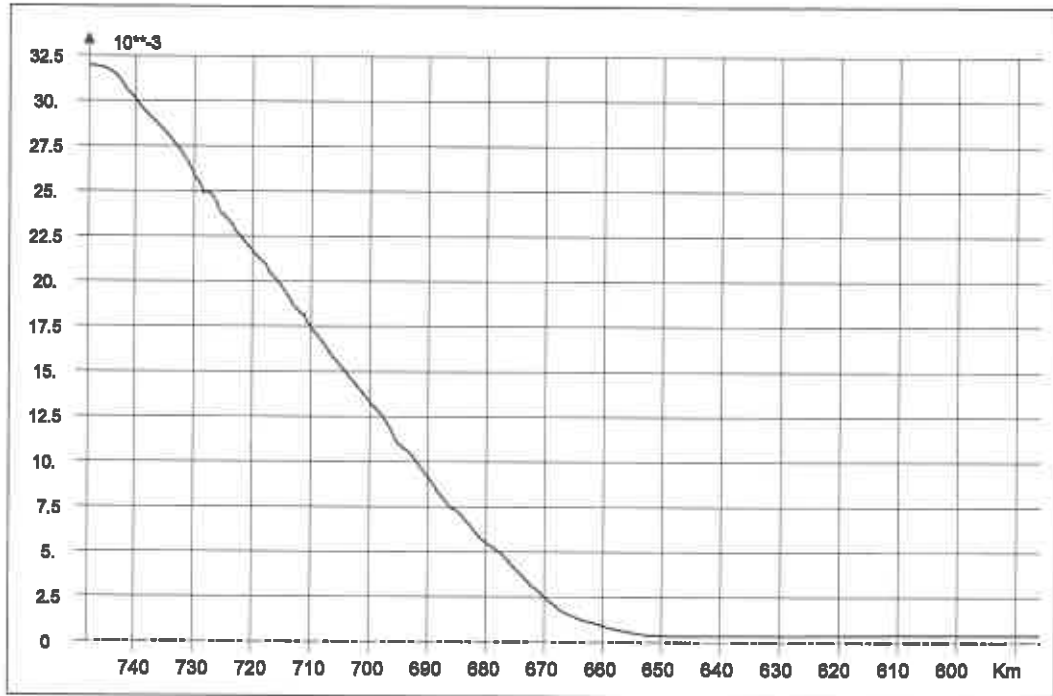


Bild 7.7 Maximaler Salzgehalt (Mit) (dimensionslos) auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

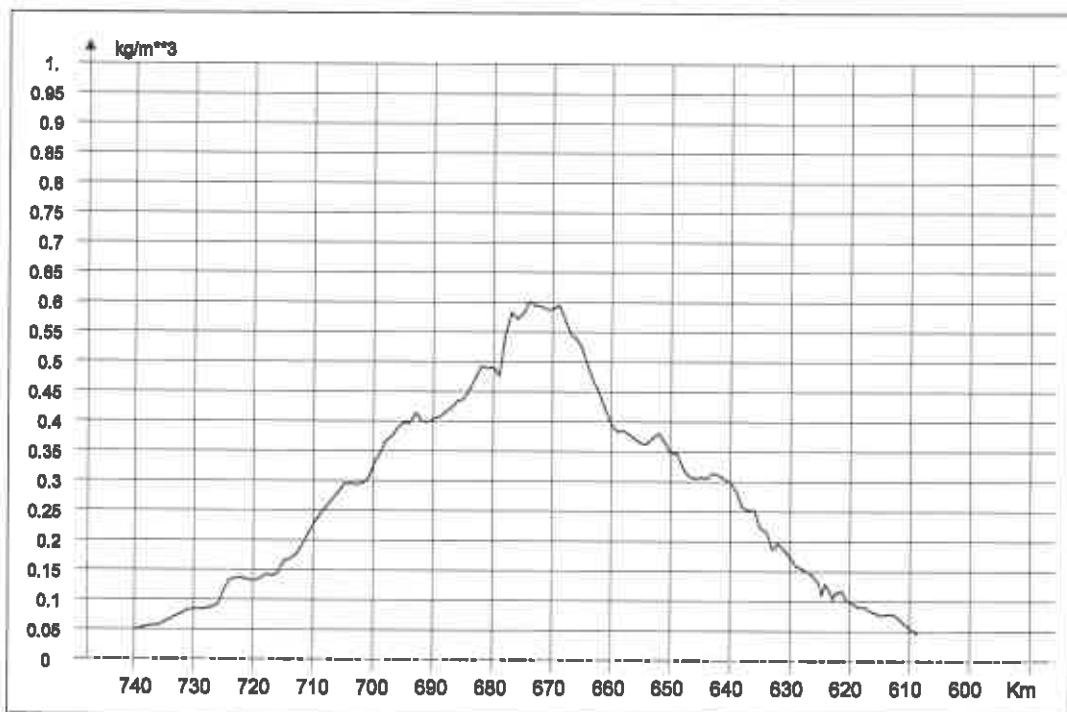


Bild 7.8 Maximaler Schwebstoffgehalt (Mit) der Summe aller Fraktionen in kg/m^3 auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

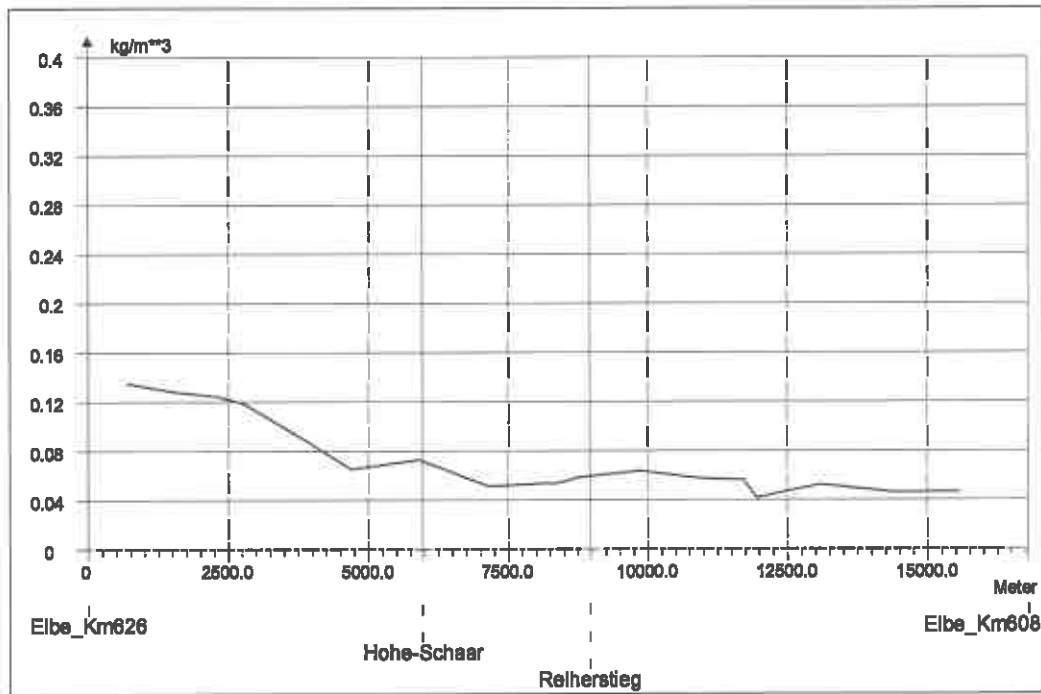


Bild 7.9 Maximaler Schwebstoffgehalt (Mit) der Summe aller Fraktionen in kg/m^3 in der Süderelbe im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

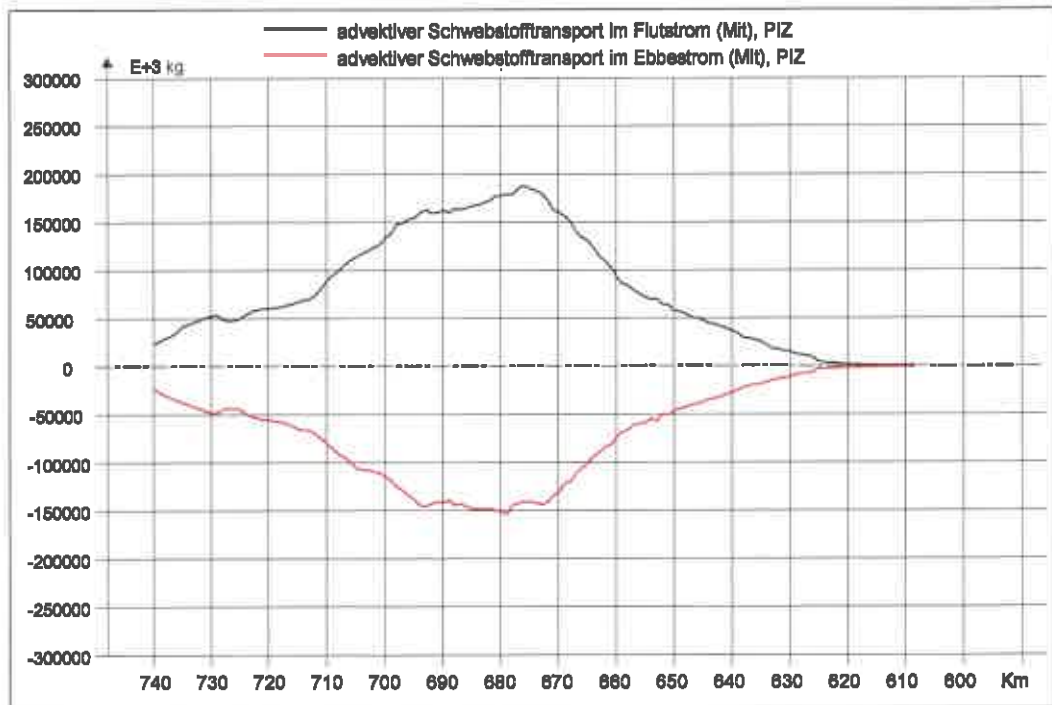


Bild 7.10 Advektiver Schwebstofftransport (Mit) im Flut- (schwarze Kurve) und Ebbestrom (rote Kurve) in 10^3 kg auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

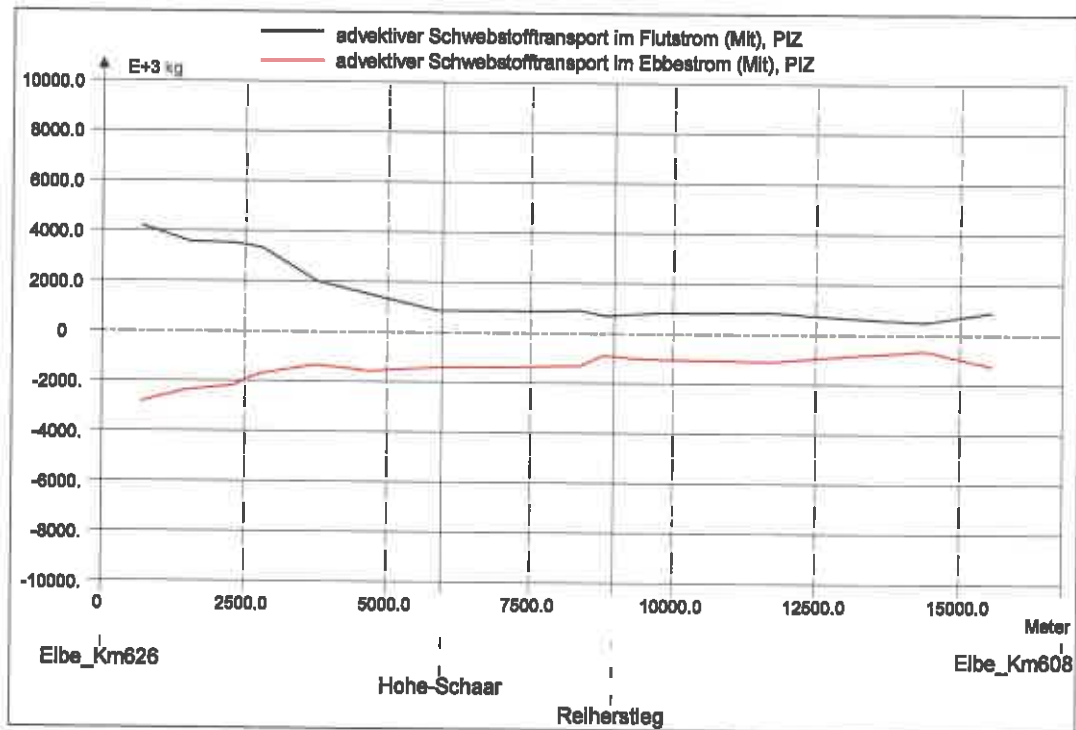


Bild 7.11 Advektiver Schwebstofftransport (Mit) im Flut- (schwarze Kurve) und Ebbestrom (rote Kurve) in 10^3 kg in der Süderelbe im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

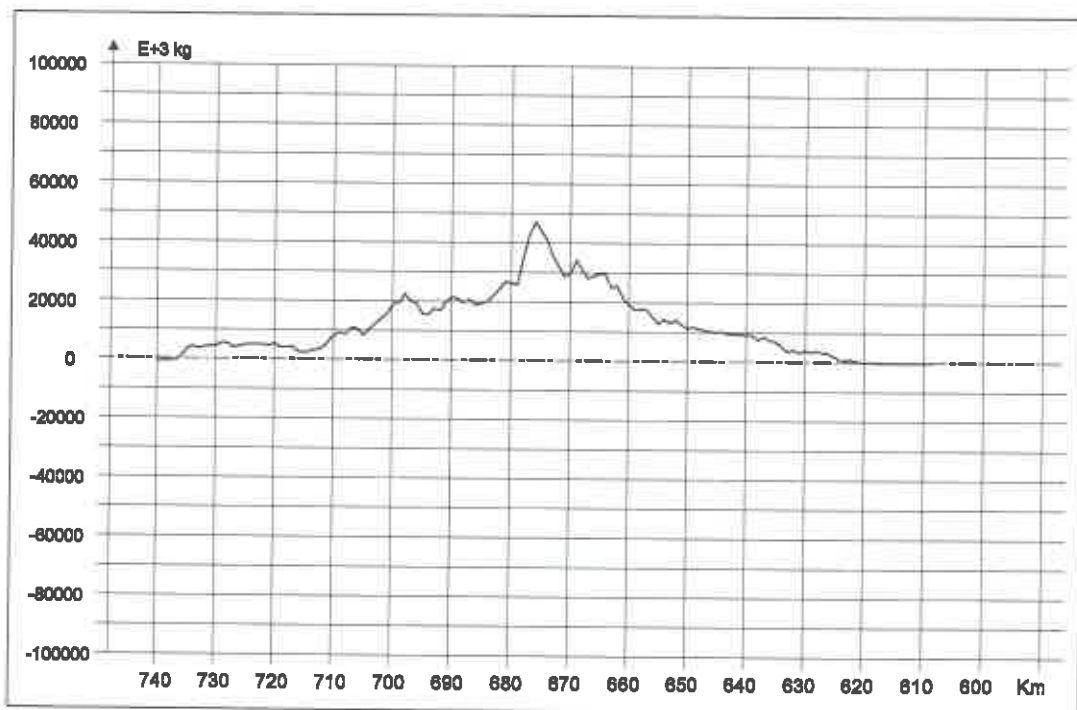


Bild 7.12 Residueller advektiver Schwebstofftransport (Mit) in 10^3 kg auf dem Trassenprofil im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr.

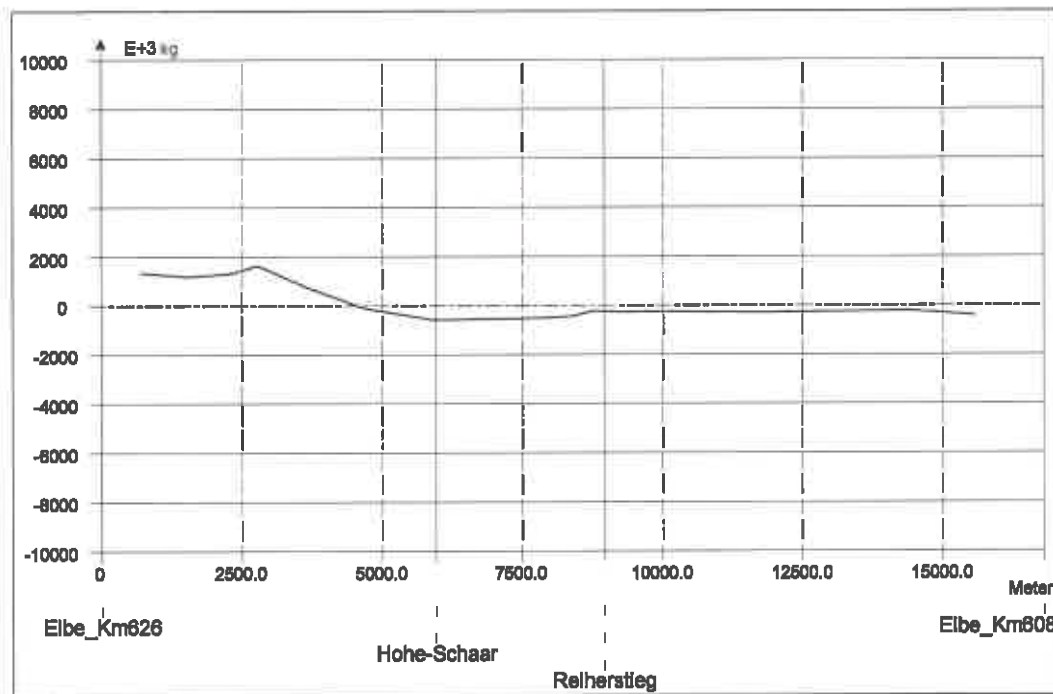


Bild 7.13 Residueller advektiver Schwebstofftransport (Mit) in 10^9 kg in der Süderelbe im planerischen Ist-Zustand für den Analysezeitraum vom 11.05. 16:40 Uhr bis 25.05.2006 23:30 Uhr