



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU
Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau

BAW



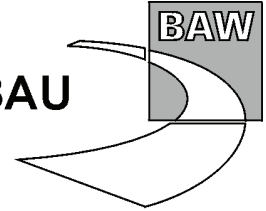
GUTACHTEN

**Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe
an die Containerschifffahrt**

**Gutachten
zur Auswirkung der Nullvariante**

BAW Nr. A3955 03 10062

H.1e



**Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe
an die Containerschifffahrt**

**Gutachten
zu
Auswirkung der „Nullvariante“**

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Hamburg Port Authority

Auftrag vom: 1. November 2004, Az.: A;192-4;427.04

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. A3955 03 10062

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Küstenbereich
Referat: Ästuarsysteme II (K3)
Bearbeiter: Dipl. Ozeanogr. M. J. Boehlich
Dr. G. Seiß
Dr. H. Weilbeer
Dipl.-Ing. A. Sohrmann
Dipl.-Ing. (FH) F. Böker
Dipl.-Ing. (FH) S. Spohr

Hamburg, 27.9.2006

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

Zusammenfassung

Mit dem Kabinettsbeschluss der Bundesregierung vom 15. September 2004 zur Aufnahme der weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe in den Bundesverkehrswegeplan erhielt das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord den uneingeschränkten Planungsauftrag für die Hauptuntersuchung. Seitens der Freien und Hansestadt Hamburg wurde das damalige Amt Strom- und Hafenbau (jetzt Hamburg Port Authority) mit der Planung des weiteren Fahrrinnenausbauens beauftragt.

Für das Planfeststellungsverfahren wurde die BAW vom Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg und der Hamburg Port Authority über das gemeinsame Projektbüro Fahrrinnenanpassung (AP-Auftrag Nr. A 3955 03 10062 und Schreiben vom 1.11.2004, Geschäftszeichen A;192-4;427.04) beauftragt, eine wasserbaulichen Systemanalyse mit dem Ziel einer detaillierten Ermittlung ausbaubedingter Änderungen der abiotischen Systemparameter zu erstellen.

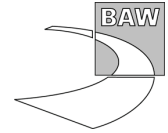
Im Rahmen dieser Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe soll die Fahrrinne der Elbe so vertieft werden, dass moderne Containerschiffe mit einem Tiefgang bis 13,50 m (Salzwasser) tideunabhängig verkehren können und tideabhängig fahrende Containerschiffe den Hamburger Hafen innerhalb eines zweistündigen Tidefensters mit einem Tiefgang von 14,50 m (Salzwasser) verlassen können. Dabei soll ebenfalls der Verlauf und die Breite der Fahrrinne den Erfordernissen der zukünftigen Schiffstypen angepasst und eine Strecke für die Begegnung von großen ein- und auslaufenden Schiffen hergestellt werden.

Nachdem im Gutachten (BAW 2006a) der Ausbauzustand AZ385S mit Hilfe eines hydrodynamisch-numerischen (HN)-Modells bezüglich seiner Wirkung bei Normaltiden untersucht und die Änderungen in Bezug auf den planerischen Ist-Zustand dargestellt wurden, wird hier die Wirkung der so genannten „Nullvariante“ untersucht und dargestellt. Die „Nullvariante“ beinhaltet generell die Prognose über die Entwicklung des Umweltzustandes bei Nichtdurchführung einer Planung, bedeutet also hier, dass die Maßnahme „Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt“, die in (BAW 2006a) ausführlich beschrieben ist, nicht durchgeführt wird. In diesem Gutachten werden die Auswirkungen der Nullvariante auf die Tidedynamik beschrieben. Im Unterschied zum planerischen Ist-Zustand (PIZ) sind weitere Maßnahmen, die sich bereits in Planung befinden bei der Nullvariante zu berücksichtigen.

. Diese Untersuchung wird für ein Szenario durchgeführt:

- Spring-Nipp Zyklus mit niedrigem, häufigsten Oberwasser

Die hochaufgelösten Modelltopographien des planerischen Ist-Zustandes sowie des Nullvarianten-Zustandes der Unter- und Außenelbe werden auf der Grundlage der Topographie von 2003 unter Berücksichtigung der jeweiligen Sollgeometrie erzeugt. Die Änderungen der



Tidekennwerte in der Elbe ergeben sich aus der Differenz zwischen dem Nullvarianten-Zustand (NVZ) und dem planerischen Ist-Zustand (PIZ).

Tidedynamisch wirksam und damit zu berücksichtigen sind die vollständige oder teilweise Verfüllung von Hafenbecken (Köhlfleethafen, Petroleumhafen, Kohlschiffhafen, Oderhafen, Travehafen, Kaiser-Wilhelm-Hafen sowie die Wasserfläche zwischen Hellinghöft und Vulkanhöft), die Vertiefung der Einfahrt des Vorhafens und des geplanten Liegeplatzes am Bubendeyufer, der Deichrückbau auf der Billwerder Insel und die Wiederanbindung der Borghorster Elbwiesen an die Tideelbe mittels eines Deichdurchstiches.

Die Verfüllungen der Hafenbecken haben die tidedynamisch größte Auswirkung der genannten Maßnahmen. Sie führen zu einer Reduktion des Schwingungsvolumens, welches die Hamburger Häfen im Tidesystem der Elbe bilden, was eine Verstärkung des Tidehubs zur Folge hat. Die übrigen Maßnahmen haben nur geringe Auswirkungen auf die Tidedynamik der Elbe.

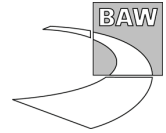
Durch die untersuchten Maßnahmen ändern sich die Tidewasserstände wie folgt: Das mittlere Tideniedrigwasser sinkt zwischen ca. Elbe-Km 705 und Elbe-Km 600 ab. Das Maximum dieses Absunks tritt bei Elbe-Km 633 auf und beträgt $-0,02$ m. Das mittlere Tidehochwasser steigt zwischen Elbe-Km 690 und dem Wehr bei Geesthacht um bis zu $+0,01$ m. Für den mittleren Tidehub ergibt sich dadurch ein Anstieg im Bereich zwischen Elbe-Km 695 und ca. Elbe-Km 596 um bis zu $+0,03$ m mit einem Maximum bei ca. Elbe-Km 640.

Hinsichtlich der Auswirkungen der Nullvariante auf die Scheitelwasserstände bei Sturmfluten können die für das Spring-Nipp Szenario genannten Veränderungen als auf der sicheren Seite liegende Abschätzungen genutzt werden. Tatsächlich werden die Änderungen kleiner sein, da bei höheren Wasserständen die Wirkung der Beckenauffüllung im Hamburger Hafen geringer ist.

Signifikante Änderungen der mittleren Tidedrömungen finden nur im Bereich der Vertiefung vor dem Bubendeyufer und vor der Einfahrt des Vorhafens statt. Die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit nimmt dort um bis zu $-0,05$ m/s ab, die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um bis zu $-0,07$ m/s.

Die mittlere maximale Ebbestromgeschwindigkeit ändert sich signifikant zusätzlich zu dem eben genannten Bereich auch noch weiter seewärts zwischen den Elbe-Km 707 und 735. Dort gibt es Zunahmen bis zu $+0,03$ m/s und Abnahmen um bis zu $-0,05$ m/s. Im Bereich Bubendeyufer beträgt die Abnahme bis zu $-0,07$ m/s, im Bereich der Einfahrt des Vorhafens bis zu $-0,03$ m/s.

Die mittlere maximale Flutstromgeschwindigkeit hat die größten Abnahmen im Bereich des Vorhafens um bis zu $-0,13$ m/s. Vor dem Bubendeyufer beträgt die Abnahme bis zu $-0,11$ m/s. Zwischen Bubendeyufer und Elbe-Km 645 verringert sie sich auf bis zu $-0,01$ m/s. Die signifikanten Änderungen der mittleren maximalen Flutstromgeschwindigkeit im weiter seewärtigen Bereich, beschränken sich auf die Elbe-Km 725 – 728, wo die Abnahme bis zu $-0,05$ m/s beträgt.



Der mittlere maximale Salzgehalt nimmt zwischen Elbe-Km 660 und 745 zu, wobei die maximale Zunahme weniger als +0,2 PSU beträgt.

Der mittlere minimale Salzgehalt nimmt zwischen Elbe-Km 680 und 748 ebenfalls zu. Die maximale Zunahme ist bei Elbe-Km 733 mit +0,3 PSU, in den anderen Gebieten des genannten Bereiches bleibt die Zunahme deutlich unter +0,2 PSU. Lediglich bei Elbe-Km 735 findet eine Abnahme statt, deren Betrag kleiner als 0,2 PSU bleibt.

Zwischen den Elbe-Km 665 und 748 nimmt auch der mittlere Salzgehalt zu, jedoch bleibt die Zunahme im gesamten Bereich unter +0,2 PSU.

Inhaltsverzeichnis

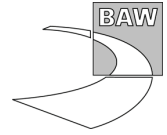
Seite

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen und Daten	2
2.1	Systemgeometrie der geplanten Anpassungen der Außen- und Unterelbe	2
3	Bearbeitungskonzept	7
3.1	Mathematische Simulationsverfahren	7
3.2	Analyse und Bewertung	9
4	Ergebnisse	10
4.1	Veränderungen des Wasserstandes	10
4.2	Veränderung der Strömungsverhältnisse	11
4.3	Veränderung der Salzgehaltsverhältnisse	12
5	Schlußbemerkungen	24
5.1	Auswirkungen der Nullvariante bei Sturmfluten	24
6	Literaturverzeichnis	26

Bildverzeichnis

Seite

Bild 1: Modelltopographie des planerischen Ist-Zustandes des Hamburger Hafens	4
Bild 2: Maßnahmen der Nullvariante im westlichen Bereich des Hamburger Hafens.	4
Bild 3: Maßnahmen der Nullvariante im östlichen Bereich des Hamburger Hafens.	5
Bild 4: Deichrückverlegung Billwerder Insel	5
Bild 5: Modelltopographie von Geesthacht bis Bunthaus	6
Bild 6: Maßnahme der Nullvariante unterhalb des Wehres Geesthacht: Borghorster Elbwiesen	6
Bild 7: Tidehochwasser für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	13
Bild 8: Differenz des Tidehochwassers (Nullvariante – PIZ).	13
Bild 9: Tideniedrigwasser für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	14
Bild 10: Differenz des Tideniedrigwassers (Nullvariante – PIZ).	14
Bild 11: Tidehub für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	15
Bild 12: Differenz des Tidehubes (Nullvariante – PIZ).	15
Bild 13: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	16
Bild 14: Differenz der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ).	16
Bild 15: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	17
Bild 16: Differenz der mittleren Flutstromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ).	17
Bild 17: Maximale Ebbestromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	18
Bild 18: Differenz der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ).	18
Bild 19: Maximale Flutstromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	19
Bild 20: Differenz der maximalen Flutstromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ).	19
Bild 21: Maximale Salzgehalt für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	20
Bild 22: Differenz des maximalen Salzgehaltes (Nullvariante – PIZ).	20
Bild 23: Minimaler Salzgehalt für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	21
Bild 24: Differenz des minimalen Salzgehaltes (Nullvariante – PIZ).	21
Bild 25: Mittlere Salzgehalt für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	22
Bild 26: Differenz des mittleren Salzgehaltes (Nullvariante – PIZ).	22
Bild 27: Salzgehaltsvariation für den planerischen Ist-Zustand (PIZ).	23
Bild 28: Differenz der Salzgehaltsvariation (Nullvariante – PIZ).	23



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Mit dem Kabinettsbeschluss der Bundesregierung vom 15. September 2004 zur Aufnahme der weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe in den Bundesverkehrswegeplan erhielt das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord den uneingeschränkten Planungsauftrag für die Hauptuntersuchung. Seitens der Freien und Hansestadt Hamburg wurde das damalige Amt Strom- und Hafenbau (jetzt Hamburg Port Authority) mit der Planung des weiteren Fahrrinnenausbaues beauftragt.

Für das Planfeststellungsverfahren wurde die BAW vom Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg und der Hamburg Port Authority über das gemeinsame Projektbüro Fahrrinnenanpassung (AP-Auftrag Nr. A 3955 03 10062 und Schreiben vom 1.11.2004, Geschäftszeichen A;192-4;427.04) beauftragt, eine wasserbaulichen Systemanalyse mit dem Ziel einer detaillierten Ermittlung ausbaubedingter Änderungen der abiotischen Systemparameter zu erstellen.

Im Rahmen dieser Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe soll die Fahrrinne der Elbe so vertieft werden, dass moderne Containerschiffe mit einem Tiefgang bis 13,50 m (Salzwasser) tideunabhängig verkehren können und tideabhängig fahrende Containerschiffe den Hamburger Hafen innerhalb eines zweistündigen Tidefensters mit einem Tiefgang von 14,50 m (Salzwasser) verlassen können. Dabei soll ebenfalls der Verlauf und die Breite der Fahrrinne den Erfordernissen der zukünftigen Schiffstypen angepasst und eine Strecke für die Begegnung von großen ein- und auslaufenden Schiffen hergestellt werden.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung des Projektes „Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt“ ist auch die Überprüfung der sog. „Nullvariante“ durch das UVPG vorgeschrieben. Die „Nullvariante“ beinhaltet generell die Prognose über die Entwicklung des Umweltzustandes bei Nichtdurchführung einer Planung, bedeutet also hier, dass die Maßnahme „Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt“, die in (BAW 2006a) ausführlich beschrieben ist, nicht durchgeführt wird. In diesem Gutachten werden die Auswirkungen der Nullvariante auf die Tidedynamik beschrieben. Im Unterschied zum planerischen Ist-Zustand (PIZ) sind weitere Maßnahmen, die sich bereits in Planung befinden bei der Nullvariante zu berücksichtigen.

2 Unterlagen und Daten

2.1 Systemgeometrie der geplanten Anpassungen der Außen- und Unterelbe

Zur besseren Verständlichkeit dieses Gutachtens werden die geplanten baulichen Maßnahmen in Außen- und Unterelbe in kurzer Form beschrieben. Einzelheiten zu den Bestandteilen und der Konstruktion der Systemgeometrien des „planerischen Ist-Zustandes“ (PIZ) sind im BAW-Gutachten zur Tidedynamik und zum Salztransport (BAW 2006a, Abschnitt 4) enthalten.

Der „planerische Ist-Zustand“ (PIZ) basiert als Vergleichszustand auf der Topographie des Modellgebietes des Jahres 2003. Die Peilungen des Jahres 2003 wurden verwendet, weil bei Beginn des Projektes keine jüngeren Daten verfügbar waren.

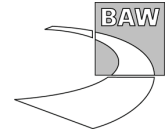
Nach Maßgabe des UVU-Untersuchungsrahmens (WSD & FHH, 2005) sind „kumulierende Wirkungen von in räumlichem und zeitlichem Bezug zur Fahrrinnenanpassung stehenden Vorhaben in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung bezogen auf das gesamte Untersuchungsgebiet zu prüfen, sobald sich diese Vorhaben planerisch verfestigt haben, z. B. durch Auslegung entsprechender Planunterlagen.“

Folgende, heute noch nicht oder erst teilweise realisierte Maßnahmen sind daher in den planerischen Ist-Zustand (PIZ) aufgenommen worden:

- Verlängerung des Europakais in Cuxhaven um den 4. Liegeplatz
- Ausgleichsmaßnahme Hahnöfersand
- Tiefwasserliegeplatz Finkenwerder
- Container Terminal Altenwerder und die Zufahrt dorthin

Für die Nullvariante wurden folgende Maßnahmen in die Topographie des planerischen Ist-Zustandes eingebaut (Die Nummern finden sich auch in den referenzierten Bildern an der Position der jeweiligen Maßnahme wieder):

1. Vertiefung für den Liegeplatz am Bubendey-Ufer (Bild 2). Die Länge des Liegeplatzes beträgt 680 m, die Breite 60 m und die Tiefe NN -18,80 m. Das Volumen der Vertiefung beträgt 0,41 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,59 Mio. m².
2. Verfüllung des Köhlfleethafens (Bild 2) auf NN +5,60 m. Das Volumen der Verfüllung bis auf die Höhe von MThw beträgt 0,91 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,07 Mio. m².
3. Teilverfüllung des Petroleumhafens (Bild 2) auf NN +5,60 m. Das Volumen der Verfüllung bis auf die Höhe von MThw beträgt 0,96 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,067 Mio. m².
4. Verfüllung der noch nicht verfüllten Fläche des Kohlschiffhafens (Bild 3) auf NN +5,60 m. Das Volumen der Verfüllung bis auf die Höhe von MThw beträgt 0,20 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,024 m².



5. Aufweitung der Einfahrt zum Vorhafen. Dort werden auf einer Fläche von 0,063 Mio. m² 0,36 Mio. m³ entnommen.
6. Verfüllung der Wasserfläche zwischen Hellinghöft und Vulkanhöft (Bild 3) auf NN +5,60 m. Das Volumen der Verfüllung bis auf die Höhe von MThw beträgt 0,234 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,032 Mio. m².
7. Vor der eben genannten Verfüllung muss die Zufahrt auf NN -17,40 m vertieft werden. Das Volumen dieser Vertiefung beträgt 0,255 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,066 Mio. m².
8. Verfüllung des Oderhafens, des Travehafens sowie die Teilverfüllung des Kaiser-Wilhelm Hafens (Bild 3) auf NN +5,69 m. Das Volumen dieser Verfüllung bis auf die Höhe von MThw beträgt 5,0 Mio. m³ auf einer Fläche von 0,644 Mio. m².
9. Deichrückverlegung auf der Billwerder Insel (Bild 4), die eine Fläche von 0,25 Mio. m² auf einer Höhe von NN +1,50 m mit 0,123 Mio. m³ der Tidedynamik zugänglich macht.
10. Durchstich des Deiches zur Elbe, um die Borghorster Elbwiesen (Bild 6) mit einer Fläche von 1,26 Mio. m² und bei mittleren Tideverhältnissen einem Volumen von 0,13 Mio. m³ wieder für die Tidedynamik zugänglich zu machen. Weitere Informationen über dieses Projekt sind unter <http://www.borghorster-elbwiesen.hamburg.de> zu erhalten.

Die Überlagerung der eben genannten Maßnahmen mit dem planerischen Ist-Zustand ergibt die Topographie der sog. „Nullvariante“.

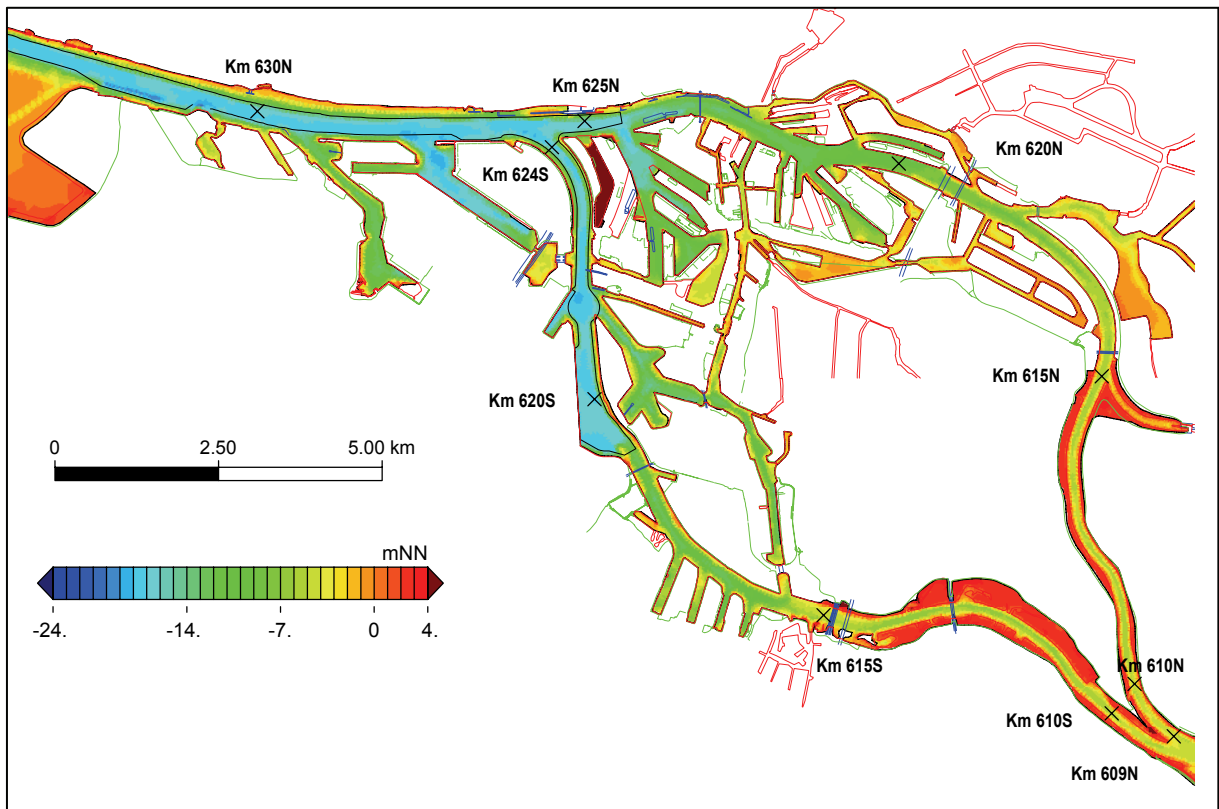


Bild 1: Modelltopographie des planerischen Ist-Zustandes des Hamburger Hafens

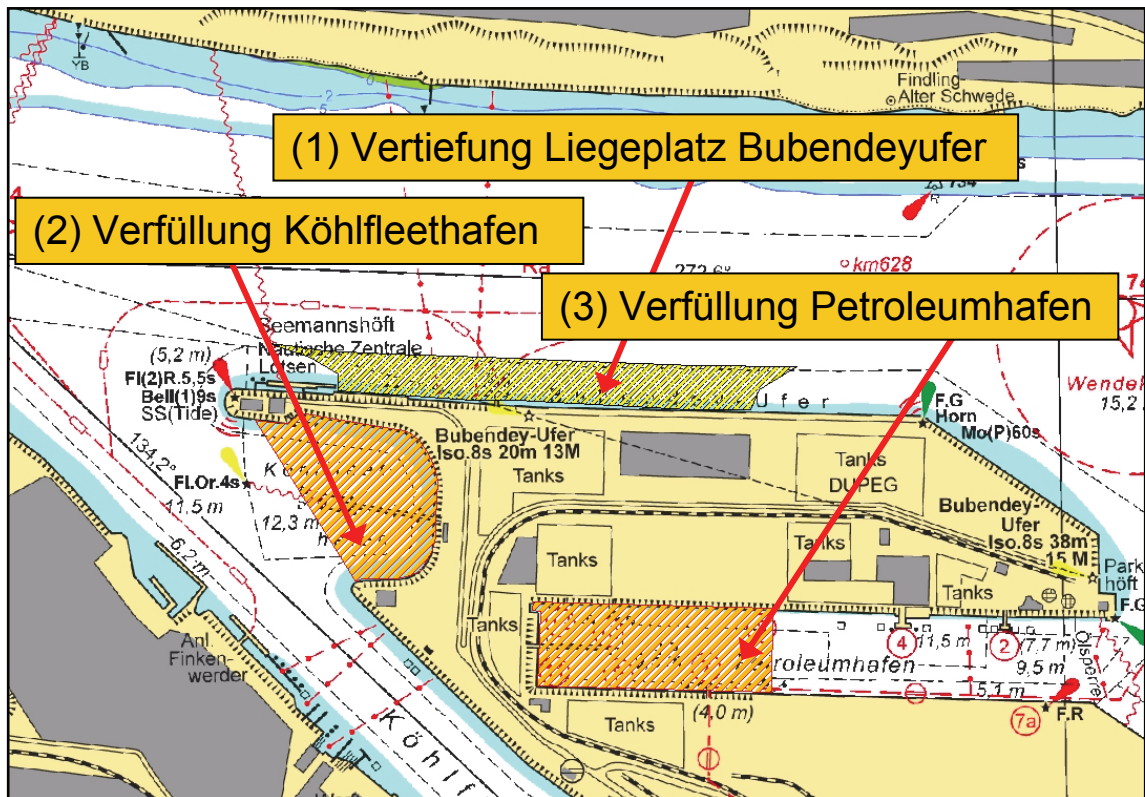


Bild 2: Maßnahmen der Nullvariante im westlichen Bereich des Hamburger Hafens.

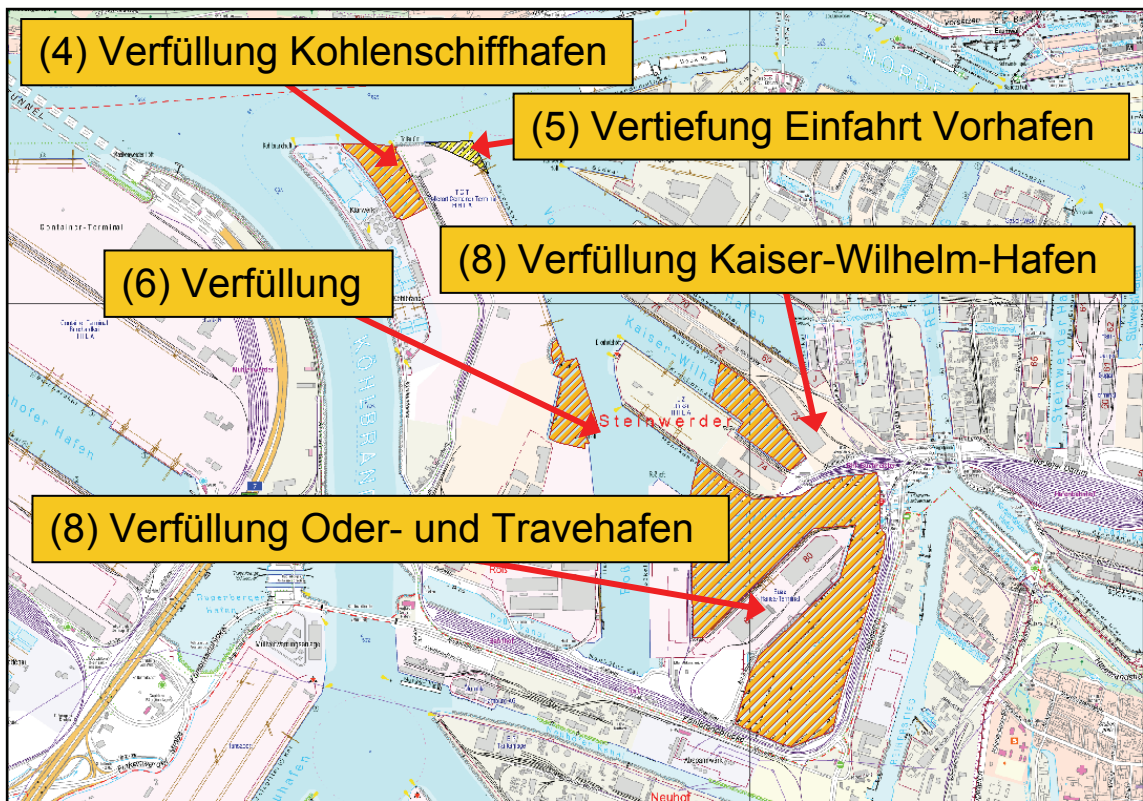


Bild 3: Maßnahmen der Nullvariante im östlichen Bereich des Hamburger Hafens.

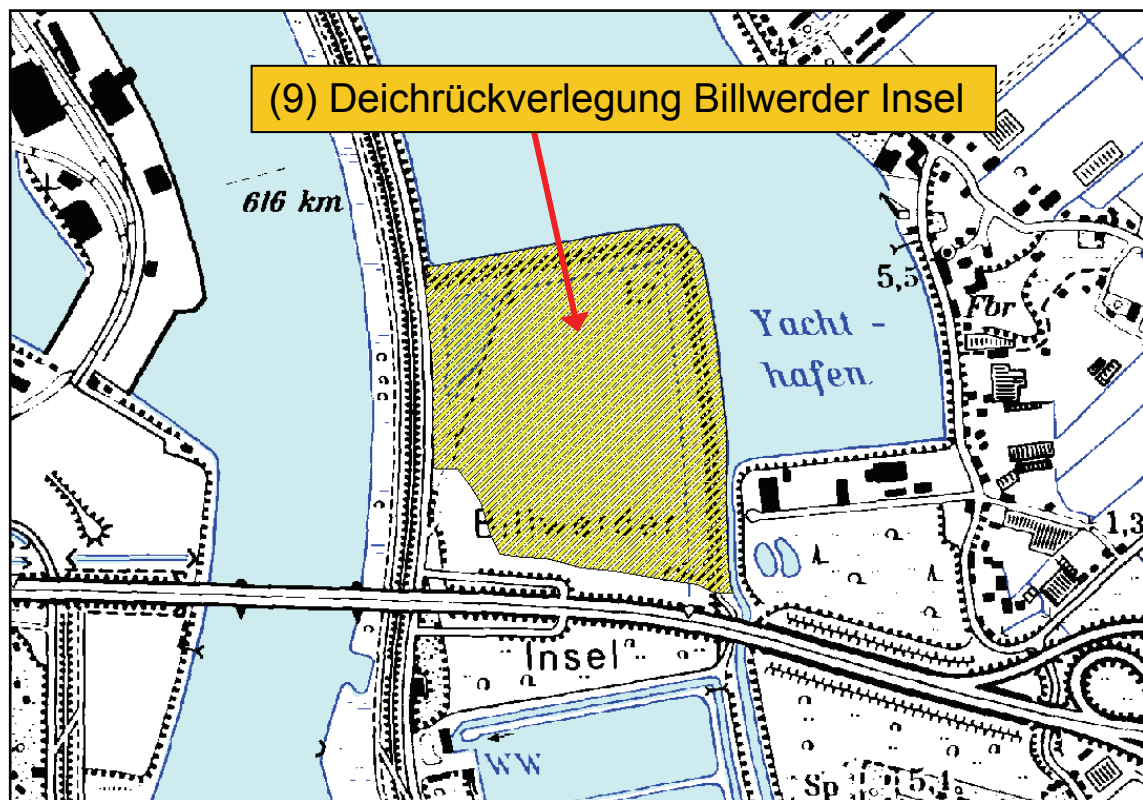


Bild 4: Deichrückverlegung Billwerder Insel

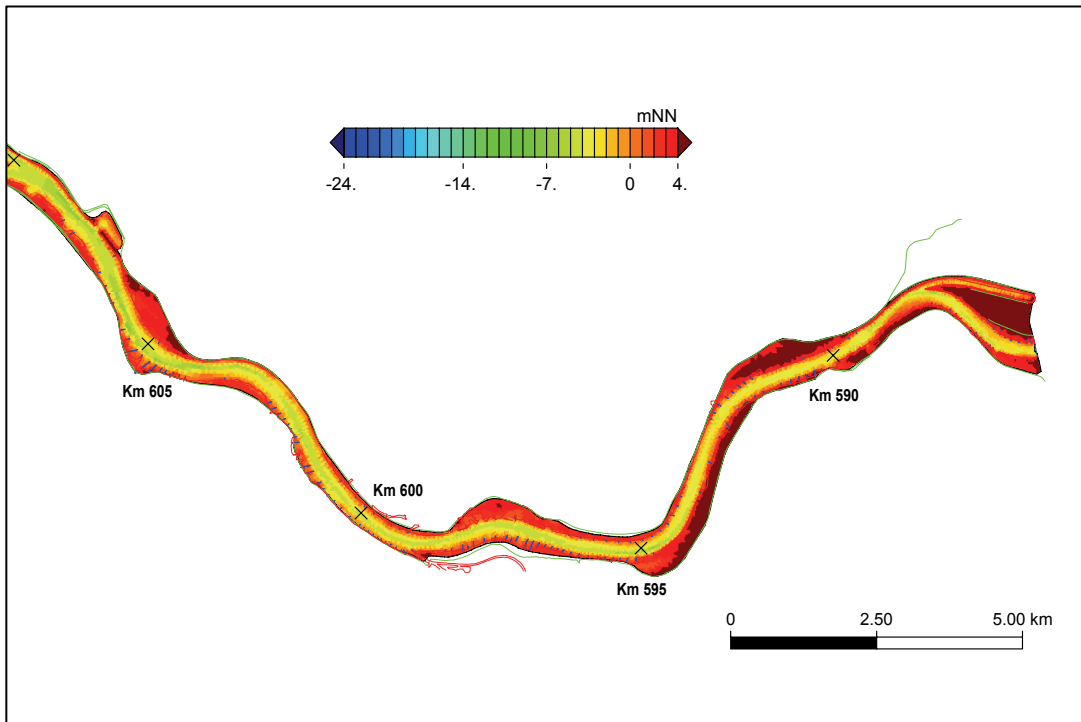


Bild 5: Modelltopographie von Geesthacht bis Bunthaus

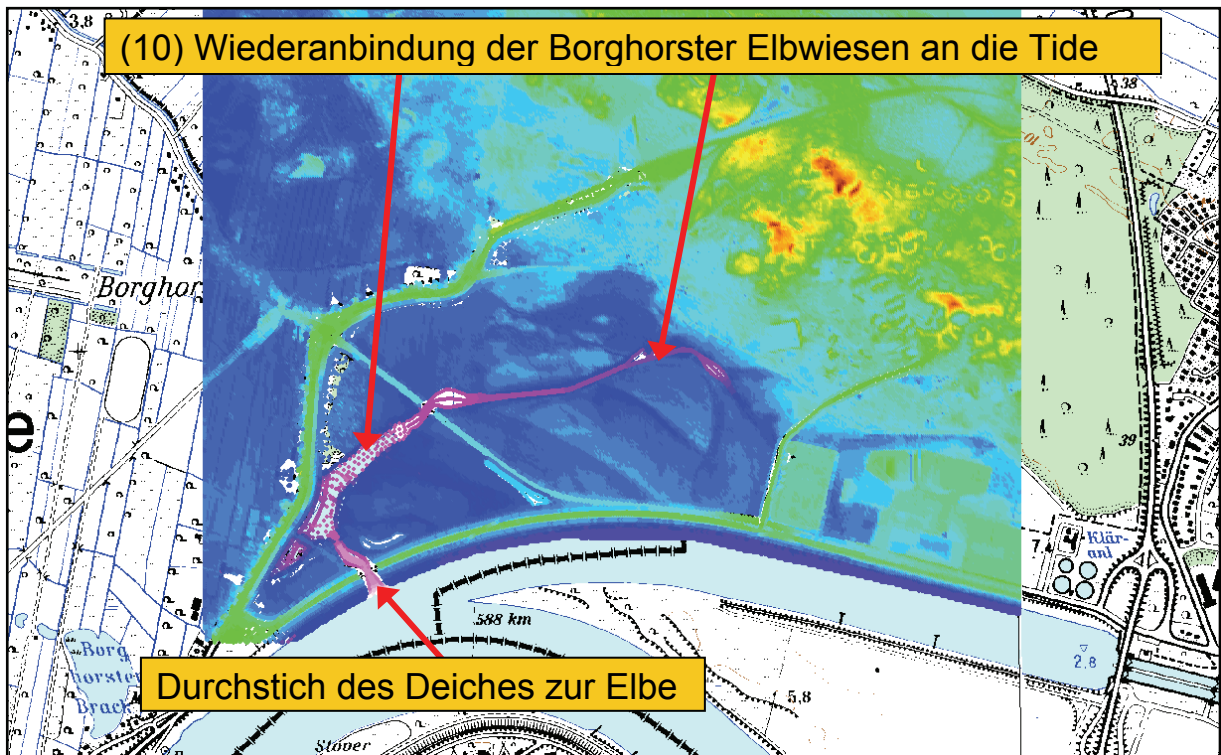


Bild 6: Maßnahme der Nullvariante unterhalb des Wehres Geesthacht: Borghorster Elbwiesen (Fläche 1,26 Mio. m²)

3 Bearbeitungskonzept

3.1 Mathematische Simulationsverfahren

Im vorliegenden Gutachten waren die Wirkungen der sog. Nullvariante des Projektes „Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt“ auf die Tidedynamik und den Salztransport zu ermitteln und zu beschreiben, um damit eine weitere Grundlage für die Bewertung der Auswirkungen des geplanten Ausbaus zu schaffen.

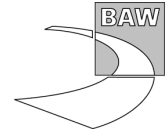
Durch die Maßnahmen der Nullvariante wird infolge Bereichsweiser Vertiefungen und Verfüllungen von derzeitigen Hafenbecken eine Wirkung auf die Amplitude der von der Nordsee her einschwingenden Tide erwartet, so dass es zu Veränderungen der Tidekennwerte (z.B. Tidehoch-, Tideniedrigwasser, Flut- und Ebbeströmungen) in der Unterelbe kommt. Die Prognose solcher Auswirkungen sind nach Stand von Technik und Wissenschaft mit wasserbaulichen Systemanalysen unter zu Hilfenahme einer dreidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Modellierung möglich. Das verwendete 3D HN-Modell bildet die physikalischen Prozesse im Elbe-Ästuar mit Hilfe des numerischen Verfahrens *UnTrim* dreidimensional ab.

Bei dem mathematischen Verfahren *UnTRIM* handelt es sich um eine Entwicklung, die von Prof. Vincenzo Casulli (Universität Trient, Italien) durchgeführt wurde. *UnTRIM* ist ein semi-implizites Finite - Differenzen (-Volumen) Verfahren zur numerischen Lösung der dreidimensionalen Flachwassergleichungen sowie der dreidimensionalen Transportgleichung für Salz, Wärme, Schwebstoffe sowie suspendierte Sedimente. *UnTRIM* arbeitet auf einem unstrukturierten, orthogonalen Gitter (UOG). Hierbei wird das Lösungsgebiet von einer endlichen Anzahl konvexer Polygone (Dreiecke, Vierecke) überlappungsfrei überdeckt. Ein Gitter entspricht genau dann einem UOG, wenn innerhalb eines jeden Polygons ein Punkt (Zentrum) bestimmt werden kann, so dass jede Verbindungslinie zu einem Zentrum eines Nachbarpolygons die gemeinsame Seite der Polygone senkrecht schneidet.

Physikalische Prozesse

Die folgenden physikalischen Prozesse werden in dem mathematischen Modell zur Berechnung der Hydrodynamik und des Transports gelöster Stoffe berücksichtigt:

- reynoldsgemittelte Navier - Stokes - Gleichung (RANS)
- lokale Beschleunigung (Massenträgheit)
- advektive Beschleunigung
- Coriolisbeschleunigung
- barotroper Druckgradient
- barokliner Druckgradient
- hydrostatische oder nicht-hydrostatische Druckverteilung
- horizontale turbulente Viskosität (lokal isotrop, zeit- und ortsvariabel)



- turbulente Viskosität in Vertikalrichtung unter Berücksichtigung der vertikalen Dichteschichtung
- Bodenreibung
- Impulseintrag durch den Wind
- Quellen und Senken (Zu- und Abflüsse)
- Transport konservativer Tracer
- advektiver Transport durch die Strömung
- optionaler flux limiter : Minmod, van Leer oder Superbee
- horizontale turbulente Diffusivität (lokal isotrop, zeit- und ortsvariabel)
- turbulente Diffusivität in Vertikalrichtung unter Berücksichtigung der vertikalen Dichteschichtung

Berechnungsergebnisse

Folgende Berechnungsergebnisse werden durch das mathematische Modell an den diskreten Berechnungspunkten geliefert:

- Wasserspiegelauslenkung der freien Oberfläche
- Strömungsgeschwindigkeit
- Tracerkonzentration (z.B. Salzgehalt, Temperatur)
- hydrodynamischer Druck

Dabei liegen die skalaren Größen (Wasserstand, Konzentration usw.) in den Zentrumspunkten und die vektoriellen Größen (Geschwindigkeit) in den Mitten der Polygonränder vor. Den Veröffentlichungen Casulli 1998 bis 2004 können Details zu dem mathematischen Modellverfahren *UnTrim* entnommen werden.

Validierungsdokument

Das vorliegende Validierungsdokument enthält neben einer allgemeinen Einführung in das Simulationsverfahren detaillierte Informationen zu folgenden Themen:

1. Physikalisches System,
2. Modellfunktionalität,
3. konzeptionelles Modell,
4. algorithmische Implementierung,
5. Software-Implementierung,
6. Validierungsstudien und
7. Literatur.

Die PDF-Version der englischen Dokument-Fassung (Stand: 2005) kann von den Internetseiten der BAW frei heruntergeladen werden:

http://www.baw.de/vip/abteilungen/wbk/Methoden/hnm/untrim/hnm_untrim-de.html

Die örtliche Auflösung des Rechengitters und die zeitliche Auflösung der Simulation sind so gewählt worden, dass alle charakteristischen, d.h. Gewässerprägenden physikalischen Prozesse berücksichtigt und die durch die Baumaßnahmen der Nullvariante vorzunehmenden Änderungen der Topographie aufgelöst werden. Das Modell ist zunächst an Naturmessungen (Wasserstands-, Strömungs- und Salzgehaltsmessungen) kalibriert und validiert (siehe Anlage 8 von BAW 2006a) worden, so dass es den „Ist-Zustand“ der Gewässer- und Tideverhältnisse beschreibt.

Die durch die Maßnahmen der Nullvariante bedingten Änderungen werden nicht auf den „Ist-Zustand“ sondern auf den „planerischen Ist - Zustand“ bezogen. Dieser unterscheidet sich vom Ist-Zustand dadurch, dass alle weiteren baulichen Maßnahmen berücksichtigt werden, die zum Zeitpunkt der Ausführung der zu untersuchenden Maßnahmen mit hoher Wahrscheinlichkeit realisiert sein werden. Dabei bleiben die Kalibrierungseinstellungen unverändert. In die Modelltopographie des planerischen Ist-Zustandes (PIZ) werden schließlich die Maßnahmen der Nullvariante eingebaut, so dass ein HN-Modell der „Nullvariante“ (NV) entsteht.

Die mit dem HN-Modell unter Verwendung identischer Modellparameter und seeseitiger Steuerung sowie Oberwasser-Steuerung ermittelten Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten und Salzgehaltsverteilungen ergeben die Rechenwerte für die Nullvariante. Durch Differenzbildung der berechneten Tide-, Strömungs- und Transportkennwerte für die Nullvariante und den planerischen Ist-Zustand werden für das gesamte Modellgebiet Maßnahmenbedingte Änderungen der Kennwerte ermittelt. Durch diese Vorgehensweise können Änderungen eindeutig den Maßnahmen der Nullvariante zugeordnet werden.

3.2 Analyse und Bewertung

Aus den Ergebnissen der Simulationsrechnungen werden die Tidekennwerte der Wasserstände, der Strömung und des Salzgehaltes errechnet, um die Wirkungen der Maßnahmen der Nullvariante zu quantifizieren. Die Analyseverfahren und –parameter (Stand 2005) sind ausführlich auf den Internetseiten der BAW dokumentiert, siehe:

<http://www.baw.de/vip/abteilungen/wbk/Methoden/kenn/kenn-de1.html> .

Die Rechenwerte aus der Modellsimulation und –analyse bedürfen der fachwissenschaftlichen Interpretation („wasserbauliches Expertenwissen“), um fundierte Prognosen über die Ausbauwirkungen abzugeben. Die Berechnungsergebnisse sind somit nicht die alleinige Grundlage der gutachterlichen Aussagen, weil 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.

4 Ergebnisse

Die in Kapitel 2 dargestellten Maßnahmen haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Tidedynamik, die hier zunächst einmal grundsätzlich dargestellt werden.

Die Verfüllung von Hafenbecken führt zu einer Reduktion der Wasserflächen am stromauf gelegenen Abschnitt der tidebeeinflussten Elbe. Setzt man vereinfachend voraus, dass das pendelnde Tidevolumen konstant bleibt, so führt eine Reduktion der Wasserfläche zu einem größeren Tidehub. Mit anderen Worten, das Wasservolumen der Hamburger Häfen wirkt dämpfend auf die Tideschwingung. Wellentheoretisch betrachtet kann man die Auswirkungen des Hamburger Hafens auf die Tidewelle mit Seegangswellen vergleichen, die, wenn sie sich durch die Einfahrt eines Hafens fortpflanzen, ebenfalls durch Diffraktion gedämpft werden. Eine Reduktion der Hafenflächen vermindert diesen Effekt und führt damit zu einer Erhöhung der Tidewellenreflexion - also zu einer Erhöhung des Tidehubes.

Die Maßnahmen „Billwerder Insel“ und „Borghorster Elbwiesen“ führen durch Vergrößerung des Tidevolumens generell zu einer Dämpfung des Tidehubes. Da das Gelände beider Maßnahmen aber so hoch liegt, dass diese nicht am gesamten Tideprisma teilhaben, ist die Wirkung eher als gering einzuschätzen.

Die Analysen der Tidekennwerte werden entlang der Mitte der Fahrrinne der Elbe an dicht aufeinander folgenden Positionen (Abstand = 100 m) für den planerischen-Ist-Zustand (PIZ) und die Nullvariante durchgeführt. Die durch die Nullvariante bedingten Änderungen ergeben sich durch Differenzbildung Nullvariante – planerischer-Ist-Zustand. Erhöhungen infolge der Nullvariante ergeben sich so zu positiven Werten. Die 3D-Simulationsergebnisse des dreidimensionalen Elbmodells werden vertikal integriert und dann auf einem Linienprofil dargestellt.

Im Folgenden werden ausgewählte Tidekennwerte zwischen dem Wehr bei Geesthacht und Elbe-Km 748 als Liniengrafiken für den planerischen Ist-Zustand (PIZ) und die Differenzen (Nullzustand - PIZ) zwischen dem Nullzustand und dem planerischen Ist-Zustand bei niedrigem, häufigsten Oberwasser ($Q=350\text{m}^3/\text{s}$) dargestellt. Die Profile verlaufen entlang der Mitte der Fahrwassertrasse.

Seewärts von Elbe-Km 748 treten durch die Nullvariante keine Änderungen der Tidekennwerte auf.

4.1 Veränderungen des Wasserstandes

- **Tidehochwasser:** Das Tidehochwasser (Bild 7) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen knapp unter 1,0 m NN und ca. 2,8 m NN. Der Mittelwert bewegt sich zwischen ca. 1,4 m NN und knapp über 2,5 m NN. Das mittlere Tidehochwasser steigt durch die Maßnahmen der Nullvariante (Bild 8) zwischen Elbe-Km 690 und dem Wehr bei Geesthacht um bis zu +0,01 m.

- **Tideniedrigwasser:** Das Tideniedrigwasser (Bild 9) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen ca. -2,8 m NN und ca. -0,25 m NN. Der Mittelwert bewegt sich zwischen ca. -1,8 m NN und -0,25 m NN. Das mittlere Tideniedrigwasser sinkt durch die Maßnahmen der Nullvariante (Bild 10) zwischen ca. Elbe-Km 705 und Elbe-Km 600 ab. Das Maximum dieses Absunks tritt bei Elbe-Km 633 auf und beträgt -0,02 m. Oberhalb von Elbe-Km 600 ist ein geringer Anstieg des mittleren Tnw ($< +0,005$ m) zu beobachten.
- **Tidehub:** Der Tidehub (Bild 11) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen ca. 2,4 m und ca. 4,25 m. Der Mittelwert bewegt sich zwischen ca. 2,9 m und 4,0 m. Für den mittleren Tidehub ergibt sich durch die Maßnahmen der Nullvariante (Bild 12) ein Anstieg im Bereich zwischen Elbe-Km 695 und ca. Elbe-Km 596 um bis zu +0,03 m mit einem Maximum bei ca. Elbe-Km 640.

4.2 Veränderung der Strömungsverhältnisse

- **Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit:** Die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (Bild 13) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen ca. 0,4 m/s und ca. 1,5 m/s. Der Mittelwert bewegt sich zwischen ca. 0,4 m/s und ca. 1,4 m/s. Signifikante Änderungen der mittleren Tideströmungen finden nur im Bereich der Vertiefung vor dem Bubendeyufer und vor der Einfahrt des Vorhafens statt. Die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit nimmt dort durch die Maßnahmen der Nullvariante (Bild 14) um bis zu -0,05 m/s ab.
- **Mittlere Flutstromgeschwindigkeit:** Die mittlere Flutstromgeschwindigkeit (Bild 15) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen 0,0 m/s (an der Flutstromgrenze) und ca. 1,2 m/s. Der Mittelwert bewegt sich zwischen 0,0 m/s und ca. 1,15 m/s. Signifikante Änderungen der mittleren Tideströmungen finden nur im Bereich der Vertiefung vor dem Bubendeyufer und vor der Einfahrt des Vorhafens statt. Die mittlere Flutstromgeschwindigkeit nimmt dort durch die Maßnahmen der Nullvariante (Bild 16) um bis zu -0,07 m/s ab.
- **Maximale Ebbestromgeschwindigkeit:** Die maximale Ebbestromgeschwindigkeit (Bild 17) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen ca. 0,5 m/s und ca. 2,2 m/s. Der Mittelwert bewegt sich zwischen ca. 0,55 m/s und ca. 2,05 m/s. Die mittlere maximale Ebbestromgeschwindigkeit ändert sich signifikant zwischen den Elbe-Km 707 und 735. Dort gibt es bedingt durch die Maßnahmen der Nullvariante Zunahmen bis zu +0,03 m/s und Abnahmen um bis zu -0,05 m/s. Im Bereich Bubendeyufer beträgt die Abnahme bis zu -0,07 m/s, im Bereich der Einfahrt des Vorhafens bis zu -0,03 m/s (Bild 18).
- **Maximale Flutstromgeschwindigkeit:** Die maximale Flutstromgeschwindigkeit (Bild 19) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und dem Wehr bei Geesthacht während des Analysezeitraumes zwischen 0,0 m/s (an der Flutstromgrenze) und ca. 1,9 m/s. Der Mittelwert bewegt sich zwischen 0,0 m/s und ca. 1,8 m/s. Die mittlere maximale Flut-

stromgeschwindigkeit hat bedingt durch die Maßnahmen der Nullvariante die größten Abnahmen im Bereich des Vorhafens um bis zu $-0,13$ m/s. Vor dem Bubendeyufer beträgt die Abnahme bis zu $-0,11$ m/s. Zwischen Bubendeyufer und Elbe-Km 645 nimmt die Abnahme auf bis zu $-0,01$ m/s ab. Die signifikanten Änderungen der mittleren maximalen Flutstromgeschwindigkeit im weiter seewärtigen Bereich beschränken sich auf die Elbe-Km 725 – 728, wo die Abnahme bis zu $-0,05$ m/s beträgt (Bild 20).

4.3 Veränderung der Salzgehaltsverhältnisse

- **Maximaler Salzgehalt:** Der maximale Salzgehalt (Bild 21) schwankt zwischen Elbe-Km 750 und ca. 655 während des Analysezeitraumes zwischen 30 PSU und 0 PSU. Der Mittelwert bewegt sich ebenfalls zwischen 30 PSU und 0 PSU. Der mittlere maximale Salzgehalt nimmt bedingt durch die Maßnahmen der Nullvariante zwischen den Elbe-Km 660 und 745 zu, wobei die maximale Zunahme weniger als $+0,2$ PSU beträgt (Bild 22).
- **Minimaler Salzgehalt:** Der minimale Salzgehalt (Bild 23) schwankt zwischen den Elbe-Km 750 und ca. 677 während des Analysezeitraumes zwischen ca. 26 PSU und 0 PSU. Der Mittelwert bewegt sich zwischen 25 PSU und 0 PSU. Der mittlere minimale Salzgehalt nimmt bedingt durch die Maßnahmen der Nullvariante zwischen den Elbe-Km 680 und 748 zu. Die maximale Zunahme ist bei Elbe-Km 733 mit $+0,3$ PSU, in den anderen Gebieten des genannten Bereiches bleibt die Zunahme deutlich unter $+0,2$ PSU. Lediglich bei Elbe-Km 735 findet eine Abnahme statt, deren Betrag allerdings unter $0,2$ PSU bleibt (Bild 24).
- **Mittlerer Salzgehalt:** Der mittlere Salzgehalt (Bild 25) schwankt zwischen den Elbe-Km 750 und ca. 660 während des Analysezeitraumes zwischen ca. 28 PSU und 0 PSU. Der Mittelwert bewegt sich zwischen $27,5$ PSU und 0 PSU. Der mittlere minimale Salzgehalt nimmt bedingt durch die Maßnahmen der Nullvariante zwischen den Elbe-Km 670 und 748 zu, die Zunahme bleibt jedoch im gesamten Bereich unter $+0,2$ PSU (Bild 26).
- **Salzgehaltsvariation:** Die Salzgehaltsvariation (Bild 27) schwankt zwischen den Elbe-Km 750 und ca. 655 während des Analysezeitraumes zwischen fast 14 PSU und 0 PSU. Der Mittelwert bewegt sich zwischen 12 PSU und 0 PSU. Die mittlere Salzgehaltsvariation erfährt bedingt durch die Maßnahmen der Nullvariante zwischen den Elbe-Km 665 und 748 Zu- und Abnahmen (Bild 28), deren Betrag jedoch fast überall unter $0,2$ PSU bleibt. Lediglich bei Elbe-Km 733 wird der Betrag der Abnahme wenig größer als $0,2$ PSU und bei Elbe-Km-735 wird eine Zunahme von fast $+0,2$ PSU erreicht.

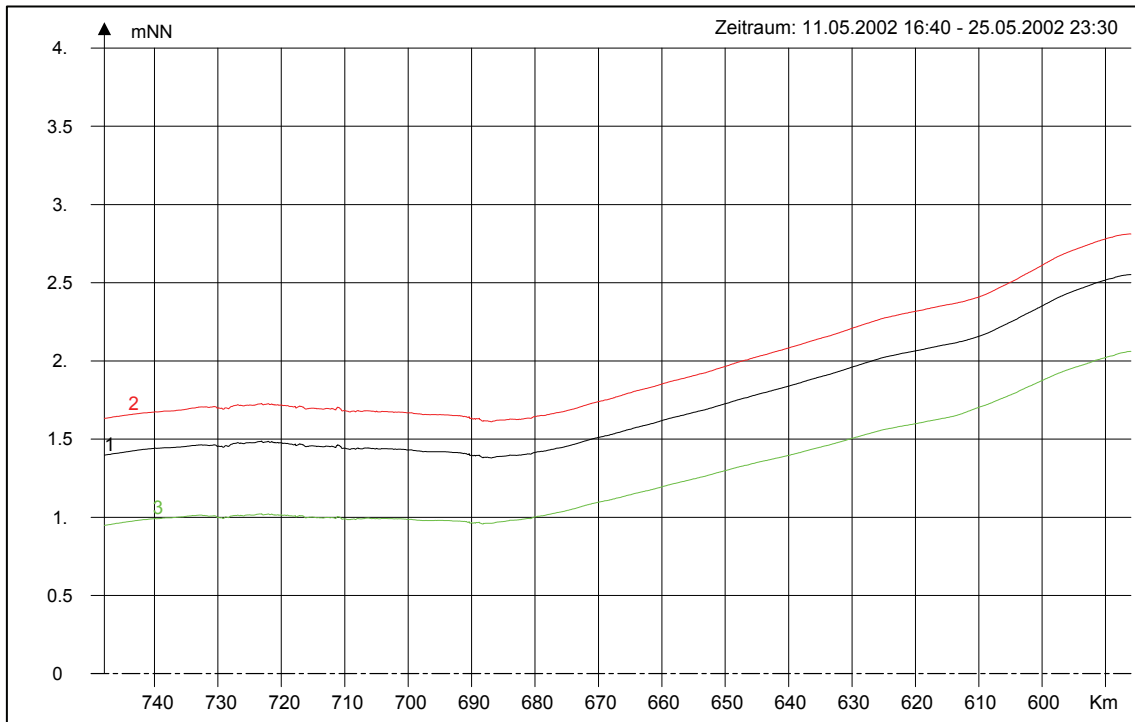


Bild 7: Tidehochwasser für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das maximale, in Grün das minimale und in Schwarz das mittlere Tidehochwasser.

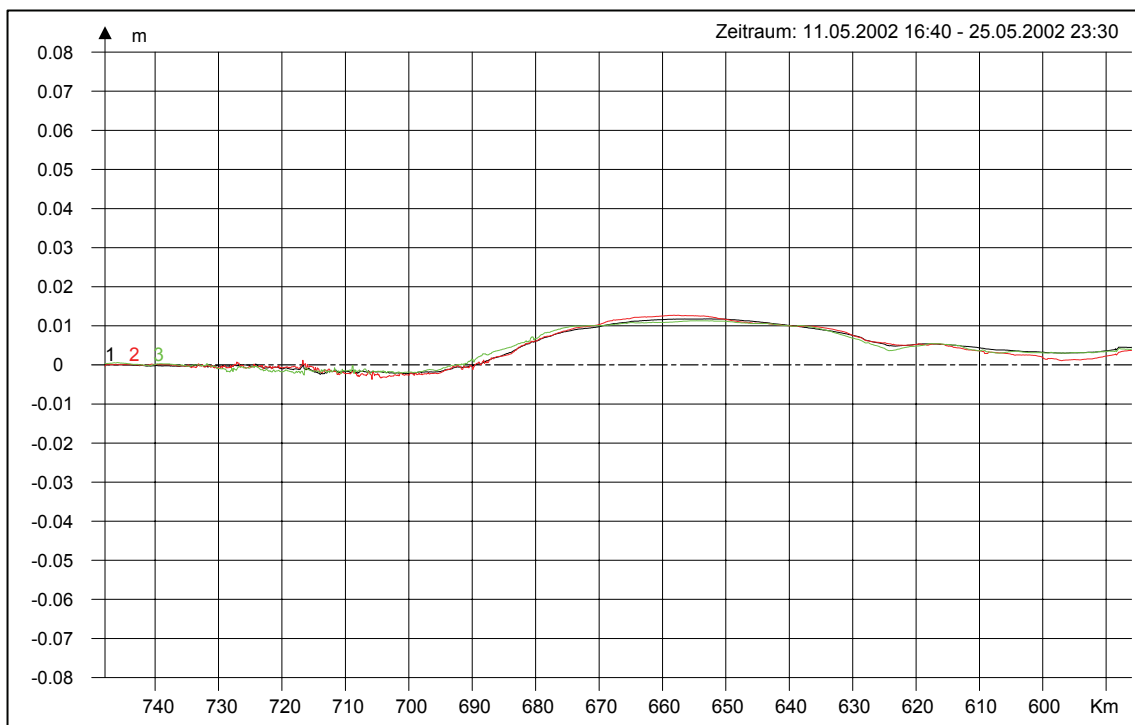


Bild 8: Differenz des Tidehochwassers (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des maximalen, in Grün die Differenz des minimalen und in Schwarz die Differenz des mittleren Tidehochwassers.

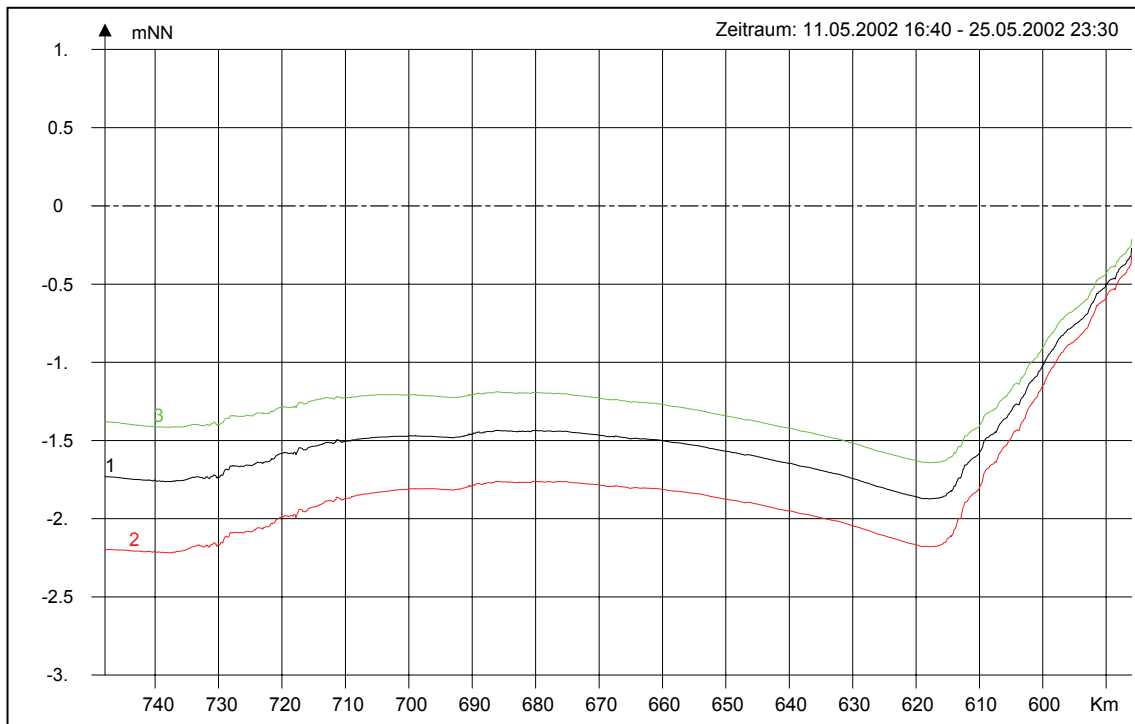


Bild 9: Tideniedrigwasser für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das maximale, in Grün das minimale und in Schwarz das mittlere Tideniedrigwasser.

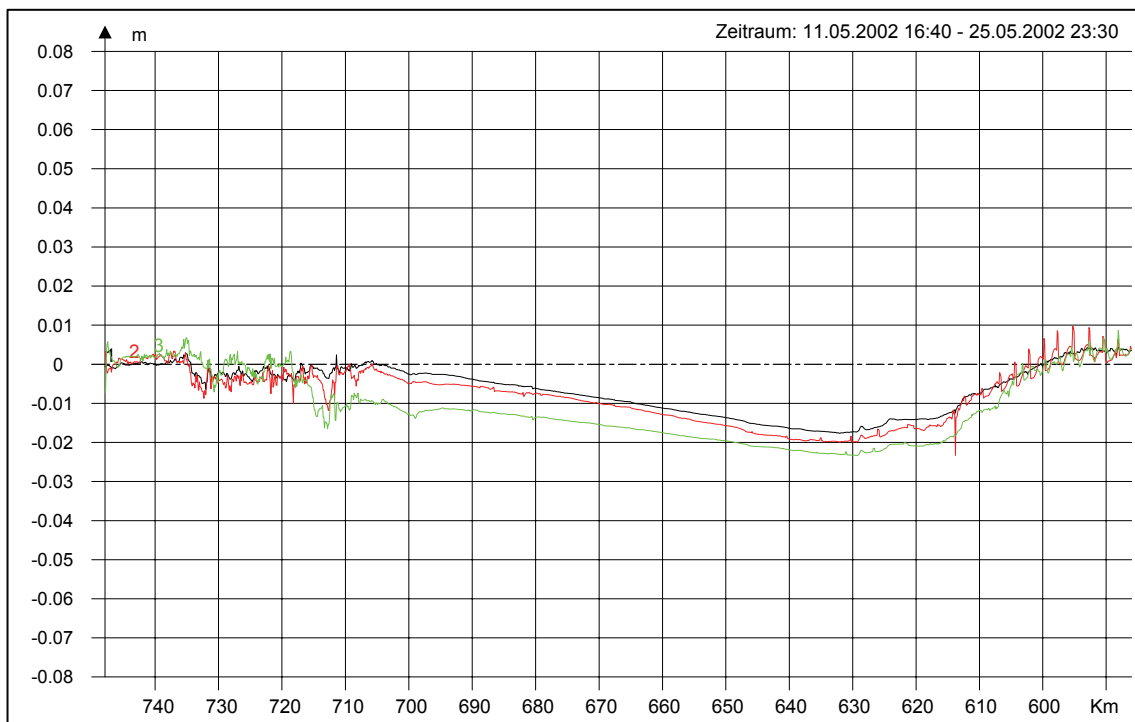


Bild 10: Differenz des Tideniedrigwassers (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des maximalen, in Grün die Differenz des minimalen und in Schwarz die Differenz des mittleren Tideniedrigwassers.

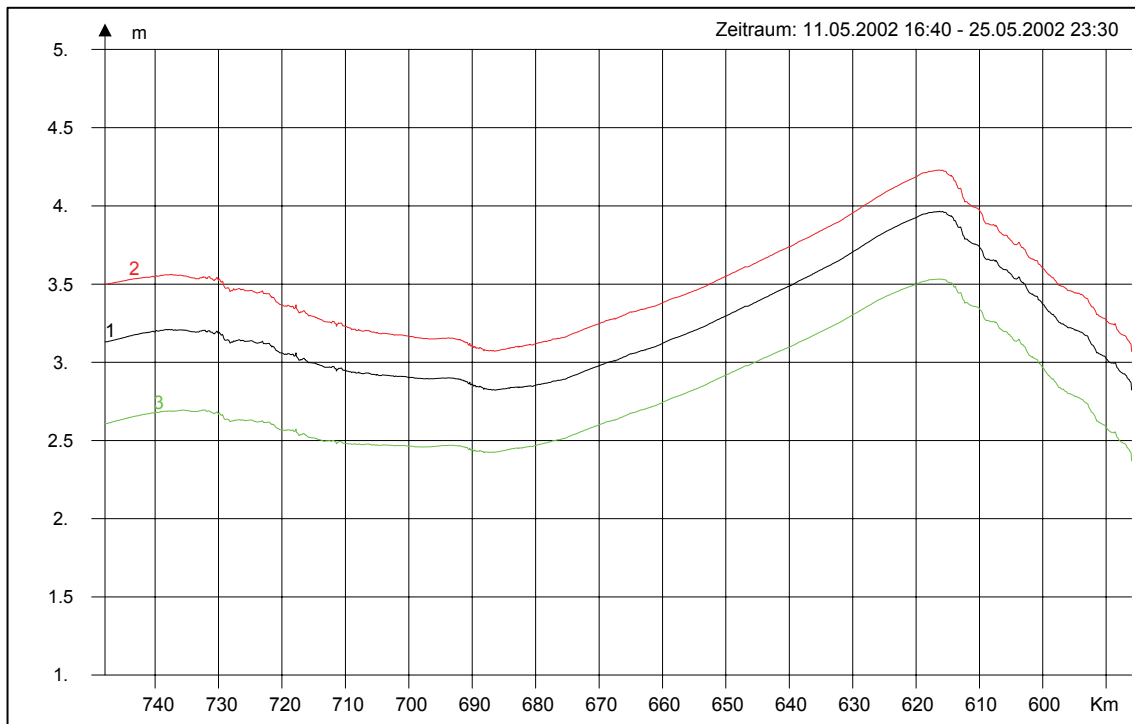


Bild 11: Tidehub für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot der maximale, in Grün der minimale und in Schwarz der mittlere Tidehub.

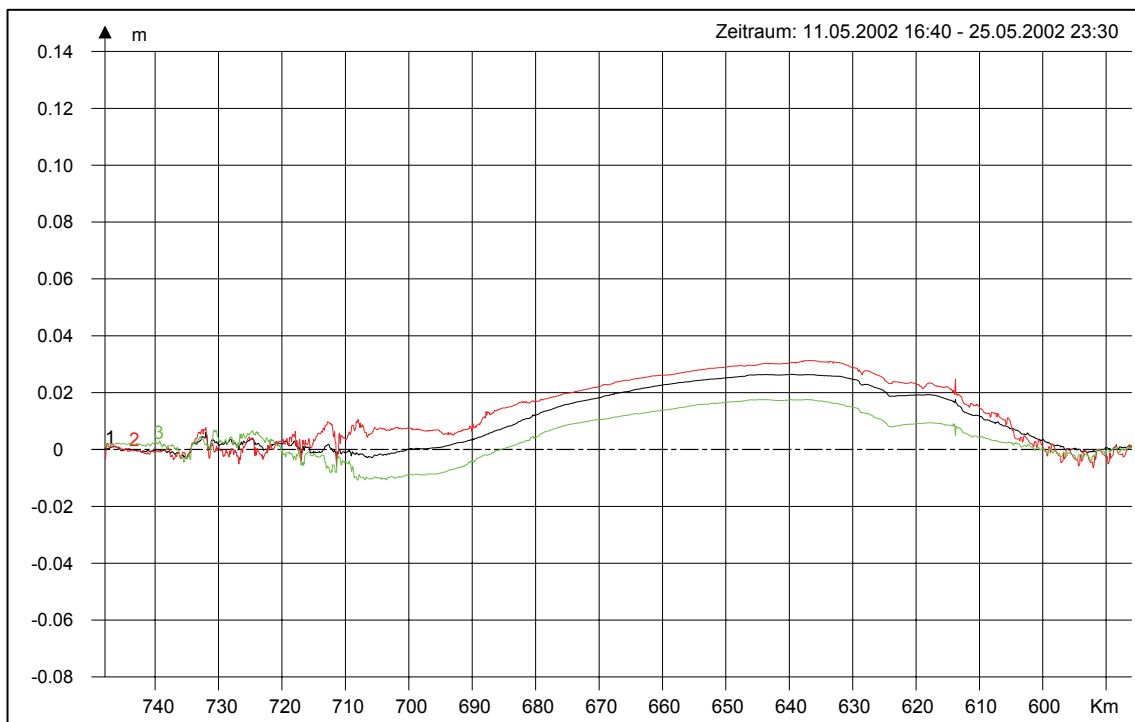


Bild 12: Differenz des Tidehubes (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des maximalen, in Grün die Differenz des minimalen und in Schwarz die Differenz des mittleren Tidehubes.

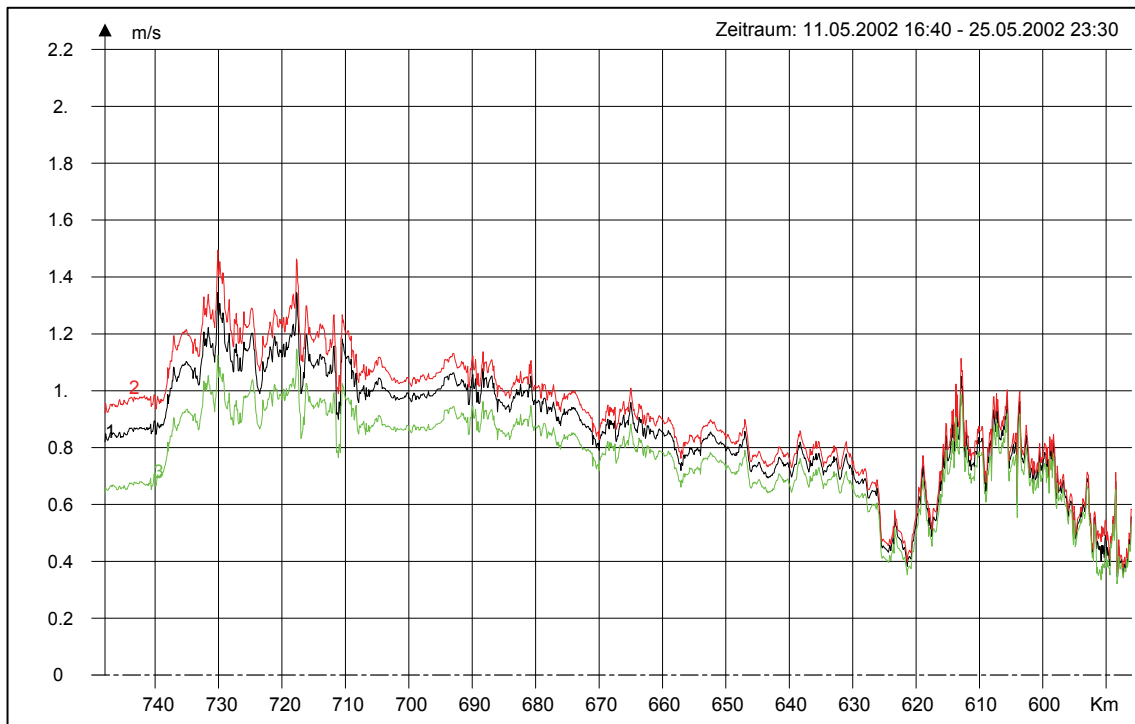


Bild 13: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit.

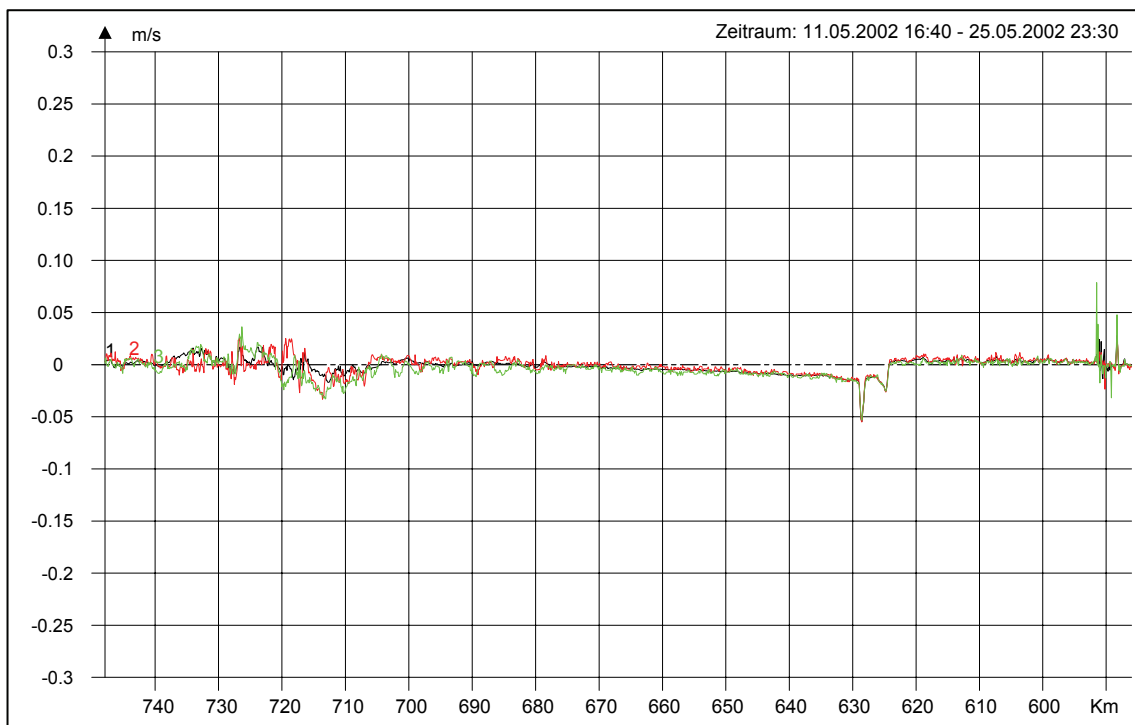


Bild 14: Differenz der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit.

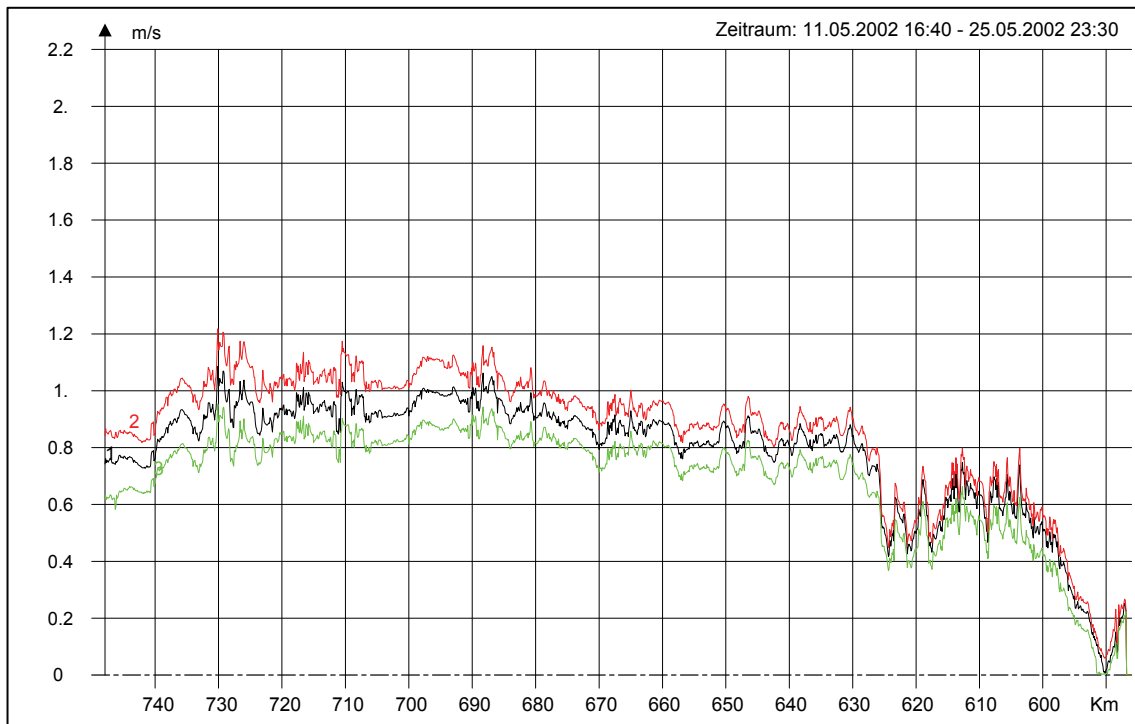


Bild 15: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert der mittleren Flutstromgeschwindigkeit.

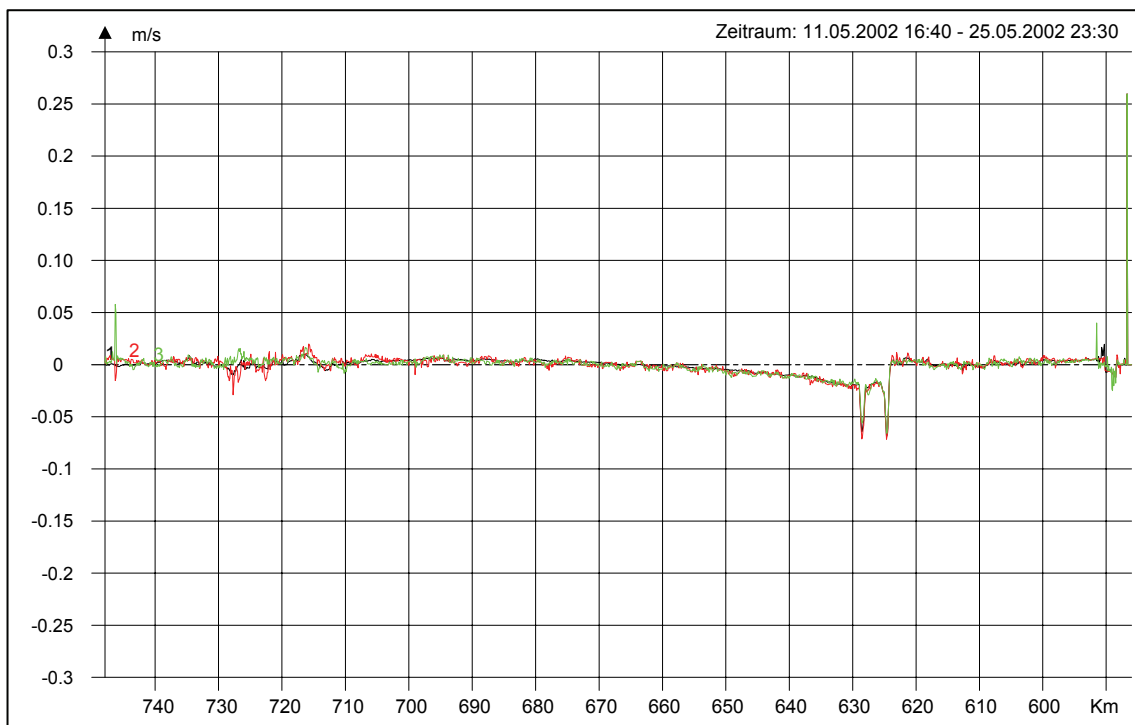


Bild 16: Differenz der mittleren Flutstromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes der mittleren Flutstromgeschwindigkeit.

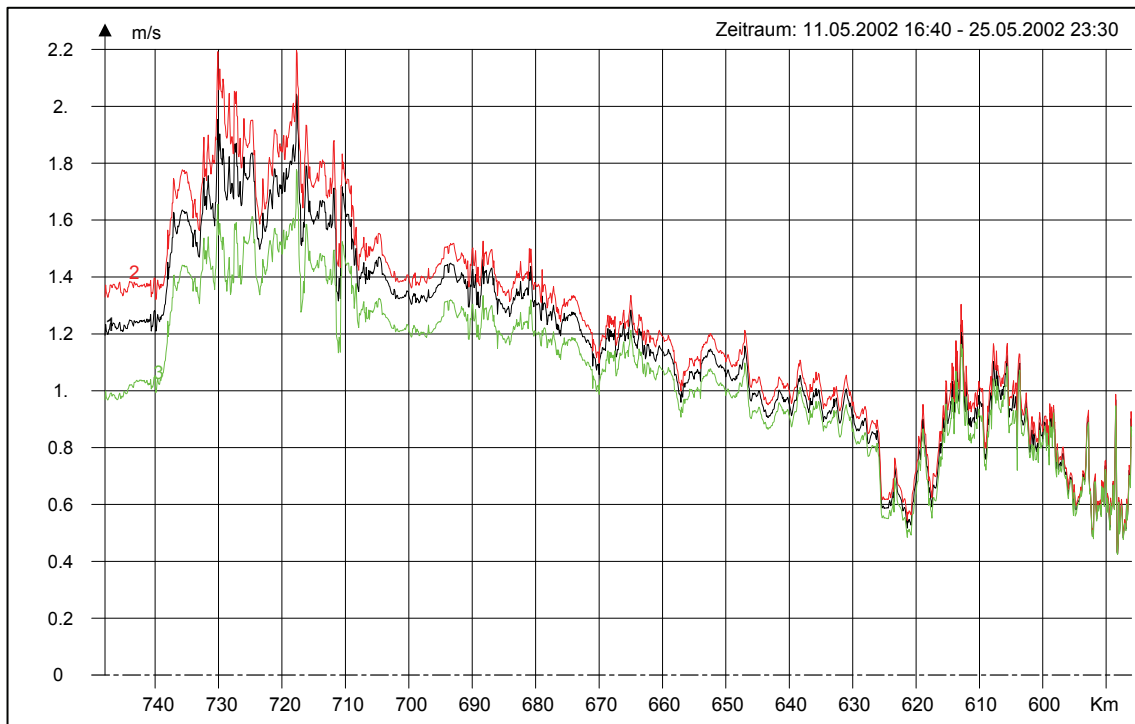


Bild 17: Maximale Ebbestromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit.

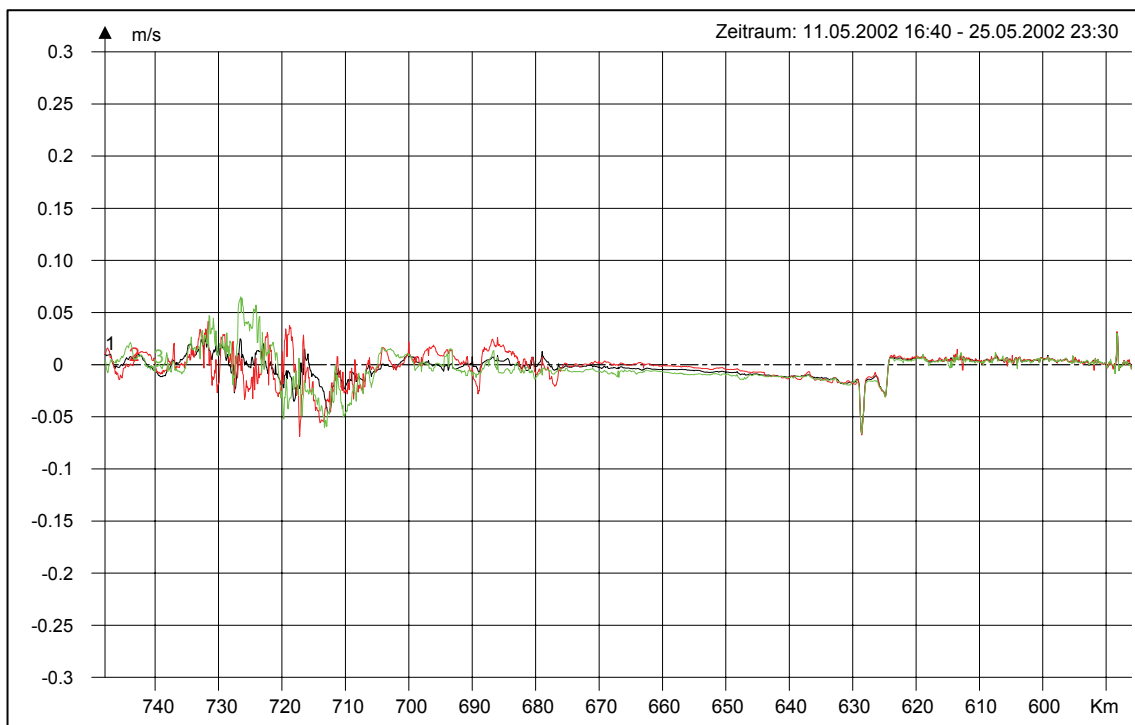


Bild 18: Differenz der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit.

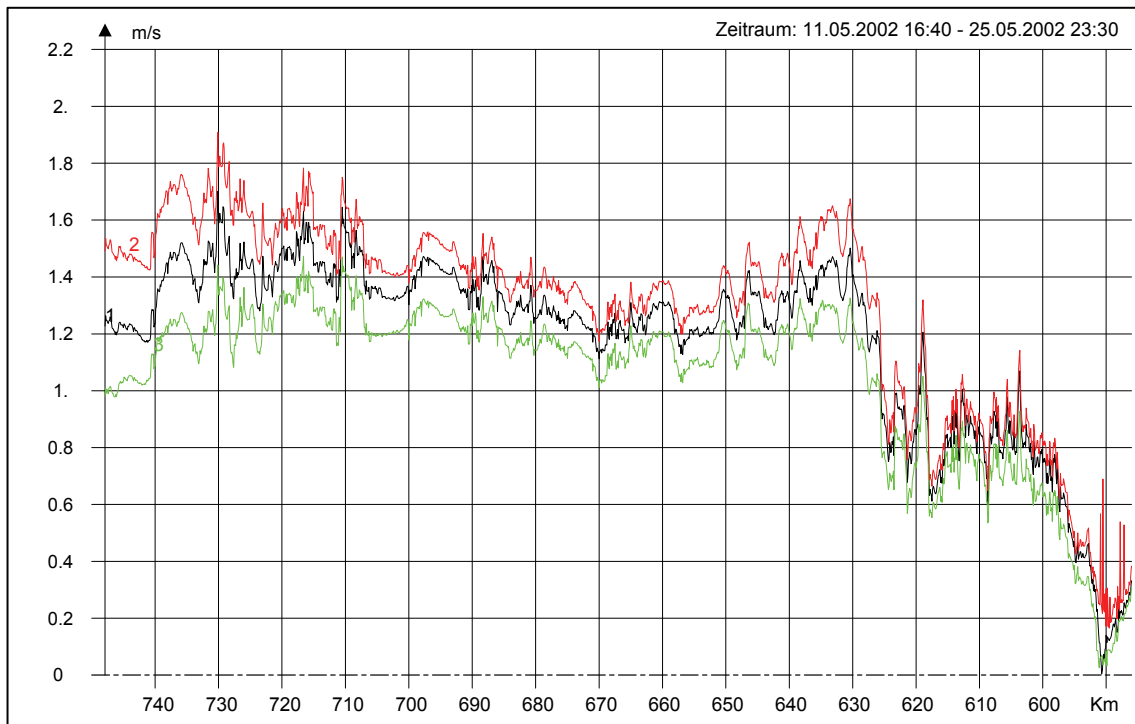


Bild 19: Maximale Flutstromgeschwindigkeit für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert der maximalen Flutstromgeschwindigkeit.

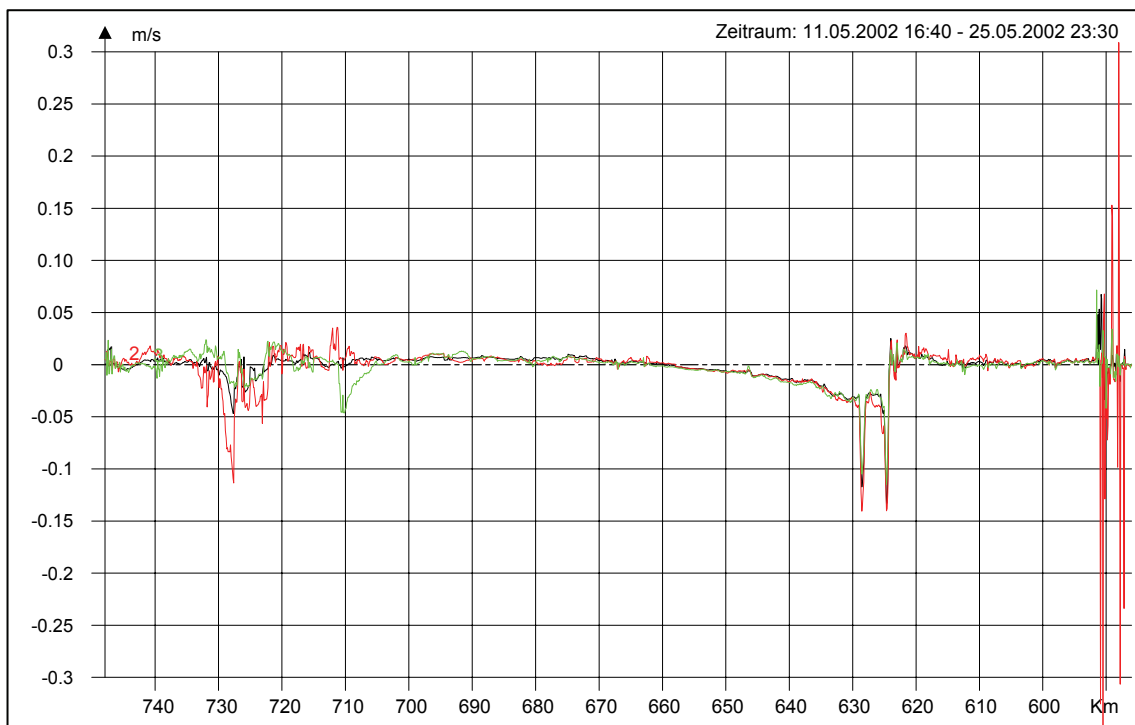


Bild 20: Differenz der maximalen Flutstromgeschwindigkeit (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes der maximalen Flutstromgeschwindigkeit.

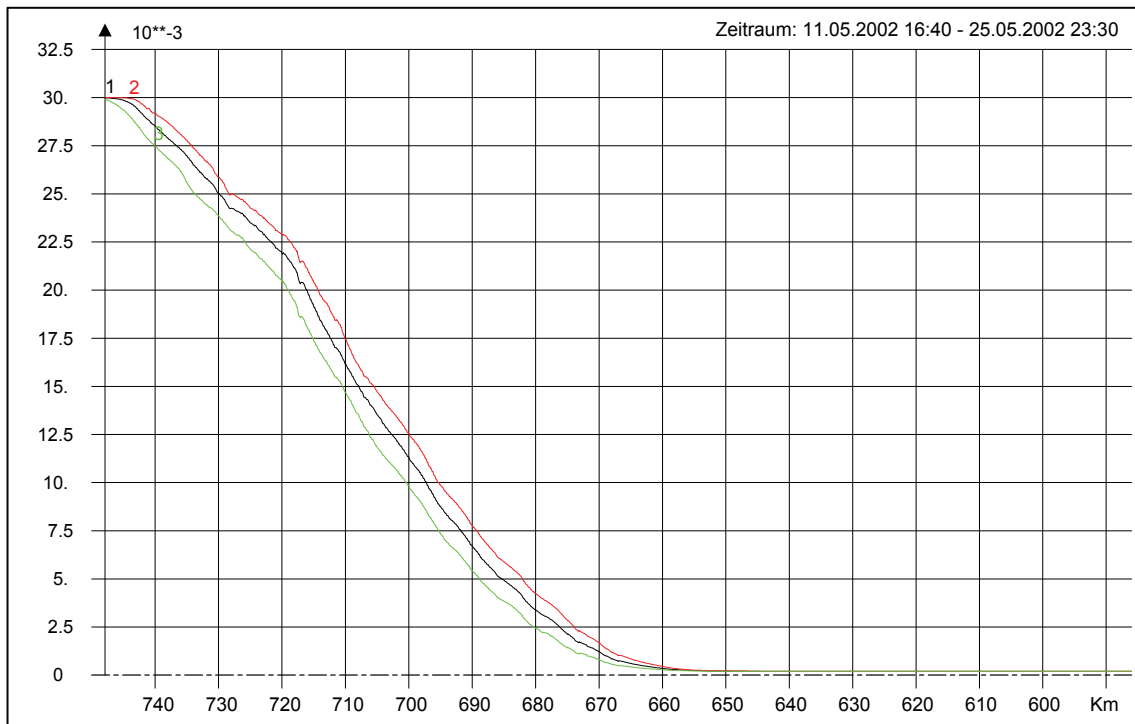


Bild 21: Maximale Salzgehalt für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert des maximalen Salzgehaltes.

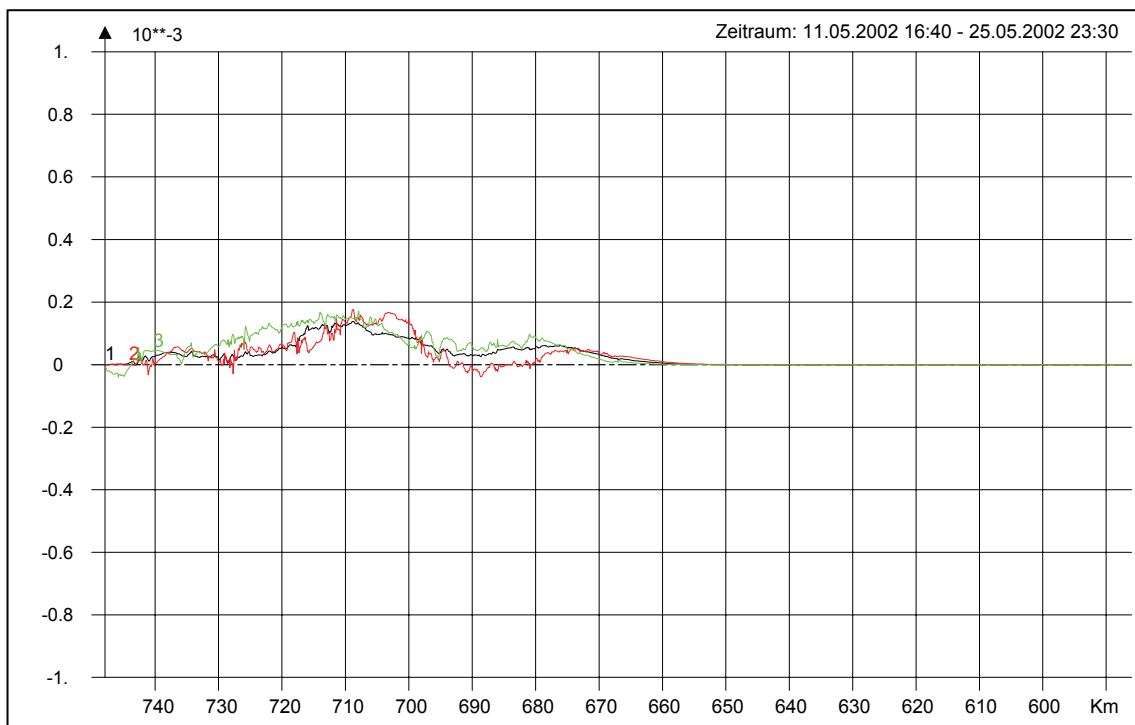


Bild 22: Differenz des maximalen Salzgehaltes (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes des maximalen Salzgehaltes.

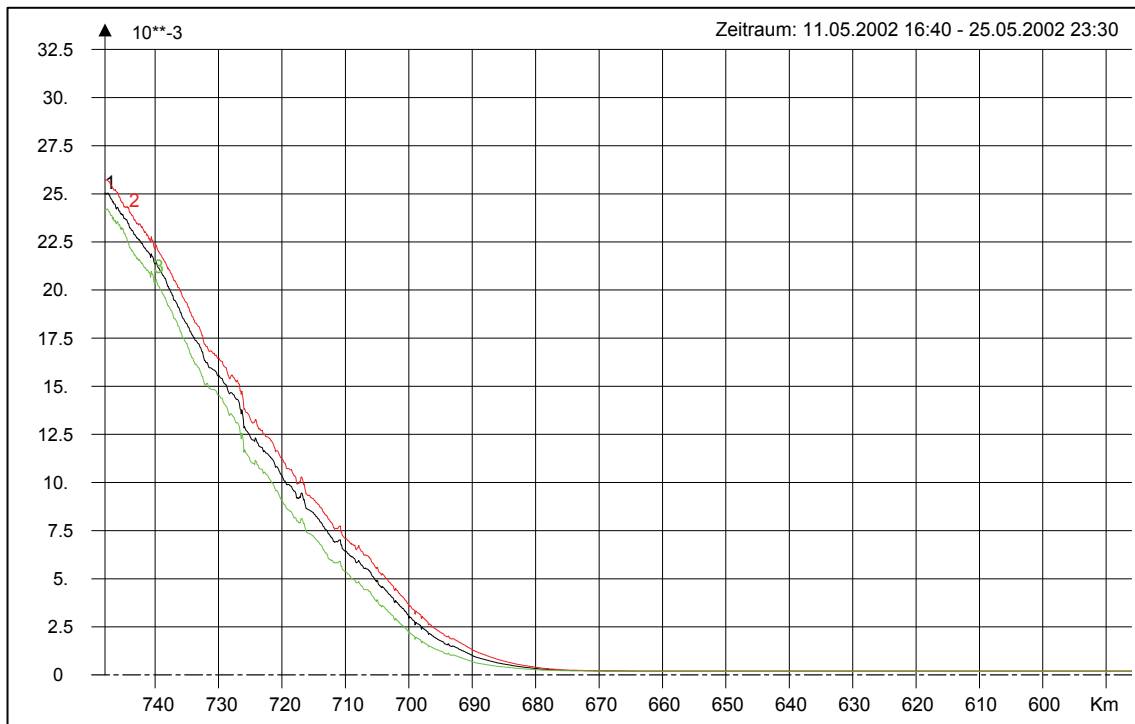


Bild 23: Minimaler Salzgehalt für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert des minimalen Salzgehaltes.

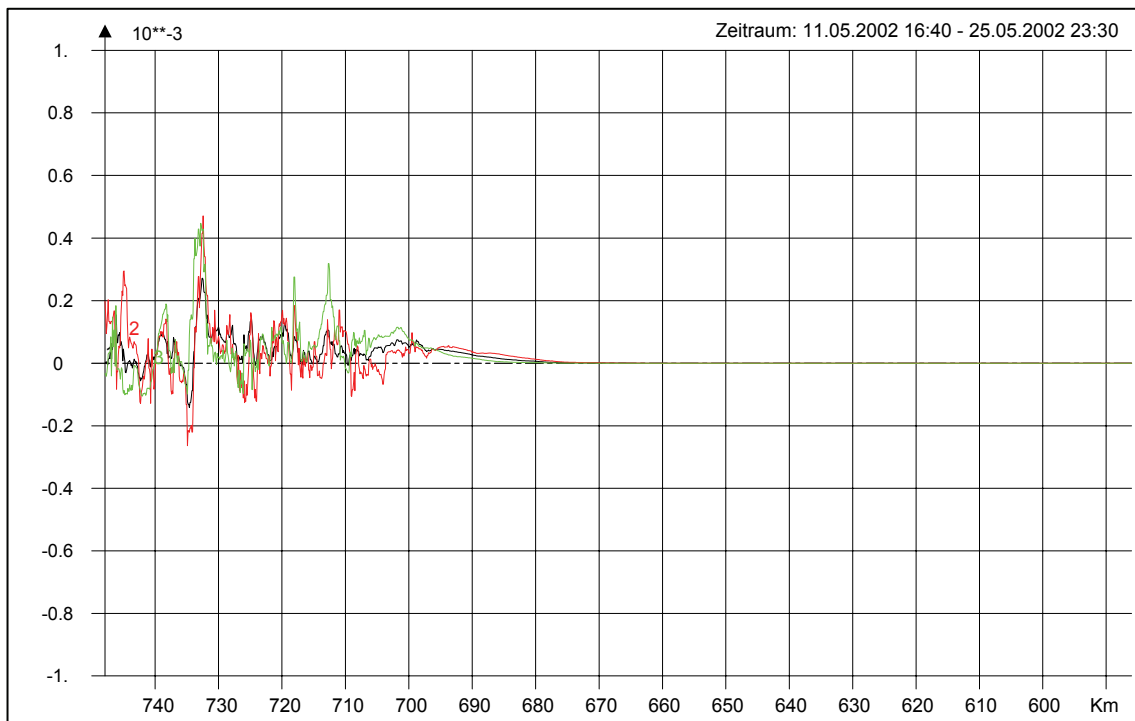


Bild 24: Differenz des minimalen Salzgehaltes (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes des minimalen Salzgehaltes.

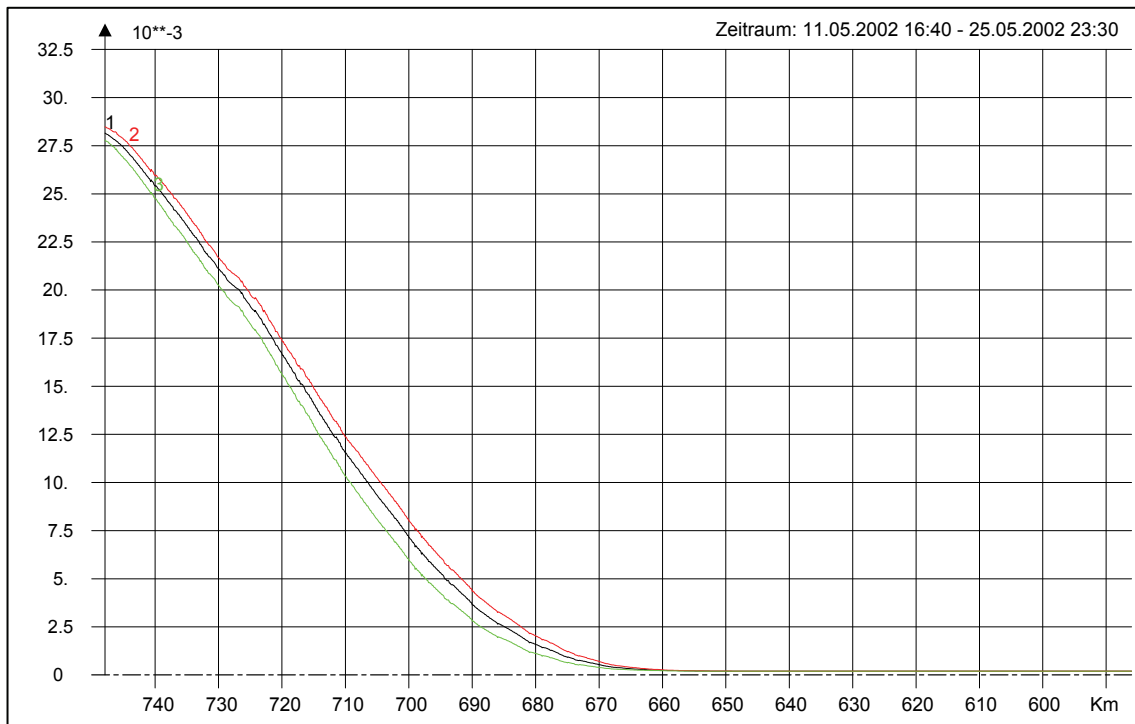


Bild 25: Mittlere Salzgehalt für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert des mittleren Salzgehaltes.

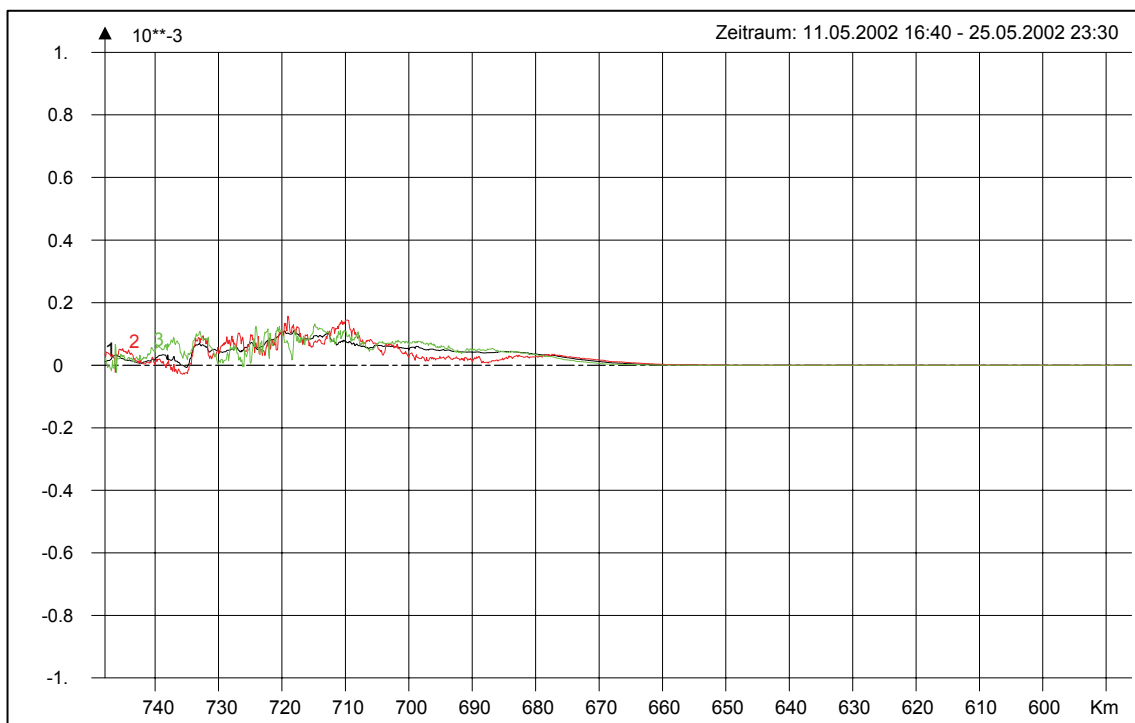


Bild 26: Differenz des mittleren Salzgehaltes (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes des mittleren Salzgehaltes.

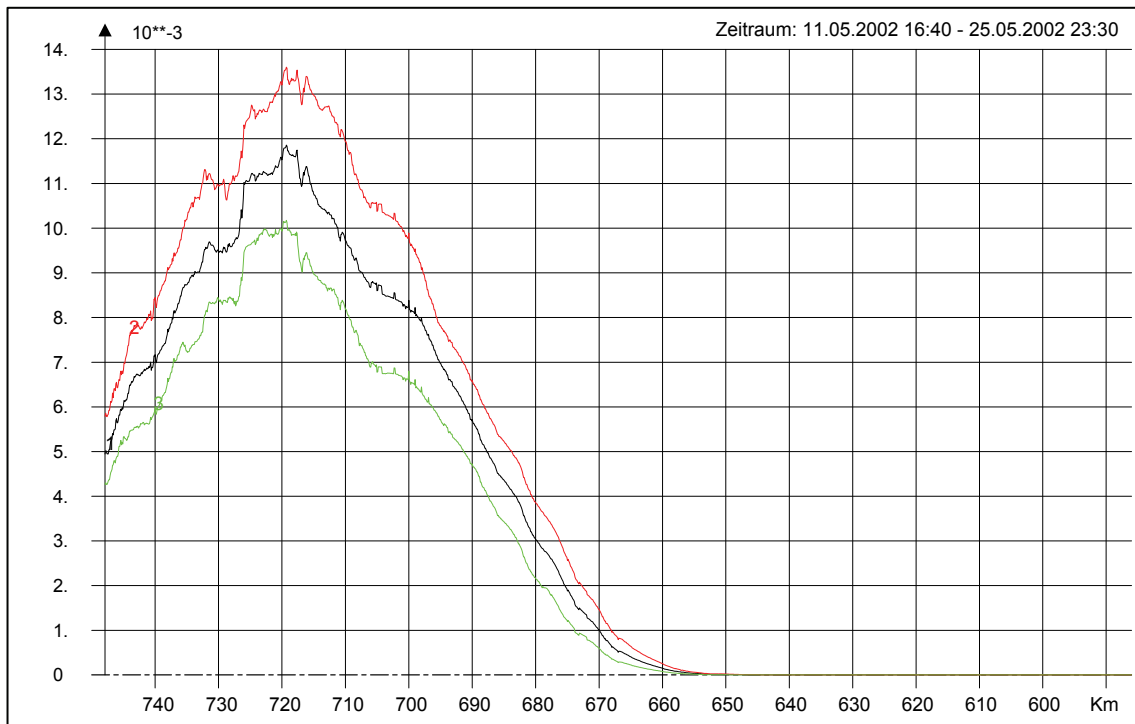


Bild 27: Salzgehaltsvariation für den planerischen Ist-Zustand (PIZ). In Rot das Maximum, in Grün das Minimum und in Schwarz der Mittelwert der Salzgehaltsvariation.

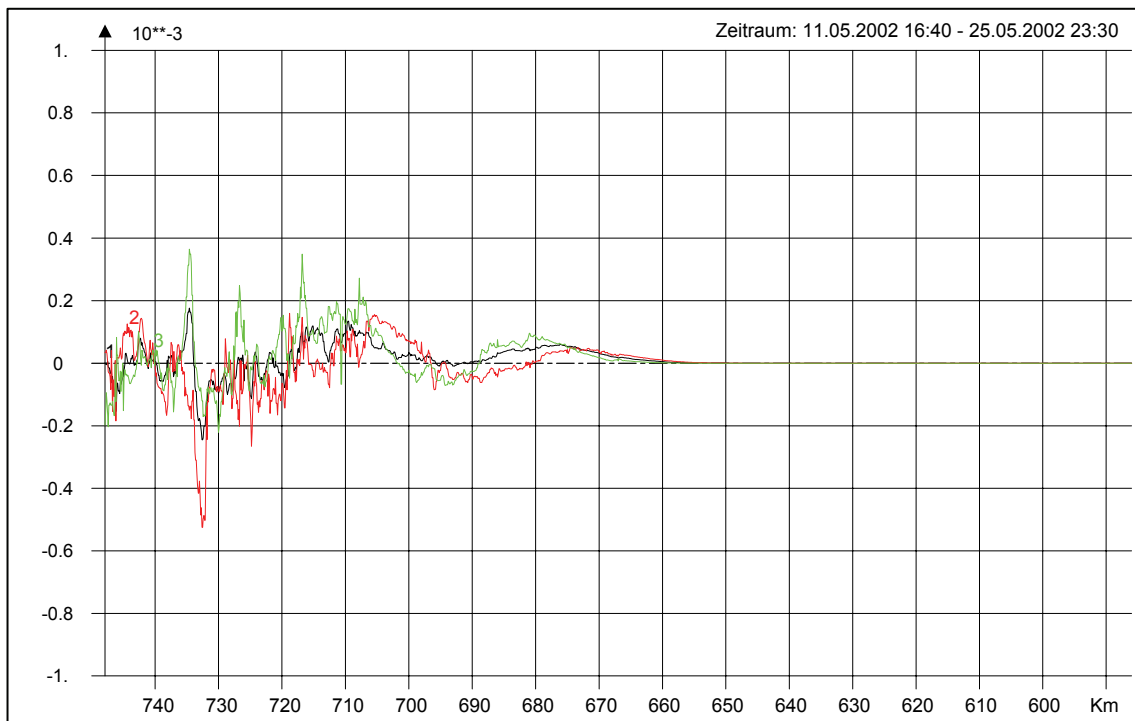


Bild 28: Differenz der Salzgehaltsvariation (Nullvariante – PIZ). In Rot die Differenz des Maximums, in Grün die Differenz des Minimums und in Schwarz die Differenz des Mittelwertes der Salzgehaltsvariation.

5 Schlußbemerkungen

Für die Untersuchung der Nullvariante wurden alle die geplanten Maßnahmen in das numerische Tidemodell der Elbe eingebaut, die eine Auswirkung auf die Tidedynamik haben können. Damit ist es möglich, die akkumulierte Wirkung dieser Maßnahmen auf die Tidedynamik aufzuzeigen. Wie die in Kapitel 4 beschriebenen Ergebnisse verdeutlichen, sind die Änderungen gemessen an der natürlichen Variabilität gering.

Durch die akkumulierte Betrachtungsweise lässt sich die Wirkung der einzelnen Maßnahmen auf die Tidedynamik im Detail nicht identifizieren, jedoch kann man aus grundsätzlichen physikalischen Überlegungen sowie mit Hilfe von Systemanalysen folgende Zusammenhänge aufzeigen.

Die Auffüllung von Hafenbecken im Hamburger Hafen führt in der Tendenz zu einer Verstärkung des Tidehubs, da sich durch sie die dämpfende Wirkung der Wasservolumina in den Häfen auf den Tidehub mindert.

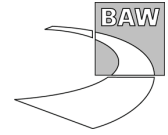
Die Maßnahmen auf der Billwerder Insel und den Borghorster Elbwiesen führen zu einer Vergrößerung des Volumens innerhalb des Tideprismas, was zu einer Dämpfung des Tidehubes führt.

In Falle der Nullvariante sind die für die Tide verlorenen Flächen erheblich größer als die wieder hinzugewonnenen, so dass es zu einer Verstärkung des Tidehubes kommt. In der Folge werden die Strömungsgeschwindigkeiten verändert, was wiederum eine Veränderung der Salzgehaltsverteilung zur Folge hat.

5.1 Auswirkungen der Nullvariante bei Sturmfluten

Hinsichtlich der Auswirkungen der Nullvariante auf die Scheitelwasserstände bei Sturmfluten können die genannten Veränderungen als auf der sicheren Seite liegende Abschätzungen genutzt werden. Tatsächlich werden die Änderungen kleiner sein.

Die physikalischen Ursachen dafür sind wie folgt: Die Reduktion der Wasserflächen durch die Auffüllung von Hafenbecken ist bei normalen Wasserständen und Sturmfluten gleich, jedoch ist die Gesamtwasserfläche bei Sturmfluten durch die zusätzlichen Überflutungsgebiete größer, so dass der Einfluss der Auffüllung bei Sturmflutwasserständen relativ betrachtet klein ist. Die Auswirkung der zusätzlichen Vertiefungen im Bereich des Hamburger Hafens ist bei den höheren Wasserständen der Sturmfluten ebenfalls geringer, weil der Einfluss der gleich bleibenden zusätzlichen Querschnittsfläche auf die insgesamt größer werdende Querschnittsfläche bei Sturmflutwasserständen geringer ist. Die Maßnahmen auf der Billwerder Insel und den Borghorster Elbwiesen führen durch zusätzlichen Flutraum zu einer wenn auch geringen Entlastung des Sturmflutwasserstandes.



Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg
Hamburg, 27.09.2006

Im Auftrag

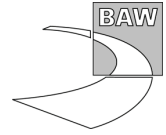
Bearbeiter

gez. Winkel

gez. Boehlich

Dr. N. Winkel
(Regierungsdirektor)

Dipl. Ozeanogr. M. Boehlich
(Wiss. Angestellter)



6 Literaturverzeichnis

BAW (2006 a): *Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe - Gutachten zu Ausbaubedingten Änderungen von Hydrodynamik und Salztransport*, Gutachten BAW-Nr. A39550310062-H.1a, Bundesanstalt für Wasserbau. Unveröffentlicht.

WSD & FHH (2005): *Geplante Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Festlegung des Untersuchungsrahmens gem. § 5 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)*. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, Planfeststellungsbehörde und Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Planfeststellungsbehörde.