

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Holzwarth, Ingrid; Seiffert, Rita; Schulte-Rentrop, Annette; Rudolph, Elisabeth; Hesser, Fred; Seiß, Guntram; Fricke, Benjamin; Winkel, Norbert

Projekt 2.04 Betroffenheiten der Wasserstraßen und Häfen an der Deutschen Küste sowie für den Küstenschutz bei Extremereignissen - 3. Zwischenbericht

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100823>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Holzwarth, Ingrid; Seiffert, Rita; Schulte-Rentrop, Annette; Rudolph, Elisabeth; Hesser, Fred; Seiß, Guntram; Fricke, Benjamin; Winkel, Norbert (2012): Projekt 2.04 Betroffenheiten der Wasserstraßen und Häfen an der Deutschen Küste sowie für den Küstenschutz bei Extremereignissen - 3. Zwischenbericht. In: KLIWAS Zwischenbericht 2011. S. 1-21.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Projekt 2.04

Betroffenheiten der Wasserstraßen und Häfen an der Deutschen Küste sowie für den Küstenschutz bei Extremereignissen

3. Zwischenbericht – Februar 2012

- Projektleitung

Dr. Norbert Winkel, BAW-DH, Tel.: 040-81908 325,

Email: Norbert.Winkel@baw.de

Dr. Elisabeth Rudolph, BAW-DH, Tel.: 040-81908 361,

Email: Elisabeth.Rudolph@baw.de

- Projektbearbeiter

Dr. Rita Seiffert*, BAW-DH, Tel.: 040 – 81908 445, Rita.Seiffert@baw.de

Dipl.-Ing. Ingrid Holzwarth*, BAW-DH, Tel.: 040 – 81908 425,

Ingrid.Holzwarth@baw.de

Dipl.-Geol. Fred Hesser, BAW-DH, Fred.Hesser@baw.de

Dr. Guntram Seiß, BAW-DH, Guntram.Seiss@baw.de

Dipl.-Geoökol. Benjamin Fricke, BAW-DH, Benjamin.Fricke@baw.de

Dr. Annette Schulte-Rentrop, BAW-DH, Annette.Schulte-Rentrop@baw.de

* durch KLIWAS finanziert

1 Ziele

Dieses Projekt verfolgt das Ziel, Betroffenheiten an den Bundeswasserstraßen im Küstenbereich zu ermitteln, die sich aus den Folgen des sich wandelnden Klimas ergeben. Aufgrund der Unsicherheiten in den Klimaszenarien und den Ergebnissen der Klimamodellierung, insbesondere auf regionaler Skala im Bereich der deutschen Küsten, soll nicht nur ein ausgewähltes Szenario sondern ein breites Spektrum möglicher Klimaentwicklungen betrachtet werden. Der Fokus der Untersuchungen liegt auf den Bemessungsparametern Wasserstand, Strömung, Salz- und Schwebstoffgehalt. Es wird untersucht, welche Einflüsse ein veränderter Meeresspiegel, geänderte Oberwasserzuflüsse, Windverhältnisse und Topographien auf die genannten Parameter haben. Dabei werden sowohl Extremereignisse wie Sturmfluten als auch mittlere Verhältnisse betrachtet. Der Einfluss der Strömungsparameter auf biologische und chemische Komponenten wird dann in Zusammenarbeit mit weiteren Kliwas-Projekten untersucht.

Die Ermittlung der Betroffenheiten dient schließlich der Entwicklung von Anpassungsoptionen anhand ausgewählter Beispiele aus den Bereichen Küstenschutz und Wasserstraßen in Projekt 3.02. Dabei konzentriert sich die Auswahl der Beispiele vor allem auf Fragestellungen an den Seeschifffahrtsstraßen.

2 Methoden

Die aktuellen und zukünftigen Verhältnisse in den Ästuaren werden vor allem durch den Meeresspiegelanstieg, den Oberwasserzufluss, die Windverhältnisse und die Topographie beeinflusst. Zur Ermittlung der Betroffenheiten durch Änderungen dieser Schlüsselgrößen werden die bei der BAW vorhandenen numerischen Modelle und Analysemethoden genutzt, siehe BAWiki:

- Mathematischen Verfahren der BAW
http://www.baw.de/methoden/index.php5/Modellverfahren_f%C3%BCr_den_K%C3%BCstenbereich_und_%C3%84stuare
- Analyse der Berechnungsergebnisse (Tidekennwertanalyse)
http://www.baw.de/methoden/index.php5/Analyse_der_Berechnungsergebnisse .

Die Änderungen werden einzeln (z.B. Änderung Oberwasserzufluss) und in kombinierter Weise (z.B. Änderung Oberwasserzufluss und Meeresspiegel) untersucht. Für jede Untersuchung wird jeweils ein Referenzdatensatz unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Bedingungen erstellt. Aufgrund der guten Datenlage wurde das Jahr 2006 als repräsentativ für die gegenwärtigen Bedingungen ausgewählt. Darüber hinaus entspricht die Topographie in 2006 weitestgehend der heutigen Topographie im Bereich der Seeschifffahrtsstraßen. Damit sind insbesondere alle großen Ausbauprojekte der letzten Jahre in der Topographie von 2006 enthalten. In das Jahr 2006 fallen außerdem starke Hochwasserereignisse und mit der 5. Allerheiligenflut am 01.11.2006 eine der höchsten Sturmfluten an der deutschen Küste, sodass auch Extremereignisse als Referenz enthalten sind.

Die Verhältnisse unter veränderten Klimabedingungen werden ermittelt, indem die Randbedingungen zum Meeresspiegelanstieg, Oberwasserzufluss, Wind und zur Topographie systematisch variiert werden. Aufgrund des Fehlens einer durchgängigen Modellkette von den Ergebnissen des vierten Sachstandsberichts, IPCC (2007), zu regionalen, gekoppelten Modellen für den Bereich der deutschen Küste werden die durch den Klimawandel geprägten Randbedingungen mit Hilfe von Literaturstudien aus der aktuellen Klimaforschung und physikalisch sinnvollen Abschätzungen erzeugt.

Die klimabedingten Änderungen der Bemessungsparameter Wasserstand, Strömung, Salz- und Schwebstoffgehalt werden durch einen Vergleich der Verhältnisse unter veränderten Klimabedingungen und der Verhältnisse im Referenzzustand ermittelt. Hierzu werden insbesondere Tidekennwerte für typische Verhältnisse bzw. tideunabhängige Kennwerte für Extremereignisse miteinander verglichen. Ob durch die klimabedingte Veränderung eine Betroffenheit entsteht, wird zusammen mit der WSV erarbeitet. Dazu werden die erzeugten Daten an die WSV weitergegeben.

Die beschriebenen Untersuchungsschritte sind in Abb. 1 dargestellt.

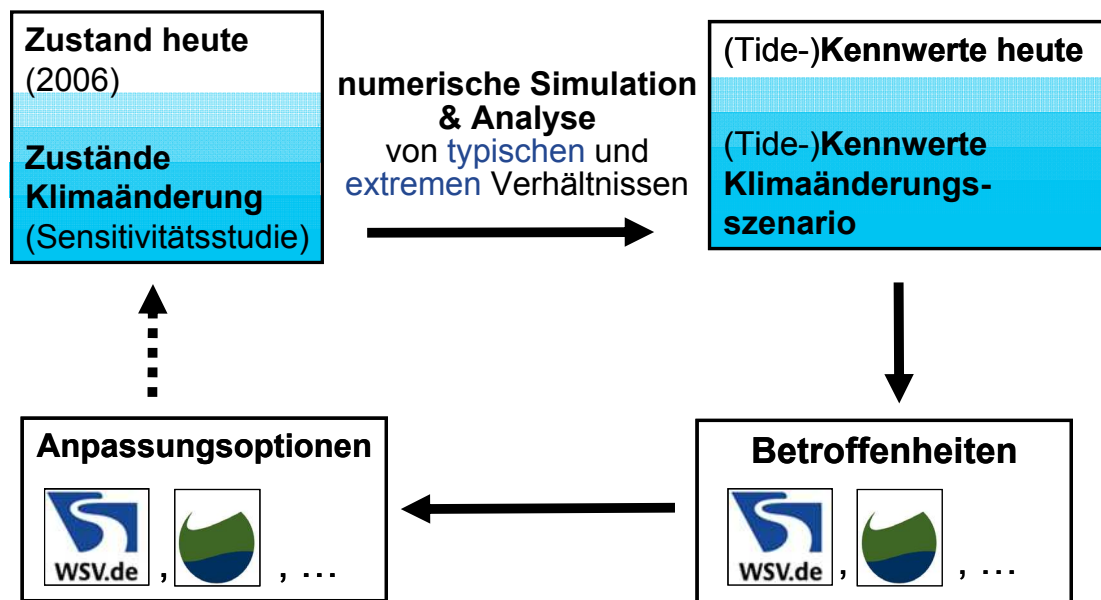


Abb. 1: Bearbeitungskonzept für die Projekte 2.04 und 3.02

3 Im Berichtszeitraum durchgeführte Arbeiten

- Sturmflutuntersuchungen Weser-Ästuar (siehe auch Abschnitt 5)
 - Sensitivitätsstudie zu Meeresspiegelanstieg, veränderten Oberwasserzuflüssen, Windveränderungen
 - Analyse der Ergebnisse: Sturmflutscheitelwasserstand, Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes, Dauer hoher Wasserstände im Weserästuar
- Vergleichende Analyse der Sturmflutuntersuchungen Ems, Jade-Weser und Elbe (siehe auch Abschnitt 5) sowie erste Untersuchungen zu Betroffenheiten

- Salzstudie (siehe auch Abschnitt 5); Untersuchung der Lage der Brackwasserzone in Abhängigkeit von Oberwasserszenarien und Meeresspiegelanstieg
- Verbesserungen und Weiterentwicklungen der Modelle von Elbe, Jade-Weser und Ems
- Weiterentwicklung des Modells der Ostsee (siehe auch Abschnitt 5)
 - Verbesserung des Modellgitters
 - Aufbau eines separaten Modells für die Schlei
 - Aufbau eines Warnow-Teilgitters
 - Simulation Schlei: Ist-Zustand und Zustand MSL+80 cm mit Tracerausbreitung Klärwerk Schleswig
 - Einschwingvorgang Ostseemodell (Daueraufgabe, Ist-Zustand, MSL+80 cm)
- Aufbau eines sedimentgebundenen Schadstofftransportmodells für das Ästuar der Elbe (siehe auch Abschnitt 5); Betrachtung von Cadmium und Zink für die extremen Oberwasserereignisse 2002 und 2006
- Programmerweiterungen
 - DATA2GEOM; Umwandlung von BSH-Daten in ein an der BAW-DH verwendbares Datenformat; Weiterentwicklung, Dokumentation, Einstellung in die Proghome Umgebung sowie BAWiki und BSCW-Server, siehe <http://www.baw.de/methoden/index.php5/DATA2GEOM>
 - Verschiedene Erweiterungen von DATA CONVERT. Die Wichtigste ist die Konvertierung für das Dateiformat NetCDF. Mit der neuen Version des BAW-Programms DATA CONVERT können synoptische Daten an Einzelpositionen, entlang von Profilen (Trajektorien) oder im gesamten Modellgebiet in das NetCDF Dateiformat konvertiert werden. Bei den Daten kann es sich um tiefengemittelte oder tiefenstrukturierte Daten handeln. Es wird der CF Metadaten Standard benutzt. Weitere Informationen im BAWiki: <http://www.baw.de/methoden/index.php5/DATA CONVERT> sowie <http://www.baw.de/methoden/index.php5/NetCDF>
- Weitere Datenaufbereitung
 - WISKI-Pegeldaten für die Jahre 1989, 1997 und 2008 für Ostsee
 - Aufbereitung von saisonalen Oberwassercharakteristiken für die Einzugsgebiete der Süßwassereinträge in die Ostsee aus BALTEX
 - Oberwasserszenarien für Elbe, Weser, Ems des Potsdam Institut für Klimafolgenforschung; Biaskorrektur, Plausibilitätsprüfung der Daten, Statistiken und graphische Aufbereitung
- Einführung UnTRIM² (neue Version von UnTRIM mit SubGrid-Technologie, siehe <http://www.baw.de/methoden/index.php5/UNTRIM2>)
 - Testrechnungen für das Elbeästuar
 - Vorbereitung der Vergabe der Gitter für das Jade-Weser-Ästuar
- Prinzipielle Studien zum Schwebstofftransport, hier: Anwendung des Hindered-Settling-Faktors. Hintergrund: Verlust von Schwebstoffen aus der Wassersäule bei langen Simulationszeiträumen. Zudem wurden Studien über die Parameter Sohlbeschaffenheit, Porosität der Sohle, Erosionsflusskonstante und Flokkulation im Ästuar der Ems durchgeführt.

Tab. 1: Projekt 2.04 - Kooperationen und Aufträge

Kooperationspartner/ Auftragnehmer	Kurztitel	Ansprech- partner
Technische Universität Hamburg-Harburg	Sensitivitätsstudie zur Sturmflut 1976 im Weserästuar	Anika Johannsen, Prof. Dr. Schneider

4 Vernetzung des Projektes

- WSV

Eine enge Zusammenarbeit mit dem WSA Lübeck fand im Rahmen des Modellaufbaus für die Schlei und die Trave statt. Von Seiten des WSA Lübeck wurden benötigte Daten (Topographie, Randwerte) beschafft und bereitgestellt. Dem WSA Lübeck wurden die Daten der Modellsimulation der Schlei für den IST-Zustand für den Zeitraum November 2005 bis April 2006 zur weiteren Auswertung bereitgestellt.

Am 12. April 2011 hat die 2. Infoveranstaltung zur Nutzung von Simulationsdaten der BAW in Gewässerkunde stattgefunden. Informiert wurde über die ArcGis-Schulung durch die SAF, über den ArcGis-Gei-Datenlader der BAW und das Visualisierungsprogramm DAVIT der Firma smileconsult. Bei dieser Veranstaltung ist vereinbart worden, aktuelle Daten für Ems, Jade-Weser und Elbe bereitzustellen.

- KLIWAS intern

Das Projekt 2.04 ist eng mit den Projekten 2.01 (Klimawandelszenarien Küste) und 3.01 (Auswirkungen auf Schifffahrt, Küsten und Meeresnutzungen) vernetzt. Durch diese Projekte werden Randwerte für die in PJ 2.04 eingesetzten numerischen Modelle bereitgestellt. Auf regelmäßigen, gemeinsamen Treffen werden die jeweiligen Anforderungen und Möglichkeiten besprochen sowie das weitere Vorgehen abgestimmt.

Es besteht eine Zusammenarbeit mit den Projekten 3.03 (Schwebstoffhaushalt der Nordsee-Ästuar), 4.01 (Wasserhaushalt) und 4.02 (Sedimenthaushalt und die Flussbettentwicklung). Es wurde ein Datenfluss für die Bereitstellung von Simulationsdaten zum Oberwasserzufluss für die Elbe aus Klimaszenarien mit den Projekten 4.01 und 4.02 vereinbart.

Im Jahr 2011 fand eine Zusammenarbeit mit Projekt 3.06 (Transportverhalten schadstoffbelasteter Sedimente) statt. Hierzu wurden Messwerte und Szenarien von 3.06 bereit gestellt und ein sedimentgebundenes Schadstofftransportmodell für die Elbe (siehe auch Abschnitt 5) im Projekt 2.04 aufgebaut. Die Ergebnisse der Simulationen werden 3.06 bereitgestellt.

- Projekte und Institutionen außerhalb von KLIWAS

- Kooperation mit dem KFKI-Projekt *AufMod*. Hier steht die Kalibrierung und Validierung des Nordseemodells der BAW im Vordergrund. Gemeinsame Sensitivitätsexperimente werden durchgeführt. Zur Abstimmung der Arbeiten finden regelmäßige Besprechungen statt.
- Datenaustausch mit dem NLWKN und der Kreisverwaltung Schleswig

- Kooperation mit HPA als Projektpartner im Interreg IVb-Projekt *TIDE*, in dem die Entwicklung verschiedener Ästuarer (u.a. Elbe und Weser) für die Zukunft abgeschätzt werden. Außerdem sollen Managementstrategien entwickelt werden.
- Die in KLIWAS durchgeführten Untersuchungen der Tideelbe finden in enger Absprache mit *KLIMZUG Nord* statt, um Einheitlichkeit und Wissenstransfer über die Projektgrenzen hinaus zu gewährleisten.
- Kooperation mit HPA als Auftraggeber für Systemstudien des Tideelbe-Konzeptes.
- Informationsaustausch mit dem BMBF-Projekt *XtremRisk* (LSBG, fwu der Universität Siegen, TUHH) zur Abschätzung der zukünftigen Sturmflutverhältnisse in der Elbe.
- Informationsaustausch mit WorkPackage1 und WorkPackage2 (HPA und HZG) des EU-Projektes *THESEUS*.

5 Ergebnisse

Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten im Elbe-, Jade-Weser- und Ems-Ästuar

Sturmfluten in den Ästuaren von Elbe, Jade-Weser und Ems werden nicht nur durch die Gezeitendynamik und den Windstau in der Deutschen Bucht beeinflusst, sondern auch Prozesse in den bis zu 100 km tief in die Norddeutsche Tiefebene hineinreichenden Flussmündungsgebieten prägen das Erscheinungsbild einer Sturmflut. So beeinflussen die Wasserstandsentwicklung in der Deutschen Bucht, die lokale Windwirkung über dem Ästuar, der Oberwasserzufluss sowie die Topographie des Ästuares den Sturmflutscheitelwasserstand HW (höchster im Sturmflutzeitraum aufgetretener Wasserstand) entlang des Ästuares. Im Rahmen einer Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten werden Szenarien untersucht, die zentrale Elemente einer möglichen Zukunft hervorheben. Als zentrale Elemente einer möglichen Zukunft werden z. B. eine Zunahme der Niederschläge im Winter (BECKER, 2011) und die daraus resultierenden höheren Abflüsse (HORSTEN, 2011) in der Sturmflutsaison, eine Zunahme der Windgeschwindigkeiten oder ein Meeresspiegelanstieg in der Deutschen Bucht (HEINRICH, 2011) genannt. In einer Sensitivitätsstudie wird der Einfluss folgender Parameter auf den Sturmflutscheitelwasserstand entlang der Ästuarer untersucht:

- Zunahme des Oberwasserzuflusses Q : Sturmflutszenarien werden mit dem aufgetretenen Abfluss sowie mit drei erhöhten Abflüssen ($2000 \text{ m}^3/\text{s}$, $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ und $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ für Elbe und Weser sowie $350 \text{ m}^3/\text{s}$, $700 \text{ m}^3/\text{s}$ und $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Ems) kombiniert. Der höchste untersuchte Wert entspricht dem heutigen HHQ (höchste bekannter Wert; siehe Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch) des jeweiligen Ästuares;
- Erhöhung des lokalen Windes über dem Ästuar um 10 %;
- Meeresspiegelanstieg in der Nordsee slr: Sturmflutszenarien werden mit einem Meeresspiegelanstieg von 25 cm, 80 cm und 115 cm kombiniert (zur Einordnung der Werte siehe GÖNNERT ET AL, 2009)

Die Sensitivitätsstudie wird auf der Grundlage von historischen, sehr hohen Sturmfluten durchgeführt (Sturmflut 3. Januar 1976 (SF76) in Elbe und Jade-Weser, Sturmflut

1. November 2006 (SF06) in der Ems). Der Einsatz von hydrodynamisch numerischen (HN-) Modellen (UnTRIM, CASULLI & WALTERS, 2000 bzw. BAW, 2004) ermöglicht es, den Einfluss der genannten Prozesse auf den Wasserstandsverlauf bei Sturmflut jeweils einzeln zu untersuchen. Die Windfelder wurden vom DWD bereit gestellt.

Das Ziel dieser Sensitivitätsstudie ist es, ein besseres Verständnis für die Variationsbreite der Sturmflutscheitelwasserstände unter heutigen und möglichen zukünftigen Randbedingungen zu erhalten. Die Ergebnisse werden dazu beitragen, Betroffenheiten entlang der Bundeswasserstraßen zu identifizieren und geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Im Berichtszeitraum wird eine Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten im Jade-Weser-Ästuar (JOHANNSEN, 2011) durchgeführt und die Ergebnisse mit den Ergebnissen für Elbe- und Ems-Ästuar verglichen (RUDOLPH ET AL., 2011).

Abb. 2 zeigt beispielhaft die Wasserstandsentwicklung bei Brake in der Unterweser (Weser km 40) für ausgewählte Oberwasserzufluss- und Meeresspiegelanstiegszenarien basierend auf dem Sturmflutszenario SF76. Man erkennt deutlich, dass sowohl der Abfluss als auch der Meeresspiegelanstieg die Höhe und die Eintrittszeit der Tnw und Thw am Tag vor der Sturmflut sowie den Sturmflutscheitelwasserstand HW und die Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes tHW beeinflussen. Der Sturmflutscheitelwasserstand wird höher und tritt früher ein.

Die Sturmflutscheitelwasserstände (BAW, 2002) entlang der Weser für die Szenarien Meeresspiegelanstieg in Kombination mit Zunahme des Oberwasserzuflusses sind in Abb. 3 dargestellt. Im Mündungsbereich werden die Sturmflutscheitelwasserstände durch den Meeresspiegelanstieg verändert. Im mittleren Bereich des Ästuars verändern sowohl Oberwasserzufluss als auch Meeresspiegelanstieg den Sturmflutscheitelwasserstand. Stromauf von Bremen nimmt der Einfluss des Meeresspiegelanstieges ab und der Sturmflutscheitelwasserstand wird durch den Oberwasserzufluss bestimmt.

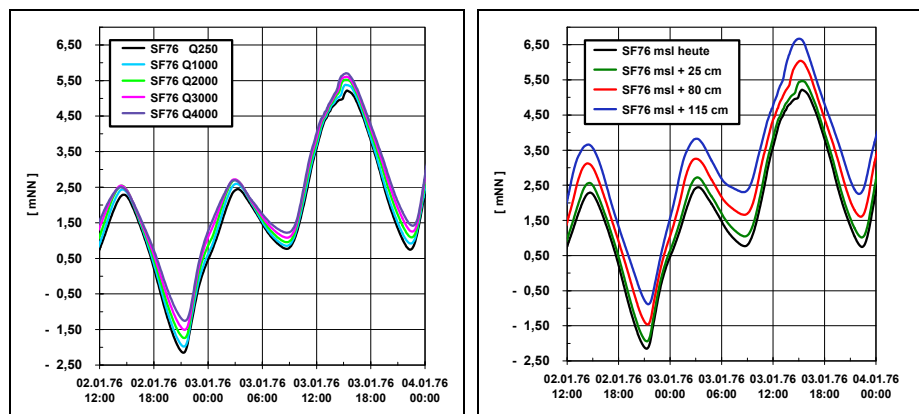


Abb. 2: Sensitivitätsstudie Sturmflut Weser: Wasserstandsentwicklung bei Brake (Weser km 40) für ausgewählte Oberwasserszenarien (links) und Meeresspiegelanstiegszenarien (rechts).

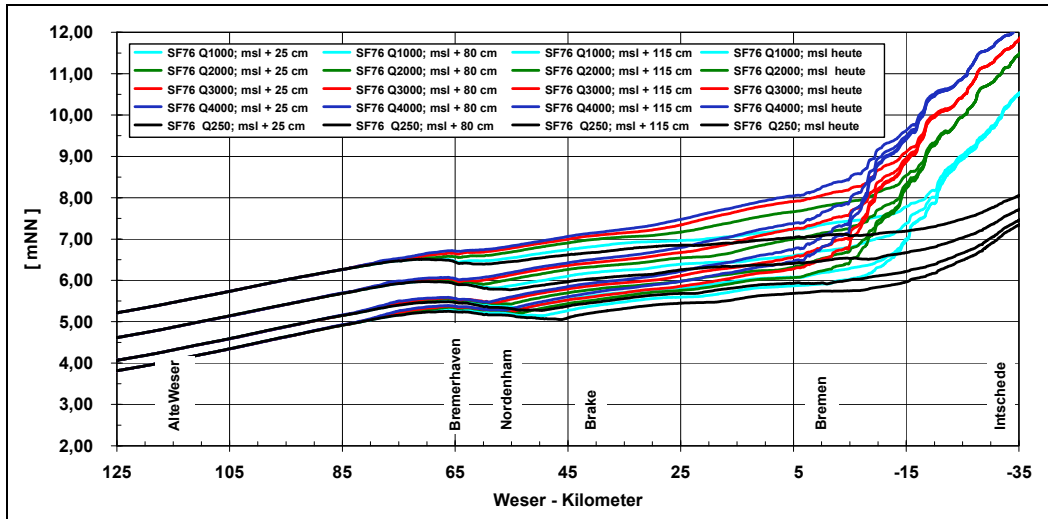


Abb. 3: Sensitivitätsstudie Sturmflut Weser: Sturmflutscheitelwasserstand entlang des Weserästuars von der Nordsee bei Leuchtturm Alte Weser über Bremerhaven und Bremen bis Intschede für Kombination von Meeresspiegelanstieg- und Oberwasserzenarien.

Ein Vergleich der Ergebnisse aus Elbe, Weser und Ems zeigt eine einheitliche Reaktion der Sturmflutscheitelwasserstände HW in den Ästuaren auf eine Zunahme des Abflusses oder einen Anstieg des Meeresspiegels. Eine Zunahme des Abflusses Q verändert HW im Mündungsbereich nicht. Im mittleren Bereich des Ästuars wird HW um mehrere Zentimeter und im oberen Bereich des Ästuars um mehrere Dezimeter angehoben. Ein erhöhter Meeresspiegel jedoch führt zu erhöhten HW bis tief in die Ästuar hinein.

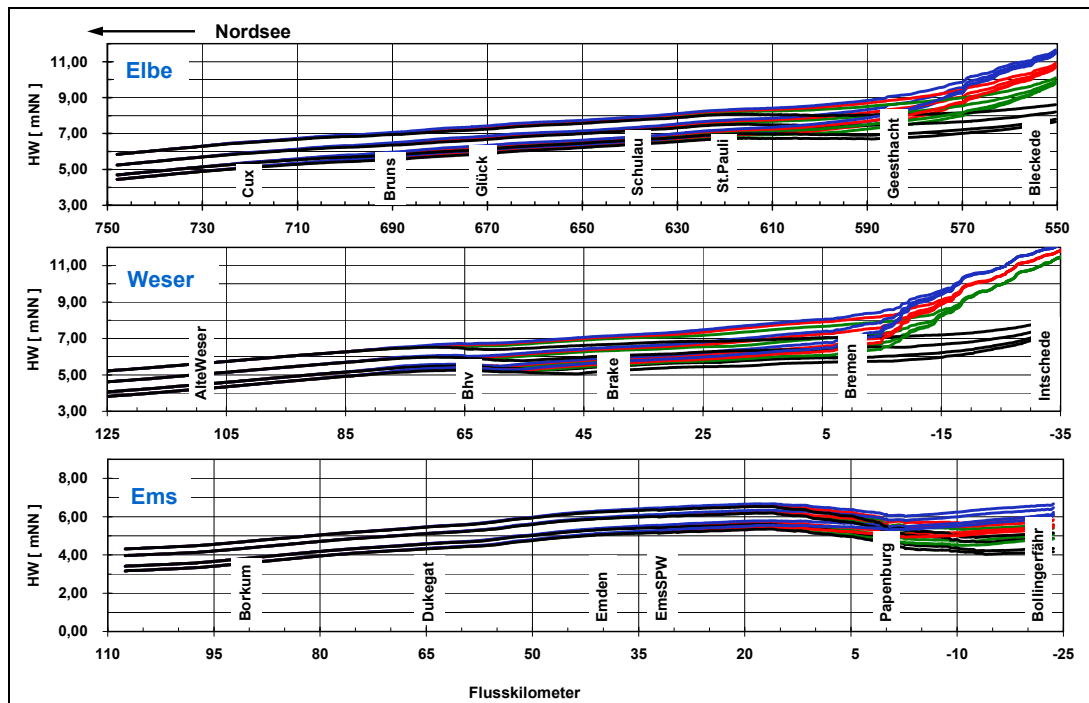


Abb. 4: Einfluss des Meeresspiegelanstiegs (heutiger Meeresspiegel msl, msl + 25 cm, msl + 80 cm, msl + 115 cm) und des Oberwasserzuflusses (gemessener Abfluss in Schwarz, 2000 m³/s bzw. 350 m³/s (grün), 3000 m³/s bzw. 700 m³/s (rot) und 4000 m³/s bzw. 1200 m³/s (blau)) auf die Sturmflutscheitelwasserstände entlang der Ästuar von Elbe, Weser und Ems.

Eine Kombination von Meeresspiegelanstieg und Zunahme des Oberwasserzuflusses (Abb. 4) zeigt für alle Ästuarbereiche, dass die Höhe des Sturmflutscheitelwasserstandes im Mündungsbereich durch den Meeresspiegelanstieg verändert wird. Im mittleren Bereich der Ästuarbereiche beeinflussen sowohl der Meeresspiegelanstieg als auch der veränderte Abfluss den Sturmflutscheitelwasserstand. Im oberen Bereich bestimmt hauptsächlich der Oberwasserzufluss die Höhe des Sturmflutscheitelwasserstands. Die vorgestellte Sensitivitätsstudie wurde auf der Grundlage historischer Sturmfluten durchgeführt. Vor einer Verallgemeinerung der Ergebnisse sind weitere Sensitivitätsstudien mit möglichen zukünftigen Sturmfluttypen aus Klimaänderungsszenarien (Zusammenarbeit mit PJ 1.03 und 2.01) nötig.

Mit den Ergebnissen dieser Sensitivitätsstudie ist es möglich, Bereiche entlang der Ästuarbereiche zu identifizieren, in denen die variierten Parameter den Sturmflutscheitelwasserstand deutlich verändern. Die betrachteten Szenarien führen zu einer Zunahme der Sturmflutscheitelwasserstände, einer früheren Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes sowie einer längeren Dauer hoher Wasserstände. Es ist davon auszugehen, dass die bekannten Probleme bei Sturmfluten durch den Klimawandel verstärkt werden.

Am Beispiel des Sturmflutsperrwerkes Ems bei Gandersum (RUDOLPH ET AL., 2011) kann gezeigt werden, wie die Ergebnisse einer Sensitivitätsstudie eingesetzt werden können, um zusammen mit der WSV Betroffenheiten entlang der Bundeswasserstraßen zu identifizieren und geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Sensitivitätsstudie Salzgehalt

In einer weiteren Sensitivitätsstudie wird untersucht, wie sich die Lage der Brackwasserzone in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss und vom Meeresspiegel verändert. Die Lage der Brackwasserzone ist nicht nur für die Schifffahrt von Bedeutung, sondern auch wichtig für Landwirtschaft und Grundwasserbewirtschaftung. Aufgrund des Klimawandels könnten in Zukunft längere Trockenperioden mit wenig Niederschlag zu einem lang anhaltend niedrigen Oberwasserzufluss führen (VON STORCH & CLAUBEN, 2011). Durch den dann geringen Süßwassereintrag kann das salzhaltige Nordseewasser weiter in die Ästuarbereiche eindringen. Auch ein Meeresspiegelanstieg führt voraussichtlich zu einer Verschiebung der Brackwasserzone nach stromauf (HOLZWARTH ET AL., 2011). Der Meeresspiegelanstieg hebt das Mittelwasser an und beeinflusst die Form der Tidekurve. Durch den höheren Mittelwasserstand vergrößert sich das Flutstromvolumen. Damit kann noch mehr Salzwasser in das Ästuar eindringen, so dass das Verhältnis zwischen Salzwasser und Süßwasser vergrößert wird. Diese Studie untersucht, wie weit sich die Brackwasserzonen in Elbe, Weser und Ems bei lang anhaltend niedrigen Oberwasserzuflüssen stromauf verschieben, wie sich die Lage der Brackwasserzonen bei einem Meeresspiegelanstieg von 80 cm in Kombination mit niedrigen Oberwasserzuflüssen verändert und wie die Strömungsverhältnisse und die Transporteigenschaften der Ästuarbereiche auf die veränderten Oberwasserzuflüsse reagieren.

Mit den dreidimensionalen hydronumerischen Modellen (UnTRIM, CASULLI & WALTERS (2000)) der Elbe, Weser und Ems sind Simulationen mit konstanten mittleren Oberwasserzuflüssen (MQ) und konstanten niedrigen Oberwasserzuflüssen (SoMNQ) durchgeführt worden (Tab. 2). Die Berechnungen werden so lange durchgeführt bis die mittlere Lage der Brackwasserzone quasi stationär ist. Als Anfangszustand für die Untersuchung der Salzgehaltsverhältnisse bei niedrigen Oberwasserzuflüssen dient der quasi

stationäre Zustand bei mittleren Oberwasserzuflüssen. Für eine weitere Untersuchung sind die unterschiedlichen Oberwasserzuflüsse mit einem Meeresspiegelanstieg von 80 cm kombiniert worden.

Jedes Ästuar hat unterschiedlich auf die veränderten Abflussbedingungen reagiert. In der Weser stellen sich schon nach etwa 30 Tage stationäre Verhältnisse ein, während sich in der Elbe die Lage der Brackwasserzone erst nach etwa 50 Tagen kaum noch verschiebt. Die Ems benötigt am längsten. Hier steigt selbst nach 80 Tagen der mittlere Salzgehalt im Emders Fahrwasser noch leicht an. Selbst wenn es in Zukunft zu sehr langen Trockenperioden kommt, wird sich die Brackwasserzone nicht unbegrenzt nach stromauf verschieben. Denn wenn durch die Wechselwirkung von Gezeit und Oberwasserzufluss der advective Salztransport durch den Flutstrom (bezogen auf einen Querschnitt) entgegengesetzt gleich groß ist wie der mit dem Ebbestrom verbundene Transport, so findet kein residueller advektiver Salztransport und damit auch keine Verschiebung der Brackwasserzone statt. Dabei ist die Zeitspanne, die das System benötigt um auf die veränderten Randbedingungen zu reagieren, abhängig vom Ausgangszustand.

Abb. 5 zeigt die Lage der Brackwasserzonen im quasi stationären Zustand. Dargestellt sind der mittlere und maximale Salzgehalt als Mittelwerte über den letzten simulierten Spring-Nipp-Zyklus entlang der Fahrrinne. Die schwarzen Kurven repräsentieren den Vergleichszustand bei mittlerem Oberwasserzufluss. Wie erwartet führen sowohl der lang anhaltend niedrige Oberwasserzufluss (blau) als auch der Meeresspiegelanstieg (rot) zu einer Verschiebung der Brackwasserzone stromauf. Die Verschiebung der Brackwasserzone aufgrund des Meeresspiegelanstiegs von 80 cm fällt in allen drei Ästuaren deutlich geringer aus als die Verschiebung aufgrund des lang anhaltend niedrigem Oberwasserzuflusses. Die Kombination von Meeresspiegelanstieg und geringem Oberwasserzufluss (grün) führt zu den höchsten Salzgehalten entlang des Ästuars. In der Ems erreicht die Brackwasserzone in diesem extremen Szenario das Wehr bei Herbrum.

Der Wert von 80 cm für den Meeresspiegelanstieg wird in der Literatur als „zentraler Wert“ für die Deutsche Bucht bis zum Jahr 2100 angegeben (GÖNNERT ET AL., 2009). Auf der Grundlage lassen die Ergebnisse dieser Studie vermuten, dass in den nächsten Jahren bis Jahrzehnten die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Lage der Brackwasserzone im Vergleich zu den Auswirkungen veränderter Oberwasserverhältnisse gering sind. Allerdings ist der Anstieg des Meeresspiegels ein langsamer, stetiger Prozess. Im Gegensatz dazu variieren die Oberwasserverhältnisse deutlich schneller. Ähnlich wird es sich auch mit den Auswirkungen auf die Lage der Brackwasserzone verhalten: die Veränderung durch den Meeresspiegelanstieg wird stetig und dauerhaft sein, während die Veränderung durch variierende Oberwasserzuflüsse einen kurzfristigen und unsteten Charakter aufweisen wird.

Tab. 2: Mittlerer Oberwasserzufluss (MQ) und mittlerer niedrigster Oberwasserzufluss in den Sommerhalbjahren (SoMNQ) für die Elbe (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG & HAMBURG PORT AUTHORITY, 2010), die Weser (NLWKN, 2010) sowie die Ems (NLWKN, 2008).

	Elbe Neu Darchau (1926-2006)	Weser Intschede (1941-2006)	Ems Versen (1941-2005)
MQ [m ³ /s]	710	325	80
SoMNQ [m ³ /s]	304	127	16

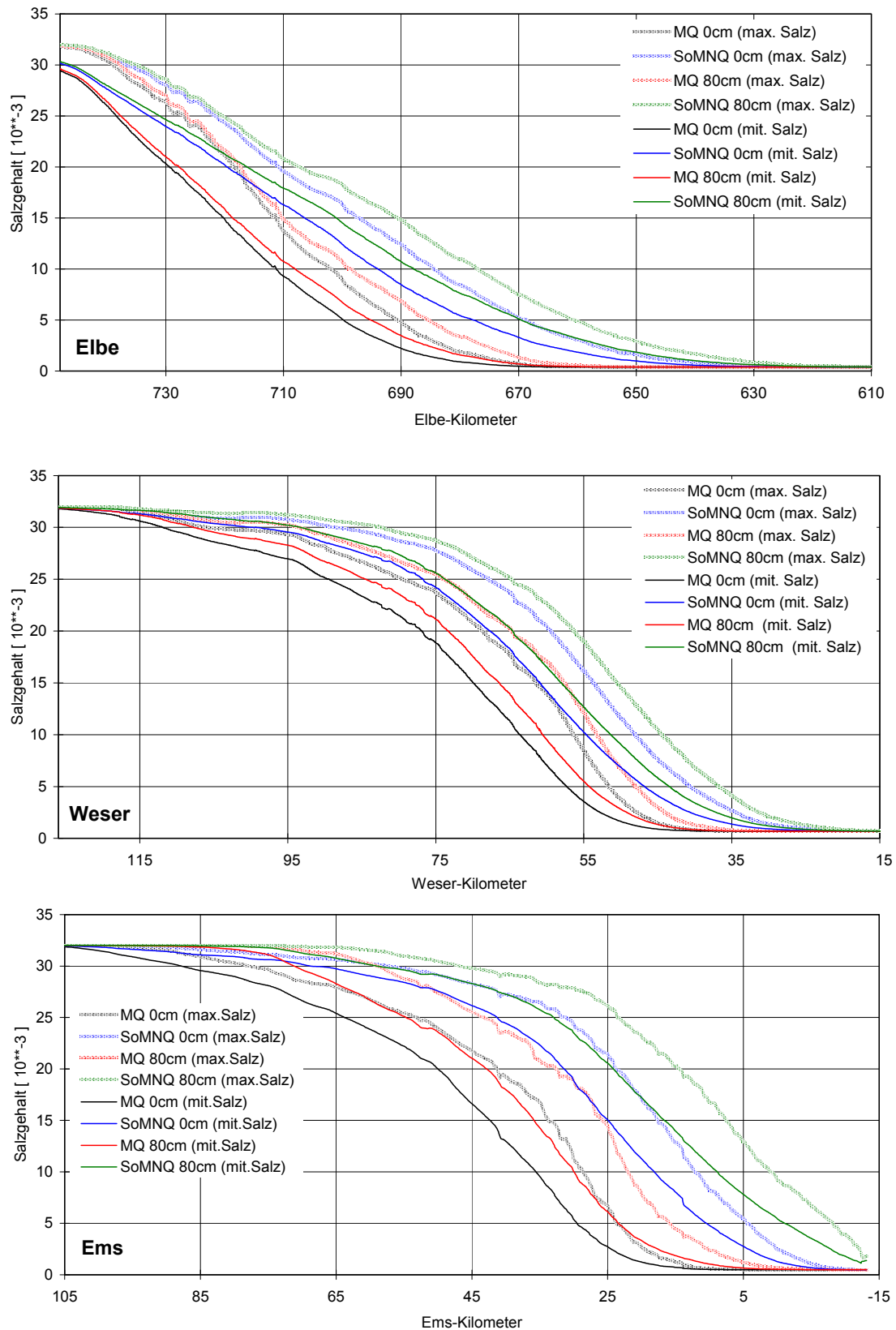


Abb. 5: Mittlere und maximale Salzgehalte gemittelt über den letzten Spring-Nipp-Zyklus des Simulationszeitraumes nach Erreichen einer quasi stationären Lage der Brackwasserzone. Dargestellt sind die Werte für das Längsprofil in Fahrrinnenmitte von Elbe, Weser und Ems.

Ostsee/Schlei

Für die Schlei ist im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Lübeck ein hochauflösendes Modell für zukünftige Beratungstätigkeiten der Gewässerkunde aufgebaut worden. Die Bathymetrie basiert auf Jahrespeilungen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie und des WSA Lübeck bis zum Jahr 2010. Die inneren Gewässer der Schlei werden zur Illustration der typischen Strukturen in Abb. 6 dargestellt. Das Modellgebiet steht stellvertretend für flache Küstengewässer, die sehr geschützt liegen und nur durch einen im Verhältnis zum Gewässervolumen kleinen Querschnitt mit der offenen See verbunden sind. Die Ergebnisse lassen sich qualitativ auf ähnliche Gewässer (Trave, Darß-Zingster Boddenkette) übertragen.

Untersuchungsgegenstand ist der Stoffaustausch zwischen Schlei und Ostsee vor dem Hintergrund des Klimawandels. Veränderungen sind bei einem erhöhten Meeresspiegel zu erwarten. Einerseits wird das Wasservolumen der Schlei signifikant vergrößert, beispielsweise etwa 7 % bei einer durchschnittlichen Wassertiefe von 3,5 Metern und einem angenommenen Anstieg um 0,25 Metern im mittleren Meeresspiegel. Andererseits vergrößern sich auch die Durchflussquerschnitte in den Engstellen und am Ausgang zur Ostsee. Zur Bestätigung dieser Annahme wurde das Schleimodell im heutigen Zustand (IST) und im Zustand mit einem um 80 cm angehobenen mittleren Meeresspiegel (MSL+80) gesteuert. Die Randwerte umfassten den Zeitraum vom 01.11.2005 bis 01.01.2006. Zur Quantifizierung des Austausches wurde in der „Kleinen Breite“ ein Spurenstoff (Tracer) in das Modellgebiet emittiert.

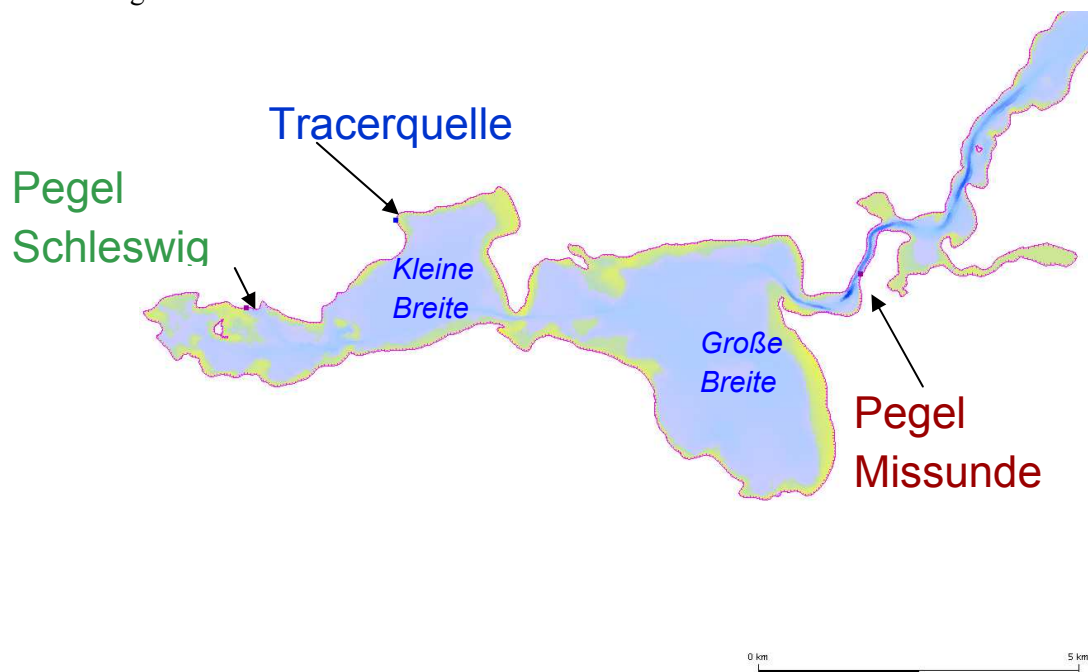


Abb. 6: Bathymetrie der inneren Schlei mit Pegelpositionen und Position der Tracerquelle.

Das Modell ist mit der Tracerkonzentration 0 % initialisiert worden. Aus der Zeitreihe der Entwicklung der Tracerkonzentration am Pegel Schleswig lässt sich eine typische Anpassungszeit der „Kleinen Breite“ an das Gleichgewicht zwischen Tracerquelle und Austausch mit der „Großen Breite“ ableiten, wenn die zeitliche Entwicklung als

Exponentialfunktion (Abb. 7) angenommen wird. 150 Tage dauert es bis die Abweichung vom Gleichgewicht nur noch ein Zehntel der Anfangsabweichung beträgt (Zehntelwertszeit).

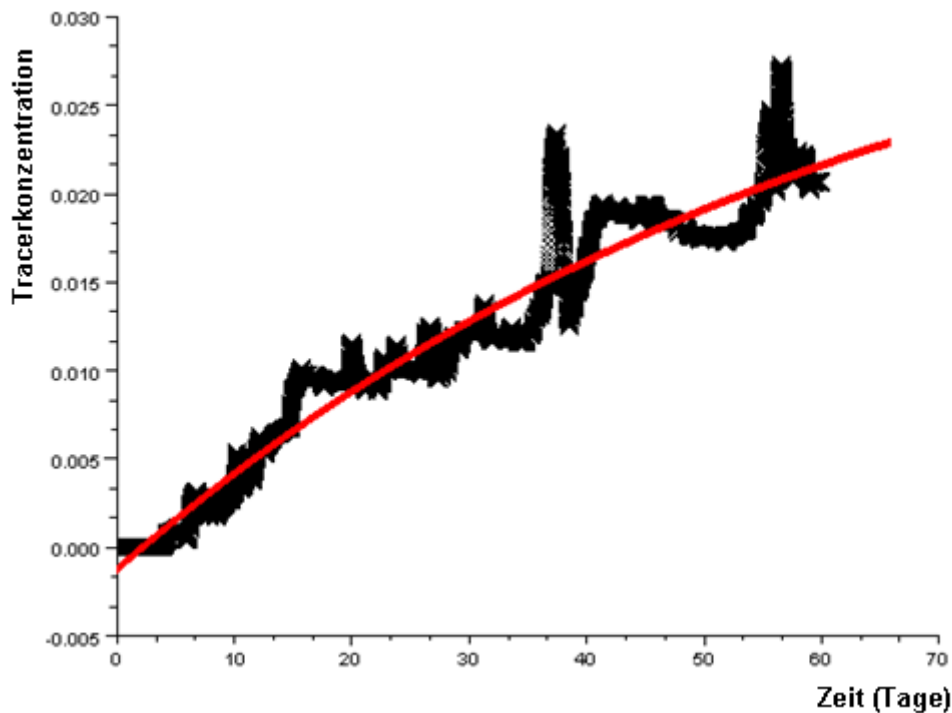


Abb. 7: Normierte Tracerkonzentration als Funktion der Zeit mit abgeleiteter Regressionsfunktion.

Für beide Simulationsläufe werden die Tracerkonzentrationen der beiden Simulationen nach dem Ende des Simulationszeitraumes verglichen (Abb. 8). Es zeigt sich, dass die Anhebung des Meeresspiegels um 80 cm eine Abnahme der Tracerkonzentration zur Folge hat. Das bedeutet, dass das zusätzliche Volumen und der vergrößerte Austauschquerschnitt zu einer stärkeren Verdünnung des Tracers bei angehobenem Meeresspiegel führen. Daraus können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Ein Anstieg des Meeresspiegels führt zu einem verstärkten Austausch zwischen den Abschnitten der Schlei und zu einer Abschwächung der Eigenschaften des Schleiwassers im Verhältnis zum Ostseeinfluss.
- Dies könnte zu einer leichten Verbesserung der Situation der Schlei bezüglich eingeleiteter Stoffe, z.B. Nährsalze, führen.
- Da die Ostsee einen stärkeren Einfluss gewinnt, ist in der Schlei bei Anstieg des mittleren Meeresspiegels im Mittel mit etwas niedrigeren Temperaturen und höheren Salzgehalten zu rechnen.
- Die für die Schlei typischen Gewässereigenschaften werden jedoch in der Charakteristik nicht grundlegend verändert.

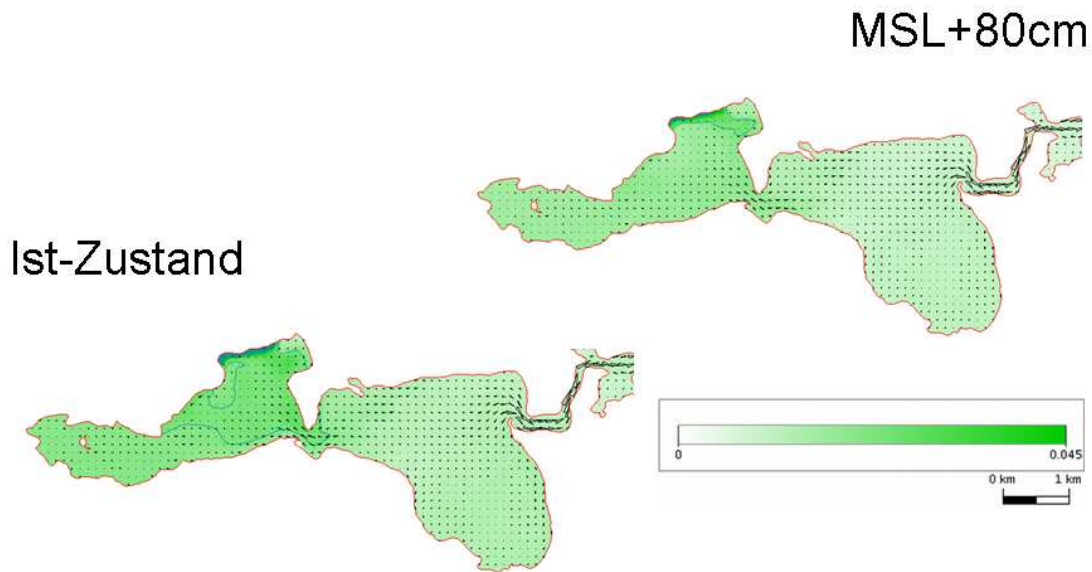


Abb. 8: Tracerkonzentration nach zwei Monaten für den heutigen Zustand und den Zustand mit angehobenem Meeresspiegel.

Diese Ergebnisse lassen sich qualitativ auch auf andere flache Küstengewässer mit geringem Austausch zur Ostsee übertragen.

Bezüglich der Hydrologie ergeben sich im Bereich der Schlei abgesehen von dem langsam steigenden Meeresspiegel keine Erkenntnisse, dass durch den Klimawandel in der Wasserstraßenverwaltung ein erhöhter Handlungsbedarf entsteht. Bauwerke sind jedoch in angemessenen Zeitintervallen hinsichtlich ihrer Bemessungsparameter zu überprüfen. Die Verbesserung des Austausches mit der Ostsee kann eher als positiver Nebeneffekt des Meeresspiegelanstiegs betrachtet werden.

Aufbau eines sedimentgebundenen Schadstofftransportmodells für das Ästuar der Elbe

Die Elbe nimmt in Bezug auf die Schadstoffbelastung des Sediments eine besondere Rolle unter den deutschen Ästuaren ein. Aufgrund der langen Fließstrecke durch zum Teil stark mit Schadstoffen belastete Einzugsgebiete weist die Sedimentfracht der Elbe bei Geesthacht hohe Schadstoffbelastungen auf. Die Transportdynamik wird stark von Extremereignissen im Einzugsgebiet geprägt.

Die Modellierung von Transportprozessen belasteter Sedimente kann wichtige Aufschlüsse über die Dynamik dieser Prozesse und deren Abhängigkeit von den hydrodynamischen Gegebenheiten liefern. In einer Pilotstudie werden mit dem Modell des Elbeästuars der BAW in Kooperation mit der BfG erstmals Untersuchungen mit einem dreidimensionalen hydrodynamischen Transportmodell durchgeführt.

Der verwendete Modellansatz beschränkt sich zunächst auf Schadstoffe, die überwiegend an Sedimenten adsorbiert transportiert werden, wie zum Beispiel die Schwermetalle Cadmium und Zink.

Im ersten Schritt wird ein Extremereignis aus dem Jahr 2006 betrachtet. Im April 2006 trat ein aus Niederschlägen gespeister, sehr hoher Oberwasserabfluss auf, der einen Maximalwert von 3620 m³/s erreichte. Als Simulationszeitraum wird die Zeitspanne vom 19.03.2006 bis zum 08.06.2006 gewählt. Die Modellergebnisse werden in Tab. 3 mit Messdaten verglichen,

die von der ARGE Elbe mittels Sedimentationsbecken ermittelt wurden und jeweils den Mittelwert der Belastung des Schwebstoffs mit den beiden Schwermetallen Cadmium und Zink über die Dauer eines Monats angeben.

Tab. 3: Vergleich der Messwerte und der Modellergebnisse der Belastung des Schwebstoffs mit den Schwermetallen Cadmium (Cd) und Zink (Zn) in mg/kg für den Monat April 2006.

	Messung Cd	Modell Cd	Messung Zn	Modell Zn
Bunthaus (km 610)	6	5,7	860	904
Seemannshöft (km 625)	4,7	4,4	670	650
Grauerort (km 661)	3,5	3,6	740	719
Cuxhaven (km 716)	1,5	1,5	370	376

Es zeigt sich, dass das Modell und der gewählte Ansatz in der Lage sind, die Belastung des Schwebstoffs mit Schwermetallen zu beschreiben und es somit ermöglichen, Aussagen über die stattfindenden Transportprozesse zu liefern. Deutlich zu erkennen ist das starke Absinken der Belastung zwischen Bunthaus und Seemannshöft und der damit einhergehenden Bedeutung des Hamburger Hafens als Sedimentationszone für feine Sedimente und daran adsorbierte Schadstoffe, siehe auch Abb. 9.

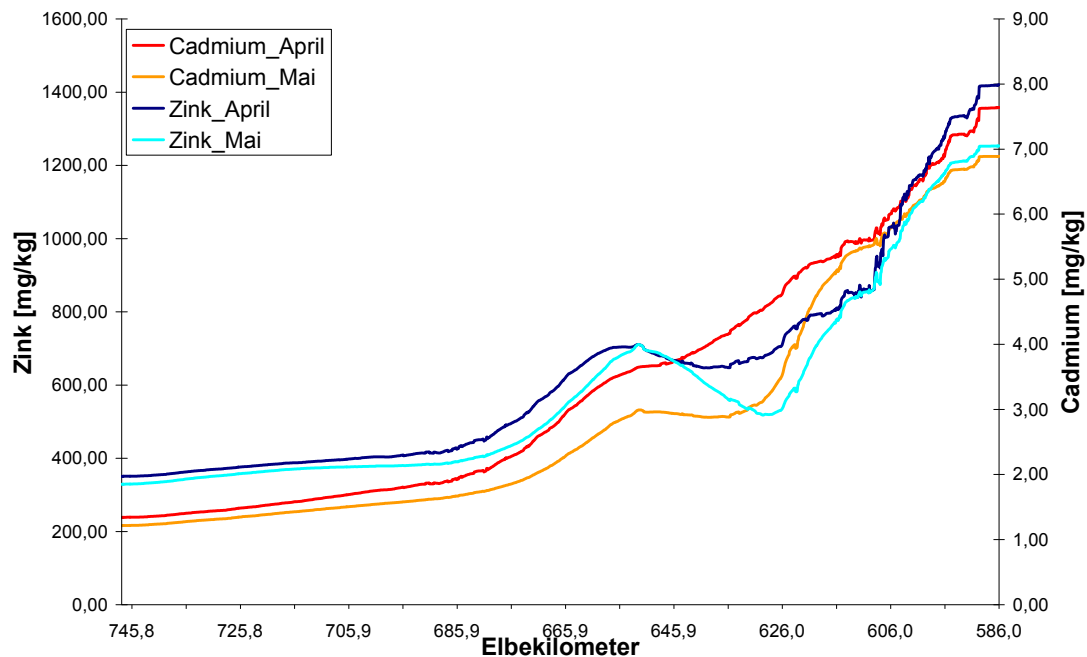


Abb.9: Darstellung des Verlaufs der mittleren Belastung des Schwebstoffs mit Zink und Cadmium für die Monate April und Mai 2006 im Längsprofil entlang der Fahrrinne der Elbe.

Die Modellergebnisse machen deutlich, dass nicht alleine die Schadstofffracht des Oberwassers für die Schadstoffkonzentration entlang der Tideelbe verantwortlich ist, sondern auch durch die Vorbelegung des bereits im Ästuar befindlichen Sediments mit einer Schadstoffbelastung. Die Schadstoffbelastung von Altsedimenten spielt daher eine maßgebende Rolle bei den dargestellten Transportprozessen und muss in der Modellierung berücksichtigt werden.

6 Ausblick

Tätigkeiten

- Sturmfluten in den Nordseeästuar
 - Exemplarische Untersuchung: Sturmflut(en) aus Szenario A1B
 - Bewertung der Ergebnisse aus der Untersuchung zu Sturmfluten in Klimaszenarien gemeinsam mit 2.01/3.01 (BSH/DWD)
 - Sensitivitätsstudie mit neuen Sturmfluttypen aus Klimaänderungsszenarien in Zusammenarbeit mit Projekt 1.03 und 2.01
 - Analyse der Betroffenheiten bei Sturmfluten
 - Erweiterung der Sensitivitätsstudie Sturmfluten in der Elbe
 - Szenarien mit Variationen Windstau
 - Untersuchung von Kettentiden
- Weiterentwicklung Ostseemodell
 - Einschwingvorgang Ostseemodell weiterführen
 - Aufbau eines Trave-Modells
 - Modellsimulation IST und MSL+80 für Sturmflut 1872
 - Bericht zu Einflüssen des Klimawandels auf die Ostseeästuar, Betroffenheiten und Anpassungsoptionen
- Abschluss sedimentgebundenes Schadstoffmodell Elbeästuar
 - Simulation der Extremereignisse der Jahre 2002, 2006, 2010 sowie ein Ereignis mit niedrigem Oberwasser
 - Zusammenfassen der Ergebnisse in einem Poster ‚Modellierung von ökologischen Transportprozessen‘
- Programmerweiterungen
 - Erweiterung von UNTRIM2007 zum Einlesen von flächenhaften Randwerten der Lufttemperatur
- Datenaufbereitung
 - Erzeugen mittlerer saisonaler Zeitreihen für die Abflüsse in die Ostsee aus den Oberwassercharakteristiken
 - Aufbereitung Randwerte Wasserstand und Wind für Sturmhochwasser 1872 und 1989 in der Ostsee
 - Aufbereitung der WISKI-Pegeldaten 2003 sowie WISKI-Pegeldaten und ausländischer Pegel 2011 für Ostseemodell
 - Aufbereitung der Randwerte für Wasser- und Lufttemperaturen für das Jahr 2006 in der Nordsee und den Nordseeästuar
- UnTRIM²
 - Elbe: Kalibrierung
 - Elbe: Verwendung zur hydrodynamischen Modellierung von längeren Zeiträumen
 - Weser: Kalibrierung, Vergleich mit Ergebnissen des alten Modells, Vergleich der Erfahrungen mit den SubGrid-Modellen an Elbe und Ems
- Sensitivitätsstudien zu unterschiedlichen Topographievarianten in den Nordseeästuar

- Validierung Wesermodell für 1990
- Modellkette, Einsteuerung Randwerte aus gekoppelten Modellen (MPI-OM, Hamsom, SMHI)

Veranstaltungen

- Teilnahme International Conference on Hydroinformatics HIC 2012, Hamburg
- Teilnahme EGU 2012, Wien
- Teilnahme UnTRIM-User-Meeting, Trento, Italien, 6. bis 9.5.2012

Veröffentlichungen

- Rudolph, E., A. Schulte-Rentrop, A. Schübler & A. Johannsen: Influence of climate change on storm surge conditions in the German estuaries and testing of probable adaptation strategies. 10th International Conference on Hydroinformatics HIC 2012, Hamburg, eingereicht
- Seiffert, R. Hesser, F.B., Schulte-Rentrop, A., Seiß, G.: Potential Effects of Climate Change on the Brackish Water Zone in German Estuaries. 10th International Conference on Hydroinformatics HIC 2012, Hamburg, eingereicht
- Veröffentlichung der Ergebnisse des Transportmodells für sedimentgebundene Schadstoffe auf der EGU 2012, Wien

Literatur

BAW (2002): Tideunabhängige Kennwerte des Wasserstandes. Bundesanstalt für Wasserbau Dienststelle Hamburg. Wedeler Landstrasse 157, 22559 Hamburg. BAWiki: http://www.baw.de/methoden/index.php5/Tideunabh%C3%A4ngige_Kennwerte_des_Wasserstands

BAW (2004): Validation document – Mathematical Model UnTRIM. Bundesanstalt für Wasserbau Dienststelle Hamburg. Wedeler Landstrasse 157, 22559 Hamburg. http://www.baw.de/downloads/wasserbau/mathematische_verfahren/pdf/Simulationsverfahren_Kueste_validation_document-untrim-2004.pdf

BECKER, P. (2011): Die deutsche Klima- und Klimafolgenforschung – wo stehen wir? Tagungsband 2. KLIWAS – Status Konferenz.

CASULLI, V. & R.A.WALTERS (2000): An unstructured, three – dimensional model based on the shallow water equations. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 32, 331 - 348.

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, HAMBURG PORT AUTHORITY AÖR [Hrsg.] (2010) Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Elbegebiet, Teil III; Untere Elbe ab der Havelmündung; 2006. Hamburg, Selbstverlag

- GÖNNERT, G., J. JENSEN, H. VON STORCH, S. THUMM, T. WAHL & R. WEISSE (2009): Der Meeresspiegelanstieg Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. Die Küste 76. 225 - 256.
- HEINRICH, H., B. KLEIN, A. GANSKE, S. HÜTTL-KABUS, J. MÖLLER, N. SCHADE, H. KLEIN, G. ROSENHAGEN, B. TINZ, U. MIKOLAJEWICZ & D. SEIN (2011): Aktueller Stand der Meeresspiegel-Projektionen für das nordwesteuropäische Schelf: Erste Ergebnisse, regionale und globale Unwägbarkeiten, Handlungsauswirkungen. Tagungsband 2. KLIWAS – Status Konferenz.
- HORSTEN, T., P. KRAHE, E. NILSON, D. E. EBNER VON ESCHENBACH, J.-U. BELZ & M. LARINA, M. (2011): Änderungen von Wasserhaushaltskomponenten im Elbegebiet – Herausforderungen und Lösungsansätze. Tagungsband 2. KLIWAS – Status Konferenz.
- HOLZWARTH, I., SCHULTE-RENTROP, A., HESSER, F. (2011): Auswirkungen klimabedingter Veränderungen auf das Strömungs- und Transportverhalten deutscher Nordseeästuar. In: Tagungsband HTG-Kongress 2011. Würzburg
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- JOHANNSEN, A. (2011): Sensitivitätsstudie zur Sturmflut 1976 im Weserästuar. Studienarbeit TU Hamburg Harburg.
- NLWKN [Hrsg.] (2008): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Weser- und Ems-Gebiet 2005.
- NLWKN [Hrsg.] (2010): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Weser- und Ems-Gebiet 2006.
- RUDOLPH, E, A. SCHULTE-RENTROP, A. SCHÜBLER & A. JOHANNSEN (2011) Sturmfluten in den Ästuaren von Elbe, Jade-Weser und Ems – Eine Sensitivitätsstudie vor dem Hintergrund des Klimawandels. Tagungsband 2. KLIWAS – Status Konferenz.
- VON STORCH, H. & CLAUBEN, M. [Hrsg.] (2011) Klimabericht für die Metropolregion Hamburg. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2011

Abkürzungen

ARGE Elbe Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe

ArcGIS Familie aus sich ergänzenden Software Produkten des Unternehmens ESRI

AufMod	Model-based analysis of long-term morphodynamic processes in the German Bight
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BALTEX	The Baltic Sea Experiment
BDF	BAW-Datenformat (universelles Direktzugriffsdatenformat)
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BSCW	Basic Support for Cooperative Work
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie
DWD	Deutscher Wetterdienst
fwu	Forschungsinstitut Wasser und Umwelt der Universität Siegen
GEI	Generic Engine Interface
HPA	Hamburg Port Authority
HW	Sturmflutscheitelwasserstand
HZG	Helmholtz Zentrum Geesthacht
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KFKI	Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen
KLIMZUG	Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten (BMBF-Projekt)
LSBG	Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer, Hamburg
MSL	Mean Sea Level
MQ	Arithmetisches Mittel aller bis zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbaren Tagesmittelwerte des Abflusses
NetCDF	Network Common Data Form
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
PJ	KLIWAS-Projekt Nr.
Q	Abfluss
SAF	Sonderstelle für Aus- und Fortbildung
SF	Sturmflut
SoMNQ	Arithmetisches Mittel aller bis zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbaren Jahresniedrigstabflüsse in den Sommerhalbjahren
slr	Sea level rise
THESEUS	Innovative coastal technologies for safer European coasts in a changing climate (EU-Projekt im FP7)

TIDE	Tidal River Development (EU Projekt Interreg IVB)
Thw	Tidehochwasser
Tnw	Tideniedrigwasser
tHW	Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes
TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg
UnTRIM	zwei-/drei-dimensionales mathematisches Verfahren zur Simulation von stationären und instationären Strömungs- und Transportprozessen von Gewässern mit freier Oberfläche auf unstrukturierten orthogonalen Gittern; siehe BAW (2004)
UnTRIM ²	UnTRIM mit SubGrid-Technologie, siehe BAWiki: http://www.baw.de/methoden/index.php5/UNTRIM2
WISKI	Wasserwirtschaftliches Informationssystem KISTERS (Fachinformationssystem zur Erhebung, Verwaltung und Auswertung von Zeitreihen in der Wasserwirtschaft)
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
XtremRisk	Extremsturmfluten an offenen Küsten und Ästuargebieten: Risikoermittlung und –beherrschung des Klimawandels (BMBF-Projekt)

Erfolgskontrollbericht

Alle für das Jahr 2011 gesetzten Ziele sind erreicht worden. Es werden sich keine Zeitverzögerungen ergeben.