

## OPTEL C:

### Entwicklung eines operationellen Tidemodells der Elbe sowie einer Modellkopplung mit dem BSH-Vorhersagemodell der Nordsee

Dr. Elisabeth Rudolph und Dr. Christine Kremp

Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstraße 157 22559 Hamburg

Im Rahmen des Projektes OPTEL-C (BMBF 03KIS071) wird eine operationelle Wasserstands-, Strömungs- und Salztransportvorhersage für die Tideelbe entwickelt, die auch bei extremen Wind- und/oder Oberwassersituationen Vorhersagen zur Verfügung stellt. Bei der Konzeption des Vorhersagesystems aus Atmosphäre, Nordsee und Tideelbe wird beachtet, dass eine Übertragung des Vorhersagesystems auf die Ästuarie von Jade-Weser und Ems möglich ist.

Auf der Grundlage des 3-dimensionalen hydrodynamischen numerischen Modells UnTRIM (V. Casulli and R. A. Walters, 2000 bzw. BAW, 2004) wird das BAW-Vorhersagemodell-Elbe entwickelt. Das mathematische Verfahren UnTRIM eignet sich besonders für Anwendungen in geometrisch komplexen Ästuaren mit regelmäßigem Überfluten und Trockenfallen. Das BAW-Vorhersagemodell für Wasserstand, Strömung und Salztransport in der Tideelbe erhält Informationen über den vorhergesagten Wind über der Elbe aus dem Wettervorhersagemodell COSMO-EU des DWD. Am seeseitigen Rand zur Nordsee werden Wasserstands- und Salztransportvorhersagen aus dem Vorhersagemodell BSHcmod des BSH vorgegeben. Als Abfluss für den Vorhersagezeitraum wird die letzte verfügbare Abflussmessung in Neu Darchau (BfG) verwendet. Die vom BAW-Vorhersagemodell-Elbe benötigten Schnittstellen zu den genannten Randwerten sind in OPTEL-C in enger Zusammenarbeit mit OPTEL-A und OPTEL-B entwickelt worden.

Zur Kalibrierung und Validierung des BAW-Vorhersagemodells-Elbe stehen Messungen von Wasserstand, Strömung und Salzgehalt entlang des Ästuars sowie Randwerte für 6 Szenarien aus den Jahren 2006, 2007 und 2008 zu Verfügung. Die Wasserstandsrandwerte stammen zum einen aus dem Vorhersagemodell des BSH und zum anderen aus Messungen. Die 6 von OPTEL-D ausgewählten Szenarien beinhalten unterschiedliche meteorologische und hydrologische Situationen, wie mittlere Verhältnisse, Sturmfluten, oder sehr hohe bzw. sehr niedrige Oberwasserzuflüsse.

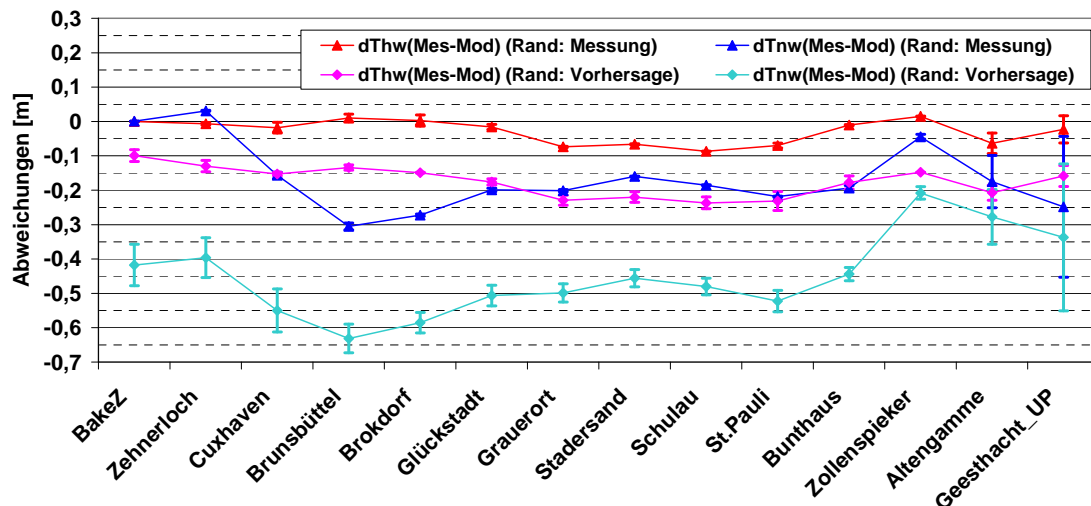


Bild 1: Mittelwert und Standardabweichung der Differenz aus gemessenem und vorhergesagtem Thw und Tnw für das Szenario 1 (15. Juli 2006 bis 30. Juli 2006) bei gleichem atmosphärischen Antrieb. Zur Randwertgenerierung wird sowohl die Messung Bake Z (Dreiecke) als auch die Wasserstandsvorhersage des Nordseemodells BSHcmod (Rhomben) verwendet.

Der Vergleich von Messung mit Vorhersage für die 6 Szenarien zeigt die Bedeutung der Randwerte (Wasserstand am seeseitigen Rand und Wind über Nordsee und Elbe) für die Güte der Vorhersage entlang des Ästuars. Wird die Vorhersage der Szenarienziträume mit Messungen des Wasserstandes angetrieben, so werden die Tidehochwasser Thw entlang der Elbe auf  $\pm 10$  cm und die Tide-niedrigwasser Tnw entlang der Elbe auf  $\pm 40$  cm vorhergesagt. Bild 1 zeigt beispielhaft für den Zeitraum 15. Juli 2006 bis 30. Juli 2006 (Szenario 1) den Mittelwert und Standardabweichung der Differenzen aus gemessenen und vorhergesagten Thw und Tnw an ausgewählten Orten entlang der

Elbe unter Verwendung von Messungen des Wasserstandes zur Randwertgenerierung (Dreiecke) sowie unter Verwendung der Wasserstandsvorhersage aus dem Nordseemodell BSHcmod (BSH) zur Randwertgenerierung (Rhomben) bei gleichem atmosphärischen Antrieb.

Bei Sturmflut (Szenario 5) verbessern sich die Wasserstandsvorhersagen für die Elbe durch den Einsatz der von OPTTEL-B bereitgestellten WASP-Korrekturfaktoren zur Regionalisierung der Windfelder im BAW-Vorhersagemodells-Elbe.

Das BAW-Vorhersagemodell-Elbe läuft seit Januar 2011 ununterbrochen im präoperationellen Betrieb auf dem Rechner des BSH und erzeugt jeden Tag auf der Grundlage der Vorhersagen von BSH und DWD eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Vorhersage für Wasserstand, Strömung und Salzgehalt für die Tideelbe. Zur Randwertaufbereitung und Vorhersage der nächsten 24 Stunden benötigt das BAW-Vorhersagemodell-Elbe derzeit auf dem Rechner des BSH 3 Stunden. Die Bilder 2 und 3 zeigen beispielhaft den Vergleich zwischen Wasserstandsvorhersage und Messung für vier je 24-stündige Vorhersagen im März 2011 an den Pegelorten Bake Z und Hamburg St. Pauli.

Die präoperationelle Phase wird noch bis zum Ende des Jahres 2011 fortgesetzt. Nach der gemeinsamen Auswertung und Bewertung der Vorhersageergebnisse für die Elbe durch BSH und BAW wird gemeinsam über den Übergang des BAW-Vorhersagemodells-Elbe in den operationellen Betrieb entschieden werden.

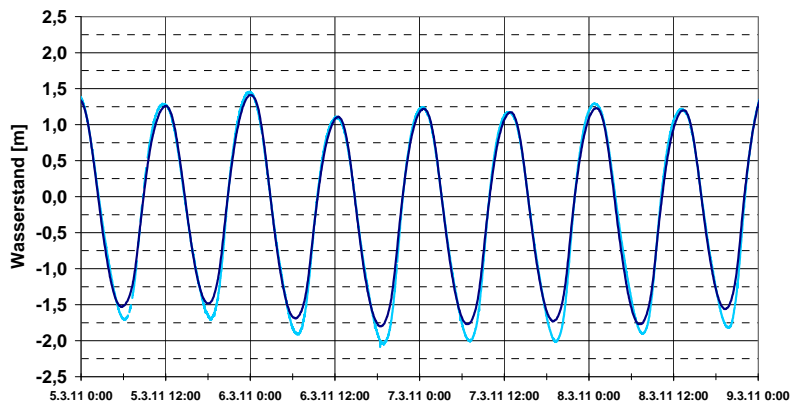


Bild 2: Präoperationeller Betrieb: Wasserstandsentwicklung bei Bake Z im März 2011. Die Vorhersage des Nordseemodells BSHcmod (BSH) ist dunkelblau und die Messung hellblau gekennzeichnet.

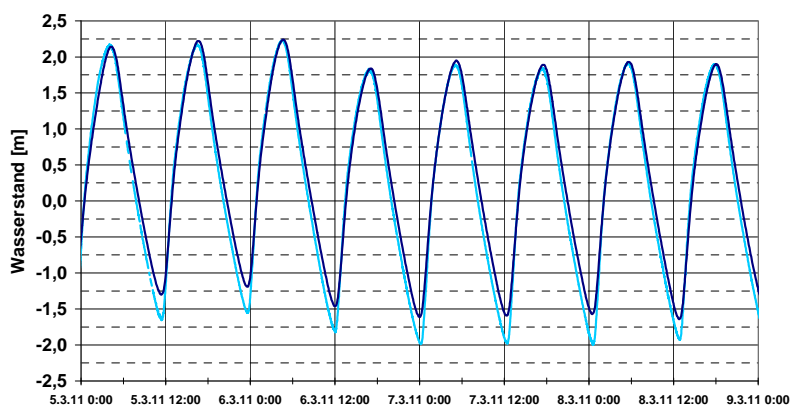


Bild 3: Präoperationeller Betrieb: Wasserstandsentwicklung bei Hamburg St. Pauli im März 2011. Die Vorhersage des BAW-Vorhersagemodells-Elbe (BAW) ist dunkelblau und die Messung hellblau gekennzeichnet.

Die bisherigen Vorhersageergebnisse des BAW-Vorhersagemodells-Elbe aus dem präoperationellen Betrieb zeigen entlang der Elbe, wie aus den Ergebnissen für den Kalibrierungs- und Validierungszeitraum zu erwarten, in Abhängigkeit von der Vorhersagegüte des Wasserstandes auf dem Rand zur Nordsee, sehr zufriedenstellende Vorhersagen des Tidehochwassers Thw sowie der Eintrittszeit des Thw (Bild 3) und weniger zufriedenstellende Vorhersagen des Tideniedrigwasser Tnw (Bild 3). Um die Vorhersagegüte von der Tidephase unabhängig zu machen, wird parallel zur präoperationellen Phase an einer Verbesserung der Kalibrierung des BAW-Vorhersagemodells-Elbe gearbeitet.

## 16. KFKI Seminar zur Küstenforschung

02. November 2011 in Bremerhaven

---



BAW (2004): Validation document – Mathematical Model UnTRIM, Bericht, Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg. Siehe auch BAWiki auf [www.baw.de](http://www.baw.de).

Casulli, V. and R.A. Walters (2000): An unstructured, three-dimensional model based on the shallow water equations, Intern. Jour. Num. Meth. in Fluids, **32**, pp.331-348.