

MUSE – Modelluntersuchungen zu Extremsturmfluten

Ingrid Bork, Christian Koziar und Sylvin Müller-Navarra

Im Jahr 2002 wurde das KFKI-Forschungsvorhaben „Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten (MUSE)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (bmbf) mit einer Dauer von 3 Jahren genehmigt. Das Vorhaben ist ein Verbundprojekt der Forschungsstelle Wasserwirtschaft und Umwelt (fwu) an der Universität Siegen, dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

Ausgelöst durch das Sturmtief Anatol im Dezember 1999 entwickelte sich, wie nach den katastrophalen Sturmfluten in den Jahren 1962 und 1976, eine neue Diskussion um mögliche Höhen von extremen Sturmfluten. Das Projekt MUSE (Modellgestützte Untersuchung zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten) will die Grundlage solcher Diskussionen verbreitern, indem es das Kollektiv hoher Sturmfluten der Nordsee durch realistische, aber noch nicht eingetretene Sturmfluten ergänzt. Dazu wurden die Wetterlagen der Sturmfluten 1962, 1967, 1976, 1990, 1994 und 1999 entsprechend dem Ensemble-Prediction-System (EPS) des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) und durch Verschiebung des Startermins der Simulation variiert. So entstanden im Mittel 750 neue potentielle Wettervorhersagen pro Sturmflutwetterlage.

Aus statistischen Untersuchungen ist bekannt, dass WNW – Winde die größte Wasserstandserhöhung in Cuxhaven verursachen. Als Sturmweatherlagen wurden daher nur solche Wetterlagen betrachtet, für welche die Projektion des über die Deutsche Bucht gemittelten Winds auf diese stauwirksame Richtung, der Effektivwind, mehr als 22 m/s betrug. Dieses Kriterium erfüllen im Mittel nur 0,7% der Varianten je Sturmflutwetterlage. Ursprünglich sollten diese mit dem ECMWF Modell (IFS) durchgeführten Simulationen nur als Randwerte für das lokale Modell (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) dienen. Da jedoch Unterschiede in den Berechnungen der beiden meteorologischen Modelle auftraten (Abb. 1), ohne dass eines der beiden Modelle verworfen werden konnte, ergaben sich insgesamt 59 Wetterlagen zur weiteren Verarbeitung am Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

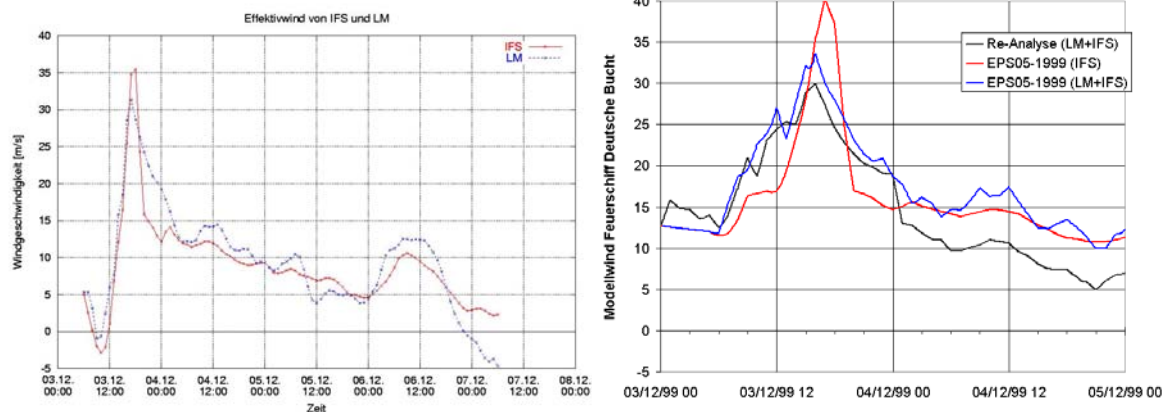


Abb. 1: Effektivwind von IFS und LM (EPS05-1999)

Abb. 2: Modellwind von EPS05-1999 (IFS), EPS05-1999 (LM+IFS) und Re-Analyse (LM+IFS) am Feuerschiff Deutsche Bucht

Am BSH steht eine im operationellen Betrieb bewährte Modellkette für die Wasserstandsvorhersage zur Verfügung. Mit einem zweidimensionalen, barotropen Modell der Nordsee und der westlichen Ostsee wurde eine weitere Sichtung vorgenommen. Nur Simulationen mit einem maximalen Wasserstand in Cuxhaven größer 6 m über NN oder einem Windstau - bezogen auf das zeitlich nächste HW oder NW der vorausgerechneten Modellzeit - größer als 4,50 m wurden mit dem dreidimensionalen, baroklinen und in der Deutschen Bucht hoch auflösenden Modell (horizontal etwa 2 km) des BSH nachgerechnet.

Tatsächlich ergab eine EPS – Variation des Sturmtiefs Anatol (1999) den höchsten Wasserstand in Cuxhaven. Auch in diesem speziellen Fall unterscheiden sich die Simulationen mit den IFS – Winden

deutlich von denen mit den LM – Winden, sowohl im Windstau (Abb. 3) als auch im maximalen Wasserstand in Cuxhaven (Tab. 1).

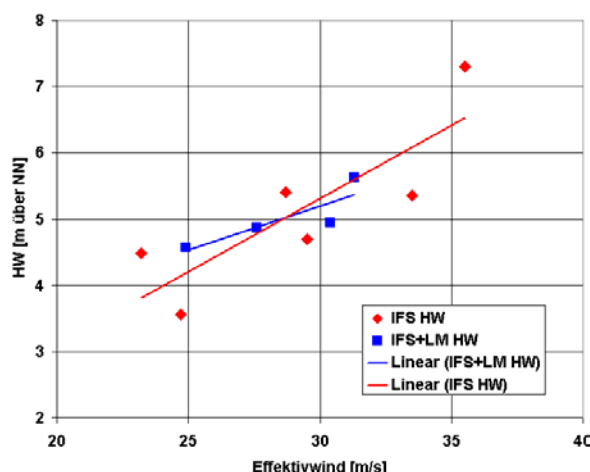
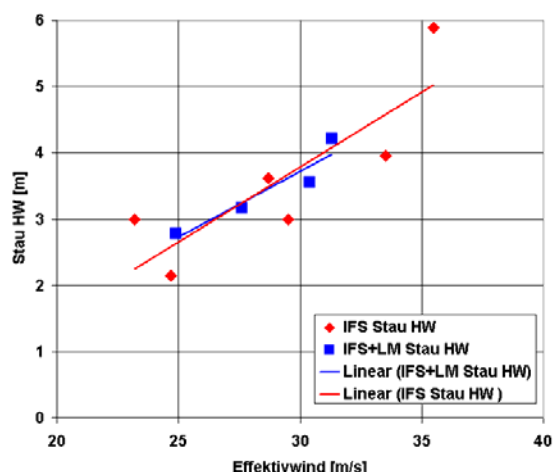


Abb. 3: Stau bei HW in Cuxhaven als Funktion des maximalen Effektivwinds für Sturmflut 1999 (zweidimensionale Simulationen).

Abb. 4: Maximale Effektivwinde und maximale Wasserstände in Cuxhaven für Sturmflut 1999 (zweidimensionale Simulationen).

Die Variante EPS05-1999 wurde wegen seines maximalen Wasserstands in Cuxhaven von 7,30 m über NN für die IFS – Winde mit dem dreidimensionalen Modell nachgerechnet. Es ergibt sich ein leicht niedrigerer Wert von 7,27 m über NN. Abb. 5 zeigt die räumliche Verteilung des Windstaus für die Deutsche Bucht. Die Erhöhung gegenüber der Re-Analyse (Abb. 6) beruht auf einer Verlagerung des Sturmteiefs und stärkeren Luftdruckgradienten.

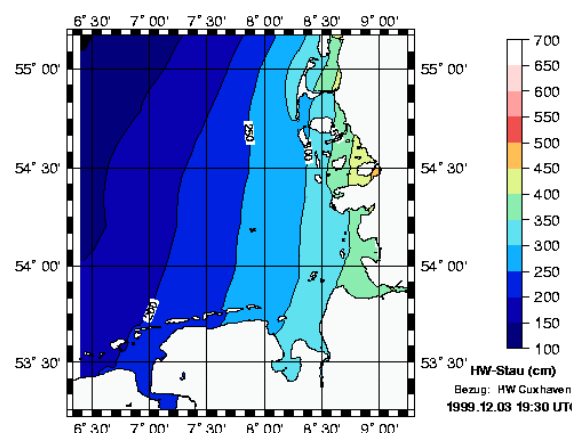
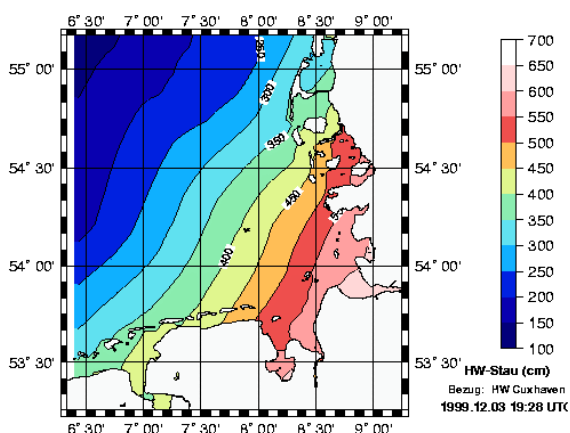


Abb. 5: Stau bei HW EPS05 1999 (dreidimensionale Simulation).

Abb. 6: Stau bei HW Re-Analyse1999 (dreidimensionale Simulation).

Der Einfluss von Parametrisierungen auf meteorologische Modelle zeigt sich im Unterschied zwischen IFS- und LM-Winden. Beide Versionen lassen sich physikalisch rechtfertigen. Auch der Ansatz für den sogenannten Windschubspannungskoeffizienten ist kritisch. Bei einer Sensitivitätsstudie mit unterschiedlichen Ansätzen ergab die im normalen Vorhersagebetrieb des BSH verwendete Parametrisierung die beste Übereinstimmung mit den 1999 beobachteten Werten.

Die EPS Wetterlagen sind physikalisch sinnvolle Variationen tatsächlicher Wetterlagen. Es erforderte einen extrem hohen Rechenaufwand, diese sehr seltenen Ereignisse – extreme Stürme und Sturmfluten – überhaupt zu finden. Trotz gewisser immer noch vorhandener Unsicherheiten von Modellrechnungen, gibt es zur Zeit keinen verlässlicheren Weg, extreme Wasserstände abzuschätzen und hinreichend physikalisch zu begründen.