

KFKI-VERBUNDPROJEKT
Modellgestützte Untersuchungen zu extremen
Sturmflutereignissen an der Deutschen Ostseeküste (MUSTOK)

TEILVORHABEN
Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen
Eintrittswahrscheinlichkeiten an der Deutschen Ostseeküste (MUSE Ostsee)



ERGÄNZUNG ZUM

ABSCHLUSSBERICHT 1.1

**Die unterschiedlichen Windsimulationsergebnisse von EZMW-EPS
und COSMO-EU**

Autorin	Gudrun Rosenhagen
Institut	Deutscher Wetterdienst (DWD), Hamburg
Bearbeitungszeitraum	01.07.2005 – 31.12.2008
Fördernummer	BMBF 03KIS052 / KFKI 84
Datum	06.02.2009
Version	1.0

Zitierhinweis: Rosenhagen, G. (2009): Die unterschiedlichen Windsimulationsergebnisse von EZMW-EPS und COSMO-EU, Ergänzung zum Abschlussbericht 1.1 zum KFKI-Verbundprojekt *Modellgestützte Untersuchungen zu extremen Sturmflutereignissen an der Deutschen Ostseeküste (MUSTOK)*, Hamburg

Das Verbundprojekt wurde gefördert von:



Die unterschiedlichen Windsimulationsergebnisse von EZMW-EPS und COSMO-EU im KFKI-Projekt MUSTOK

Gudrun Rosenhagen, Deutscher Wetterdienst, Hamburg

1. Einleitung

Das Verfahren zur Bestimmung möglicher Spitzenwindgeschwindigkeiten im Projekt MUSTOK stützt sich auf die Ergebnisse von zwei meteorologischen Modellen:

- Das EPS-System (Ensemble-Prediction-System) des ECMW, das auf dem deterministischen **IFS-Modell** beruht,
- und das **COSMO-EU-Modell** des DWD, das in MUSTOK als COSMO-B auf den Ostseebereich beschränkt wurde.

Wie von Schmitz (2007) im Abschlussbericht in Kapitel 3 ausführlich beschrieben, wurden die Randwerte als Antrieb für das COSMO-Rechenläufe vom IFS-Modell übernommen. Das Vorgehensschema ist in Abb. 1 nochmals dargestellt.

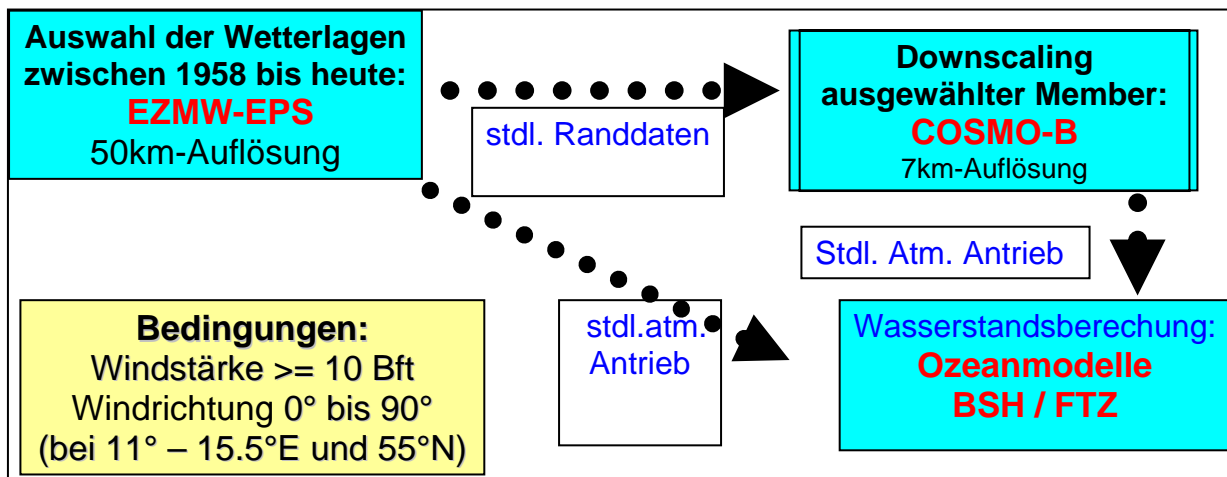


Abb. 1: Methode zur „Erzeugung“ extremer Wasserstände an der Ostseeküste (nach R. Schmitz, 2007)

Beim Vergleich der berechneten extremen Wasserstandswerte ergaben sich unerwartete Unterschiede.

2. Ergebnisse der Wasserstands- und Windmodellierung

Es fiel auf, dass bei den im Projekt durchgeführten Modellexperimenten die Wasserstandsberechnungen mit dem atmosphärischen Antrieb vom EZMW-EPS höher ausfielen als die mit dem des COSMO-B Antrieb (siehe Abb.2). Dieser Effekt war systematisch über fast alle Experimente hinweg zu beobachten. Entsprechend lieferte das IFS für die ausgewählten Extremsituationen fast durchweg höhere Spitzengeschwindigkeiten (s. Abb. 3). Das Ergebnis ist überraschend: Im Allgemeinen sollte nämlich das räumlich höher aufgelöste Modell gerade infolge der pro Gitterpunktswert kleiner zu repräsentierenden Fläche die höheren Windwerte liefern, da es kleinskalige Strukturen im Starkwindfeld besser abbilden kann. Somit wären die höchsten Gitterpunktswerte im COSMO-Modell zu erwarten. Auch im Mittel über das relativ kleine Untersuchungsgebiet in der südlichen Ostsee sollten Spitzenwerte eher beim COSMO-Modell auftreten, das

vermutlich prägnante kleinräumige Entwicklungen besser simulieren kann.

Bei einigen Vorhersagen unterscheidet sich außerdem die Zuggeschwindigkeit in den beiden Modellen deutlich, obwohl das höher aufgelöste Modell stündlich von dem Globalmodell angetrieben wird. So treten teilweise auch Unterschiede in dem zeitlichen Auftreten der Starkwindfelder sowie in der Windrichtung auf.

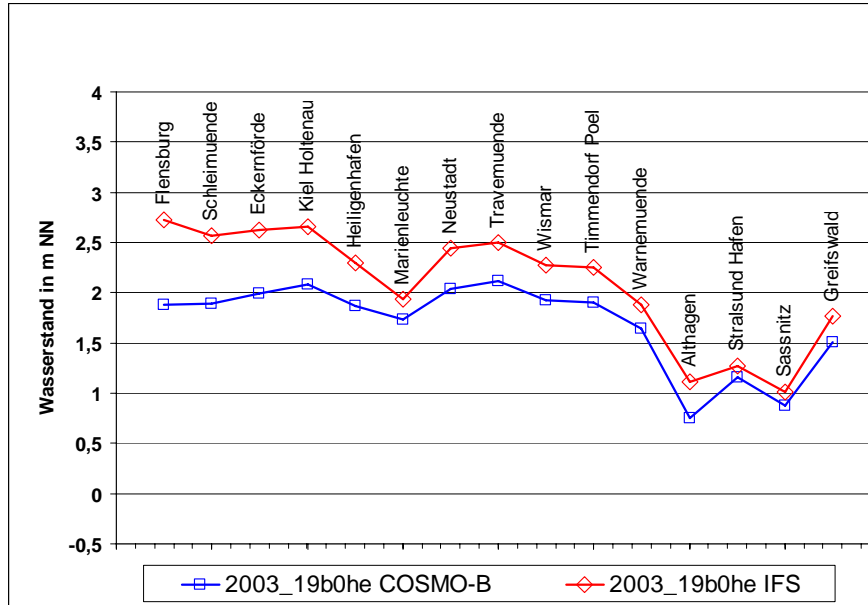


Abb. 2: Beispielhaftes Wasserstandssimulationsergebnis (nach I. Bork, 2008, pers. Mitteilung)

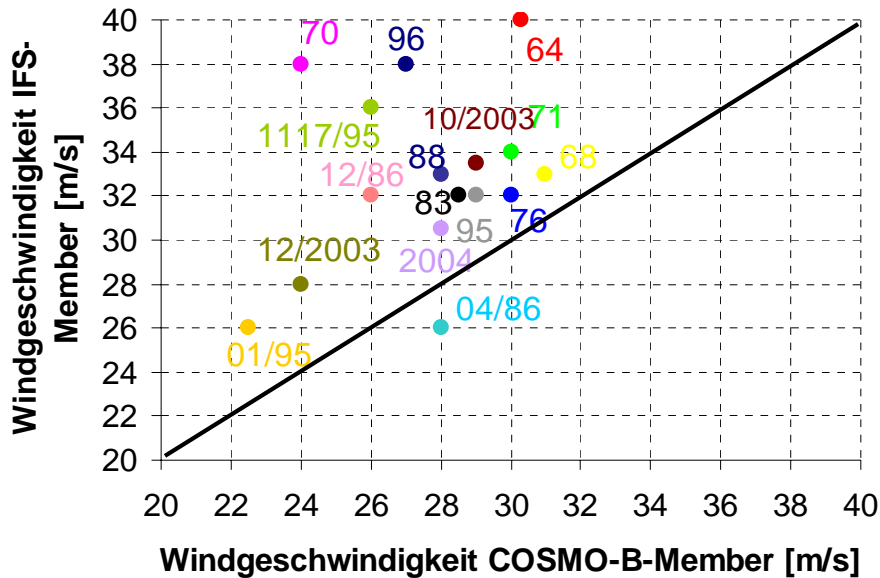


Abb. 3: Vergleich der Spitzenwindgeschwindigkeit von IFS und COSMO-B für Extremsituationen (nach R. Schmitz, 2007)

3. Verifikation der Modellergebnisse mit Messwerten

Idealerweise könnten direkte Verifikationen der beiden Modelle für Fälle mit höheren Windgeschwindigkeiten die Frage, welches Modell die tatsächlichen Windfelder besser beschreibt, beantworten. Derartige Vergleiche existieren für die beiden Modelle mit sehr unterschiedlicher horizontaler Auflösung jedoch nicht.

Separate Verifikationen der beiden Modelle mit Beobachtungswerten ergeben jeweils gute Übereinstimmung mit den Messwerten.

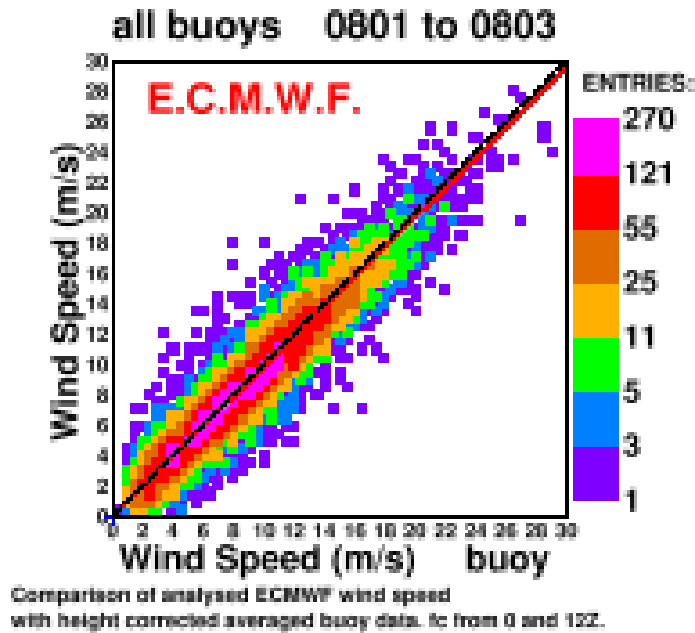


Abb. 4: Vergleich der mit dem IFS-Modell des ECMWF berechneten Windgeschwindigkeiten mit Bojenmesswerten für den Zeitraum Januar bis März 2008 (Bidlot, 2008)

Abbildung 4 zeigt beispielhaft einen Vergleich der mit dem IFS-Modell des ECMWF berechneten Windgeschwindigkeiten mit Bojenmesswerten vom Dezember 2006. Im Mittel herrscht sehr gute Übereinstimmung: Die Ausgleichsgerade des Streudiagramms und die Winkelhalbierende unterscheiden sich nur geringfügig.

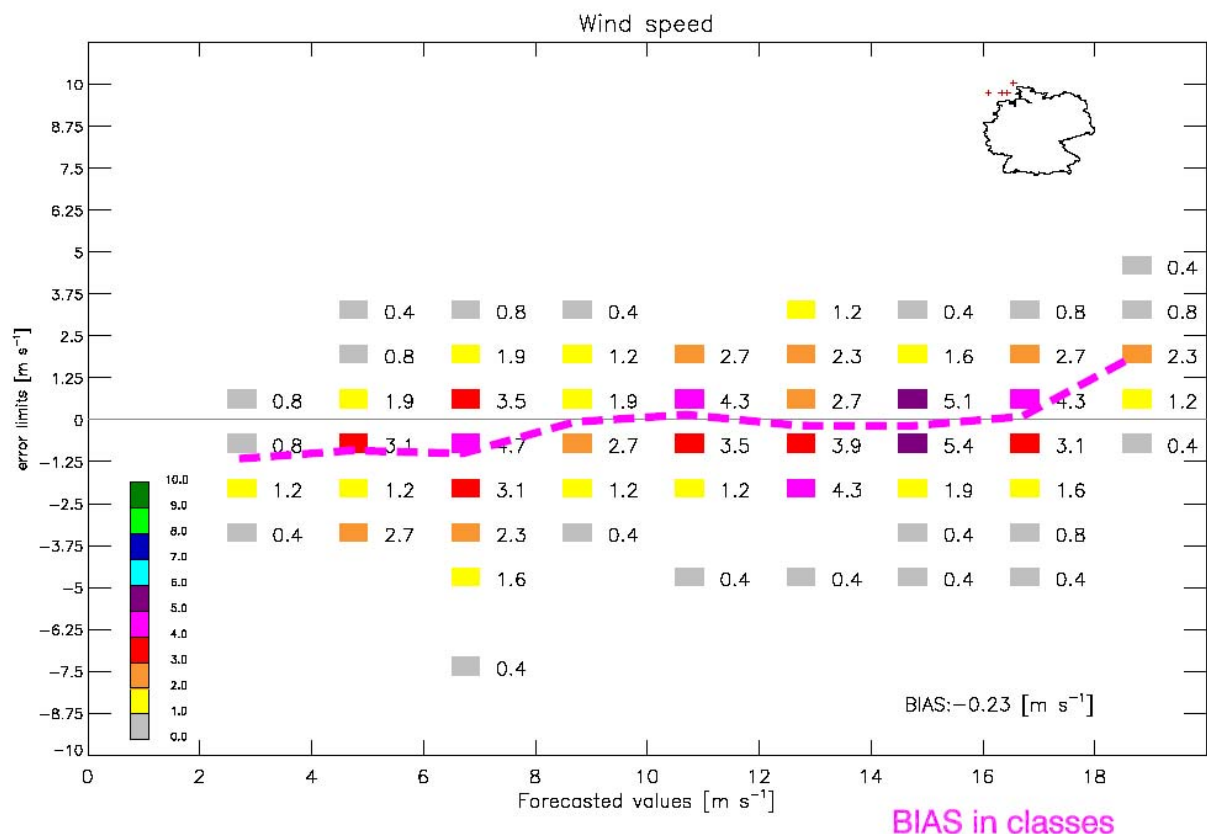
Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse einer Verifikation des COSMO-EU-Modells für den Zeitraum Sommer 2007 bis Frühjahr 2008 für die Deutsche Bucht, die beim Deutschen Wetterdienst durchgeführt wurde. Der mittlere Modellfehler ist in Abhängigkeit von der Jahreszeit und der Vorhersagedauer (VV in Stunden) dargestellt. Mit Ausnahme des Winters und Vorhersagezeiträume von 6 Stunden wurde der Wind im Mittel leicht unterschätzt.

	VV=01	VV=06	VV=12	VV=18
Sommer 2007	-0.38	-0.31	-0.32	-0.15
Herbst 2007	-0.30	-0.29	-0.18	-0.25
Winter 2007/2008	-0.33	0.13	-0.21	-0.43
Frühjahr 2008	-0.20	-0.25	-0.06	-0.34

Tabelle 1: Mittlere Fehler der Windvorhersagen des COSMO-EU über der Nordsee: BIAS der Windgeschwindigkeit (in m/s) für verschiedene Jahreszeiten und Vorhersagezeiträume (Damrath, 2008)

Wie Abbildung 5 erkennen lässt, sind die Fehler jedoch auch von der Höhe der Windgeschwindigkeit abhängig. Mit wachsender Windgeschwindigkeit zeigt sich eine Verschiebung zu positiven Abweichungen: d.h. der Wind wird vom Modell eher leicht überschätzt. Diese Feststellung sollte jedoch von dem Hintergrund der geringen Häufigkeit hoher Windgeschwindigkeiten gesehen werden. Für eine allgemein gültige Aussage reicht die Betrachtung von nur drei Monaten sicher nicht aus.

Dieselben Effekte waren bereits im KFKI-Projekt MUSE aufgefallen. Es wurden zwei mögliche Ursachen ausgemacht (siehe: Handout zur KFKI-Projektgruppensitzung „MUSE“ vom 17.12.2004)



Frequency distribution of forecast errors COSMO-EU FCT: 24 hours December 2007 till February 2008 start: 00 UTC

Abb. 5: Häufigkeitsverteilung des Bias der Windgeschwindigkeit für die Deutsche Bucht im Winter 2007/2008 in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit für einen Vorhersagezeitraum von 24 Stunden.

Schmitz (2007) zeigt in seinem Projekt-Abschlussbericht einen Vergleich der mit COSMO im operationellen Betrieb simulierten und der beobachteten Windgeschwindigkeiten in Arkona in Abhängigkeit von der Vorhersagedauer. Dabei liegen die Messwerte durchweg um bis zu gut 1 m/s oberhalb der Modellwerte, die als Mittelwerte von vier Gitterpunkten (ein Land- und drei Seegitterpunkte) bestimmt wurden. Die lokalen Verhältnisse der Wetterstation Arkona verursachen jedoch an sich eine leichte Überschätzung der Windgeschwindigkeit, weshalb die Differenzen wenig aussagekräftig sind.

4. Modellunterschiede

Bereits im KFKI-Projekt MUSE war das Phänomen der Diskrepanzen der Modellergebnisse bei hohen Windgeschwindigkeiten aufgefallen. Als Ursache wurde die unterschiedlich aufgelöste Orographie vermutet. Letztere spielt im Fall der südwestlichen Ostsee keine

entscheidende Rolle.

Ein gravierender Unterschied besteht in der Parametrisierung der atmosphärischen Grenzschicht über See. Über Landflächen werden entsprechende Abweichungen der Modelle nicht beobachtet. Mit der Höhe nehmen die Diskrepanzen auch über See ab. (Schmitz zeigt im Projekt-Abschlussbericht, dass ab ca. 350 m Höhe kaum noch Unterschiede festzustellen sind (Abb. 24, S. 54).) Auch die Luftdruckgradienten über der Ostsee der zwei Modelle sind unauffällig. Da die Wasserstandsmodelle mit dem Wind in 10 m Höhe angetrieben werden, liegt es somit nahe, dass die Unterschiede in der Parametrisierung der Grenzschicht auf See die Differenzen verursachen.

Die verwendeten Ansätze für die Rauigkeitslängen der Seeoberfläche sind jedoch sehr komplex. Im IFS-Modell besteht eine Kopplung zwischen Atmosphäre und Ozean, so dass eine Rückwirkung des modellierten Seegangs auf die Atmosphäre stattfindet, siehe (IFS 2006, Kapitel VII.7). Bei hohen Windgeschwindigkeiten steigt die Rauigkeit bei wachsender Windgeschwindigkeit hier nicht mehr an. In den COSMO-Modellen wird die Oberflächenrauigkeit über Wasser zeitlich variabel nach der Charnock-Formel berechnet, siehe (COSMO 2008, Part II). Diese Beziehung beschreibt den Einfluss der Wellen auf die Rauigkeit in Abhängigkeit von der bodennahen Windgeschwindigkeit und der Stabilität der Schichtung. Die Rauigkeit der See steigt dabei mit wachsender Windgeschwindigkeit an, so dass für hohe Windgeschwindigkeiten die Rauigkeit über See in den COSMO-Modellen größer ist als im IFS-Modell. Eine größere Oberflächenrauigkeit wirkt sich jedoch bremsend auf den Wind aus und führt so zu einer Reduktion der Windgeschwindigkeit. Direkte Vergleiche der IFS-Rauigkeiten mit solchen nach Charnock sind nicht bekannt, so dass eine quantitative Abschätzung nicht möglich ist.

Beim Vergleich der Modellergebnisse muss berücksichtigt werden, dass das COSMO-Modell nur am Rand mit Werten des IFS-Modells angetrieben wird. Das COSMO-Modell hat selbst eine eigene Dynamik, die sich von der des IFS unterscheidet, wodurch sich die Unterschiede im zeitlichen Auftreten der Starkwindfelder sowie in der Windrichtung erklären lassen. Als Downscaling-Modell ist es deshalb nur bedingt geeignet.

5. Schlussbemerkung

Sowohl das IFS-Modell als auch das COSMO-EU-Modell sind operationelle numerische Wettervorhersagemodelle, die in der täglichen Routine benutzt werden und international anerkannt sind.

Die Diskrepanzen bei den Spitzenwindgeschwindigkeiten scheinen vorwiegend durch die unterschiedliche Parametrisierung der bodennahen Grenzschicht über See verursacht zu werden. Diese wird im gekoppelten Ozean-Atmosphärenmodell IFS realistischer behandelt. Eine quantitative Beurteilung erfordert aufwändige zusätzliche Untersuchungen, die in diesem Rahmen nicht geleistet werden können. Zum reinen Downscalen der Globalmodellerngebnisse sind die COSMO-Modelle wegen ihrer eigenen Dynamik nur sehr bedingt geeignet. Bei der Interpretation der EPS-Ergebnisse sollten sie eher wie ein zusätzliches EPS-Member betrachtet werden.

Literatur:

Bidlot, J.-R., 2008: Intercomparison of operational wave forecasting systems against buoys: data from ECMWF, MetOffice, FNMOC, DWD, BoM, and SHOM - January 2008 to March 2008, <http://www.jcomm-services.org/Buoy-Verification-Results-examples.html>

COSMO, 2008: <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/default.htm>

IFS, 2006: <http://www.ecmwf.int/research/ifsdocs/CY31r1/index.html>

Schmitz, Ralf, 2007: Vorhersage von historisch aufgetretenen Stürmen über der Ostsee mithilfe des Ensemble Prediction System und COSMO, Abschlussbericht KFKI-Projekt MUSTOK.