

## **Nordseesturmfluten im Klimawandel- Entwicklungen und Schutzmaßnahmen**

von Storch, H., **Meinke, I.** und Weisse, R.

Institut für Küstenforschung, GKSS Forschungszentrum Geesthacht,

[hvonstorch@web.de](mailto:hvonstorch@web.de), [insa.meinke@gkss.de](mailto:insa.meinke@gkss.de), [ralf.weisse@gkss.de](mailto:ralf.weisse@gkss.de)

### *Zusammenfassung*

Bisher hat sich der vom Menschen verursachte Klimawandel kaum auf die Nordseesturmfluten ausgewirkt. Künftig können sie jedoch höher auflaufen. Bis 2030 ist der derzeitige Küstenschutz an der Nordsee fast genauso wirksam wie heute. Bis Ende des Jahrhunderts kann jedoch Handlungsbedarf entstehen, denn bis dahin können Sturmfluten drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute. Wie sich küstennahe Prozesse, wie zum Beispiel Gezeiten, Sedimentation und wasserbauliche Maßnahmen, auf Wasserstände in der Deutschen Bucht auswirken können, muss künftig noch erforscht werden.

### *Bisher Sturmfluten nur durch Meeresspiegelanstieg höher*

Wie stark sich Sturmfluthöhen an der deutschen Nordseeküste ändern, hängt in erster Line vom Meeresspiegelanstieg und vom Windklima in der Deutschen Bucht ab. Die Windverhältnisse haben sich über der Nordsee mit dem Klimawandel bisher nicht systematisch verändert. Sowohl Wind- als auch Luftdruckmessungen zeigen vielmehr, dass Stärke und Häufigkeit der Nordseestürme im letzten Jahrhundert starken Schwankungen unterlagen. Diese liegen jedoch im normalen Schwankungsbereich. Eine Sturmsaison bringt heute aufgrund des vom Menschen verursachten Klimawandels weder heftigere noch häufigere Stürme in der Deutschen Bucht hervor als zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Dementsprechend laufen Sturmfluten heute windbedingt nicht höher auf als noch vor 100 Jahren.

Der Meeresspiegel ist in den letzten 100 Jahren weltweit durchschnittlich etwa zwei Dezimeter angestiegen. Auch der Meeresspiegel in der Nordsee hat mit dieser Entwicklung ungefähr Schritt gehalten. Weil Sturmfluten daher heute durch den Meeresspiegelanstieg ein höheres Ausgangsniveau als früher vorfinden, laufen sie in der Nordsee durchschnittlich etwa zwei Dezimeter höher auf als noch vor 100 Jahren.

### *In Zukunft können sich zusätzlich stärkere Stürme auswirken*

Klimarechnungen für die Zukunft weisen darauf hin, dass der Meeresspiegel weltweit künftig stärker ansteigen kann als bisher. In den letzten Jahrzehnten ist der globale Meeresspiegel durchschnittlich bereits stärker angestiegen als zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Würde man die derzeitige Anstiegsrate auf 100 Jahre linear fortschreiben, läge der Meeresspiegelanstieg bei etwa drei Dezimeter. Der UN Klimarat IPCC erwartet bis Ende des 21. Jahrhunderts einen Meeresspiegelanstieg von etwa zwei bis sechs Dezimeter. Das bedeutet, dass sich die durchschnittliche bisherige Anstiegsrate des letzten Jahrhunderts (zwei Dezimeter) im nächsten Jahrhundert verdreifachen kann, mindestens aber gleich bleibt. Bis 2030 könnte der Meeresspiegel im weltweiten Durchschnitt verglichen zu heute etwa ein bis zwei Dezimeter ansteigen. Außerdem können sich Prozesse in den großen Eisschilden Grönlands und der Antarktis so verstärken, dass sie den globalen Meeresspiegel zusätzlich ansteigen lassen. Insgesamt ist dann laut IPCC ein weltweiter Meeresspiegelanstieg von zwei bis acht Dezimeter bis zum Ende des 21. Jahrhunderts plausibel. Obwohl sich das Windklima über der Nordsee bisher nicht systematisch geändert hat, weisen Klimarechnungen für die Zukunft darauf hin, dass die Nordseestürme im Winter stärker werden können. Dies gilt vor allem für Stürme aus westlichen und nördlichen Richtungen. Hauptsächlich Stürme aus diesen Richtungen stauen auch die Wassermassen an der deutschen Nordseeküste auf. Sturmflutszenarien weisen darauf hin, dass Sturmflutwasserstände windbedingt bis zum Ende des Jahrhunderts höher auflaufen können. Die Wissenschaftler am GKSS-Institut für Küstenforschung erarbeiten derzeit weitere Szenarien für künftige windbedingte Änderungen von Sturmflutwasserständen in der Nordsee. Die aktuellen Ergebnisse haben die bisherige Spannbreite von einem bis drei Dezimeter bestätigt, um die Sturmflutwasserstände an der Nordseeküste bis Ende des Jahrhunderts höher auflaufen können.

Geht man nun davon aus, dass der Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste auch künftig etwa dem durchschnittlichen globalen Meeresspiegelanstieg entspricht, wird auch das Ausgangsniveau der Nordseesturmfluten in Zukunft weiter ansteigen. Zusammen mit einem veränderten Windklima können Nordseesturmfluten bis zum Ende des Jahrhunderts dann insgesamt etwa drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute.

Bis 2030 ist der aktuelle Küstenschutz an der Nordsee ungefähr noch so wirksam wie heute, denn bis dahin werden Sturmfluten voraussichtlich „nur“ ein bis drei Dezimeter höher auflaufen als heute. Bis Ende des Jahrhunderts kann

durch die erhöhten Sturmflutwasserstände allerdings Handlungsbedarf entstehen. Bis dahin müssten Küstenschutzmaßnahmen angepasst werden. Küstenbewohnern muss das Sturmflutrisiko bewusster werden, damit sie ihre Lebensbereiche vor möglichen Beeinträchtigungen schützen.

#### *Genauere Kenntnisse küstennaher Prozesse nötig*

Die künftigen Änderungen für den Meeresspiegelanstieg stammen aus dem jüngsten Bericht des UN Klimarates IPCC 2007. Der Meeresspiegel kann jedoch in verschiedenen Regionen unterschiedlich stark ansteigen. Beispielsweise können Änderungen der Ozeanzirkulation die Deutsche Bucht anders beeinflussen als den Golf von Mexiko. Außerdem können langfristige Änderungen im Luftdruck- und Schwerfeld der Erde zu unterschiedlichen Anstiegsraten des Meeresspiegels in verschiedenen Regionen führen. Die „Delta Commissie“ hat unter Mitarbeit von GKSS-Wissenschaftlern für die Niederlande ein regionales „worst case“ Szenario erarbeitet. Demnach ist ein Meeresspiegelanstieg von dreizehn Dezimetern bis zum Ende des 21. Jahrhunderts an der Niederländischen Küste nicht auszuschließen. Für die deutsche Nordseeküste ist der mögliche zukünftige Meeresspiegelanstieg bisher nicht regional abgeschätzt worden. Die Angaben zu den veränderten künftigen Sturmflutwasserständen können sich somit ändern, wenn es genauere Abschätzungen zum regionalen Meeresspiegelanstieg in der Deutschen Bucht gibt. Wie hoch die Wellen dann tatsächlich am Deich auflaufen, wird neben dem Wasserstand auch durch den Seegang beeinflusst. Windbedingt liegen auch die bisherigen Änderungen des Seegangs im normalen Schwankungsbereich. In Verbindung mit den möglichen künftigen Änderungen des Windklimas kann sich der Seegang in der Deutschen Bucht während einer Sturmflut Ende des Jahrhunderts um zwei bis fünf Dezimeter erhöhen. Wie genau sich demzufolge künftig der Wellenaufschlag am Deich verändern kann, ist bisher aber nicht bekannt. Neben dem Meeresspiegelanstieg und dem Windklima wirken sich außerdem die Gezeiten auf Sturmfluthöhen aus. Innerhalb der Deutschen Bucht haben sie sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts zum Teil stark verändert. Die Ursachen hierfür und die mögliche künftige Veränderungen im Gezeitenregime sind bisher noch ungeklärt. Auch Form und Beschaffenheit des Untergrundes können Sturmflutwasserstände verändern. Insbesondere im Bereich der Elbe haben sich Sturmflutwasserstände in der Vergangenheit stärker erhöht als in anderen Regionen der Deutschen Bucht. Als Ursache kommen auch wasserbauliche Maßnahmen infrage. Fraglich ist außerdem ob die küstennahe Sedimentation das Watt auch mit einem künftig möglicherweise stärkern Meeresspiegelanstieg mitwachsen lässt. Wäre das nicht der Fall würde sich dies neben den Folgen für das Ökosystem auch auf die Sturmfluthöhen auswirken können. Bevor mögliche künftige Änderungen durch den vom Menschen verursachten Klimawandel regional genauer abgeschätzt werden können müssen noch viele einzelne Prozesse und Wechselwirkungen genauer verstanden werden.

Für die Beratung von Entscheidungsträgern vor Ort, steht das Norddeutsche Klimabüro der GKSS zur Verfügung, siehe <http://www.norddeutsches-klimabuero.de/>

#### Literatur:

- Grabemann, I., Weisse, R. (2008): Climate change impact on extreme wave conditions in the North Sea: an ensemble study *Ocean Dynamics*, 58(3-4), 199-212, doi:10.1007/s10236-008-0141-x
- Langenberg, H., Pfizenmayer, A., von Storch, H., Sündermann, J. (1999): Storm related sea level variations along the North Sea coast: natural variability and anthropogenic change, *Cont. Shelf Res.*, 19, 821-842
- Rockel, B., Woth, K. (2007): Future changes in near surface wind extremes over Europe from an ensemble of RCM simulations, *Climate Change*, doi:10.1007/s10584-006-9227-y
- von Storch, H., Gonnert, G., Meine, M. (2008): Storm surges an option for Hamburg, Germany, to mitigate expected future aggravation of risk, *Env. Sci. Pol.*, 11, 735-742, doi:10.1016/j.envsci.2008.08.003
- von Storch, H., Woth, K. (2008): Storm surges, perspectives and options, *Sustainability Science*, 3, 33-44, doi: 10.1007/s11625-008-0044-2
- Weisse, R., Plüß, A. (2006): Storm related sea level variations along the North Sea Coast as simulated by a high-resolution model 1958-2002, *Ocean Dynamics*, 56(1), 16-25, doi: 10.1007/s10236-005-0037-y
- Woth, K. (2005): Projections of North Sea storm surge extremes in a warmer climate: How important are the RCM driving GCM and the chosen scenario? *Geophys. Res. Lett.*, 32, L22708, doi:10.1029/2005GL023762