

Berichtszeitraum: **01.01.2016 – 31.12.2016**

Projekttitel: **PEARL: Preparing for Extreme And Rare events in coastal regions**

Teilnehmer: **Uwe Mikolajewicz, Alberto Elizalde, Moritz Mathis**

Überflutung aufgrund extremer Meeresspiegelstände stellt eine der gefährlichsten und folgenschwersten Naturkatastrophen für besiedelte Küstenregionen dar. Zunehmende Urbanisierung in Kombination mit globaler Klimaänderung und unzureichenden Küstenschutzmaßnahmen bedeuten einen Risikoanstieg für Flutkatastrophen in Küstenregionen durch gleichzeitiges Auftreten von Hochwasserereignissen in Flüssen und extremer Meeresspiegelstände durch Springtiden oder Sturmfluten.

Der wissenschaftliche Schwerpunkt des Projektes liegt in der Verbesserung des Verständnisses von gleichzeitigem Eintreten extremer hydro-meteorologischer Ereignisse. Im Besonderen sollen Methoden zur gemeinsamen Bewertung von starkem Niederschlag, extremen Sturmfluten, regionalem Meeresspiegelanstieg und anderen natürlichen Bedrohungen sowohl unter heutigen klimatischen Bedingungen als auch für potentielle zukünftige Klimaänderungen entwickelt werden. Dazu werden Simulationen mit dem regional gekoppelten Klimasystemmodell REMO/MPIOM durchgeführt und die Ergebnisse hinsichtlich Ausprägung und Häufigkeit entsprechender Extremereignisse analysiert. Das formal globale Ozeanmodell MPIOM wird dabei mit einer hohen räumlichen Auflösung in den europäischen Meeren eingesetzt. Gezeitenwellen werden durch die Implementierung des vollständigen luni-solaren Tidenpotentials simuliert. Über Europa und dem Nordost-Atlantik ist MPIOM mit dem regionalen Atmosphärenmodell REMO interaktiv gekoppelt um Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre zu berücksichtigen und eine höhere Auflösung des atmosphärischen Antriebs zu gewährleisten. Der hydrologische Kreislauf ist durch die Einbindung eines hydrologischen Abflussmodells geschlossen. Im Vergleich zu herkömmlichen regionalen Ozeanmodellen hat dieses Klimasystemmodell den Vorteil, dass sich auch kurzfristige Meeresspiegelschwankungen in die europäischen Küstenregionen ausbreiten können, da das globale Ozeanmodell über keine offenen Ränder des Modellgebietes verfügt. Der Antrieb des Modellsystems ist den CMIP5 Klimaprojektionen des globalen Erdsystemmodells MPI-ESM entnommen. Um die statistische Signifikanz der Modellergebnisse zu erhöhen, wurde ein Ensemble-Ansatz gewählt, in dem verschiedene Emissionsszenarien und jeweils mehrere Realisationen regionalisiert werden.

Änderungen des relativen Meeresspiegels werden durch eine Vielzahl physikalischer Prozesse verursacht. Auf globalen Skalen resultiert der beobachtete rasante Meeresspiegelanstieg in den vergangenen Jahrzehnten vor allem aus der thermischen Ausdehnung durch die Erwärmung der Ozeane, sowie aus zusätzlichem Frischwasserfluss durch das Abschmelzen von Landeismassen. Auf regionalen Skalen hingegen können sich globale Veränderungen sehr unterschiedlich auf Meeresspiegelschwankungen auswirken und zusammen mit Veränderungen der Niederschlagsraten und Windverhältnisse das Risiko von Hochwasserereignissen erhöhen. In Abb. 1 ist der mittlere Meeresspiegelanstieg Ende des 21. Jahrhunderts im nordwest-europäischen Schelf für zwei Realisationen des Emissionsszenarios RCP8.5 dargestellt. Er beinhaltet die dynamische Komponente durch Änderungen in der Ozeanzirkulation und im Luftdruck sowie die sterische Komponente durch Änderungen im globalen und lokalen Wärmeinhalt des Ozeans. Zugehörige Zeitreihen für die Deutsche Bucht sind in Abb. 2 gezeigt. Eine dritte Realisation sowie drei Realisationen des Szenarios RCP4.5 sind in Arbeit. In den beiden bisherigen Realisationen ist jedoch bereits angedeutet, dass das Änderungssignal des mittleren Meeresspiegelanstiegs im 21. Jahrhundert für das Szenario RCP8.5 signifikant größer ist als die Unsicherheit durch die natürliche Variabilität des chaotischen Klimasystems. An den Küsten des nordwest-europäischen Schelfs ist ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels von etwa 0.4-0.5 m angezeigt (Abb. 1). Ein maximaler Anstieg von über 0.5 m in der Ostsee resultiert überwiegend aus dem projizierten Abfall des Salzgehaltes aufgrund eines verstärkten hydrologischen Kreislaufes. Höhere Festland-Abflussraten verstärken außerdem den Ausstrom salzreicher Wassermassen aus der

Ostsee in die Nordsee und führen damit zu einem erhöhten Meeresspiegelanstieg auch entlang der Norwegischen Küste.

Das regional gekoppelte Klimasystemmodell REMO/MPIOM beinhaltet jedoch keine Berechnungen von Änderungen in der Kryosphäre und im Wasserspeicher an Land z.B. durch Gletscher und Eisschilde. Entsprechende Anteile regionaler Meeresspiegelschwankungen sind daher in den bisherigen Analysen nicht berücksichtigt. In eingehenderen Untersuchungen sollen nun auch Abschätzungen ihrer räumlichen Verteilung nach Peltier (2004), Bamber und Riva (2010), Marzeion et al. (2012) sowie Church et al. (2013) und Vizcaino et al. (2015) herangezogen werden. Außerdem soll sich die Analyse der Modelldaten mit 1-stündiger zeitlicher Auflösung auf die Variabilität des mittleren Meeresspiegelanstiegs, auf die Veränderung der Häufigkeit und Intensität von Sturmfluten und Starkregenereignissen sowie auf den zusätzlichen Einfluss von Springtiden auf extreme Hochwasserstände konzentrieren.

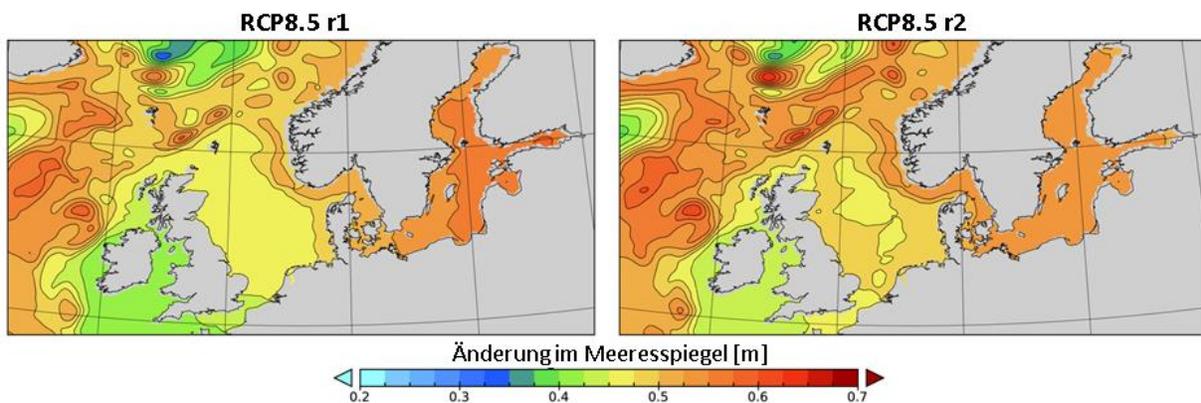


Abb. 1: Mittlerer Meeresspiegelanstieg für zwei Realisationen des Emissionsszenarios RCP8.5 (2071-2100 minus 1971-2000). Darin enthalten sind die dynamische Komponente bezüglich Änderungen in der Ozeanzirkulation und im Luftdruck sowie die sterische Komponente bezüglich Änderungen im globalen und lokalen Wärmeinhalt des Ozeans

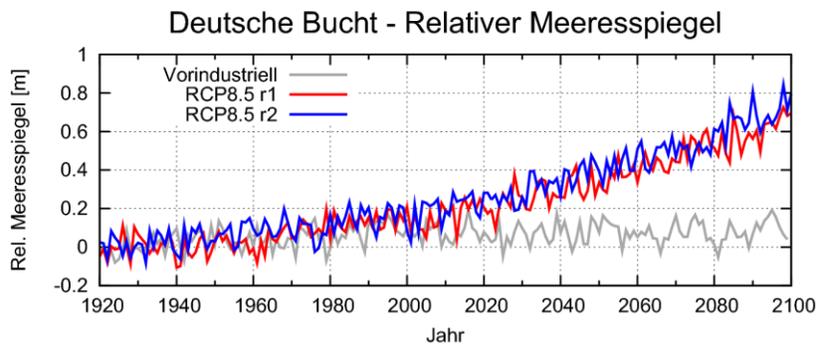


Abb. 2: Zeitreihen des relativen Meeresspiegelanstiegs in der Deutschen Bucht für zwei Realisationen des Emissionsszenarios RCP8.5 sowie für den Kontrolllauf unter vorindustrieller atmosphärischer CO₂-Konzentration

Literatur:

Bamber, J., Riva, R., 2010. The sea level fingerprint of recent ice mass fluxes. *The Cryosphere* 4, 621-627
 Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem R. S., Nunn, P. D., Payne A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., Unnikrishnan, A. S., 2013. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013:*

- The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1137-1216
- Marzeion, B., Jarosch, A. H., Hofer, M., 2012. Past and future sea-level change from the surface mass balance of glaciers. *The Cryosphere* 6, 1295-1322
- Peltier, W. R., 2004. Global Glacial Isostasy and the Surface of the Ice-Age Earth: The ICE-5G(VM2) model and GRACE. *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.* 32, 111-149
- Vizcaino, M., Mikolajewicz, U., Ziemen, F., Rodehacke, C. B., Greve, R., van den Broeke, M. R., 2015. Coupled simulations of Greenland Ice Sheet and climate change up to A.D. 2300. *Geophysical Research Letters* 42, 3927-3935