

Tidekennwerte und Seegangstatistik (Hein, Mai, Barjenbruch)

Im Forschungsprogramm KLIWAS werden von der Arbeitsgruppe Küstenhydrologie der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) historische, gegenwärtige und zukünftige Tidekennwerte (Tidemittelwasser (Tmw), Tidehochwasser (Thw), Tideniedrigwasser (Tnw), Tidehub (Thb), Flutdauer und Ebbdauer) und Seegangparameter (Wellenhöhen, Wellenperioden) in Küstennähe und in den Nordseeästuaren statistisch untersucht. Auch der Salzgehalt wird betrachtet. Die Ergebnisse sind einerseits für die Sicherheit in der Schifffahrt, andererseits für weitergehende Forschungen zum Sedimenttransport und zur Ökologie notwendig.

Die Untersuchungen starten mit historischen Messungen: Diese Daten werden qualitativ gesichert, insbesondere da die Anforderung an die Qualität der Messwerte durch den Klimawandel steigt; die Homogenität der Daten ist festzustellen. Mögliche Unsicherheiten werden dokumentiert und Verfahren zur automatischen Qualitätssicherung werden weiterentwickelt (Hein et al., 2010), Jennings et al. (2012a, b). Testweise wurden historische Pegelmesswerte digitalisiert. Die Digitalisierung historischer Pegelmesswerte ist eine mögliche Methode um Unsicherheiten zu bestimmen (Hein et al., 2012a) und ein vertieftes Prozessverständnis herbeizuführen. Zum ersten Mal ist die Modellkette bis in die Ästuare (insbesondere Elbe-Ästuar) heruntergebrochen worden (Hein et al. 2011c, Hein et al. 2012b).

In der südlichen Deutschen Bucht betrug in den vergangenen 100 Jahren der mittlere Anstieg des mittleren Tmw 1,1 mm/Jahr bis 1,9 mm/Jahr - ohne den Einfluss von Landsenkungen. Korrigiert um den Einfluss von Landsenkungen liegt dieser Wert bei 1,6 mm/Jahr bis 2,9 mm/Jahr. Die regionale historische Änderung des Tmw (ohne Landsenkung) fällt geringer aus als der globale historische Meeresspiegelanstieg. Eine Beschleunigung des Anstiegs des mittleren Tmw ist in der südlichen Deutschen Bucht nicht nachweisbar (Hein et al., 2011a). Die Wertebereiche der Änderung des Tmw lassen sich mittels des aktuellen IPCC Report (IPCC, 2007) abschätzen. Typischerweise werden hier ca. 20 cm bis 60 cm Anstieg des globalen Meeresspiegels bis 2100 im gängigen A2B Szenario (IPCC, 2007) genannt. Selbst diese breite Spannweite der zukünftigen Änderung ist unsicher.

Bei regionaler Betrachtung ist die Variabilität der Wasserstände auf verschiedenen Zeitskalen mit einzubeziehen. Zeitreihen der gemessenen Tidewasserstände zeigen Variabilitäten in kurzen und langen Zeitskalen (Hein et al., 2011b). Es kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Tmw und der Nordatlantischen Oszillation festgestellt werden (Dangendorf et al. 2012), die Periodizität von etwa 4 Jahren bis 7 Jahren. Für belastbare Aussagen über Veränderungen der Tidekennwerte ist immer mindestens ein Nodaltidezyklus (18,61 Jahre) einzubeziehen.

Das Thw steigt bei den meisten Pegelstandorten in der Deutschen Bucht stärker an als das Tmw - beim Tnw ist dieses meistens umgekehrt. Daraus folgt eine allgemeine Zunahme des Thb. Die Modellkette zeigt in Zukunft eine verstärkte Zunahme des Thb. Je nach Standort verlängert sich die Flutdauer und verkürzt sich die Ebbdauer (z. B. Pegel Bremerhaven und Emden) - oder umgekehrt (z. B. Pegel Büsum und Cuxhaven). Durch den Anstieg des Tmw verkürzt sich die Laufzeit der Tidewelle. Gegenläufige Trends bei einigen Pegeln zeigen aber eine Verformung der Tidekurve durch Änderungen der Partialtiden.

Für Tidekennwerte lassen sich keine allgemeingültigen flächenhaften Aussagen zu möglichen Veränderungen durch den Klimawandel treffen. Vielmehr muss zukünftig projiziert eine individuelle Betrachtung erfolgen. Die einzelnen Tidekennwerte entwickeln sich anders als der regionale Meeresspiegel (Tmw). Flächendeckende Untersuchungen der historischen Änderungen der Partialtiden sind derzeit schwierig, da hochauflösende Wasserstandsaufzeichnungen meistens nur auf analogen Pegelbögen vorliegen. Ergebnisse der Modellkette zeigen für die Zukunft eine verstärkte Änderung der Partialtiden und somit eine weitere räumlich inhomogene Änderung der Tidekennwerte.

Mittels Transferfunktionen zwischen Wellenmessungen oder Modellrechnungen, Windmessungen und der Modellkette lässt sich ein Einfluss der Klimaänderung auf das Wellengeschehen hinreichend genau abbilden (Rütten et al., 2013, Mai et al., 2013). Es liegen nur wenige kontinuierliche Seegangsmessungen vor. Derzeitige Formeln zur Bemessung von Seebauwerken auf Seegang

unterschätzen zum Teil die bemessungsrelevante Wellenhöhe (Mai et al., 2010). Bei der Statistik des Seegangs in den inneren Ästuaren sind für die Zukunft keine signifikanten Änderungen nachzuweisen. Während das maximale jährliche Thw im Mittel zunimmt, ist dieses für das maximale 19 jährliche Thw und auch für die maximalen jährlichen oder 19 jährlichen signifikanten Wellenhöhen nachzuweisen (siehe Abbildung).

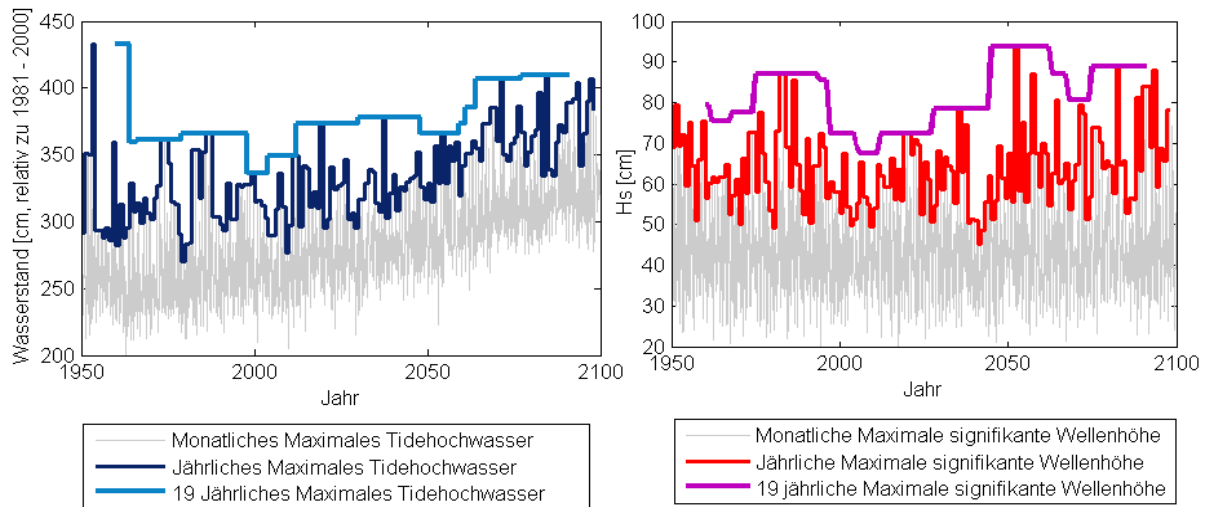


Abbildung: Beispiel für das Ergebnis der Modellkette (Elbemündung); monatliche, jährliche, 19 jährliche Maxima des Tidehochwassers und der signifikanten Wellenhöhen.

Der mögliche Klimawandel ist als Teil eines küstenhydrologischen Gesamtsystems zu verstehen. Es ist notwendig ein besseres regionales küstenhydrologisches Prozessverständnis herbeizuführen. Heutige Abschätzungen der Veränderungen sowie zukünftige Messwerte und Klimamodelle (Modellketten) sind in den nächsten Jahren und Dekaden kontinuierlich zu verifizieren und zu analysieren. Die notwendige Anpassung an den möglichen Klimawandel verlangt eine *unaufgeregte aber kontinuierliche, wissenschaftliche und küstenhydrologische* Begutachtung.

DANGENDORF, S., H. HEIN, J. JENSEN, S. MAI, C. MUDERSBACH, T. WAHL, 2012. *Mean Sea Level Variability and Influence of the North Atlantic Oscillation on Long-term Trends in the German Bight.*, Water, Special Issue: Flood Risk Management.

IPCC, 2007, *IPCC Fourth Assessment Report, Working Group I Report: The Physical Science Basis*;

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>

JENNING, S., HEIN, H., MAI, S., SCHÜTTRUMPF, H., 2012a. *Bruchpunkte und Langzeittrends von Wasserstandsmessungen im Tidebereich der Deutschen Bucht.* Tagungsband JuWi-Treffens, München 2012.

JENNING, S., H. HEIN, S. MAI, H. SCHÜTTRUMPF, 2012b. *Breaks and long term trends of the tidal characteristics in the southern German Bight*, ICCE, International Conference of Coastal Engineering, Santander, 2012.

HEIN, H., R. WEISS, U. BARJENBRUCH, S. MAI, 2010. *Uncertainties of tide gauges & the estimation of regional sea level rise.* Proc. of the Int. Conf., Hydro 2010.

HEIN, H., S. MAI, S., U. BARJENBRUCH, 2011a. *What Tide Gauges Reveal about the Future Sea Level*, Proc. of the 4th AcquaAlta, http://acqua-alta.de/fileadmin/design/acqua-alta/pdf/abstracts/paper/13_10/Hein_Harmut_full_papers.pdf.

HEIN, H., S. MAI, S., U. BARJENBRUCH, 2011b. *Coastal long term processes, tidal characteristics and climate change*, 5th International Short Conference on Applied Coastal Research, Aachen, Conference Proceedings.

HEIN, H., S. MAI, S., U. BARJENBRUCH, 2011c. *Interaction of Wind-Waves and Currents in the Ems-Dollard Estuary.* International Journal of Ocean and Climate Systems. Vol. 2, No. 4, December 2011, p. 249 - 258.

HEIN, H., MAI, S., BARJENBRUCH, U., BLASI, C., 2012a. *Computer-aided quality assurance of high-resolution digitized historic tide-gauge records.* Proc. of the Int. Conf. Hydro 2012, Rotterdam.

HEIN, H., S. MAI, S., U. BARJENBRUCH, 2012b. *Uncertainties of drying periods of coarse coastal climate impact models*, Proc. of the 2nd IAHR Europe Congress, München 2012.

MAI, S., WILHELMI, J., BARJENBRUCH, U. (2011). *Wave height distributions in shallow waters.* Coastal Engineering Proceedings, 1(32), waves-63.

RÜTTEN S., MAI, S., WILHELMI J., ZENZ T., HEIN, H., BARJENBRUCH, U., 2013. *Results of operational monitoring of waves with radar gauges*, International Hydrographic Review, No. 9, , 05/2013, p. 37-45.