

Zeitliche Entwicklung mittlerer und extremer Wasserstände in der Ostsee - Datengrundlage und erste Ergebnisse zu Extremereignissen

Peter Fröhle, Justus Patzke

Institut für Wasserbau, TU Hamburg-Harburg, Denickestr. 22, 21073 Hamburg

Einführung

Im vom BMBF geförderten KFKI-Verbundprojekt „Analyse von hochaufgelösten Wasserstandsverläufen und Ermittlung der Entwicklung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste“ (AMSeL_Ostsee) wird eine Einordnung des vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Meeresspiegelverlaufs für die nachhaltige und sichere Nutzung der Küstenregionen vorgenommen. Die Verbundpartner vom Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu) der Uni Siegen (Projektkoordinator Prof. J. Jensen) und vom Institut für Wasserbau (IRCE) der TU Hamburg-Harburg arbeiten hierbei zusammen. Während das fwu mit Fokus auf mittlere Wasserstände und dessen Entwicklung forscht, konzentriert sich das IRCE auf Untersuchungen der Entwicklung von Extremereignissen.

Das Forschungsprojekt AMSeL_Ostsee orientiert sich inhaltlich an dem vorangegangenen KFKI-Projekt AMSeL (Jensen et al. 2010), bei welchem Methoden zur Analyse des mittleren Meeresspiegels für den deutschen Nordsee-Küstenbereich entwickelt wurden. Die Forschungsergebnisse in AMSeL zeigen, dass die ermittelten Langzeittrends mit anderen regionalen oder globalen Untersuchungen vergleichbar sind. Differenzen wurden auf interannuellen und mehrdekadischen Zeitskalen festgestellt. Die in AMSeL entwickelten Verfahren sollen in AMSeL_Ostsee auf das Küstengebiet der Ostsee übertragen und weiterentwickelt werden. Eines der abgeleiteten Ziele ist folglich der Vergleich der Entwicklung der Wasserstände der beiden deutschen Küstenzonen untereinander sowie eine Ausweitung des grundsätzlichen Verständnisses der Wechselwirkungen zwischen den benachbarten Küstenzonen.

Um die Entwicklung des absoluten Meeresspiegels abschätzen zu können müssen im Küstenbereich der Ostsee die Einflüsse vertikaler Landbewegungen einbezogen werden. Im Raum der Ostsee eignen sich hierzu u.a. verfügbare Modelle die den dort dominanten Effekt glazialer isostatischer Ausgleichsbewegungen (GIA) beschreiben. Auch verfügbare GPS-Messungen werden ergänzend herangezogen.

Aus der Summe der akquirierten und erzeugten Daten und auf Ihnen angewendeten Analysen sollen abschließend Erkenntnisse zum vergangenen, derzeitigen und zukünftigen Verhalten des Meeresspiegels bei mittleren und extremen Bedingungen gezogen werden. Die vorgestellte Arbeit stellt die akquirierte Datenbasis dar,

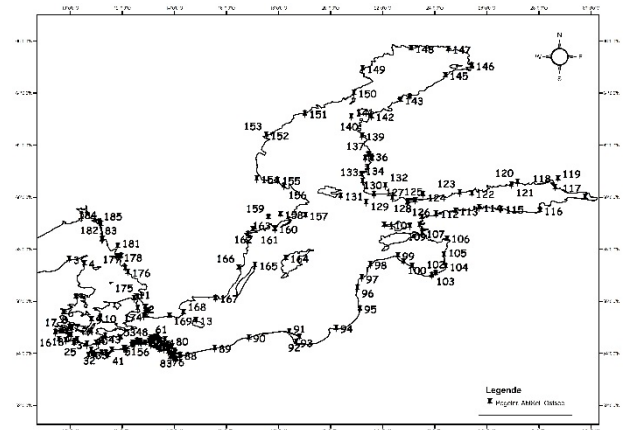


Abbildung 1: Pegelnummerierung der Stationen für welche in AMSeL_Ostsee Zeitreihen zur Verfügung stehen.

zeigt auf in welcher Weise die erhaltenen Daten aufbereitet werden und präsentiert erste Ergebnisse aus den durchgeführten Analysen in Bezug auf Extremereignisse.

Datenbasis

Im Rahmen des Projekts konnten über das Fokusgebiet der südlichen bzw. südwestlichen Ostsee hinaus für die gesamte Küstenzone der Ostsee Wasserstandsdaten akquiriert werden, sodass zum gegenwärtigen Zeitpunkt 483 Datensätze unterschiedliche Zeiträume und zeitliche Auflösungen von 185 Pegelstationen abdecken. Hochaufgelöste Daten mit mindestens stündlichen Wasserstandsdaten existieren in den skandinavischen Ländern ab ca. 1900 und für deutschen Pegelstationen ab etwa 1950 (Travemünde). Diese bilden die Grundlage für die Zusammenstellung langer konsistenter und qualitativ einmaliger MSL- und Extremwertzeitreihen im (deutschen) Ostseeraum. Für die Akquise konnte ein Austausch mit den pegelbetreibenden Institutionen der an die Ostsee grenzenden Länder zusammen gearbeitet werden, sodass ein umfassender und vermutlich einmaliger Datenbestand aufgebaut werden konnte. Allein für die deutsche Küste wurden Daten bzw. ergänzende Informationen von neun Institutionen akquiriert (u.a. StALU MM, LKN Husum, BSH Rostock, BSH Hamburg, WSA Lübeck, WSA Stralsund, GdWs, IO Warnemünde sowie der Bundesanstalt für Gewässer-kunde). Des Weiteren konnte die Datenbasis durch digitale Listen aus Literaturquellen (z.B. (Feistel et al. 2008)) sowie durch einen hohen Digitalisierungs-aufwand historischer Dokumente erweitert werden. Abbildung 1 zeigt die Lage der im Projekt verfügbaren Pegelstationen mit der im Projekt zugewiesenen Pegelnummer. Die flächendeckende räumliche Abdeckung bildet eine gute Basis für eine Gesamt-



betrachtung der Entwicklung der Ostseewasserstände.

Methodik

Durch die Akquise von Daten aus den unterschiedlichsten Quellen und Ländern ist es für den Vergleich der Pegelstationen untereinander erstrebenswert eine Vereinheitlichung der Datenformate durch den Aufbau einer Datenbank zu erreichen. Dadurch wird sichergestellt, dass die Zeitreihen eine für Vergleiche einheitliche Formatierung aufweisen. Innerhalb der Datenbank werden dabei stets die Rohdaten vorgehalten, sodass auch im Bearbeitungsprozess stets auf den Ausgangsdatensatz zurückgegriffen werden kann. Zu den akquirierten Zeitreihen werden in der Datenbank verfügbare Metainformationen wie z.B. der Höhenbezug, lokale Systemunterschiede, Datenquellen, Pegelkoordinaten etc. hinterlegt.

Um etwaige Datensätze miteinander vergleichen oder gar kombinieren zu können ist es unerlässlich den zeitlichen Bezug der Höhenreferenz zu klären, um die Daten in einem weiteren Schritt auf ein gemeinsames Höhensystem reduzieren und anschließend vergleichend auswerten zu können. Es wurden daher verfügbare Informationen zusammen getragen die eine solche Homogenisierung der Datensätze ermöglichen. Anvisiert wurde für alle deutschen Stationen ein konsistenter Höhenbezug auf NNH.

Zur weitergehenden Plausibilisierung hochaufgelöster Daten wurde eine Methodik entwickelt die es mittels statistischer Verfahren ermöglicht auffällige Bereiche in stündlichen Wasserstandszeitreihen zu identifizieren, welche in hohem Maße vom sonstigen Verhalten abweichen. Das Prinzip beruht auf der Theorie der Ähnlichkeit von Wasserstandsverläufen benachbarter Stationen, wobei größere Unterschiede als potentiell auffällig beurteilt werden. Die entwickelte Methodik wurde auf alle verfügbaren deutschen Messdaten mit stündlicher Auflösung angewendet. Für die im Projekt prozessierten Zeitreihen hat dies zur Folge, dass die nach eingehender Sichtprüfung als kritisch bewerteten Bereiche in einer neuen Datengeneration aus den Zeitreihen entnommen wurden.

In einem weitergehenden Plausibilisierungsschritt für weniger hoch aufgelöste Zeitreihen die durch Auswerteverfahren entstanden sind (z.B. Mittelwertzeitreihen) wurden Vergleichsanalysen durchgeführt, um Differenzen in den Zeitreihen aufzuzeigen und, wenn möglich, dessen Ursachen zu klären. Hierbei sind jedoch u.a. Abweichungen in Mittelwertzeitreihen aus verschiedenen Quellen für ein und dieselbe Pegelstation festgestellt worden. Problematisch ist dabei, dass der Ursprung der Unterschiede häufig nicht oder nur sehr schwer auszumachen ist. Im Besonderen trifft dies auf die international häufig verwendeten Daten des PSMSL (www.PSMSL.org) zu, dessen Vorprozessierung sich als nicht immer eindeutig herausgestellt hat. In der Folge wurden die Akten aus verschiedenen Archiven nach ergänzenden Wasserstandsdaten durchsucht, weitere Literaturquellen (u.a. (Seibt 1881, 1885, 1890; Westphal 1900; Kühnen 1916)) hinzugezogen und Einsicht in Originalaufzeichnungen vorgenommen. Teils wurden diese Datensätze bereits neu digitalisiert. So konnten z.B. Mittelwertzeitreihen aktualisiert werden, die auf einer Rohdatenbasis von

Einzelterminwerten beruhen. Die hierbei notwendige Gezeitenkorrektur beruhte besonders an historischen Zeitreihen auf sehr kurzen Phasen mit hochaufgelösten Daten. Durch die heute verfügbaren Zeiträume von mehreren Jahrzehnten mit hochaufgelösten Daten kann eine folglich eine qualitätssteigernde Überarbeitung der MSL-Zeitreihen erfolgen.

Ergebnisse

Die im Projekt homogenisierten, vereinheitlichten und plausibilisierten Wasserstandsdaten werden anschließend im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung umfassend ausgewertet. An dieser Stelle werden Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung extremer Wasserstände vorgestellt. Sie beruhen auf der Ermittlung von linearen Trends für Extremwertzeitreihen von ausgewählten Pegelstationen der Ostsee. Um die Daten weitgehend von einem möglichen Einfluss vertikaler Landbewegungen zu bereinigen wurde u.a. das aktuellste GIA-Modell NKG2016LU der Nordischen Geodätischen Kommission herangezogen. Mittels bilinearer Interpolation wurde aus dem Modell für jede Pegelstation im Untersuchungsgebiet eine vertikale Landbewegungsrates ermittelt und dessen Einfluss reduziert. Im Ergebnis stehen Zeitreihen für die mittels linearer Regression für den gesamten Ostseeraum vergleichbare Trendwerte im Bereich von 1-2 mm/a ermittelt werden konnte.

Schrifttum

Feistel, Rainer; Nausch, Günther; Wasmund, Norbert (2008): State and Evolution of the Baltic Sea, 1952-2005. A detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology and Marine Environment. 1. Aufl. New Jersey: Wiley-Interscience.

Jensen, Jürgen; Dr.-Ing. Thorsten Frank; Dipl.-Ing. Thomas Wahl; Dipl.-Ing. Sönke Dangendorf (2010): Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste. AMSeL_KFKI_Bericht Abschlussbericht. Projektbericht. Universität Siegen, Siegen. Forschungsinstitut Wasser und Umwelt.

Kühnen, Prof. Dr. (1916): Das Mittelwasser der Ostsee und das Mittelwasser der Nordsee. bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Pillau, Memel und bei Bremerhaven. in den Jahren 1898 - 1910. Berlin: P. Stankiewicz Buchdruckerei (70).

Seibt, Wilhelm (1881): Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde. Mit 8 Tafeln. In: *Königliches Preussisches Geodätisches Institut*.

Seibt, Wilhelm (1885): Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde. Mit 9 Tafeln. In: *Königliches Preussisches Geodätisches Institut*.

Seibt, Wilhelm (1890): Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde. Zweite Mittheilung. In: *Königliches Preussisches Geodätisches Institut*.

Westphal, Prof. Dr. A. (1900): Das Mittelwasser der Ostsee. bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona und Swinemünde in den Jahren 1882-1897. Mit zwei Tafeln. Berlin: P. Stankiewicz Buchdruckerei (9).

Acknowledgement

Unser Dank gilt allen an diesem Projekt beteiligten Personen und Institutionen. Im Besonderen danken wir den pegelbetreibenden und Daten bereitstellenden hydrographischen Institutionen der an die Ostsee angrenzenden Länder für die Möglichkeit die erhobenen Daten wissenschaftlich nutzen zu



können.