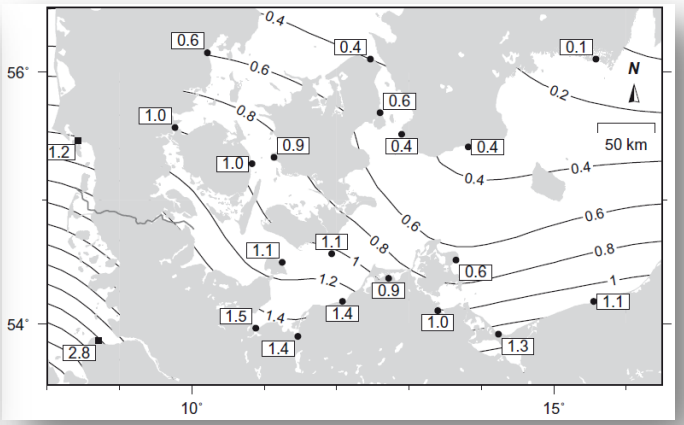
AMSeL_Ostsee

Analyse von hochaufgelösten Wasserstandsverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste



Jürgen Jensen, Sönke Dangendorf, Jessica Schmidt, Peter Fröhle, Justus Patzke, Dörte Salecker

Fördernummer: 03KIS0114 und 03KIS0115; Laufzeit: 01.08.2015 – 31.07.2018

Inhalt

1 Veranlassung

2 Stand der Forschung und eigene Arbeiten

4 Zielsetzung und Arbeitsprogramm

5 Ausblick

Antragsteller

Universität Siegen (Uni Siegen), Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen	**TU Hamburg-Harburg (TU HH),** Institut für Wasserbau Univ.-Prof. Dr.- Ing. Peter Fröhle

Kooperative Partner

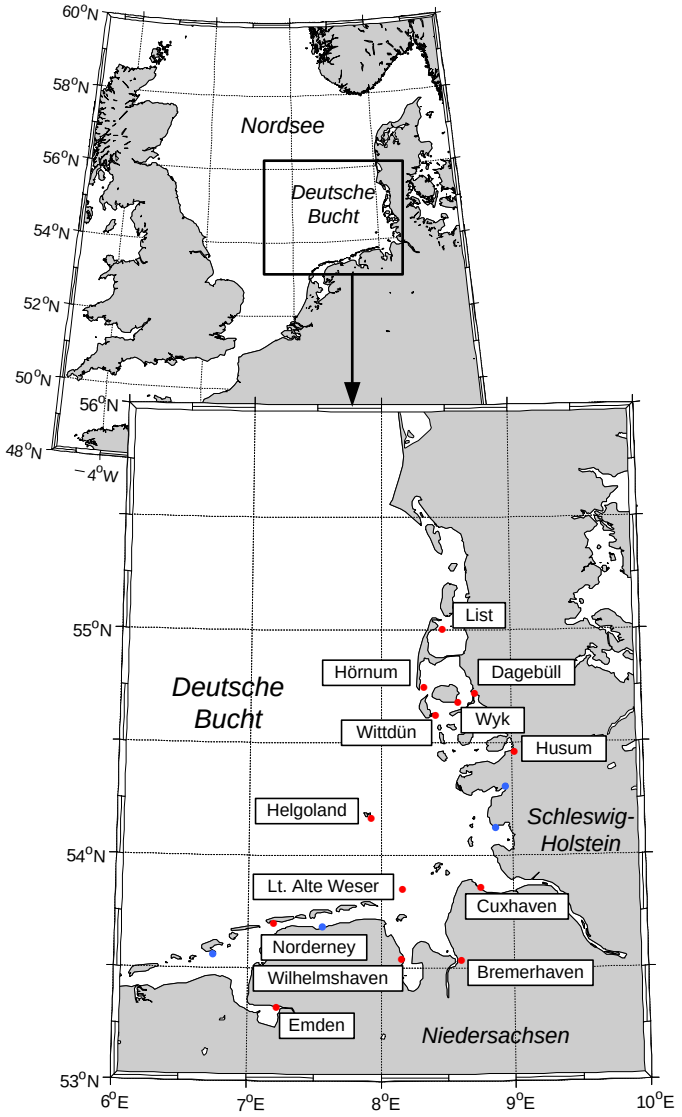
- BfG Koblenz
- BSH Hamburg
- LKN-SH
- HZG, Institut für Küstenforschung
- Technische Universität Kopenhagen (Prof. Per Knudsen/Carlo Sörensen)
- Lantmäterigatan (Dr. Holger Steffen)

Praxis-Partner

- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow
- Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Mittleres Mecklenburg (StALU MM), Dezernatsgruppe Küste
- WSA Lübeck und WSA Stralsund

„AMSeL - Analyse von hochaufgelösten Tide-wasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste" (gefördert durch das BMBF unter der Projektnummer 03KIS068)

- → Analyse der Entwicklung des mittleren Meeresspiegels in der Deutschen Bucht seit 1843 auf Basis hochaufgelöster Pegeldaten
- → Untersuchungen zu Verweildauern und Tideketten

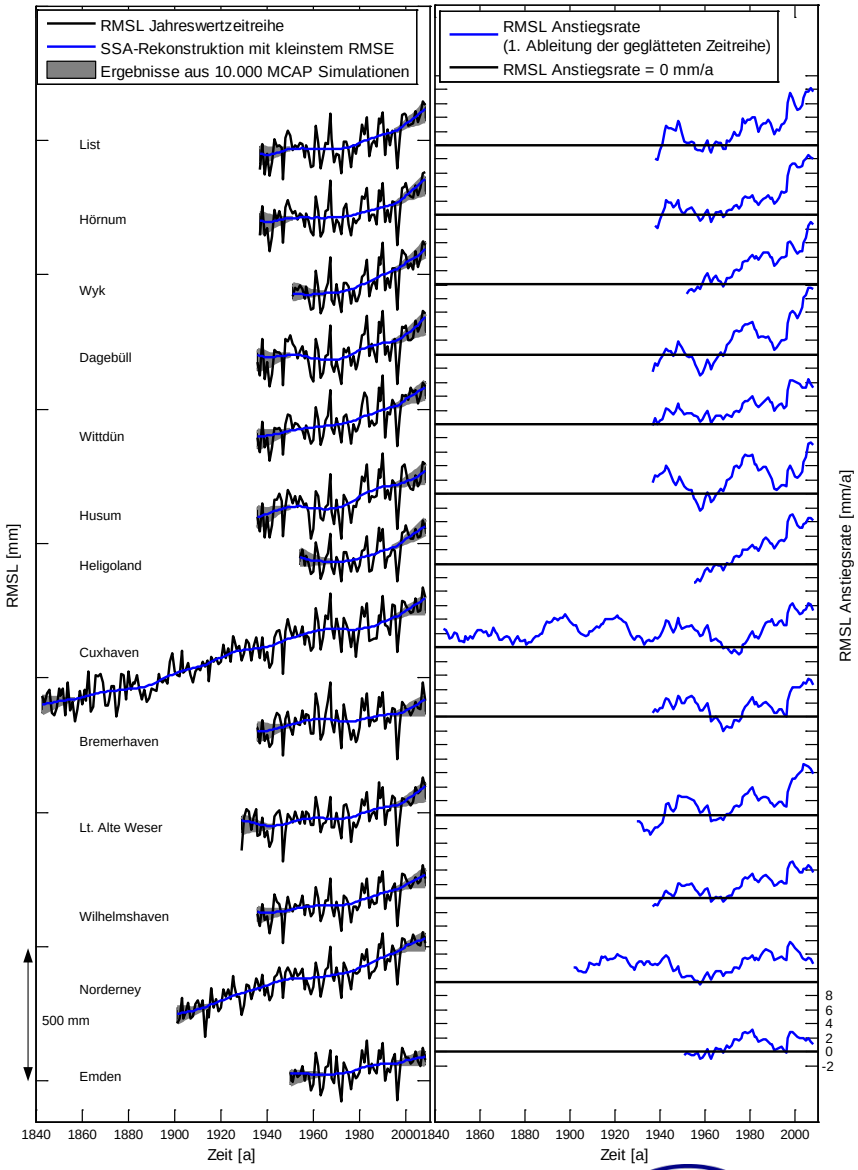


UNIVERSITÄT SIEGEN

Forschungsergebnisse

- Ähnlichkeiten der Langzeittrends mit anderen regionalen oder globalen Untersuchungen
- beschleunigter MSL Anstieg: Zeitraum um 1900 sowie innerhalb der zurück-liegenden Dekaden
- Meeresspiegelanstiegsraten innerhalb der letzten Jahre nicht ungewöhnlich
- Vergleich mit globalen MSL Rekonstruktionen → erhebliche regionale Differenzen auf inter-annuellen bis mehrdekadische Zeitskalen

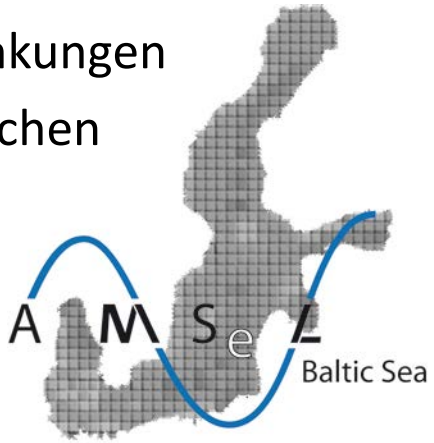
→ **regionale Klima- und MSL-Anstiegs-projektionen sind notwendig**



fwu

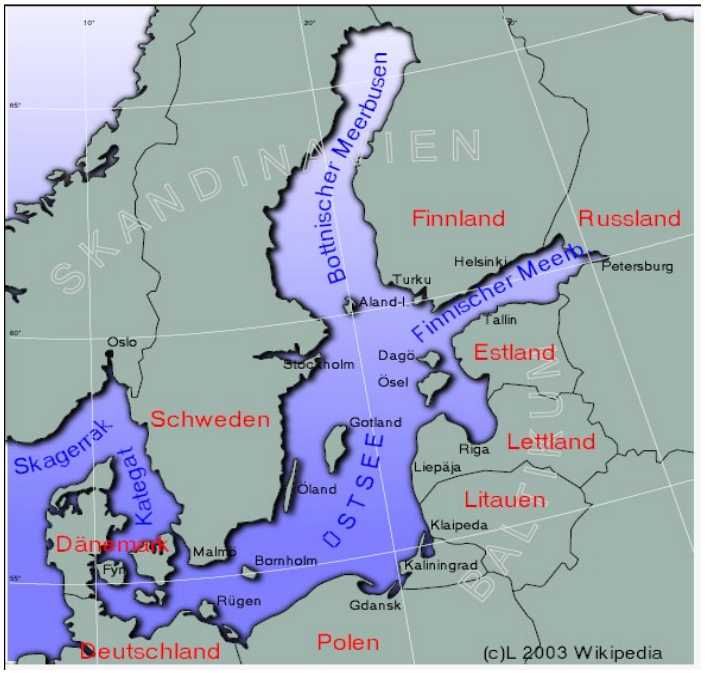
Folgerung aus AMSeL für AMSeL_Ostsee

- Ergänzung und Erweiterung der in AMSeL entwickelten Methoden zur Analyse vorhandener Wasserstandsdaten
- methodisch vergleichbare Auswertung von Ostseepegeln mit Pegeln der Nordseeküste
  - → Erkenntnisse über den Vergleich der Charakteristik und des Ausmaßes der MSL Änderungen an beiden Meeren
  - → Beitrag zum Aufschluss über die wechselseitigen Beziehungen zwischen Nordsee und Ostsee sowie hintergründige Prozesse
- Erkennung und Erläuterung von Mustern zeitlicher Schwankungen
- Einbeziehung von u.a. meteorologischen und ozeanografischen Datensätzen

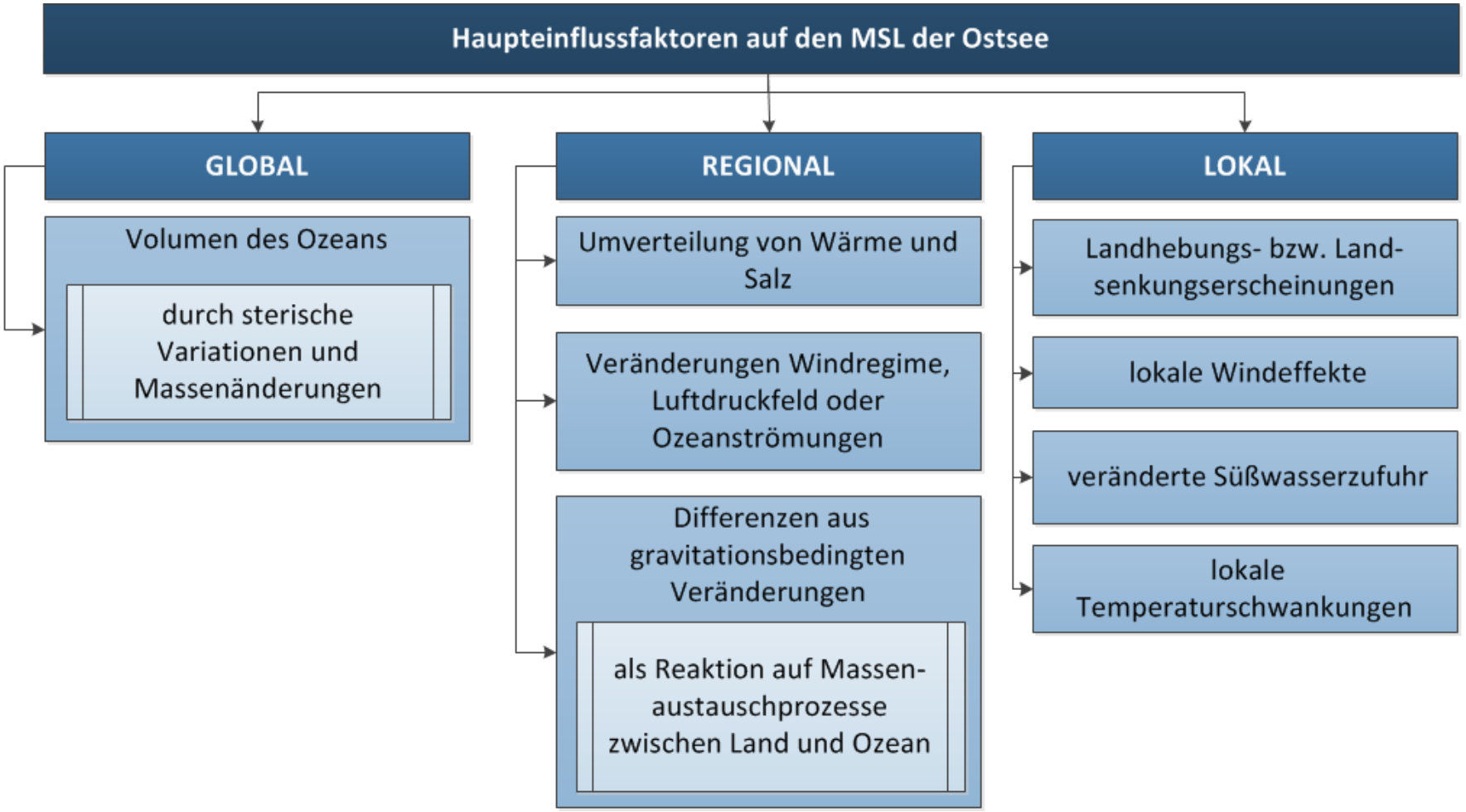


Ostsee

- 413.000 km², bis zu 459 m tiefes Binnenmeer
- Tiefe Ø: 52 m, aufgrund der eiszeitlichen Entstehungsgeschichte und der daraus resultierenden Topographie
- Verbindung über den 22.000 km² großen Kattegat mit der Nordsee und dem Atlantischen Ozean
- schnelle Abnahme der Salinität
- sehr geringer Einfluss der Gezeiten
- Beschränkung des Untersuchungsgebietes auf die südliche und südwestliche Ostseeküste (deutsche und polnische Ostseeküste)
  → Einstieg für eine spätere Gesamtanalyse für die Ostsee

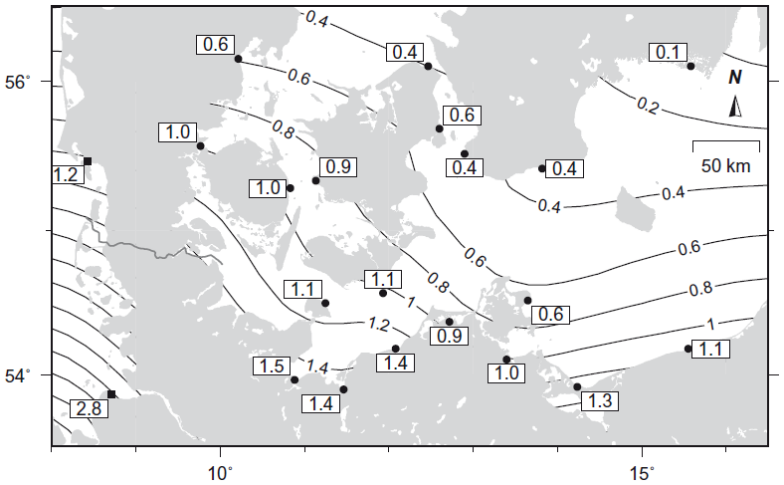


Maßgebliche Einflüsse auf den Meeresspiegel der Ostsee

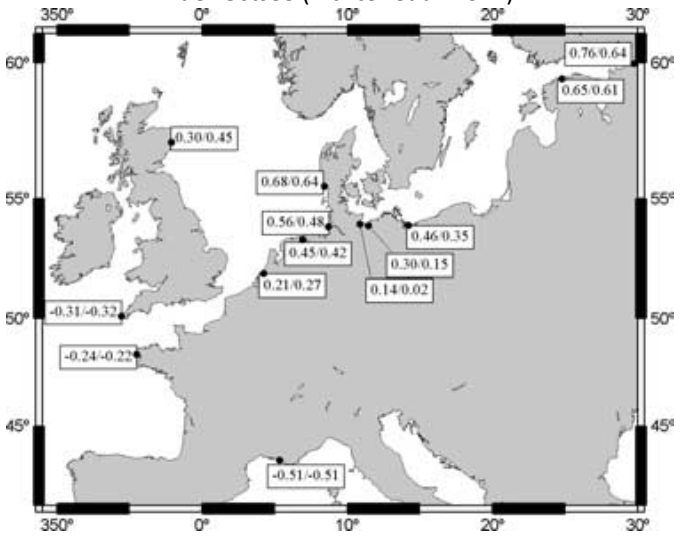


Maßgebliche Einflüsse MSL Ostsee

- **Landsenkungen und-hebungen** dominieren Langzeittrend
- **postglaziale Isostasie** (GIA)
  - → nördliche Ostsee: ca. 10 mm/a Hebung
  - → südwestliche Ostsee: bis zu 1 mm/a Landsenkung *(Rosentau et al. 2007)*
- Kopplung der klimainternen Variationen des MSL an **NAO** → Einfluss zeitlich und geographisch heterogen *(Jevrejeva 2005)*
- auf interannueller und dekadischer Ebene:
  - dominante Westwindlagen,
  - Luftdruckvariationen,
  - lokale Temperaturschwankungen
  - und Regen (Veränderungen von Dichte und Salzgehalt) *(Hünicke et al. 2008)*



Darstellung der säkularen relativen Meeresspiegeländerungen in der Ostsee (Richter et al. 2011)



Korrelationskoeffizienten zwischen den Winter AO/NAO Indizes und den Winter MSL Zeitreihen (Jevrejeva et al. 2005)

Trends und Beschleunigungen in den letzten 200 Jahren

- eustatischer Anteil des MSL Anstiegs→ zwischen 1 und 2 mm/a *(Schätzung laut BACC 2008)*
- zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts: deutlich größere Trends von bis zu 3 mm/a → Veränderungen in den Wintermonaten *(Suursaar et al. 2006)*
- Schätzung des linearen Trends der letzten 100 Jahre für südwestliche Ostsee auf rund 1,3 mm/a *(Richter et al. 2011)*

Altimeterdaten

- deutlich höhere MSL Trends *(Skovgaard Madsen 2009)* → Beschleunigung im Bereich der Ostsee *(Suursaar et al 2006)*

Pegelzeitreihen

- Untersuchungen mit gleitenden Linear- und quadratischen Trends → aktuelle Anstiegsraten sind im historischen Kontext nicht als außergewöhnlich zu bezeichnen

UNIVERSITÄT SIEGEN

Trends und Beschleunigungen in den letzten 200 Jahren

NOTWENDIGE ARBEITEN

- Tests und Vergleich von geeigneten Auswertungsmethoden
- Auswertung der Datensätze und zugehöriger Informationen auf Basis einheitlicher Methoden
- Insbesondere: methodisch vergleichbare Auswertung von Ostseepegeln mit Pegeln der Nordseeküste

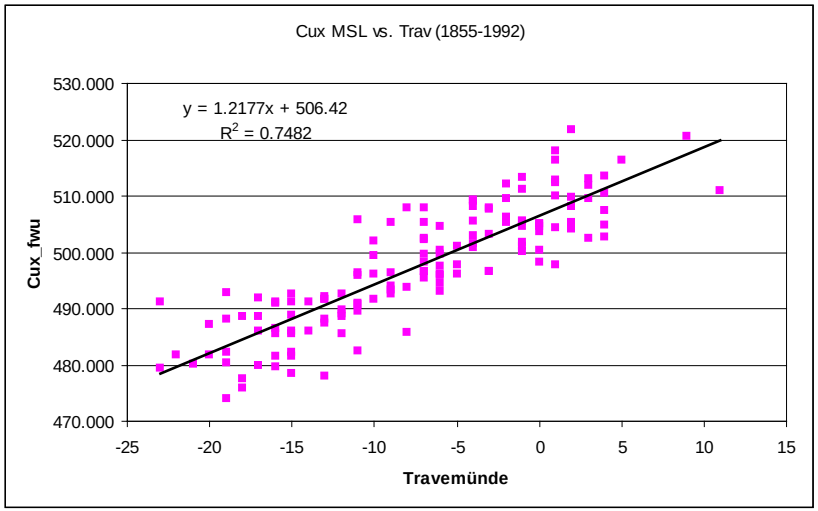
ZIELE

- Wichtige Erkenntnisse über den Vergleich der Charakteristik und des Ausmaßes der MSL Änderungen an beiden Meeren
- Beitrag zum Aufschluss über die wechselseitigen Beziehungen zwischen Nordsee und Ostsee

fwu

UNIVERSITÄT SIEGEN

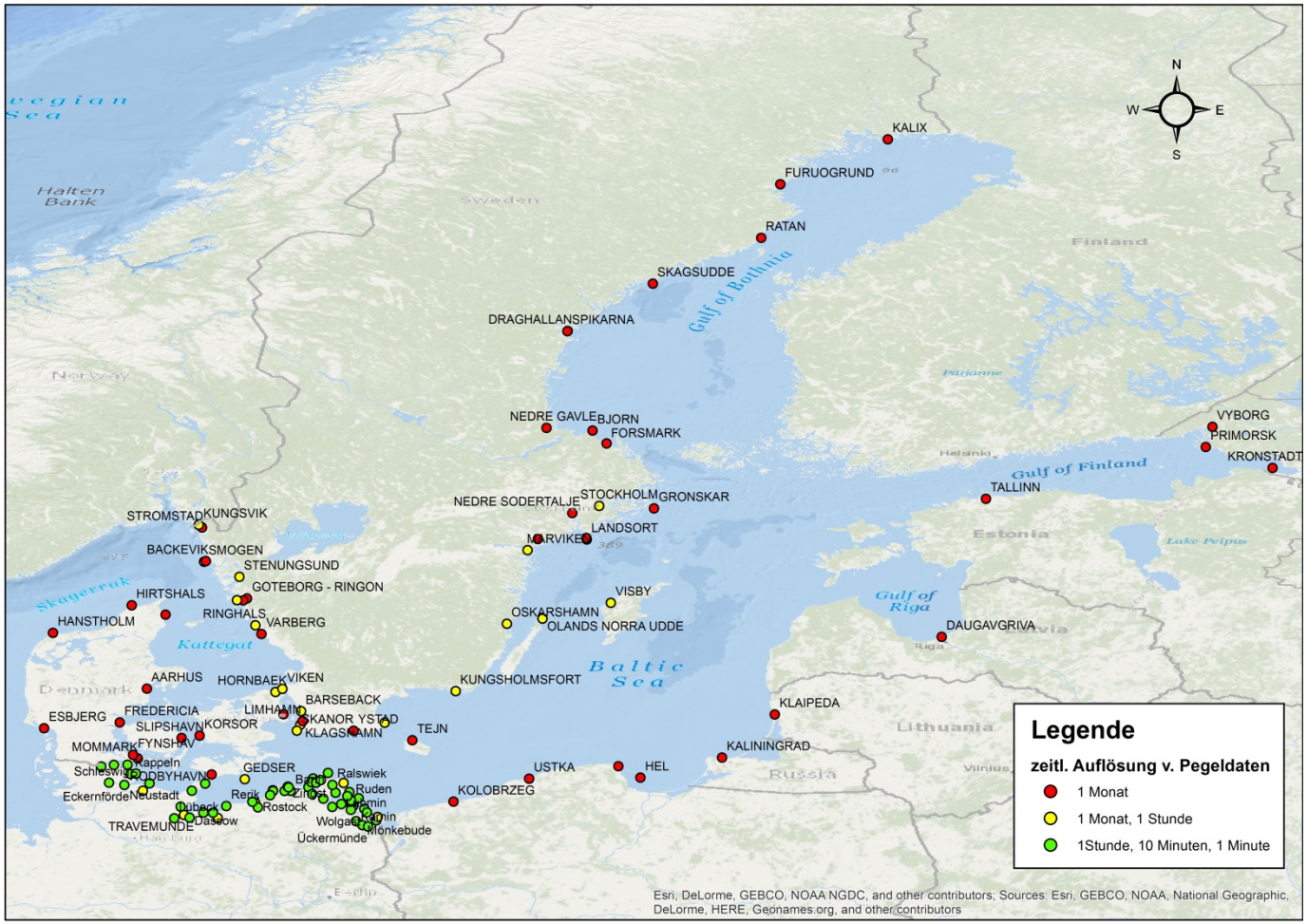
Forschungsziele



- Ermittlung qualitativ hochwertiger Monats-MSL-Zeitreihen auf Basis möglichst hochaufgelöster Wasserstandsdaten
- Ermittlung der wesentlichen Einflüsse auf die beobachteten relativen Wasserstandsänderungen
- Quantifizierung von Landhebungs- und -senkungseffekte (regional hoch aufgelöste GIA-Modelle, GPS Messungen, geologische Untersuchungen)
- Einbeziehung von Extremereignissen und statistische Analyse der zeitlichen Entwicklung extremer Hochwasserereignisse
- Einordnung der ermittelten Veränderungen des MSL in großräumige Untersuchungen und Vergleich mit anderen Bereichen
- Ableitung plausibler und räumlich konsistenter Projektionen für ingenieurpraktische Zeiträume (20/30 Jahre bzw. 50/70 Jahre)

fwu

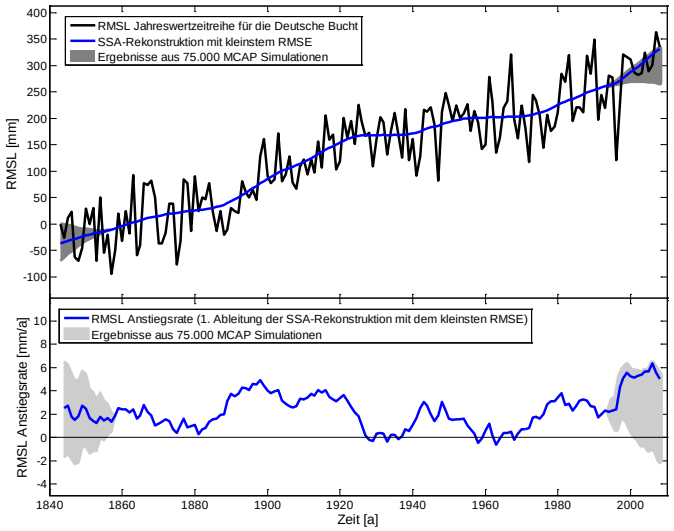
AP1: Datenakquise, Plausibilisierung und Aufbereitung sowie Untersuchungen zu den Pegelreferenzen und Landbewegungen (TU HH)



UNIVERSITÄT SIEGEN

AP2: MSL- Zeitreihenanalyse und statistische Analyse (Uni Siegen)

- qualitativ hochwertige Monats-MSL-Zeitreihen
- relativer MSL für verschiedene Intervallfenster, Stationaritätstests
- synthetische Pegelzeitreihen zur übergeordneten Charakterisierung von Küstenabschnitten und Gesamtgebiet
- Trendanalysen; Verwendung parametrischer Funktionen und nicht-parametrischer Ansätze, z.B. auf Basis von SSA (singuläre Systemanalysen) und dem in AMSeL entwickelten Verfahren MCAP (Monte-Carlo Autoregressive Padding)
- Variabilitäts-,Saisonalitäts- und Bruchpunkt-untersuchungen, Untersuchungen zu mete-orologischen Einflüssen unter Verwendung von schrittweise Regressionsmodellen nach *Dangendorf et al. (2014)*
- Ableitung realistischer zukünftiger MSL Projektionen

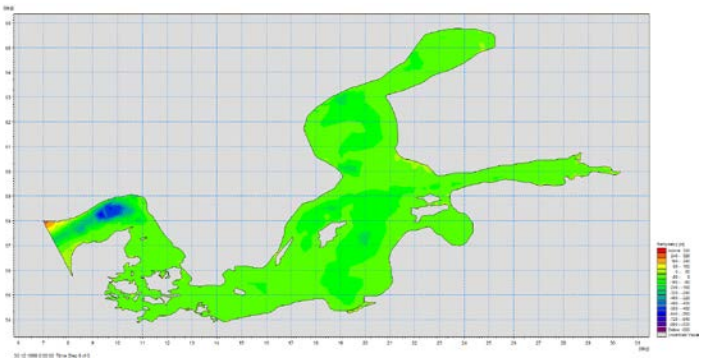


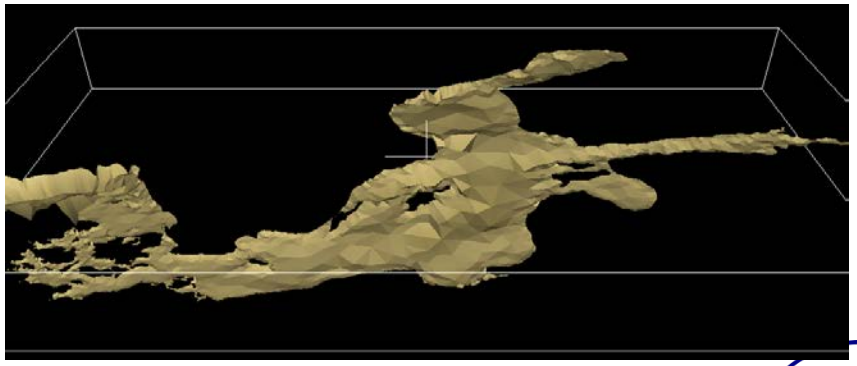
fwu

UNIVERSITÄT SIEGEN

AP3: Auswirkungen der MSL Variationen auf extreme Hochwasserereignisse für gegliederte, tidefreie Küsten (Uni Siegen, TU HH)

- statistische Analyse der zeitlichen Entwicklung extremer Hochwasser-ereignisse (TU HH)
- Verknüpfung mit Veränderungen bzw. Ergebnissen der MSL-Entwicklung nach AP2 (TU HH)
- Sensitivitätsstudien mit Hilfe eines numerischen Modells zur Beantwortung der Frage: Wie wirkt sich ein erhöhter mittlerer Meeresspiegel auf Sturmhochwasserstände aus? (Uni Siegen)
- Untersuchungen zum Einfluss prognostizierter meteorologischer Veränderungen auf Extremwasserstände (Uni Siegen)





fwu

AP 4: Zusammenstellung der Ergebnisse und überregionale Einordnung der Ergebnisse/zukünftige Trends (Uni Siegen, TU HH)

- Vergleich mit Nordsee/Nordatlantik und globalem Ozean
- Ableitung absoluter MSL Zeitreihen auf Basis von AP1 und AP2
- Ableitung konsistenter Zeitreihen auf Basis von AP1, AP 2 und AP3
- Sensitivitätsanalysen und Unsicherheitsbetrachtungen (getrennt nach AP1/AP2 und AP3)
- historische Einordnung
- (mögliche) Entwicklung extremer Ereignisse
- Bewertung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Literatur

Andersson (2002): Influence of long-term regional and large-scale atmospheric circulation on the Baltic sea level. Tellus A 54:76–88.

BACC (2008), Author Team: Assessment of Climate Change for the Baltic Sea, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

Dangendorf, S.; Marcos, M.; Müller, A.; Zorita, E.; Riva, R.; Berk, K.; Jensen, J. (2015): Detecting anthropogenic footprints in sea level rise. Nat. Commun. 6:7849 doi: 10.1038/ncomms8849.

Hünicke, B., Luterbacher, J., Pauling, A. and Zorita, E. (2008): Regional differences in winter sea-level variations in the Baltic Sea for the past 200 years. Tellus 60A (2), 384-393, doi: 10.1111/j.1600-0870.2007.00298.x.

Jevrejeva, S., Moore, J. C., Woodworth, P. L., Grinstead, A. (2005): Influence of large-scale atmospheric circulation on European sea level: results based on the wavelet transform method, Tellus Series A-Dynamic Meteorology and Oceanography, 57, 183-193.

Mudersbach, Ch. und Jensen, J. (2009): Extremwertstatistische Analyse von historischen, beobachteten und modellierten Wasserständen an der Deutschen Ostseeküste. Die Küste, Heft 75.

Richter, A., et al. (2011): Geodetic observation of sea-level change and crustal deformation in the Baltic Sea region. J. Phys. Chem. Earth (2011), doi: 10.1016/j.pce.2011.04.011.

Rosentau, et al. (2007): Relative Sea level change in the Baltic Sea since the Littorina Transgression, Z geol Wiss 35, 3-16, 2007.

Skovgaard Madsen, K. (2009): Recent and future climatic changes in temperature, salinity, and sea level of the North Sea and the Baltic Sea, PhD Thesis, Planet and Geophysics, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen.

Suursaar, Ü., Jaagus, J., Kullas, T. (2006): Past and future changes in sea level near the Estonian coast in relation to changes in wind climate. Boreal Env Res 11:123–142.

Vermeer, M., Kakkuri, J., Mälkki, P., Boman, H., Kahma, K. K., Leppäranta, M. (1988): Land uplift and sea level variability spectrum using fully measured monthly means of tide gauge readings. Finnish Marine Research 256:1–75.