

# QUO VADIS MSL UND KÜSTEN?

- ALTE UND NEUE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DAS  
KÜSTENINGENIEURWESEN -

10.FZK-KOLLOQUIUM, 26.02.2015, HANNOVER



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen

- ❑ EINLEITUNG
- ❑ FORSCHUNGSFRAGEN
- ❑ RETROSPEKTIVE MSL, TIDEWASSERSTÄNDE UND TIDEREGIME
- ❑ KFKI-VORHABEN (WASSER DB, MUSE, MUSTOK, AMSEL, ZUKUNFTHALLIG)
- ❑ STATUS VARIABILITÄT MSL UND TIDEREGIME, EXTREM-WASSERSTÄNDE/KÜSTENSCHUTZ
- ❑ FORSCHUNGSBEDARF

Sonnabend, 8. Juni 1985

Cellesche Zeitung – Seite 9

## Meeresspiegel alarmierend angestiegen – Bedrohung für die Deichsicherheit

**In 25 Jahren 16 Zentimeter: Sind von Menschen verursachte Klimaveränderungen der Grund?**

**KIEL/BRAUNSCHWEIG (Ini).** – Der Meeresspiegel an der deutschen Nordseeküste hat sich in den vergangenen 25 Jahren dramatisch erhöht. In der Deutschen Bucht ist das mittlere Hochwasser in diesem Zeitraum um 16 Zentimeter gestiegen. Mit dieser für die Deichsicherheit alarmierenden Beobachtung ist jetzt der Wasserbauingenieur Professor Alfred Führböter vom Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig an die Öffentlichkeit getreten.

Bislang hatten Küsteningenieur und Deichbauer einen mittleren Meeresspiegelanstieg von etwa 25 Zentimetern in 100 Jahren bei der Berechnung der Kronenhöhe der Landes-schutzdeiche zugrunde gelegt. Der jetzt auf einer Fachtagung in Kiel bekannt gewordene Wert von 16 Zentimetern in 25 Jahren wirft jedoch alle Sicherheitsberechnungen über den

Haufen. Er bedeutet, daß bereits heute die Sicherheitsreserve, die für die Bemessung der Deichhöhen gültig ist, zu mehr als zwei Dritteln aufgezehrt ist.

Professor Führböter stützt seine Beobachtungen auf die Auswertung von zehn Pegelmeßstationen an der deutschen Nordseeküste. Drei liegen auf den Inseln Borkum, Norderney und Sylt, vier an den Flußmündungen bei Emden, Wilhelmshaven, Bremerhaven und Cuxhaven und drei in den Hafenorten Büsum, Husum und Dagebüll. Das Zahlenmaterial reicht zurück bis in das Jahr 1855.

Die über 100 Jahre gemittelten Hochwasserstände bestätigen zwar den alten Wert von 25 Zentimetern pro Jahrhundert, Führböter fand jedoch gerade für die letzten 25 Jahre vor 1983 (bis dahin reichen seine Meßreihen) den starken Meeresspiegelanstieg. Diese Entwicklung weist eine steigende Tendenz auf.

Das jetzt von Professor Führböter vorgelegte Zahlenmaterial legt die Frage nahe, „in welchem Maße die natürlichen Entwicklungen von anthropogenen (vom Menschen ausgelösten) Einflüssen überlagert werden.“

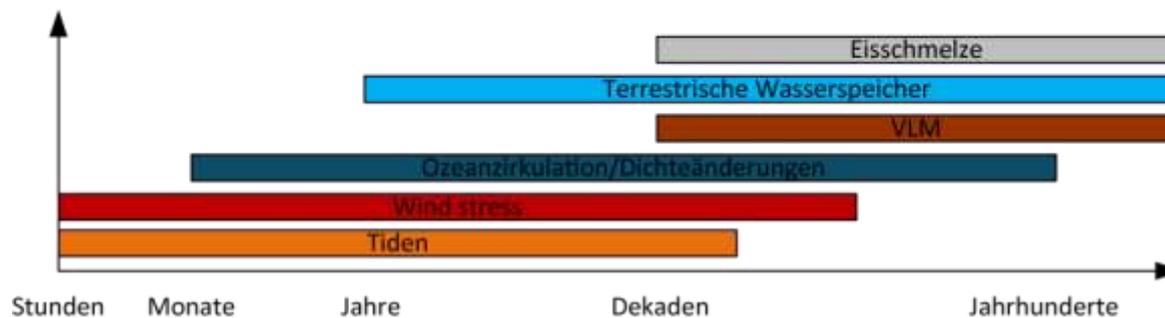
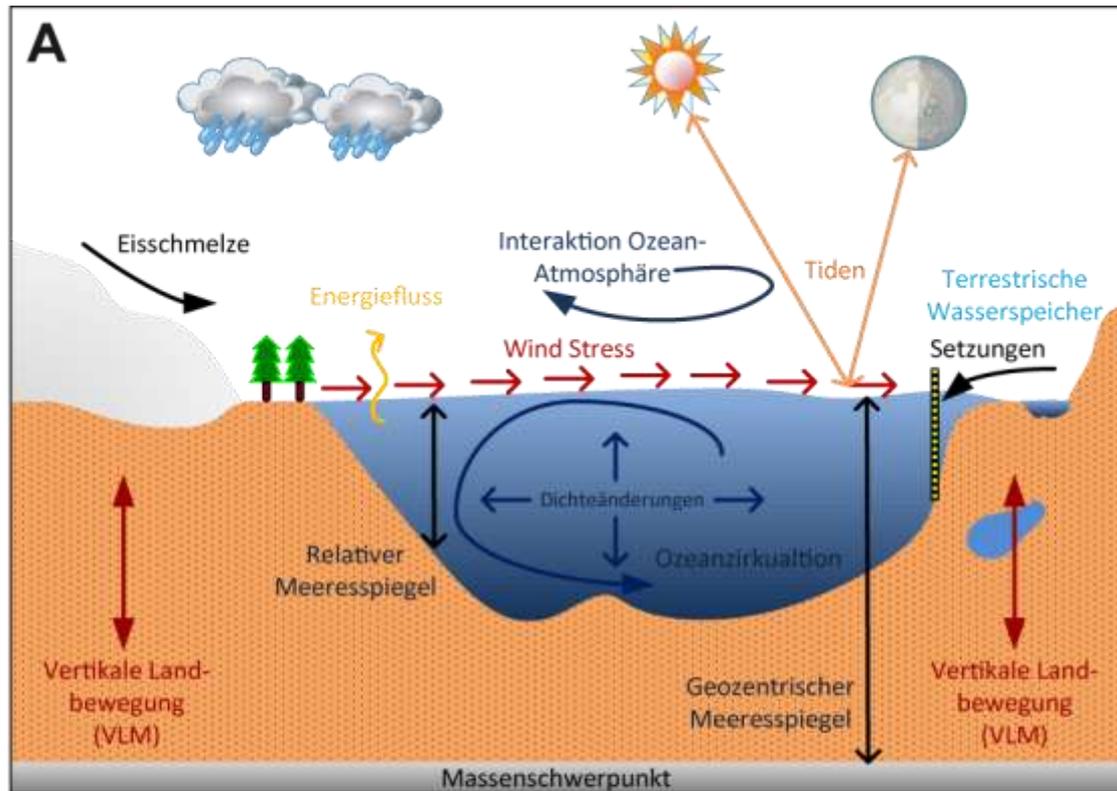
Ein weiterer Anstieg des Meeresspiegels in der von Führböter festgestellten Größenordnung hätte nicht nur gravierende Auswirkungen

auf die Deichsicherungen, sondern würde auch den Sockel zahlreicher Inseln angreifen und großflächige Erosionen im Wattenmeer nach sich ziehen. Auf der Kieler Tagung legte er Zahlen vor, wonach sich der Küstenrückgang auf Sylt seit 1950 etwa verdreifacht habe. Die Kliffabbrüche hätten von durchschnittlich 0,5 Metern auf 1,5 Meter pro Jahr zugenommen.

Bei Sturmfluten könnten wegen der größeren Wassertiefe höhere und damit energiereichere Wellen als bisher bis zum Deich vordringen und unabsehbare Schäden anrichten. Die größeren Wassermengen vor der Küste führen in den Prielen und Schifffahrtsrinnen zu höheren Strömungsgeschwindigkeiten, die eine unerwünschte Verlagerung und Ausräumung der Wasserstraßen bewirken können. Die Abnahme des Niedrigwassers würde Schiffe mit großem Tiefgang behindern.

Führböter stellte fest, daß Jahren mit hohen Wasserständen an der Nordsee im allgemeinen auch Jahren mit hohen Wasserständen in der Ostsee entsprechen. Das bedeutet nach seinen Worten, „daß die langfristigen Änderungen der mittleren Wasserstände an der Nordsee nicht allein den Raum der Deutschen Bucht erfassen, sondern großräumig über Skagerrak und Kattegat bis in die Ostsee hinein wirken“.

Ein Meeresspiegelszenario von bis zu **60 cm Anstieg des MThw in 100 Jahren** (JENSEN 1984, FÜHRBÖTER und JENSEN 1985) wird damals als Überschätzung abgelehnt!



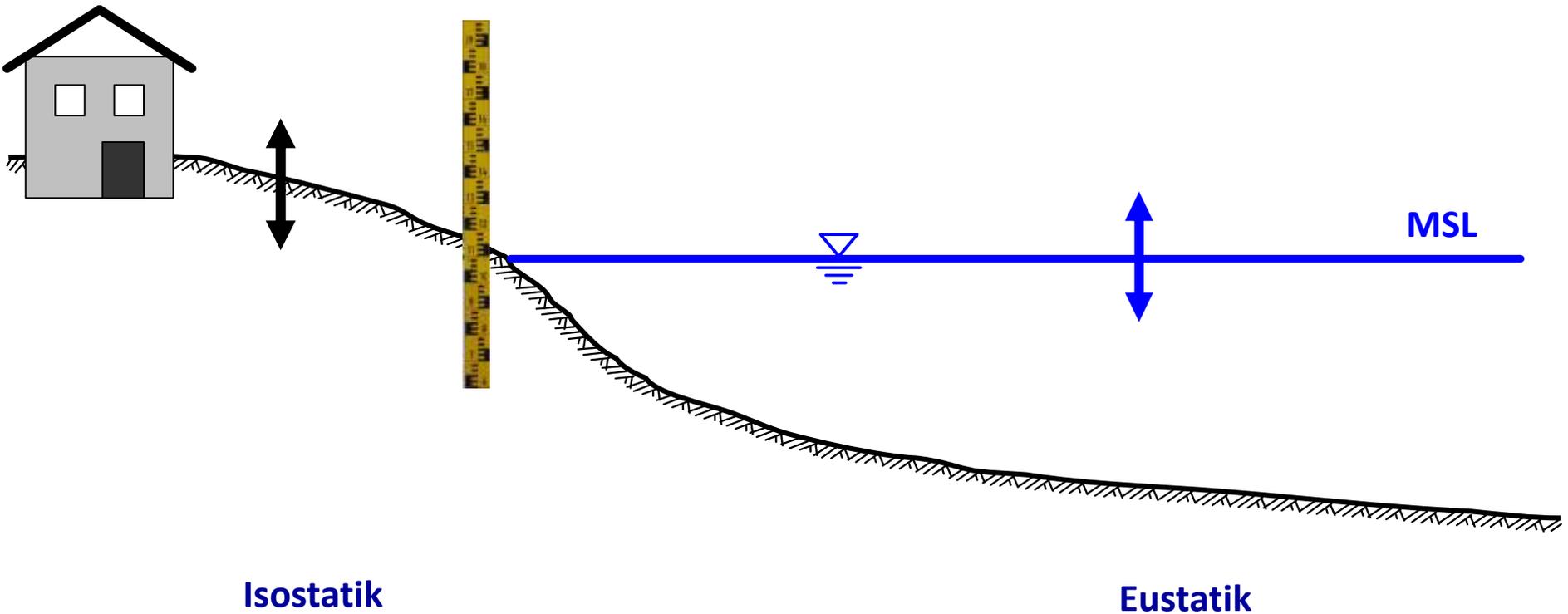
JENSEN, J. ET AL.:  
 Meeresspiegeländerungen in der Nordsee:  
 Entwicklungen und Herausforderungen,  
 HyWa, 2014

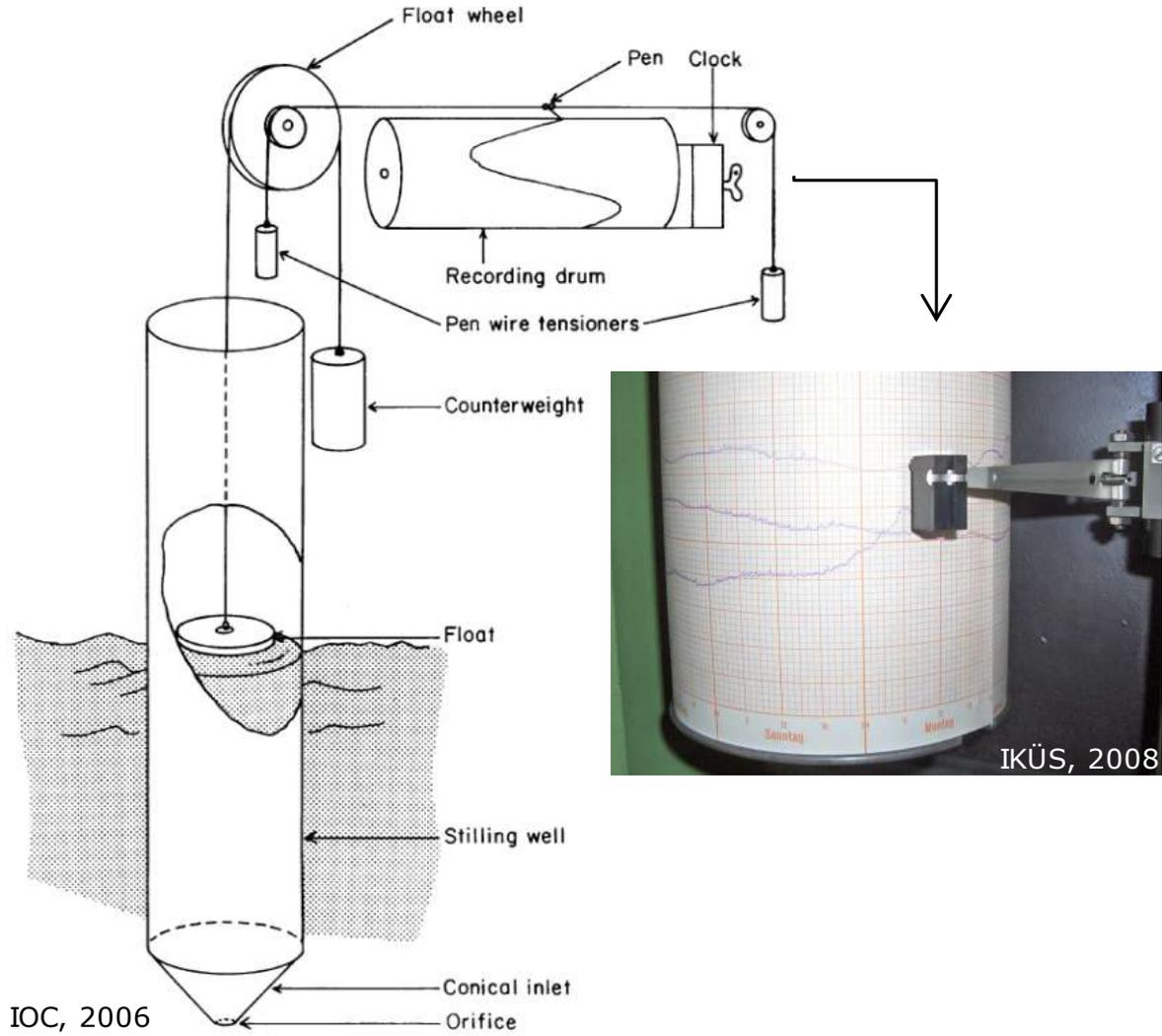
**Relativer MSL:**

wichtigster Parameter für viele Aufgaben im Bereich des Küsteningenieurwesens

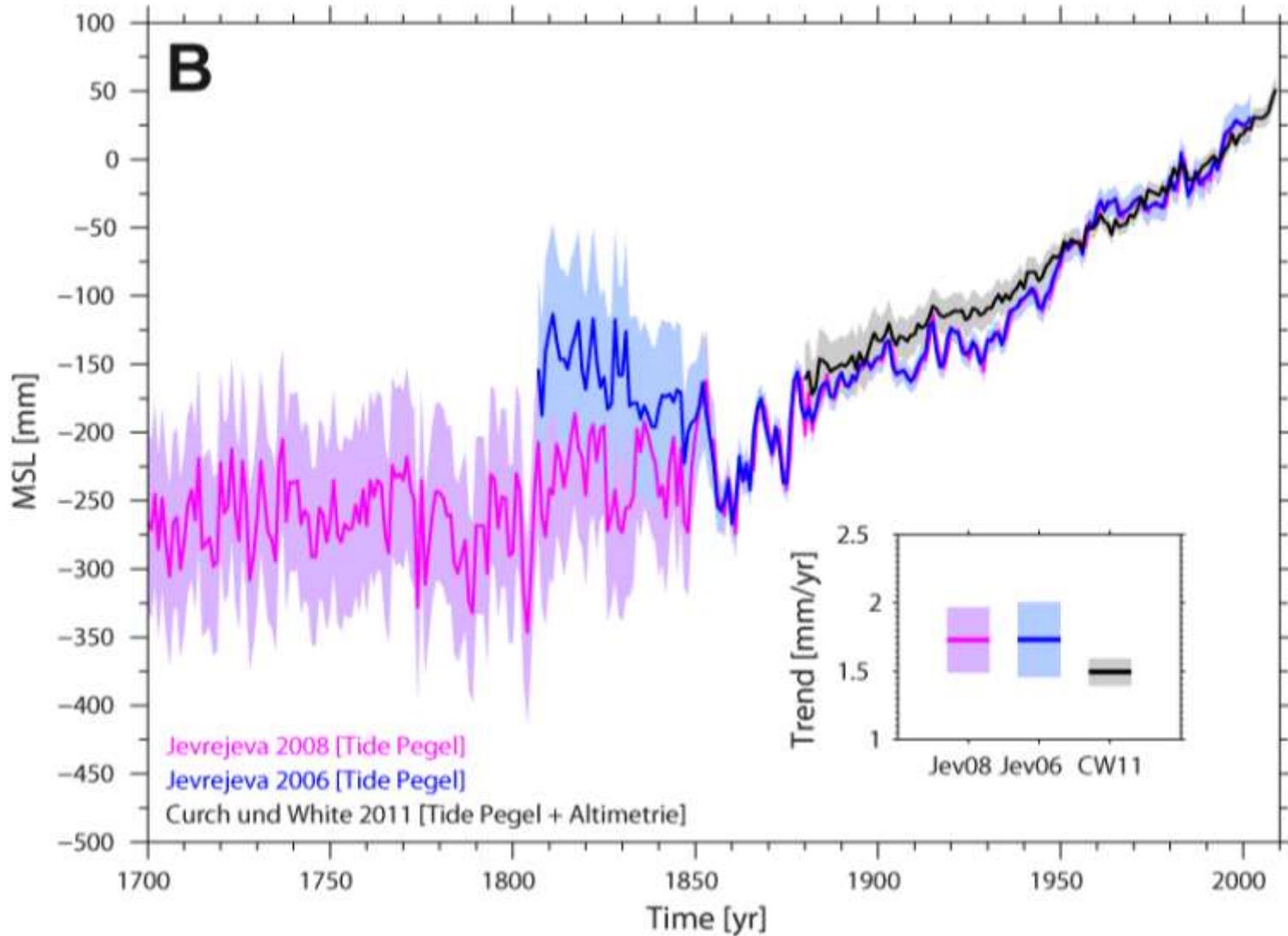
**'Absoluter' MSL:**

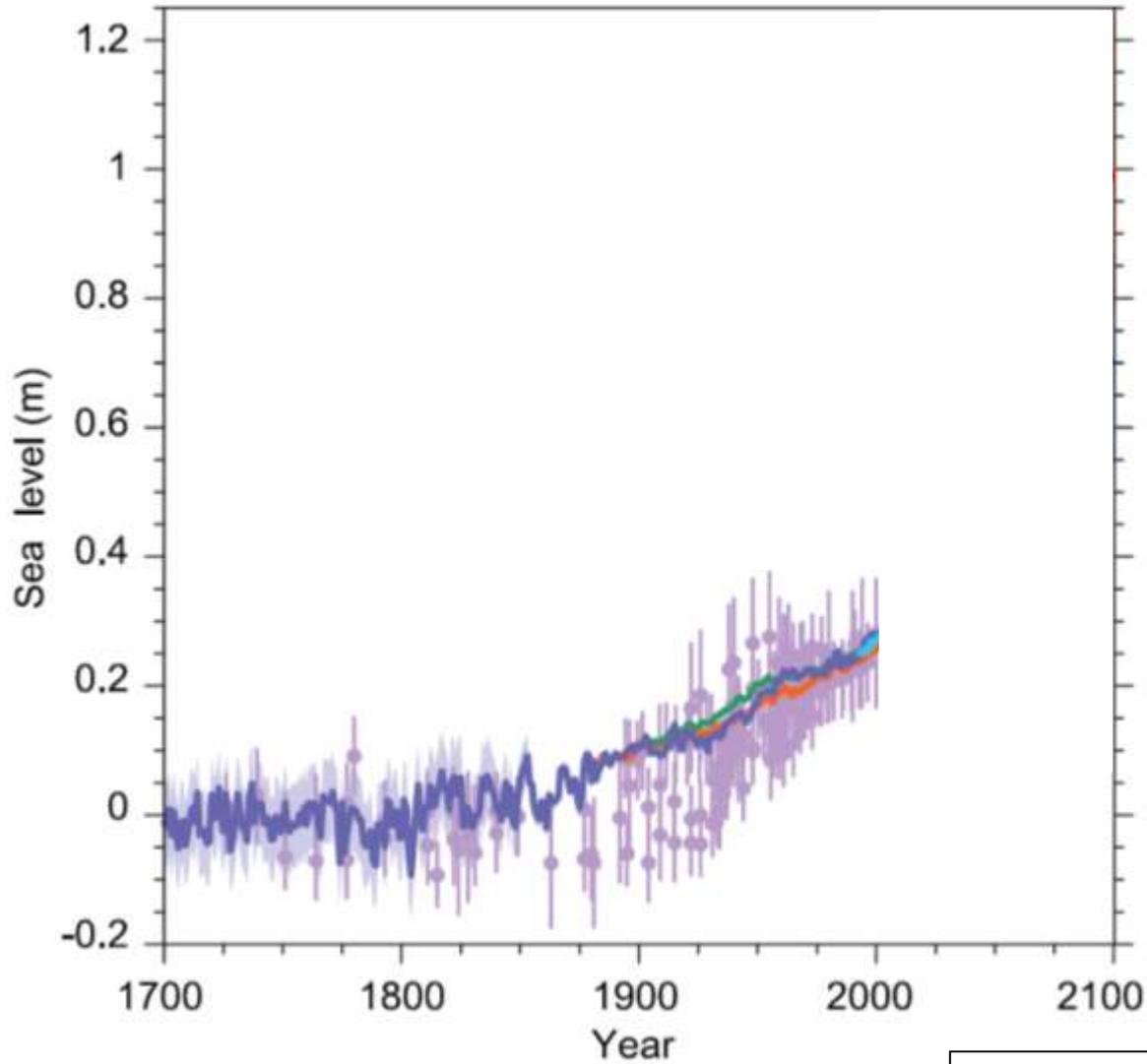
wichtiger Parameter für die Verifikation von Klimamodellen und für den Vergleich bzw. die Kombination mit Altimetrie-Daten





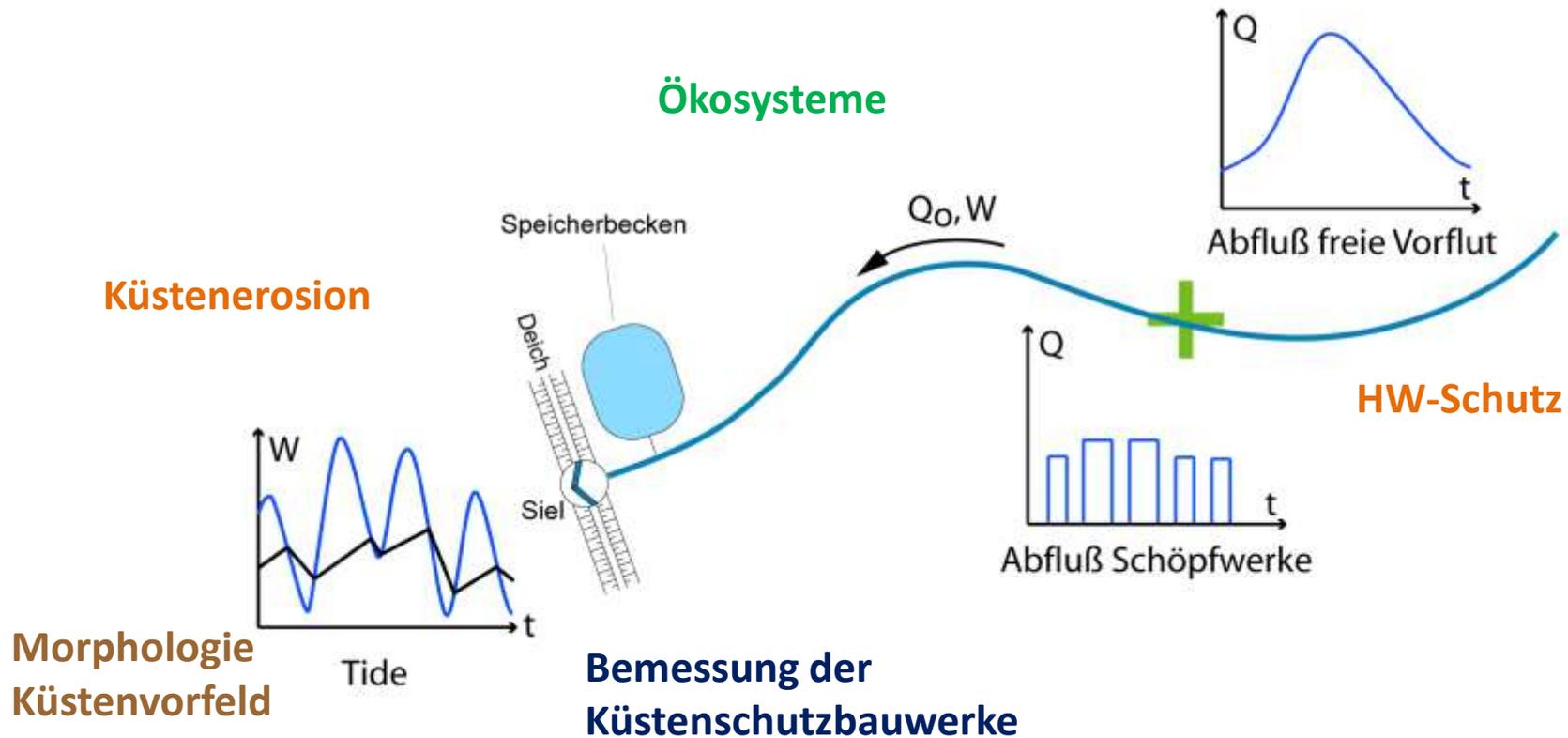






CHURCH ET AL., 2013

- ⇒ Wasserstände, Tideparameter, Form der Tidekurve, zeitliche Abfolge von Tiden, ...
- ⇒ Separierung von natürlichen und anthropogenen Anteilen
- ⇒ Prozessverständnis, Kopplung von Modellen
- ⇒ Extreme Sturmflutwasserstände und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten
- ⇒ Sicherheitsstandards, Zuverlässigkeit



Heft 78  
Jahr 2011



# Die Küste

ARCHIV FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK  
AN DER NORD- UND OSTSEE

ARCHIVE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY  
ON THE NORTH SEA AND BALTIC COAST

- FÜHRBÖTER, A. & JENSEN, J.: *Säkularänderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 42, 1985*
- FÜHRBÖTER, A., JENSEN, J., SCHULZE, M. & TÖPPE, A.: *Sturmflutwahrscheinlichkeiten an der deutschen Nordseeküste nach verschiedenen Anpassungsfunktionen und Zeitreihen. Die Küste, Heft 47, 1988*
- JENSEN, J., MÜGGE, H.-E. & VISSCHER, G.: *Untersuchungen zur Wasserstandsentwicklung in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 47, 1988*
- JENSEN, J., MÜGGE, H.-E. & SCHÖNFELD, W.: *Analyse der Wasserstandsentwicklung und Tidedynamik in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 53, 1992*
- JENSEN, J. & FRANK, T.: *Abschätzung von Sturmflutwasserständen mit sehr kleinen Überschreitungswahrscheinlichkeiten. Die Küste, Heft 67, 2003*
- JENSEN, J., MUDERSBACH, CH., MÜLLER-NAVARRA, S., BORK, I., KOZIAR, CH. & RENNER, V.: *Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der Deutschen Nordseeküste. Die Küste, Heft 71, 2006*
- JENSEN, J. & MÜLLER-NAVARRA, S.: *Storm Surges on the German Coast. Die Küste, Heft 74, 2008*
- JENSEN, J.: *MUSTOK - Modellgestützte Untersuchungen zu extremen Sturmflutereignissen an der deutschen Ostseeküste: Eine Einführung. Die Küste, Heft 75, 2009*
- JENSEN, J., FRÖHLE, P., MAYERLE, R., MÜLLER-NAVARRA, S. & VON STORCH, H.: *Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus dem Verbundprojekt MUSTOK und zukünftiger Forschungsbedarf. Die Küste, Heft 75, 2009*
- MUDERSBACH, CH. & JENSEN, J.: *Extremwertstatistische Analyse von historischen, beobachteten und modellierten Wasserständen an der Deutschen Ostseeküste. Die Küste, Heft 75, 2009*
- GÖNNERT, G., JENSEN, J., VON STORCH, H., THUMM, S., WAHL, T., WEISSE, R.: *Der Meeresspiegelanstieg – Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. Die Küste, Heft 76, 2009*
- JENSEN, J.; FRANK, T. & WAHL, T.: *Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste (AMSeL), Die Küste, Heft 78, 2011*
- NIEHÜSER, S., WAHL, T., DANGENDORF, S., JENSEN, J. & HOFSTEDE, J. (submitted): *Zum Einfluss möglicher Setzungserscheinungen am Leuchtturm Cuxhaven auf die langjährigen Wasserstandsaufzeichnungen am Pegel Cuxhaven Steubenhöft. Die Küste, Heft 84?, 2015*
- JENSEN, J., ARNS, A., SCHÜTTRUMPF, H., WÖFFLER, T., HÄUßLING, R., ZIESEN, N., STRACK, H., JENSEN, F., KARIUS, V., SCHINDLER, M., DEICKE, M., VON EYNATTEN, H. (in prep.): *Entwicklung von nachhaltigen Küstenschutz- und Bewirtschaftungsstrategien für die Halligen unter Berücksichtigung des Klimawandels (ZukunftHallig). Zur Veröffentlichung vorgesehen in: Die Küste, Heft 84?, 2015.*

*Wasserstandsentwicklung Deutsche Bucht (Wasser DB)*  
Jürgen Jensen, Hans-Eckart Mügge, Wolfgang Schönfeld  
KFKI Projekt Nr. 27

Laufzeit: 1986 - 1990

Auf Einzelwerten basierende differenzierte Analyse von Pegel­daten in der Deutschen Bucht im Hinblick auf mittel- und langfristige Veränderungen unter Berücksichtigung von Periodizitäten

*Interpretation von Wasserstandsänderungen in der Deutschen Bucht auf der Basis der Ergebnisse eines KFKI-Projektes*

Horst Lassen

Untersuchungen zur Tidebetrachtung der südöstlichen Nordsee unter Berücksichtigung des Pegels Helgoland und Analyse säkularer Schätzwerte zum MSL-Anstieg. Anwendung und Definition von k-Faktoren als Maß der Verschiebung des Tide-Halbwassers gegenüber dem MSL.

*Charakterisierung der Tidekurve*

Gabriele Gönnert, Katja Isert, Harald Giese u. Andreas Plüß

BMBF Förder­nummer: 03 KIS 012

KFKI Förder­nummer: KFKI 65

Laufzeit 2000 - 2002

In dem Vorhaben wurde die Tidekurve in ihrer Form mit mathematisch-physikalischen Methoden analysiert. Es wurden zum einen die Kennwerte  $M_{Thw}$ ,  $M_{Tnw}$ ,  $M_{thb}$  sowie  $TF$ ,  $TE$  und  $TF/TE$  für verschiedene Pegel für die Jahre 1955, 1975 und 1998 gegenübergestellt und zum anderen mittels Fourieranalyse die Partialtiden  $O_1$ ,  $K_1$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $M_4$  und  $M_6$  innerhalb der deutschen Bucht ermittelt.

.....

.....

...

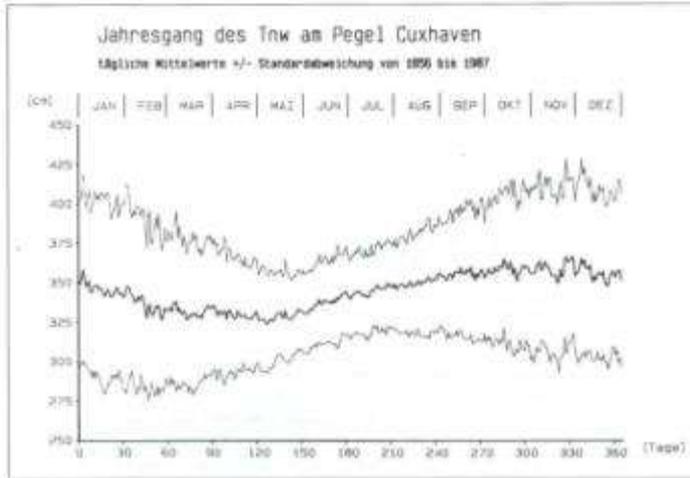


Abb. 9: Jahresgang des Tnw der Zeitreihe von 1856 bis 1987 für den Pegel Cuxhaven.

### Darstellung der MThb-Zeitreihe

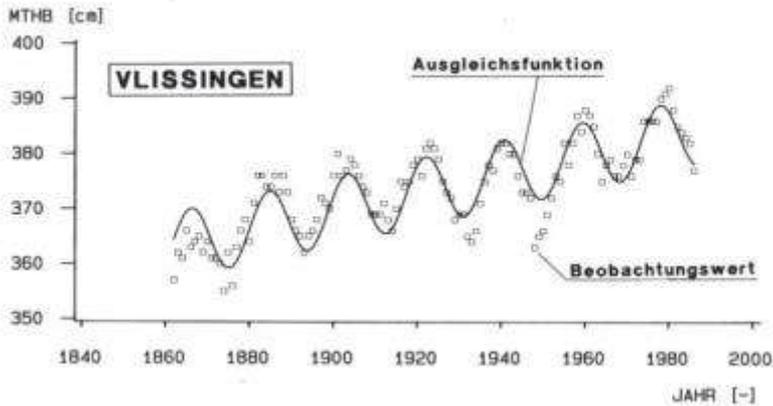


Abb. 29: Darstellung der MThb-Zeitreihe mit Nodaltide und Ausgleichsfunktion für den Pegel Vlissingen

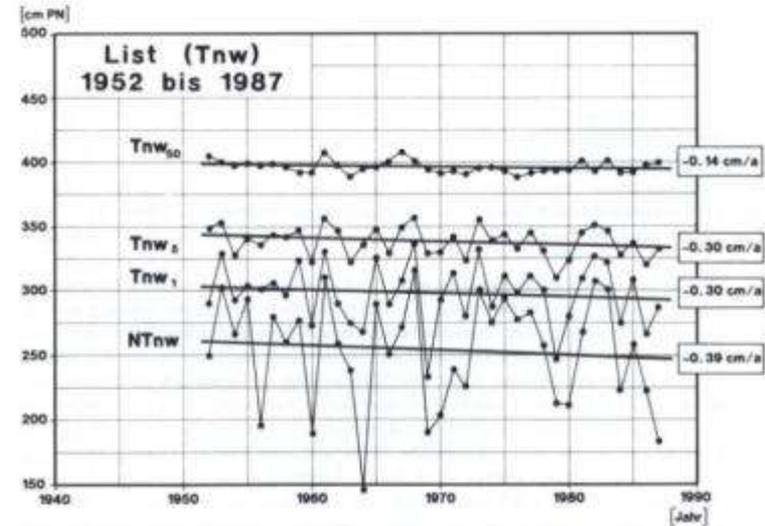
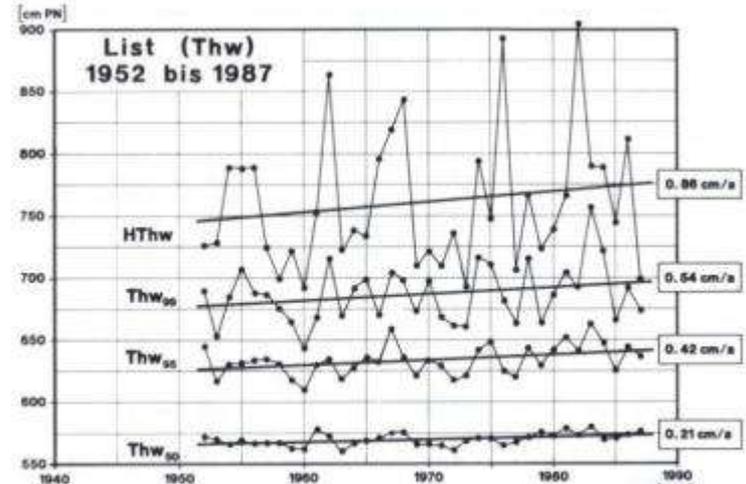
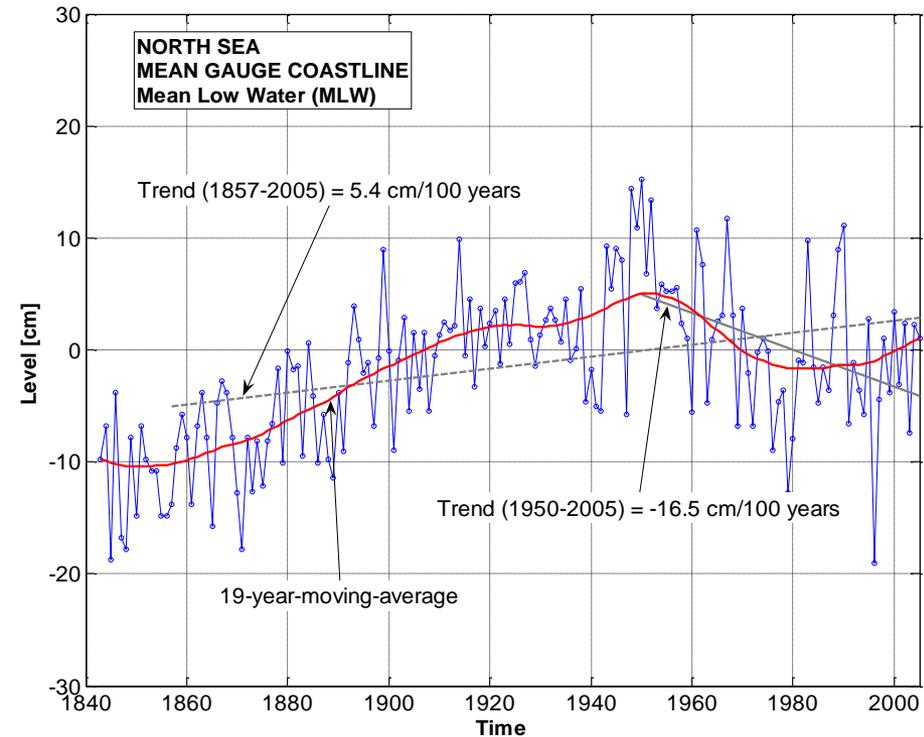
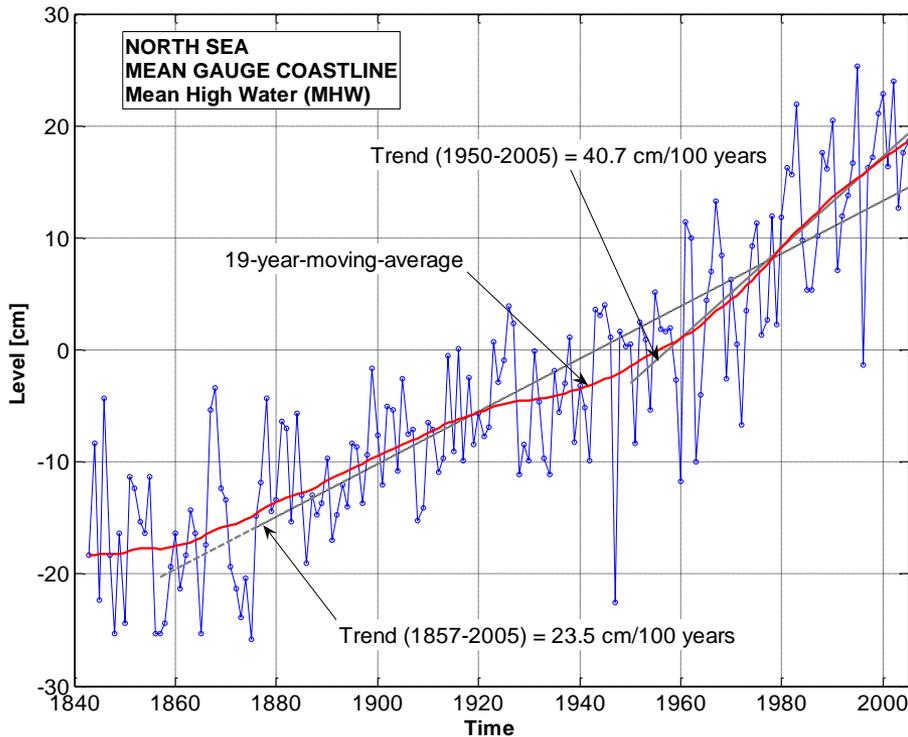
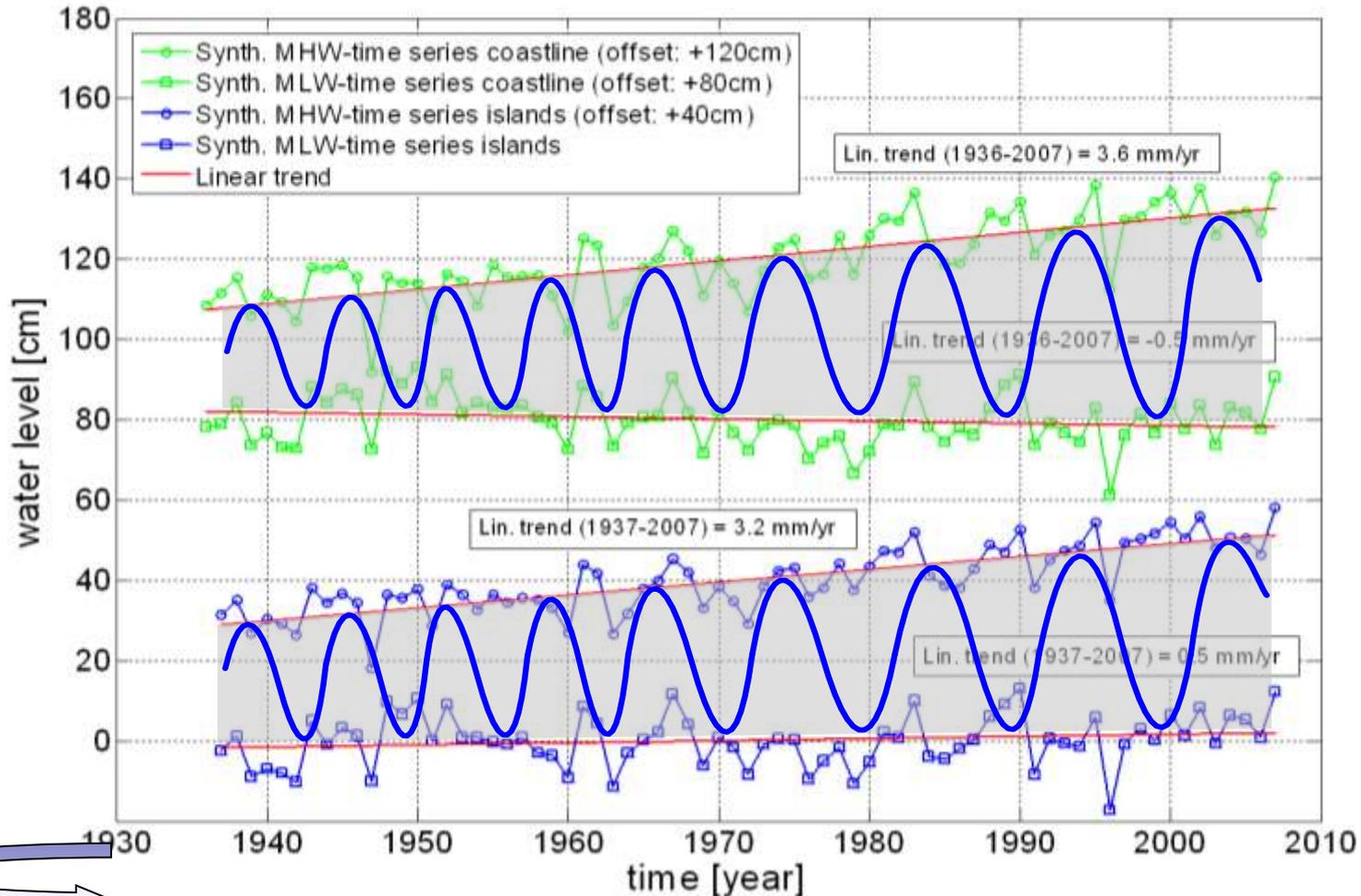


Abb. 18: Trendfunktionen einzelner Tnw-Quantile des Pegels List von 1952 bis 1987

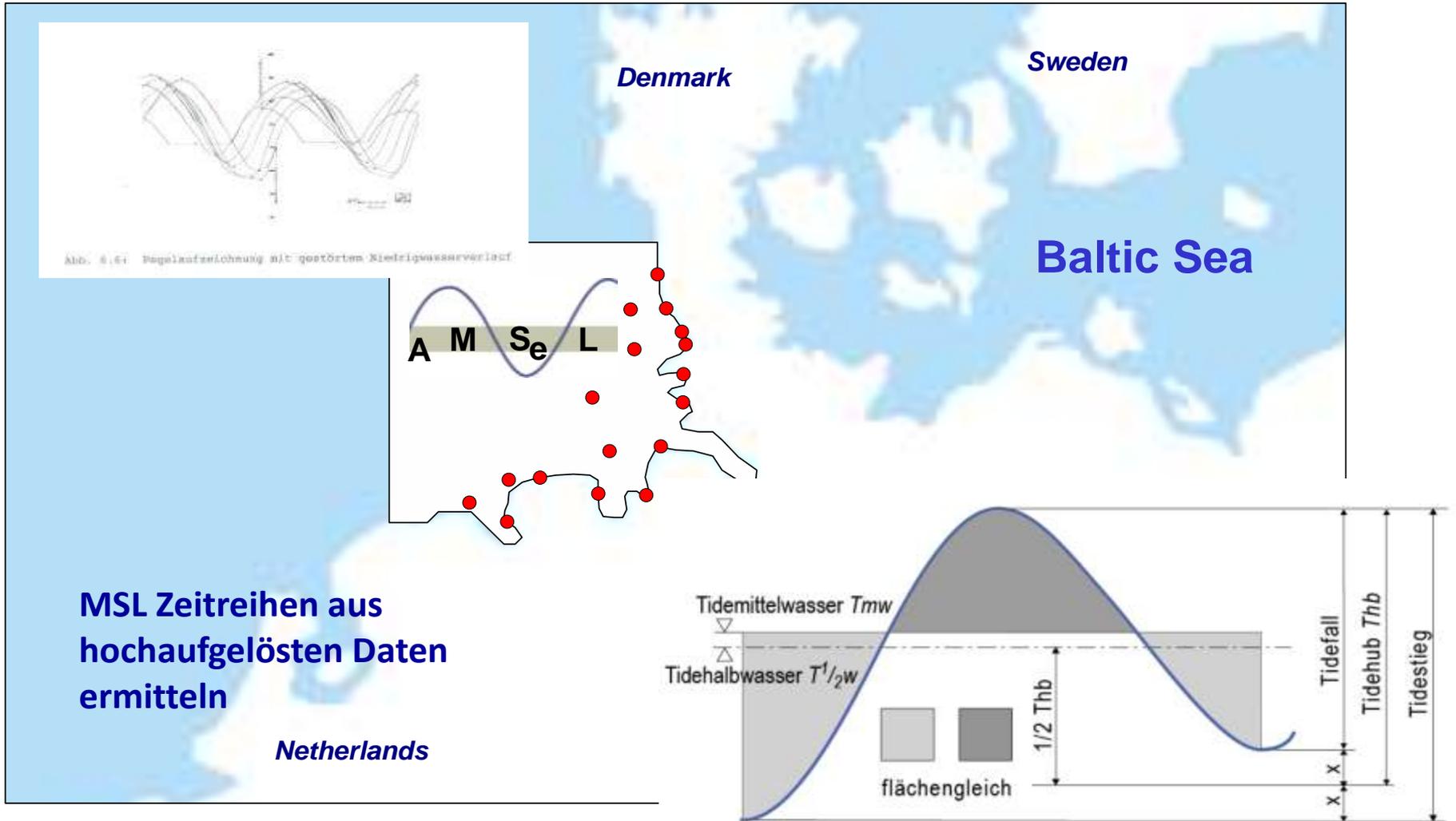
⇒ Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste implizieren einen Anstieg der MThw und MThb und ein Absinken der MTnw

⇒ MSL?



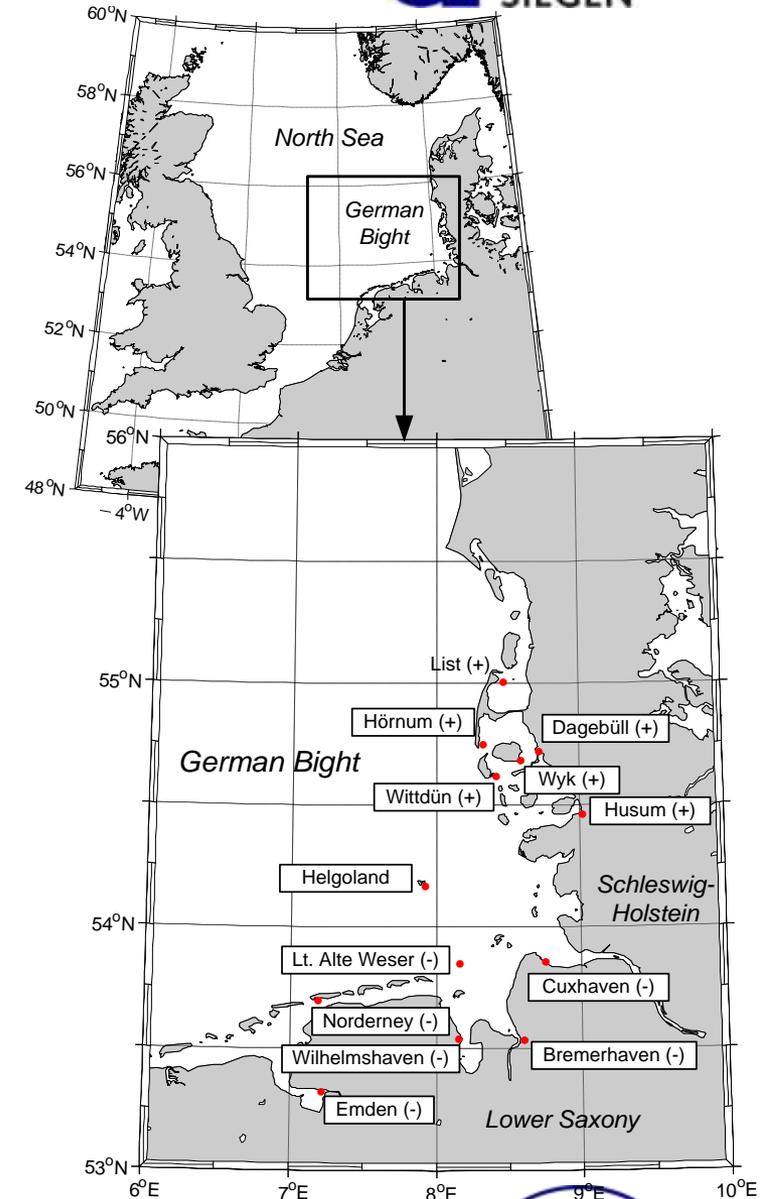


Wie verhält sich der Mean Sea Level (MSL)???

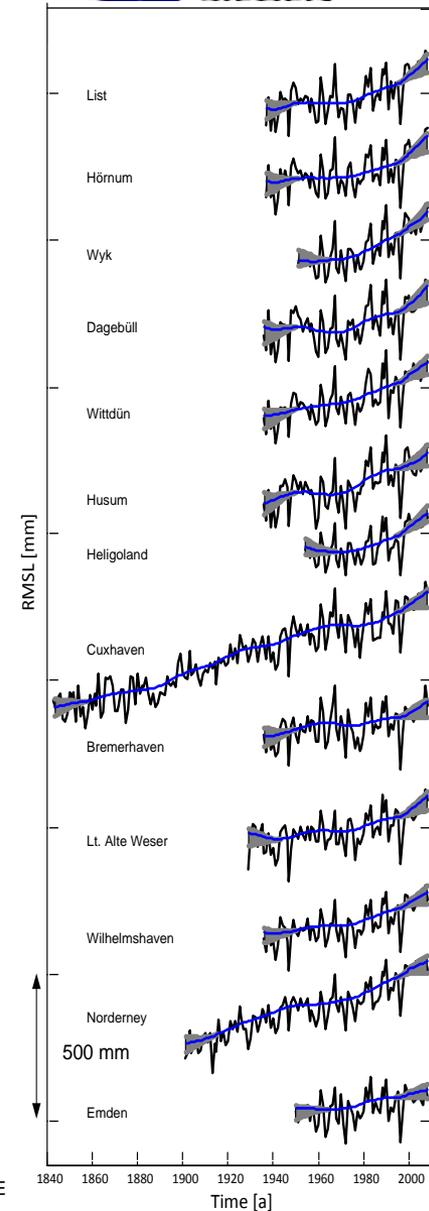
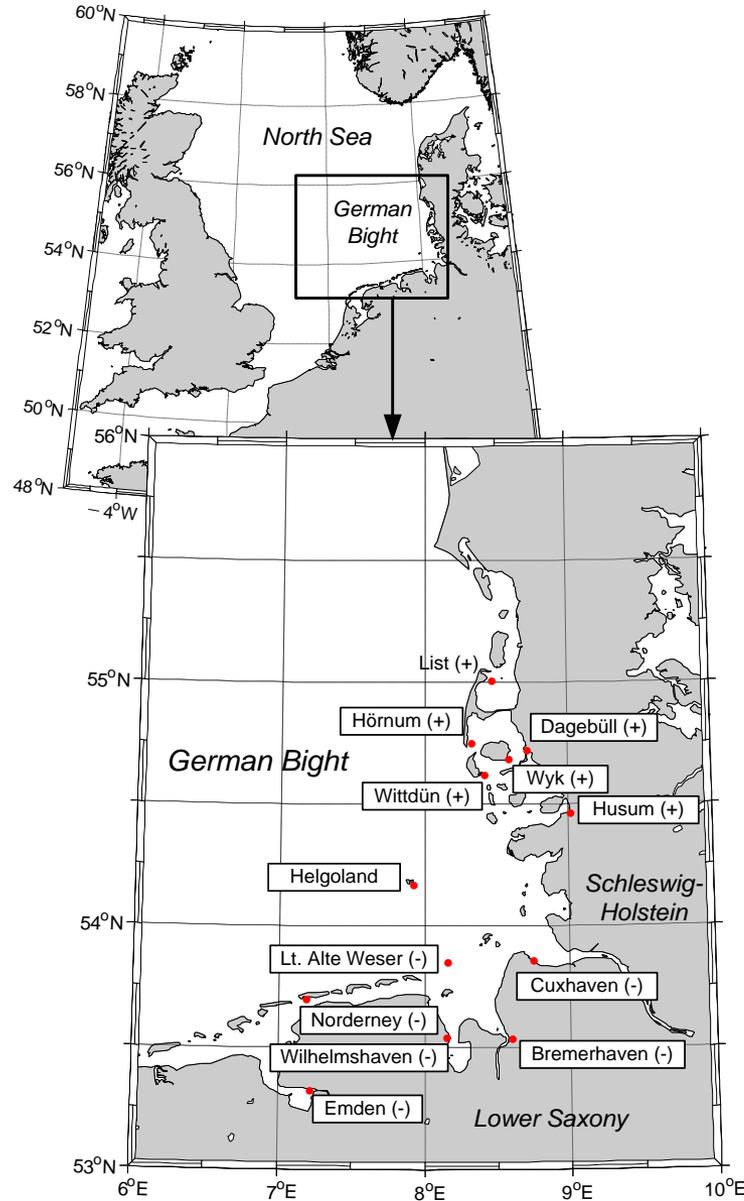


# KFKI-Vorhaben AMSeL (2007-2010)

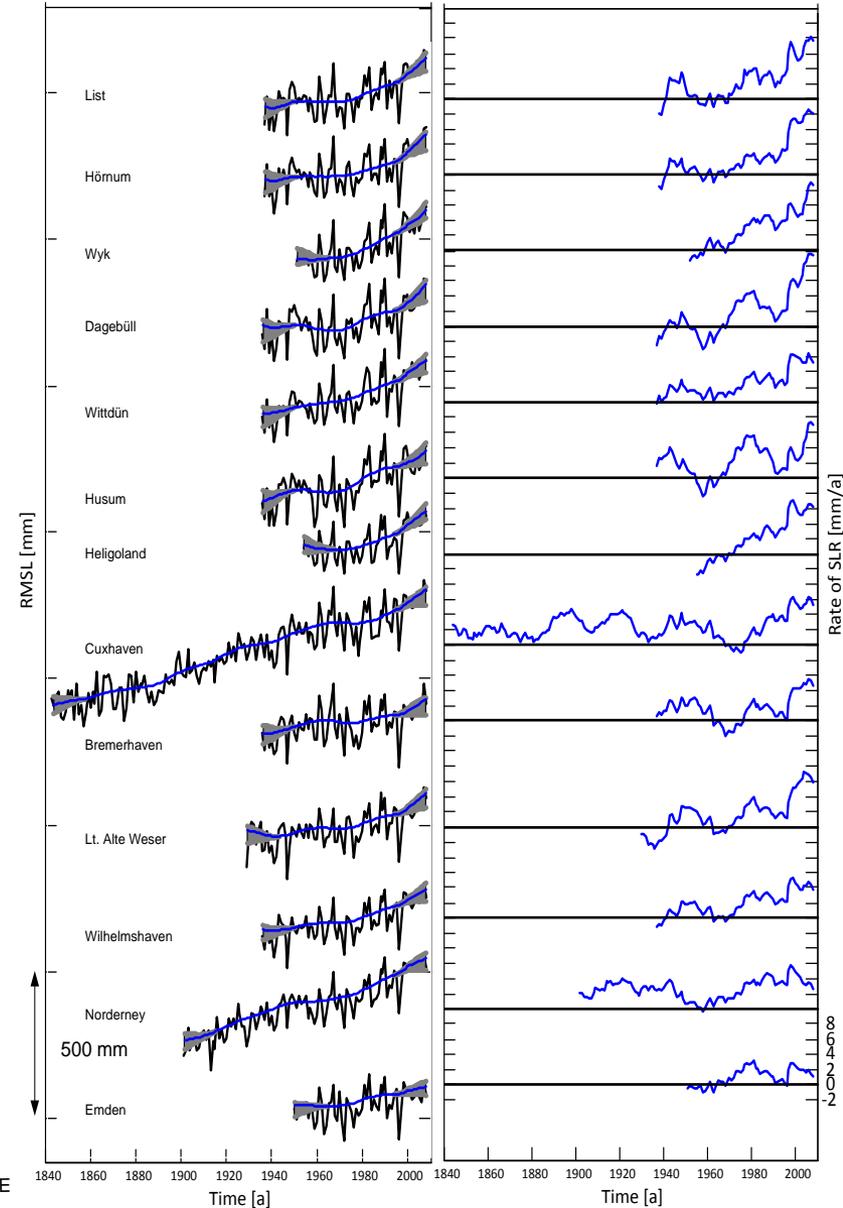
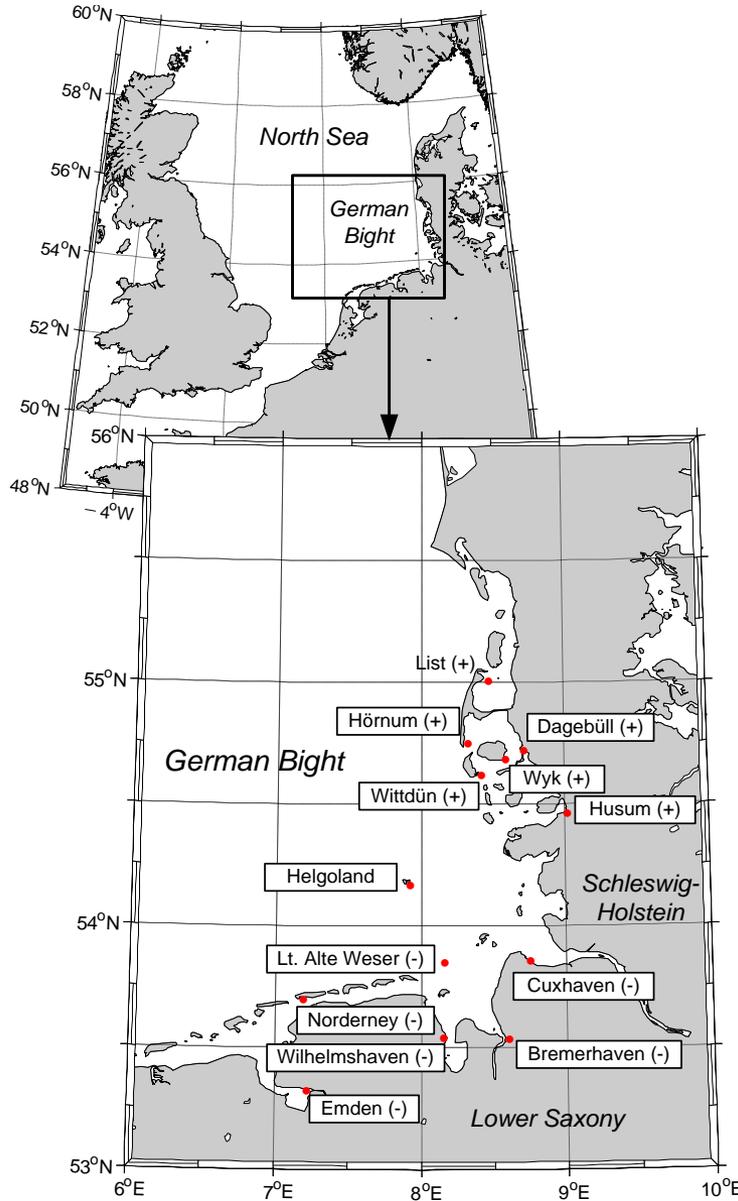
- ⇒ Insgesamt wurden 13 Pegel ausgewählt um die Entwicklung des MSL in der Deutschen Bucht über die letzten 166 Jahre nachzuvollziehen
- ⇒ Die berücksichtigten Pegelstationen sind nahezu gleich verteilt und qualitativ hochwertige Zeitreihen über mind. 50 Jahre sind verfügbar
- ⇒ Alle Datensätze wurden um die im KFKI-Projekt IKÜS ermittelten Pegel-Offsets korrigiert



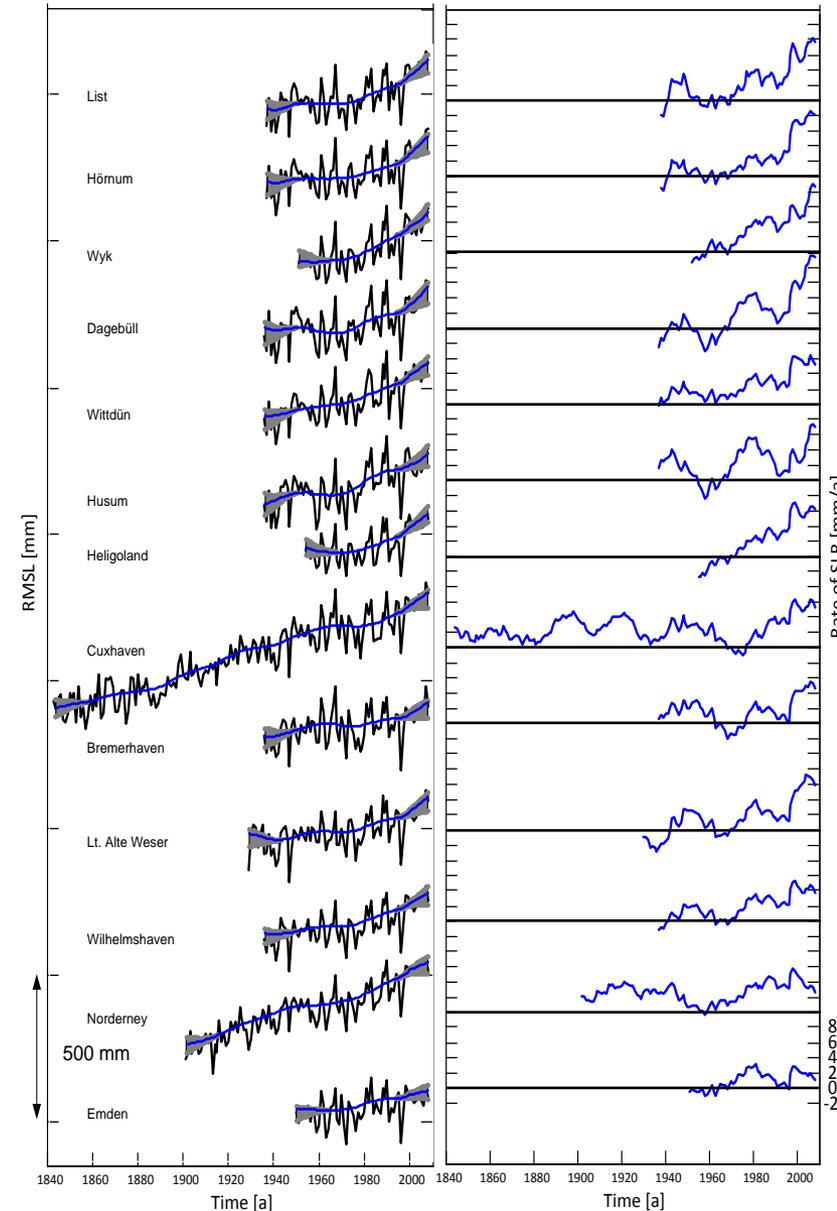
# KFKI-Vorhaben AMSeL (2007-2010)



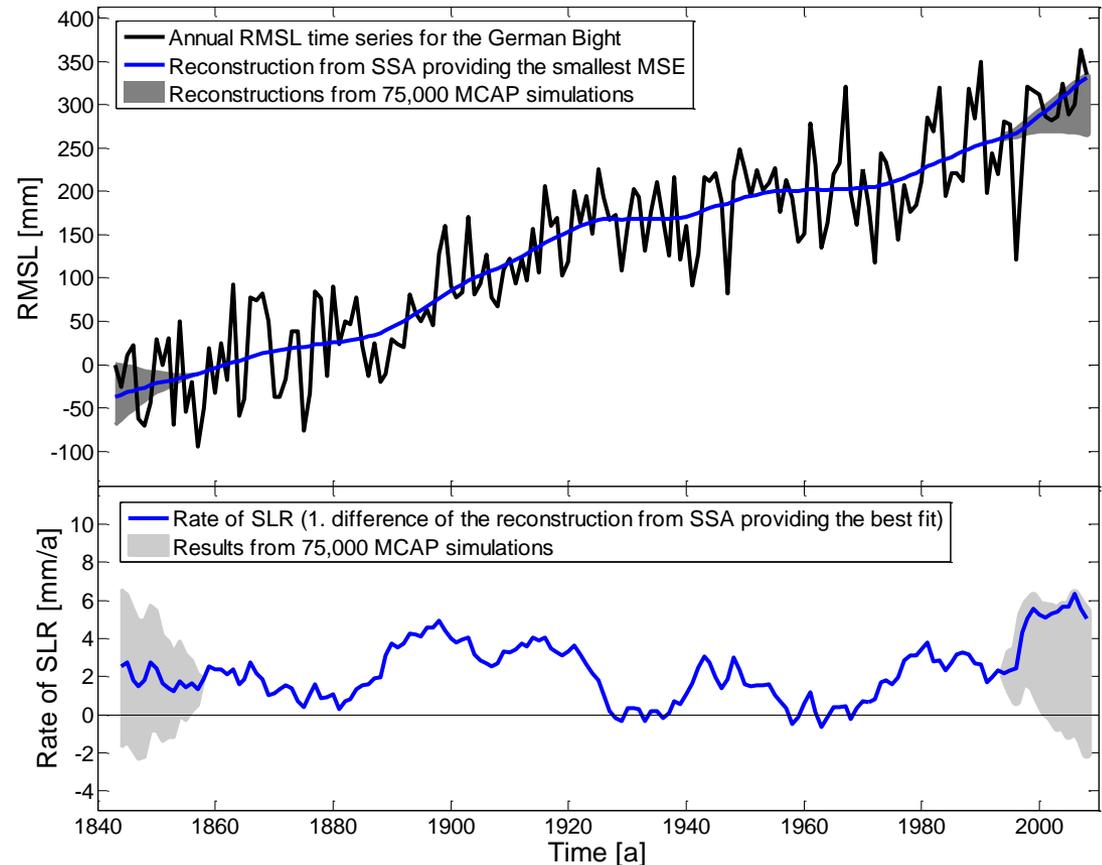
# KFKI-Vorhaben AMSeL (2007-2010)



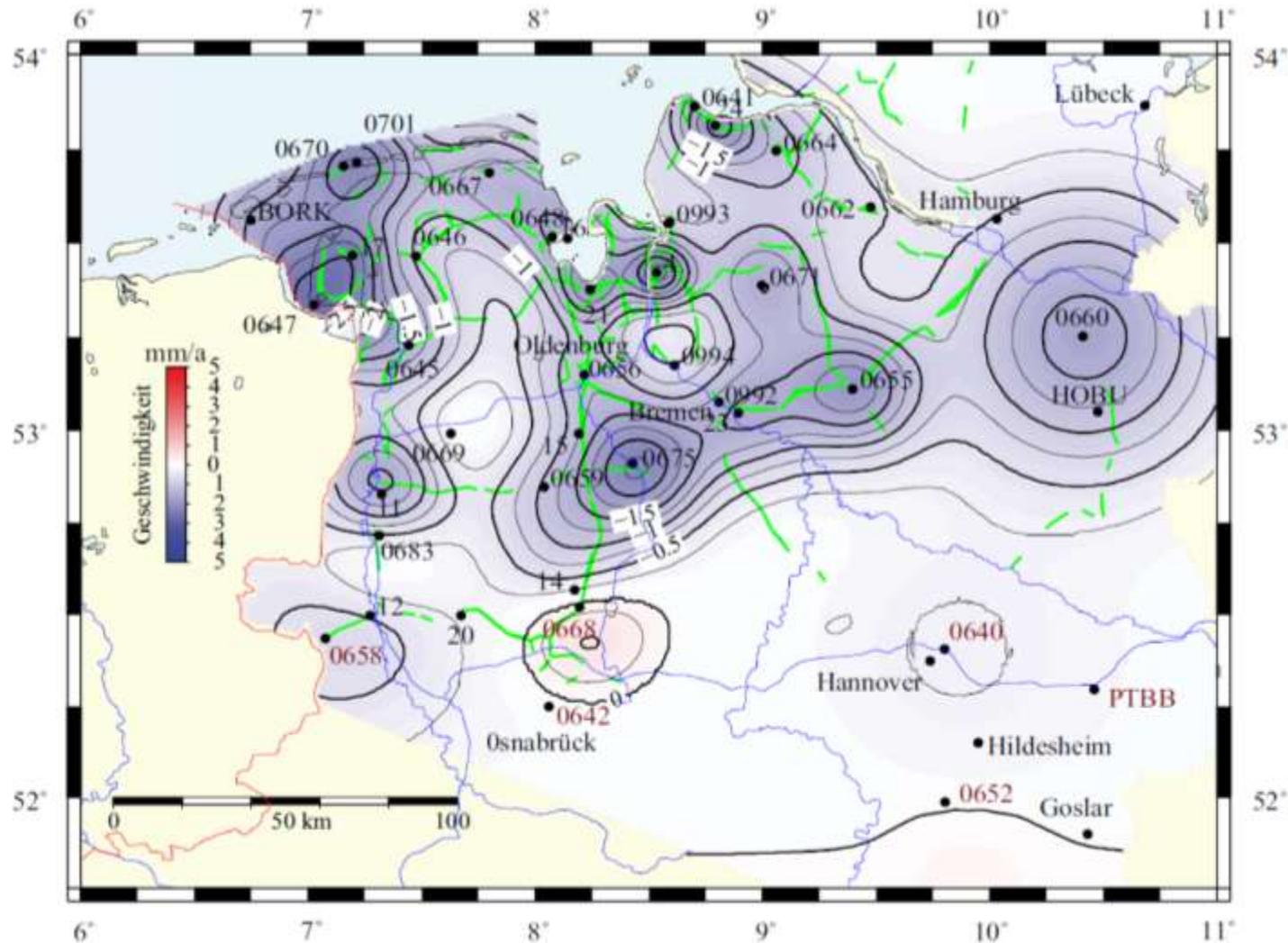
- ⇒ hohe Anstiegsraten (4-8 mm/yr) in den letzten beiden Dekaden an allen Pegeln der Deutschen Bucht
- ⇒ gemessene Anstiegsraten sind hoch und vor allem für kürzere Pegel sind dies die höchsten des Aufzeichnungs-zeitraums
- ⇒ längere Pegelzeitreihen (Cuxhaven, Norderney) zeigen ähnlich hohe Anstiegsraten ( $\approx 5$  mm/yr) zu Beginn des 20. Jahrhunderts
- ⇒ Schleswig-holsteinische Pegel zeigen höhere Anstiegsraten als niedersächsische Pegel



- ⇒ Mittelung aller Pegel zu einer Index-Zeitreihe der Deutschen Bucht
- ⇒ Index-Zeitreihe repräsentiert das mittlere Verhalten der Wasserstände in den letzten 160 Jahren
- ⇒ aktuelle Anstiegsraten sind hoch...  
...aber nicht ungewöhnlich!

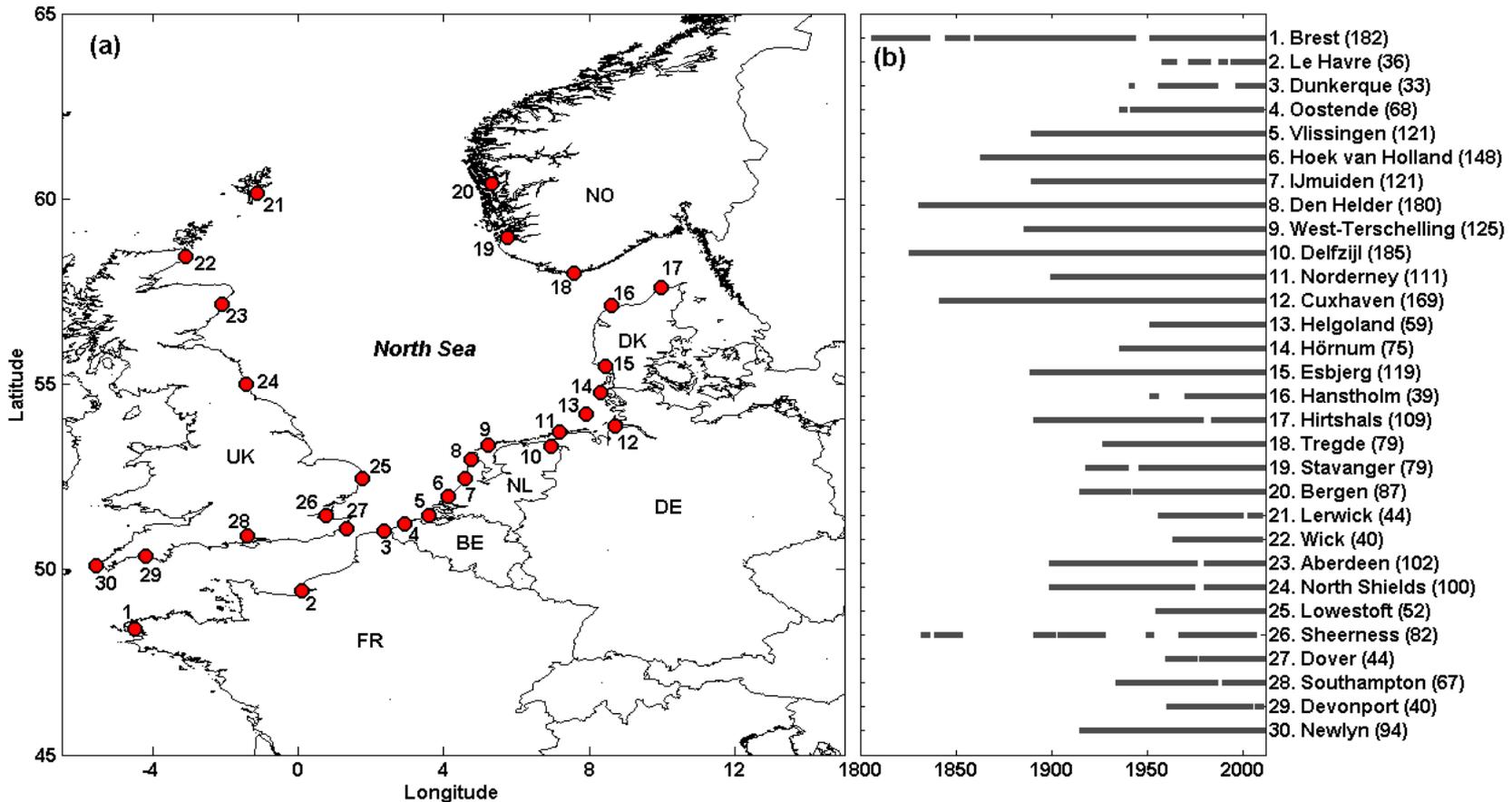


⇒ Tektonik: Ergebnisse zur Küstensenkung an der niedersächsischen Küste



BfG, 2009

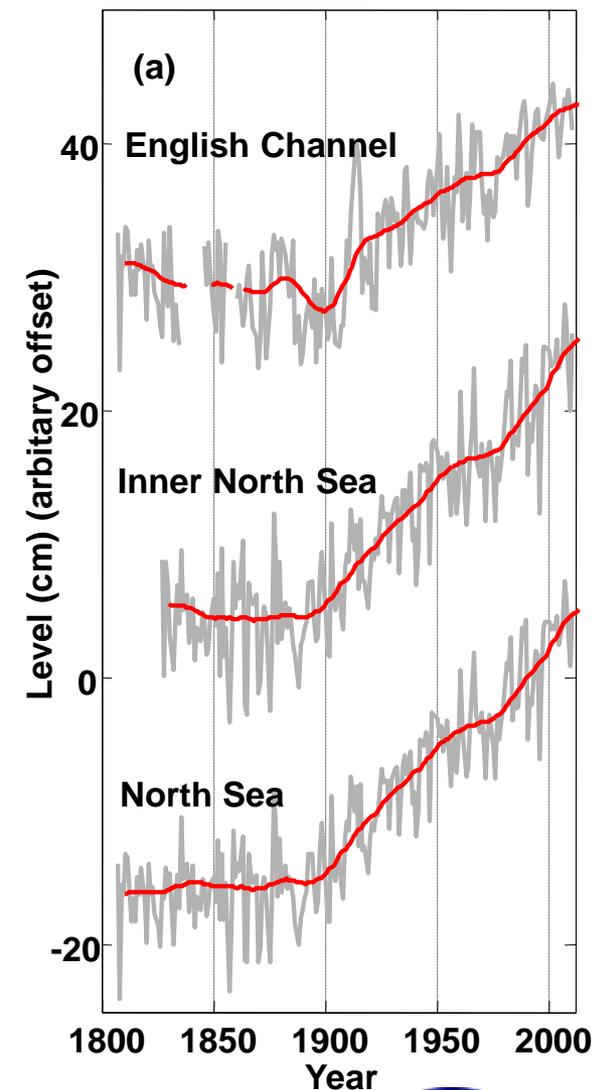
⇒ Auswahl von 30 Pegeln nach folgenden Kriterien: räumliche Verteilung, Länge, Qualität, keine größeren Lücken, wenn möglich mit GPS ausgestattet



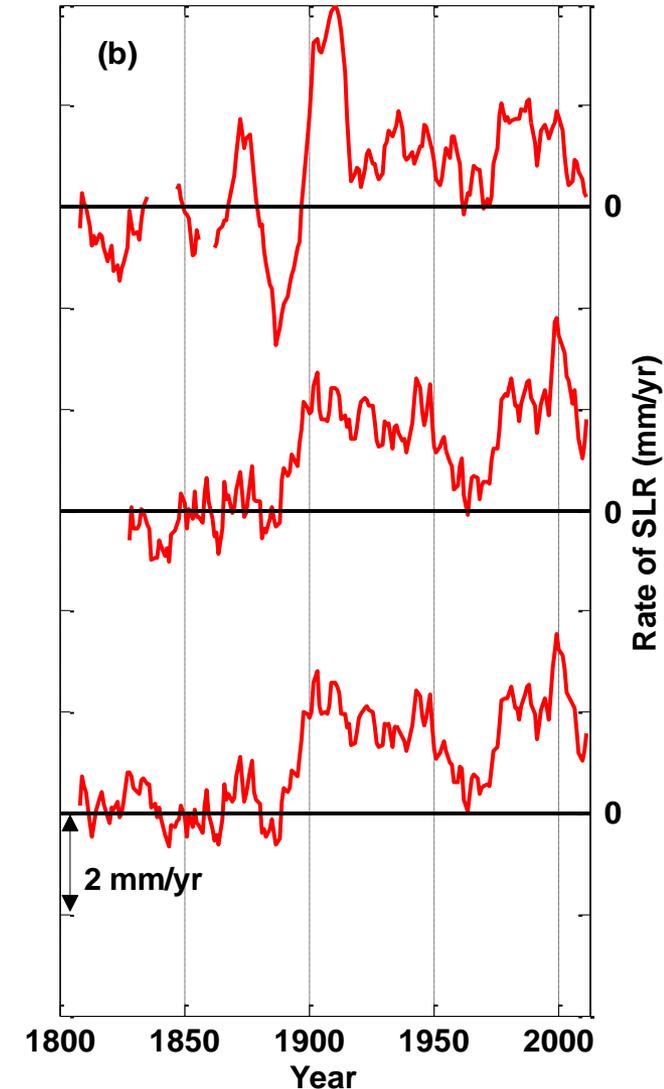
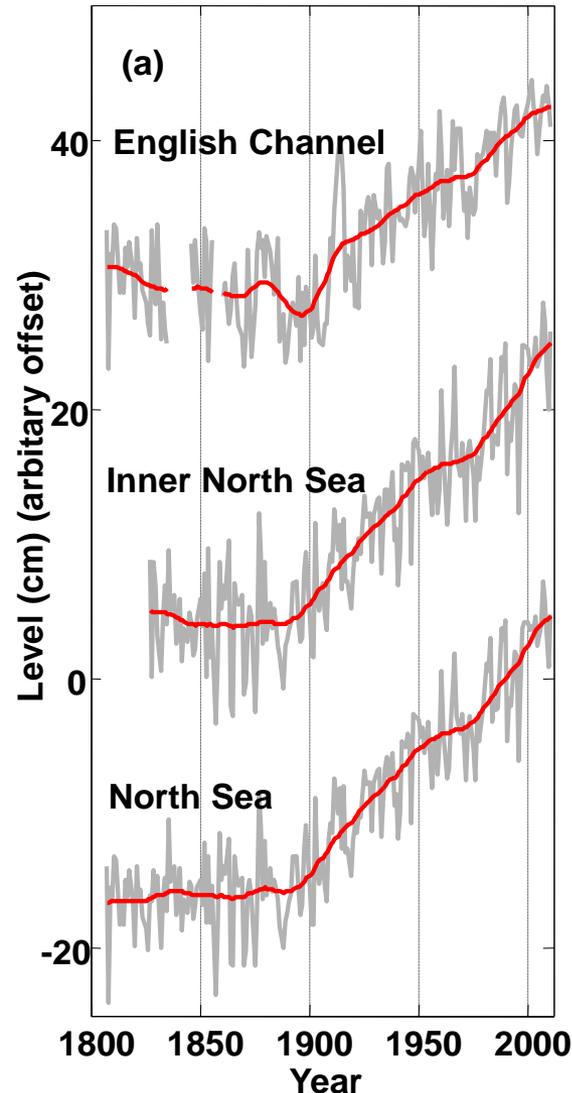
(Wahl et al. 2013, Earth Science Reviews)

- ⇒ Lineartrends für den Zeitraum 1900 bis 2011:  $1.6 \pm 0.1$  mm/yr (Nordsee & Innere Nordsee) und  $1.2 \pm 0.1$  mm/yr (Englischer Kanal)
- ⇒ nichtlineare Veränderungen werden mit Hilfe einer Singulären Systemanalyse (SSA; Cut-off Periode = 15yr) analysiert

Wahl et al. 2013, Earth Science Reviews

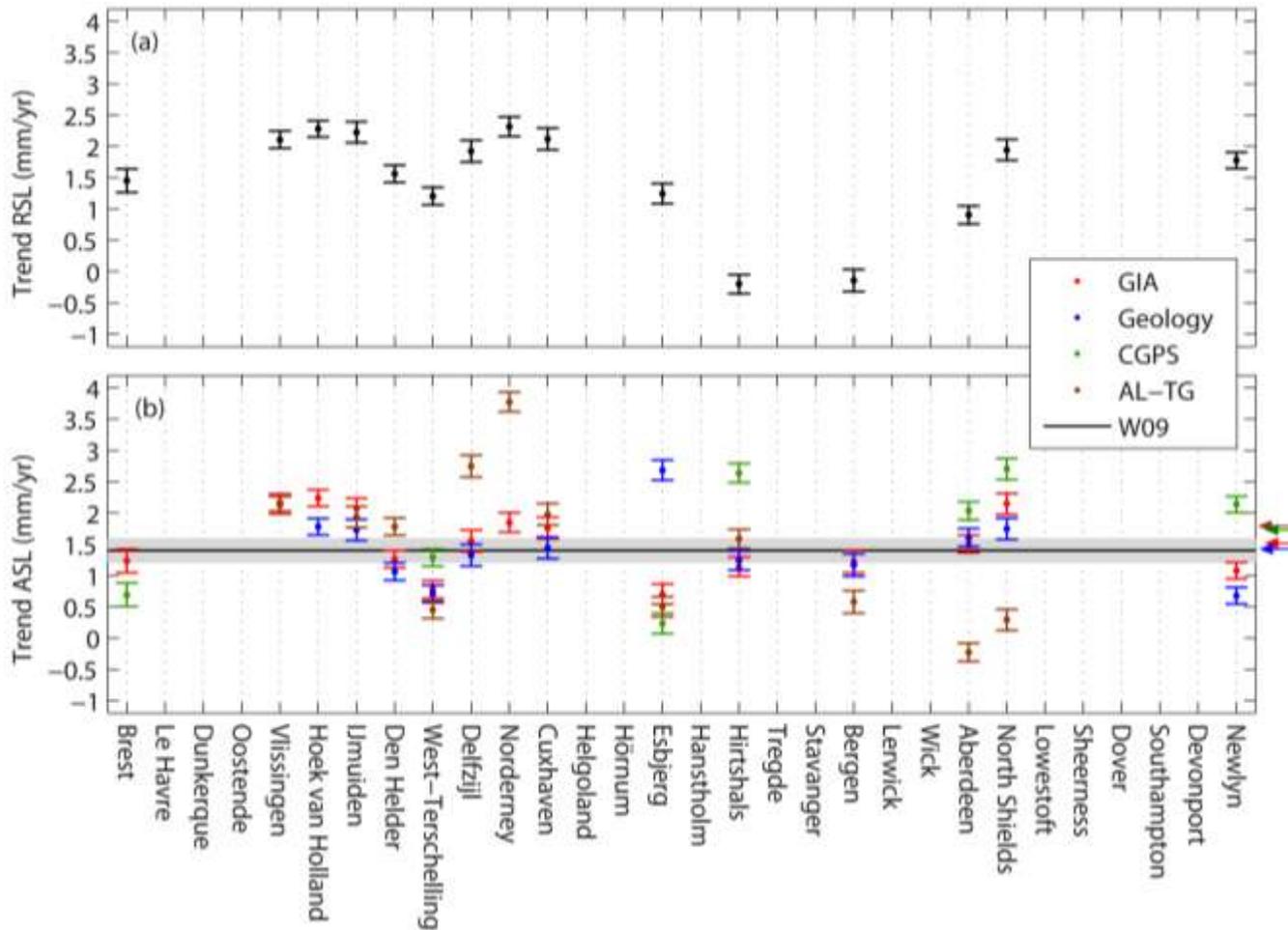


- ⇒ die 1. Ableitung der Glättung zeigt eine signifikante Beschleunigung Ende des 19. Jahrhunderts
- ⇒ hohe Anstiegsraten in den vergangenen Dekaden
- ⇒ diese sind jedoch nicht außergewöhnlich

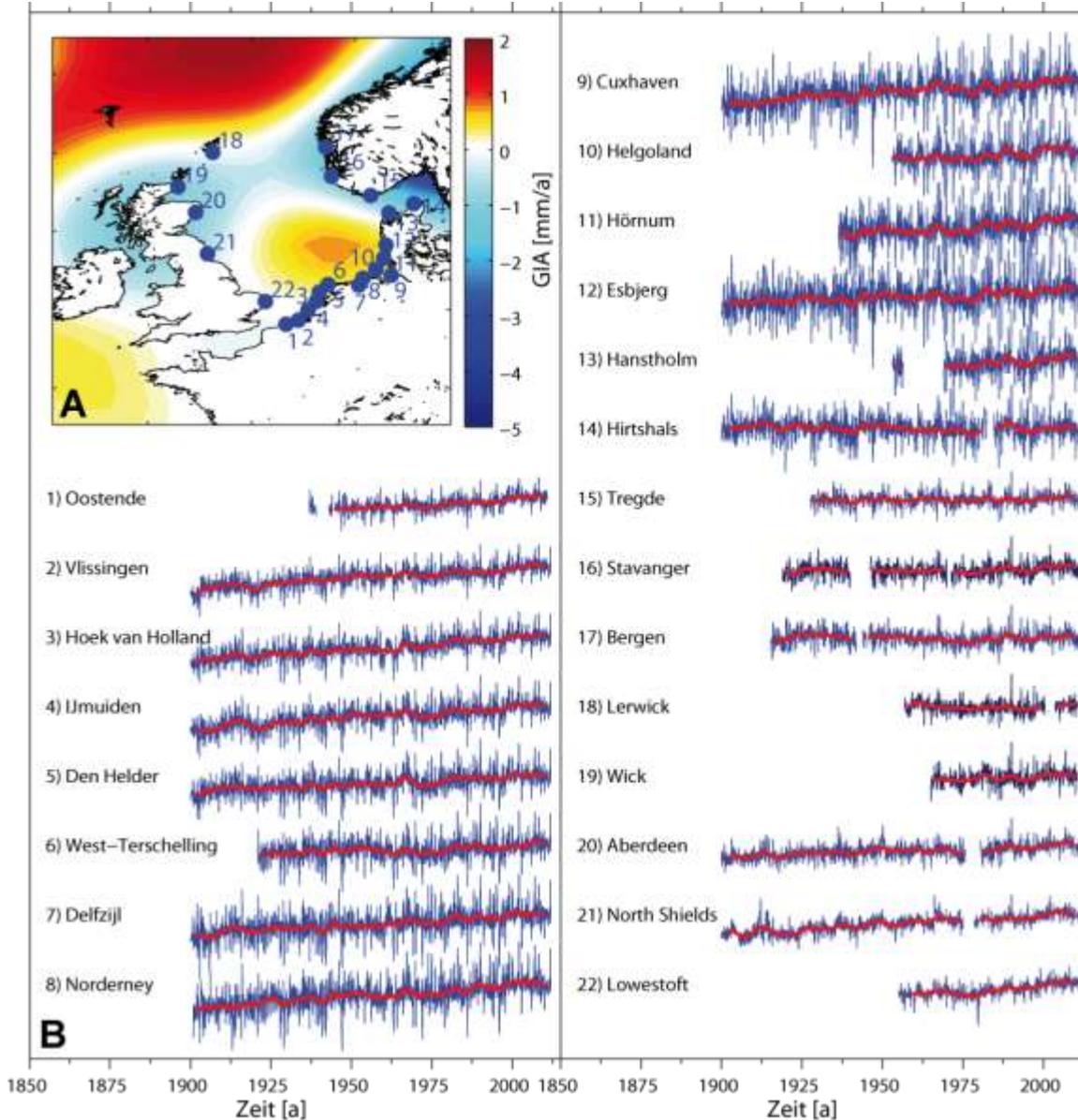


Wahl et al. 2013, Earth Science Reviews

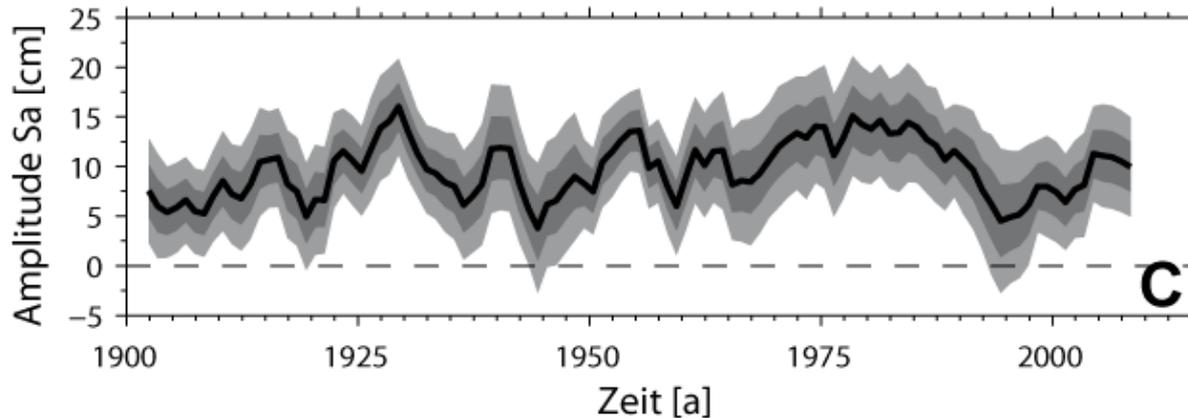
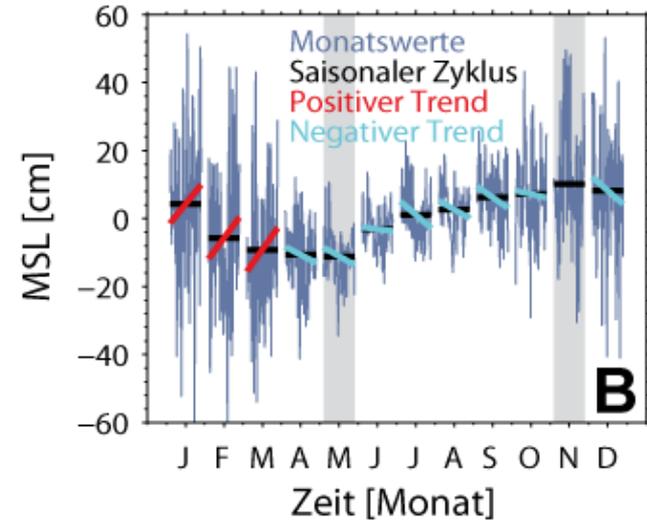
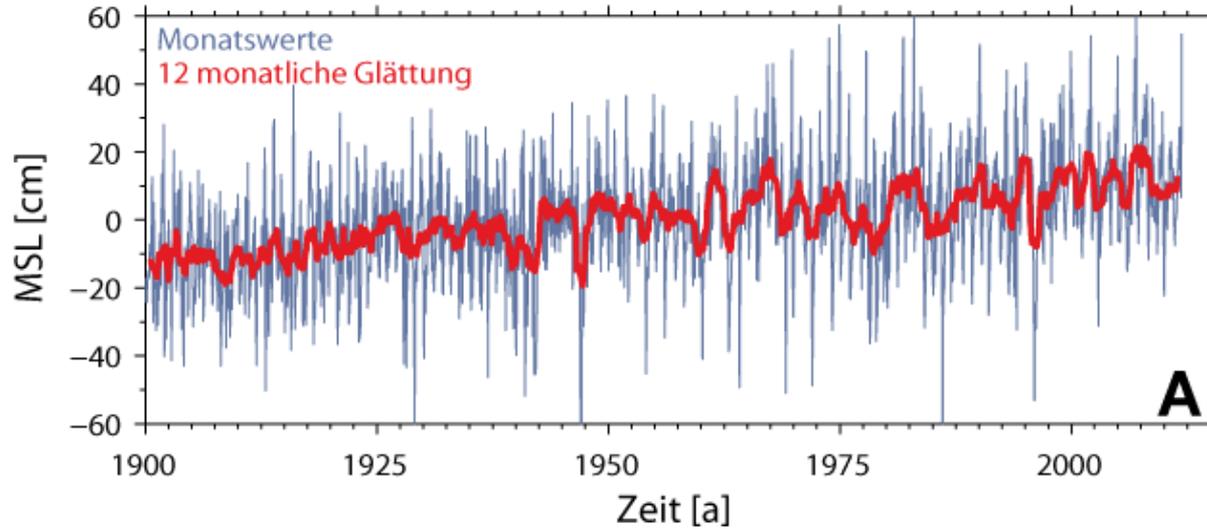
Wahl et al. 2013, Earth Science Reviews



⇒ GIA zeigt beste Performance bei der Reduzierung der Trend Variabilität



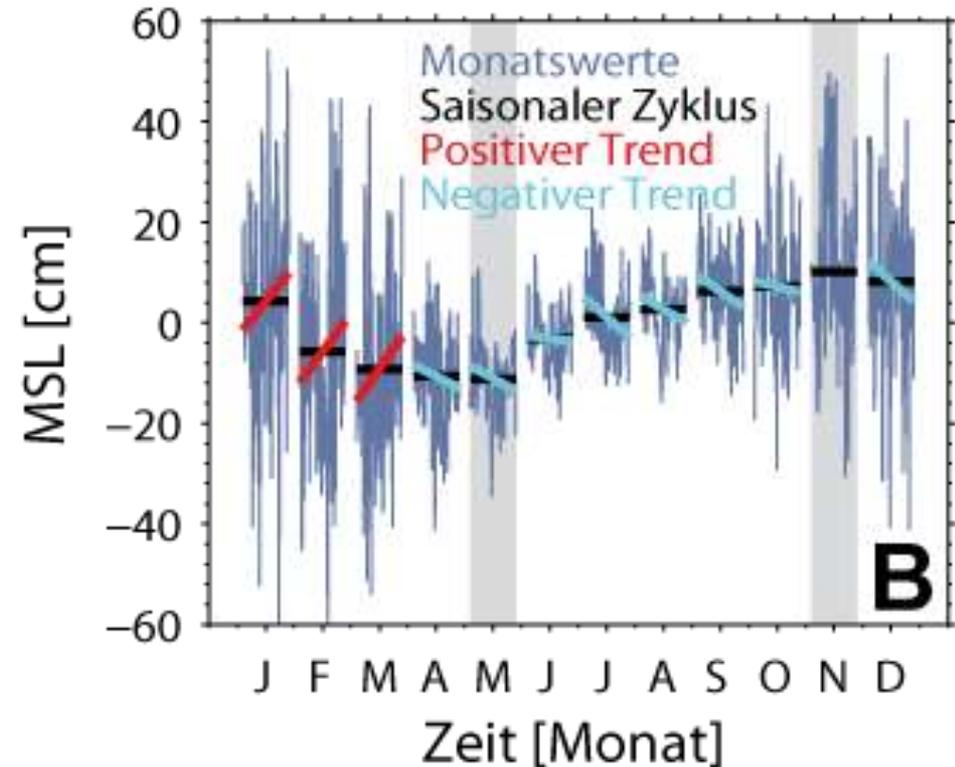
JENSEN, J. ET AL.: Meeresspiegeländerungen in der Nordsee: Entwicklungen und Herausforderungen, HyWa, 2014



Amplitude Sa  
 Amplitude Sa: 68% Konfidenzintervall  
 Amplitude Sa: 95% Konfidenzintervall

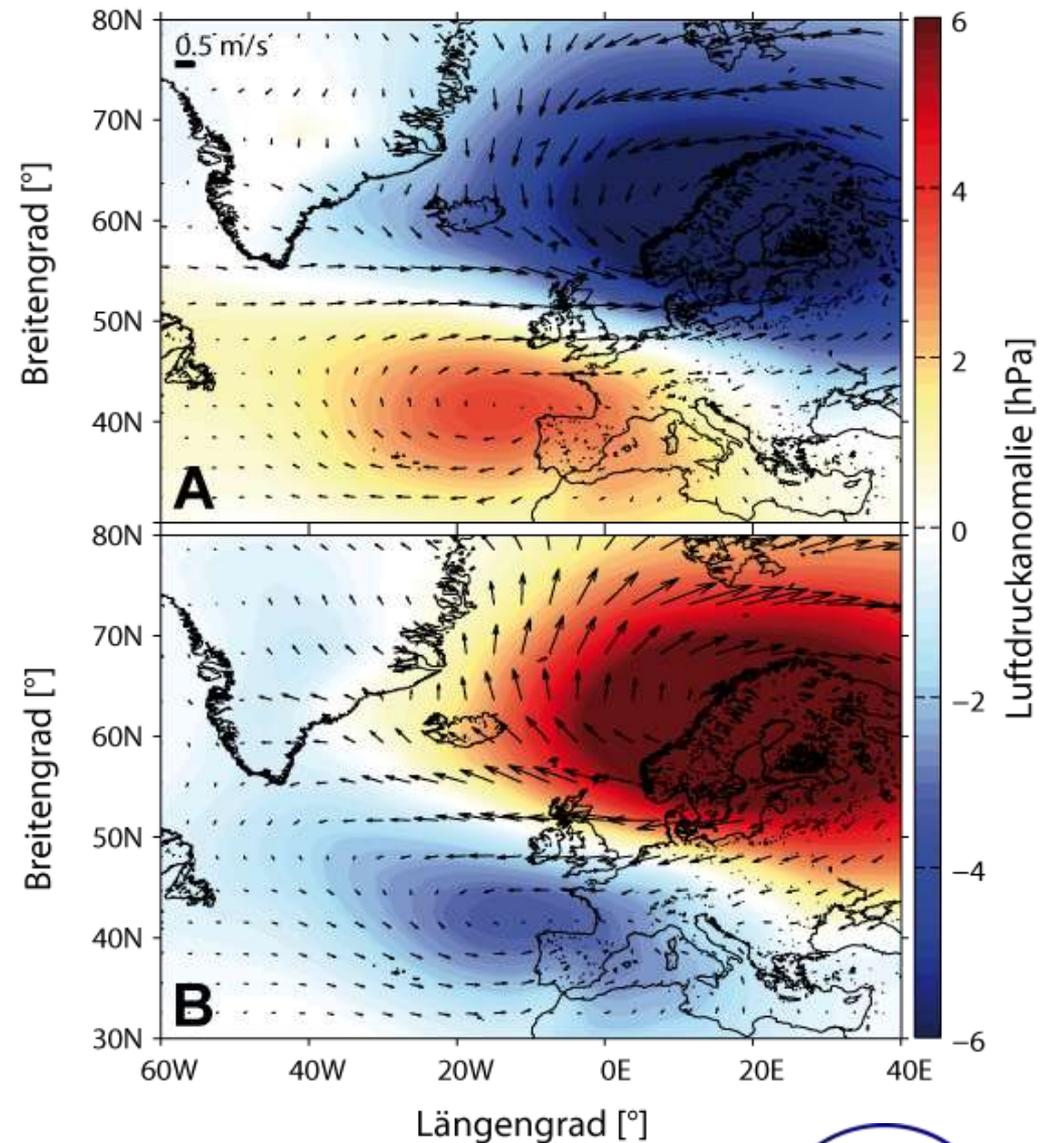
JENSEN, J. ET AL.: Meeresspiegeländerungen in der Nordsee: Entwicklungen und Herausforderungen, HyWa, 2014

- ⇒ ausgeprägte Saisonalität in der gesamten Deutschen Bucht (Amplitude 20-29 cm)
- ⇒ Saisonalität zeigt Minimum im April/Mai und Maximum im Dezember
- ⇒ größere Amplituden entlang der schleswig-holsteinischen Nordseeküste
- ⇒ signifikant größere Trends in den Monaten Januar bis März in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts



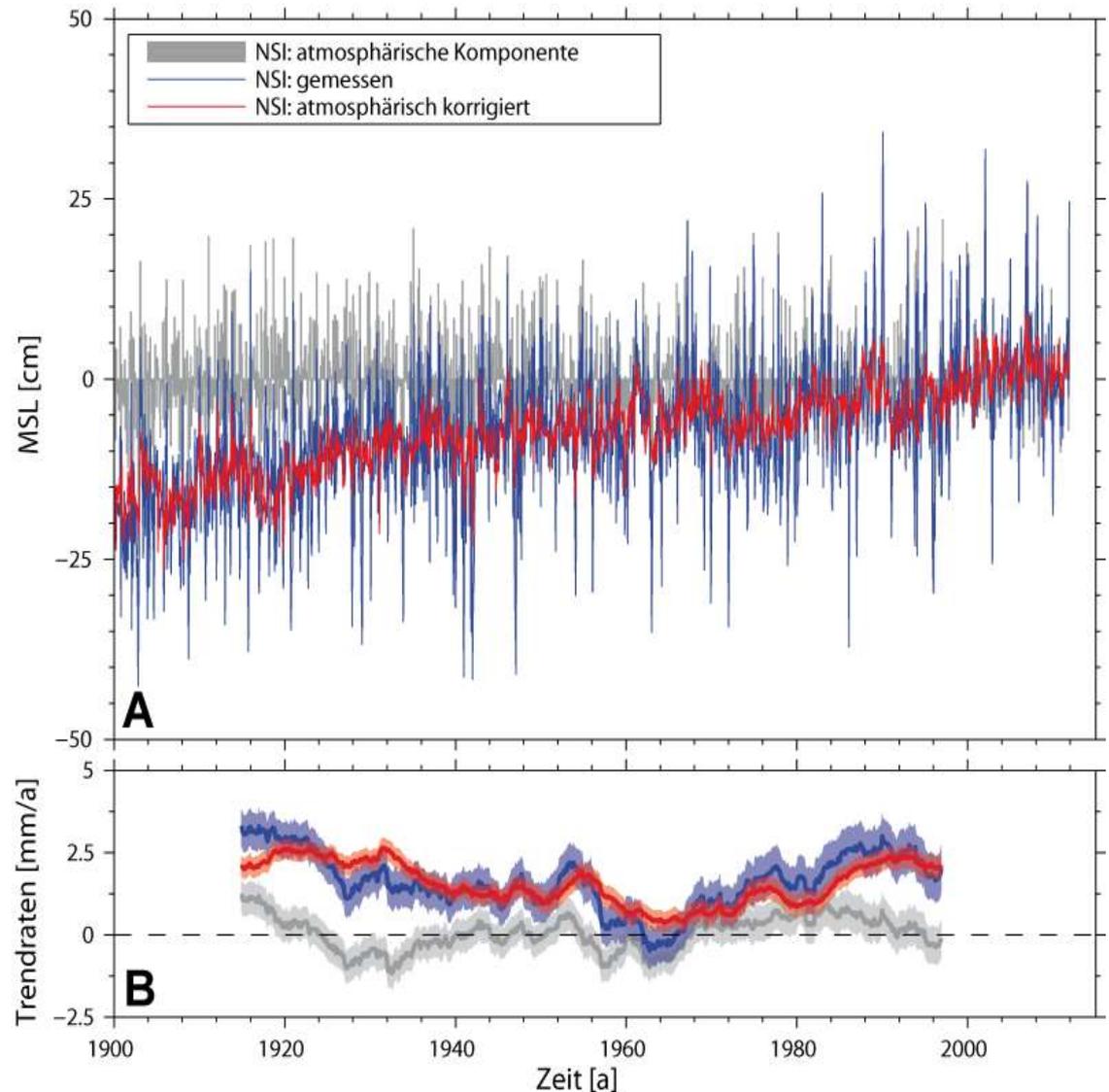
DANGENDORF, S. ET AL.: Mean sea level variability and influence of the North Atlantic Oscillation on long-term trends in the German Bight, Water, 2012

- ⇒ inhomogene Trendentwicklung ist maßgeblich auf Veränderungen der nordatlantischen Oszillation (NAO) zurückzuführen
- ⇒ Trends in der Winter-NAO sorgen für starke zonale Beeinflussung des Nordseeklimas mit ausgeprägten Westwindlagen



DANGENDORF, S. ET AL.: A new atmospheric proxy for sea level variability in the south-eastern North Sea: observations and future ensemble projections, Climate Dynamics, 2014

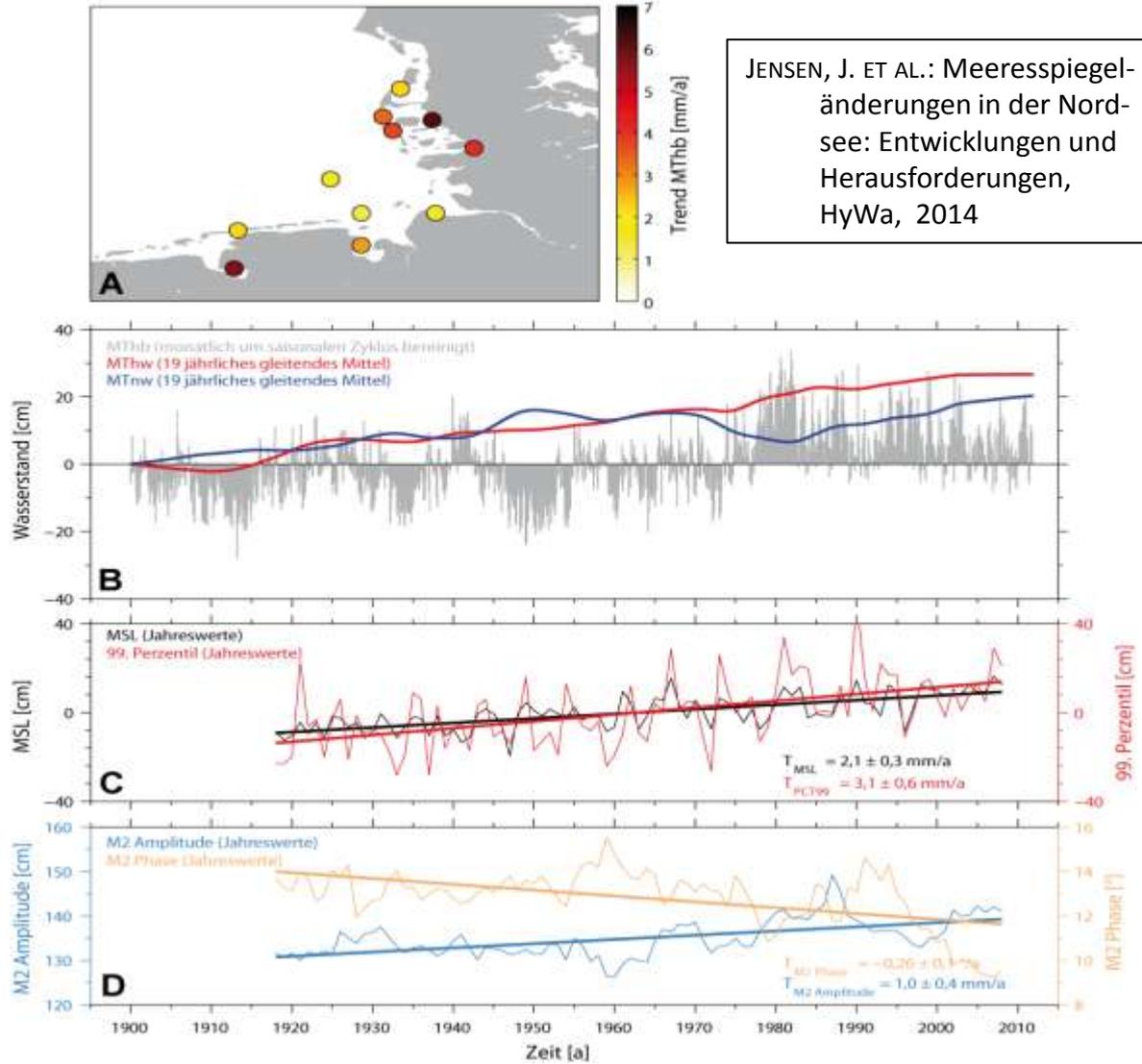
- ⇒ Monatsmittelwertzeitreihen des gemessenen (blau) und atmosphärisch korrigierten (rot) MSL sowie der atmosphärischen Komponente (grau)
- ⇒ zugehörige 19-jährige gleitende Lineartrends  $\pm 2SE$



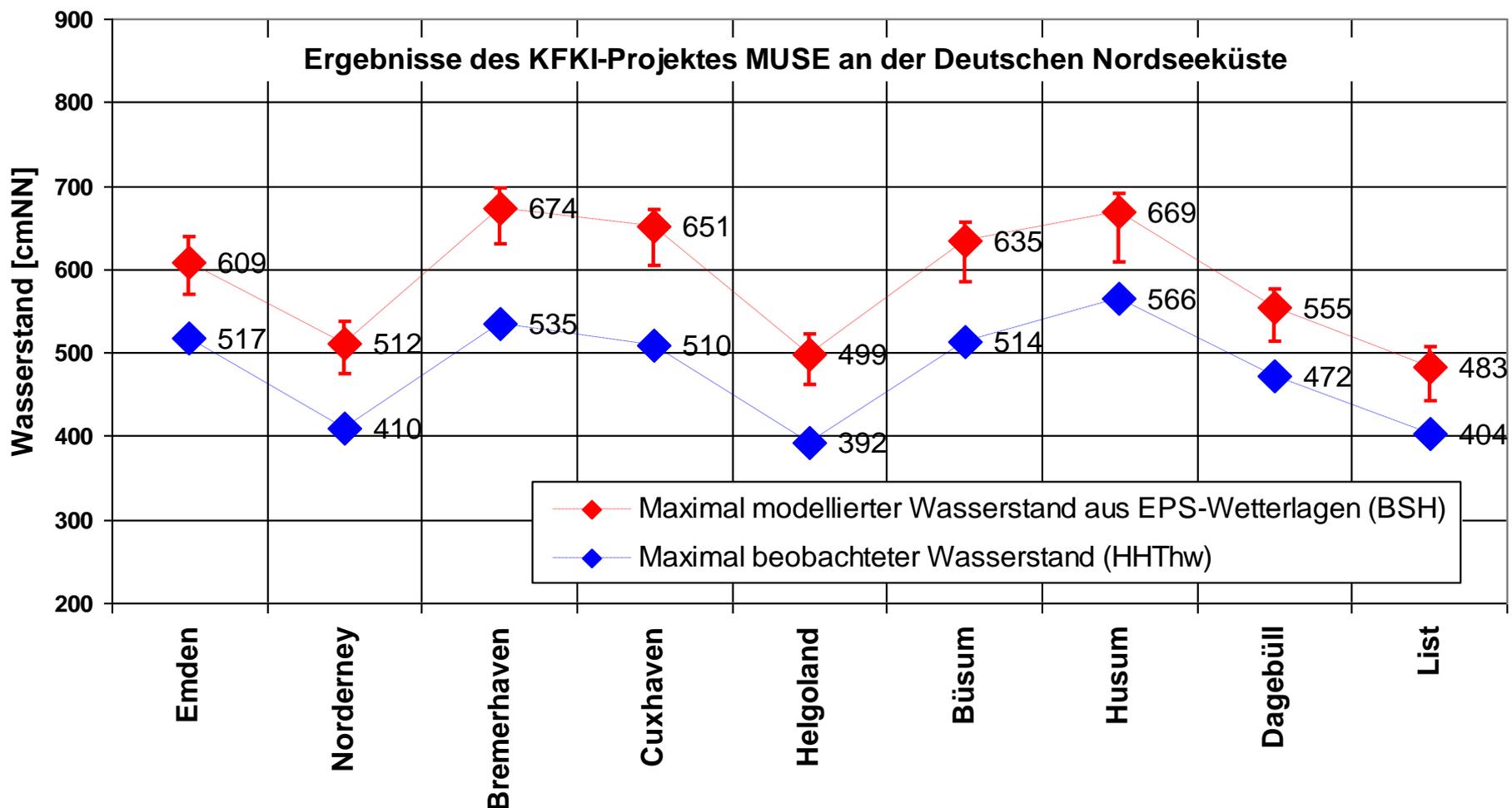
JENSEN, J. ET AL.: Meeresspiegeländerungen in der Nordsee: Entwicklungen und Herausforderungen, HyWa, 2014

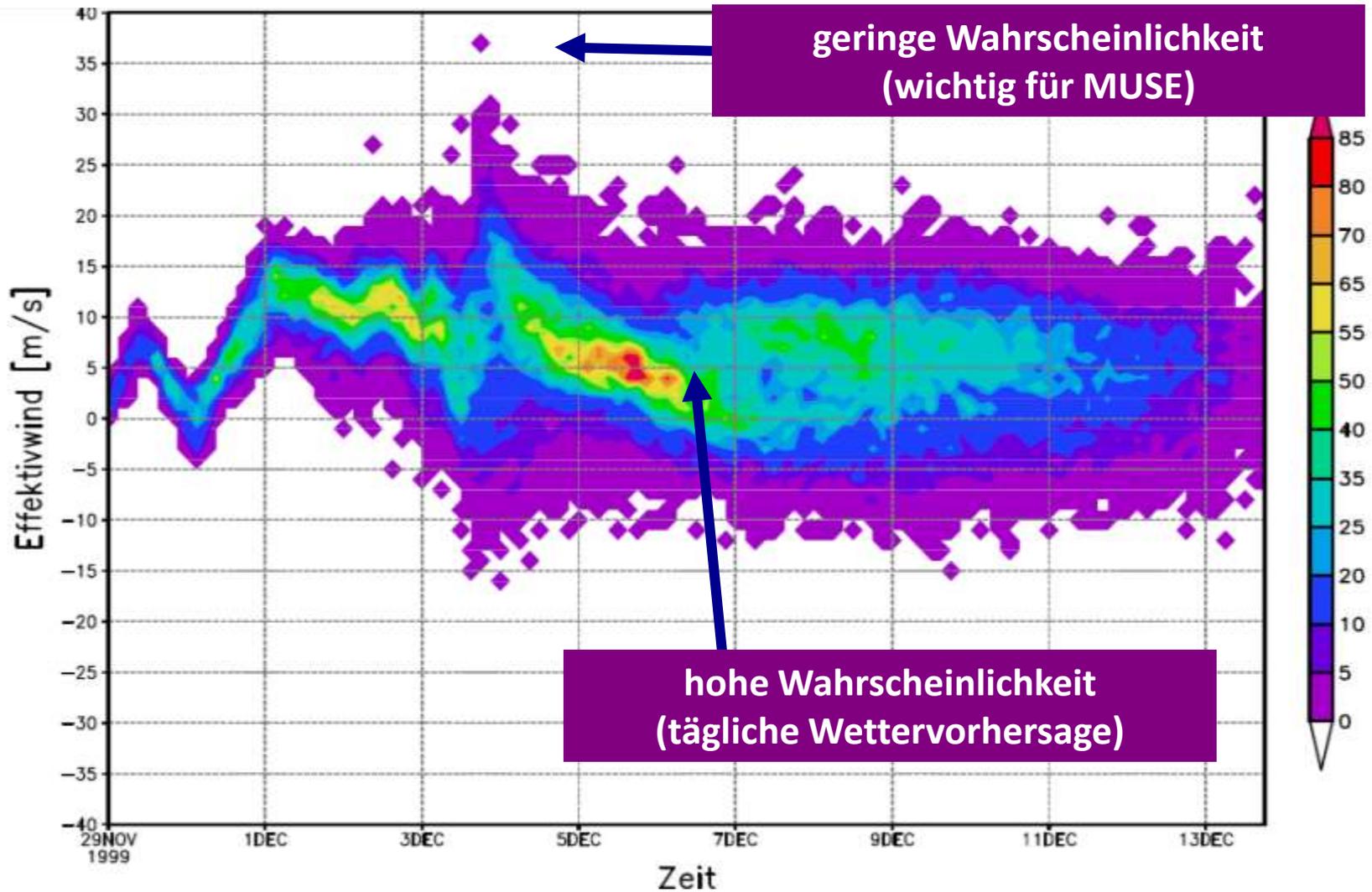
JENSEN, J. ET AL.: Meeresspiegeländerungen in der Nordsee: Entwicklungen und Herausforderungen, HyWa, 2014

- ⇒ Veränderungen im Tideregime der Deutschen Bucht zwischen 1954 und 2011
- ⇒ Tidehubentwicklung und Änderungen MThw und MTnw (19-jähriges gleitendes Mittel)
- ⇒ Zeitreihen des 99%-Jahresperzentils (rot) und des MSL (schwarz)
- ⇒ jährlichen Amplituden und Phasen der M2-Gezeit



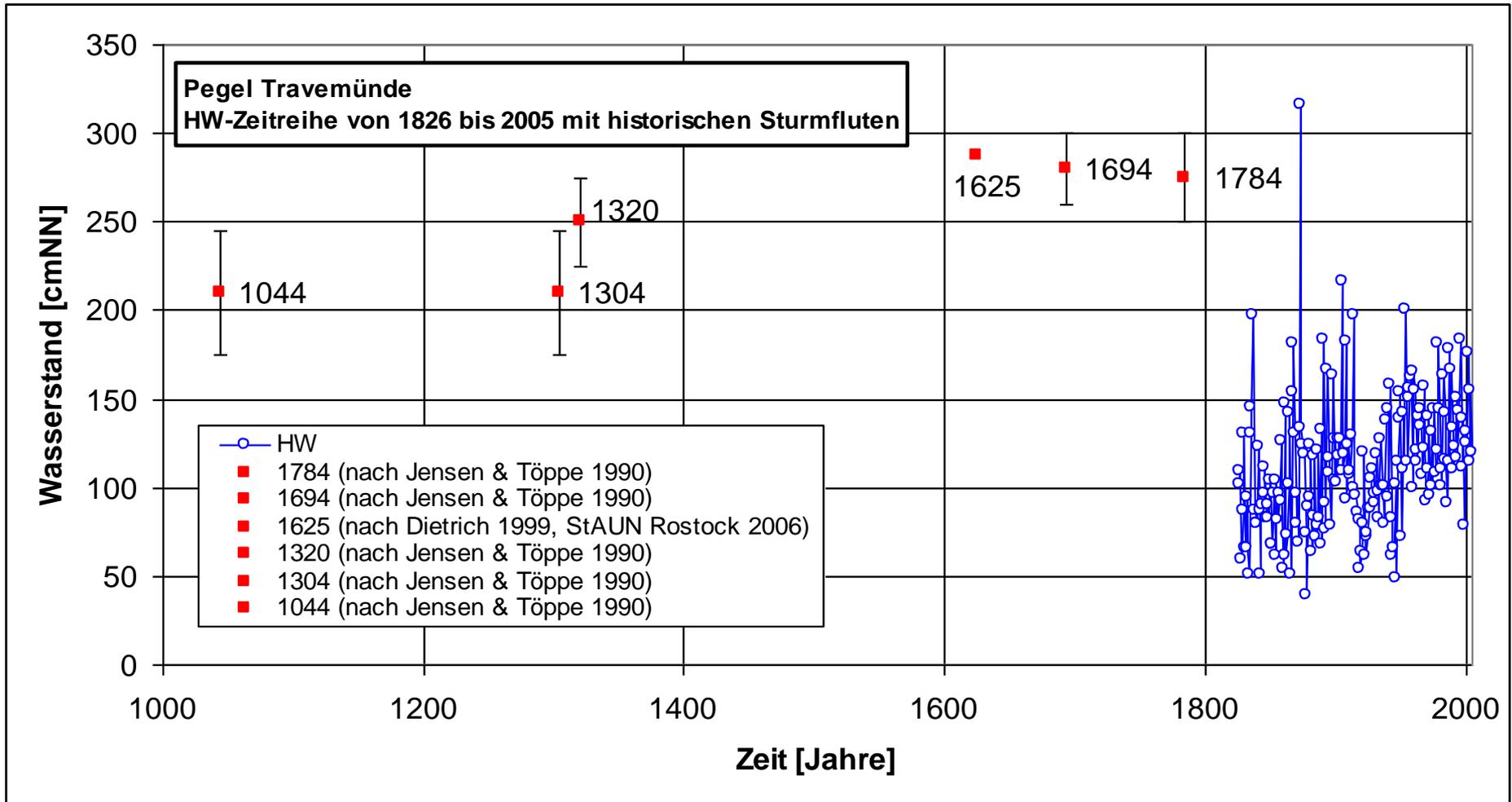
Ziel: Modellierung physikalisch möglicher, aber noch nicht eingetretener Extremwasserstände.

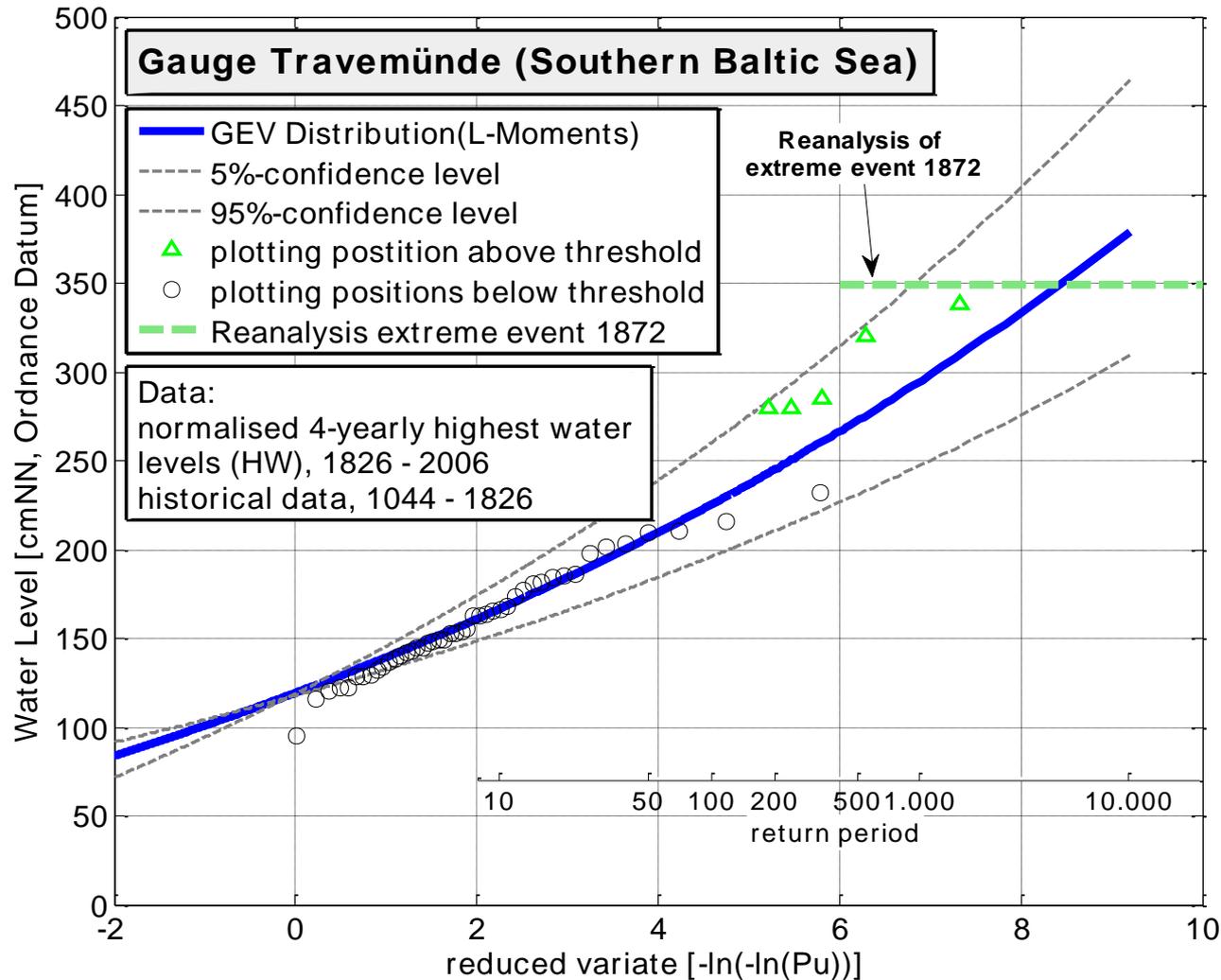






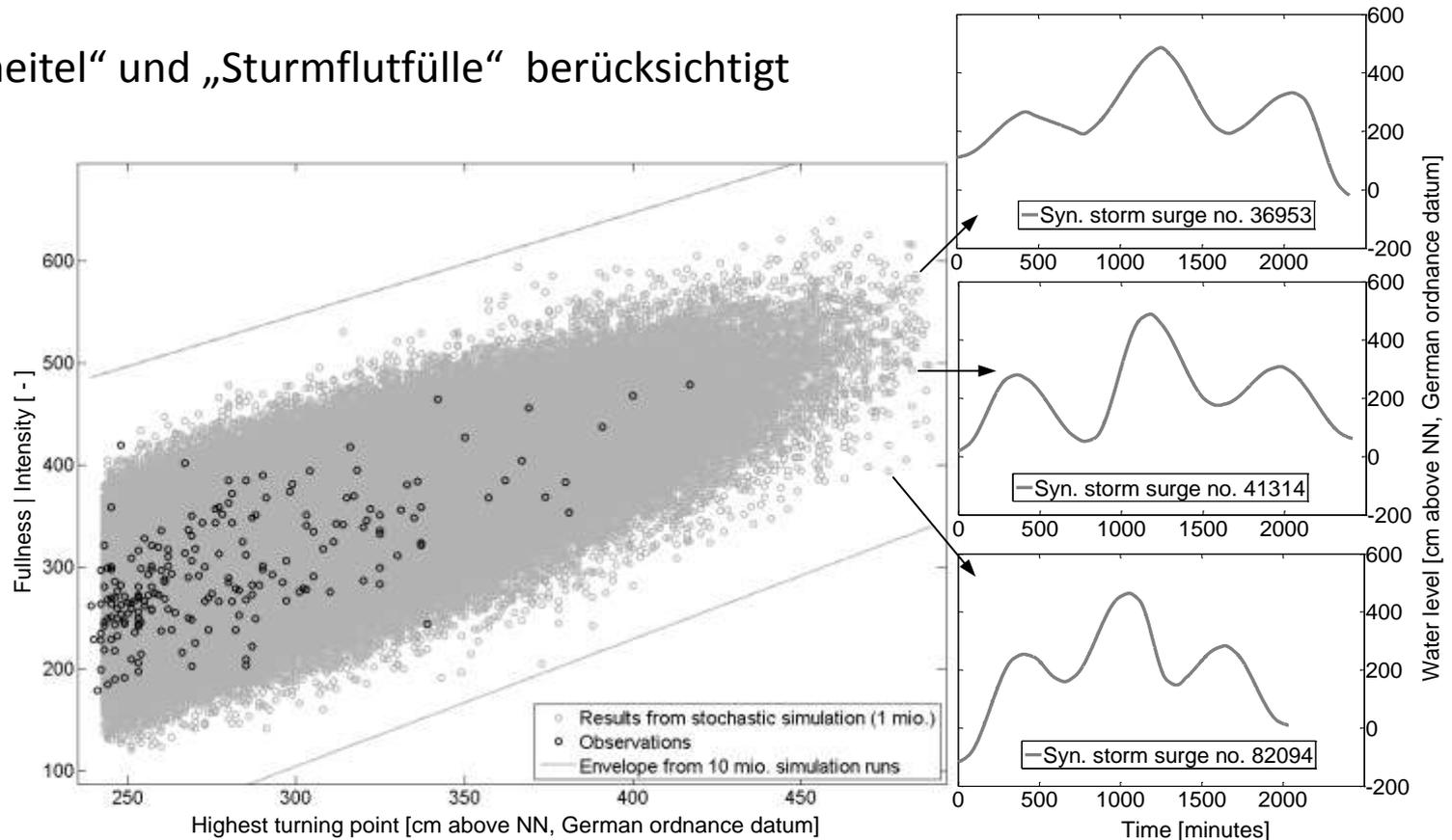
**Mögliche Sturmflutwasserstände:  
Nordsee HHThw + 1,0 bis 1,4 m!**





⇒ Stochastische Sturmflutsimulation

⇒ Sturmflutscheitel“ und „Sturmflutfülle“ berücksichtigt



WAHL, T. ET AL.: Assessing the hydrodynamic boundary conditions for risk analyses in coastal areas: A stochastic storm surge model, Nat. Hazards Earth Syst. Sci, 2012

# KFKI-Vorhaben ZukunftHallig (2010-2014)

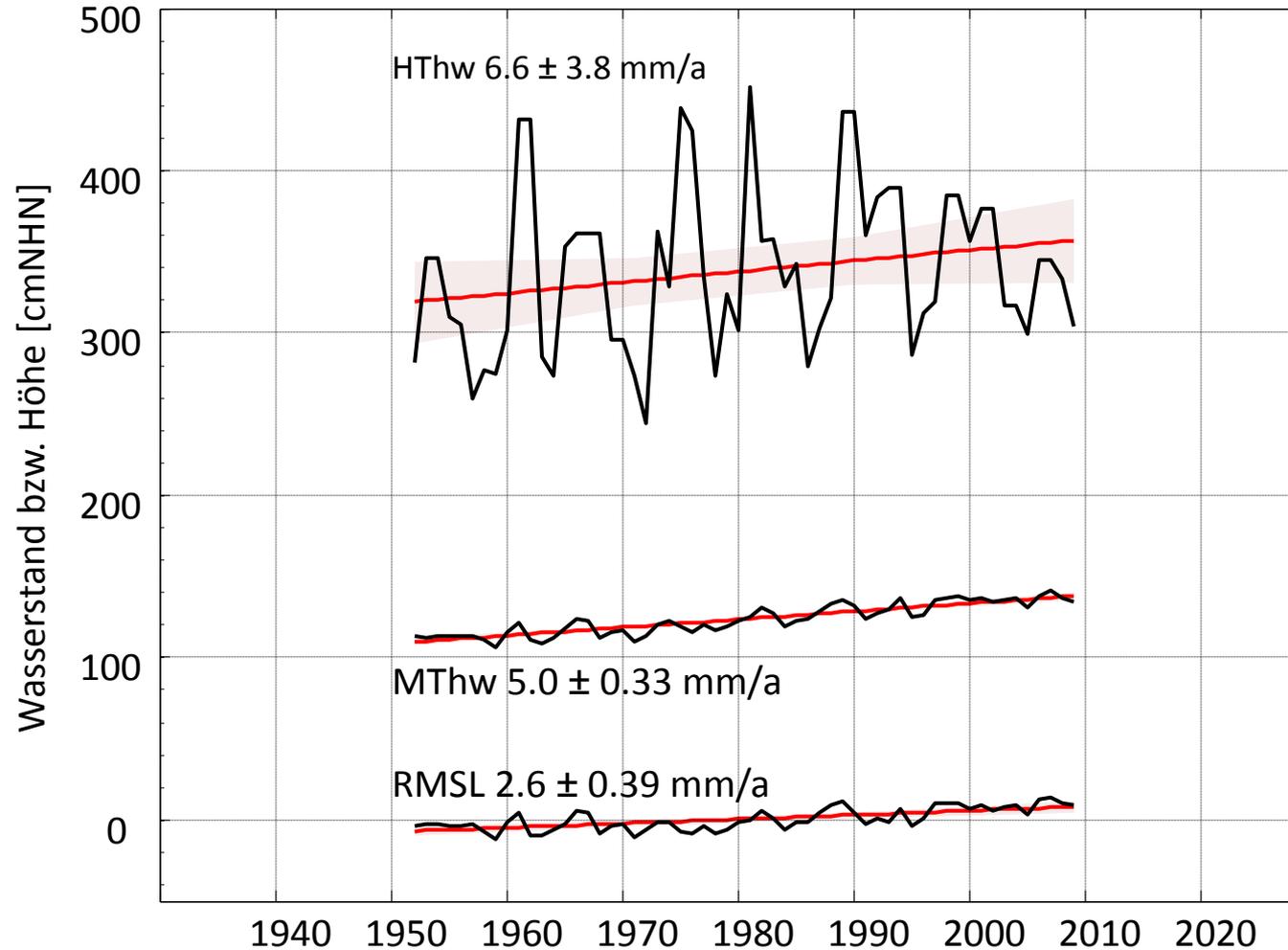


Wachsen der Halligen durch Sedimentablagerungen

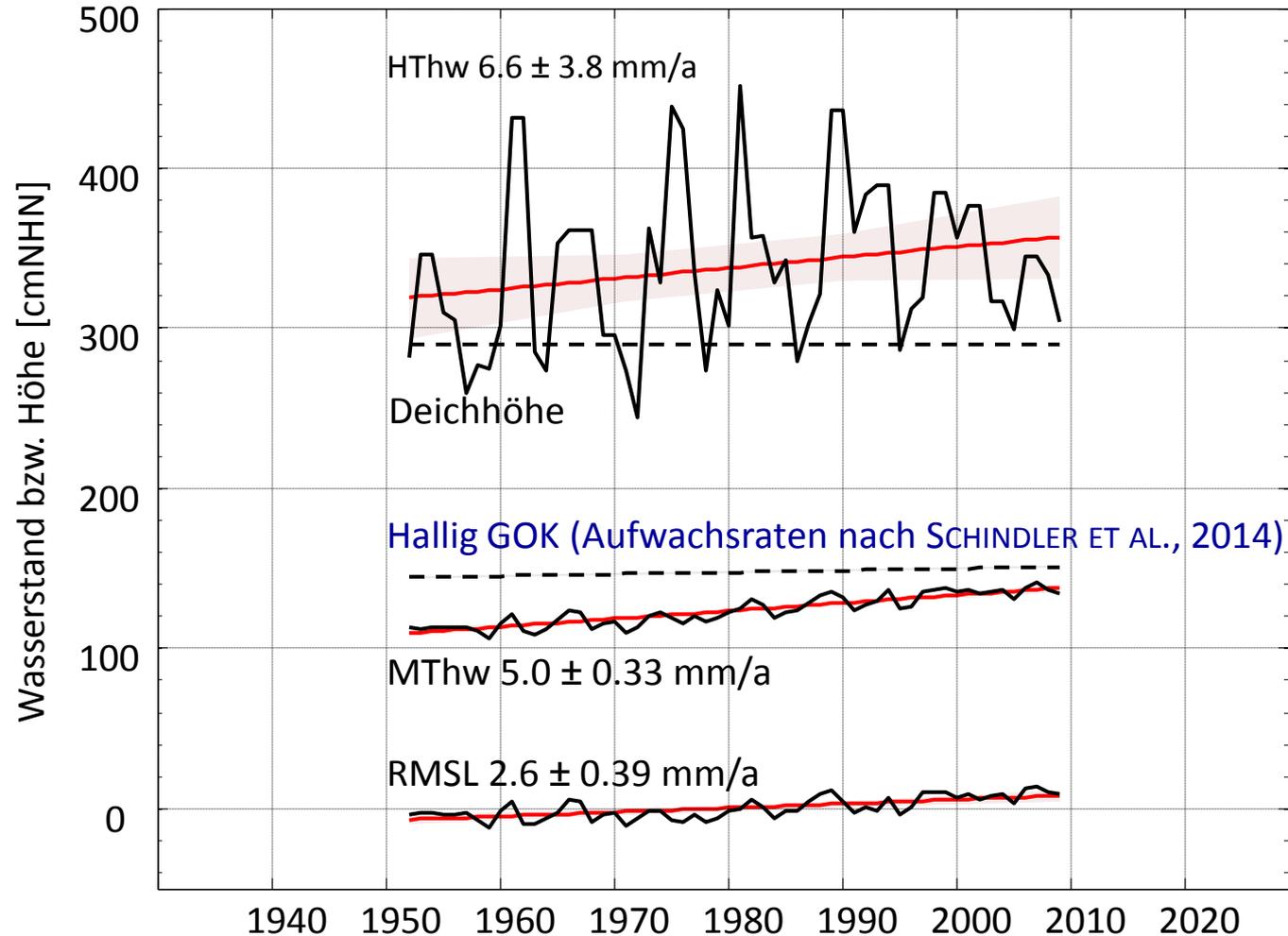
Landsenkung

Meeresspiegelanstieg

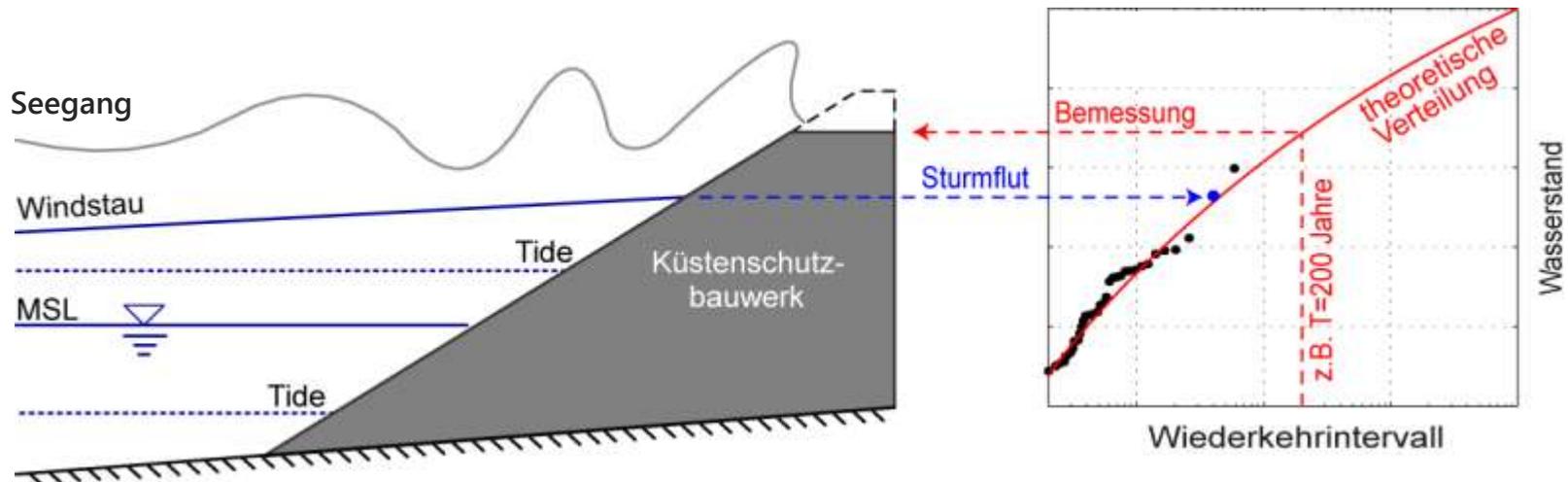
Lineartrends der Jahre 1952 bis 2009 am Pegel Wyk



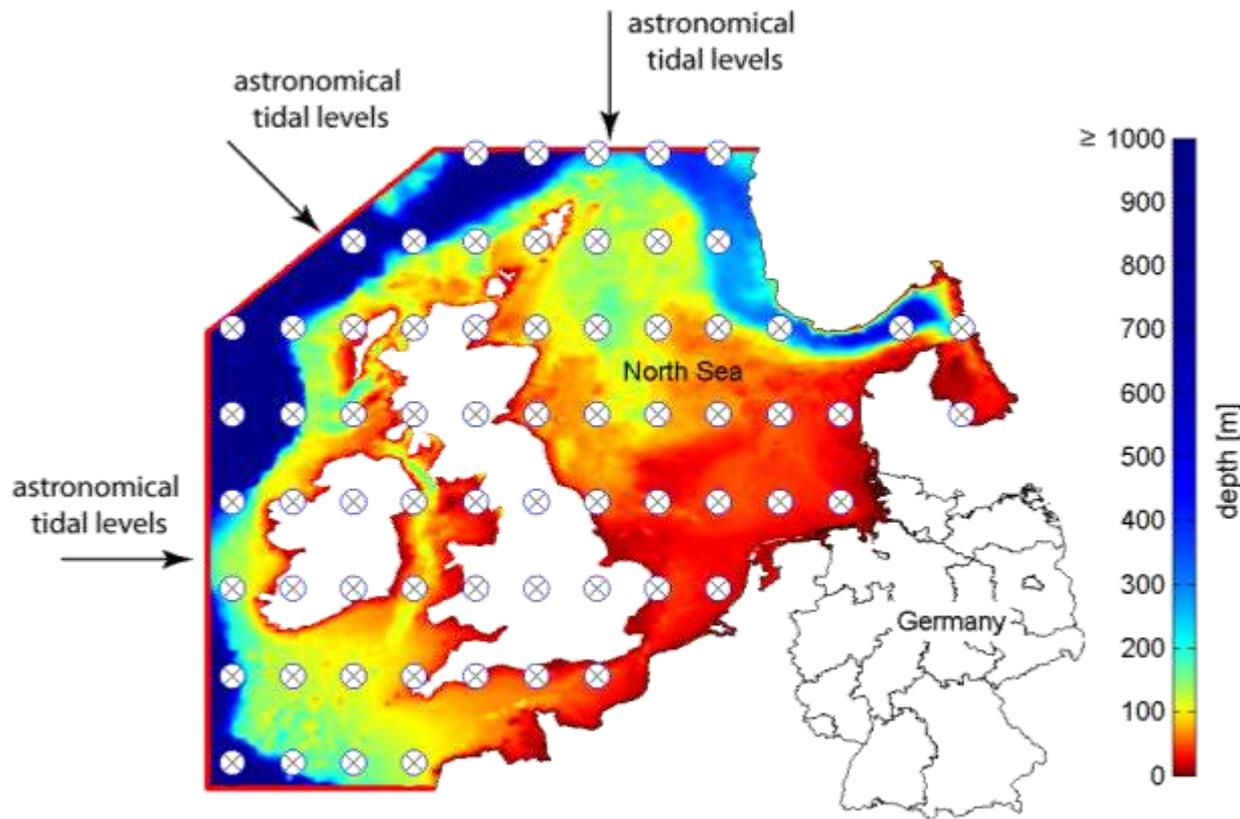
Lineartrends der Jahre 1952 bis 2009 am Pegel Wyk



- ⇒ Wie lassen sich diese Informationen nutzen, um die erforderlichen Höhen von Schutzbauwerken zu ermitteln?



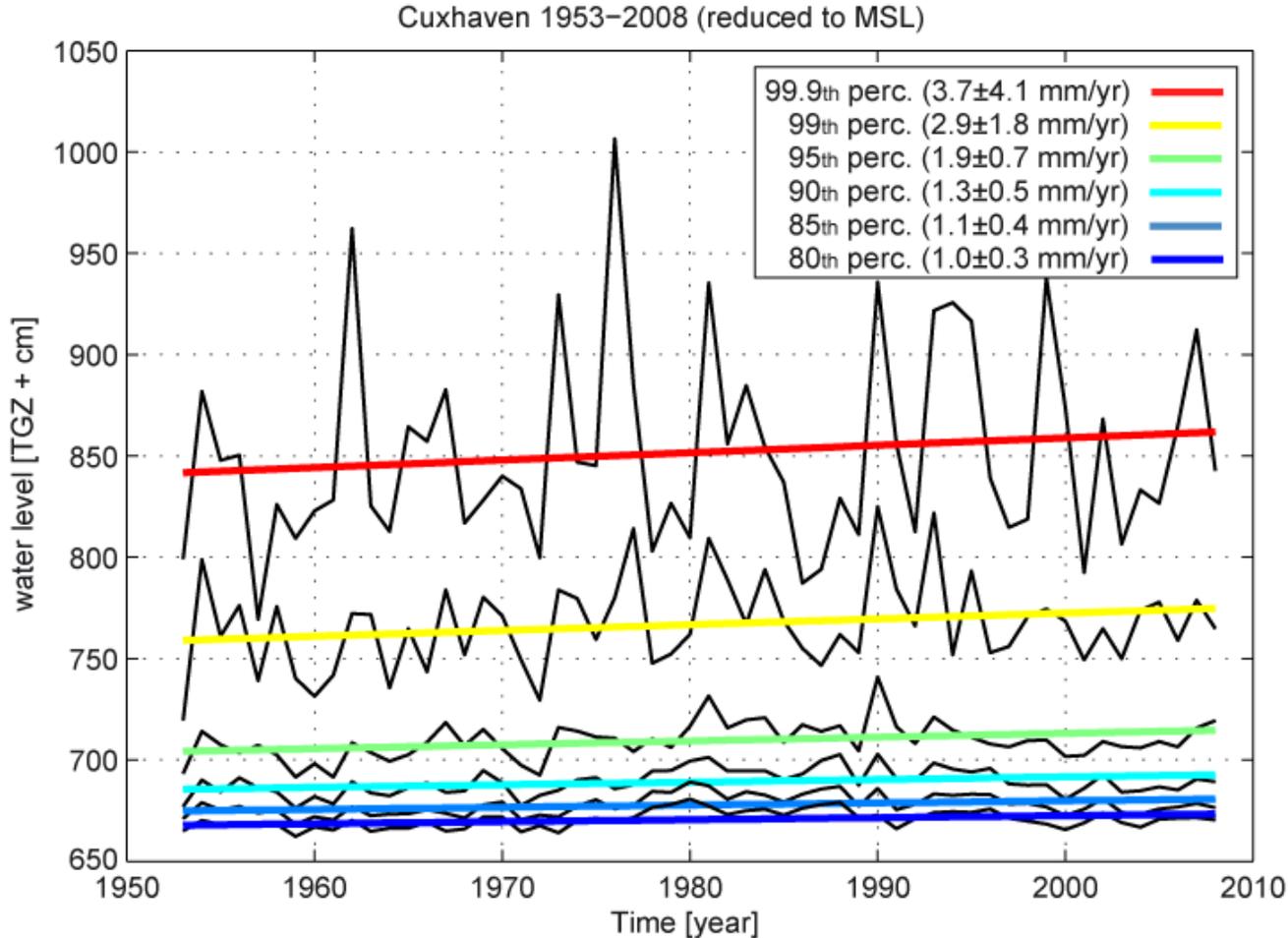
- ⇒ Hindcast/Szenario für frei wählbare Perioden
- ⇒ homogene und lückenlose Wasserstandszeitreihen an beliebigen Punkten und in beliebiger Auflösung



## Input

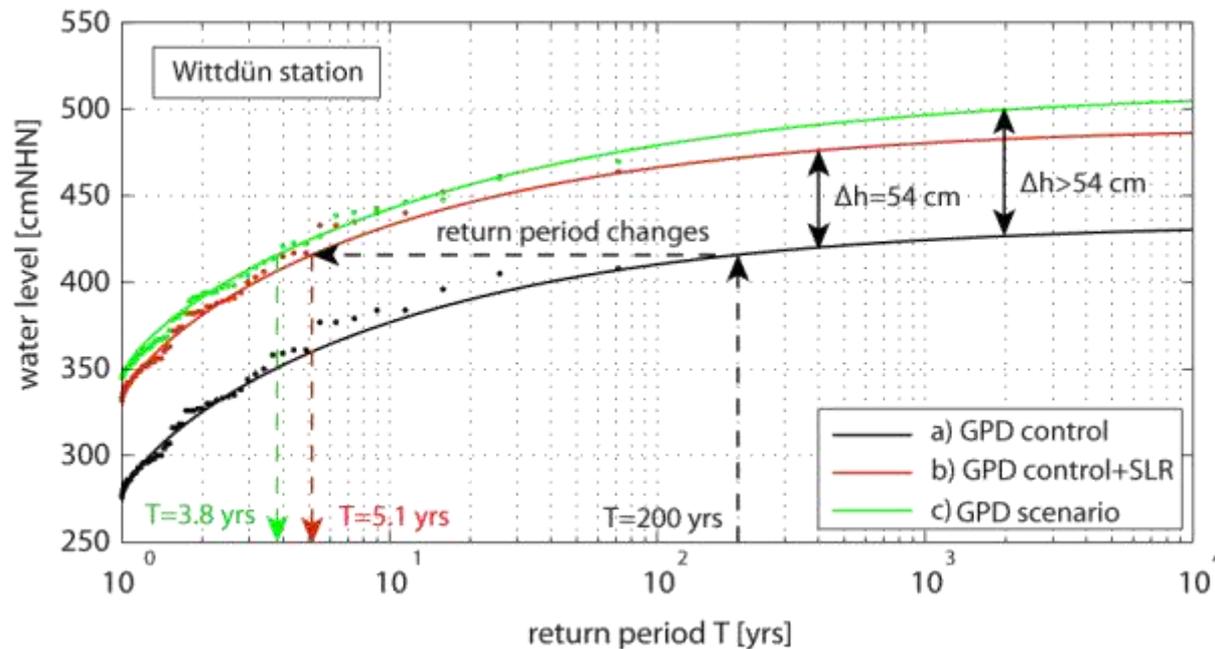
- ⇒ Bathymetrien
- ⇒ Wind (Reanalyse)
- ⇒ Luftdruck (Reanalyse)
- ⇒ Astronom. Tide

ARNS, A ET AL., 2015: Determining return water levels at ungauged coastal sites: a case study for northern Germany. Ocean Dynamics.

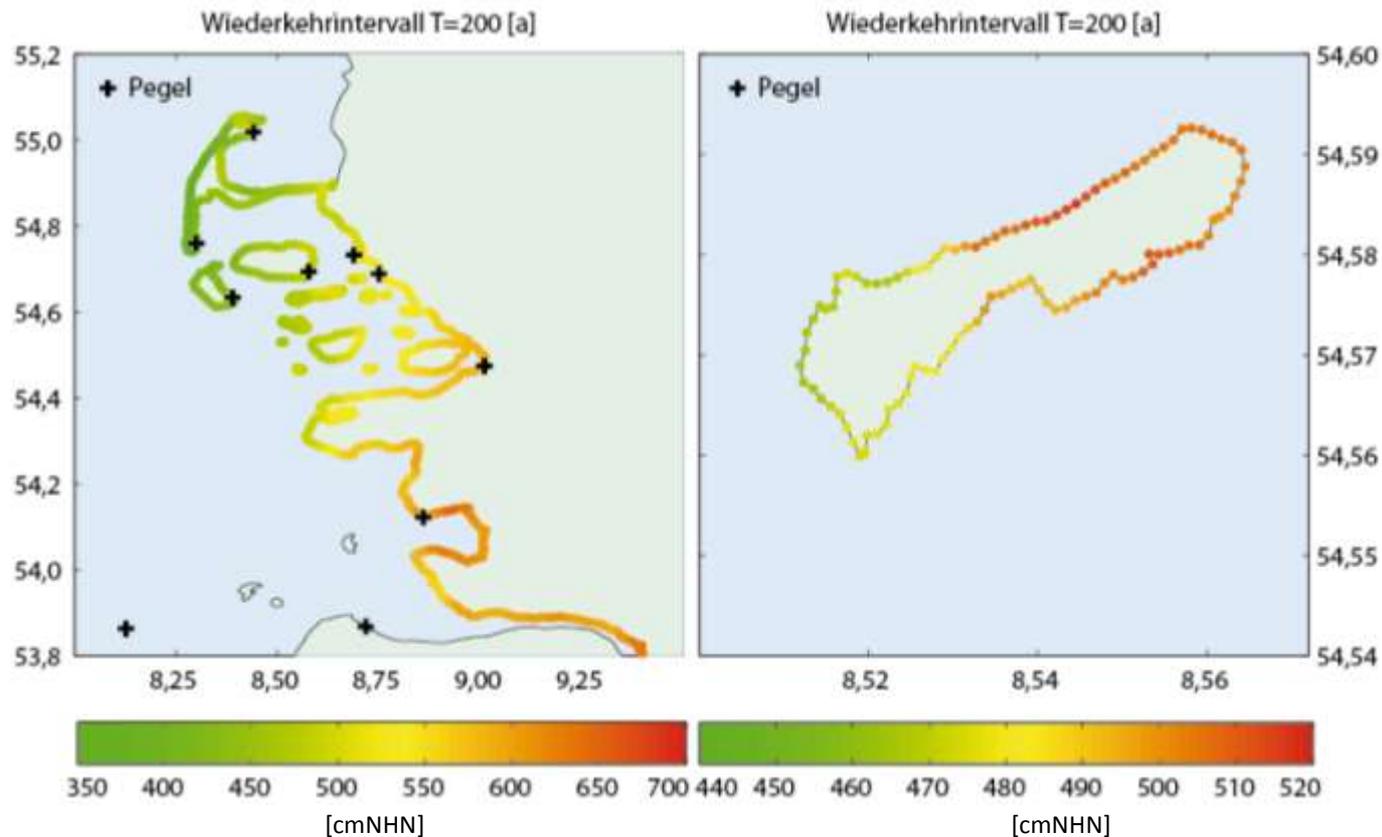


MUDERSBACH, C., WAHL, T., HAIGH, I.D., JENSEN, J. (2013): Trends in extreme high sea levels along the German north sea coastline compared to regional mean sea level changes. Continental Shelf Research (s. auch JENSEN ET AL. 1992).

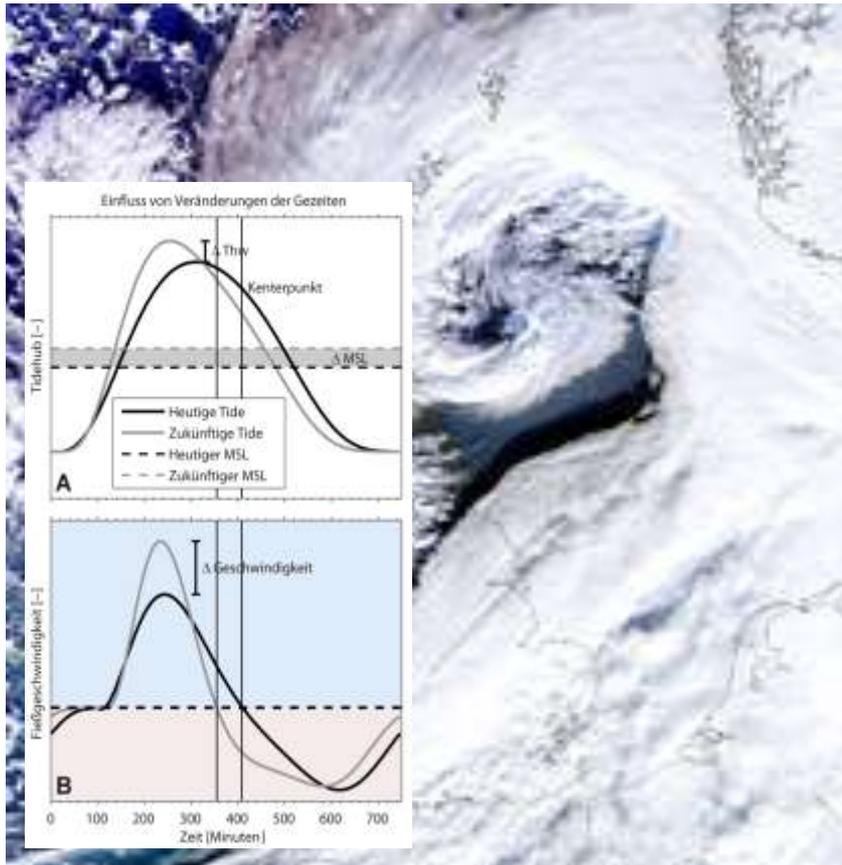
- ⇒ Die langfristigen Trends der jährlichen Höchstwasserstände an der Deutschen Nordseeküste zeigen i.d.R. signifikant stärkere Trends als die der mittleren Wasserstände
- ⇒ Abschätzung zukünftiger Bedingungen auf Grundlage nichtlinearer bzw. instationärer Entwicklungen



- ⇒ Regionalisierung von (extremen) Wasserständen
- ⇒ Integrierte Risikoanalyse/Sicherheitsstandards

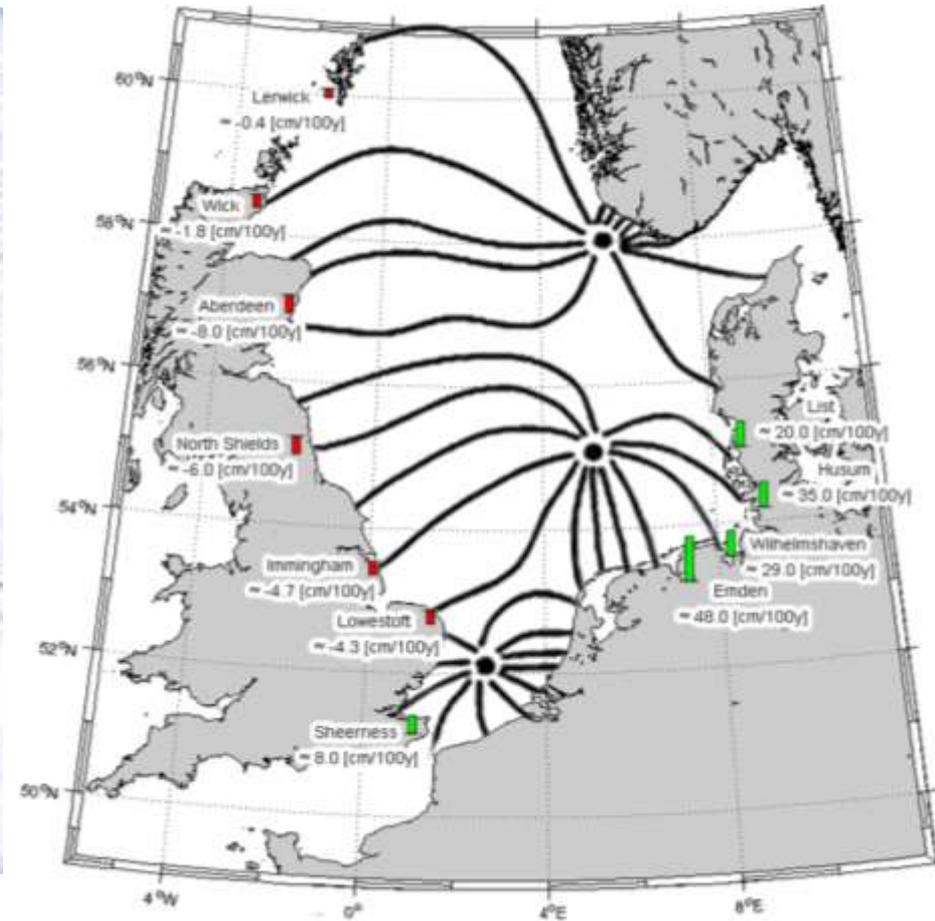


## Storminess



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/Ulli\\_January\\_3\\_2012.png/220px-Ulli\\_January\\_3\\_2012.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/Ulli_January_3_2012.png/220px-Ulli_January_3_2012.png)

## Tidal regime

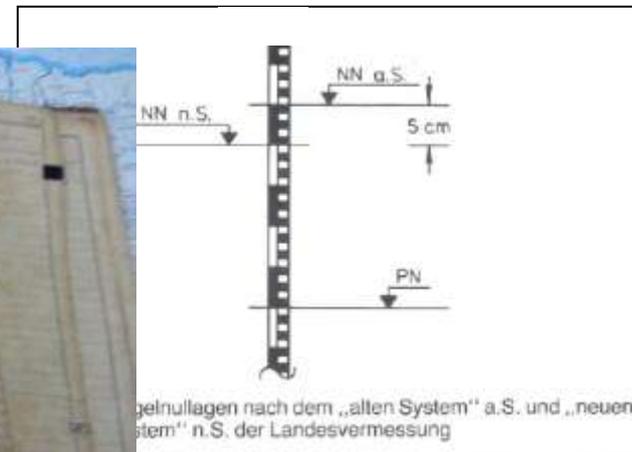
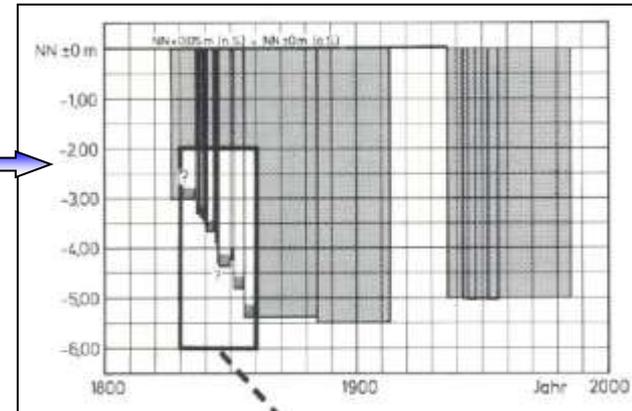


Jensen und Arns 2010

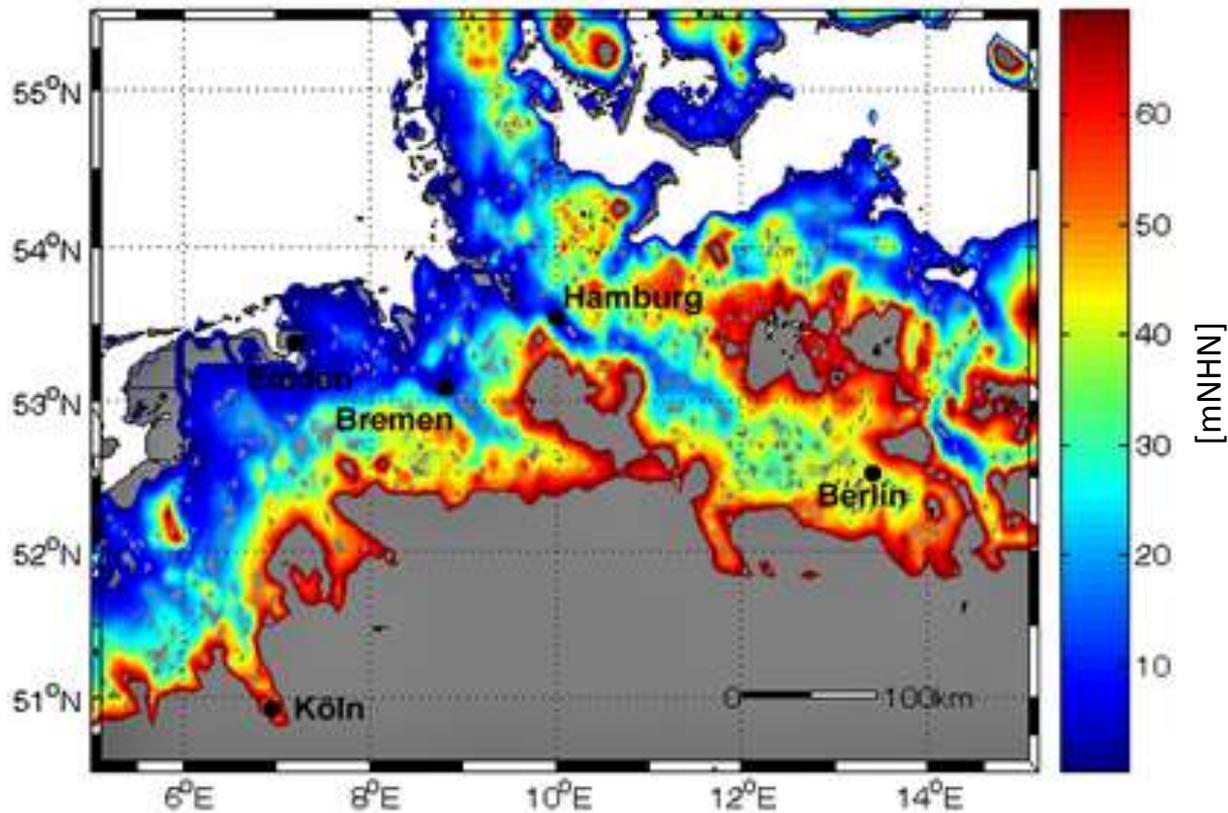
⇒ Historische Daten akquirieren, aufbereiten, analysieren...

**Veränderungen der Nullagen des Pegels Travemünde**  
Changes in zero data at the Travemünde gauge

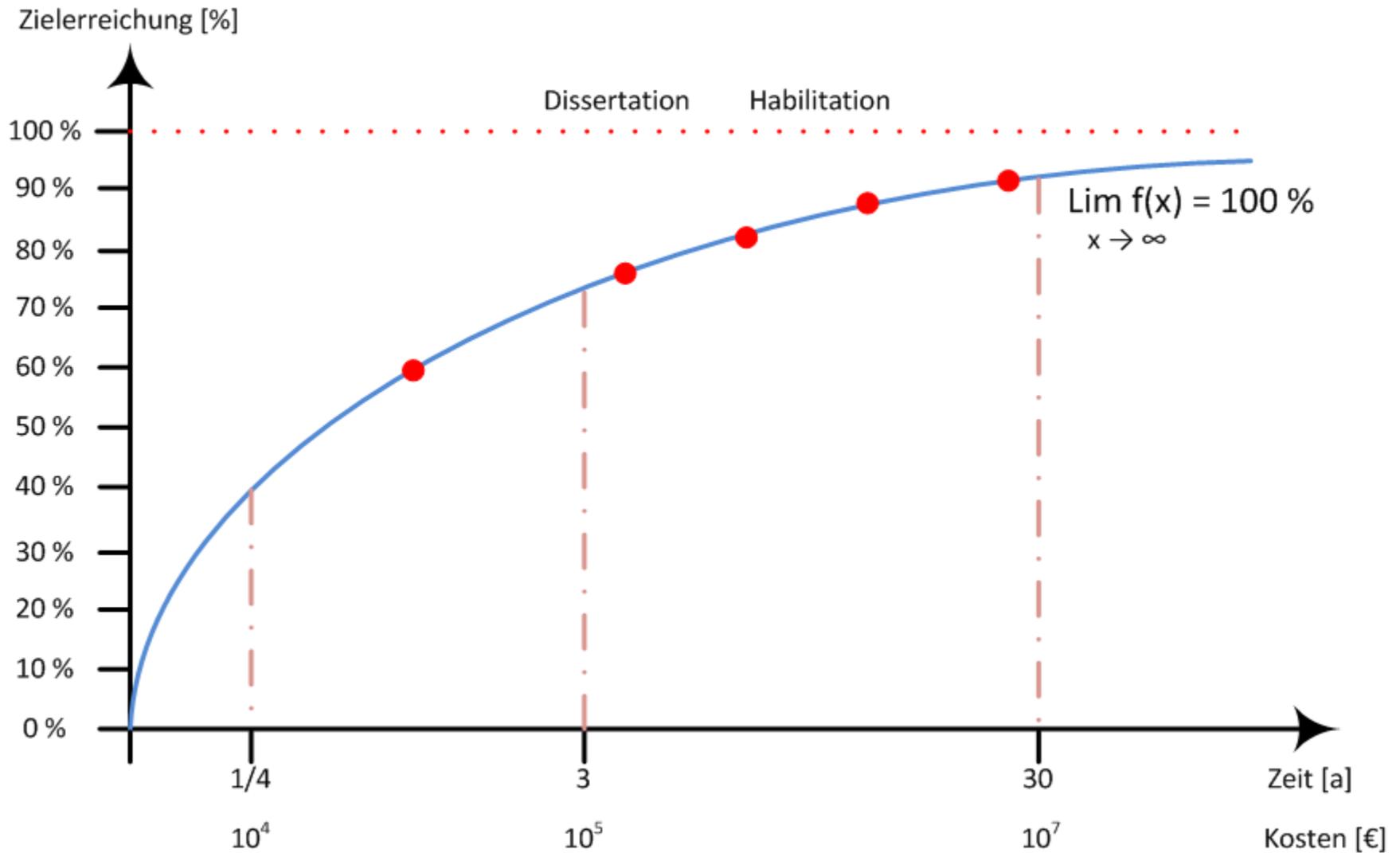
Datum	Betrag	Bemerkungen
13. 10. 1836	- 1 Fuß	Umstellungen des „Wassermessers“ in Abhängigkeit von der vorhandenen Fahrwassertiefe (Sohlenhöhenveränderungen)
12. 4. 1837	+ 3/4 Fuß	
23. 9. 1837	- 1 Fuß	
4. 5. 1839	- 1/4 Fuß	
14. 10. 1839	- 1/4 Fuß	
15. 4. 1840	- 1/4 Fuß	
28. 4. 1840	- 1/4 Fuß	
4. 4. 1843	+ 4 Zoll	
28. 7. 1843	- 1 Fuß	
18. 7. 1844	- 3 Zoll	
17. 10. 1844	- 1 1/4 Fuß	
21. 4. 1845	-	
25. 3. 1850	+	
18. 10. 1851	-	
1. 1. 1855	-	
4. 1. 1884	-	
1. 11. 1913	+ 550	
1. 1. 1925	+	
1. 11. 1936	- 503	
1. 1. 1942	-	
1. 1. 1944	-	
1. 1. 1947	+	
1. 1. 1952	-	
1. 11. 1956	+ 2	



- ⇒ MSL: Besseres Prozessverständnis, Langzeitkorrelationen und Unsicherheitsreduktion
- ⇒ Modelle: Kopplung multivariater statistischer und numerischer Modelle



PIK



# Partner und Kooperationen (national)



LSBG  
Landesbetrieb Straßen,  
Brücken und Gewässer  
Hamburg



Bundesanstalt für  
Gewässerkunde



Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht  
Zentrum für Material- und Küstenforschung

TUHH  
Technische Universität Hamburg-Harburg



BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE



Lehrstuhl und Institut  
für Wasserbau und Wasserwirtschaft  
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management  
Aachen University



Seewetteramt

Landesbetrieb für  
Küstenschutz, National-  
park und Meeresschutz  
Schleswig-Holstein



- über 60 peer-reviewte Veröffentlichungen in den vergangenen Jahren

## WORKSHOP GLOBAL AND REGIONAL SEA LEVEL VARIABILITY AND CHANGE

Mallorca Spain, 10-12 June 2015

10-12 June 2015



Universitat de les  
Illes Balears

Puertos del Estado



**JOIN US AT [HTTP://IMEDEA.UIB-CSIC.ES/SEALEVEL2015](http://IMEDEA.UIB-CSIC.ES/SEALEVEL2015)**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen  
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)  
Universität Siegen  
Fon +49(271) 740 2172  
E-Mail: [juergen.jensen@uni-siegen.de](mailto:juergen.jensen@uni-siegen.de)  
<http://www.fwu.uni-siegen.de/wb>

- DANGENDORF, S., MARCOS, M., MÜLLER, A., ZORITA, E. & JENSEN, J. (under review): Detecting anthropogenic footprints in sea level rise, *Nature Communications*.
- JENSEN, J., ARNS, A., SCHÜTTRUMPF, H., WÖFFLER, T., HÄUßLING, R., ZIESEN, N., STRACK, H., JENSEN, F., KARIUS, V., SCHINDLER, M., DEICKE, M., VON EYNATTEN, H. (in prep.): *Entwicklung von nachhaltigen Küstenschutz- und Bewirtschaftungsstrategien für die Halligen unter Berücksichtigung des Klimawandels (ZukunftHallig). Zur Veröffentlichung vorgesehen in: Die Küste, Heft 84?, 2015.*
- AMIRUDDIN, A.M., HAIGH, I.D., TSIMPLIS, M.N., CALAFAT, F.M. & DANGENDORF, S. (under review): The seasonal cycle and variability of sea level in the South China Sea, *J. Geophys. Res.*
- VISSER, H., DANGENDORF, S. & Petersen, A.C. (under review): A review of trend models applied to sea level data with reference to the „acceleration-deceleration debate“, *J. Geophys. Res.*
- NIEHÜSER, S., WAHL, T., DANGENDORF, S., JENSEN, J. & HOFSTEDT, J. (submitted): Zum Einfluss möglicher Setzungserscheinungen am Leuchtturm Cuxhaven auf die langjährigen Wasserstandszeichnungen am Pegel Cuxhaven Steubenhöft. *Die Küste*.
- JENSEN, J., DANGENDORF, S., WAHL, T., STEFFEN, H.: Meeresspiegeländerungen in der Nordsee: Vergangene Entwicklungen und zukünftige Herausforderungen, *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HyWa, Heft 6, Dezember 2014*
- DANGENDORF, S., RYBSKI, D., MUDERSBACH, C., KAUFMANN, E., MÜLLER, A., JENSEN, J.: Evidence for long-term memory in sea level, *Geophysical Research Letters*, 41, 15, 5530-5537, 2014.
- JENSEN, J., ARNS, A., MUDERSBACH, C., BARJENBRUCH, U.: Entwicklung eines neuen Verfahrens zur automatischen Erkennung und Festlegung von Tidescheiteln im Bereich der Deutschen Bucht und der Ästuar, *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HyWa, Heft 6, Dezember 2014*
- SCHINDLER, M., KARIUS, V., ARNS, A., DEICKE, M., VON EYNATTEN, H.: Measuring sediment deposition and elevation change on marshland - part II: The case of the North Frisian Halligen. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2014
- ARNs, A., WAHL, T., JENSEN, J.: A consistent return level assessment considering present day and future mean sea level conditions. *Die Küste ICHE Special Issue*, 2014
- JENSEN, J.: Analyse und Bewertung von Naturgefahren mit statistischen Methoden, *EVAN 2013: Advances in Extreme Value Analysis and Application to Natural Hazards, Korrespondenz Wasserwirtschaft*
- CHEN, X., DANGENDORF, S., NARAYAN, N., O'DISCOLL, K., SU, J., MAYER, B., TSIMPLIS, M.N. & POHLMANN, T. : On sea level change in the North Sea influenced by the North Atlantic Oscillation: local and remote steric effects, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, doi:10.1016/j.jecss.2014.10.009, 2014.
- DANGENDORF, S., CALAFAT, F.C., ARNS, A., WAHL, T., HAIGH, I.D. & JENSEN, J. : North Sea mean sea level rise and variability: processes and implications, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2014JC009901.
- ARNs, A., WAHL, T., HAIGH, I.D. & JENSEN, J.: Determining return water levels at un-gauged coastal sites: a case study for northern Germany. *Ocean Dynamics* (2015)
- HAIGH, I.D., WAHL, T., ROHLING, E.J., PRICE, R.M., PATTIARATCHI, C., CALAFAT, F.M. & DANGENDORF, S.: Timescales for detecting significant acceleration in sea-level rise, *Nature Communications*, 5, 3635, 2014
- ARNs, A., WAHL, DANGENDORF, S. & JENSEN, J.: The impact of sea level rise on storm surge water levels in the northern part of the German Bight. *Coastal Engineering*, 96, 118-131, 2014.
- ARNs, A., WAHL, T., DANGENDORF, S., MUDERSBACH, C., JENSEN, J.: Ermittlung regionalisierter Extremwasserstände für die Schleswig-Holsteinische Nordseeküste. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HyWa, Heft, 2013.*

- MÜLLER-NAVARRA, S., JENSEN, J., ROSENHAGEN, G & DANGENDORF, S.:  
Rekonstruktion von GEZEITEN und Windstau am Pegel Cuxhaven 1843  
bis 2013, *Annalen der Meteorologie*, 2013
- DANGENDORF, S., MÜLLER-NAVARRA, S., JENSEN, J., SCHENK, F., WAHL, T. &  
WEISSE, R.: North Sea storminess from a novel storm surge record since  
1843 AD, *Journal of Climate*, 27, 3582-3595, 2014.
- DANGENDORF, S., WAHL, T., NILSON, E., KLEIN, B. & JENSEN, J.: A new  
atmospheric proxy for sea level variability in the southeastern North Sea:  
Past changes and future ensemble projections, *Climate Dynamics*, 43(1-  
2), 447-467, 2014.
- WAHL, T., HAIGH, I., DANGENDORF, S. & JENSEN, J.: Inter-annual and long-  
term mean sea level changes along the North Sea coastline, *Journal of  
Coastal Research*, 65, 1987-1992, 2013
- DANGENDORF, S., MUDERSBACH, C., WAHL, T. & JENSEN, J.: The seasonal  
mean sea level cycle in the southeastern North Sea, *Journal of Coastal  
Research*, 65, 1915-1920, 2013
- WAHL, T., HAIGH, I., WOODWORTH, P.L., ALBRECHT, F., DILLINGH, D.,  
JENSEN, J., NICHOLLS, R., WEISSE, R. & WÖPPELMANN, G. : Observed  
mean sea level changes around the North Sea coastline from 1800 to  
present, *Earth-Science Reviews*, Volume 124, Pages 51-67,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.05.003>.
- DANGENDORF, S., MUDERSBACH, C., JENSEN J., GANSKE, A. & HEINRICH, H.:  
Seasonal to decadal forcing of high sea level percentiles in the German  
Bight throughout the 20th century, *Ocean Dynamics*, 63, 533-548, 2013.
- DANGENDORF, S., MUDERSBACH, C., WAHL, T. & JENSEN J.: Characteristics  
of intra-, inter-annual and decadal sea level variability and the role of  
meteorological forcing: The long record of Cuxhaven, *Ocean Dynamics*,  
63 (2-3), 209-224, 2013.
- ARNS, A., WAHL, T., HAIGH, I., PATTIARATCHI, C. & JENSEN, J.: Estimating  
extreme water level probabilities: a comparison of the direct methods  
and recommendations for best practice, *Coastal Engineering*, 2013.
- JENSEN, J.; FRANK, T. & WAHL, T.: Analyse von hochaufgelösten  
Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen  
Nordseeküste (AMSeL), *Die Küste*, Heft 78, 2011
- DANGENDORF, S., WAHL, T., HEIN, H., JENSEN, J., MAI, S. & MUDERSBACH, C.:  
Mean Sea Level Variability and Influence of the North Atlantic Oscillation  
on Long-Term Trends in the German Bight, *Water*, Vol. 4, 170-195, doi:  
10.3390/w4010170, 2012.
- WAHL, T., MUDERSBACH, C. & JENSEN J.: Assessing the hydrodynamic  
boundary conditions for risk analyses in coastal areas: A multivariate  
statistical approach based on Copula functions, *Nat. Hazards Earth Syst.  
Sci.*, 12, 495-510, doi:10.5194/nhess-12-495-2012.
- MUDERSBACH, C., WAHL, T., HAIGH, I.D. & JENSEN, J.: Trends in extreme  
high sea levels along the German North Sea coastline compared to  
regional mean sea level changes, *Continental Shelf Research*, submitted  
(June 2011).
- WAHL, T., MUDERSBACH, C., & JENSEN J.: Assessing the hydrodynamic  
boundary conditions for risk analyses in coastal areas: A stochastic storm  
surge model, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 11, 2925-2939,  
doi:10.5194/nhess-11-2925-2011, 2011
- FRANK, T., WAHL, T. & JENSEN, J.: Mean Sea Level and Tidal Analysis along  
the German North Sea Coastline. *Journal of Coastal Research*, SI 64  
(Proceedings of the 11th International Coastal Symposium Szczecin,  
Poland), 501-505, 2011
- WAHL, T., JENSEN, J., FRANK, T. & HAIGH, I.D.: Improved estimates of mean  
sea level changes in the German Bight over the last 166 years. *Ocean  
Dynamics*, Volume 61, Number 5, 701-7015, DOI: 10.1007/s10236-011-  
0383-x (<http://dx.doi.org/10.1007/s10236-011-0383-x>), 2011
- JENSEN, J.: From Global Climate Change to Local Climate Impact – Global  
Warming, A Fairly Local Issue, *EUROSAFE Tribune # 18* (Proceedings of  
EUROSAFE Forum 2010), 2010

- MUDERSBACH, CH. & JENSEN, J. : Küstenschutz an der Deutschen Ostseeküste – Ermittlung von Eintrittswahrscheinlichkeiten extremer Sturmflutwasserstände. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2010 (3), DOI: 10.3243/kwe2010.03.003, 2010
- ALBRECHT, F., WAHL, T., JENSEN, J. & WEISSE, R.: Determining Sea Level change in the German Bight. Ocean Dynamics, doi: 10.1007/s10236-011-0462-z (online first), 2011
- MUDERSBACH, CH. & JENSEN, J.: Non-stationary extreme value analysis of annual maximum water levels for designing structures at the German North Sea coastline. Journal of Flood Risk Management 3 (2010), 52-62, 2010
- WAHL, T., JENSEN, J. & FRANK, T.: On analyzing sea level rise in the German Bight since 1844. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 171-179, 2010
- GÖNNERT, G., JENSEN, J., VON STORCH, H., THUMM, S., WAHL, T. & WEISSE, R.: Der Meeresspiegelanstieg – Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. Die Küste, Heft 76, 2009
- KRÜGER, M., JENSEN, J. & WIELAND, J.: Vergleichende Betrachtungen zu mobilen Hochwasserschutzsystemen für den Objektschutz. WasserWirtschaft, 99. Jahrgang, Heft 12, S. 15-21, Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag, 2009
- FELDER, S., WIELAND, J. & JENSEN, J.: Wasserbauliche Modellversuche zur Sanierung des Hochwasserrückhaltebeckens Mettmanner Bach / Goldberger Teich. WasserWirtschaft, 99. Jahrgang, Heft 10, S. 34-39, Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag, 2009
- JENSEN, J.: MUSTOK - Modellgestützte Untersuchungen zu extremen Sturmflutereignissen an der deutschen Ostseeküste: Eine Einführung. Die Küste, Heft 75, 2009
- JENSEN, J., FRÖHLE, P., MAYERLE, R., MÜLLER-NAVARRA, S. & VON STORCH, H.: Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus dem Verbundprojekt MUSTOK und zukünftiger Forschungsbedarf. Die Küste, Heft 75, 2009
- MUDERSBACH, CH. & JENSEN, J. : Extremwertstatistische Analyse von historischen, beobachteten und modellierten Wasserständen an der Deutschen Ostseeküste. Die Küste, Heft 75, 2009
- JENSEN, J. & MÜLLER-NAVARRA, S.: Storm Surges on the German Coast. Die Küste, Heft 74, pp. 92-125, 2008
- MUDERSBACH, CH. & JENSEN, J.: Zur Risikoermittlung in Küstenregionen mit probabilistischen Methoden - Ein Beitrag zur Beschreibung und Bewertung. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 1. Jahrgang, Nr. 5, GFA - Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef, 2008, DOI: 10.3243/kwe2008.05.004
- JENSEN, J. & MUDERSBACH, CH.: Zeitliche Änderungen in den Wasserstandszeitreihen an den Deutschen Küsten, in: Glaser R., Schenk, W., Vogt, J., Wießner, R., Zepp, H. & Wardenga, U. (Hrsg.), Berichte zur Deutschen Landeskunde. Themenheft: Küstenszenarien, Band 81, Heft 2, S. 99-112, Selbstverlag Deutsche Akademie für Landeskunde e.V., Leipzig, 2007
- JENSEN, J., MUDERSBACH, CH., MÜLLER-NAVARRA, S., BORK, I., KOZIAR, CH. & RENNER, V.: Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der Deutschen Nordseeküste. Die Küste, Heft 71, 2006
- JENSEN, J. & FRANK, T.: Abschätzung von Sturmflutwasserständen mit sehr kleinen Überschreitungswahrscheinlichkeiten. Die Küste, Heft 67, 2003
- SIEFERT, W. & JENSEN, J.: Mean Sea Level at the German Coast. Marine Geodesy (Vol. 16), Taylor & Francis, 1993
- JENSEN, J., HOFSTEDE, J., KUNZ, H., DE RONDE, J., HEINEN, P. & SIEFERT, W.: Long Term Water Level Observations and Variations. Coastal Zone '93, Special Volume "Coastlines of the Southern North Sea", 1993
- JENSEN, J., MÜGGE, H.-E. & SCHÖNFELD, W.: Analyse der Wasserstandsentwicklung und Tidedynamik in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 53, 1992

# Veröffentlichungen (>60, peer reviewed)

SCHÖNFELD, W. & JENSEN, J.: Anwendung der Hauptkomponentenanalyse auf Wasser-standszeitreihen von deutschen Nordseepegeln. Die Küste, Heft 52, 1991

MÜGGE, H.-E. & JENSEN, J.: Untersuchungen zum Pegelstandort Büsum. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen DGM, 35. Jahrgang, Heft 1, 1991

JENSEN, J. & TÖPPE, A.: Untersuchungen über Sturmfluten an der Ostsee unter spezieller Berücksichtigung des Pegels Travemünde. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen DGM, 34. Jahrgang, Heft 1/2, 1990

FÜHRBÖTER, A., JENSEN, J., SCHULZE, M. & TÖPPE, A.: Sturmflutwahrscheinlichkeiten an der deutschen Nordseeküste nach verschiedenen Anpassungsfunktionen und Zeitreihen. Die Küste, Heft 47, 1988

JENSEN, J., MÜGGE, H.-E. & VISSCHER, G.: Untersuchungen zur Wasserstandsentwicklung in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 47, 1988

JENSEN, J. & TÖPPE, A.: Zusammenstellung und Auswertung von Originalaufzeichnungen des Pegels Travemünde/Ostsee ab 1826. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen DGM, 30. Jahrgang, Heft 4, 1986

FÜHRBÖTER, A. & JENSEN, J.: Säkularänderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 42, 1985