



Analyse der beobachteten Tidedynamik in der Nordsee

ALADYN-A

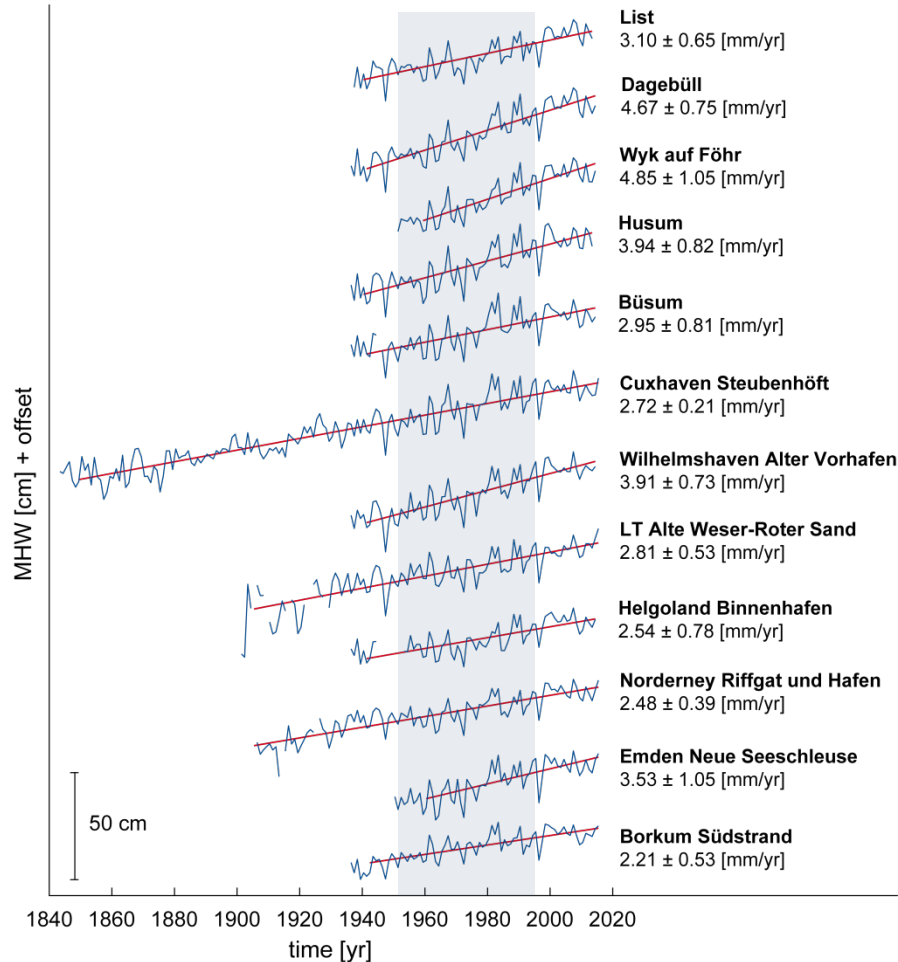
Arne Arns, Andra Ebener, Leon Jänicke, Sönke Dangendorf & Jürgen Jensen

Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)

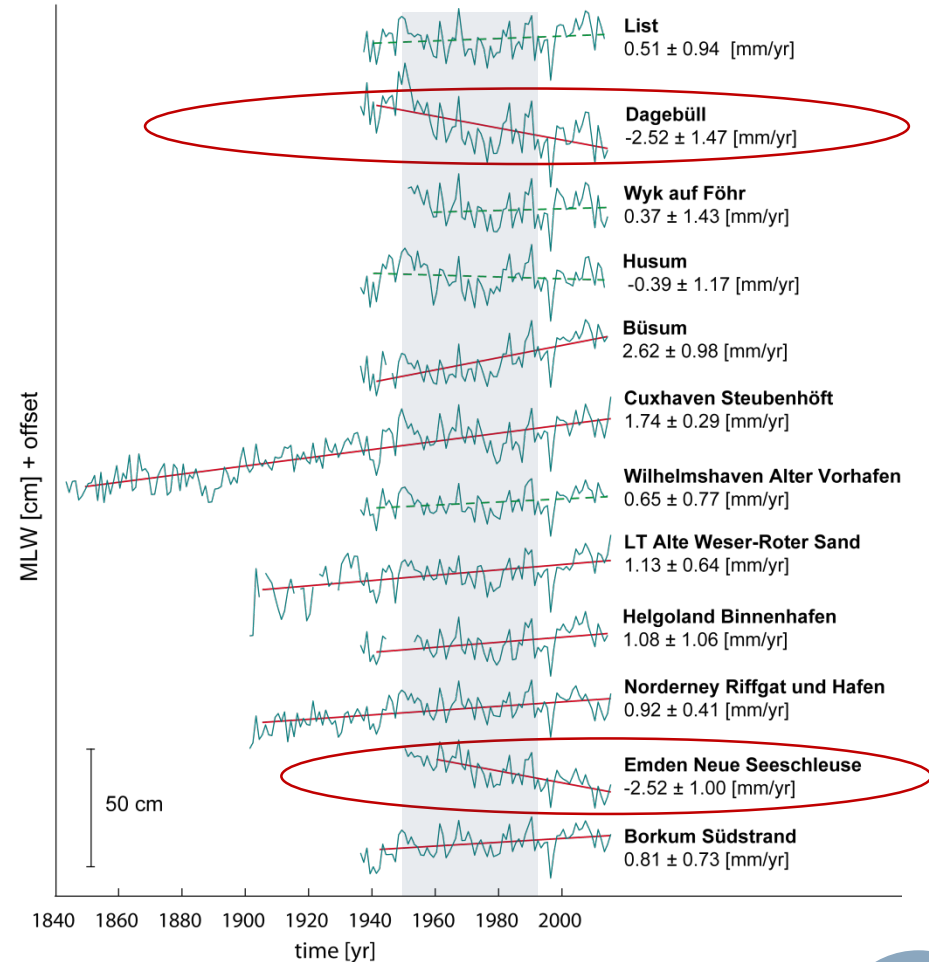
Beobachtete Entwicklung



Development of the MHW along the German Bight



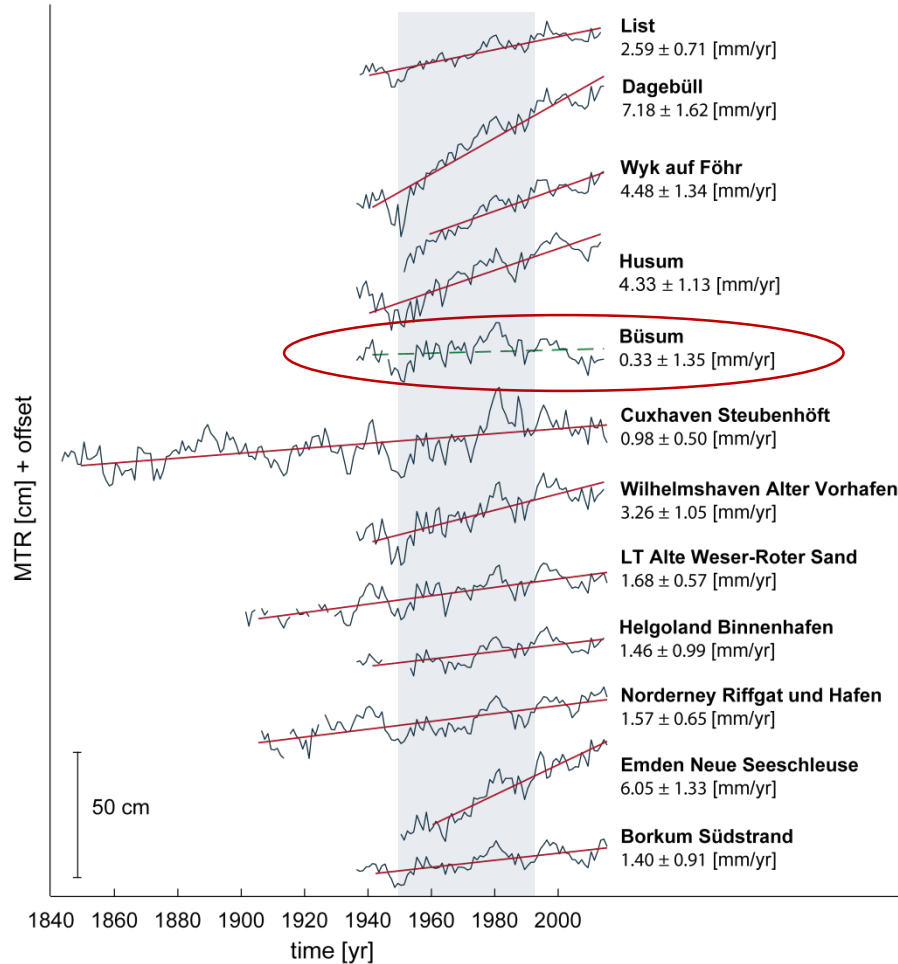
Development of the MLW along the German Bight



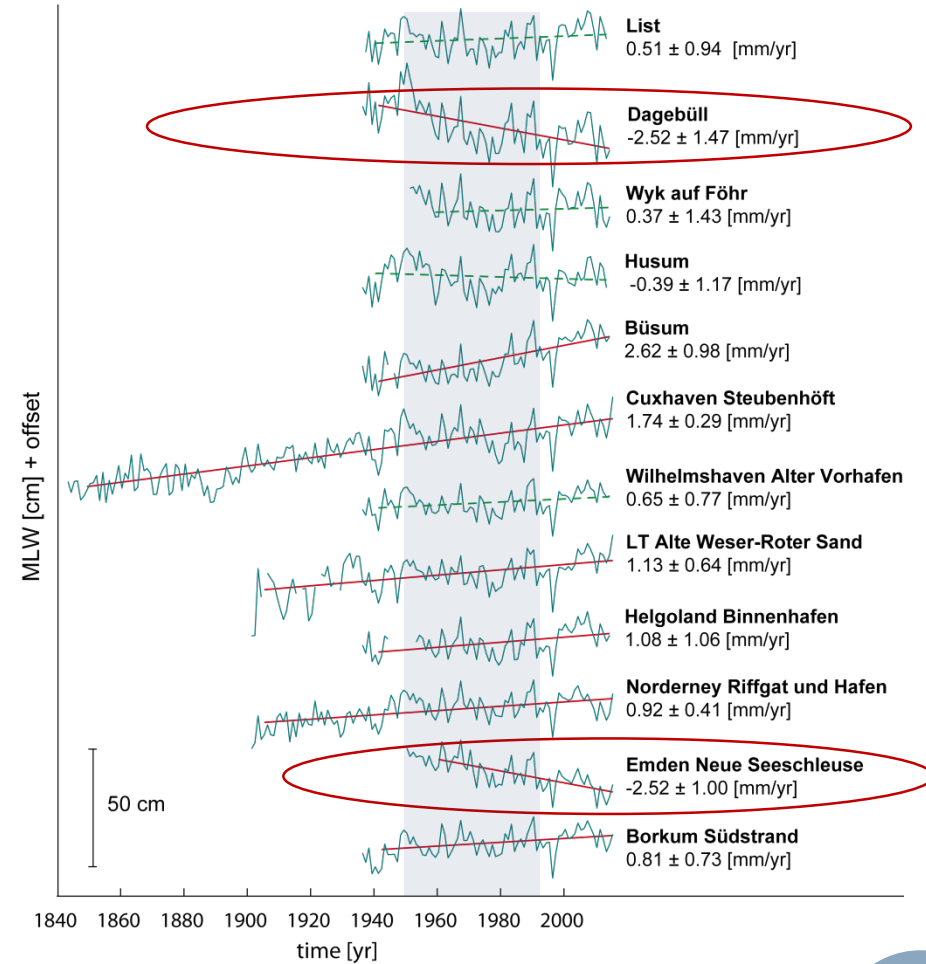


Beobachtete Entwicklung

Development of the MTR along the German Bight



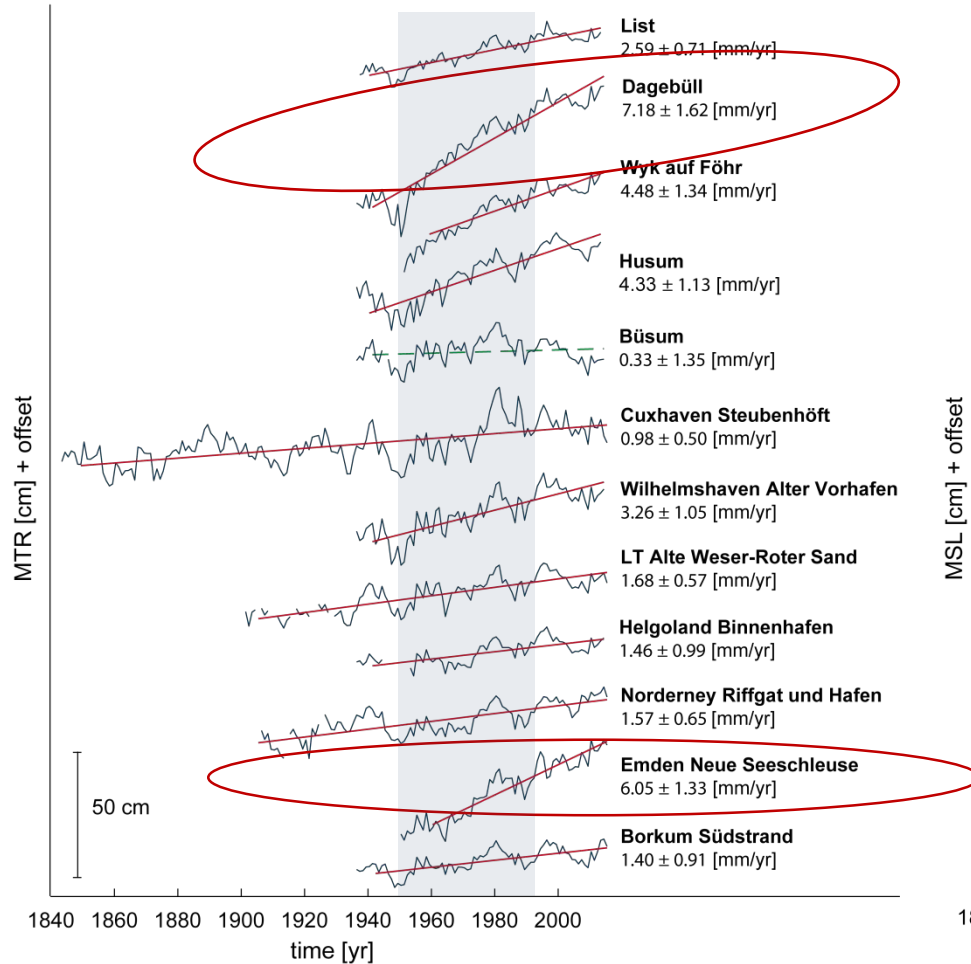
Development of the MLW along the German Bight



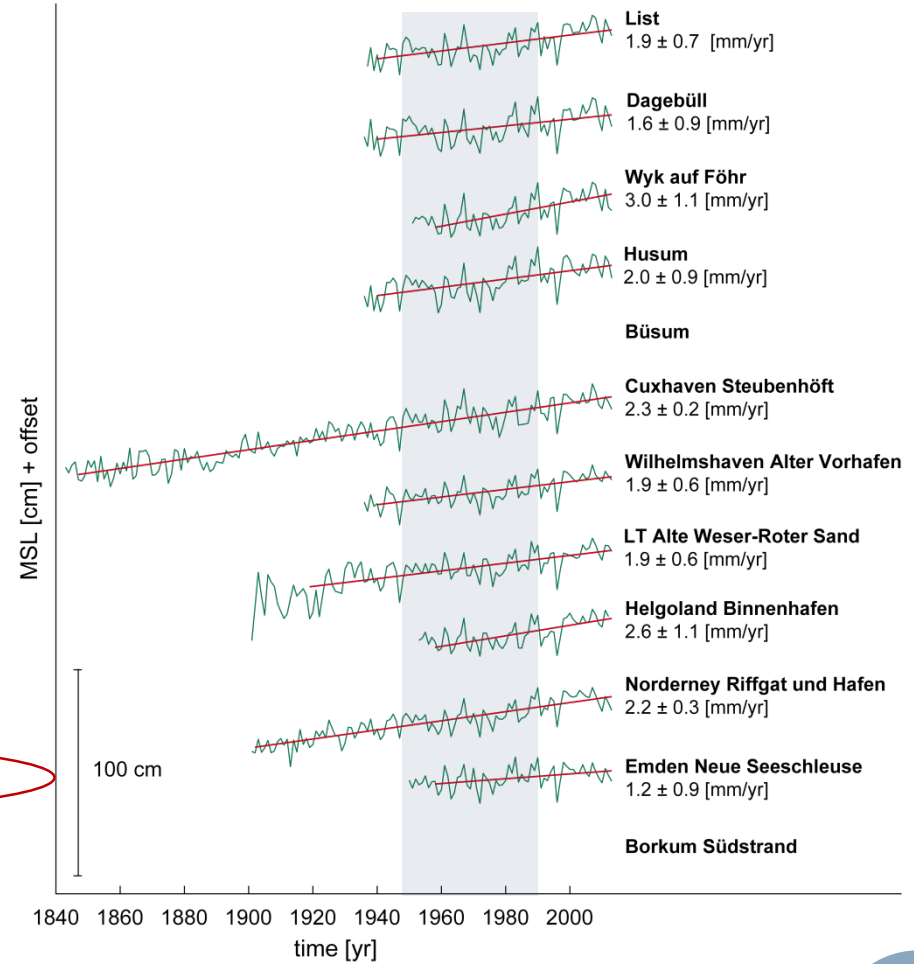
Lokale Unterschiede

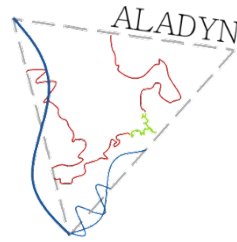


Development of the MTR along the German Bight



Development of the MSL along the German Bight





Numerische Sensitivitätsstudie zu Tideänderungen

Mean storm tide at western Pellworm **reduced by SLR**

- Simulation von 75 „Sturmfluten“ seit 1970
- Simulation extremer Wasserstände
- Dynamische Kopplung von Wasserstand und Seegang
- Anstieg des mittleren Meeresspiegels (SLR) unter Berücksichtigung von

RCP4.5: +54 cm SLR

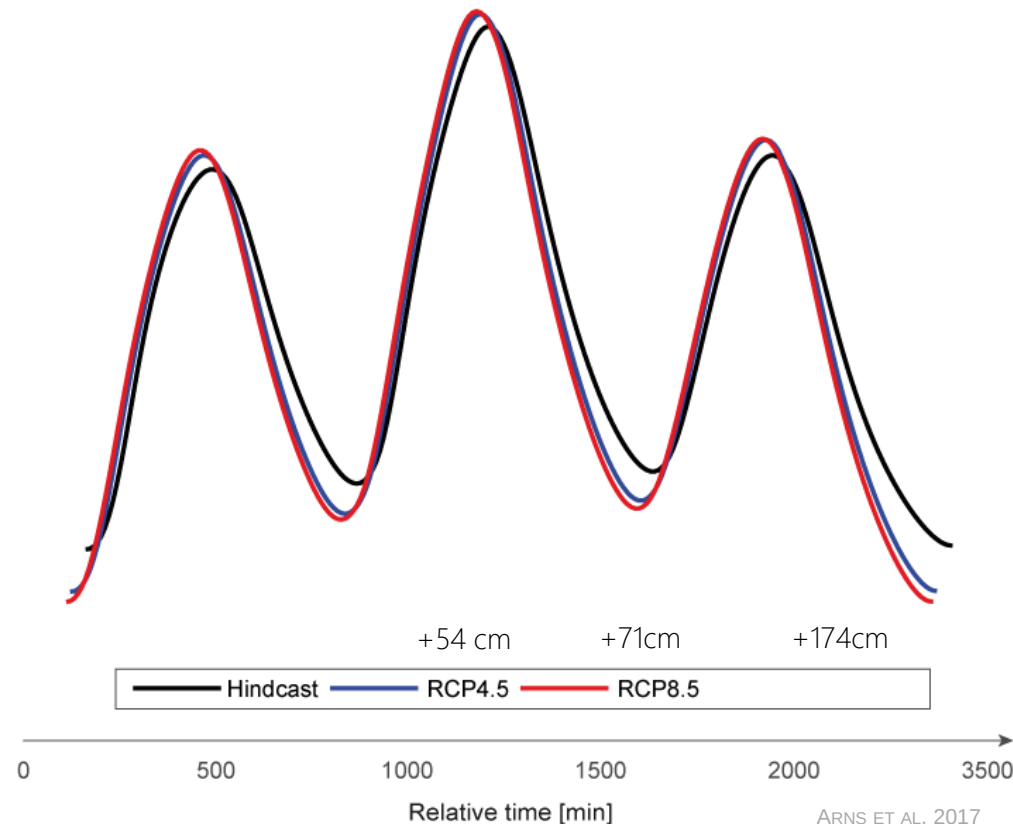
RCP8.5: +71 cm SLR

RCP8.5 HE: +174 cm SLR

- A-B Vergleich, mit

A = Hindcast

B = Projektionen



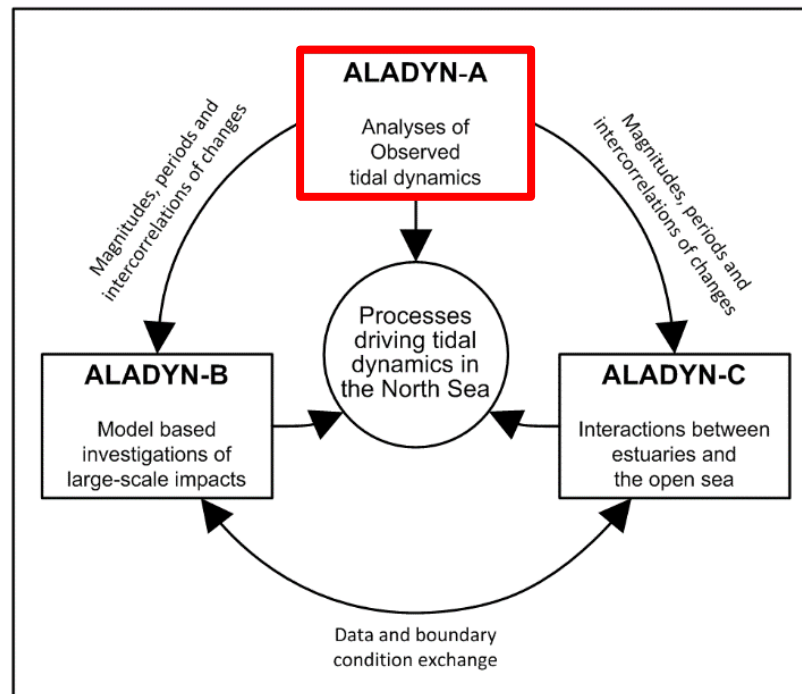
ARNS ET AL. 2017

- *“Ocean tides have experienced large-scale changes over the past century, in concert with regionally variable global mean sea level (MSL) rise” (Devlin et al., 2018)*



Übergeordnete Forschungsfrage

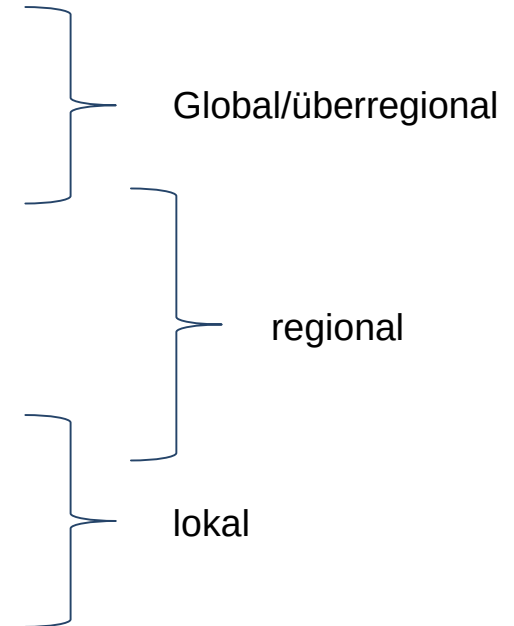
- Wie lassen sich die beobachteten Änderungen in der Tidedynamik an der Deutschen Nordseeküste ganzheitlich erklären?



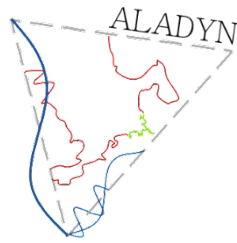


Tideänderungen (anteilig)

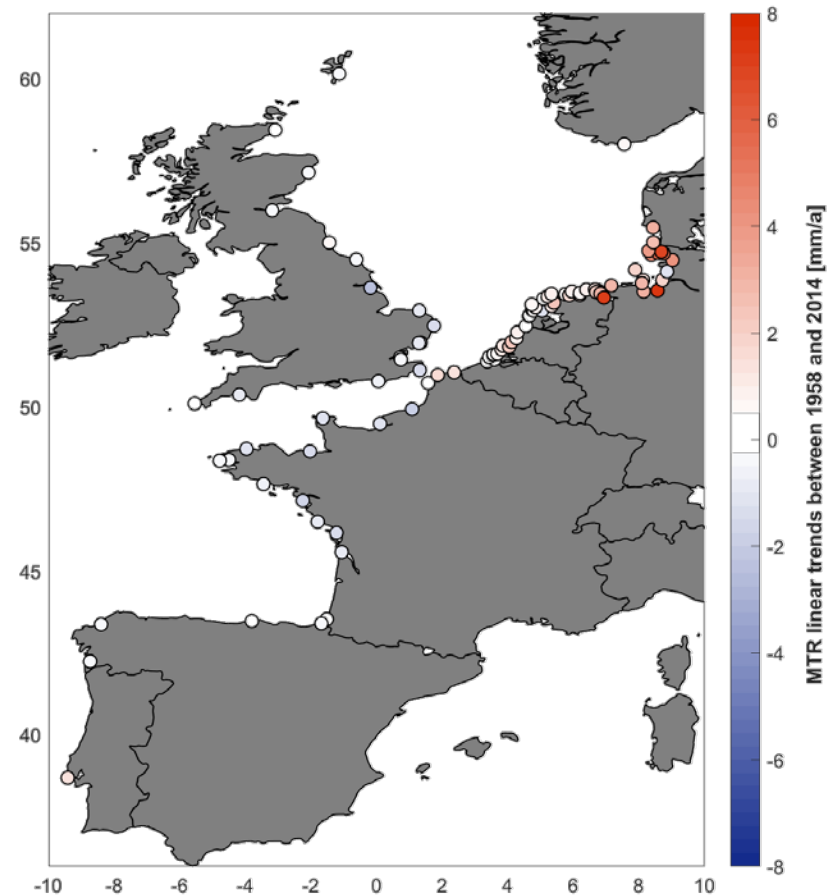
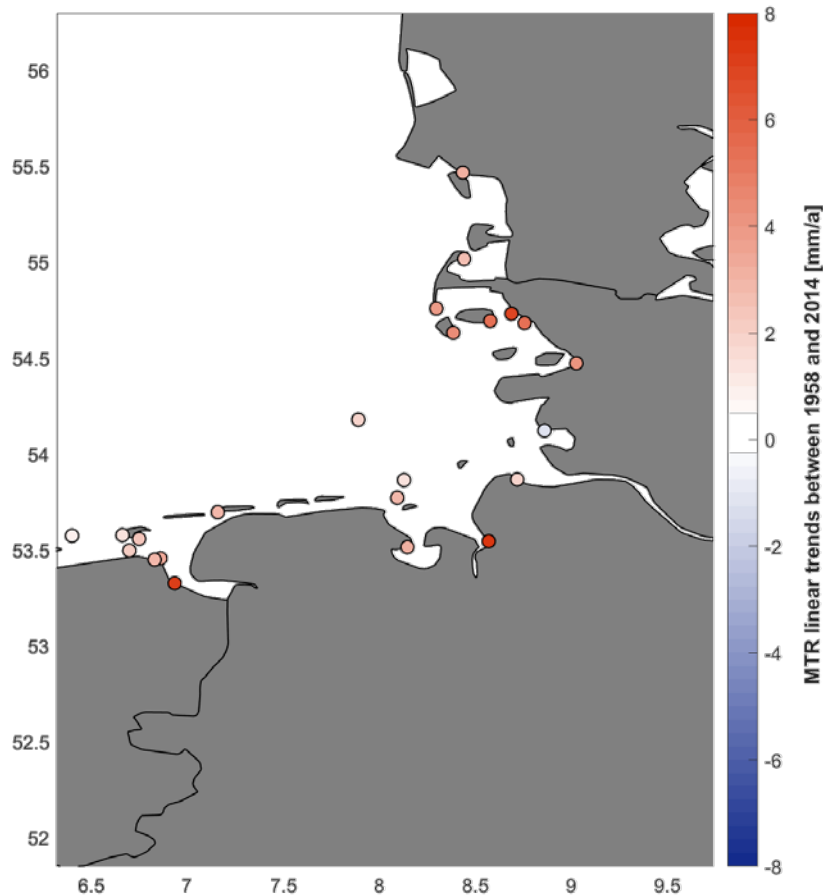
- Langfristige Änderungen des mittleren Meeresspiegels
- Langfristige Änderungen im globalen Gezeitenregime
- Änderungen im Windklima und Luftdruckfeldern
- Verschiebung der amphidromischen Punkte (Ursache <-> Wirkung)
- Gestalt des Nordseebeckens (inkl. Flussmündungen und Wattenmeer)
- Änderungen in der Bathymetrie
- Baumaßnahmen entlang der Küste und den Ästuaren
- u.v.m.



- *Arns et al. (2017)*
- *Arns et al. (2015)*



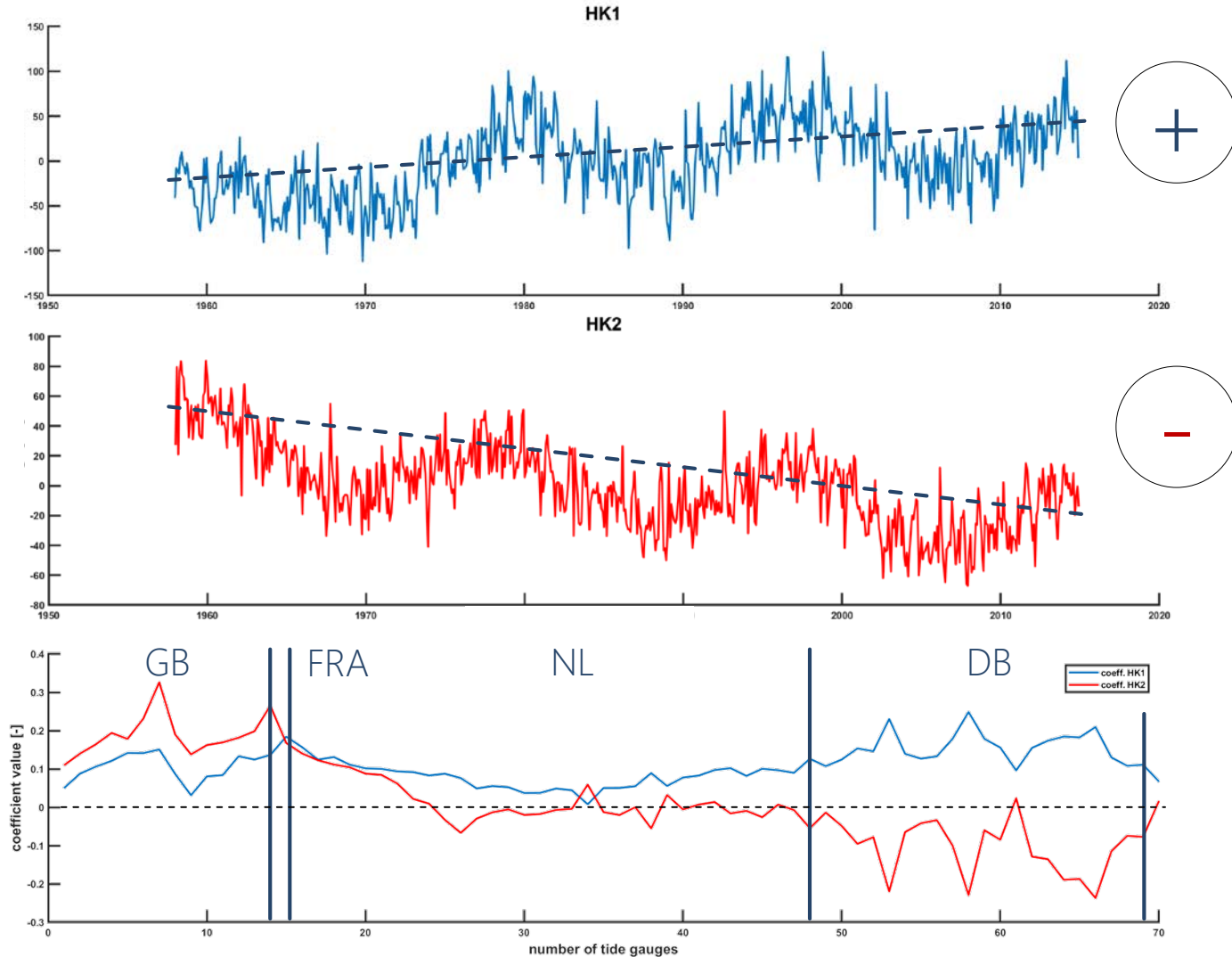
Lokale/regionale/globale Charakteristiken überlagern sich





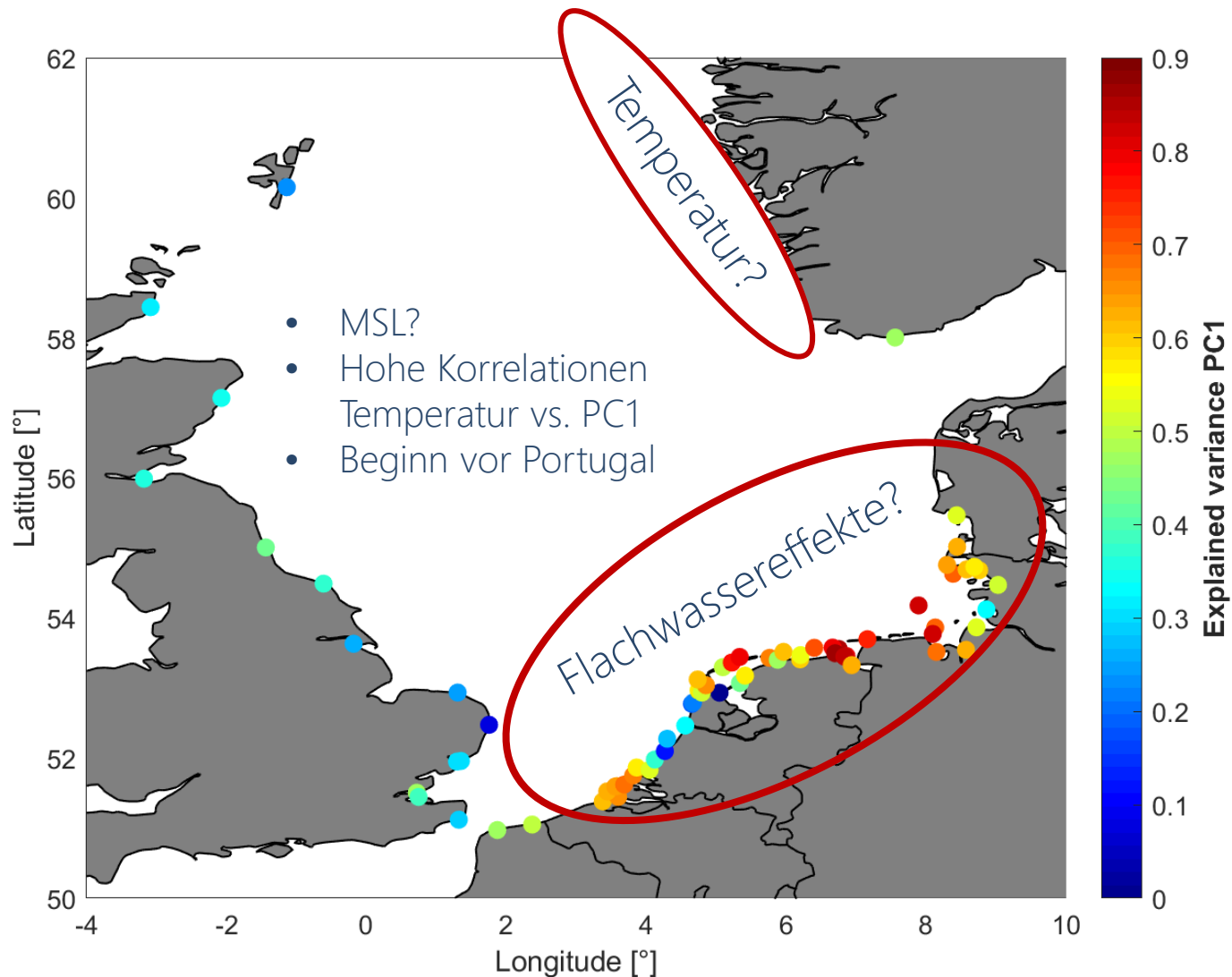
Gibt es ein gemeinsames Signal in der Nordsee?

~80%



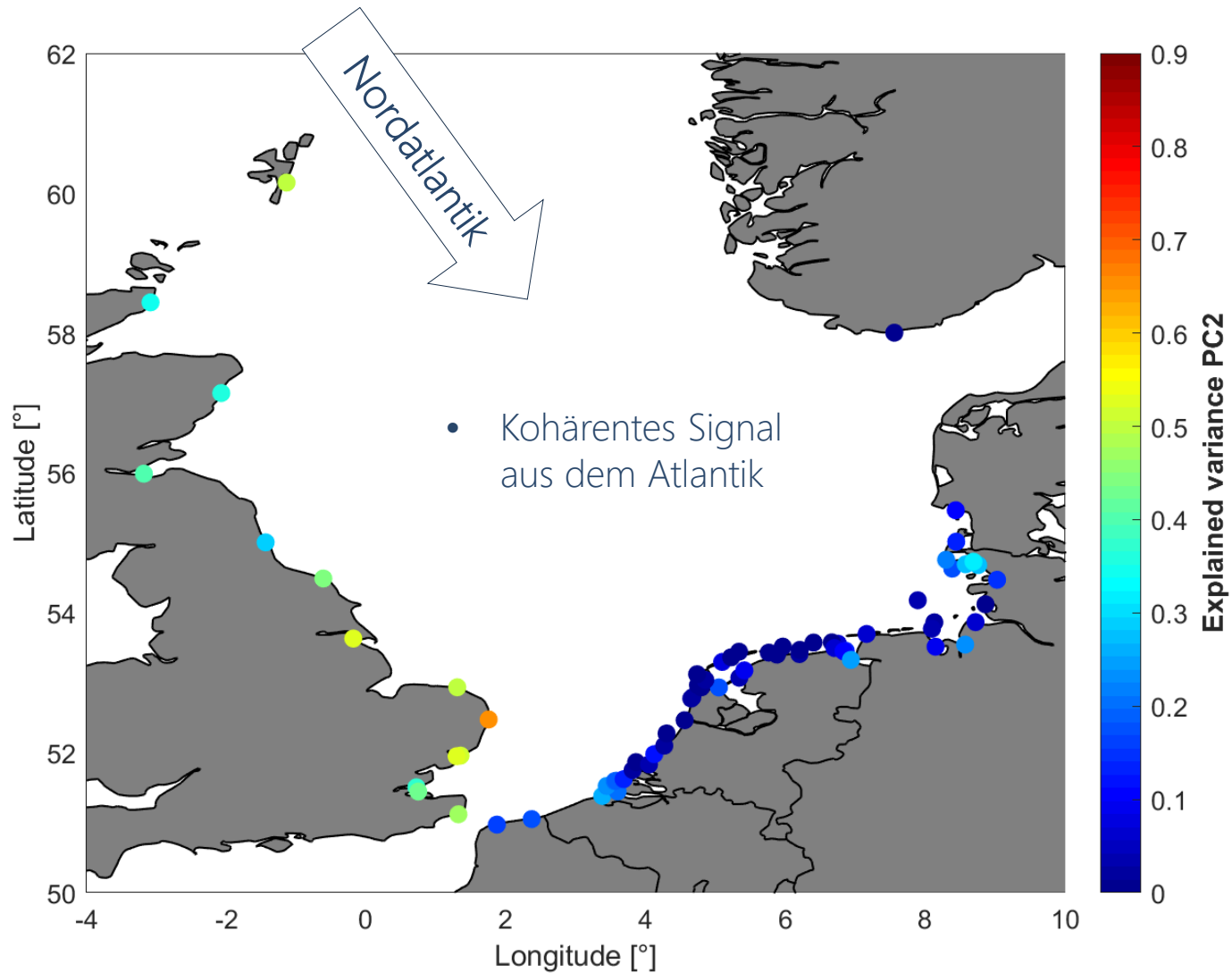


Regionale Ausprägung/Antwort, globale Ursache?



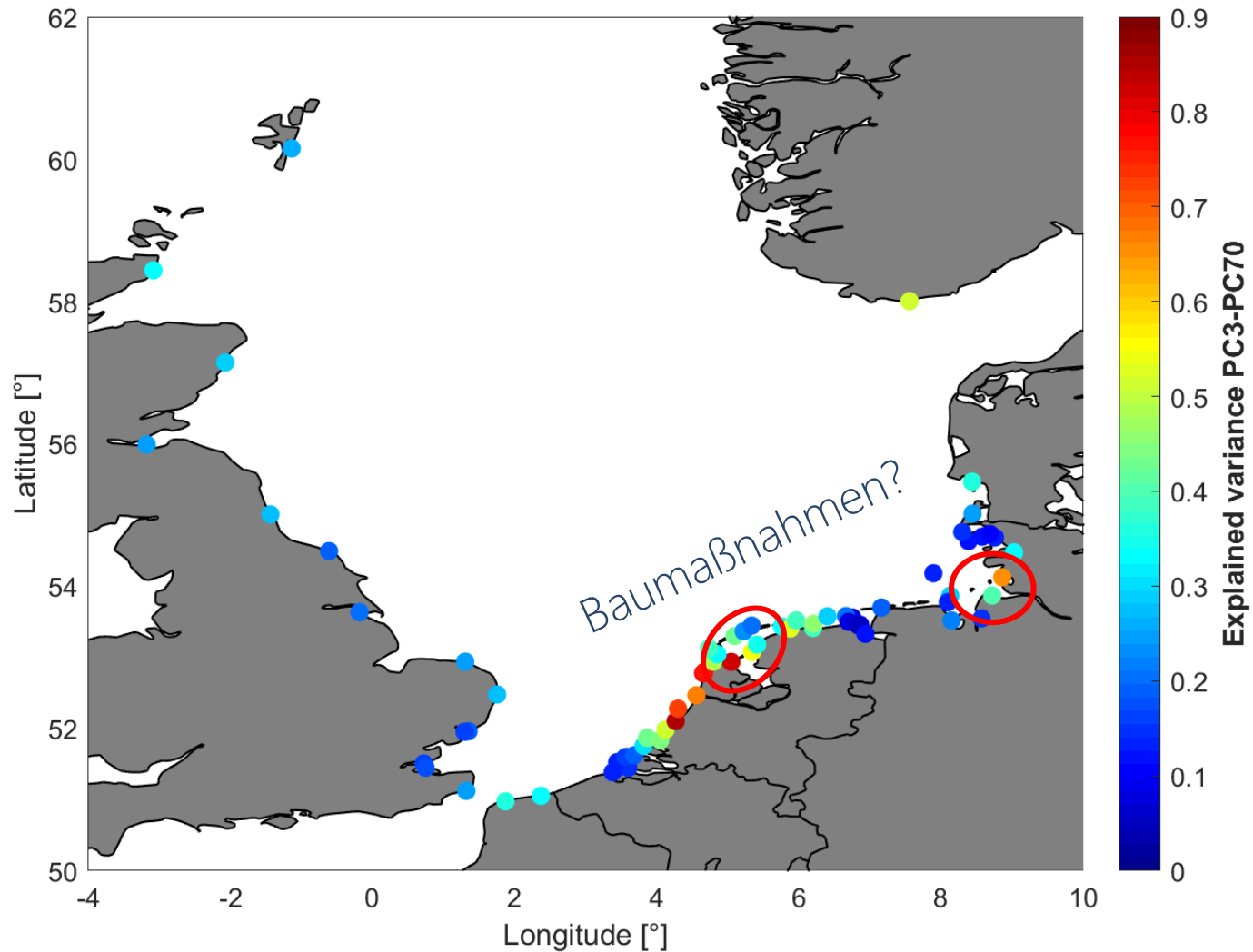


Gesamte Nordsee, globale Ursache?



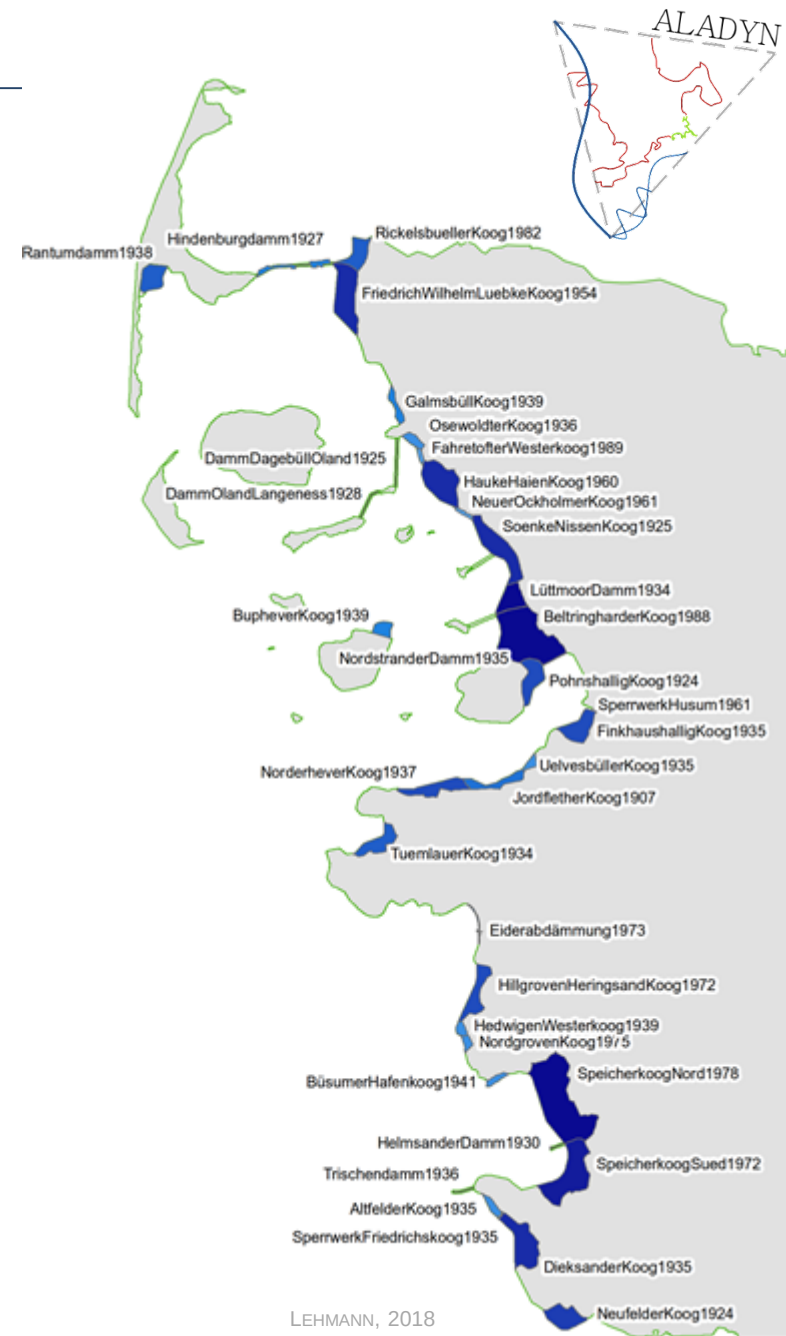


Lokal stark ausgeprägt, lokale Ursache?



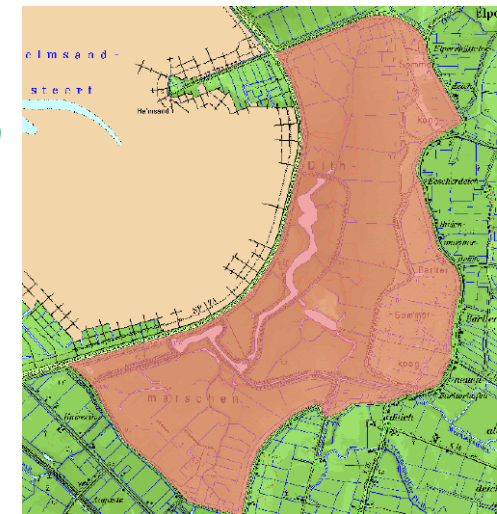
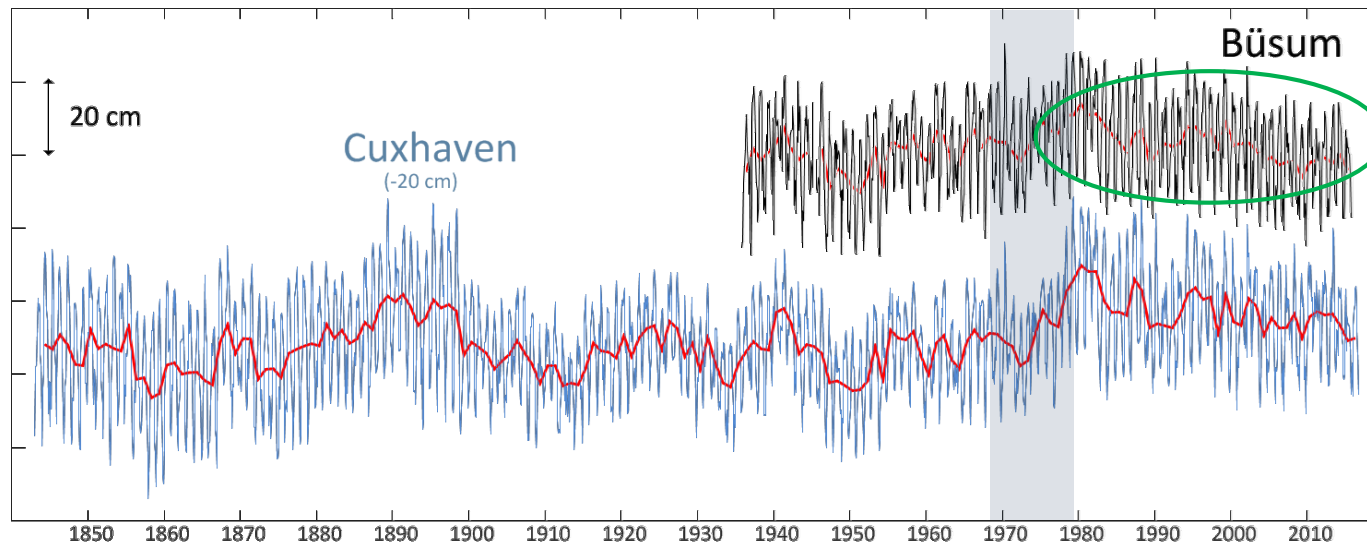
Baumaßnahmenkatalog

- Seit 1900: vielzählige Baumaßnahmen an der Küste von Schleswig-Holstein
- Konsequenz: Veränderungen der Küstenlinie / Form
- Typische Baumaßnahmen:
 - Eindeichung der Vorländer
 - Bau von Dämmen
 - Bau von Sperrwerken
- Bekannte Eckdaten der Maßnahmen:
 - Baujahr
 - Deichkronenhöhe
 - Küstenlänge (Veränderung)
 - Fläche



Meldorfer Bucht

- Eindeichung der Meldorfer Bucht
 - Bauzeit: 1969 – 1978
 - Reduzierung der Deichlinie
 - Reduzierung des Tidevolumens
- 8,8 Meter hoher Deich
- 14,8 km langer Deich (im Kernbereich der Bucht)

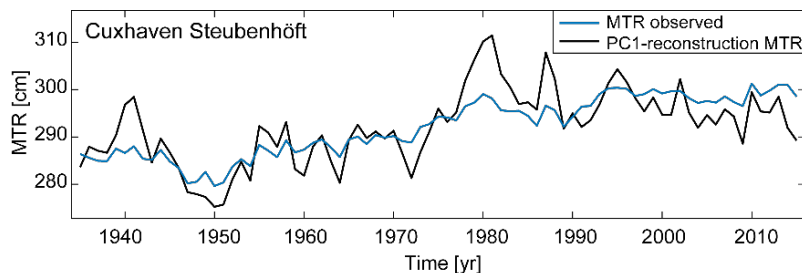


LEHMANN, 2018

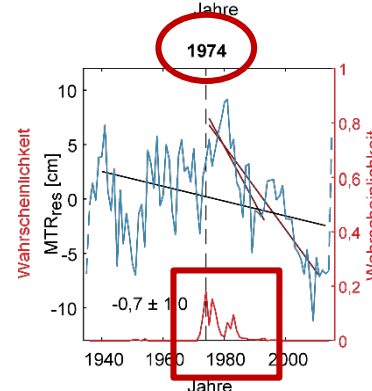
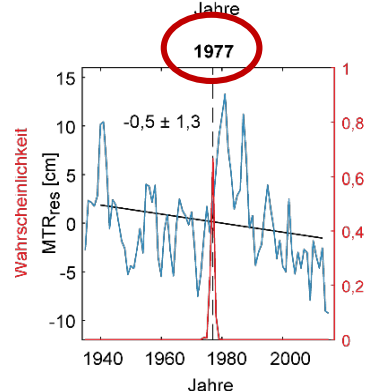
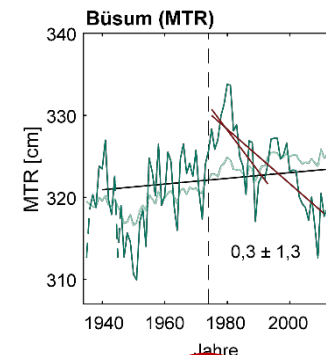
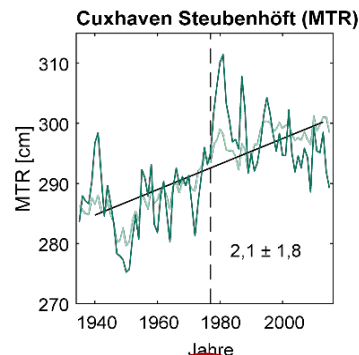
Bruchpunktanalyse

- Bayesian Change Point Algorithm
- Analyse der Residualzeitreihe

$$MThb_{\text{residual},i} = MThb_{\text{beobachtet},i} - PC1_{MThb,i}$$



Eindeichung Meldorfer Bucht 1969 – 1978



Number of change points	Posterior Probability	
	Büsum	Cuxhaven Steubenhöft
0	0.0000	0.0094
1	0.9866	0.9902
2	0.0133	0.0004
3	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000



- Die Tidedynamik ist bislang nicht vollständig verstanden
- Weltweit erste Separierung von Einflüssen auf die Tidedynamik in einem zusammenhängenden System
- Veränderungen der Tidedynamik als Antwort auf globale, regionale und lokale Einflüsse
- Die Ausprägung ist lokal stark unterschiedlich
- Tidedynamik wird beeinflusst von:
 - Meeresspiegeländerungen
 - Baumaßnahmen
 - Ozeantemperatur
 - ...
- Finaler Nachweis und Budgetierung der Einzelkomponenten steht noch aus

Fragen oder Anregungen?

Dr.-Ing. Arne Arns
Andra Ebener, M. Sc.
Leon Jänicke, M. Sc.
Dr.-Ing. Sönke Dangendorf
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen

Universität Siegen
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)
Paul-Bonatz-Str. 9-11
57076 Siegen

juergen.jensen@uni-siegen.de
www.fwu.uni-siegen.de/wb/





Arns, Arne; Dangendorf, Sönke; Jensen, Jürgen; Talke, Stefan; Bender, Jens & Pattiaratchi, Charitha B. (2017): *Sea-level rise induced amplification of coastal protection design heights*. *Nature Scientific Reports* 7. DOI: 10.1038/srep40171.

Arns, Arne; Wahl, Thomas; Dangendorf, Sönke & Jensen, Jürgen (2015): *The impact of sea level rise on storm surge water levels in the northern part of the German Bight*. *Coastal Engineering* 96, S. 118–131. DOI: 10.1016/j.coastaleng.2014.12.002.

Devlin, Adam T., Pan, Jiayi, & Lin, Hui (2019): *Extended spectral analysis of tidal variability in the North Atlantic Ocean*. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124. <https://doi.org/10.1029/2018JC014694>.

Jänicke, Leon; Dangendorf, Sönke; Arns, Arne & Jensen, Jürgen (2018): *Assessing 20th century tidal range changes in the North Sea*. ALADYN-Workshop 2018. Hamburg, 2018.

Lehmann, Christopher (2018): *Baumaßnahmen an der Westküste Schleswig-Holsteins seit 1900; Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH); 2018*.

Niederländische Küste



Abb. 7: Geographic description of Afsluitdijk and influenced tide gauges. (TIDEDYN; JÄNICKE ET AL., 2018)

Niederländische Küste

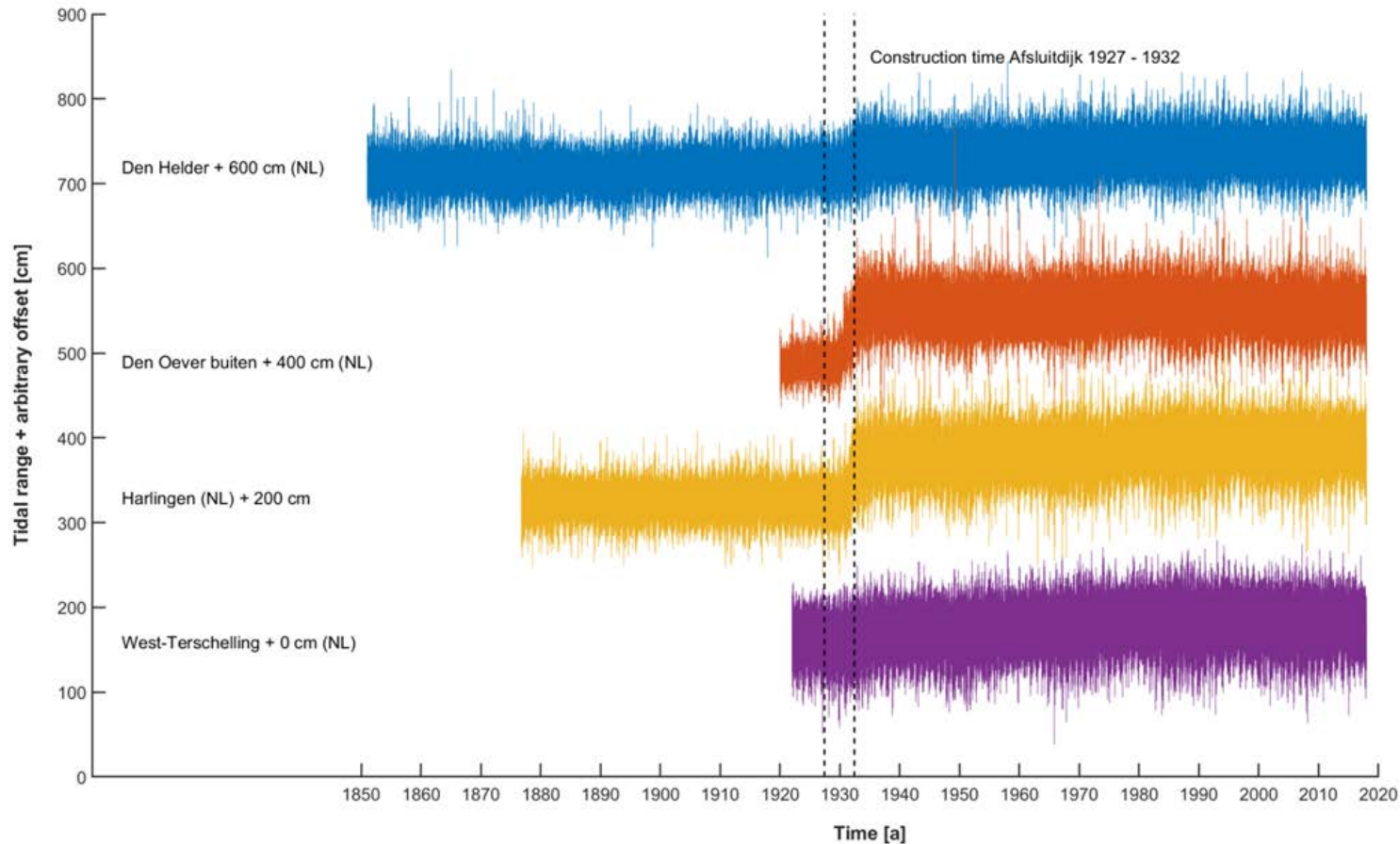


Abb. 8: Comparison of the tidal range values of the tide gauges Den Helder, Den Oever buiten, Harlingen and West-Terschelling (all NL). (TIDEDYN; JÄNICKE ET AL., 2018)