Regionalisierung von globalen Klimaänderungsszenarien

Ändert sich die Sturmflutstatistik der Nordseeküste in Folge zunehmender Treibhausgaskonzentration ?

Katja Woth, 9.11.2006, Hamburg

Übersicht:

Emissions-Szenarien

Annahme: weiterer Anstieg der (globalen) Treibhausgaskonzentrationen

Methode zur Regionalisierung von Klimaänderungsprojektionen

Ergebnisse der Regionalisierungsstudien:

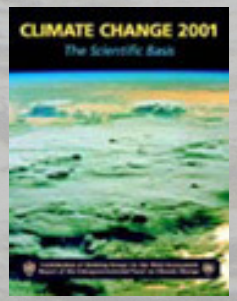
- Mögliche Zukünfte sturmbedingter Wasserstände entlang der Nordseeküste
- Mögliche Zukünfte sturmbedingter Wasserstände konkretisiert für Hamburg, St Pauli

Zusammenfassung und Bewertung

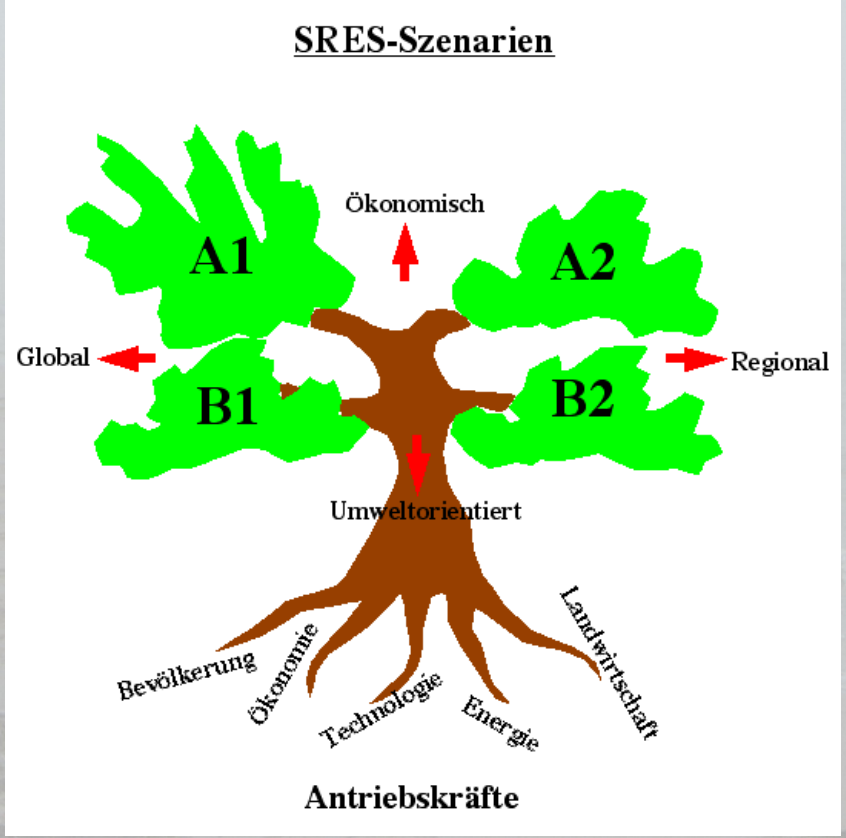
Szenarien = 'story-lines'. Das heisst: plausible, konsistente, mögliche aber nicht notwendigerweise wahrscheinliche Zukünfte

"SRES Szenarien'

SRES = IPCC Special Report on Emission Scenarios



IPCC, 2001



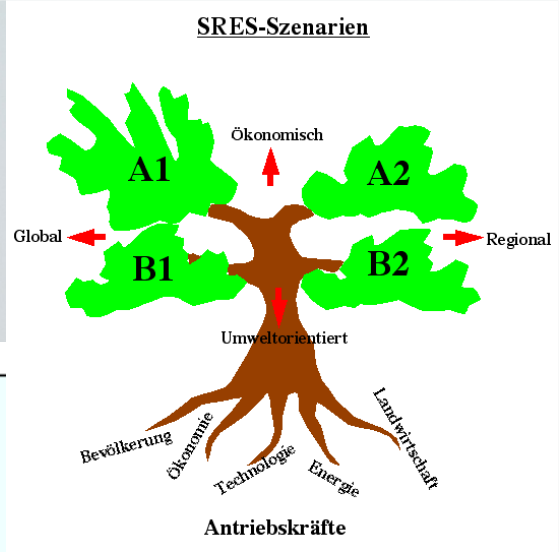
A2

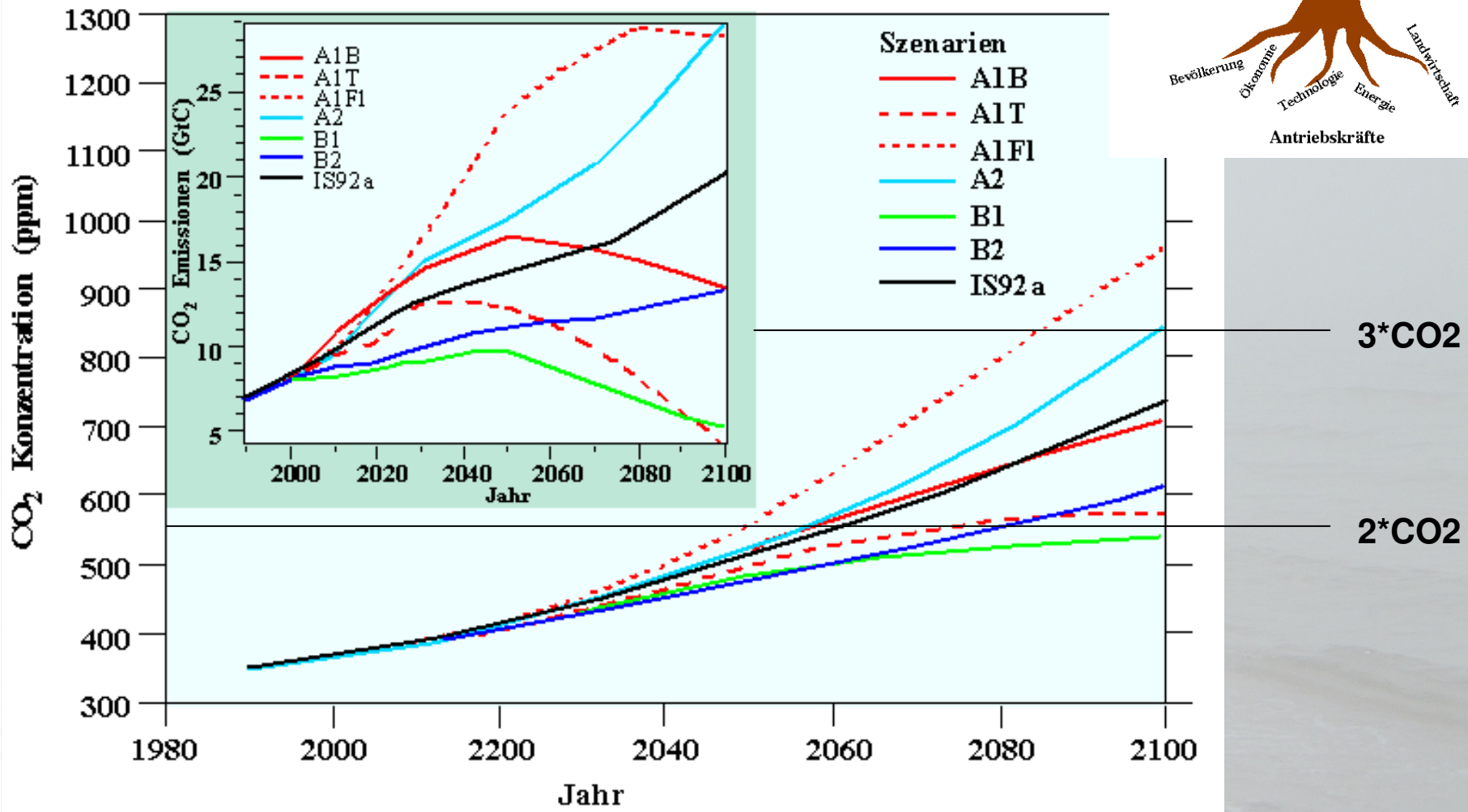
Eine sehr heterogene Welt, Bewahrung lokaler Identitäten, starkes Bev. Wachstum, technologischer Wandel langsamer als in A1

B2

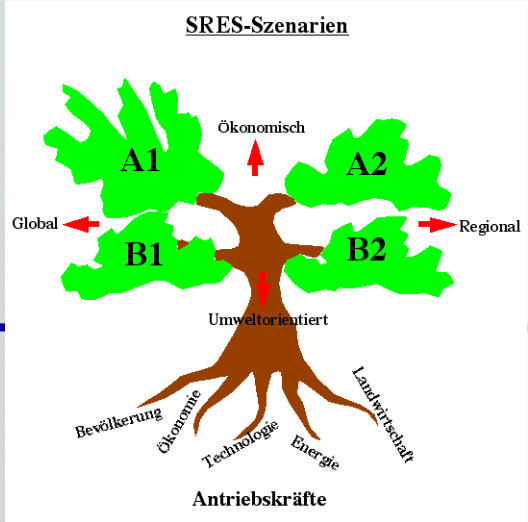
Eine Welt mit dem Ziel ökolog., wirtschaftl. und sozialer Nachhaltigkeit aber Lösungen auf lokalem Niveau.

Emission und atmosphärische Konzentration von CO2: 1990 - 2100 (Future Scenarios)

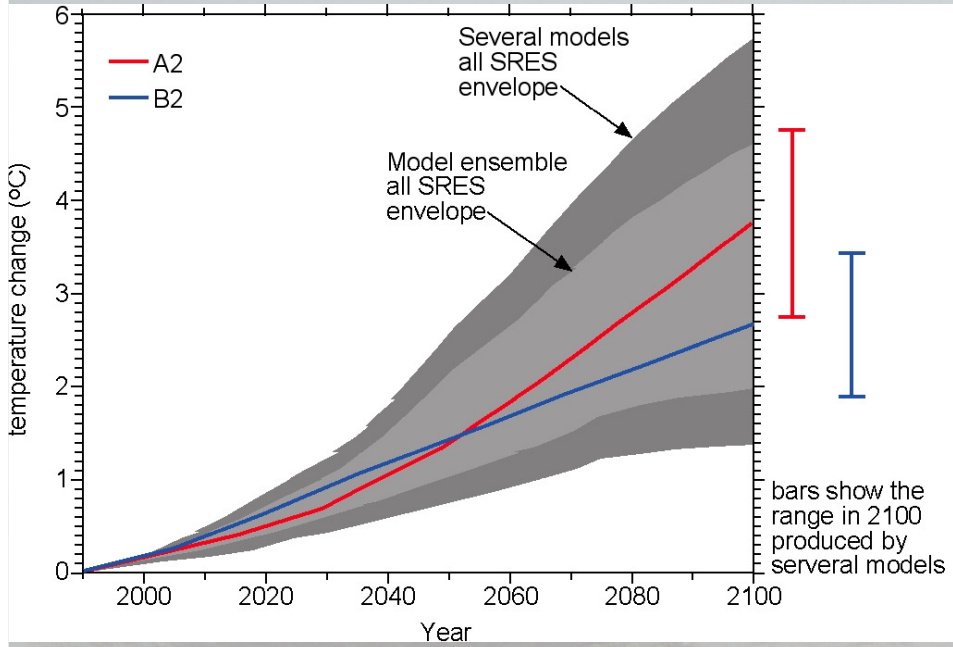




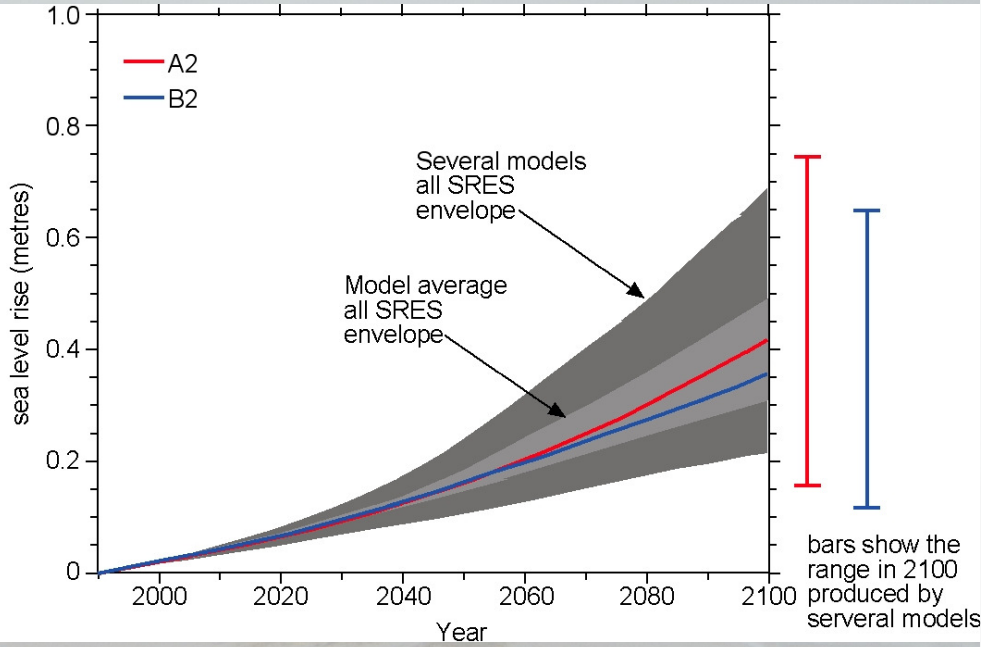
"SRES" Scenarios: globaler Temperaturanstieg und Meeres-spiegelanstieg infolge thermischer Expansion



Für die Zukunft projizierte Temperaturzunahme [C°] (IPCC, 2001)



Für die Zukunft projizierte Anstieg des Meeresspiegels [m] (IPCC, 2001)



Übersicht:

Emissions-Szenarien

Annahme: weiterer Anstieg der (globalen) Treibhausgaskonzentrationen

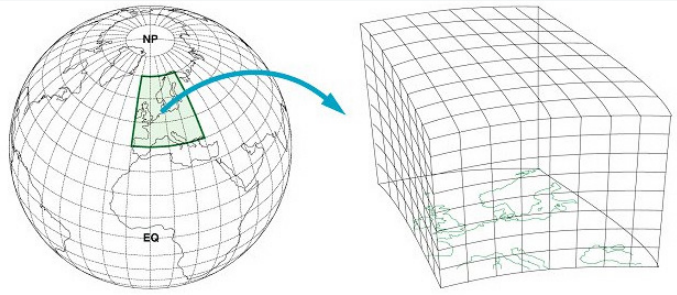
Methode zur Regionalisierung von Klimaänderungsprojektionen

Ergebnisse der Regionalisierungsstudien:

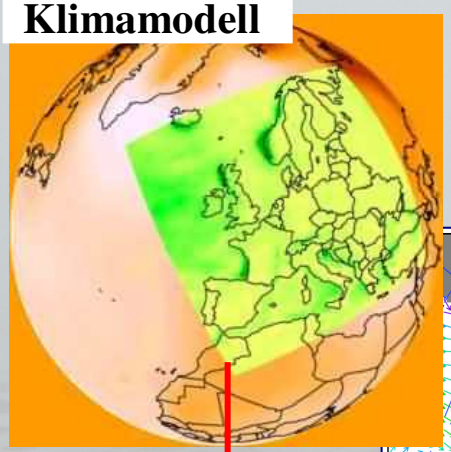
- Mögliche Zukünfte sturmbedingter Wasserstände entlang der Nordseeküste
- Mögliche Zukünfte sturmbedingter Wasserstände konkretisiert für Hamburg, St Pauli

Zusammenfassung und Bewertung

Modellkette zur Regionalisierung globaler Emissionsszenarien:

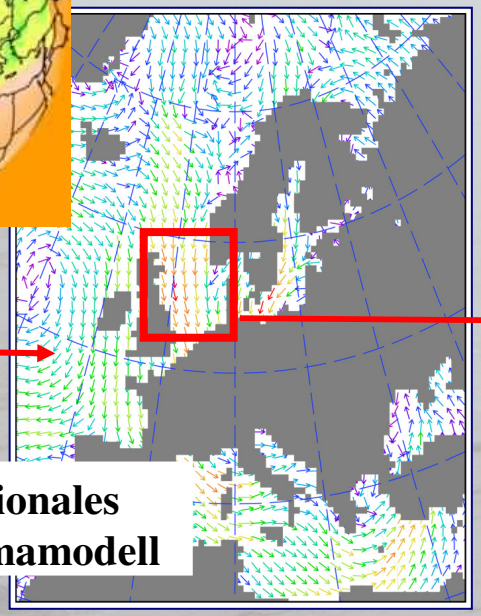


Globales Klimamodell



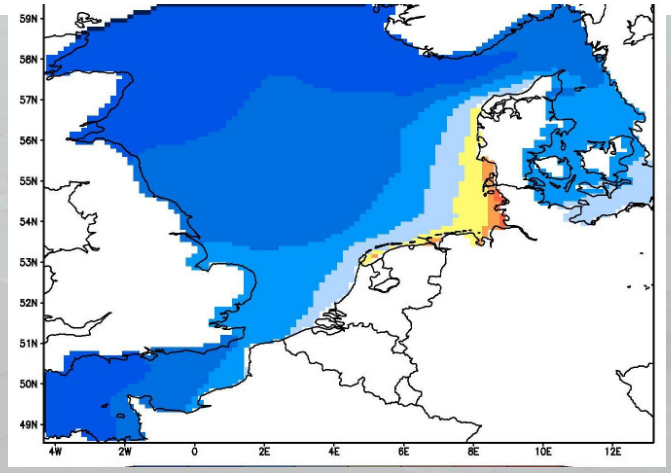
jetziges Klima

Klima-Szenarien



Regionales Klimamodell

Lokales hydrodynamisches Modell: Luftdruck und Windverhältnisse über der Nordsee bestimmen lokalen Wasserstand / Stauhöhe



Experimente

CTL: 1961 – 1990;
A2 / **B2**: 2071 – 2100

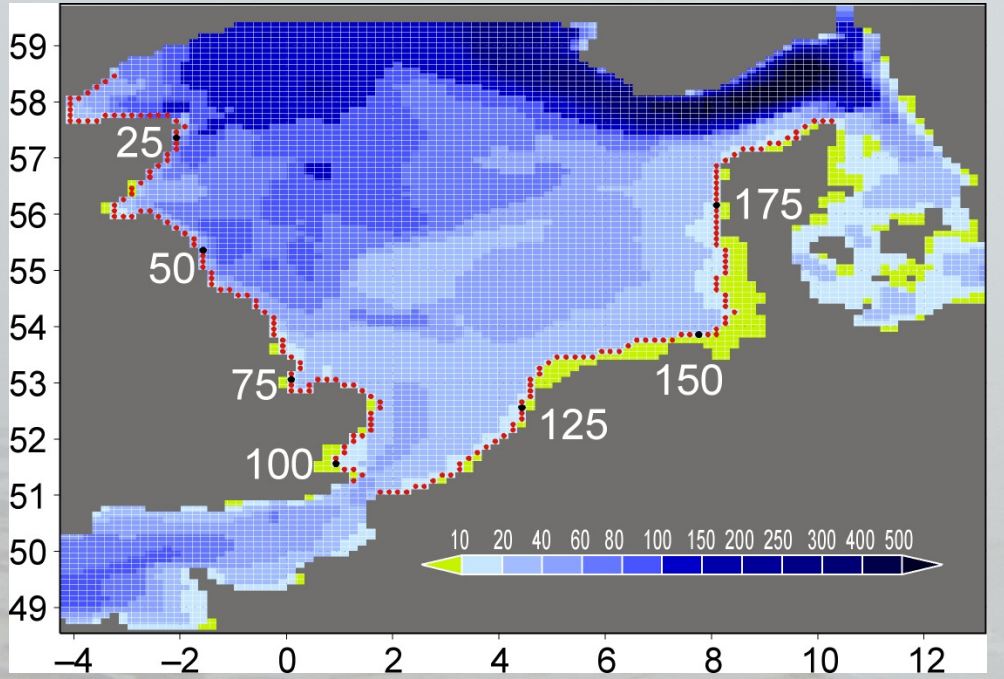
Globale Klimamodelle		Regionale Klimamodelle			
HadAM3H	→	RCAO_A2	} + CTL	→	meteorologischer Antrieb für regionales Wasserstands-modell (TRIMGEO)
	→	RCAO_B2		→	
	→	HIRHAM_A2	+ CTL	→	
	→	REMO5_A2	+ CTL	→	
	→	CLM_A2	+ CTL	→	
ECHAM4/ OPYC3	→	RCAO_A2	} + CTL	→	
	→	RCAO_B2		→	

+ hindcast 1958 - 2002 mit regionalisierten NCEP Reanalysen angetrieben
(Fehler in Partial-tide, deshalb nur für Klima-statistische Analysen geeignet)

HIRHAM from DMI; RCAO from SMHI; CLM from GKSS; REMO from MPI

Das hydrodynamische Modell

TRIMGEO (Tidal Residual and Intertidal Mudflat, Casulli & Catani, 1994)



6’ geogr. Breite und 10’ geogr. Länge

-> ~ 10 km * 10 km Gitterboxen (Analysen: 10 m Tiefenlinie)

Modell ‚set-up‘:

⇒ **2D / barotrop**

⇒ **Vorgabe von Partialtiden an den offenen Rändern**

⇒ **Bedingungen am unteren/oberen Modellrand: Windschub, Luftdruck und Bodenreibung**

⇒ **Frischwasser Zufluss aus Ostsee**

NICHT berücksichtigt wurden:

⇒ **Anstieg im mittleren Wasserspiegel**

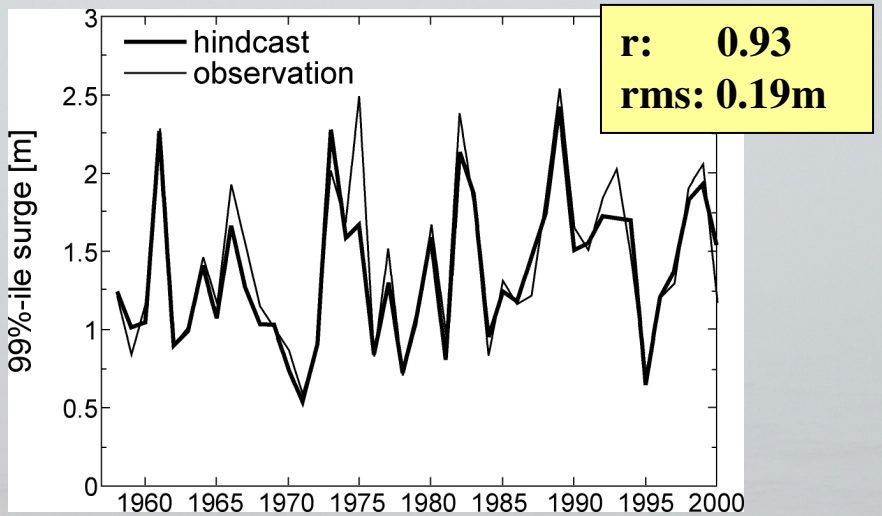
⇒ **‚external surges’**

Gezeitenlauf (Tide) wird abgezogen von Gesamtwasserstand => Stau / surge

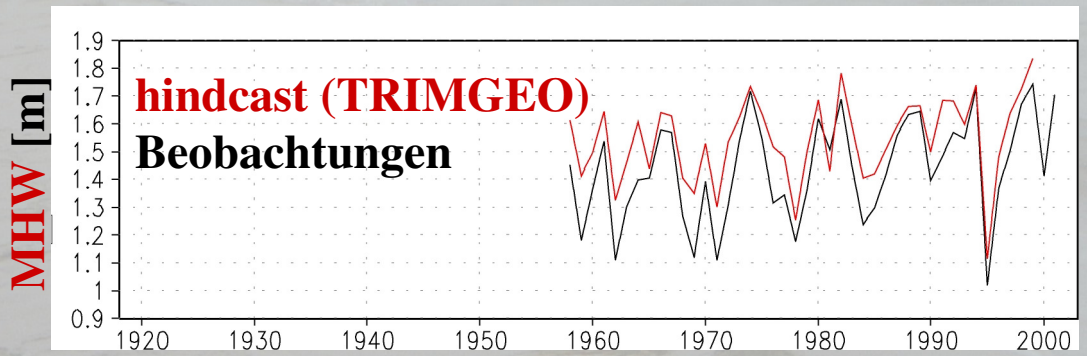
Validierung des Modells: Hindcast

Hindcast, meteorologisches Forcing mit regionalisierten NCEP Global Reanalyses 1958 - 2001

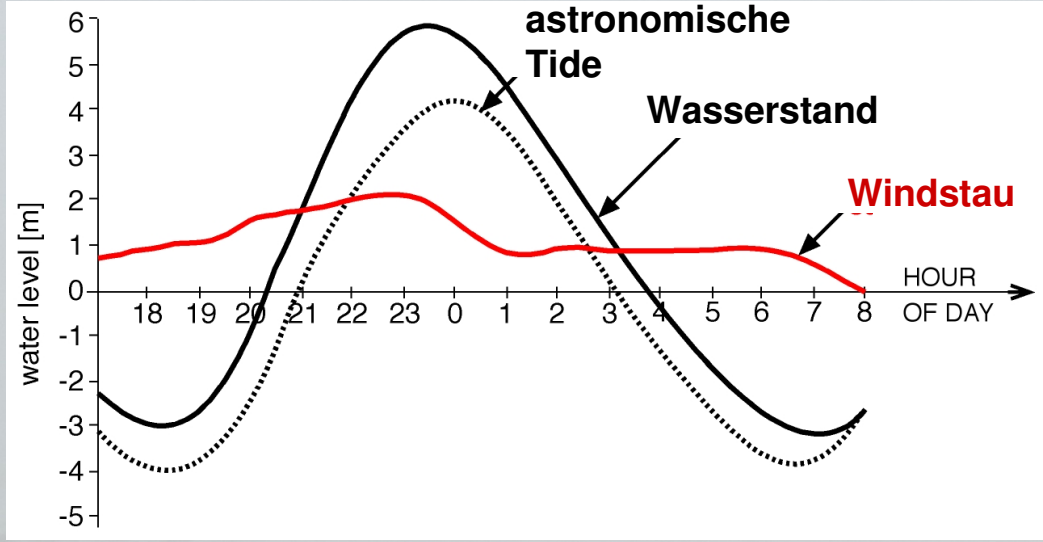
Surge / Windstau [m], 99 Perzentil Cuxhaven (Winter)



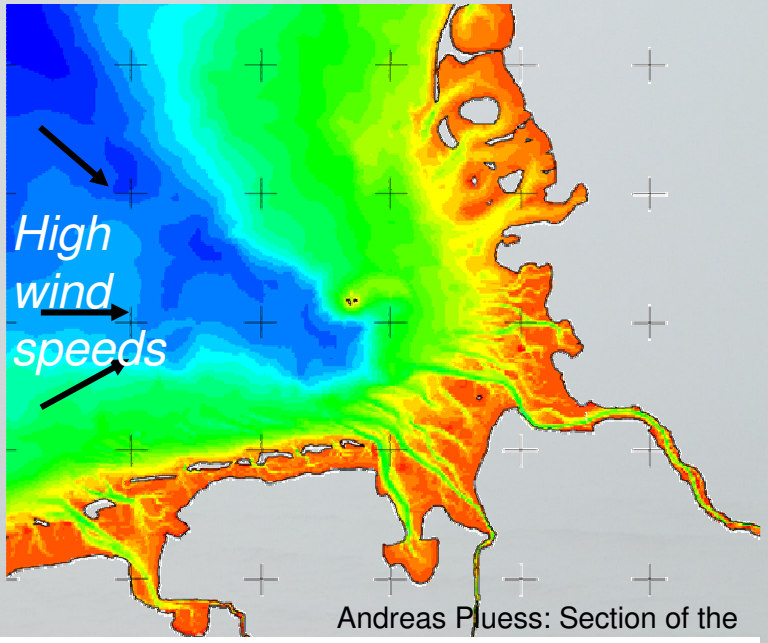
MHW [m], 99 Perzentil Cuxhaven (Winter)



Lokaler Wasserstand und Windstau



Nordsee, Deutsche Bucht



Andreas Pluess: Section of the

<u>Windstau</u>:

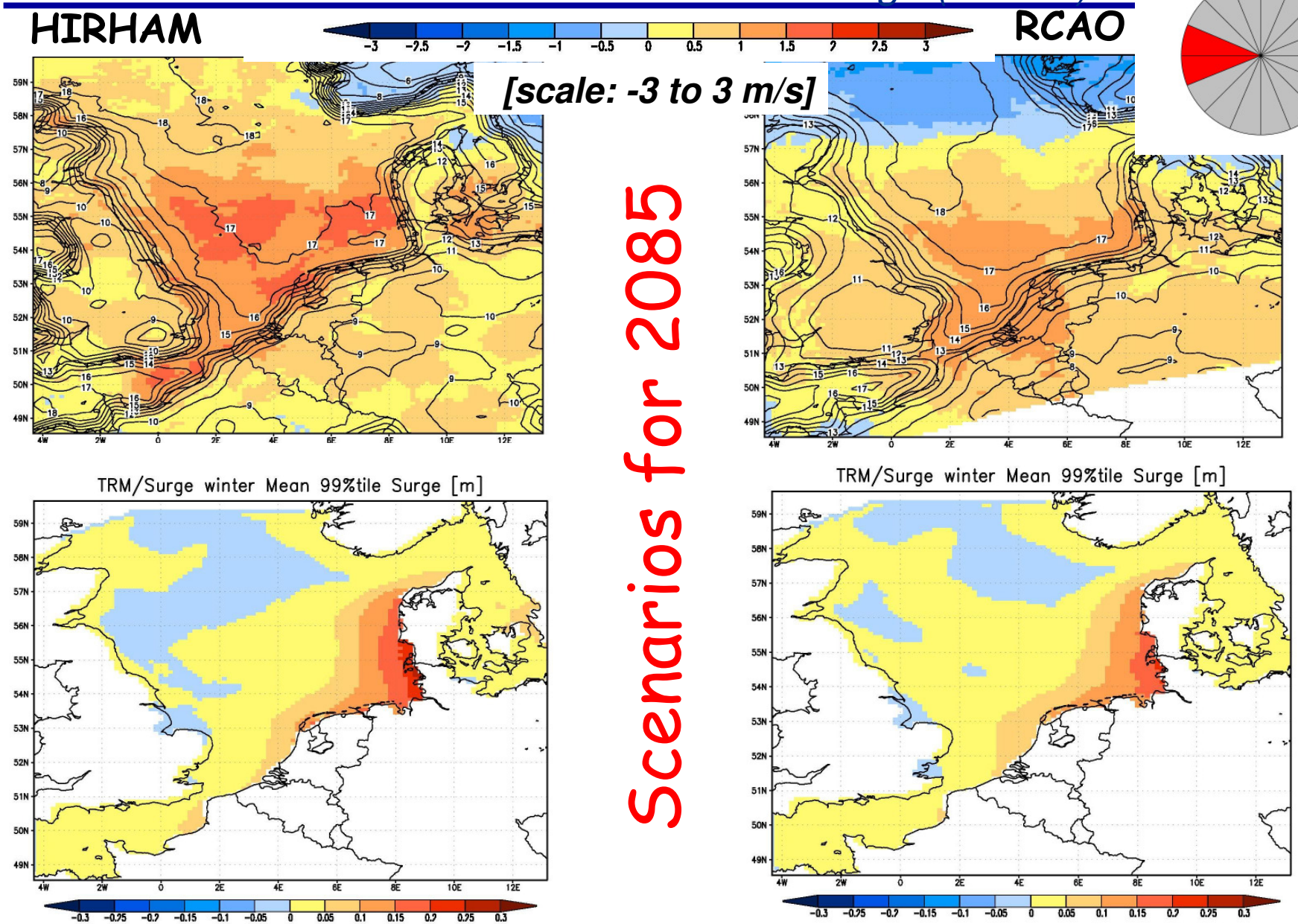
Fluktuation im Wasserstand infolge meteorologischer Faktoren:

Windschub und invers barometrischer Effekt

Windstau direkt abhängig von:

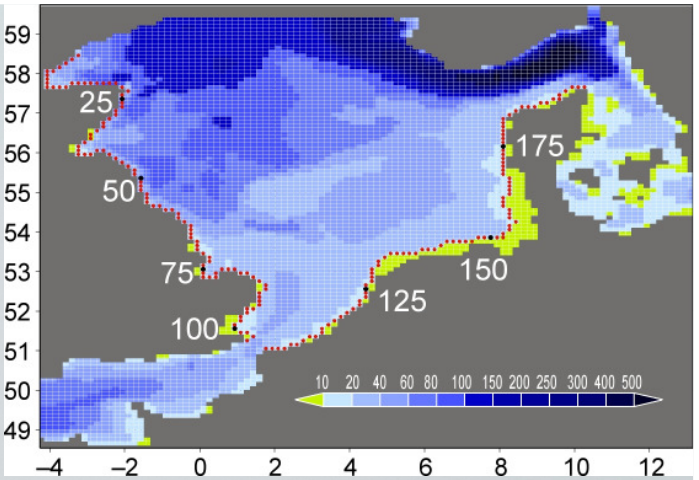
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Andauer Windparameter
- Topographie

A2 - CTL: changes in 99 % - iles of wind speed (6 hourly, DJF): west wind sector selected and surge (bottom)

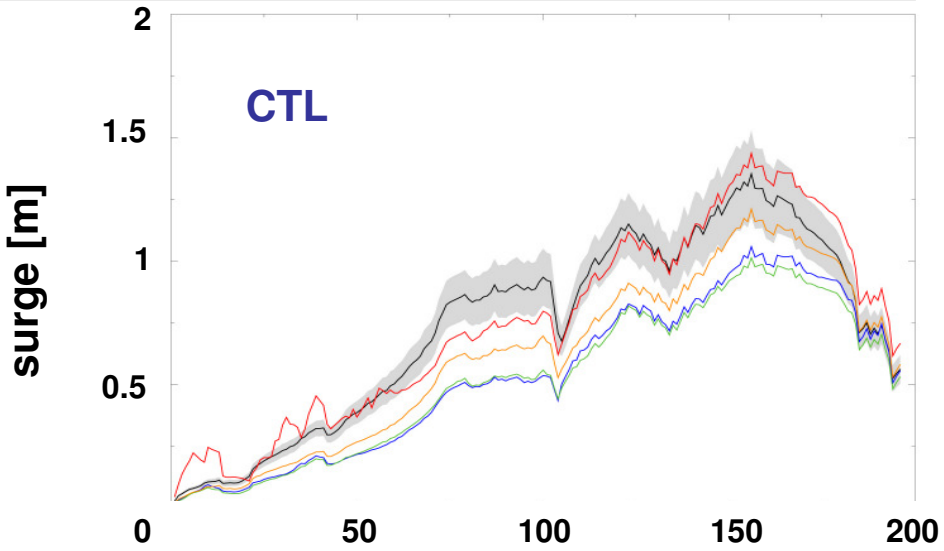


Mögliche Zukünfte sturmbedingter Wasserstände: Statistik

	HadAM3H		ECHAM4/OPYC3	
RCAO	CTL; A2;	B2	CTL; A2;	B2
CLM	CTL; A2			
HIRHAM	CTL; A2			
REMO	CTL; A2			



99.5 percentile (langj. Mittel), surge (DJF)

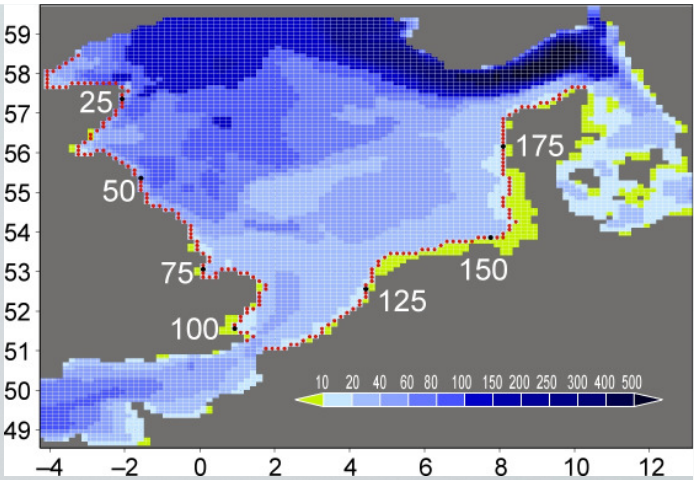


95% Konf.intervall, Jahr zu Jahr Variabilität (aus Hindcast Simulation abgeleitet)

10m Tiefenlinie entlang der Küste (siehe Graphik)

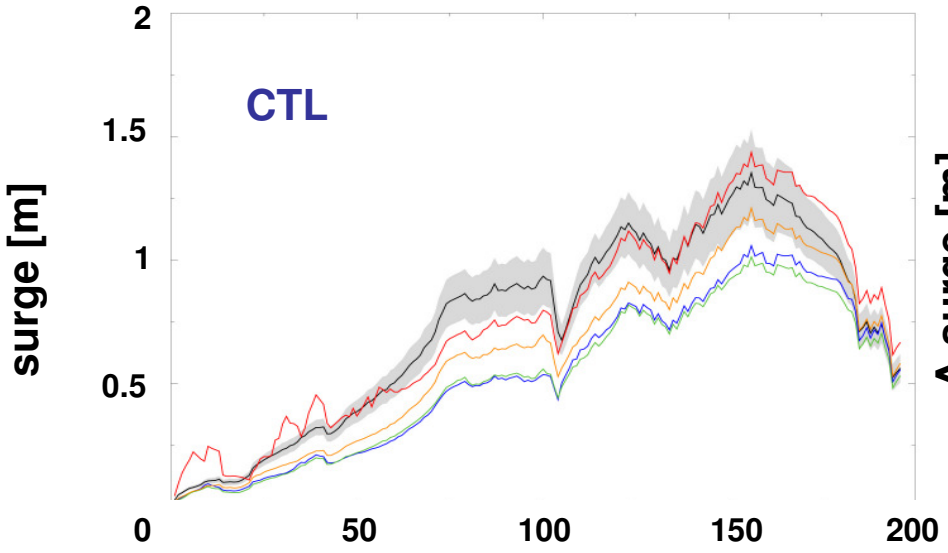
(99.5 Percentil basiert auf 1/2 h Werten -> Wert wird ca. 10 h je Saison (DJF) und Jahr überschritten)

	HadAM3H		ECHAM4/OPYC3
RCAO	CTL; A2;	B2	CTL; A2; B2
CLM	CTL; A2		
HIRHAM	CTL; A2		
REMO	CTL; A2		
hindcast			

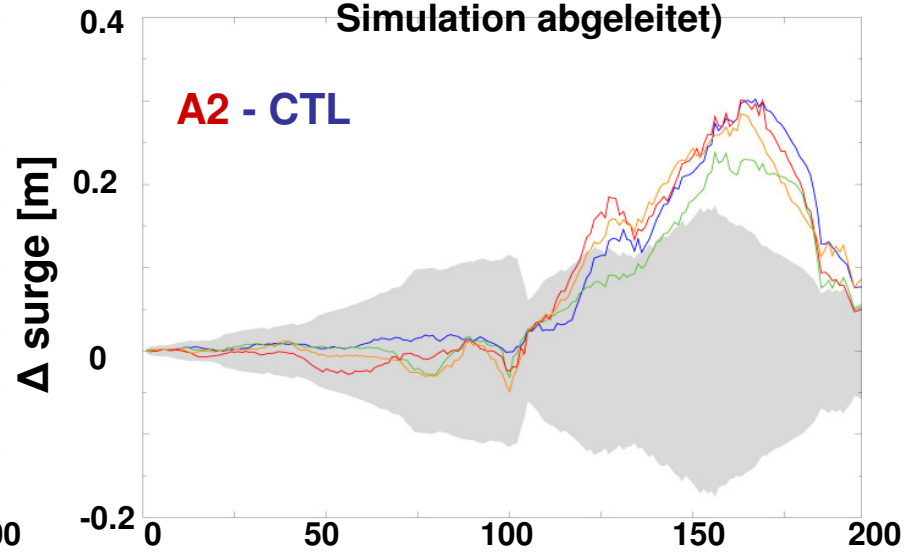


99.5 percentile (langj. Mittel), surge (DJF)

95% konf.intervall, Jahr zu Jahr Variabilität (aus Hindcast Simulation abgeleitet)

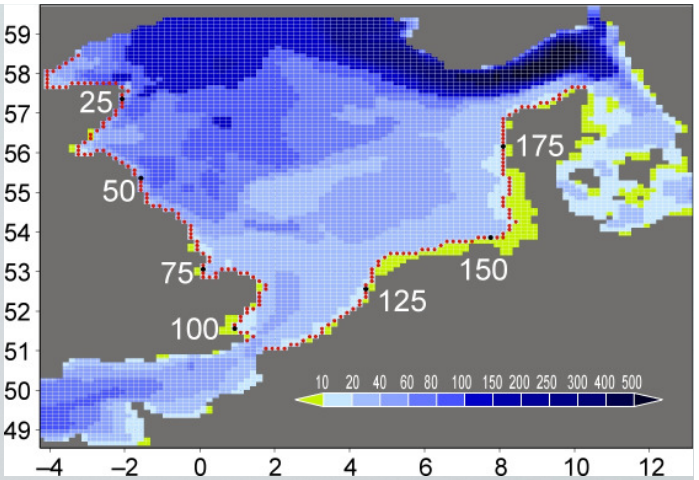


10m Tiefenlinie entlang der Küste



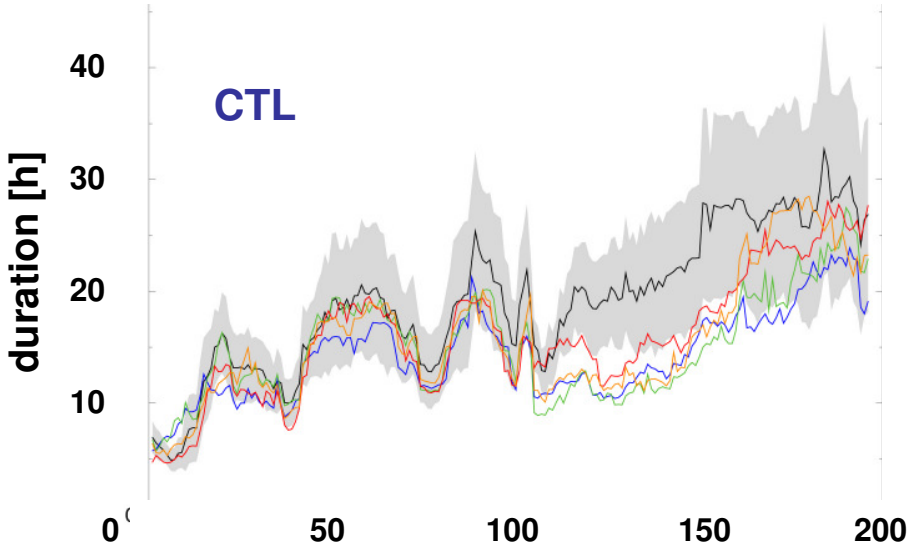
10m Tiefenlinie entlang der Küste

	HadAM3H		ECHAM4/OPYC3	
RCAO	CTL; A2;	B2	CTL; A2;	B2
CLM	CTL; A2			
HIRHAM	CTL; A2			
REMO	CTL; A2			
hindcast				



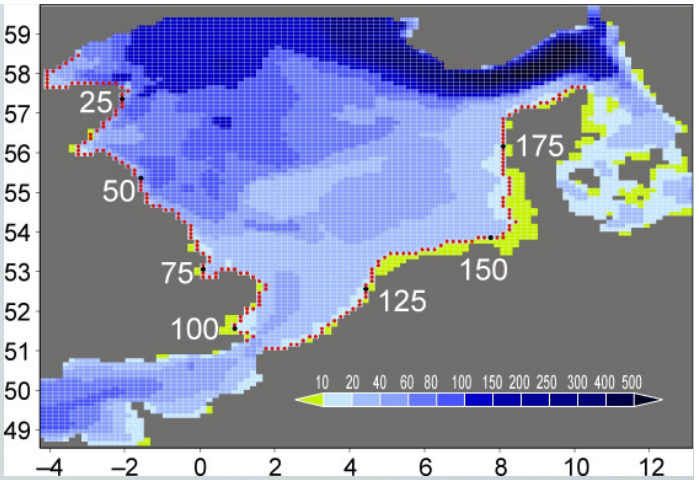
Andauer, surge event > 99 %-ile [h]

95% konf.intervall, Jahr zu Jahr Variabilität (aus Hindcast Simulation abgeleitet)



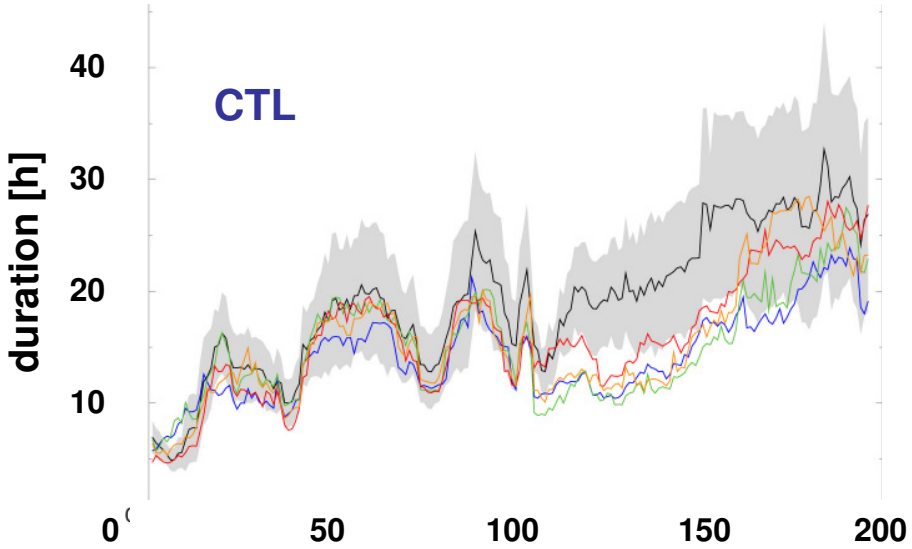
10m Tiefenlinie entlang der Küste

	HadAM3H		ECHAM4/OPYC3
RCAO	CTL; A2;	B2	CTL; A2; B2
CLM	CTL; A2		
HIRHAM	CTL; A2		
REMO	CTL; A2		
hindcast			

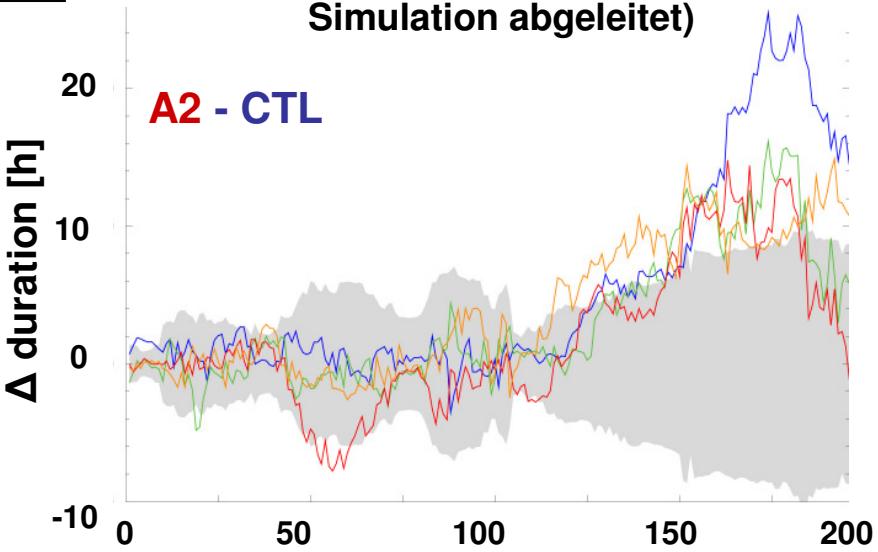


Andauer, surge event > 99 %-ile, [h]

95% konf.intervall, Jahr zu Jahr Variabilität (aus Hindcast Simulation abgeleitet)

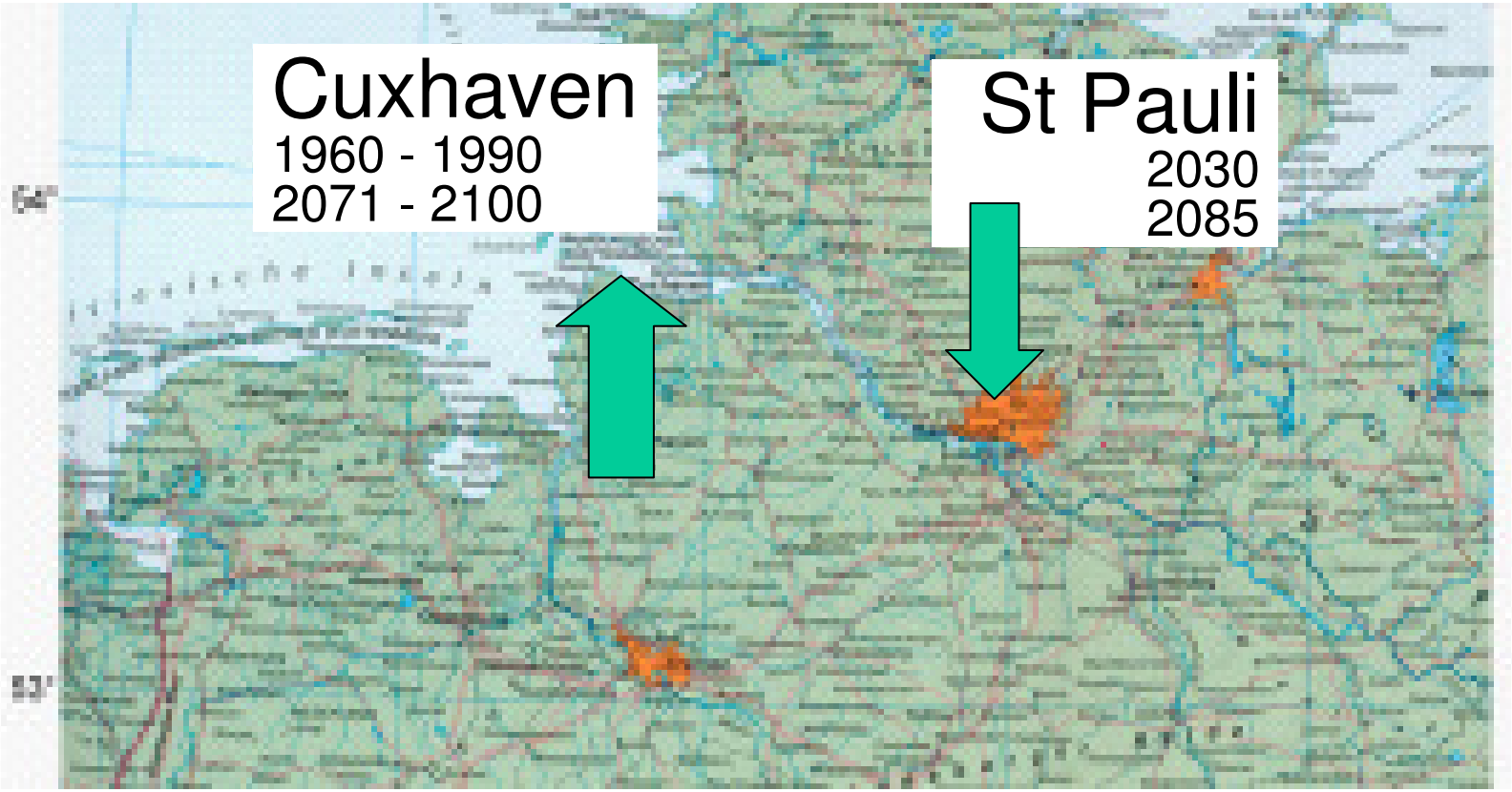


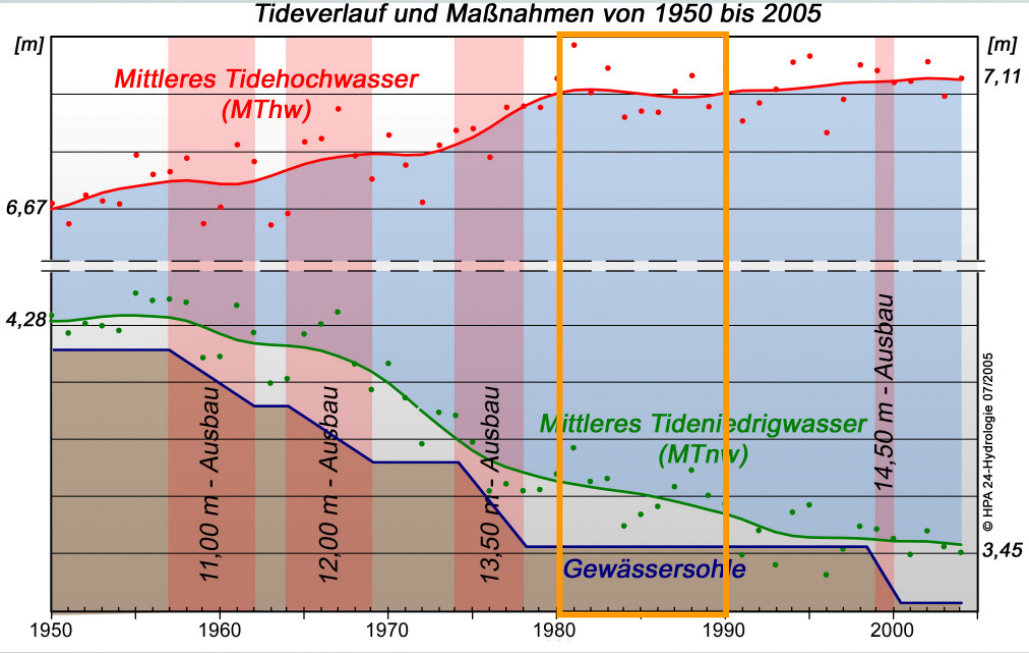
10m Tiefenlinie entlang der Küste



10m Tiefenlinie entlang der Küste

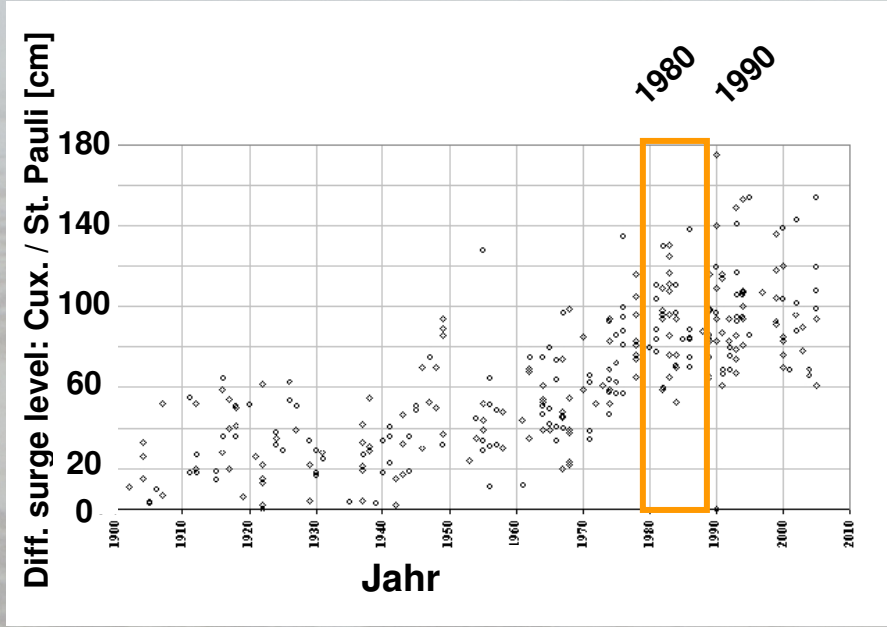
Konkretisierung:
Von der Küste nach Hamburg





Ausbaumassnahmen der Elbe und Einfluss auf:

-> den Tideverlauf

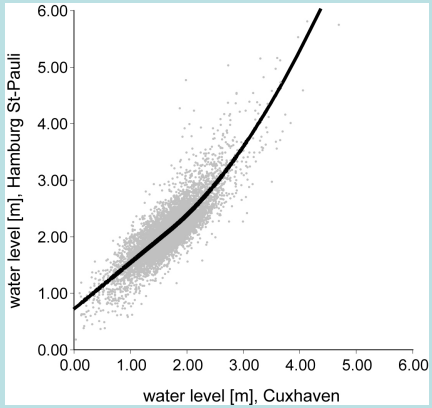


-> die Windstaudifferenz zwischen Cuxhaven und St Pauli

Fig: The tidal change is due to coastal protection measures and modifications of the tributaries, and to the deepening of the shipping channel. These measure also had an effect on the heights of severe storm surges – estimates are 45 cm caused by measures of coastal defense and 15 cm by deepening the shipping channel (Haake, 2004: 27).

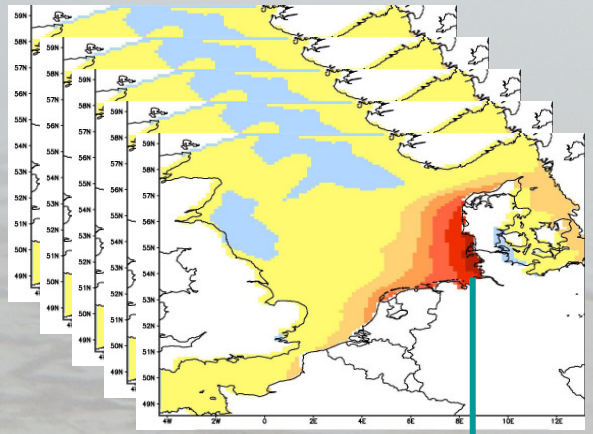
? Mögliche Zukünfte: Lokalisierung sturmbedingter Wasserstände

stat. Zusammenhang zwischen ‚Hindcast' und Beobachtungen (Cuxhaven / St Pauli für HW 1980 bis 1990)



$$f(x) = \begin{cases} f_1(x) = ax + b, x < x_k \\ f_2(x) = cx^2 + dx + e, x \geq x_k \end{cases}$$

with $f_1(x_k) = f_2(x_k)$ and $f_1'(x_k) = f_2'(x_k)$



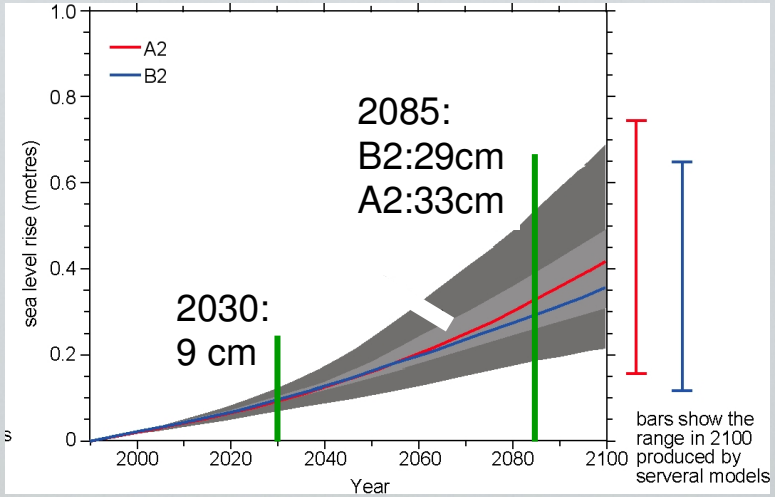
Klimaszenarien Nordsee

statist. Transferfkt.

Klimaszenarien Pegel St Pauli

‚Lokalisierung' sturmbedingter Wasserstände an der Nordseeküste aus Klimaänderungsszenarien

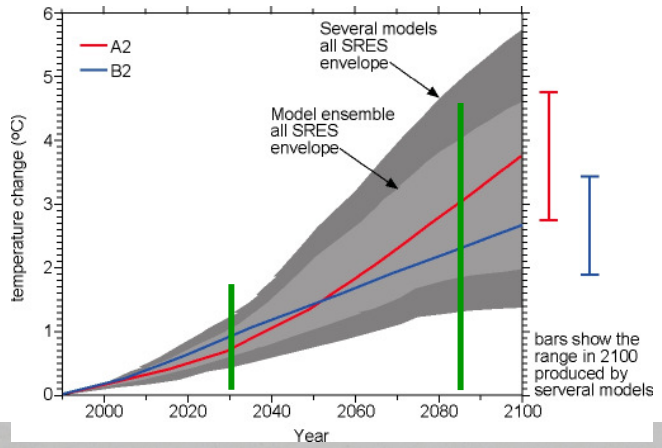
Erwarteter Anstieg des Meeresspiegels [m] (IPCC, 2001)



Zwei Zeithorizonte:

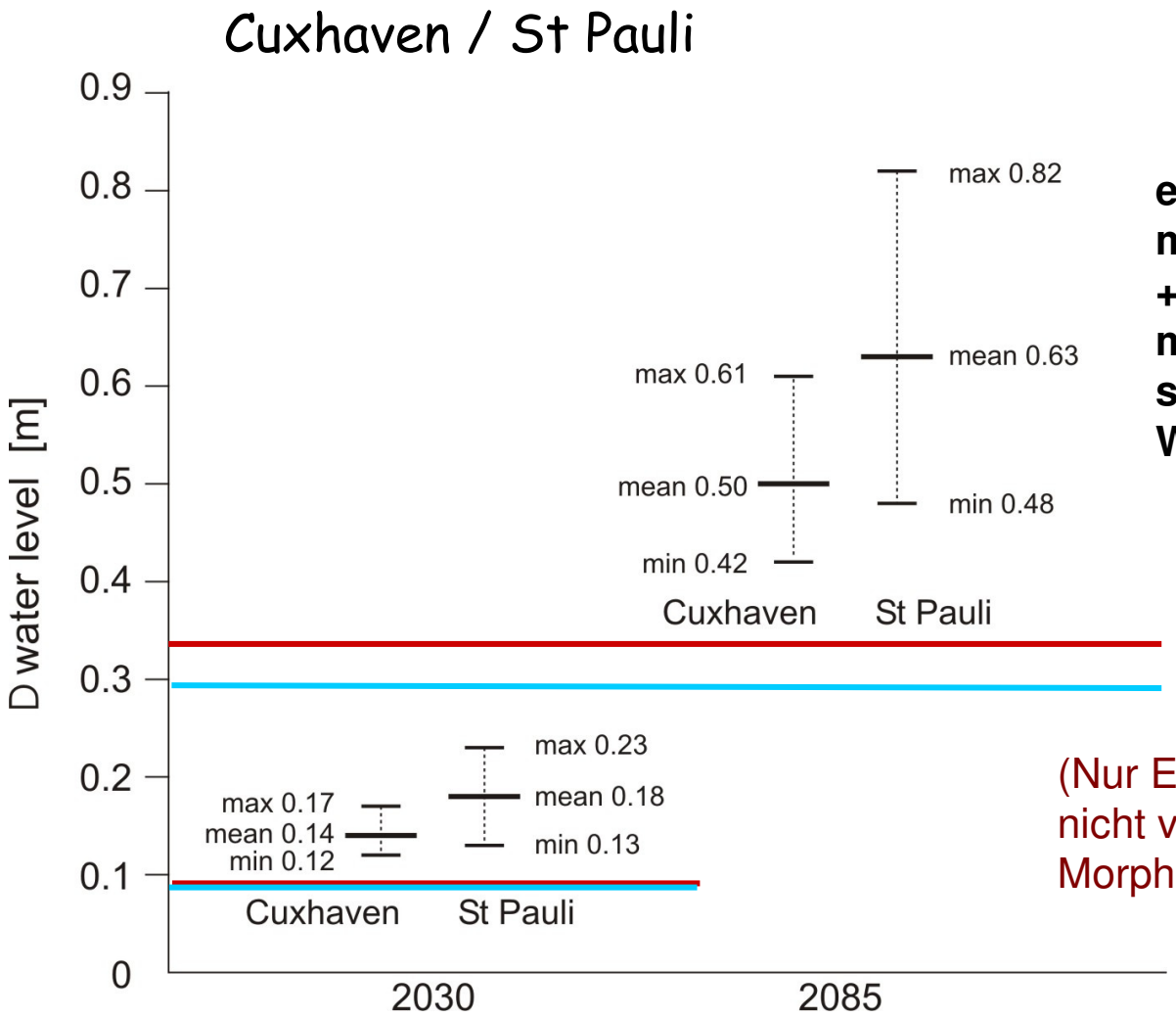
2030 und 2085

Extrapolation für 2030 mit Hilfe des simulierten Temperaturverlaufs (IPCC):



-> Klimaänderungsfaktor bis 2030 von φ 30% (A2 und B2)

‚Lokalisierung' sturmbedingter Wasserstände an der Nordseeküste aus Klimaänderungsszenarien, 2030 und 2085:



erwartete Zunahme des mittleren Meeresspiegels + (A2 / B2) modellierte Zunahme in sturmbedingten Wasserständen

(Nur Effekt von Klimaveränderungen, nicht von Veränderungen der Morphologie der Tideelbe)

Wie steht es mit den ‚Unsicherheiten'?

Wahrscheinlichkeiten können nur angegeben werden, wenn man weiss wieviele Seiten der Würfel hat…

…aber:

-> wir können nicht alle möglichen Entwicklungspfade angeben, also auch nicht deren Wahrscheinlichkeiten

-> keine Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines speziellen (Emissions)szenarios

Dennoch: es gibt eine *Bandbreite* in den zu erwarteten Änderungen (folgend aus den uns bekannten Parametern):

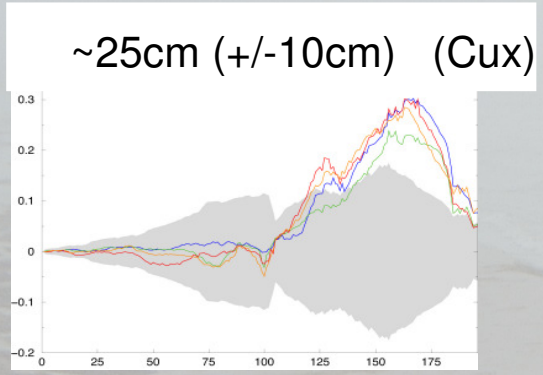
Hier Bandbreite aufgrund des atmosphärischen Antriebs, dem GCM und RCM, dem gewählten hydrodyn. Modell, sowie dem externen Forcing: dem gewählten Emissionsszenario

ZUSAMMENFASSUNG:

Mögliche Windstaustatistik zum Ende des Jahrhunderts

=> lokal begrenzter Anstieg von 20 und 30 % Stau (oder ca. 25cm (+/-10), Deutsche Bucht) sowie Zunahme der Andauer von Extremereignissen. (Statistisch signifikante Änderungen für A2 also auch B2 Szenarien)

+



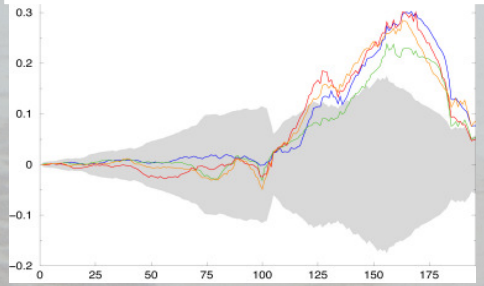
ZUSAMMENFASSUNG:

Mögliche Windstaustatistik zum Ende des Jahrhunderts

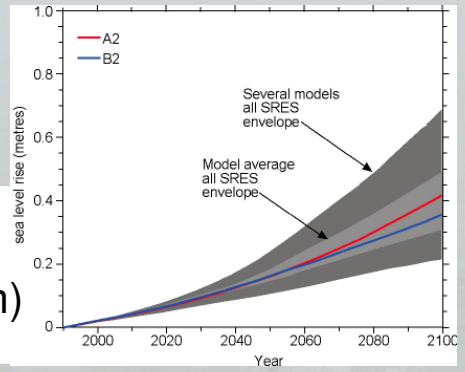
=> lokal begrenzter Anstieg von 20 und 30 % Stau (oder ca. 25cm (+/-10), Deutsche Bucht) sowie Zunahme der Andauer von Extremereignissen. (Statistisch signifikante Änderungen für A2 also auch B2 Szenarien)

=> Meeresspiegelanstieg von ~35 cm (+/-15cm);

+ ~25cm (+/-10cm) (Cux)



+ ~35cm (+/-15cm)



ZUSAMMENFASSUNG:

Mögliche Windstaustatistik zum Ende des Jahrhunderts

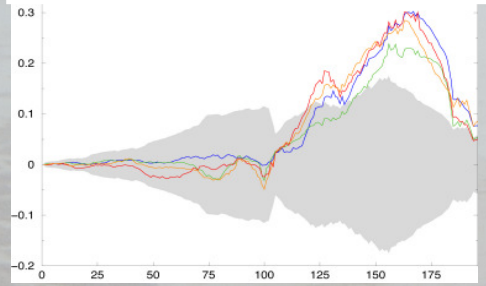
=> lokal begrenzter Anstieg von 20 und 30 % Stau (oder ca. 25cm (+/-10), Deutsche Bucht) sowie Zunahme der Andauer von Extremereignissen. (Statistisch signifikante Änderungen für A2 also auch B2 Szenarien)

=> Meeresspiegelanstieg von ~35 cm (+/-15cm);

=> Und weiterhin: säkularer Meeresspiegelanstieg, bisher 15-20 cm/100J

+

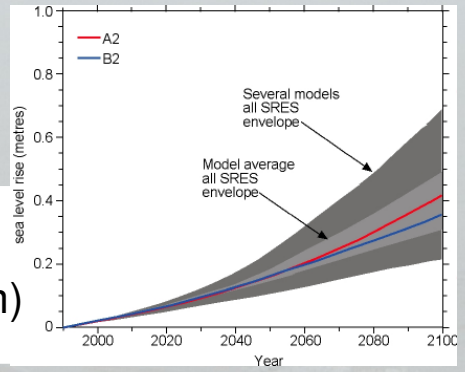
~25cm (+/-10cm) (Cux)



+

~35cm

(+/-15cm)



+

Anstieg des säkularer Meeresspiegels

Bisher ca. 15-20 cm/100J

ZUSAMMENFASSUNG:

Mögliche Windstaustatistik zum Ende des Jahrhunderts

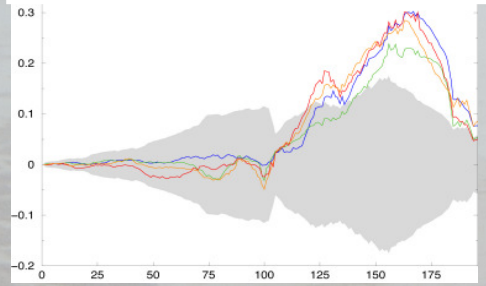
=> lokal begrenzter Anstieg von 20 und 30 % Stau (oder ca. 25cm (+/-10), Deutsche Bucht) sowie Zunahme der Andauer von Extremereignissen. (Statistisch signifikante Änderungen für A2 also auch B2 Szenarien)

=> Meeresspiegelanstieg von ~35 cm (+/-15cm);

=> Und weiterhin: säkularer Meeresspiegelanstieg, bisher 15-20 cm/100J

+

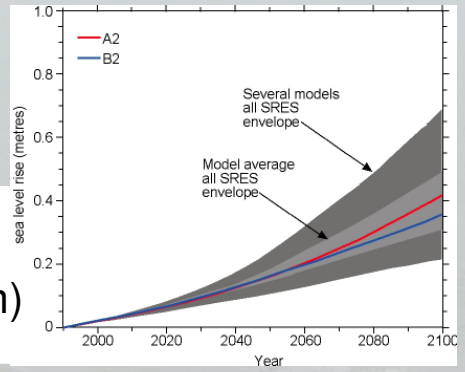
~25cm (+/-10cm) (Cux)



+

~35cm

(+/-15cm)



+

Anstieg des säkularer Meeresspiegels

Bisher ca. 15-20 cm/100J

Größere Unklarheit in vom Wind abhängigen Stau (Modelle, Emissionen) aber: alle Projektionen zeigen in die gleiche Richtung und zeigen ähnliche Größenordnung.

Dagegen kaum umstritten: thermische Ausdehnung sowie säkularer Anstieg des mittleren Meeresspiegels.

Vielen Dank
für ihr Interesse!

Veröffentlichungen:

Woth K, R Weisse and H von Storch (2006)

Climate change and North Sea storm surge extremes: An ensemble study of storm surge extremes expected in a changed climate projected by four different Regional Climate Models. Ocean Dyn: 56, p 3-15, doi:10.1007/s10236-005-0024-3

Woth K (2005)

Projections of North Sea storm surge extremes in a warmer climate: How important are the RCM driving GCM and the chosen scenario? Geophys Res Lett: 32, L22708, doi:10.1029/2005GL023762

Grossmann I, K Woth and H von Storch (2006)

Localization of global climate change: Storm surge scenarios for Hamburg in 2030 and 2085. Submitted to 'Die Küste'