

Klimawandel auf und in der Nordsee Was wissen wir darüber?

Birgit Klein und Anette Ganske

Das BSH/DWD KLIWAS Team:

Katharina Bülow, Anette Ganske, Sabine Hüttl-Kabus, Birgit Klein, Holger Klein, Peter Löwe, Jens Möller, Nils Schade, Birger Tinz, Hartmut Heinrich, Gudrun Rosenhagen

Inhalt

Was ist KLIWAS?

Allgemeines zur Nordsee

Klimaänderungssignale im Meer:

- Änderungen von Temperatur und Salzgehalt
- Änderungen des Meeresspiegels
- Änderungen der Strömung

Klimaänderungssignale in der Atmosphäre:

- Änderungen der Windrichtung

Das Forschungsprogramm KLIWAS



Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - dies ist das zentrale Thema des Forschungsprogramms "KLIWAS".

KLIWAS ist eine Kooperation mehrerer Behörden der BMVBS-Ressortforschung:

- DWD - Deutscher Wetterdienst in Hamburg und Offenbach
- BSH - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie in Hamburg
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe

Enge Zusammenarbeit von SWA/BSH in Hamburg wegen der Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre

Ziel ist die Ableitung von Klimaänderungssignalen für den Binnenbereich und die deutschen Küstengewässer sowie Nord- und Ostsee.

DWD



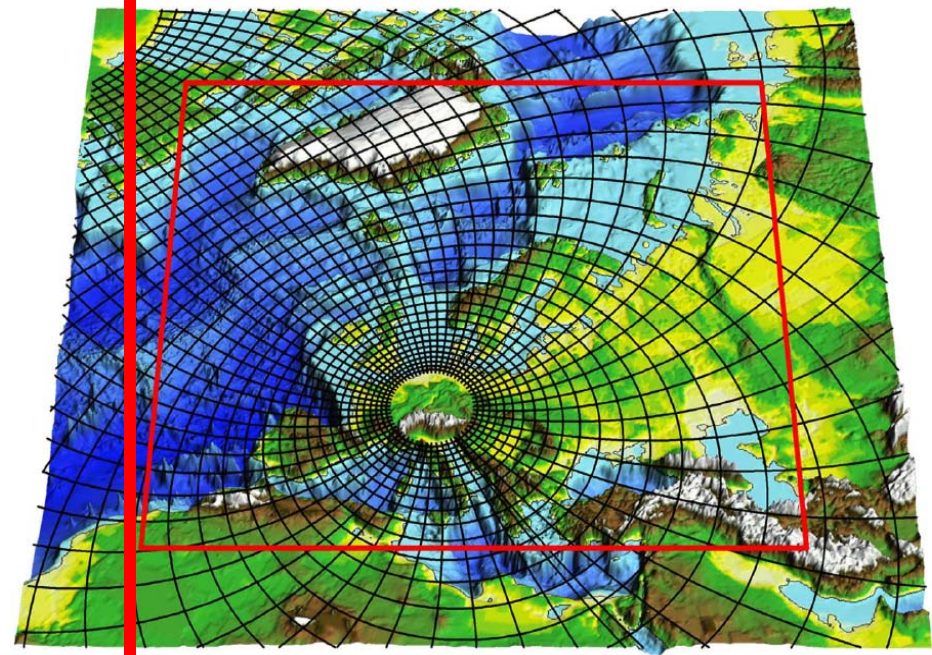
Ozean-Atmosphären Modellsystem: Modell Ensemble aus 3 Modellen

Global

Schelfmodell (NS)

Schelfmodell (NS+OS)

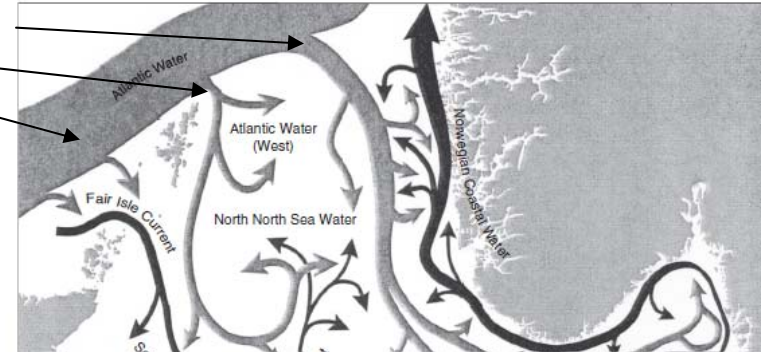
	Max-Planck Institute Hamburg	Hamburg University	SMHI
ocean model	MPI-OM		
region of model	global		
boundary conditions			
grid size	variable: North Sea 5 km (germ 15 km (60 ° N)		
tides	tide potential		
atmosphere model	ECHAM5/REMO		
region	REMO: North Atlantic - Arctic		
boundary conditions			
grid size	1/3° ~ 37 km		
planned runs			
uncoupled ocean hindcast			
experiment: forcing	NCEP (1948 - 2007) ✓		
coupled scenario runs	20. Jhd., A1B + 2 RCP's ✓		
Coupler	OASIS 3		



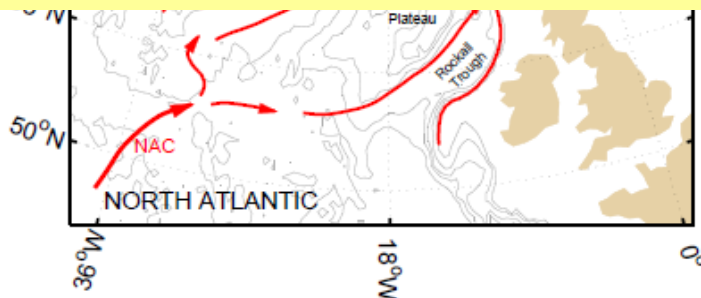
Zirkulation in der Nordsee und dem angrenzenden Atlantik

Flaches Schelfmeer, Wassertiefen von ~30 m im Süden und 200 m im Norden

Atlantischer Einstrom



Wie groß ist der Einfluss der Zirkulationsänderungen im Vergleich zu atmosphärisch vorgegebenen Veränderungen?
Ändert sich die Atlantikzirkulation?
Ändert sich die Zirkulation in der Nordsee?



Richter und Maus, 2011

Atlantischer Einstrom

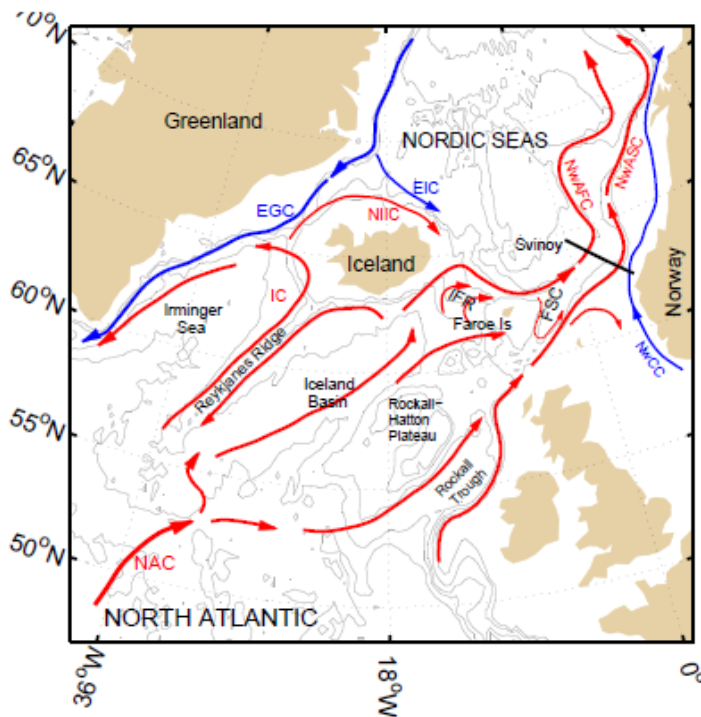


Howarth, 2001, Encyclopedia of Ocean Sciences, Vol.1

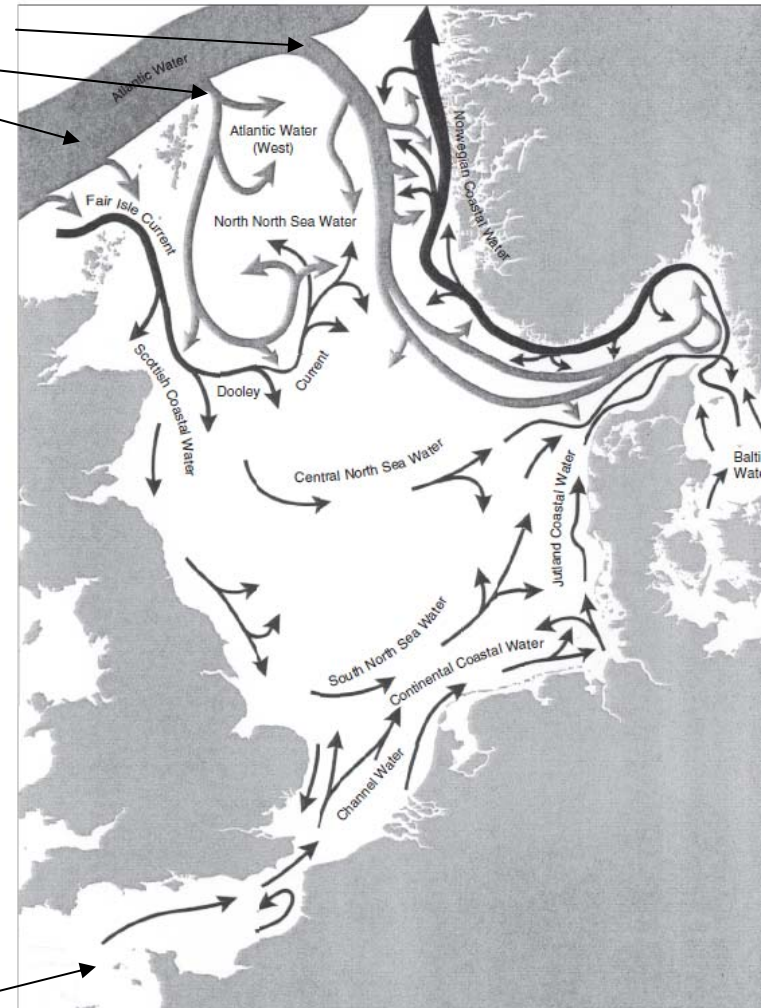
Zirkulation in der Nordsee und dem angrenzenden Atlantik

Flaches Schelfmeer, Wassertiefen von ~30 m im Süden und 200 m im Norden

Atlantischer Einstrom



Richter und Maus, 2011

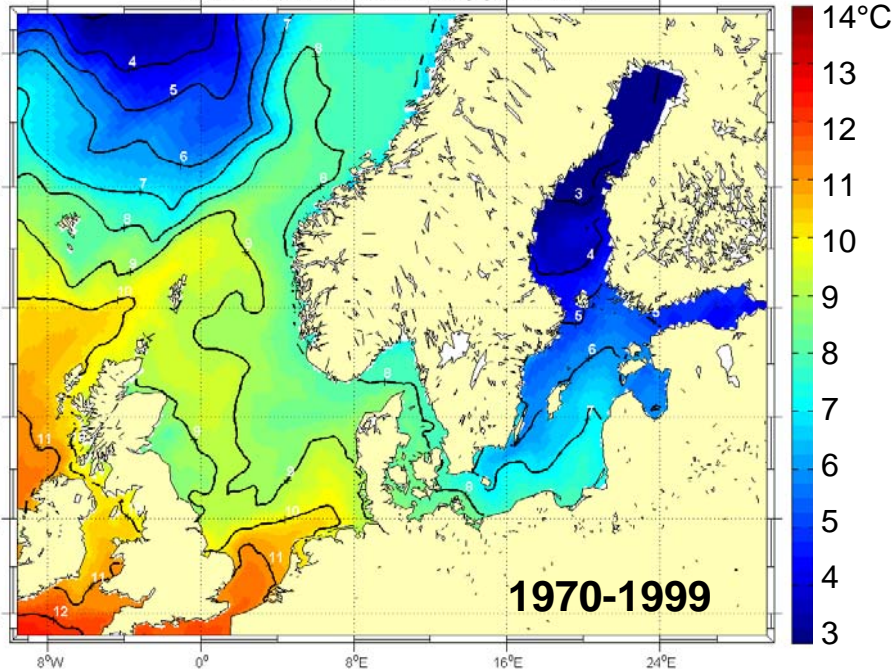


Atlantischer Einstrom

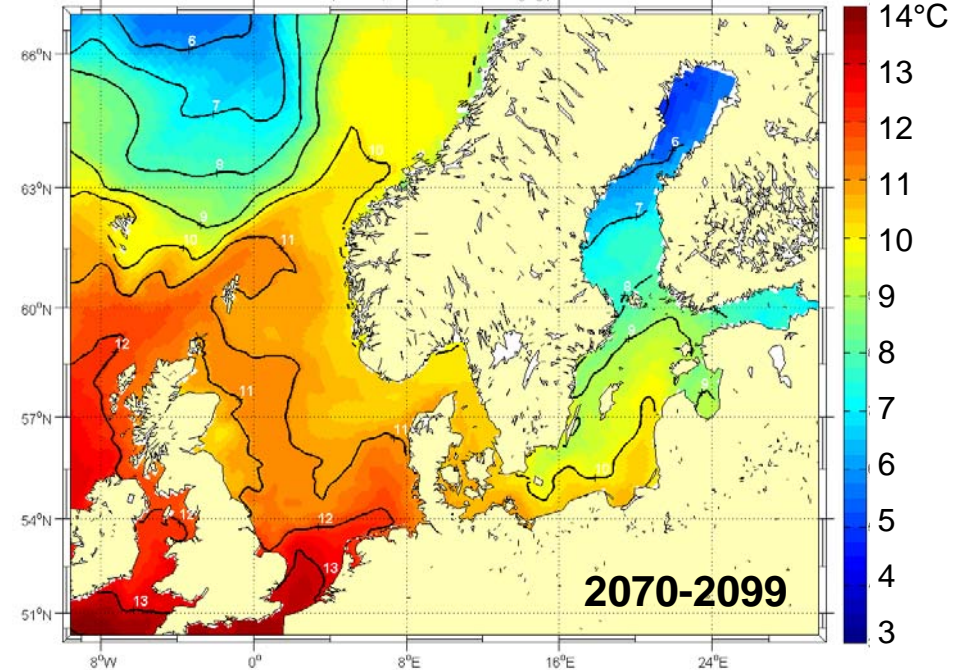
Howarth, 2001, Encyclopedia of Ocean Sciences, Vol.1

Wasseroberflächentemperatur: Jahresmittel über 30 Jahre

Mean annual temperature, run, 215, level 1: averaging period 1970-1999

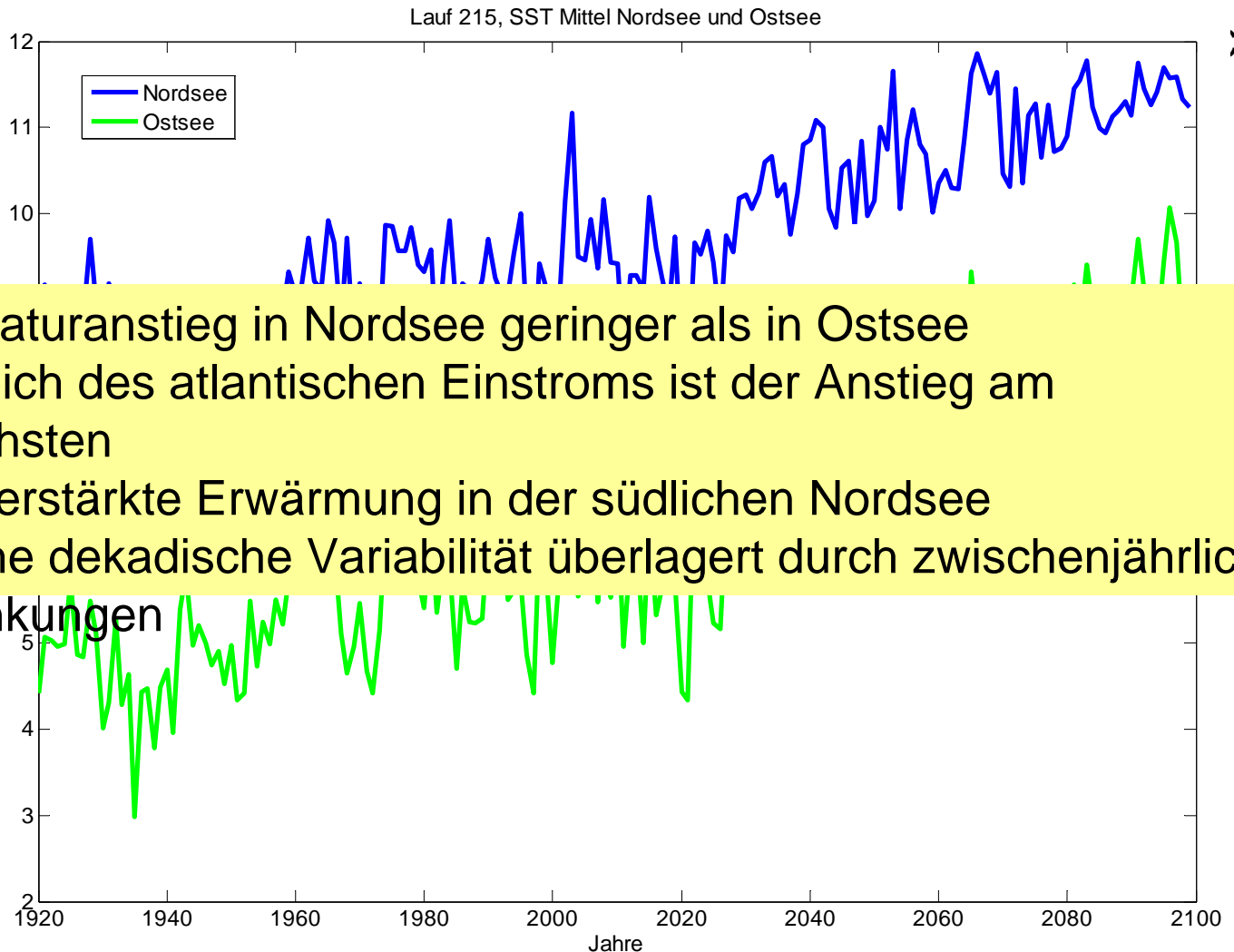


Mean annual temperature, run, 215, level 1: averaging period 2070-2099



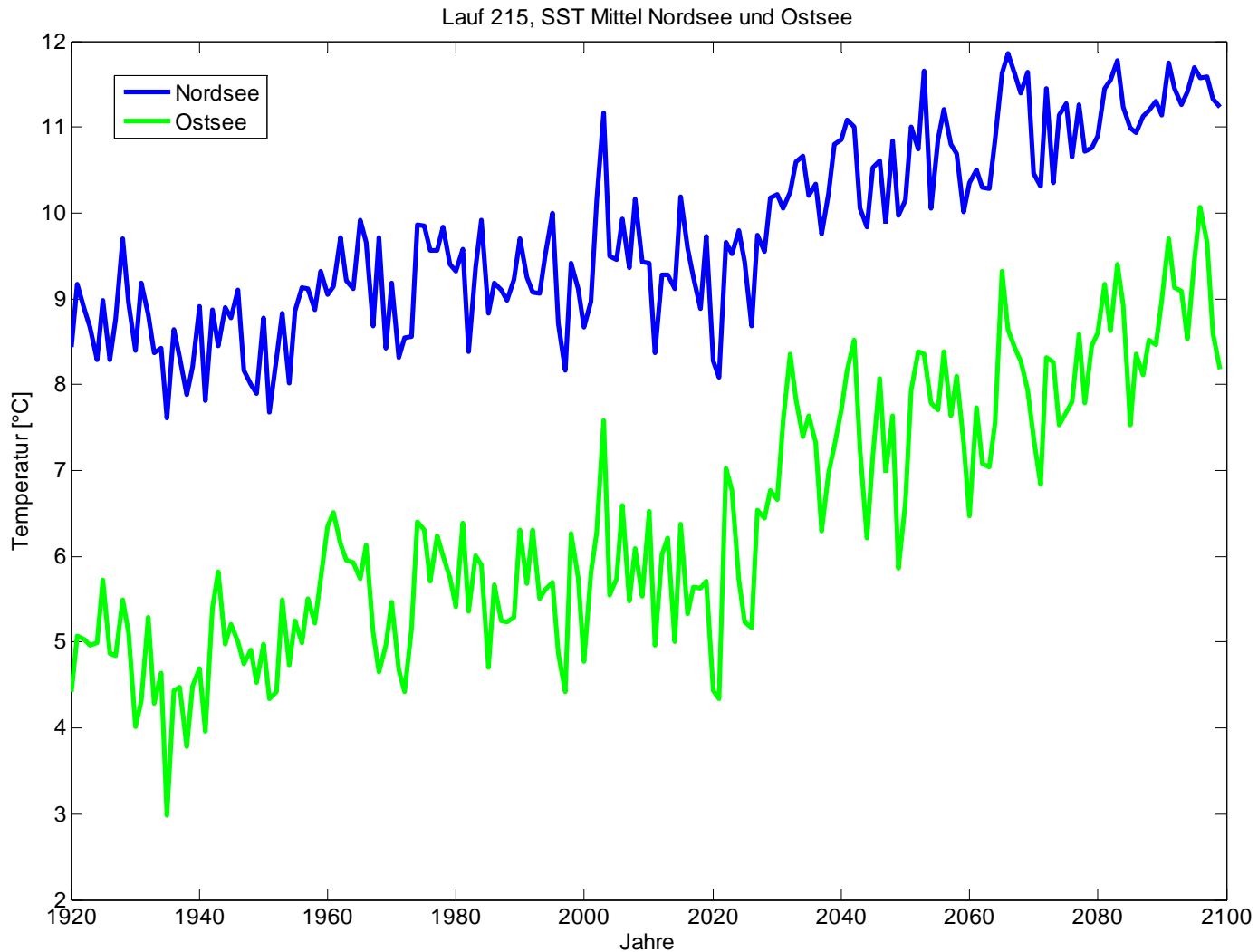
Temperatur steigt im Flächenmittel in der Nordsee um
ca. 2 °C an
Großräumiger Verlauf der Isothermen ändert sich kaum

Änderungen der Wasseroberflächentemperatur



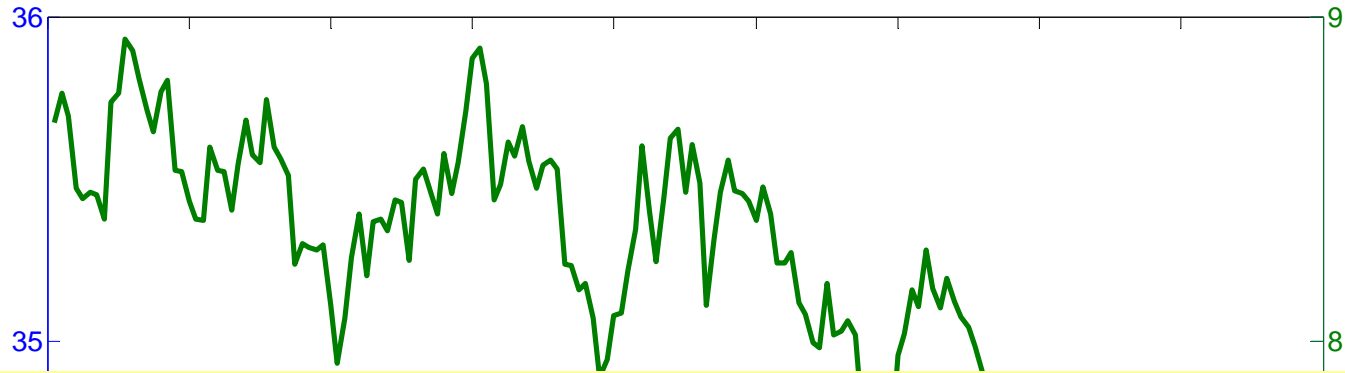
Temperaturanstieg in Nordsee geringer als in Ostsee
Im Bereich des atlantischen Einstroms ist der Anstieg am schwächsten
Keine verstärkte Erwärmung in der südlichen Nordsee
Deutliche dekadische Variabilität überlagert durch zwischenjährliche Schwankungen

Änderungen der Wasseroberflächentemperatur



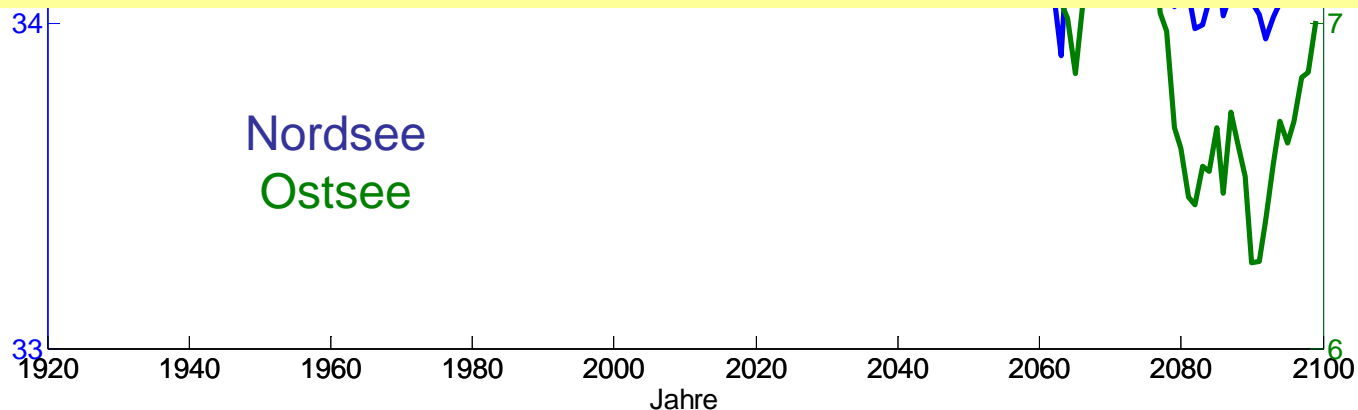
Änderungen des Salzgehalts an der Oberfläche

Lauf 215, Salz Mittel Nordsee und Ostsee



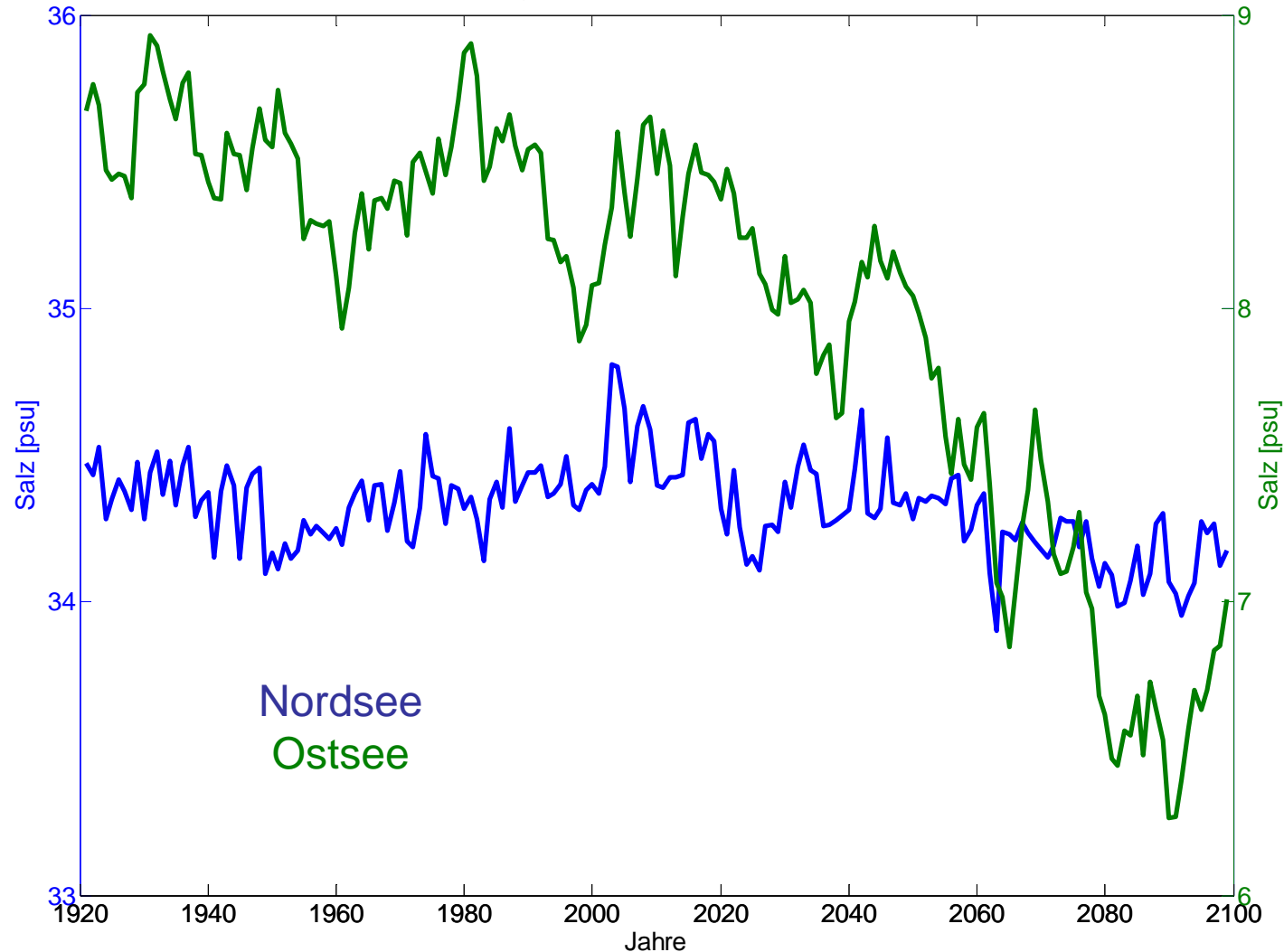
Salzgehalt fällt in Nordsee um ~ 0.2 psu, im Ostseeausstrom stärker und besonders markant mit bis 2 psu in der zentralen Ostsee

Starke dekadische und längerfristige Variabilität im Verlauf



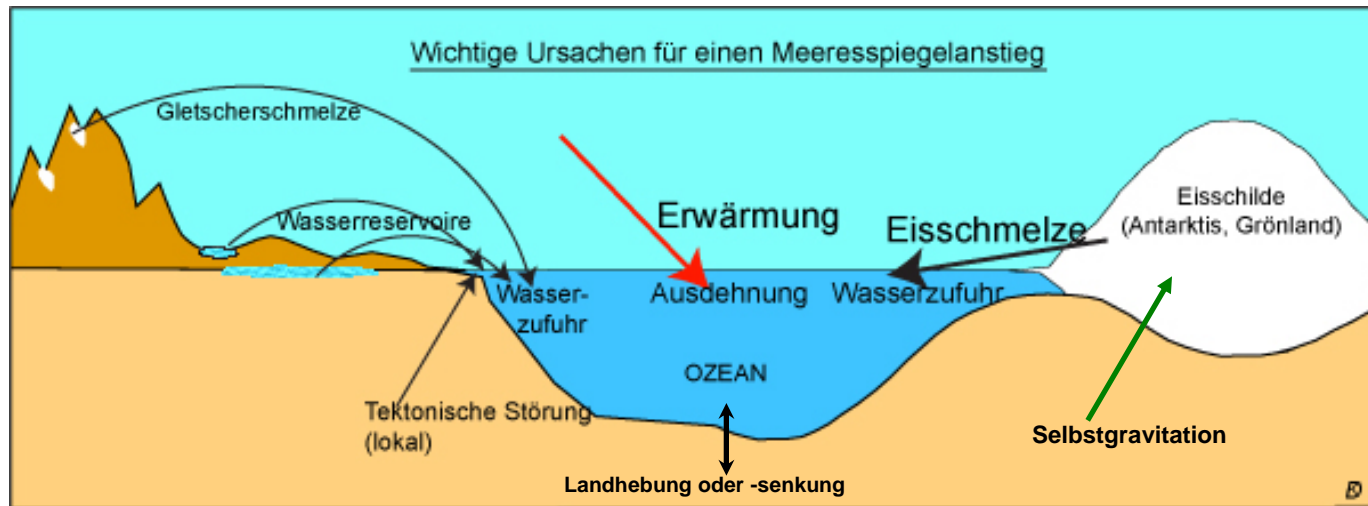
Änderungen des Salzgehalts an der Oberfläche

Lauf 215, Salz Mittel Nordsee und Ostsee



Änderungen des Meeresspiegels

Wind, Luftdruck, Temperatur, Salzgehalt, Strömungen, Gletscher, Eisschilde

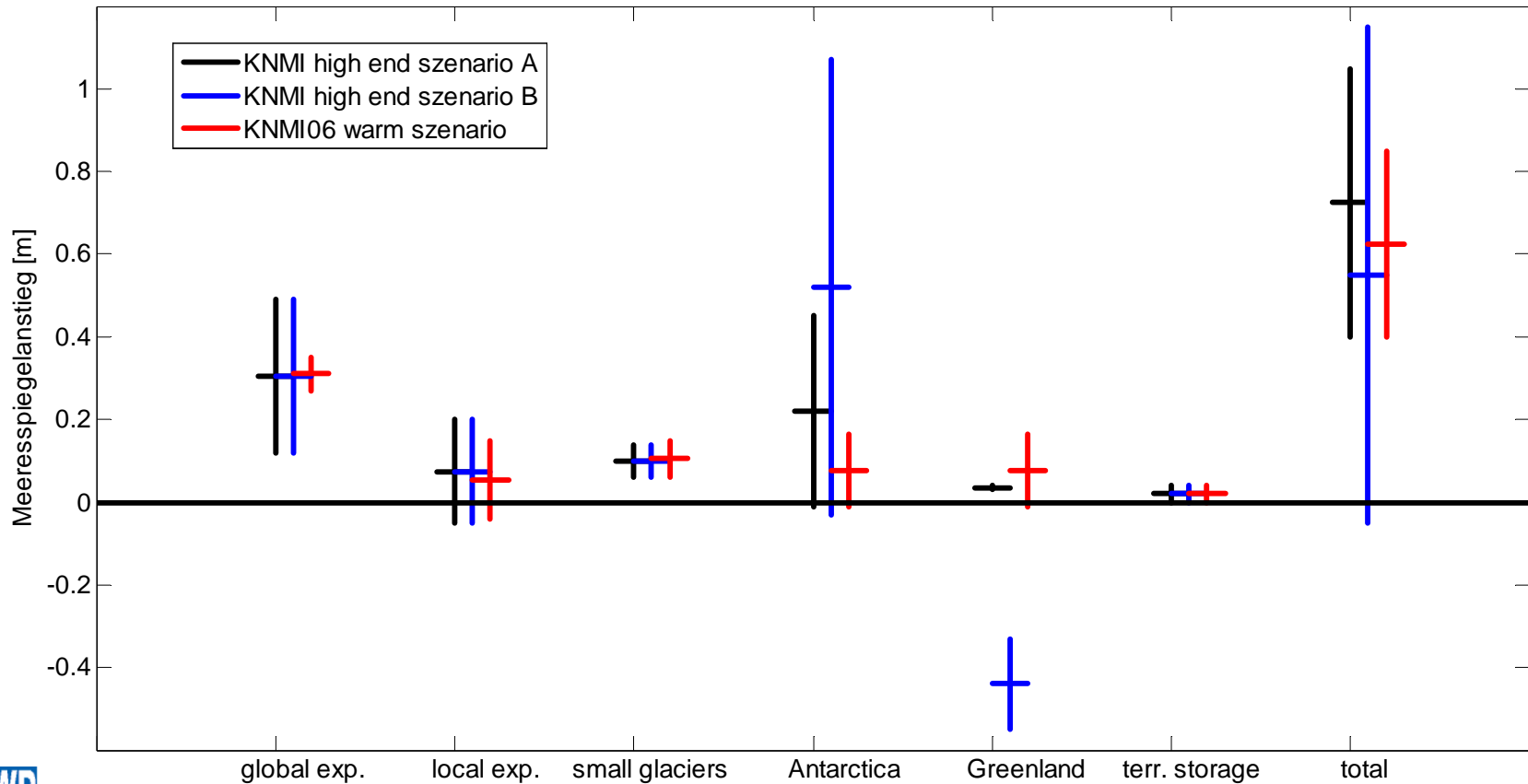


Meeresspiegeländerungen beruhen auf verschiedenen Faktoren.

In den weiteren Modellanalysen sind die Effekte der Eisschilde und der Landhebung/senkung nicht enthalten

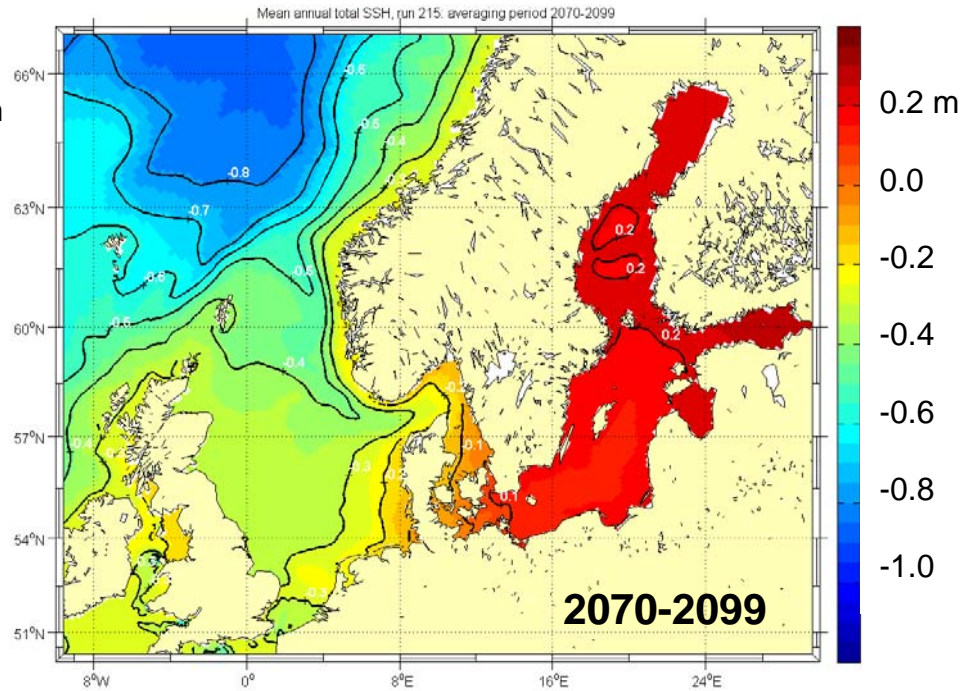
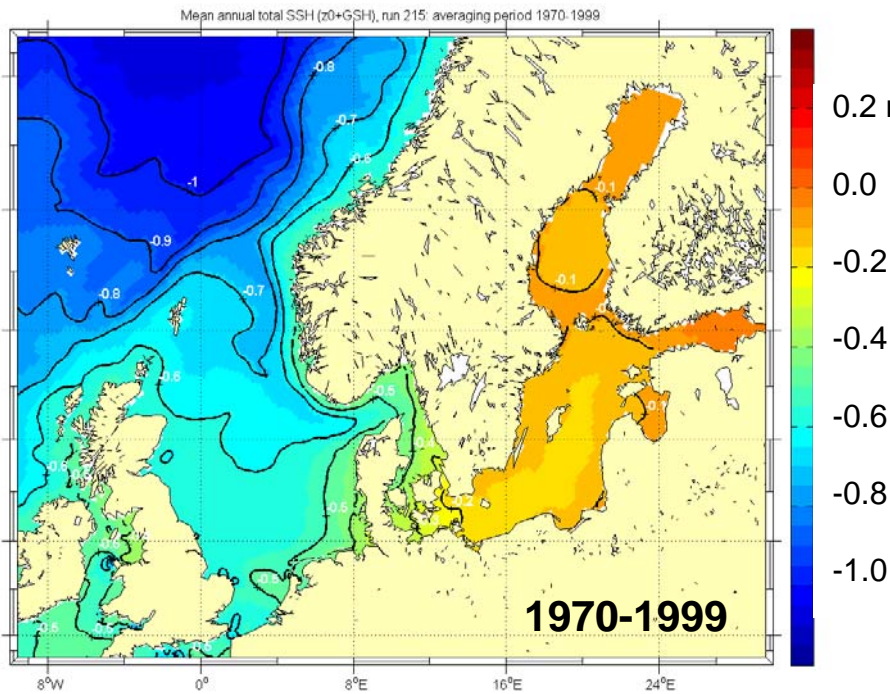
Komponenten des Meeresspiegelanstiegs

Anstieg bis 2100 beruhend auf niederländischem Assessment



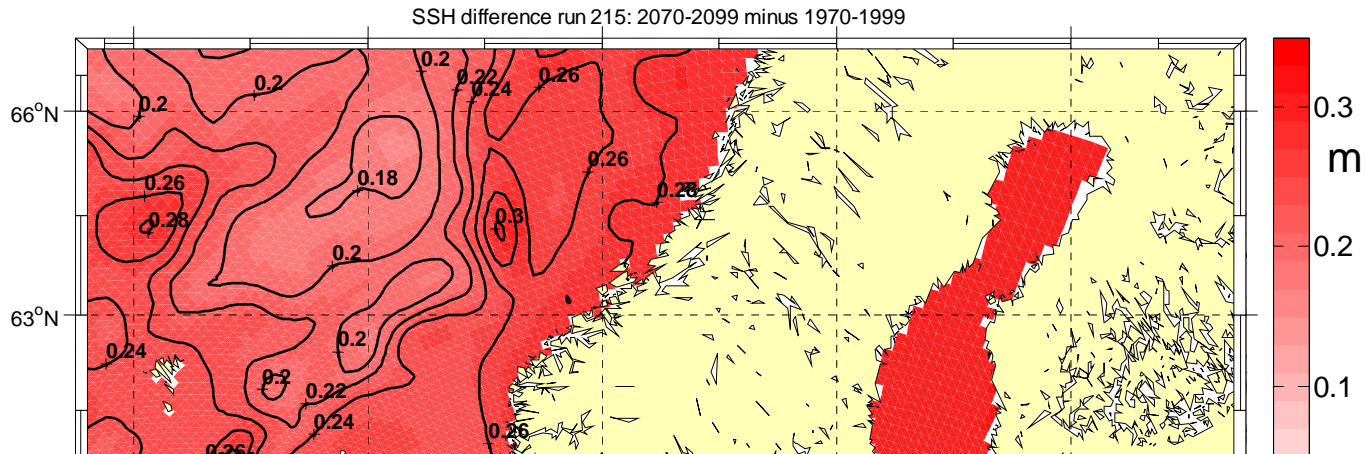
Nach: Vellinga et al., Exploring high-end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands, 2009, KNMI Report WR-2009-05.

Jahresmittel des Meeresspiegels aus 30 jährigen Perioden

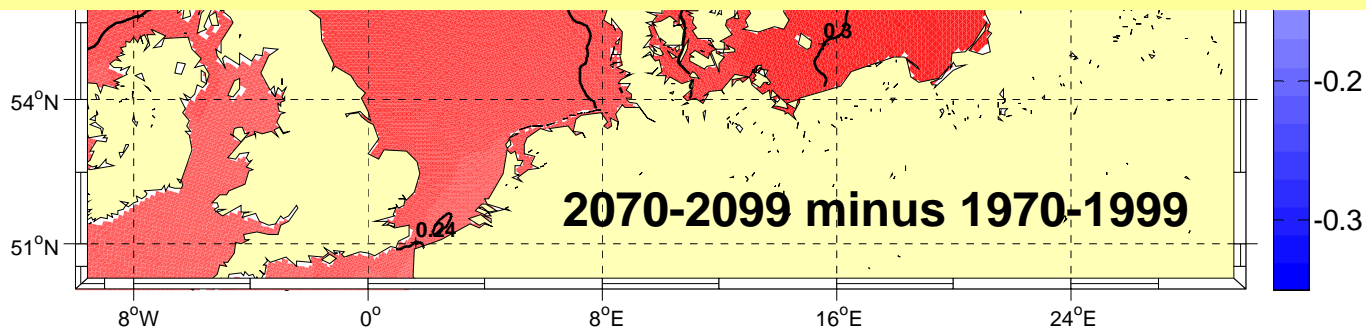


Meeresspiegel steigt großräumig an um ca. 0.2-0.3 m an
Verlauf der Isolinien ändert sich kaum

Änderungen des Meeresspiegels

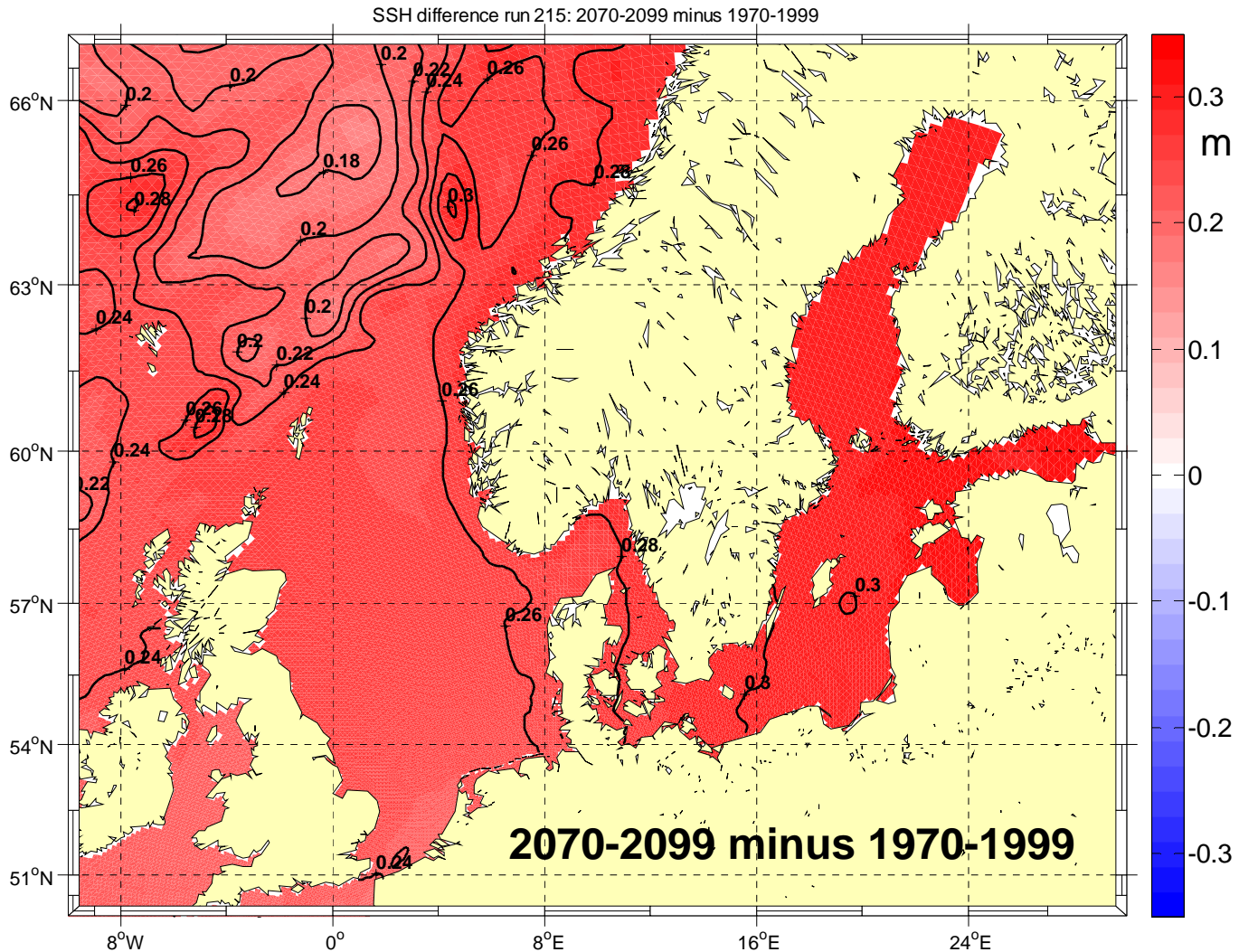


Meeresspiegelanstieg in der Nordsee räumlich homogen
Zusätzlicher Anstieg an der Ostseite der Nordsee durch die Aussüßung
Höherer Anstieg in der Ostsee wegen des stark abnehmenden
Salzgehalts

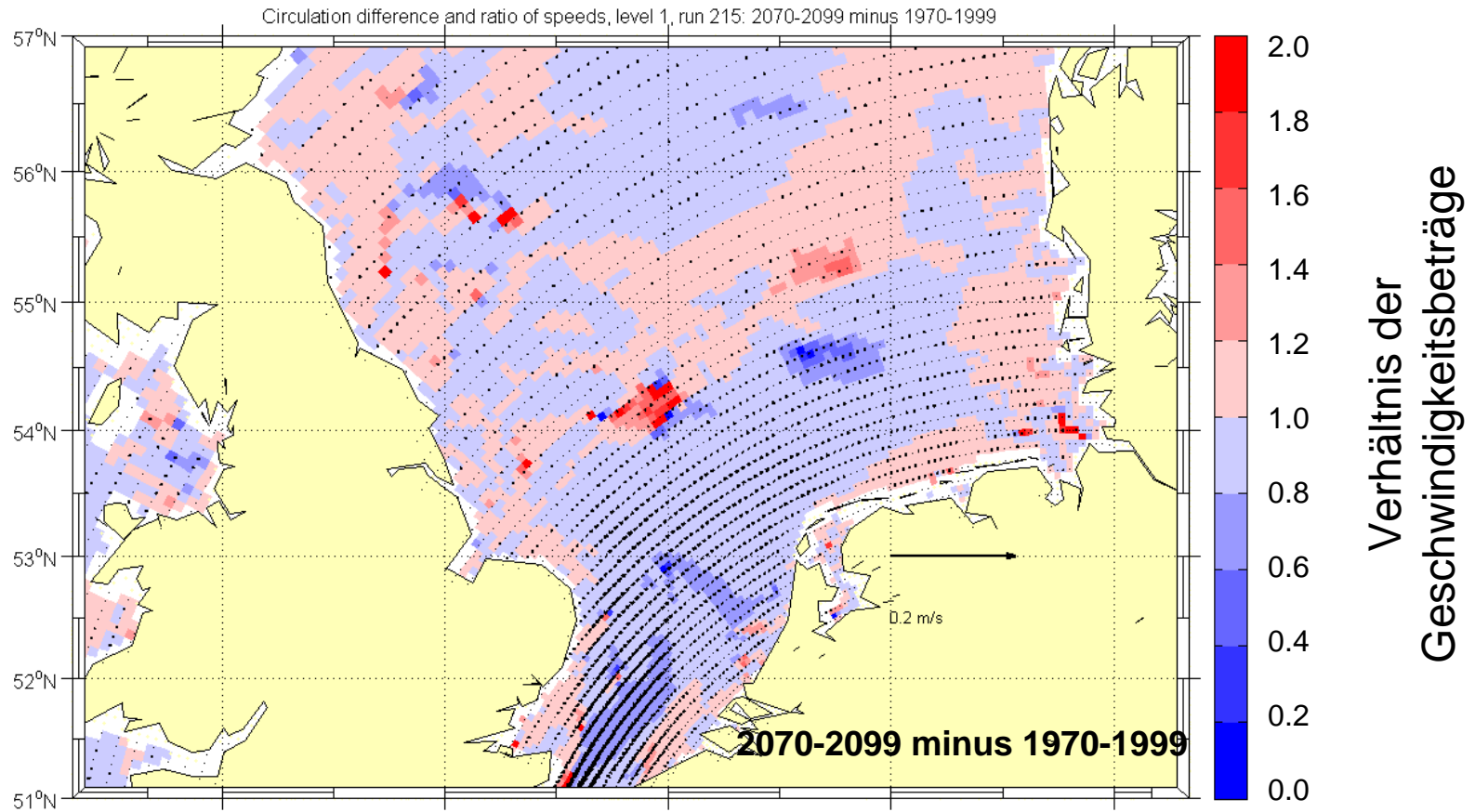


Änderungen des Meeresspiegels

KLIWAS
Klima · Wasser · Schifffahrt



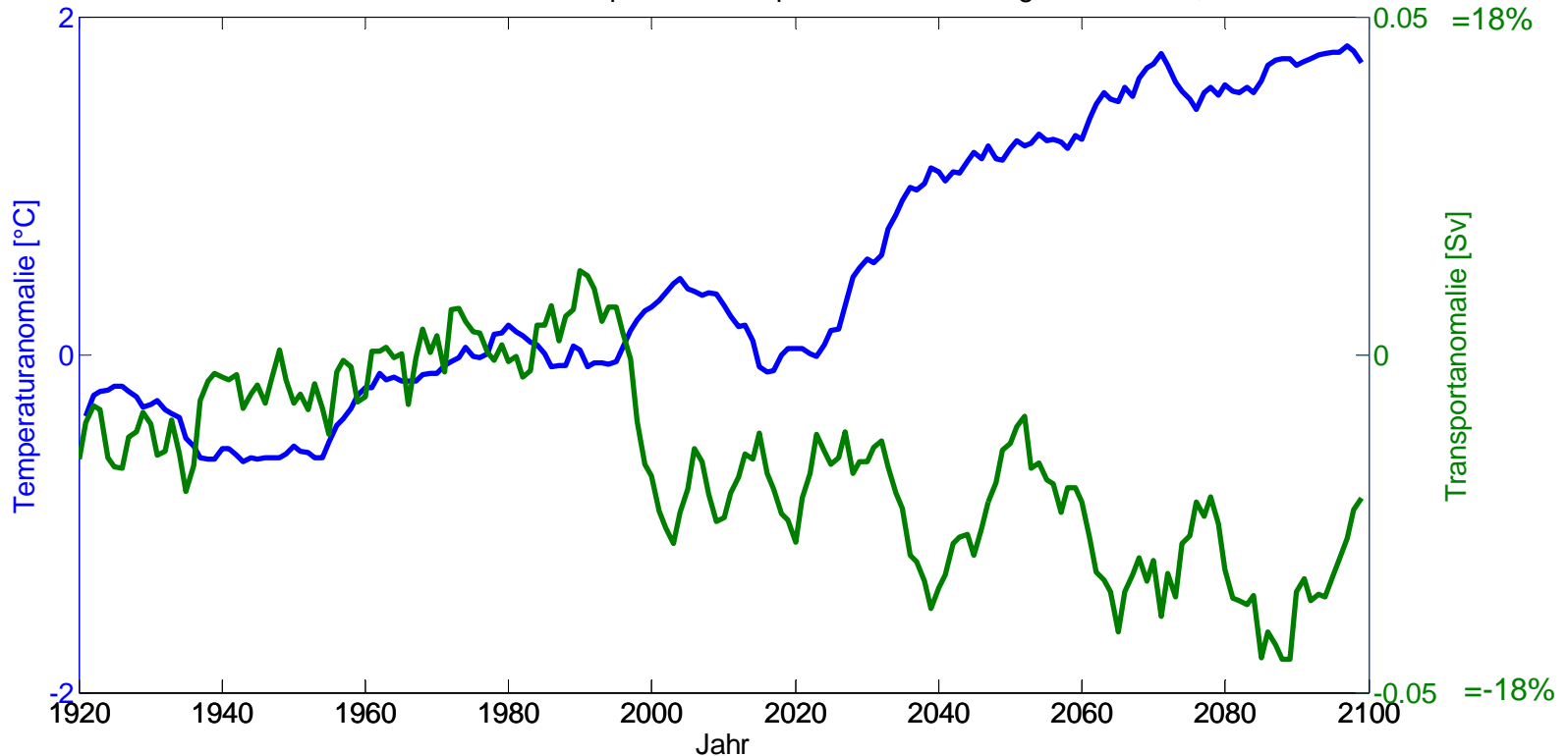
Änderungen der Strömungen



Abschwächung der Strömungen über weite Bereiche der südlichen Nordsee um teilweise >20%. Verbindung mit Windfeld wurde geprüft.

Einstrom über den englischen Kanal

Anomalien der Jahresmittel von Transport und Temperatur über den englischen Kanal, run 215



Einstrom über den englischen Kanal nimmt am Ende des 20. Jahrhunderts (Klimalauf) sprunghaft ab, danach geringere Abschwächung im 21. Jahrhundert.






Zusammenfassung

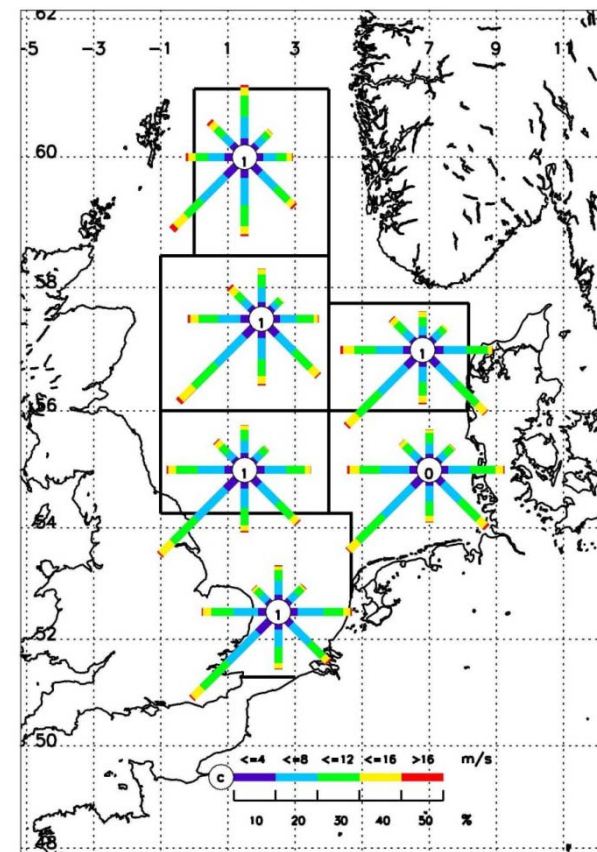
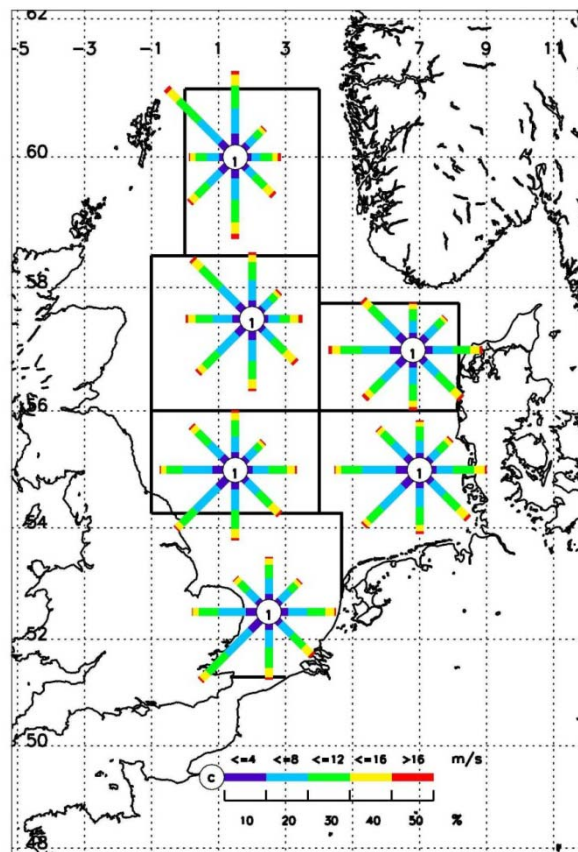
- Im A1B Szenario-Lauf des MPIOM/REMO/ECHAM5 zeigt sich:
- Erwärmung der Nordsee großflächig um $\sim 2^{\circ}\text{C}$
 - Erwärmungssignal um bis zu 3°C in der Ostsee
 - Moderate Abnahme (-0.25) der Salzgehalte in Nordsee, aber große Abnahme der Salzgehalte in Ostsee (-1.75)
 - Sterische und zirkulationsbedingte Änderungen des Meeresspiegels betragen 25-28 cm
 - In der südlichen Nordsee schwächt sich die Zirkulation um $\sim 20\%$ ab
 - Keine Verbindung mit Änderungen des Windfeldes in der südlichen Nordsee, aber schwächerer Einstrom durch den englischen Kanal
 - Trends sind teilweise deutlich nichtlinear und schwanken auf dekadische und längeren Zeitskalen

Änderungen der Windverhältnisse: Windrosen für MPIOM/Remo A1B

1971 - 2000

2070 - 2099

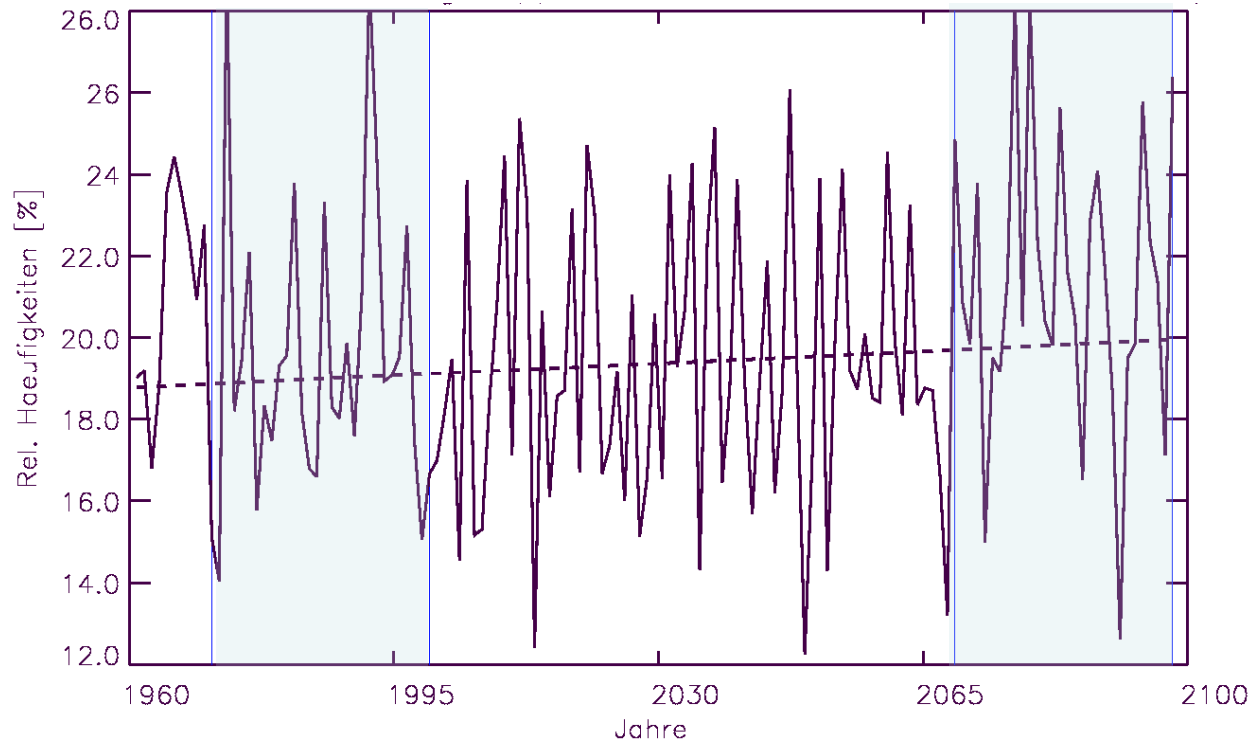
-  ≤ 4 m/s
-  4 - 8 m/s
-  8 - 12 m/s
-  12 - 16 m/s
-  > 16 m/s



Kumulativ über die 30 Jahre ausgewertet

Änderungen der Windverhältnisse: Jährliche Windrichtungsverteilungen

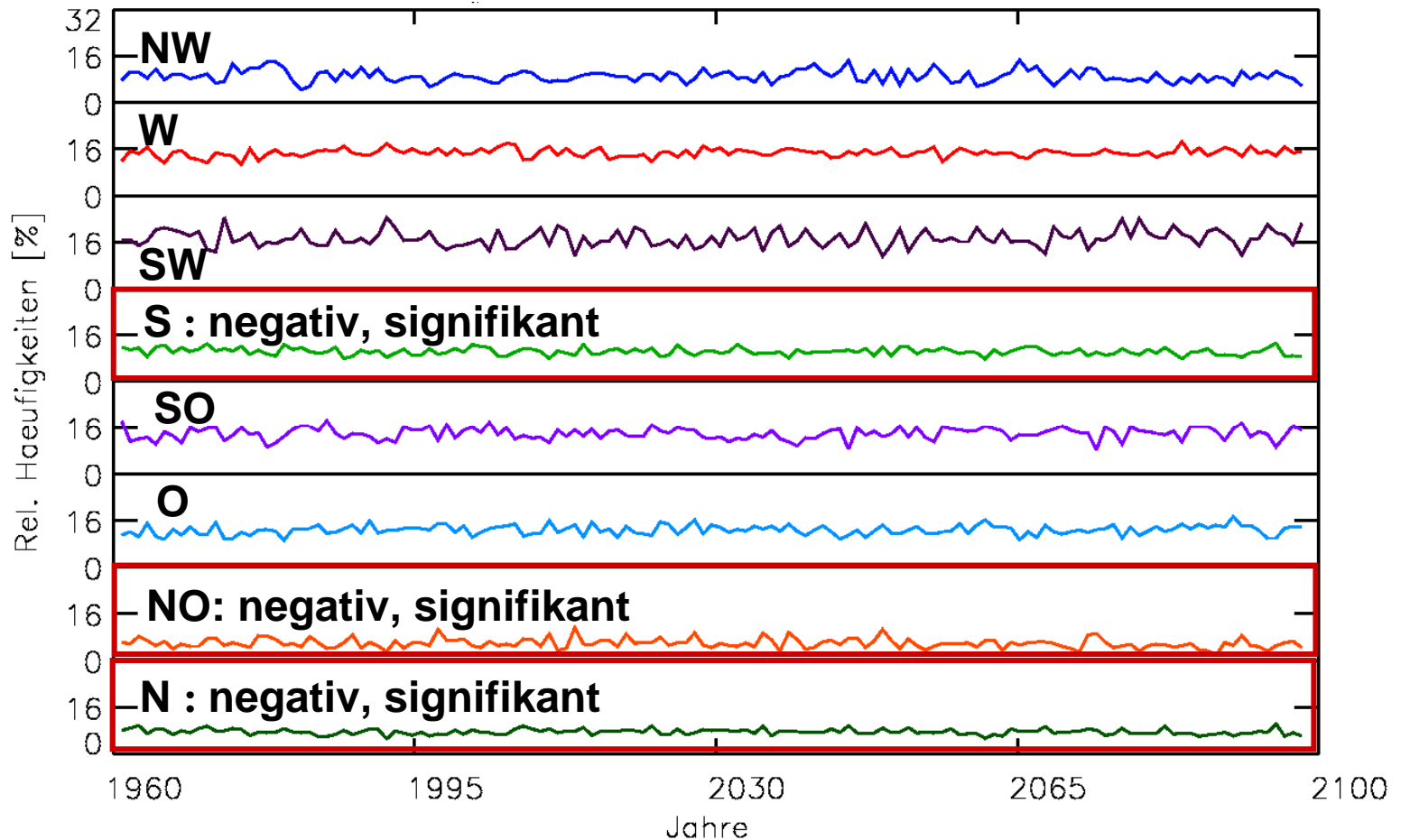
SW: Zunahme über gesamten Zeitraum, aber nicht signifikant
Zeitscheiben (30 Jahresmittel)



Signifikanz des Trends bestimmt nach Mann-Kendal

Änderungen der Windverhältnisse: Jährliche Windrichtungsverteilungen

MPI-OM/REMO, A1B, Basis 3h-Werte, Deutsche Bucht



Änderungen der Windverhältnisse: Robustheit der Ergebnisse

Auswertung von 3 Modellläufen:
MPI-OM/REMO, DMI und KNMI

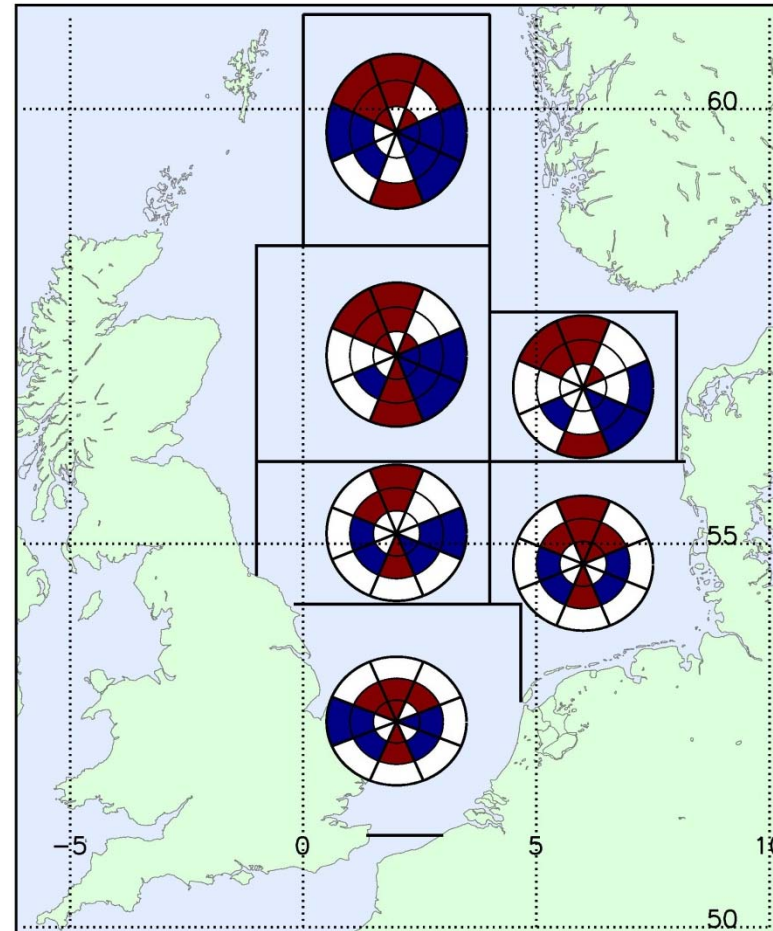
Basis für jährliche Häufigkeitsvert.
1961 - 2100 : 3h
Rand: ECHAM5, run3

Reihenfolge der Modelle von
innen nach außen: REMO, DMI,
KNMI

rot = Modellergebnis mit
negativ
signifikantem Trend

blau = Modellergebnis mit positiv
signifikantem Trend

weiß = Modellergebnis ohne
signifikanten Trend



Windrichtungen in 10 m Höhe über See:

- Unterschiede in den Windrosen von MPI-OM/REMO für (1971 – 2000) und (2070 – 2100) deutlich sichtbar
- Aber starke dekadische Schwankungen der jährlichen Häufigkeiten der Windrichtung
- Signifikanz der Trends für verschiedenen Modelle oder Modellläufe nicht einheitlich
- Falls negativ signifikante Trends: Windrichtungen NW, N, NO und S
- Falls positiv signifikante Trends: Windrichtungen O, SO, SW, W