

KLIWAS

Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt
Entwicklung von Anpassungsoptionen

Die Nordsee Klimawandel und Auswirkungen

Hartmut Heinrich und Birger Tinz
Hartmut.Heinrich@bsh.de, Birger.Tinz@dwd.de
Projekte 1.03, 2.01, 3.01



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Agenda

- **Regionale Klimaprojektionen**
 - ENSEMBLES
 - Referenz-Daten und Klimatologien
 - Regional gekoppelte Ozean-Atmosphäre Projektionen
- **Die Nordsee in der nahen und fernen Zukunft**
 - die natürliche Variabilität und Tendenzen
 - Luft- und Wassertemperatur
 - Wind und Seegang
 - Salzgehalt und Zirkulation
 - Wasserstand und Meeresspiegel
- **Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



KLIWAS ermittelt auf der Basis von globalen und regionalen Klimaprojektionen des Szenarios A1B

die Veränderungen der schifffahrtsrelevanten physikalischen Parameter in der Nordsee und den angrenzenden Ästuaren bis zum Jahr 2100

und schlägt ggf. Optionen zur Anpassung an diese vor.



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



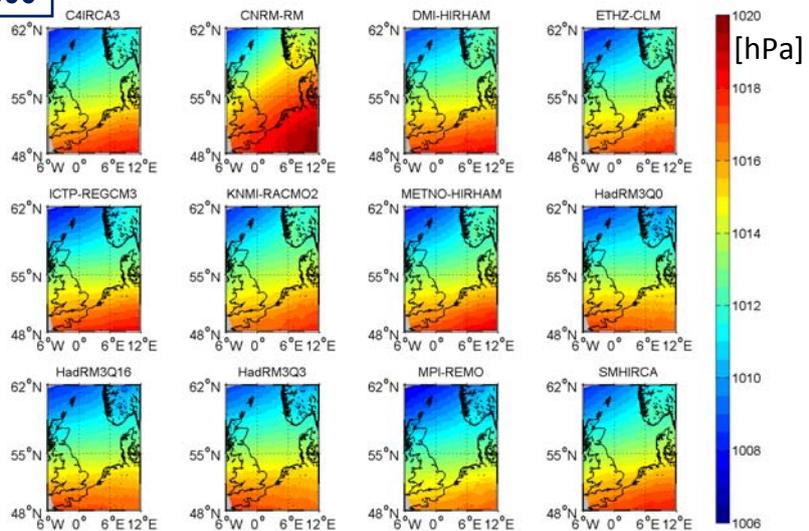
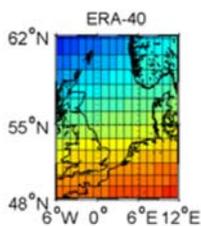
ENSEMBLES



Bodenluftdruck
Referenzzeitraum 1971 - 2000

ENSEMBLES - Validationen

Re-Analyse



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



ENSEMBLES

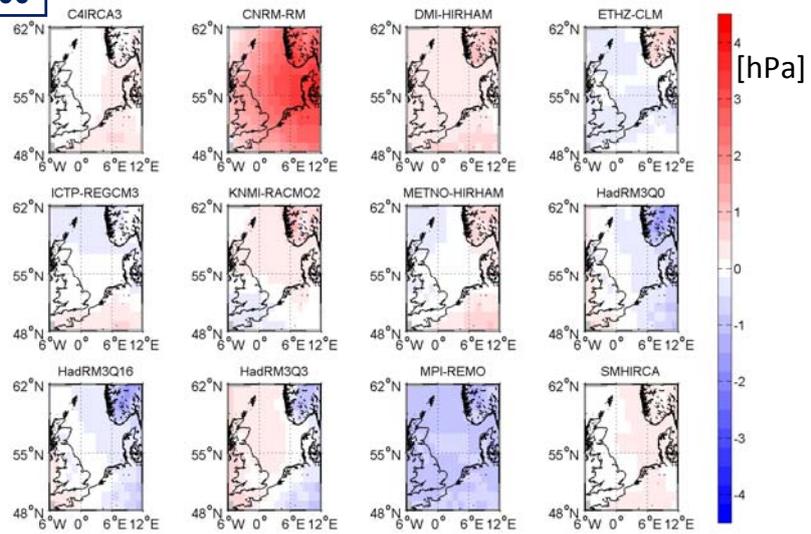
Bodenluftdruck
Referenzzeitraum 1971 - 2000

Validationen minus Re-Analyse

Je nach verwendeter
Modellkonfiguration
unterschiedliches Verhalten der
regionalen Klimamodelle

- **GUT** bei Lufttemperatur, Luftdruck und Wind
- **WENIGER GUT** bei Bewölkung und Strahlung

Ergebnisse in Kürze in KLIWAS-Schriftenreihe



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013

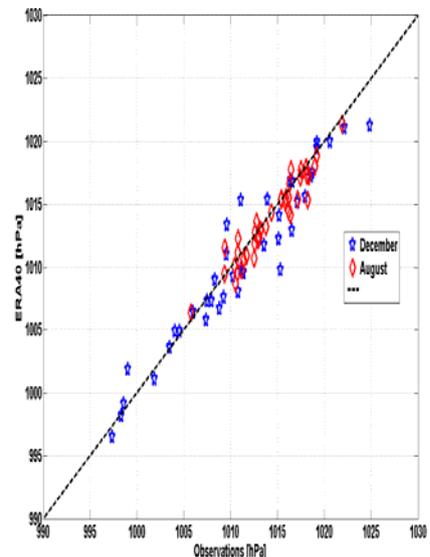
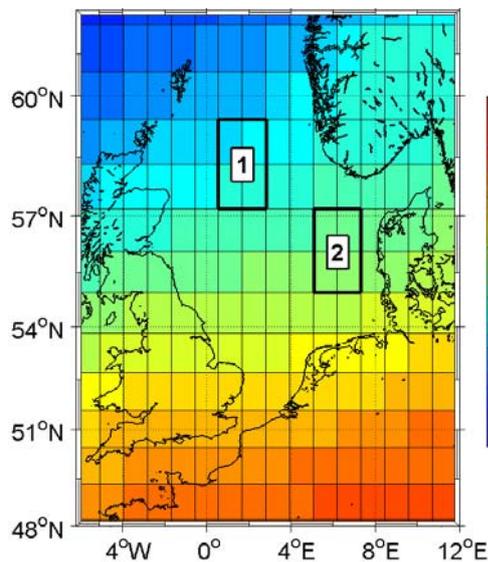


Referenz-Daten und Klimatologien

Bodenluftdruck
Referenzzeitraum 1971 - 2000

Re-Analyse ERA 40

OK



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013

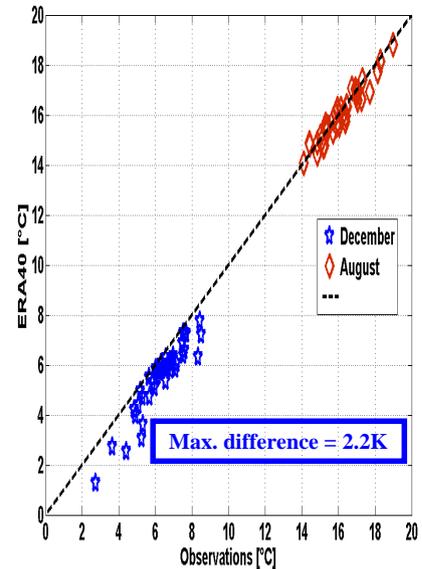
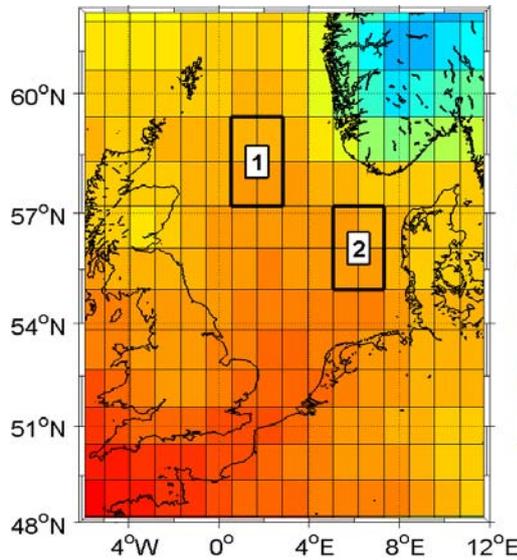


Referenz-Daten und Klimatologien

Lufttemperatur 2 m
Referenzzeitraum 1971 - 2000

Re- Analyse ERA 40

Je nach verwendetem Parameter weicht die Re-Analyse mehr oder weniger stark von Messdaten ab.



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Referenz-Daten und Klimatologien

Neue Klimatologien für Nordsee mit räumlichen Auflösungen von ca. 0,25° (**Ozean**) und 1° (**Atmosphäre**), mit einer zeitlichen Auflösung von 1 Monat aus qualitätsgesicherten Beobachtungsdaten.

Spezifische Klimatologien für alle KLIWAS-relevanten Parameter.

http://icdc.zmaw.de/icdc_home.html



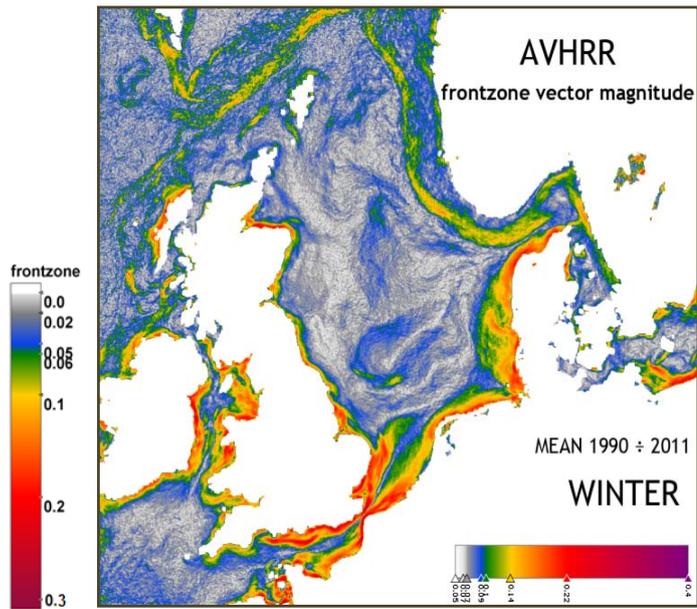
3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Referenz-Daten und Klimatologien

Erstmals Fronten-Klimatologie für die Nordsee aus Satellitenbeobachtungen für die Validierung von ozeanischer Dynamik in Klima-projektionen.

Methodik als Core Service in das europäische COPERNICUS Programm (ehemals GMES) aufgenommen.



Betrag des Gradienten der Front (K/km) 1990-2011



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Regional gekoppelte Projektionen

Atmosphäre / Ozean **ungekoppelt**:

- uni-direktional, kein Einfluss der Atmosphäre auf den Ozean

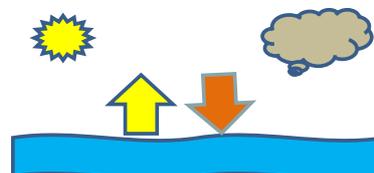


ENSEMBLES-Projekt

Atmosphäre / Ozean **gekoppelt**:

- bi-direktional, Wechselwirkung Ozean mit Atmosphäre

Neu!



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Regional gekoppelte Projektionen

Atmosphärenmodell **REMO** ∞ Ozeanmodell **HAMSOM**

ZMAW – CSC – BSH/SWA

Atmosphärenmodell **REMO** ∞ Ozeanmodell **MPIOM**

MPI Meteorologie – BSH/SWA

Atmosphärenmodell **RCA** ∞ Ozeanmodell **NEMO**

SMHI – BSH/SWA



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



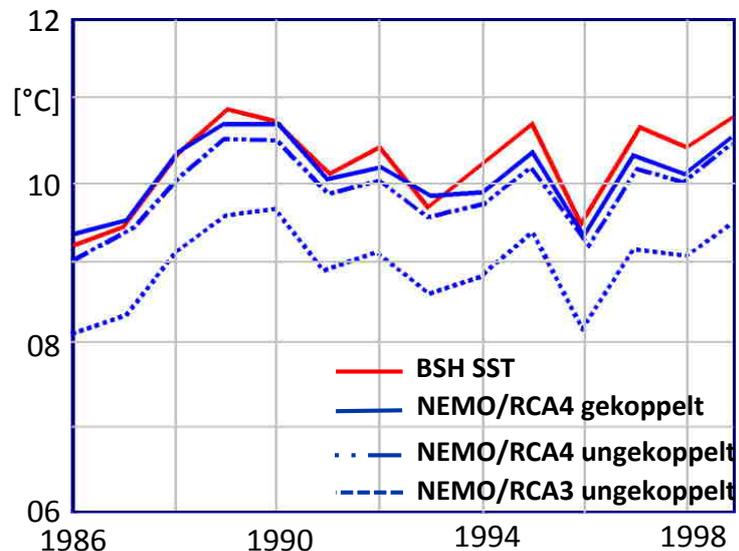
Regional gekoppelte Projektionen

Temperatur der Nordseeoberfläche (SST)

Die Koppelung „Atmosphäre – Ozean“ ist technisch machbar

Die in KLIWAS durchgeführten Versuche laufen stabil

Sie liefern verbesserte Ergebnisse

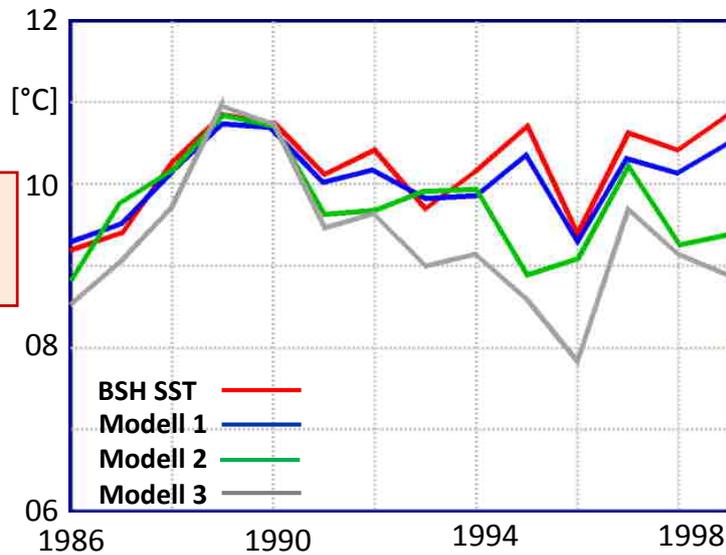


3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Regional gekoppelte Projektionen

Temperatur der Meeresoberfläche (Nordsee)



Unterschiede zwischen den Modellen verursachen weiterhin Bandbreiten.

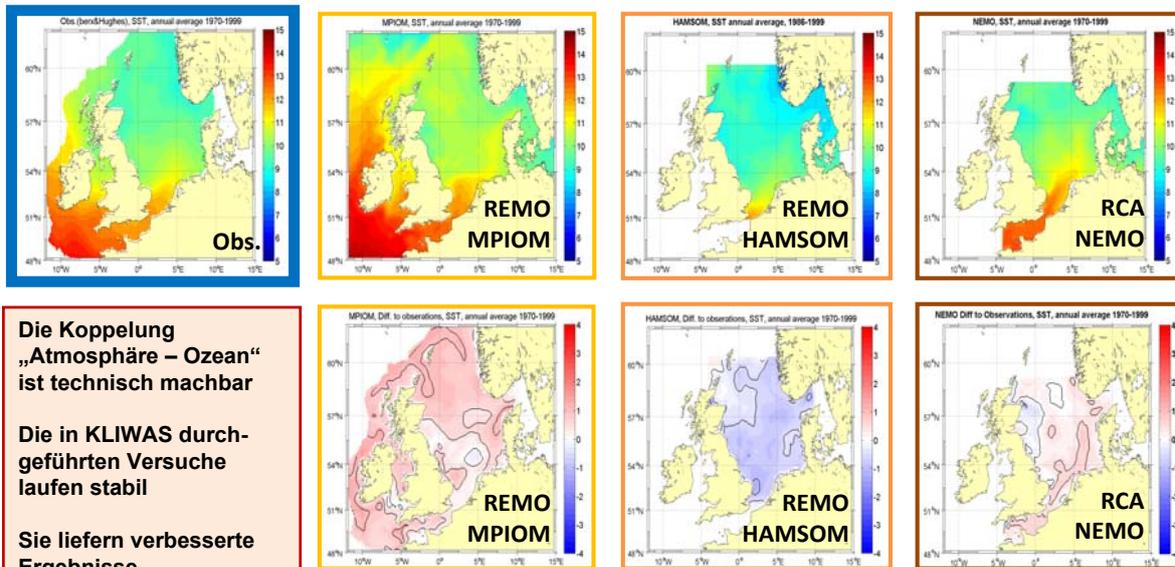


3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Regional gekoppelte Projektionen

Temperatur der Meeresoberfläche (Jahresmittel [°C])



Die Koppelung „Atmosphäre – Ozean“ ist technisch machbar
Die in KLIWAS durchgeführten Versuche laufen stabil
Sie liefern verbesserte Ergebnisse

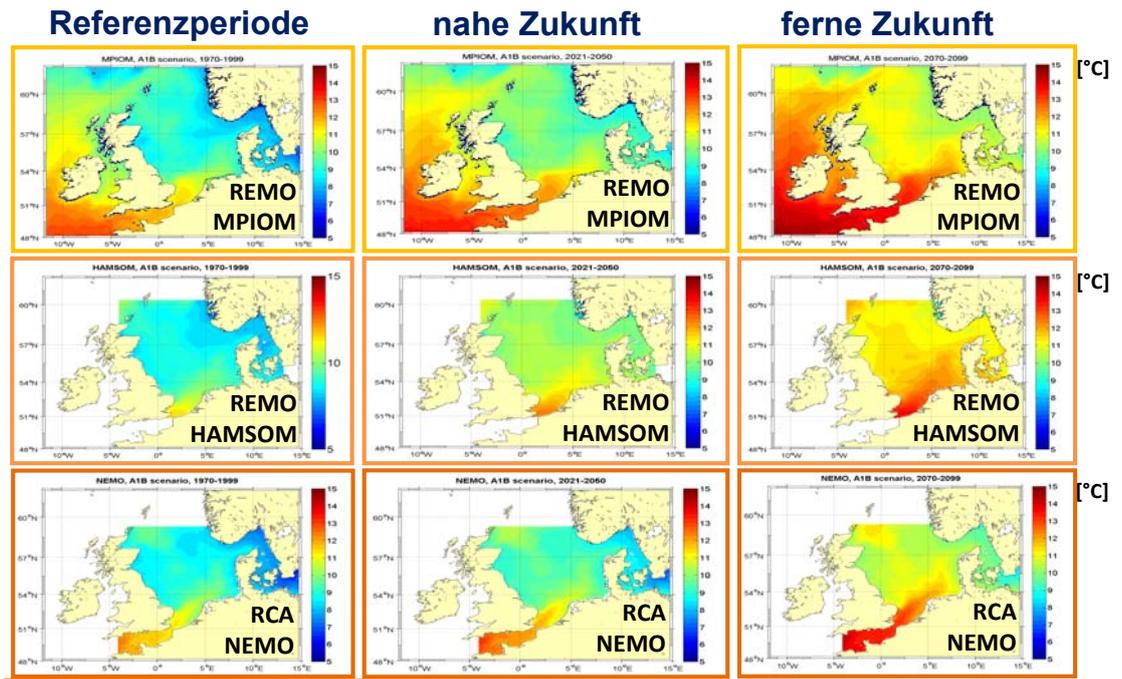


3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Regional gekoppelte Projektionen

Temperatur der Meeresoberfläche (Jahresmittel)



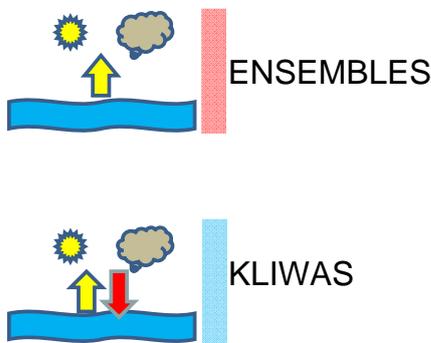
3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



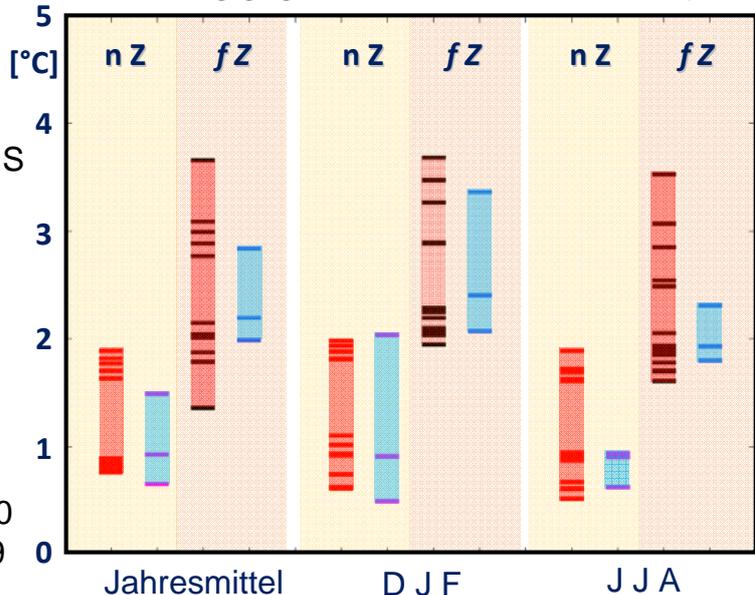
Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Lufttemperatur 2 m

Änderung gegenüber Referenzzeitraum (A1B)



nZ = nahe Zukunft 2021-2050
fZ = ferne Zukunft 2070-2099



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung gegenüber 1971 - 2000

ENSEMBLES

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Lufttemperatur		Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[°C]	Jahresmittel	+0,8 bis +1,9
	DJF	+0,6 bis +2,0	+1,9 bis +3,7
	MAM	+0,8 bis +1,8	+1,8 bis +3,3
	JJA	+0,5 bis +1,9	+1,6 bis +3,5
	SON	+0,7 bis +1,9	+1,7 bis +4,0



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung gegenüber 1971 - 2000

global u. regional gekoppelt

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Wassertemperatur Oberfläche		Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[°C]	Jahresmittel	+0,7 bis +1,5
	DJF	+0,6 bis +1,4	+1,8 bis +2,8
	MAM	+0,8 bis +1,4	+1,8 bis +2,6
	JJA	+0,7 bis +1,7	+1,8 bis +3,1
	SON	+0,6 bis +1,7	+1,6 bis +3,0



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung gegenüber 1971 - 2000

ENSEMBLES

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Windgeschwindigkeit		Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[m/s]	Jahresmitte	-0,1 bis +0,2
	DJF	-0,2 bis +0,4	-0,5 bis +0,6
	MAM	-0,2 bis +0,2	-0,2 bis +0,3
	JJA	-0,1 bis +0,2	-0,2 bis +0,3
	SON	-0,2 bis +0,3	-0,2 bis +0,3



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Windgeschwindigkeit

ENSEMBLES

Die zwischenjährliche Variabilität ist größer als der Trend.

Unterscheidungen zwischen naher und ferner Zukunft sind deshalb nicht sinnvoll.



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

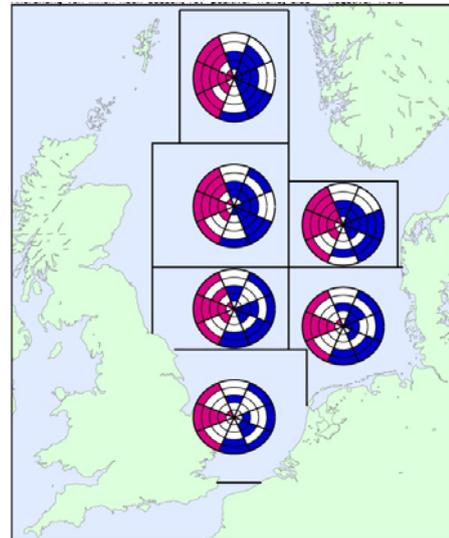
Windrichtung

ENSEMBLES

Auswertung von 5 Simulationen:

1961 - 2099

- pink** = **signifikant positiver** Trend
- blau** = **signifikant negativer** Trend
- weiß** = **ohne signifikanten** Trend



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung der signifikanten Wellenhöhe gegenüber 1971 – 2000*

ENSEMBLES
+ WAM

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Seegang (99.Perzentil) westliche Nordsee		Nahe Zukunft 2011 - 2040	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[%]	Jahresmitte	0 bis +5
	DJF	+3 bis +8	-8 bis +5
	MAM	-7 bis +6	-16 bis +6
	JJA	-2 bis +4	-14 bis +6
	SON	-4 bis +10	-8 bis -2

* 5,0 m



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung der signifikanten Wellenhöhe gegenüber 1971 – 2000*

ENSEMBLES
+ WAM

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Seegang (99. Perzentil) östliche Nordsee		Nahe Zukunft 2011 - 2040	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[%]	Jahresmitte	0 bis +8
	DJF	-4 bis -2	0 bis +5
	MAM	+4 bis +12	+8 bis +16
	JJA	+2 bis +6	+2 bis +4
	SON	+1 bis +12	+6 bis +14

* 4,5 m



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung gegenüber 1971 - 2000

ENSEMBLES

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Niederschlag		Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[%]	Jahressumme	+1 bis +8
	DJF	+0 bis +15	+9 bis +22
	MAM	-7 bis +11	-4 bis +25
	JJA	-4 bis +7	-15 bis +9
	SON	+1 bis +16	-5 bis +25



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung gegenüber 1971 - 2000 *global u. regional gekoppelt*

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Salzgehalt		Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[g/kg]	Jahresmitte	-0,01 bis -0,11
	DJF	-0,02 bis -0,10	-0,20 bis -0,48
	MAM	-0,01 bis -0,12	-0,22 bis -0,51
	JJA	-0,01 bis -0,11	-0,18 bis -0,48
	SON	0,00 bis -0,10	-0,18 bis -0,43



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Nordsee: nahe und ferne Zukunft

Abweichung gegenüber 1971 - 2000 *global u. regional gekoppelt*

Parameter	Zeitraum	Bandbreite	der Änderung
Meeresspiegelanstieg*		Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2070 - 2099
	[cm]	Jahresmittel	+7 bis +11
	DJF	+7 bis +9	+19 bis +24
	MAM	+7 bis +11	+22 bis +27
	JJA	+7 bis +11	+21 bis +24
	SON	+7 bis +10	+20 bis +25

- * thermosterisch + Wind- u. ozean. Zirkulationsänderungen
- * **ohne** Beitrag der Eisschilde
- * **ohne** vertikale Pegelbewegungen



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Zusammenfassung



Windgeschwindigkeit und -richtung verändern sich in der Nordsee nicht stark.

Der Seegang wird im Westen der Nordsee etwas niedriger und im Osten etwas höher werden.

Zusammenfassung



Sturmfluthäufigkeit und -stärke verändern sich nicht signifikant.

Zusammenfassung

Temperatur



Luft- und Wassertemperatur können um ca. 2-4°C ansteigen.

Zusammenfassung

Schichtung



Steigende Temperaturen und verlangsamte Strömungen können beträchtliche Veränderungen in den Ökosystemen bewirken.

Zusammenfassung

Niederschlag



Die Zunahme der Niederschläge (See & Land) kann zu einer sehr leichten Senkung des Salzgehalts führen.

Zusammenfassung

Meeresspiegelanstieg



Der in der Nordsee „verursachte“ Anteil beträgt ca. 25 cm.

Die globalen Unsicherheiten bleiben weiterhin groß.

Nordsee-Klimatologie

Universität Hamburg 

Sturmflutrisiko

Freie Universität  Berlin

Nordsee-Frontenklimatologie



Regionale Klimamodellierung

 Schwedischer Wetterdienst

Extremwasserstände



 Universität Hamburg

Seegang

 **Helmholtz-Zentrum Geesthacht**
Zentrum für Material- und Küstenforschung

 Max-Planck-Institut für Meteorologie

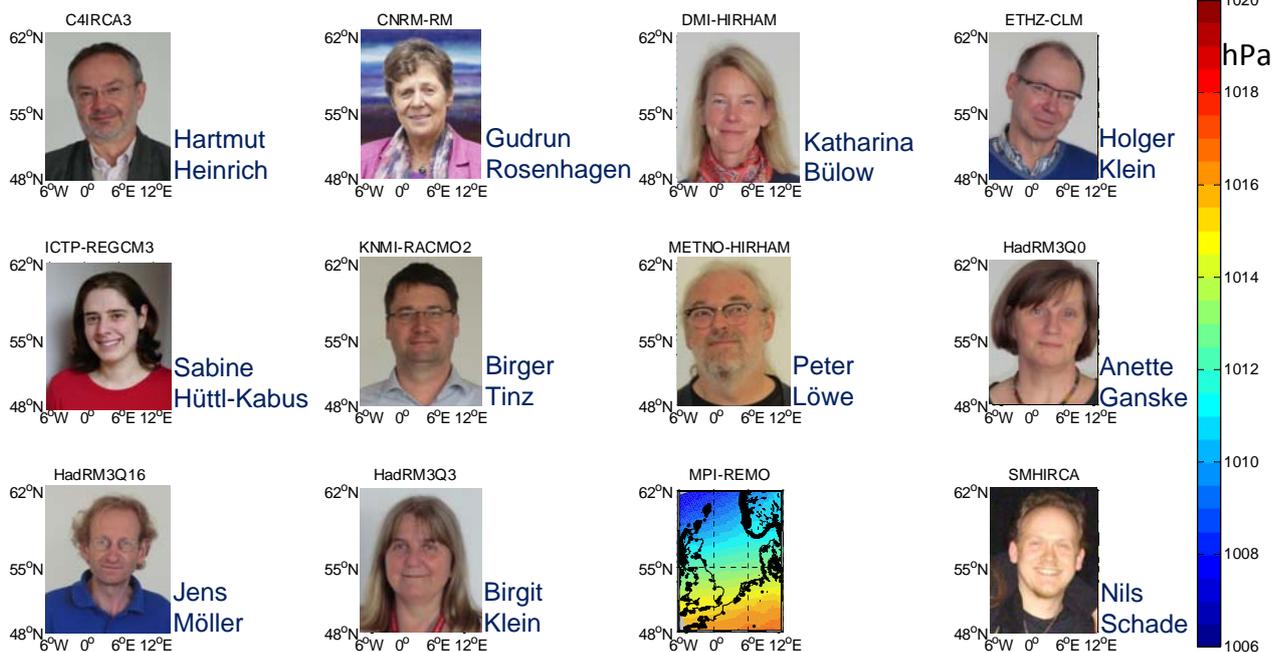
 **CSC**
Climate Service Center Germany
Eine Einrichtung des Helmholtz Zentrums Geesthacht



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Das KLIWAS Meer - Team



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013

Vielen Dank!

