

[794] Bedeutung natürlicher und anthropogen erzeugter Schwankungen der thermohalinen Zirkulation für die Kohlenstoffaufnahme

M. Brüdgam, C. Eden, L. Czeschel, J. Bähr
KlimaCampus Hamburg / Universität Hamburg

Zielsetzung

Zur Schätzung des Ozeanzustandes werden verschiedene Beobachtungen in numerische Simulationen assimiliert, wobei erhebliche Unterschiede in der thermohalinen Zirkulation (AMOC) auftreten. Deshalb untersuchen wir, ob die AMOC-Schwankung eines bekannten Ozeanzustand durch künstliche Störungen im Wärmefluss reproduzierbar ist und welche Beobachtungen dafür am geeignetsten sind. Verbesserte Assimilationsergebnisse sollten zu einer verbesserten Aussage über das Verhalten der Kohlenstoffaufnahme und seines Haushaltes führen.

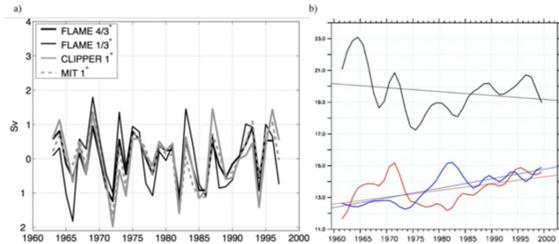


Abb. 1: a) Anomalien der AMOC bei 45°N (Jahresmittel) von verschiedenen Modellen, angetrieben durch die gleichen atmosphärischen Flüsse [aus Beismann et al., 2002]. b) Thermohaline Zirkulation bei 26,5°N von verschiedenen Assimilationsprodukten durch die Codes GECCO (blau), SODA (rot) und ORA-S3 (schwarz) [aus Kröger et al., 2012].

Physikalische Zirkulationsmodell

Mit Hilfe eines numerischen Ozeanmodells MITgcm (4° (global) - & 4/3° (Nordatlantik)-Auflösung) wird der Ozean durch zeitlich konstanten Oberflächenantrieb (Wind und Wärmefluss) in einen quasi-stationären Gleichgewichtszustand gebracht. (Integrationszeit: 5000 bzw. 300 Jahre, kein Jahresgang)

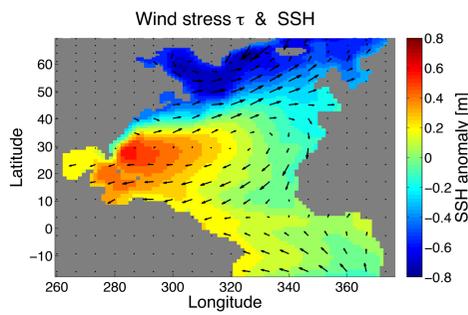


Abb. 2: Windstress und Oberflächenauslenkung (SSH) des Ozeangeleichgewichts (4/3°-Auflösung)

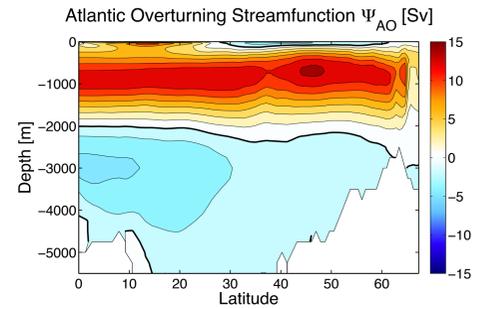


Abb. 3: Thermohaline Zirkulation im Nordatlantik (zonal gemittelt, 4/3°-Auflösung)

Rekonstruktion Wärmefluss-getriebener Schwankungen

Für den Kontrolllauf wurde eine 10-jährige, regelmäßige Schwingung des Wärmeflusses Q über der Labradorsee (Abb. 5a) gewählt. Als unabhängige Variable dient die thermohaline Zirkulation des Nordatlantik (Abb. 3). Danach wurden Optimierungen (Tab. 1) durchgeführt, die unterschiedliche Informationen und Fehler bei der Assimilation verwenden (Tab. 1). Im folgenden wurde das biogeochemische Modell für ausgewählte Optimierungen simuliert, um die Güte der Rekonstruktion für die Kohlenstoffvariabilität aus dem Kontrolllauf zu bestimmen.

$$\text{Kostenfunktion: } J(Q) = \sum_{x,y} \frac{(Q - Q_c)^2}{w_Q^2} + \sum_z \sum_{x,y} \frac{(T - T_c)^2}{w_T^2(z)} + \sum_z \sum_{x,y} \frac{(S - S_c)^2}{w_S^2(z)} + \sum_{x,y} \frac{(SSH - SSH_c)^2}{w_{SSH}^2}$$

Set of experiments	Observations	A priori info	Noise	Initial state err.	A priori error	First guess	Model error
PERFECT	X	X	-	-	-	-	-
OBSONLY	X	-	-	-	-	-	-
NOISEerror	X	X	X	-	-	-	-
INITIALerror	X	X/-	-	X	-	-	-
APRIORerror	X	X	-	-	X	-	-
GUESSError	X	X	-	-	-	X	-
MODELerror	X	X	-	-	-	-	X

Tab. 1: Liste der Optimierungen, mit deren Informationen und Fehler bei der Assimilation.

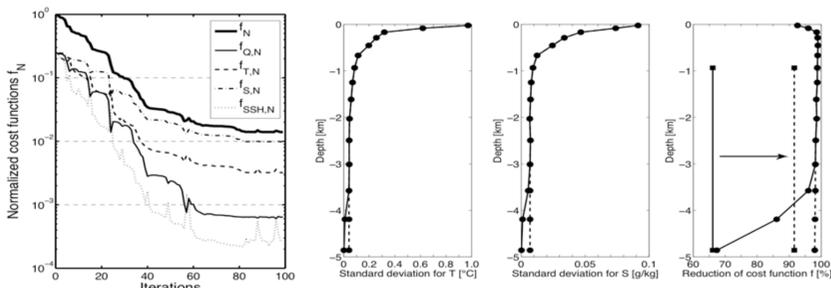


Abb. 4: a) Reduktion der Kostenfunktion in PERFECT für 100 Iterationen. Standardabweichung der b) Temperatur w_T und c) des Salzgehaltes w_S für jedes Tiefenlevel aus dem Kontrolllauf. d) Reduktion des Kostenfunktion für kumulative Tiefeninformationen.

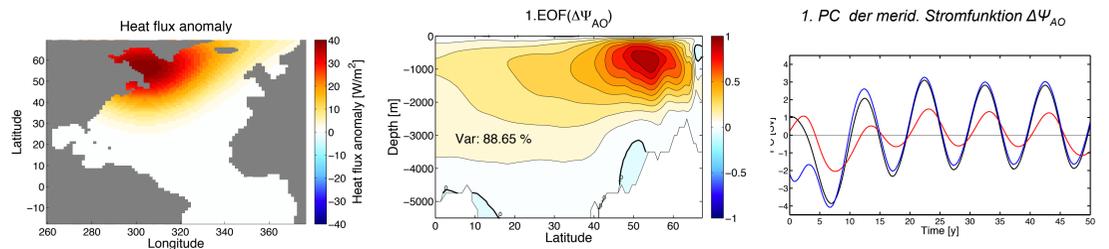


Abb. 5: a) Wärmeflussstörung in der Labradorsee. b) 1. EOF und c) 1. PC (schwarz) für die Variabilität der meridionalen Stromfunktion $\Delta\Psi_{AO}$ aus dem Kontrolllauf (schwarz), der Optimierungen INITIALerror (blau) und MODELerror (rot).

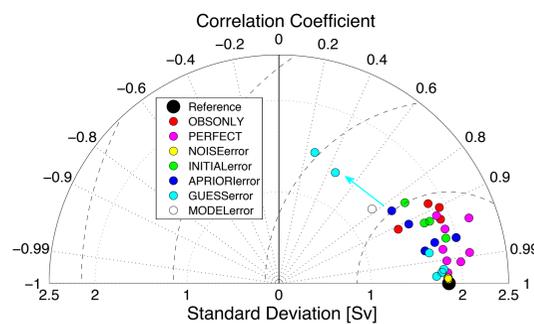


Abb. 6: Taylordiagramm für die Rekonstruktion der meridionalen Stromfunktion, 1. PC ($\Delta\Psi_{AO}$), für verschiedene Optimierungen (siehe Tab. 1)

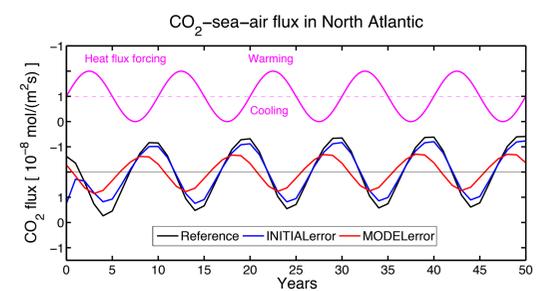


Abb. 7: Reproduzierbarkeit des CO_2 -Austausches für die jeweiligen Optimierungen (Tab. 1).

Kohlenstoffmodell

Ein einfaches biogeochemisches Modell, das die Nährstoffverteilung (N), gelöstes organisches Material (DOP), gelösten, inorganischen Kohlenstoff (DIC), Alkalinität und Sauerstoff simuliert wurde an das physikalische Zirkulationsmodell gekoppelt. Neben den idealisiert angetriebenen Rekonstruktions-Experimenten werden auch realistisch angetriebene, wirbelauflösende Modelle des Nordatlantiks betrieben.

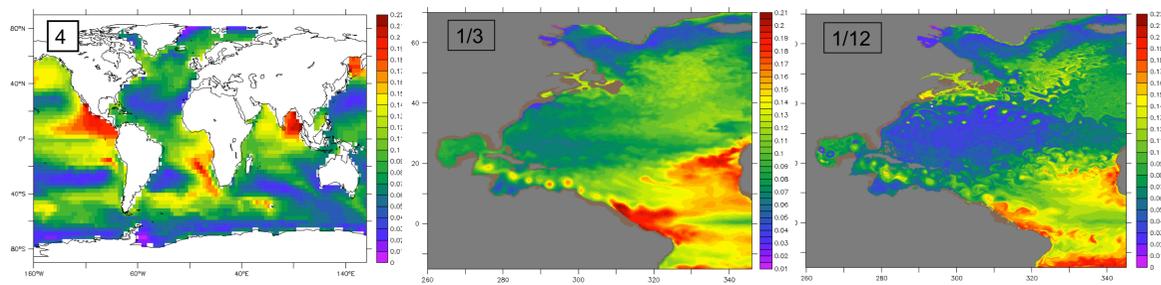


Abb. 8: DOP ($\times 1e3$) [mol P / m^3] in einer Tiefe von 90m in Modellen unterschiedlicher horizontaler

Ziel ist es die Robustheit des in groben Modellen gefundenen Zusammenhang zwischen natürlicher Schwankungen der MOC und der CO_2 -Aufnahme in Hinblick auf meso-skaliere Variabilität zu untersuchen.

Zusammenfassung

Ergebnisse:

- Gute Reproduzierbarkeit von dekadischer MOC-Variabilität möglich
- Bessere Rekonstruktion mit Temperatur- und SSH-Daten als mit Salzgehaltinformationen
- Schlechte Rekonstruktion durch Model- oder Initialisierungsfehler
- Rekonstruktion der Kohlenstoffaufnahme und des Haushaltes durch MOC-Variabilität bestimmt
- Abgeschlossene Implementierung des Kohlenstoffmodells in realistische Modelle des Nordatlantiks bis zu einer Auflösung von 1/12°

Ausblick:

- Bedeutung für die Vorhersagbarkeit der MOC und CO_2
- Optimierung des CO_2 -Modells
- Zukunftsszenarien des Kohlenstoffhaushaltes
- Einfluss mesoskaliere Variabilität