

# Sensitivität der Erdrotationsparameter gegenüber polarem Süßwassereintrag

Jan Saynisch, Manfred Wenzel und Jens Schröter

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Klimawandels wird ein Rückgang der Eis- und Schneebedeckung unseres Planeten erwartet bzw. bereits beobachtet [1]. Insbesondere in Polnähe hat dies einen erhöhten Süßwassereintrag in die Ozeane zur Folge. Unsere Untersuchungen befassen sich mit den Auswirkungen dieses Süßwassereintrages auf die Ozeanzirkulation und den Meeresspiegel. Daraus resultierende Änderungen in den Erdorientierungsparametern (EOP) werden untersucht. Dazu wird ein globales Ozeanmodell mit zusätzlichem Süßwasserantrieb versehen, z.B. einem konstanten Eintrag um Grönland, die EOP-Änderungen werden errechnet und mit ungestörten Referenzläufen verglichen. So gewonnene Erkenntnisse werden anschließend genutzt um von den beobachteten EOP-Änderungen auf Massenänderungen des Ozean und der polnahen Eismassen zu schließen. Dieser Ansatz erlaubt die Aufspaltung der beobachteten globalen Meeresspiegeländerungen in einen durch Massenänderung hervorgerufenen und in einen durch Ausdehnung des Ozeanwassers verursachten Anteil.

## 2. Experimente / Modell

**Das Ozeanmodell:**  
Das verwendetet OGCM (Large Scale Geostrophic Model) wird mit ERA40 Atmosphäre angetrieben. Es besitzt eine geringe zeitliche, räumliche (2°) und physikalische Auflösung und eignet sich damit für die Bewältigung einer hohen Anzahl von Modellläufen mit großen Zeitskalen.

**Der Süßwassereintrag:**  
Der aktuelle IPCC- Report [1] macht Angaben zum Massenverlust der Eismassen. Diese weisen eine enorme Spannweite auf:  
Grönland: -50 bis -150\*10<sup>12</sup> kg/Jahr  
Antarktis: +100 bis -200\*10<sup>12</sup> kg/Jahr

Die verschiedenen Experimente decken den negativen Bereich dieser Angaben ab und fügen dem Ozeanmodell einen zusätzlichen konstanten, lokal beschränkten Süßwasserantrieb hinzu.

## 2b. Experimente / Resultate

Der Süßwasserantrieb kann andere Moden der Ozeanzirkulation anregen. Diese Änderungen sind in den ozeanischen Anregungsfunktionen sichtbar. Sie betragen 10-20% des Signals.

Diese und ähnliche Moden werden allerdings auch durch minimale Änderungen in der Modellparametrisierung angeregt (z.B. 1%ige Änderung der Diffusion) und fallen somit unter die Modellungenauigkeiten.

Die Änderungen des ozeanischen Trägheitstensors zeigen rasch (< 1 Jahr) das charakteristische Signal der Beckengeometrie. Das zugeführte Wasser verteilt sich also gleichmäßig über den Ozean.

## 3. Inversion / Modell

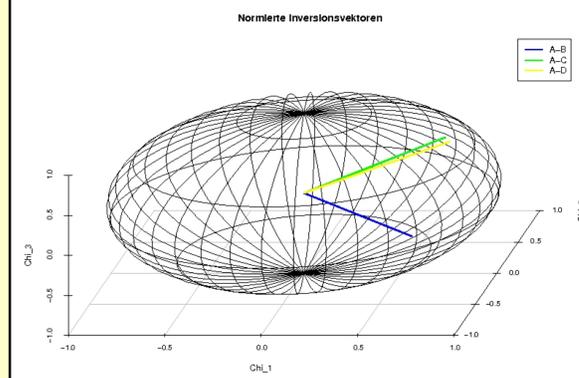
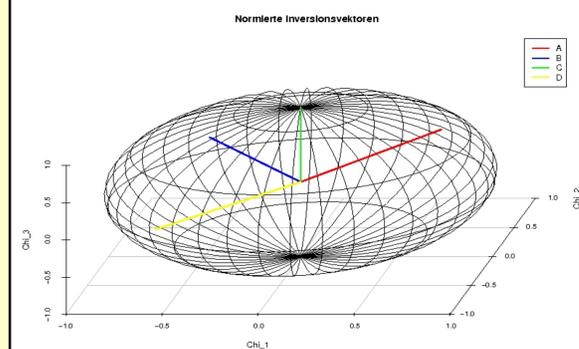
Die Anregungsfunktionen ( $\chi$ ) wurden aus den beobachteten EOP Zeitreihen (C04 [2]) berechnet und um die atmosphärischen, hydrologischen sowie die aus den Gezeiten resultierenden Anteile bereinigt. Das Residuum ( $\chi_{obs}$ ) wird nach lokalen sowie globalen/ozeanweiten Massenänderungen invertiert [3]. Als lokale Massenquellen wurden Grönland, Antarktis und Alaska ausgewählt.

$$\vec{\chi}_{obs} = \vec{A} \sum_{i=1}^3 M_i - \vec{B} M_1 - \vec{C} M_2 - \vec{D} M_3 + \vec{\eta}$$

$$= \vec{E} \vec{M} + \vec{\eta}$$

$$\Rightarrow \vec{M} = (\vec{E}^T \vec{E})^{-1} \vec{E}^T \vec{\chi}_{obs}$$

**M** Masse  
**E** Matrix (Modell → Beobachtungen)  
**A,B,C,D**  $\partial \chi / \partial M_i$   
A: Global, Beckengeometrie  
B: Grönland, Punktmasse (71N, 40W)  
C: Antarktis, rot.symmetrisch (90-60S)  
D: Alaska, Punktmasse (63N, 145W)  
 **$\eta$**  Noise

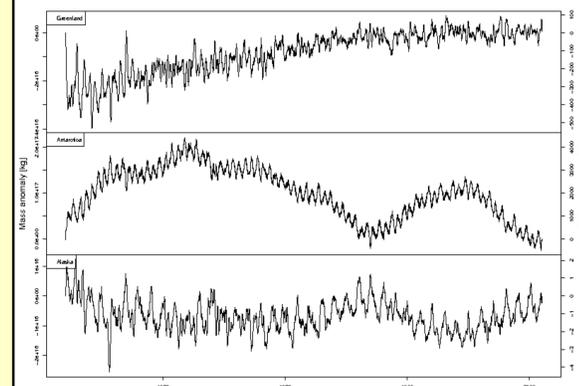


## 3b. Inversion / Resultate

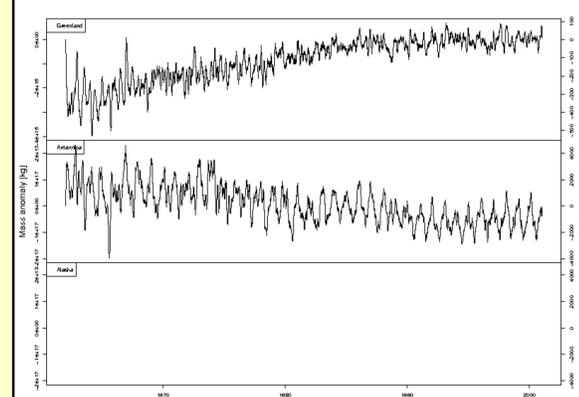
Eine Inversion der EOP ist möglich. Die verwendeten Modellvektoren (A-D) spannen den gesamten Beobachtungsraum auf.

Die so gewonnenen Schmelzraten sind allerdings sehr unrealistisch, da im Residuum interdekadische Signale enthalten sind, die nicht durch den Ozean erklärt werden können. Diese werden vermutlich durch Erdkern und Erdmantel erzeugt [4], [5].

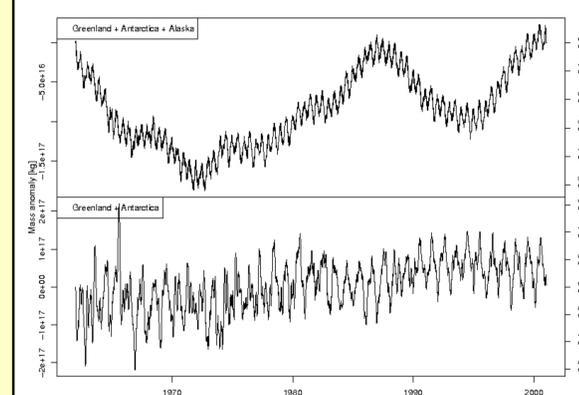
3 dimensionale Inversion:



2 dimensionale Inversion (o. Alaska):



Gesamtmasse des Ozeans:



## 5. Schlussfolgerungen

Im verwendeten OGCM kann nur der Masseneffekt des Süßwasserzuflusses auf die EOP ausgewertet werden.

Dieser Masseneffekt entspricht dem Trägheitsmoments der Beckengeometrie. Informationen über den Ursprung des Frischwassers gehen also (nahezu instantan) verloren.

Änderungen in der Ozeanzirkulation und damit verbundene relative Effekte in der Anregung der EOP sind in der Größenordnung vergleichbar mit anderen aus Modellunsicherheiten resultierenden Abweichungen.

Die aus den Modellläufen und geometrischen Überlegungen gewonnenen Relationen zwischen Modell- und Beobachtungsraum können zur Inversion der Beobachtungen genutzt werden.

Hierbei stellt sich heraus, dass die um Atmosphäre, Landhydrologie und Gezeiten bereinigten Beobachtungen immer noch Signale enthalten, die nicht aus dem Ozean stammen können.

Diese Signale werden durch postglaziale Landhebung, Erdbeben und elektromagnetische Kern-Mantelkopplung erzeugt.

Es gilt also die Kern-Mantel-Effekte in den kommenden Inversionen zu berücksichtigen. Kern-Mantel Zeitreihen in benötigter zeitlicher Auflösung und Länge sind allerdings in naher Zukunft nicht zu erwarten.

Eine entsprechenden Fehlerkovarianzmatrix zu erzeugen und in die Inversion zu integrieren ist allerdings durchaus möglich.

## 6. Referenzen

- [1] IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- [2] EOP C04 series of the Earth orientation parameters with respect to IAU2000A precession/nutation model, IERS Earth Orientation Centre.
- [3] Wunsch, C., The Ocean Circulation Inverse Problem, 437 pp., Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- [4] Ben-Menahem, A., and M. Israel, Effect of major seismic events on the rotation of the Earth, Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 19, 367-393, 1970.
- [5] Eubanks, T. M., Variations in the orientation of the earth, in Contributions of space geodesy to geodynamics, Eds. S. D. E., and D. L. Turcotte, 24, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1±54, 1993.