

# **Die Meerestopographie der Grönland See - ein Vergleich zwischen Satellitenaltimetrie und Ozeanmodellierung**

Felix L. Müller\*, Claudia Wekerle\*\*, Denise Dettmering\*, Wolfgang Bosch\*

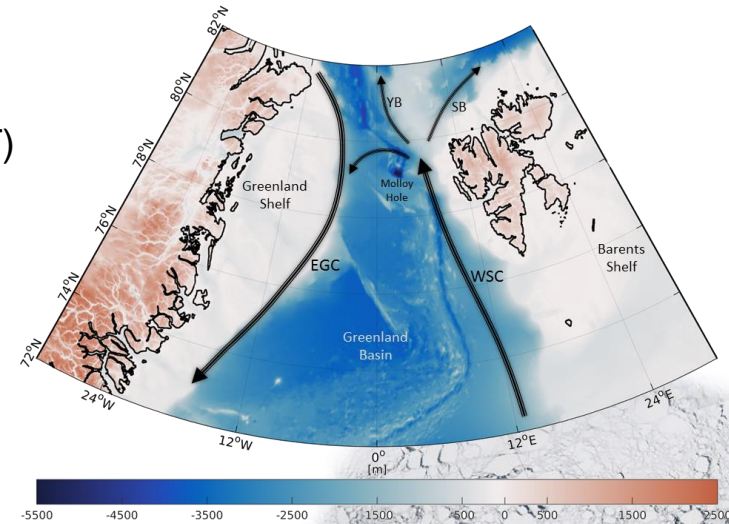
\* Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI-TUM), Technische Universität München

\*\* Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

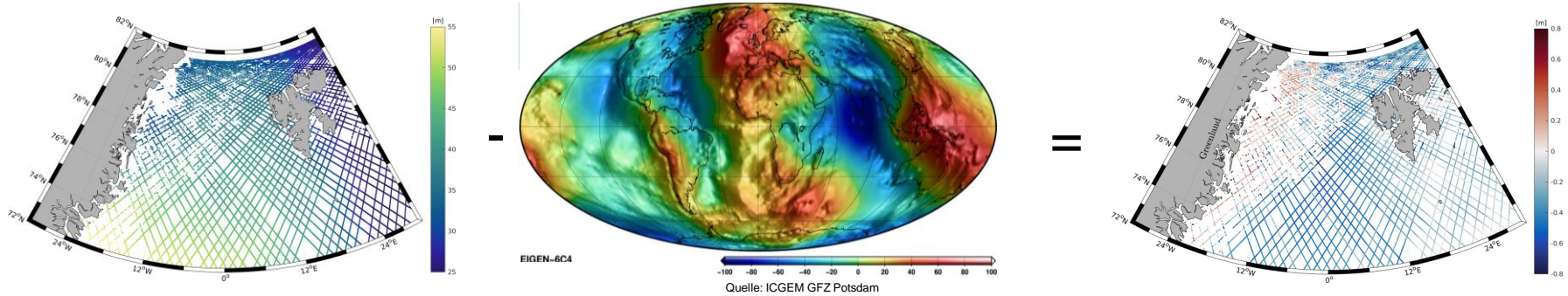
Geodätische Woche 2018  
Frankfurt a. M., 18.10.2018

# Motivation

- Zeitlich variable Dynamische Ozeantopographie (DOT) erlaubt Ableitung von Oberflächenströmungsveränderungen
  - Lückenhafte auf Beobachtungsdaten basierende Repräsentation der DOT in Polarregionen durch Altimetrie
  - Modelle geben Aufschluss über DOT limitiert durch mathematische Annahmen und verwendete Antriebsmodelle
- 
- Ausnutzung von Synergieeffekte beider Datensätze zur Erstellung einer homogenen, zeitlich-variablen DOT in Polarregionen?
  - Evaluierung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden im Bereich der Greenland Sea (Grönland See)



# Exkurs: Meereshöhe, Geoid und Dynamische Ozean Topographie (DOT)



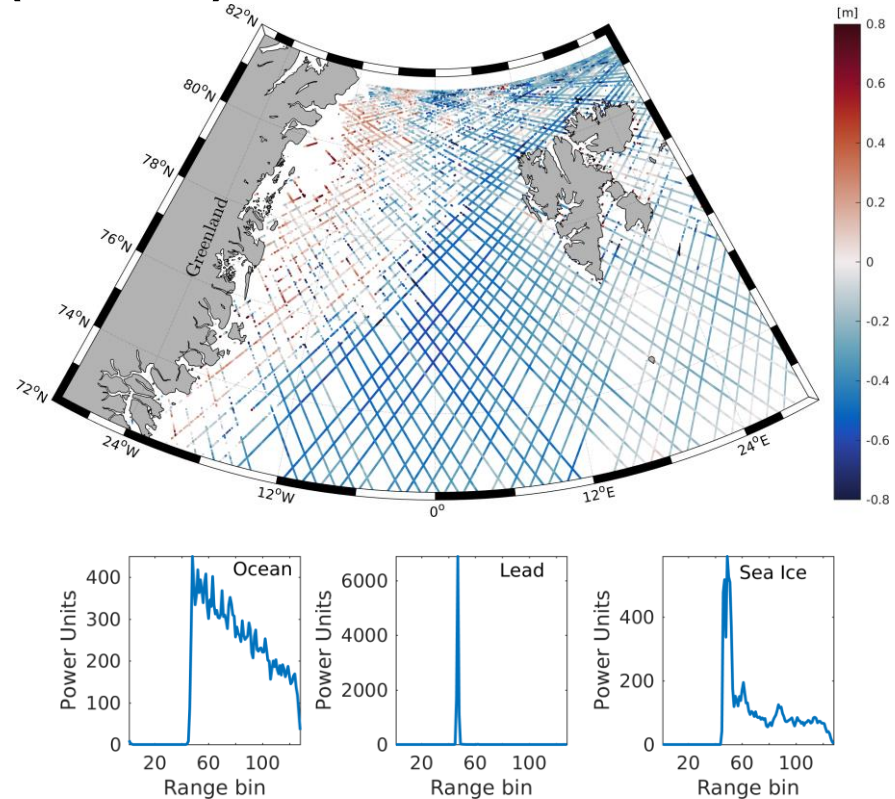
- Meereshöhe (mit Bezug zu Referenzellipsoid)
- Altimetrie liefert Abstand zwischen Sat. und Meeresh.
- Meereshöhe = Orbithöhe – (Entfernungsmessung + Korrekturen)

- Geoid
  - Äquipotentialfläche
  - Darstellung der Erdfigur unter Beachtung von Schwereveränderungen
  - Annäherung an mittleren Meeresspiegel
  - Zum Beispiel: OGMOC

- DOT
  - Meeresoberfläche beeinflusst durch hydrodynamische Prozesse und Variationen im Erdschwerefeld (mit Bezug zu Geoid)
  - Ableitung geostrophischer Strömungen

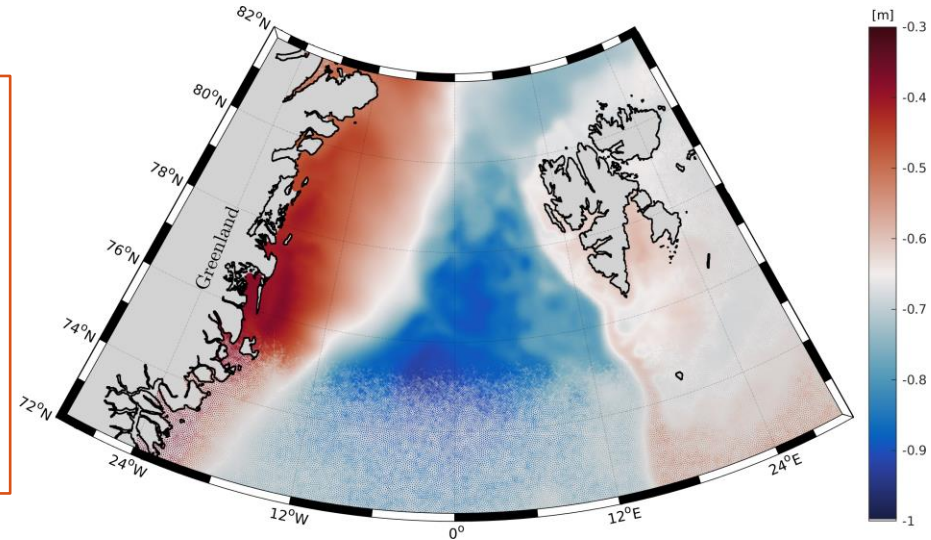
# DOT aus Beobachtungen: Altimetrie (Envisat)

- Hochfrequente Envisat Altimeter Daten (20 Hz)
- Konsistent auf Bodenspur geschätzte Meereshöhen
  - Retracker, ALES+
  - Offsetfrei zwischen Ozean- und Eisgebieten
- Eliminierung von Meereisbeobachtungen
  - Unüberwachte Klassifizierung
  - Identifizierung von Ozean- und Lead-Radarechos
- Reduktion zu DOT durch direkte Subtraktion von hochaufgelösten statischen Schwerfeld (OGMOC) mit sphärisch-harmonischer Auflösung 2190 Grad
- Räumliche Filterung auf Spuren mit gleitendem Mittelwert (Filterlänge: ca. 9km)

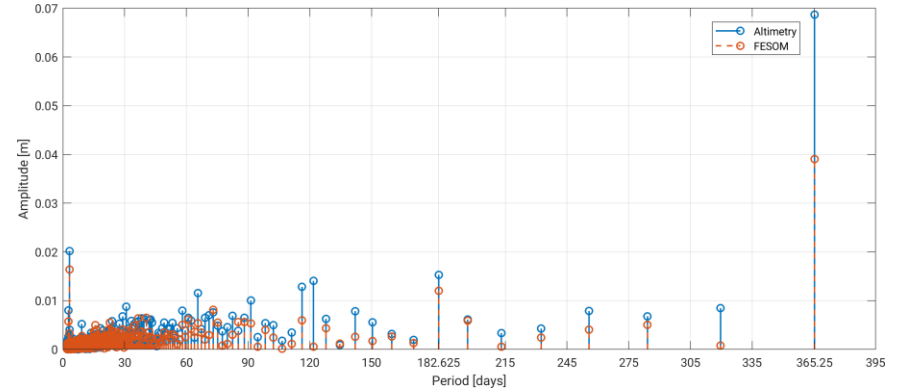
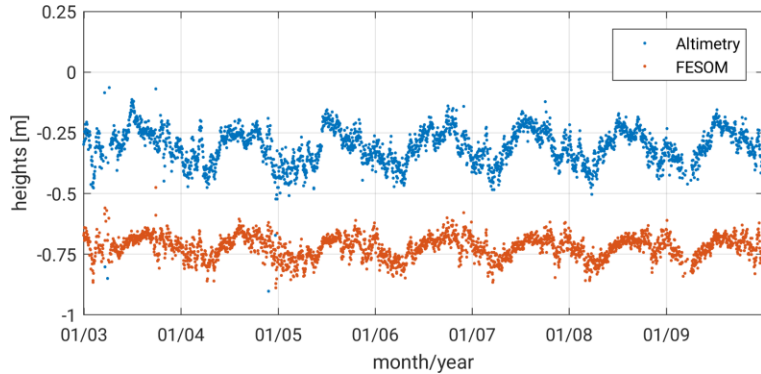


# DOT aus Modell: FESOM

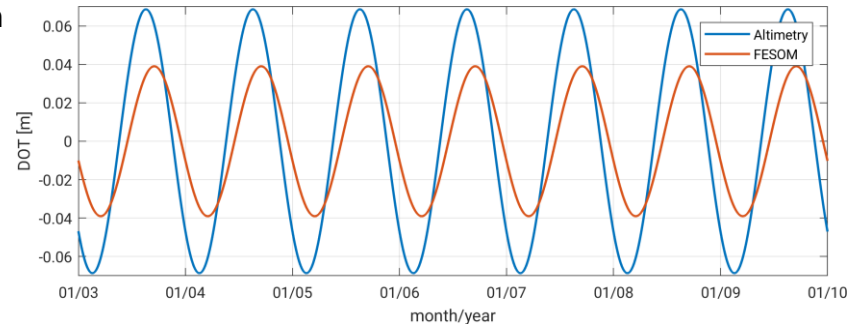
- Finite Element Sea-Ice Ocean Model (FESOM)
  - Irreguläres, dreiecksvermaschtes Gitter mit lokalen Verdichtungen (<1km räuml. Auflösung)
  - Tägliche differentielle Wasserhöhen in Bezug zu Bathymetrie
  - Wasserhöhen sind mit DOT vergleichbar
  - Meereis Komponente zur Reproduktion der vorherrschenden Eis-Strömungsrichtung



# Vergleich - Frequenzanalyse

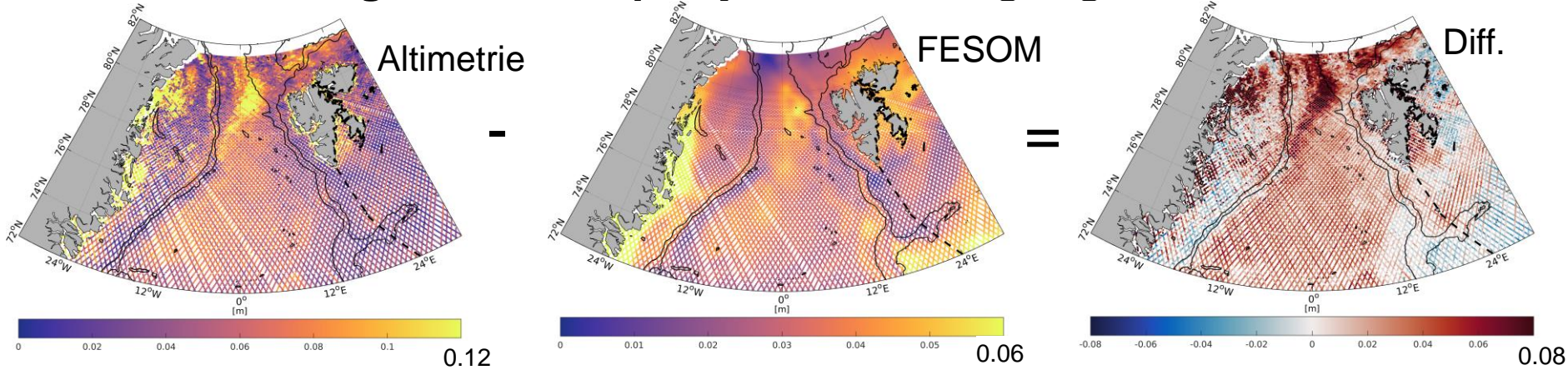


Jährliches Signal



- Interpolation der FESOM Wasserhöhen auf Altimeter-Bodenspur
- Täglicher Mittelwert aller Verfügung stehenden Beobachtungen im Untersuchungsgebiet
- Harmonische Frequenzanalyse beider Zeitreihen 2003 – 2009
- Jahresperiode dominiert in beiden Datensätzen
- Amplitude: ~7cm (Altimetrie) vs. ~4cm (FESOM)
- Weitere Perioden eher untergeordnet
- Phasenverschiebung von ca. 30 Tagen in Jahrgang

# Räumlicher Vergleich - Beispiel jährl. Schwingung

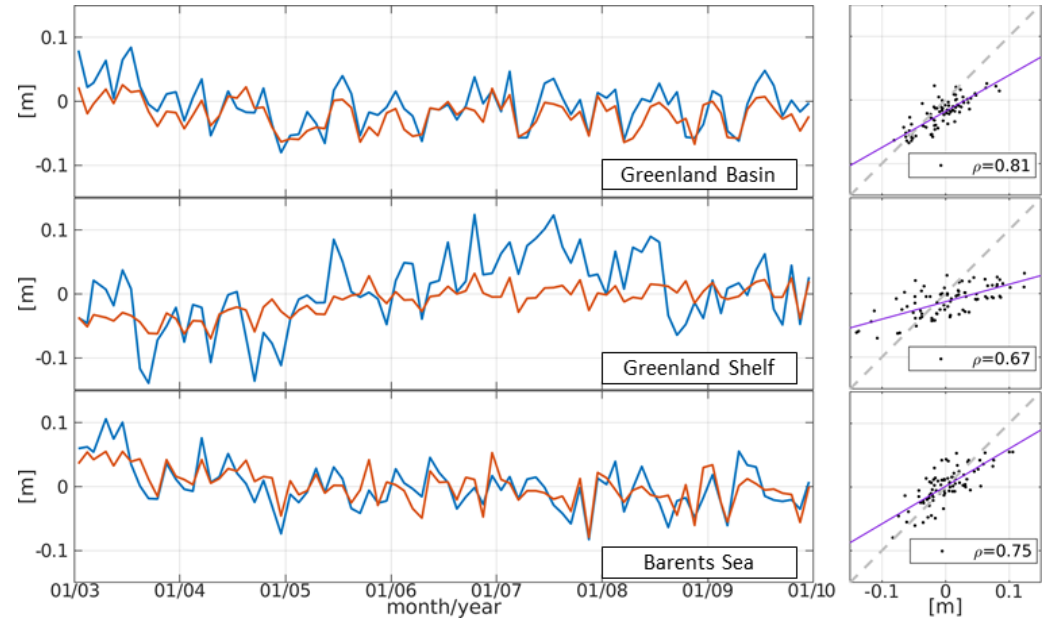


- Vergleich von Altimetrie DOT und FESOM Wasserhöhen auf gleichmäßig spurweise angeordneten Zellen (7.5km)
- Deutliche Abweichungen in Meereis bedeckten Regionen (Küste, Fram Strait)
- Altimetrie DOT zeigt höhere saisonale Variabilität
- Deutlicher Phasenunterschied in Greenland Basin

Gebiet	Amplitude [cm]	Tag d. Maximums
Greenland Basin	<b>6.3 (Altimetrie)</b> <b>3.0 (FESOM)</b>	<b>233 (Aug)</b> <b>267 (Sept)</b>
Greenland Shelf	<b>5.7</b> <b>3.8</b>	<b>315 (Nov)</b> <b>312 (Nov)</b>
Barents Sea	<b>4.0</b> <b>3.8</b>	<b>284 (Oct)</b> <b>304 (Oct)</b>

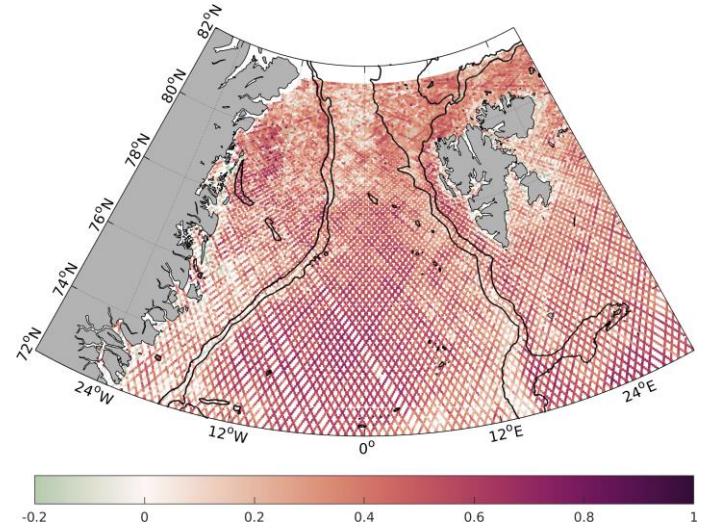
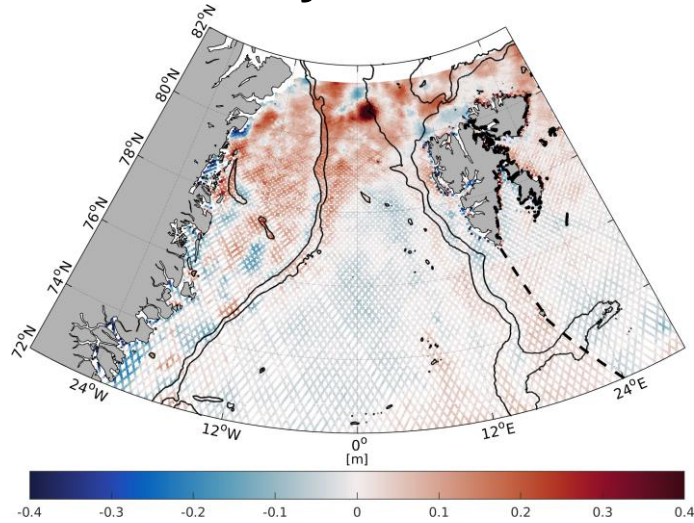
# Residuenanalyse – zeitlicher Verlauf

- Reduktion beider Datensätze um konstanten Versatz und jährliche Schwingung
- Hohe Korrelationen in allen Teilgebieten zeigen gute zeitliche Übereinstimmung
- Keine systematischen Effekte in Greenland Basin und Barents Sea
- Greenland Shelf zeigt nicht signifikanten Trend





# Residuenanalyse – räumliche Struktur



- Differenzen zeigen geringe Abweichungen in Greenland Basin
- Deutliche Abweichungen durch Geoid-Unsicherheiten in Fram Straße (>40 cm)
- Überwiegend positive Korrelationen in Untersuchungsgebiet (>0.5, 21%)
- Geringere Korrelationen in Strömungsgebieten

# Zusammenfassung und Diskussion

- Vergleich DOT aus Altimetrie-Geoid-Kombi. mit simulierten differentiellen Wasserhöhen aus FESOM
- Beide Datensätze zeigen Übereinstimmung in dominierenden Schwingungsperioden
- Amplituden weisen deutliche Unterschiede auf (Jahresgang, 3cm)
  - Fehlende Luftdruckkorrektur in FESOM (Graetbatch-Korrektur)
  - Hoher Glättungsgrad des Modells im Vergleich zur Altimetrie
- Regionale Unterschiede durch Meereis-Bedeckung und schwierige Küstenbedingungen
  - Oftmals stark verrauschte Altimetriebeobachtungen (fehlerbehaftete Klassifizierung)
  - Erhöhtes Altimetrie Fehlerbudget in von Meereis bedeckten Regionen
  - Gletscherabflussmodellierung in FESOM nicht aktuell
- Größere lokale Differenzen (>40 cm) durch Geoid-Unsicherheiten
- Hohe Korrelationen der residualen DOT in zentraler Greenland Sea
- Schwächere positive Korrelationen in Strömungsgebieten und Küstenregionen

# Ausblick

- Ausnutzung der jew. Vorteile von Modell + Messung ermöglicht:
  - Kombination beider Produkte auf DOT Basis
  - Räumlich- und zeitlich hochaufgelöste sowie homogene Darstellung der Dynamischen Ozean Topographie in polaren Regionen
  - Ableitung von geostrophen Strömungen in von Meereis bedeckten polaren Ozeanen
  
- ❖ Mehr Hintergrundinformationen zu finden in: *The Cryosphere, Open Discussion*
- ❖ Besonderer Dank an das Ingenieurinstitut für Astronomische und Physikalische Geodäsie der TUM für die Bereitstellung des aktuellen Geoidmodells *OGMOC*