

---

# Verbesserungen in der GOCE Level 1b Gradiometer Prozessierung

C. Stummer, R. Pail

Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie, TU München

Geodätische Woche: Nürnberg, 29/09/2011

---

# Überblick – Verbesserungen in der Gradiometer-Prozessierung

---

## Verbesserungen:

1. Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage
2. Kombination der Sternsensoren
3. Gradiometer Kalibrierung

## Ergebnisse:

1. Schweregradienten
2. Satellite Gravity Gradiometry (SGG)-only Schwerefeldlösungen

# Verbesserungen – Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage

## Methode

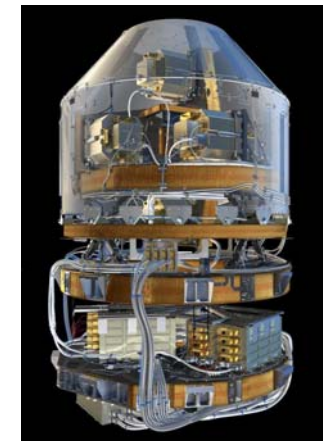
✓ Kombination von Gradiometer und Sternsensordaten

✓ Wiener-Filterung

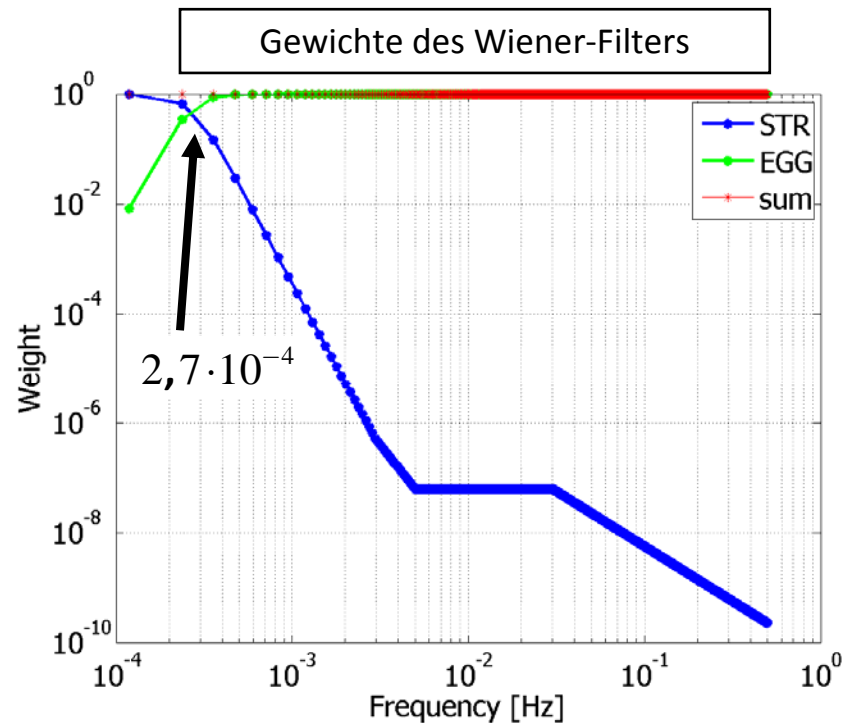
Sternsensoren  
Lage-  
Quaternionen



Gradiometer  
Winkel-  
beschleunigungen

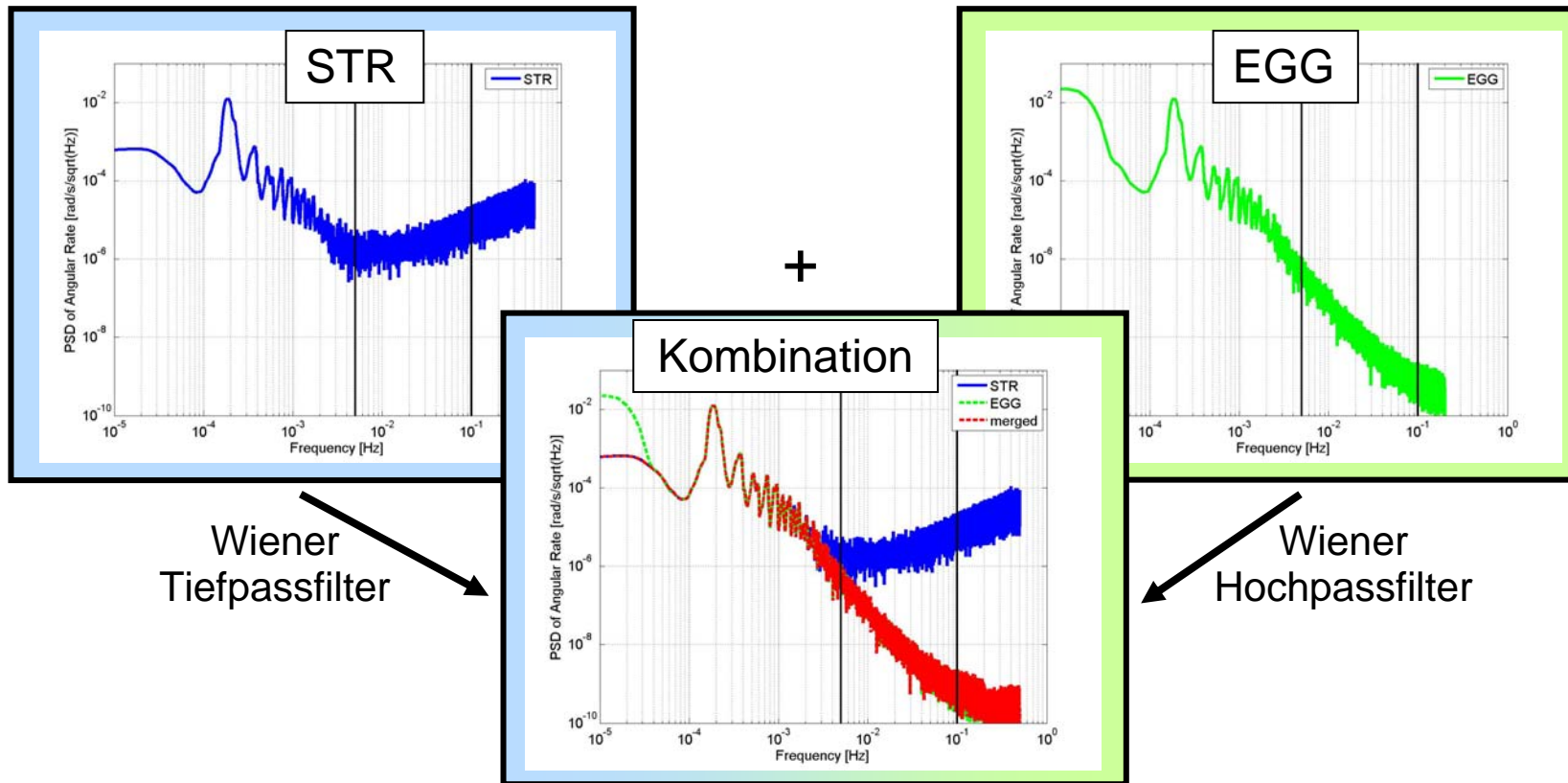


$$h(\text{STR})_k = \frac{\sigma_k^2(\text{EGG})}{\sigma_k^2(\text{EGG}) + \sigma_k^2(\text{STR})}; \quad h(\text{EGG})_k = \frac{\sigma_k^2(\text{STR})}{\sigma_k^2(\text{EGG}) + \sigma_k^2(\text{STR})}$$



# Verbesserungen – Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage

Beispiel ✓ z-Komponente der Winkelgeschwindigkeit



Stummer C, Fecher T, Pail R: Alternative method for angular rate determination within the GOCE gradiometer processing. *Journal of Geodesy* 85: 585-596., DOI: 10.1007/s00190-011-0461-3, 2011

# Verbesserungen – Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage

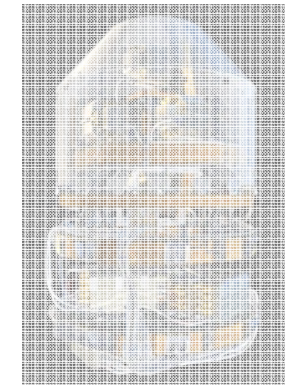
**Methode** ✓ Kombination von Gradiometer und Sternsensordaten

Sternsensoren  
Lage-  
Quaternionen

✓ Wiener-Filterung

Gradiometer  
Winkel-  
beschleunigungen

$$h(\text{STR})_k = \frac{\sigma_k^2(\text{EGG})}{\sigma_k^2(\text{EGG}) + \sigma_k^2(\text{STR})}; \quad h(\text{EGG})_k = \frac{\sigma_k^2(\text{STR})}{\sigma_k^2(\text{EGG}) + \sigma_k^2(\text{STR})}$$



## Vorteile

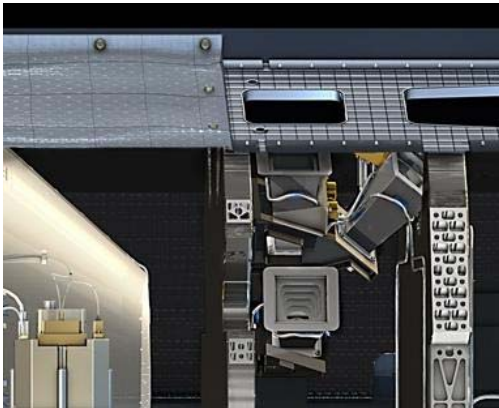
- ✓ Verbesserte Winkelgeschwindigkeiten GAR (Schweregradienten) und Lage IAQ
- ✓ Realisierung mit einfachen Filtern im Zeitbereich  $\Rightarrow$  Einfache Implementierung
- ✓ Filter kurz  $\Rightarrow$  weniger Datenverlust bei Lücken

---

## Verbesserungen – Kombination der Sternsensoren

---

### Daten



- ✓ Hochgenau in Blickrichtung, weniger genau (um Faktor 10) für die beiden Achsen in CCD-Feld
- ✓ Sternsensoren zeigen in unterschiedliche Richtungen
- ✓ Daten von mindestens 2 Sternsensoren verfügbar

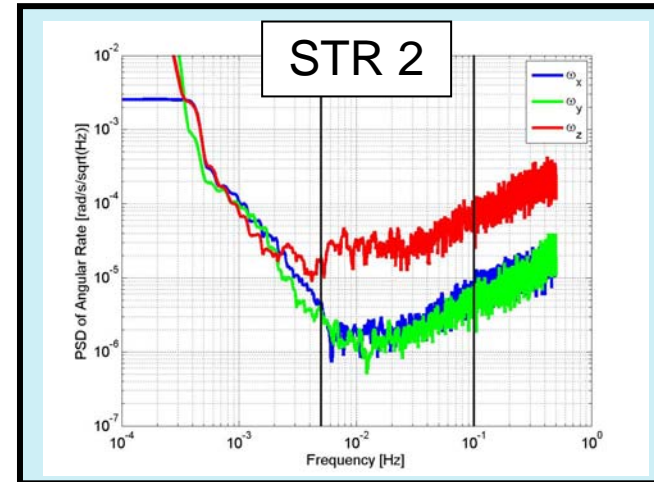
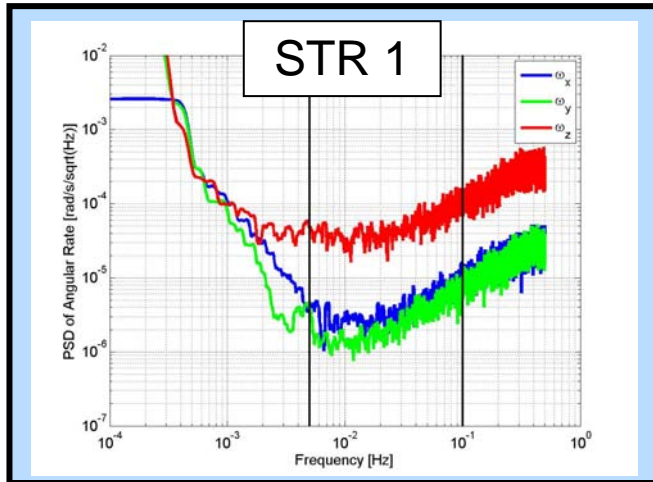
### Methode

- ✓ Kombination aller gleichzeitig verfügbarer Sternsensormessungen mit Gewichtung gemäß dem Kleinste-Quadrate Ansatz
- ✓ Gleiche Methode wie in GRACE Prozessierung

# Verbesserungen – Kombination der Sternsensoren

## Beispiel

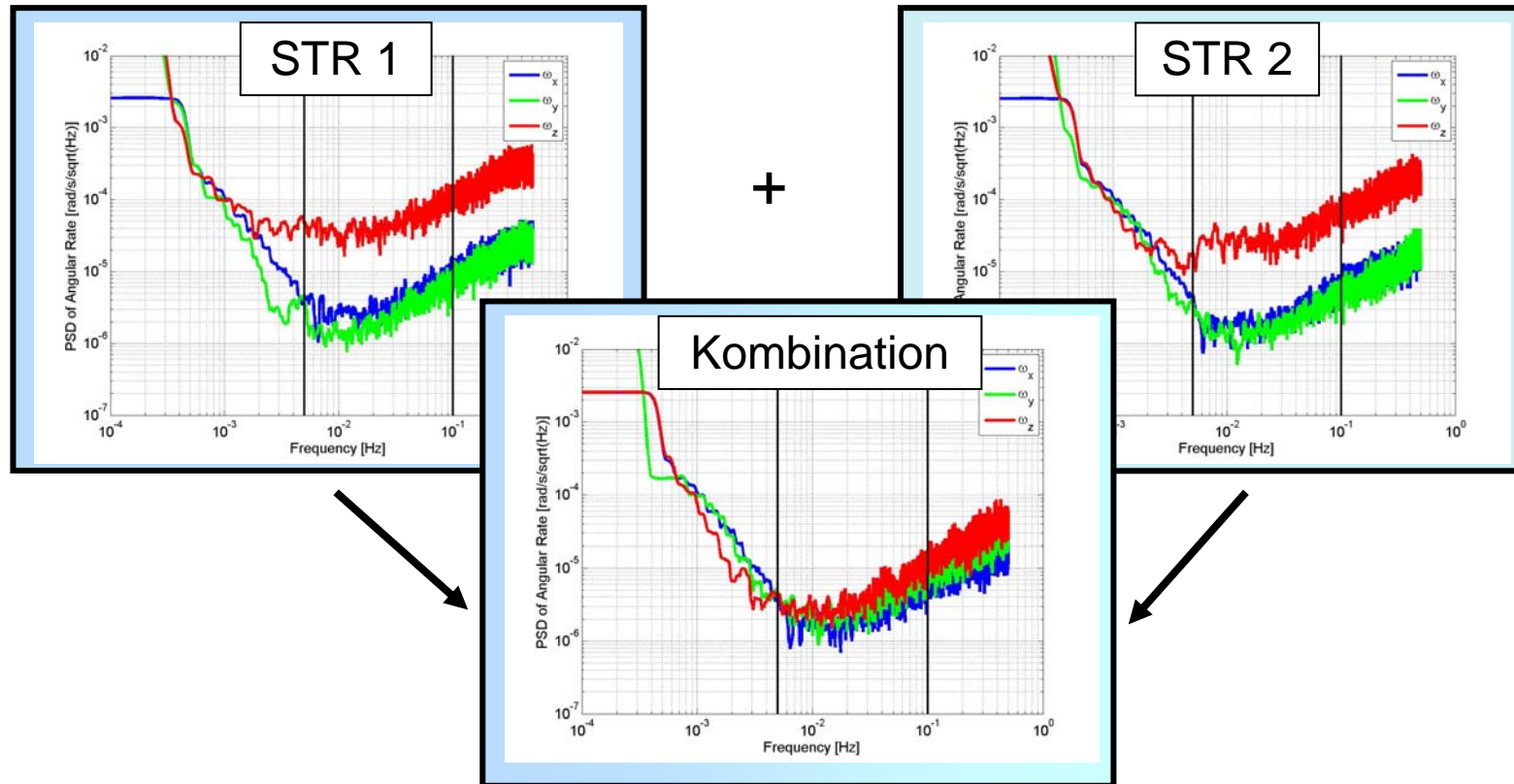
- ✓ Winkelgeschwindigkeit von Sternsensor 1 und Sternsensor 2



# Verbesserungen – Kombination der Sternsensoren

## Beispiel

- ✓ Winkelgeschwindigkeit von Sternsensor 1 und Sternsensor 2



## Vorteile

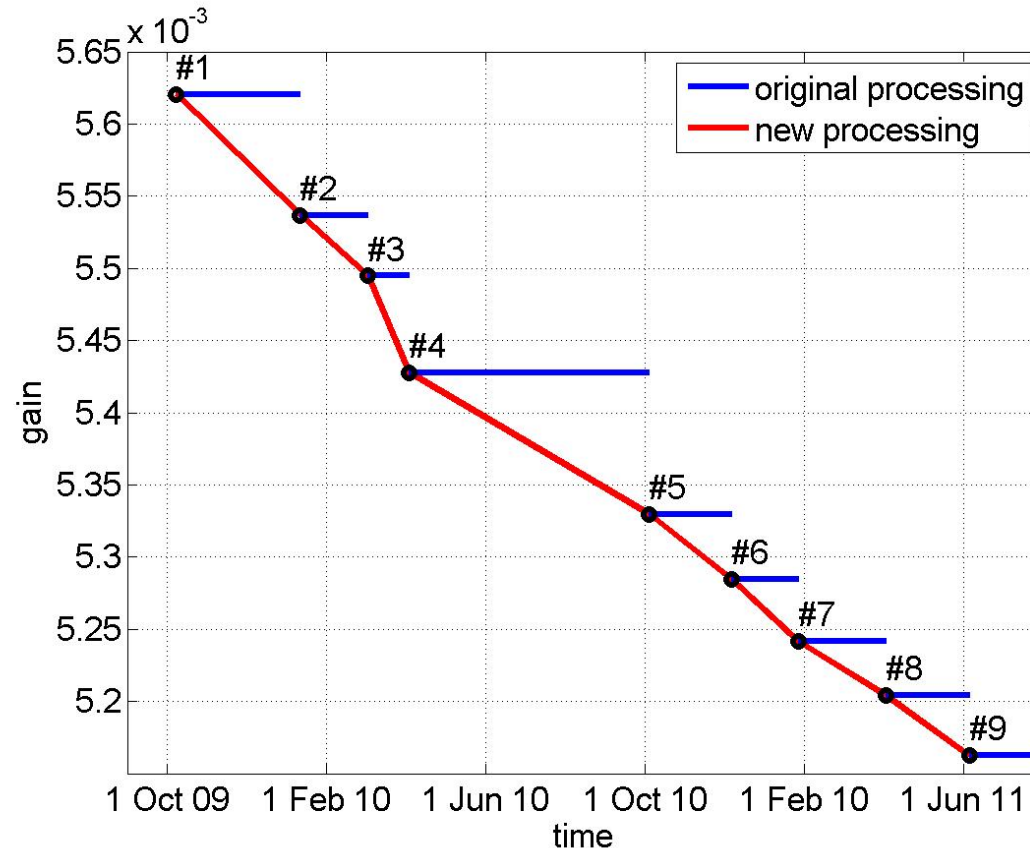
- ✓ Verbesserte Winkelgeschwindigkeiten GAR (Schweregradienten) und Lage-Quaternionen IAQ in den niedrigen Frequenzen

# Verbesserungen – Gradiometer Kalibrierung

**Methode** ✓ Lineare Interpolation der Kalibrationsparameter (ICMs)

## Beispiel

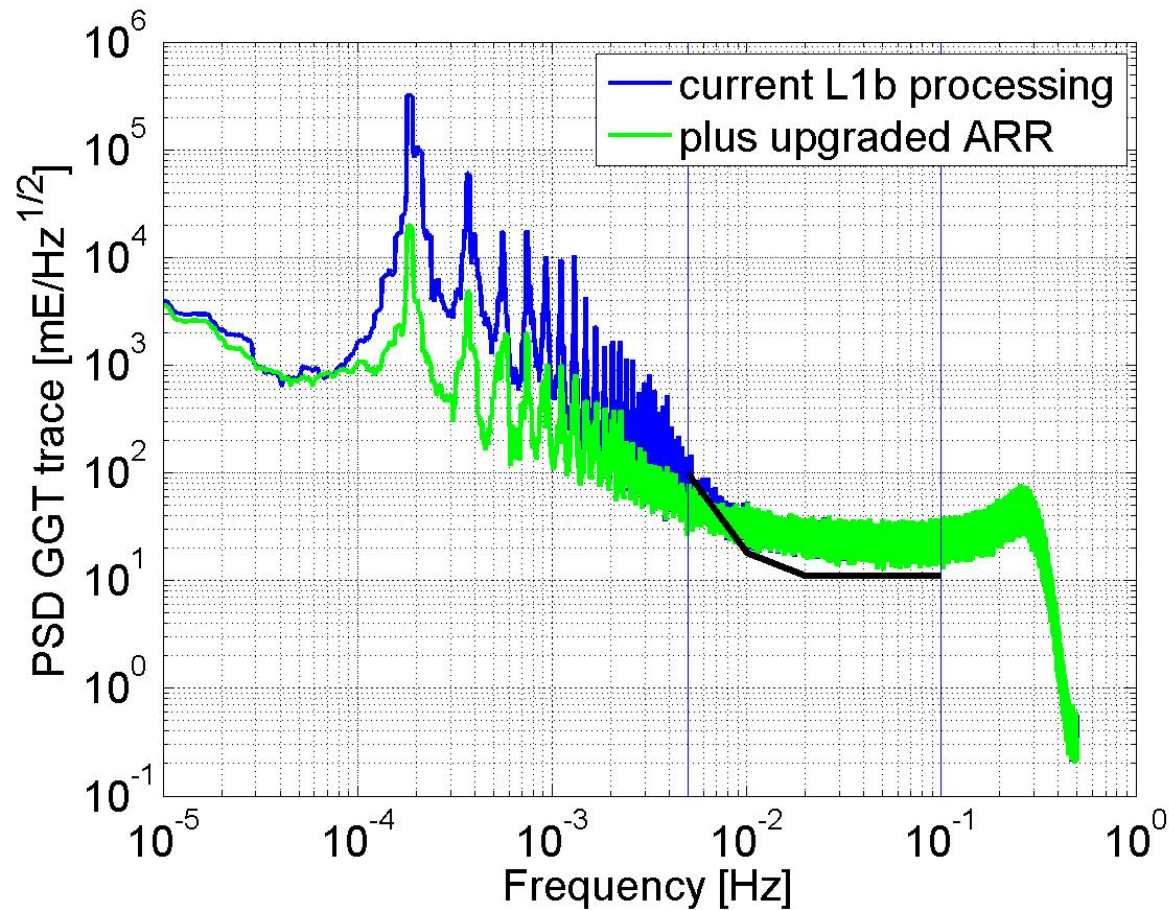
✓ Zeitliche Entwicklung des differentiellen Skalierungsfaktors in y-Richtung von Gradiometerarm 2-5



**Vorteil** ✓ Verbesserte Schweregradienten (insbesondere  $V_{yy}$ )

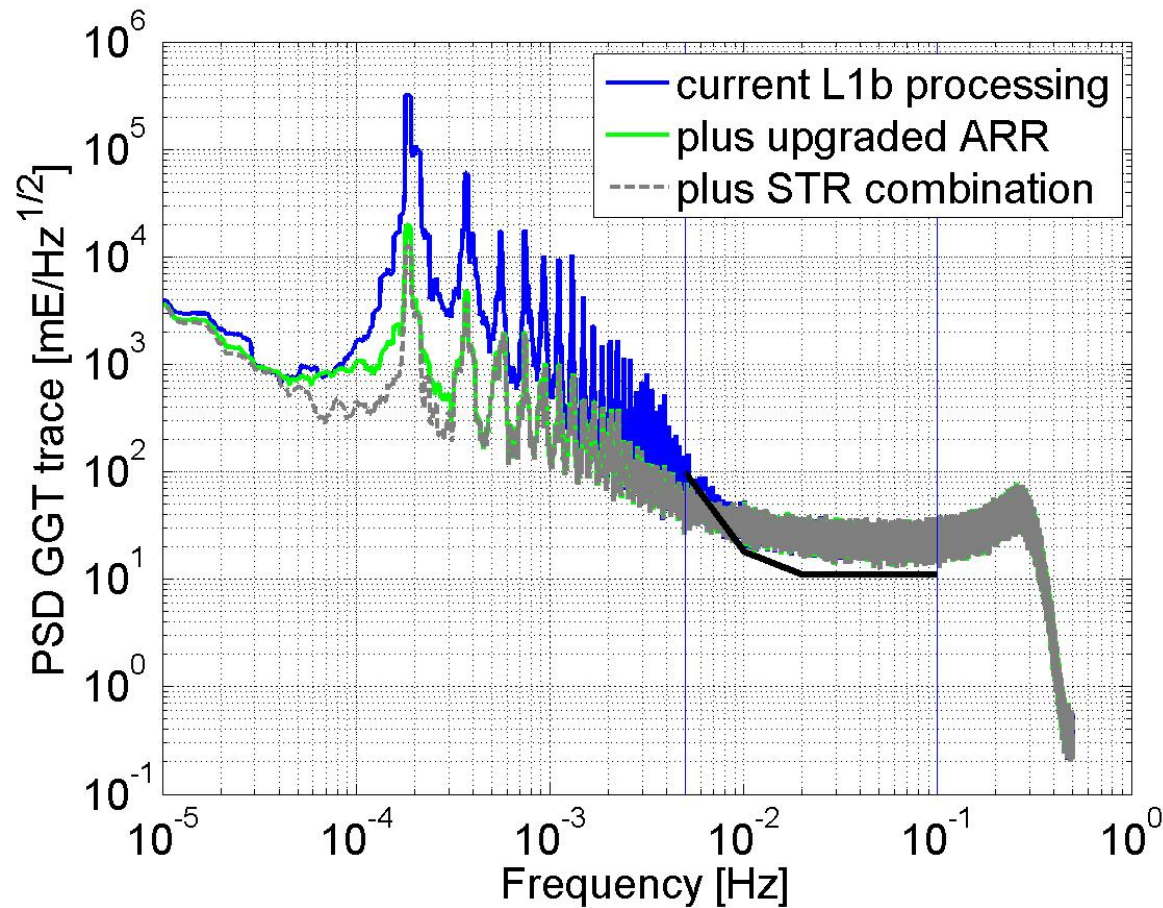
Spur des Schweregradienten Tensors (GGT)

(Daten von Nov.+Dez. 2009)



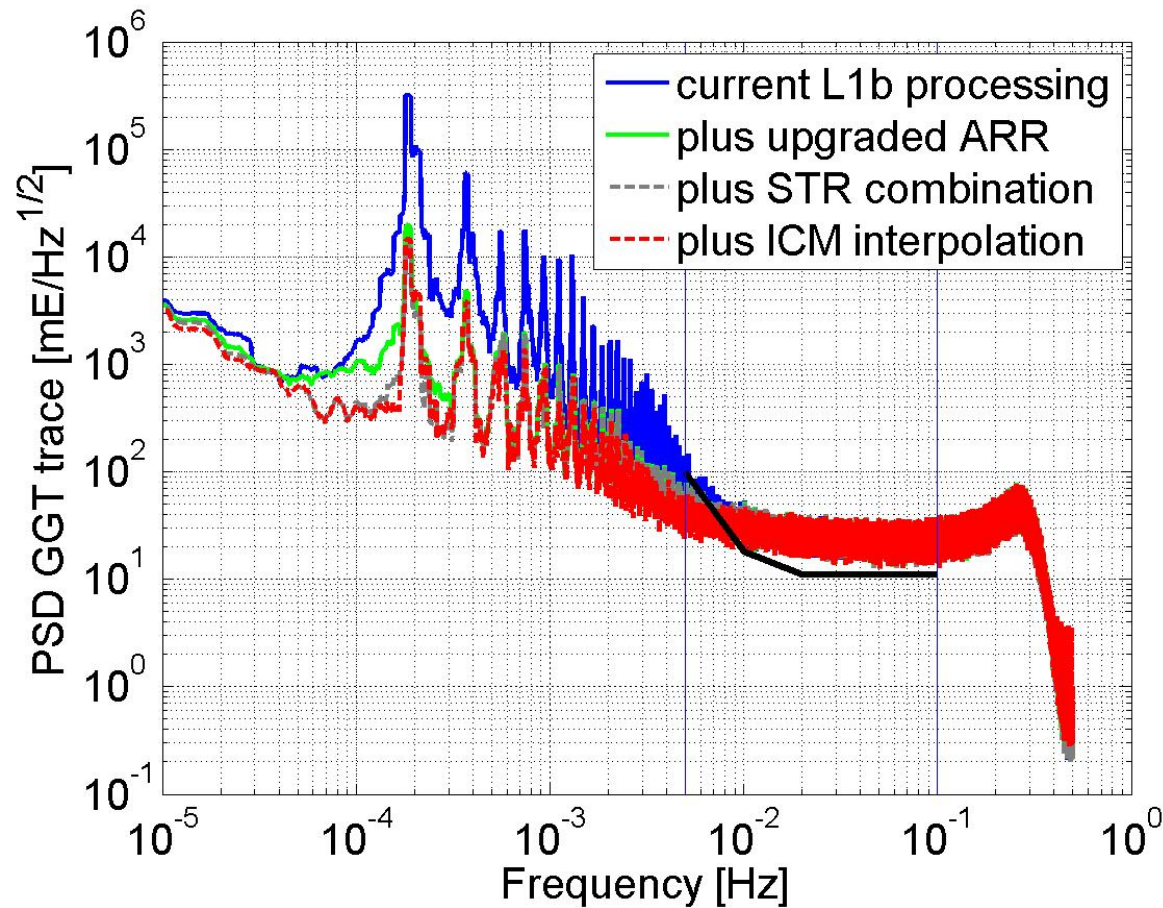
✓ Starke Verbesserung durch neue Methode zur Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten

## Spur des Schweregradienten Tensors (GGT)



- ✓ Starke Verbesserung durch neue Methode zur Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten
- ✓ Kleine Verbesserung durch Sternsensor Kombination

## Spur des Schweregradienten Tensors (GGT)



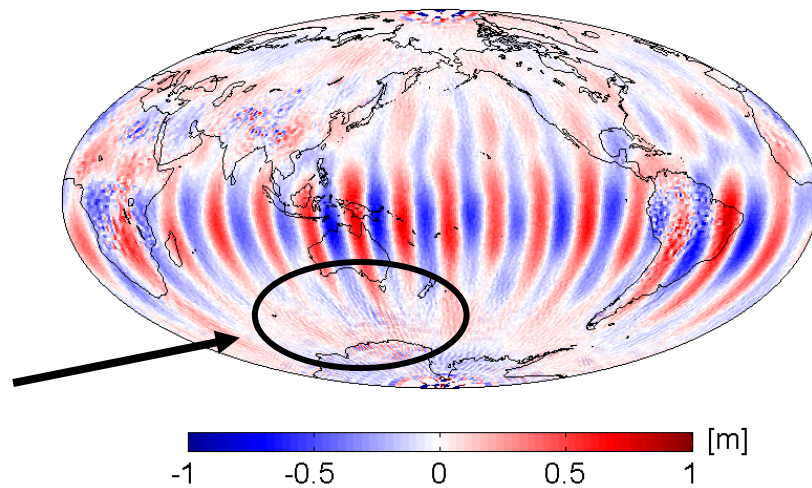
- ✓ Starke Verbesserung durch neue Methode zur Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten
- ✓ Kleine Verbesserung durch Sternsensor Kombination
- ✓ Kleine Verbesserung durch Interpolation der Kalibrationsparameter

# Ergebnisse – SGG-only Schwerefeldlösungen

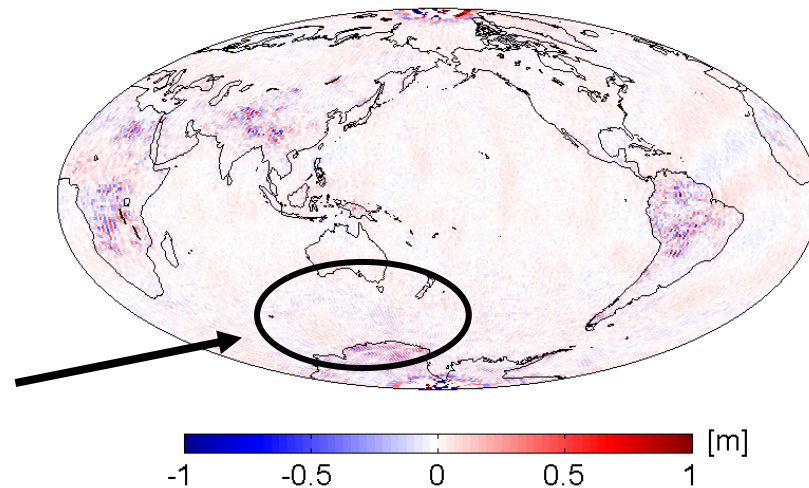
Geoidhöhen [m] (Grad/Ordnung 10–200 )

(Daten von Nov.+Dez. 2009)

ursprüngliche Prozessierung vs. EGM2008



neue Prozessierung vs. EGM2008

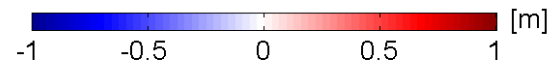
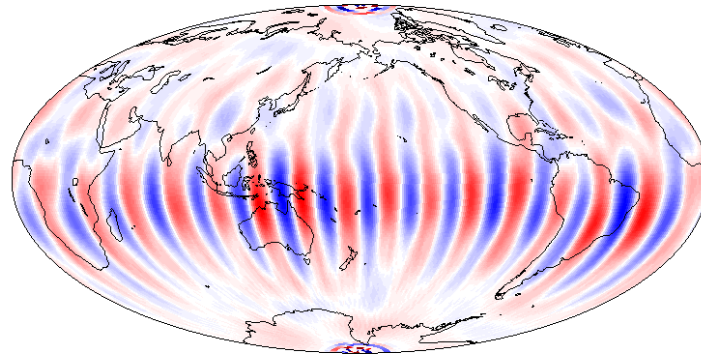


- ✓ Starke Reduktion der langwelligen Fehler
- ✓ Starker Rückgang von Prozessierungsartefakten

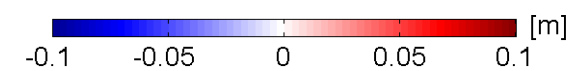
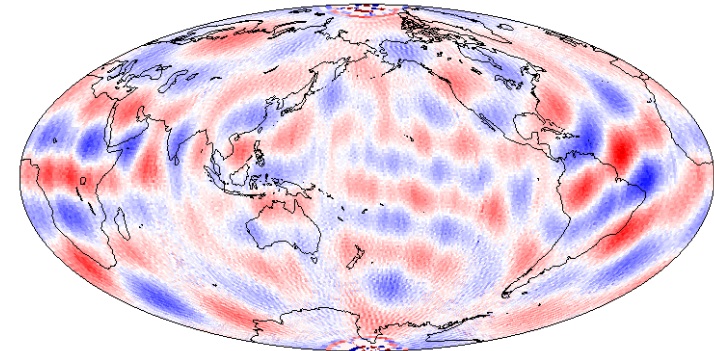
# Ergebnisse – SGG-only Schwerefeldlösungen

Geoidhöhen [m] (Grad/Ordnung 10–200)

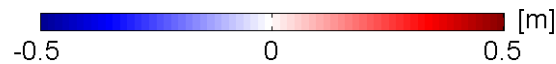
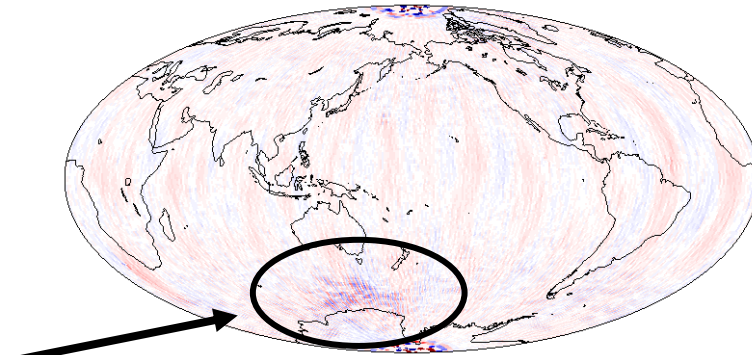
1. Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten



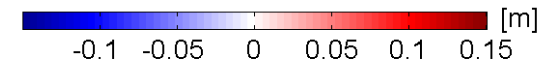
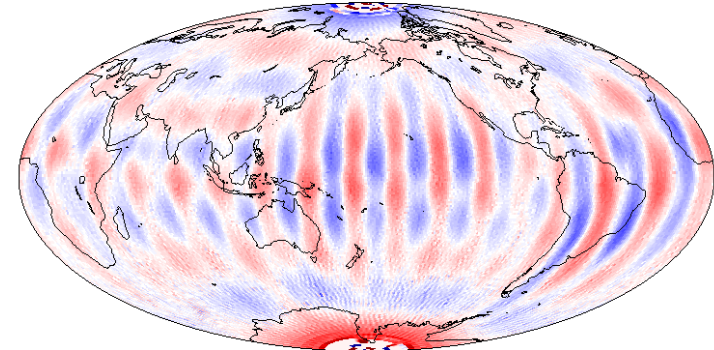
2. Sternsensor Kombination



3. Interpolation der Kalibrationsparameter

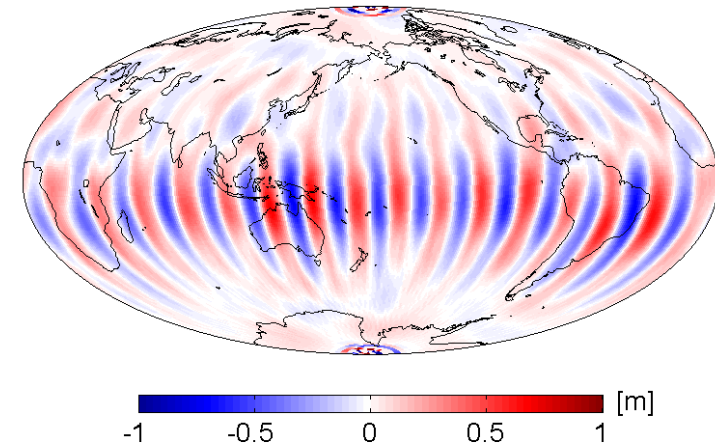
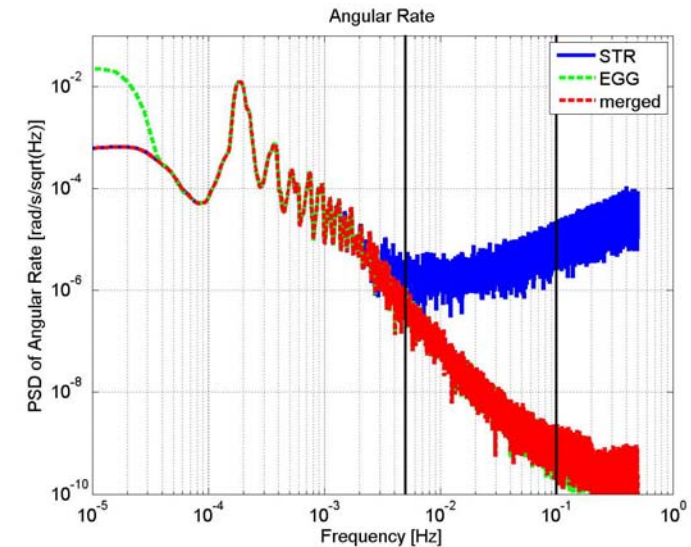


4. Bestimmung der Lage



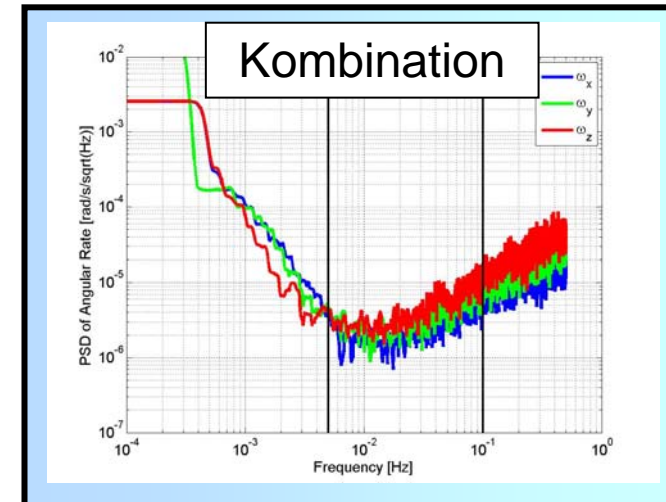
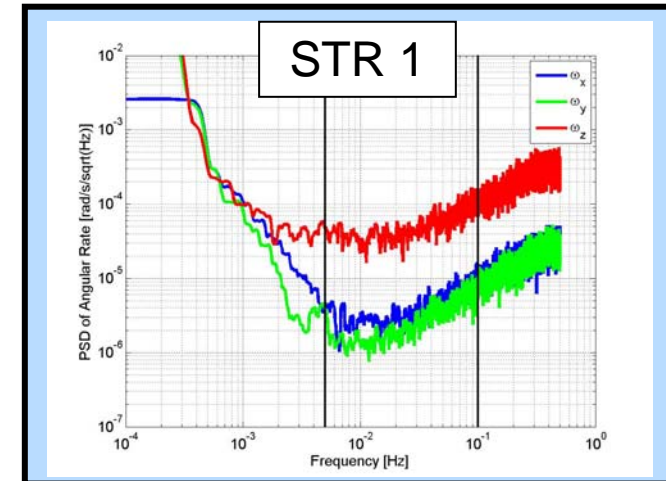
## Verbesserungen

- ✓ Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage  $\Rightarrow$  Kombination der Gradiometer und Sternensensordaten mit Wiener-Filterung
  - $\Rightarrow$  starke Reduktion der langwelligen Fehler in SGG-only Schwerefeldlösungen



## Verbesserungen

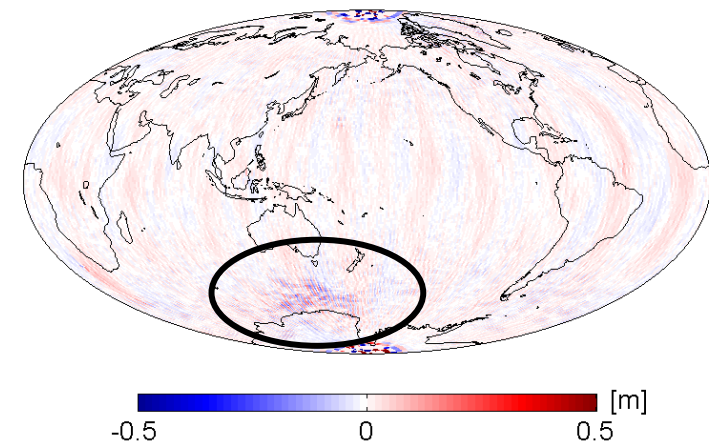
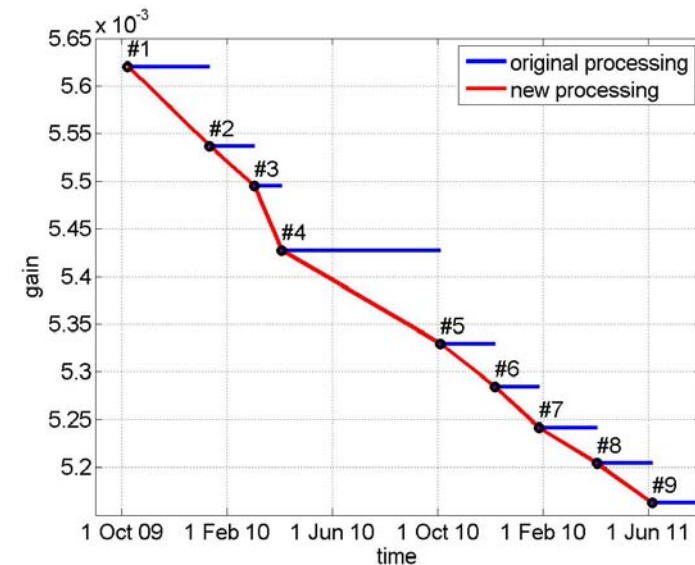
- ✓ Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage  $\Rightarrow$  Kombination der Gradiometer und Sternsensordaten mit Wiener-Filterung  
 $\Rightarrow$  starke Reduktion der langwelliger Fehler in SGG-only Schwerefeldlösungen
- ✓ Kombination der Sternsensoren  $\Rightarrow$  Gewichtung der Achsen gemäß ihrer Genauigkeit  
 $\Rightarrow$  verbesserte Winkelgeschwindigkeiten GAR und Quaternionen IAQ in den niedrigen Frequenzen



# Zusammenfassung

## Verbesserungen

- ✓ Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage  $\Rightarrow$  Kombination der Gradiometer und Sternensensordaten mit Wiener-Filterung  
 $\Rightarrow$  starke Reduktion der langwelligen Fehler in SGG-only Schwerefeldlösungen
- ✓ Kombination der Sternensensoren  $\Rightarrow$  Gewichtung der Achsen gemäß ihrer Genauigkeit  
 $\Rightarrow$  verbesserte Winkelgeschwindigkeiten GAR und Quaternionen IAQ in den niedrigen Frequenzen
- ✓ Gradiometer Kalibrierung  $\Rightarrow$  Interpolation der Kalibrationsparameter  
 $\Rightarrow$  starke Reduktion von Prozessierungsartefakter



Stummer C, Siemes C, Pail R, Frommknecht B, Floberghagen R: Upgrade of the GOCE Level 1b gradiometer processor.  
Paper submitted to Advances in Space Research, 2011

## Verbesserungen

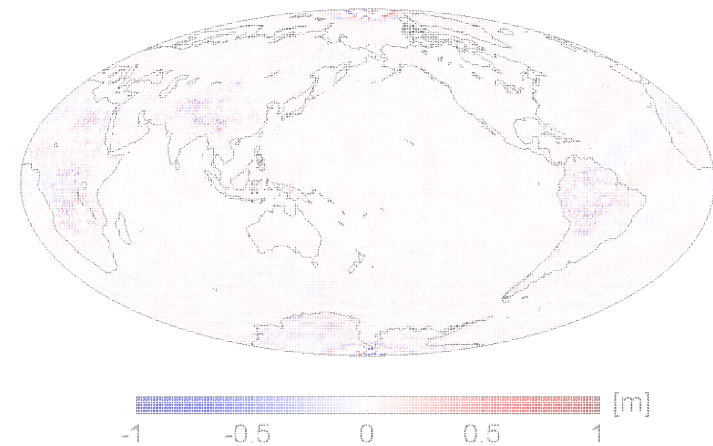
- ✓ Bestimmung der Winkelgeschwindigkeiten und der Lage  $\Rightarrow$  Kombination der Gradiometer und Sternsensordaten mit Wiener Filterung  
 $\Rightarrow$  starke Reduktion der lanwelligen Fehler in SGG-only Schwerefeldlösungen

✓ **K d** **Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

$\Rightarrow$  höhere Genauigkeit der Sternsensor Winkelgeschwindigkeiten und Lage in den niedrigen Frequenzen

- ✓ Gradiometer Kalibrierung  $\Rightarrow$  Interpolation der Kalibrationsparameter

$\Rightarrow$  starke Reduktion von Prozessierungsartefakten



*Stummer C, Siemes C, Pail R, Frommknecht B, Floberghagen R: Upgrade of the GOCE Level 1b gradiometer processor. Paper submitted to Advances in Space Research, 2011*