

Zeitliche Schwerevariationen und GRACE

Thomas Peters, Lorant Földvary

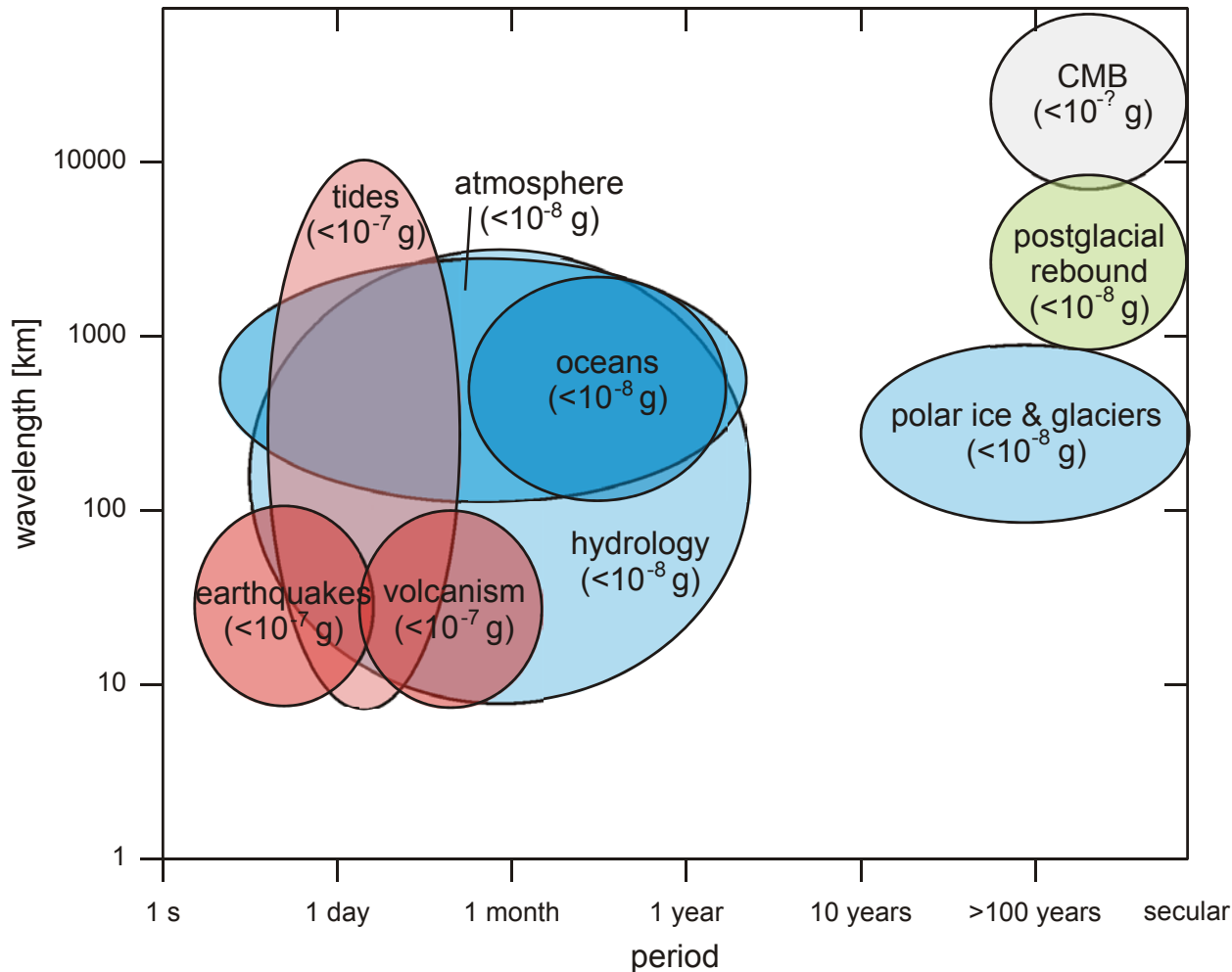
Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie

Technische Universität München

Gliederung

- Zeitliche Schwerevariationen
 - Übersicht
 - Schwerevariationen aus Modellen
- GRACE
 - Status
 - Prozessierung
 - Ergebnisse
- Vergleiche zwischen Modellen und Beobachtungen
- Ausblick

Zeitvariables Schwerefeld



Kurzperiodisch bis saisonal:

- Gezeiten
- Atmosphäre
- Ozeane
- Hydrologie

Langperiodisch bis säkular:

- PGR
- Eis & Gletscher
- Feste Erde

vgl. z.B. NRC Report, 1997

Zeitvariables Schwerfeld (2)

Modellierungsansatz für Variationen an der Erdoberfläche:
(nach Wahr et al, JGR, 1998)

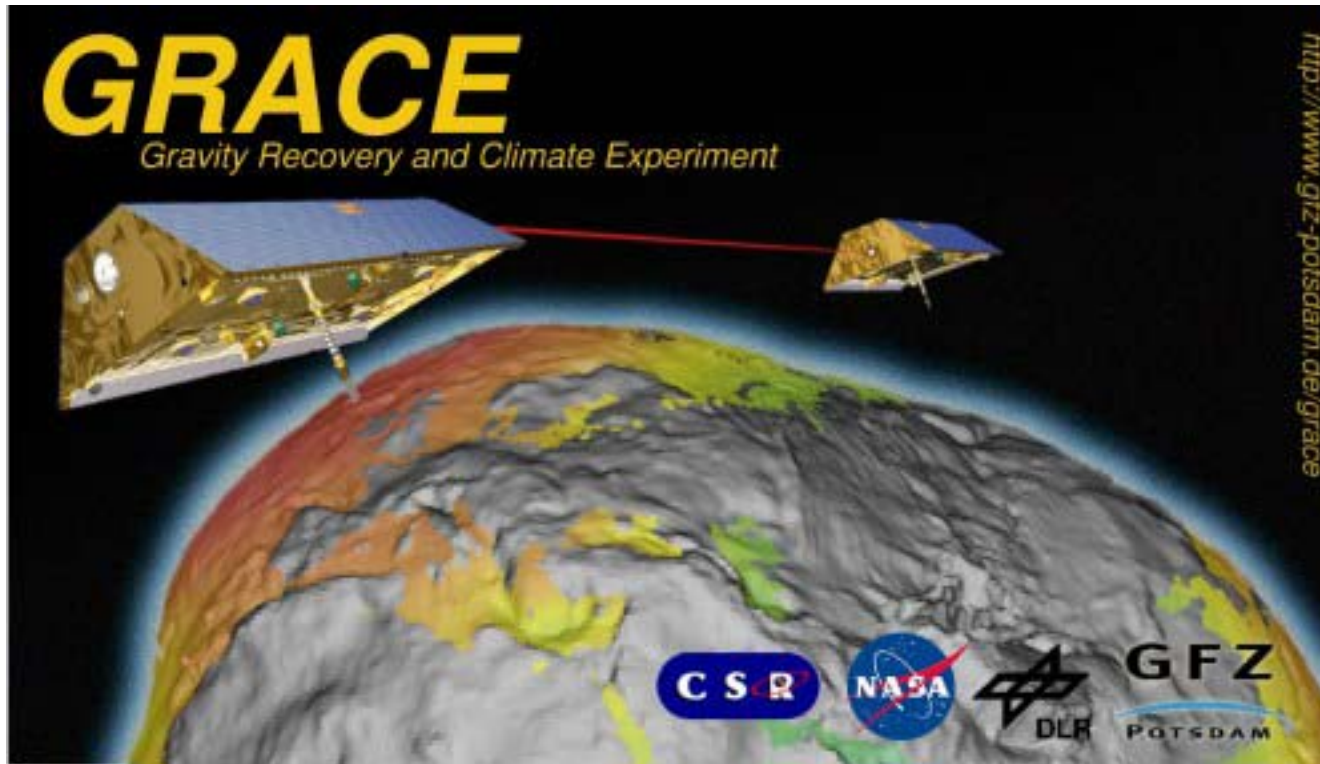
Zeitliche Variationen der Potentialkoeffizienten:

$$\begin{Bmatrix} \Delta C_{nm}(t) \\ \Delta S_{nm}(t) \end{Bmatrix} = \frac{3(1+k'_n)}{4\pi(2n+1)R} \cdot \frac{\rho_w}{\rho} \iint_{\sigma} \Delta h_w(\theta, \lambda, t) P_{nm} \begin{Bmatrix} \cos m\lambda \\ \sin m\lambda \end{Bmatrix} d\sigma$$

Variationen werden in äquivalenten Wasserhöhen [g/cm^2] ausgedrückt, z.B.

- Atmosphäre $\Delta h_w(t) = \frac{\Delta p(t)}{\rho_w \cdot g}$ mit Δp : Luftdruckvariationen
- Ozeane analog mit Ozeanbodendruck
- Hydrologie analog aus Bodenfeuchte, Schnee, Grundwasser, ...

GRACE

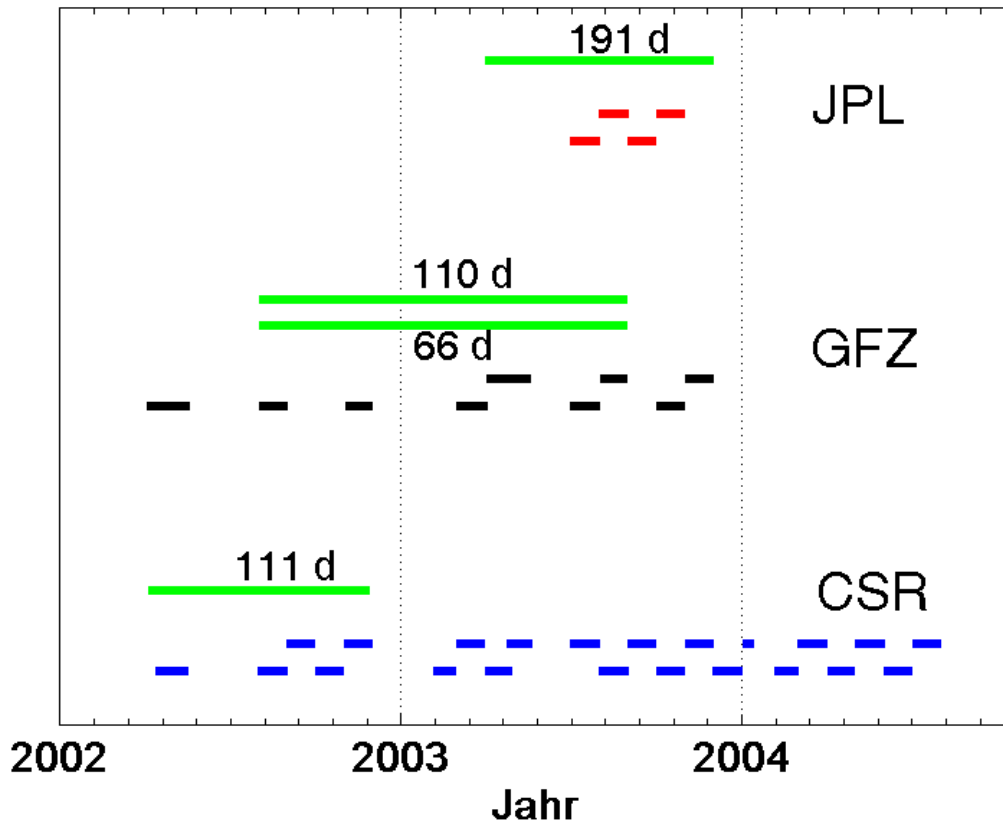


- 956 Tage im Orbit
- $i = 89.0^\circ$
- $h = 463 \text{ km}$
- $e = 0.001$
- Abstand = 190 km
- Messungen: K-Band, GPS, Orientierung, ...
- Sampling bis 10 Hz, gefiltert auf 0.1 Hz
- ...

Ziel: Hochgenaue Bestimmung des Schwerefeldes der Erde und dessen zeitlicher Variationen

siehe: <http://op.gfz-potsdam.de/grace/> und www.csr.utexas.edu/grace/

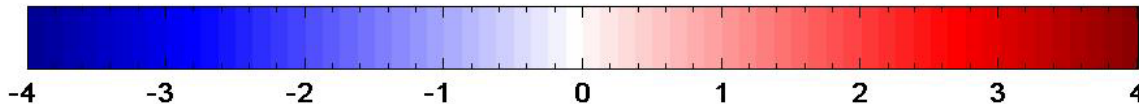
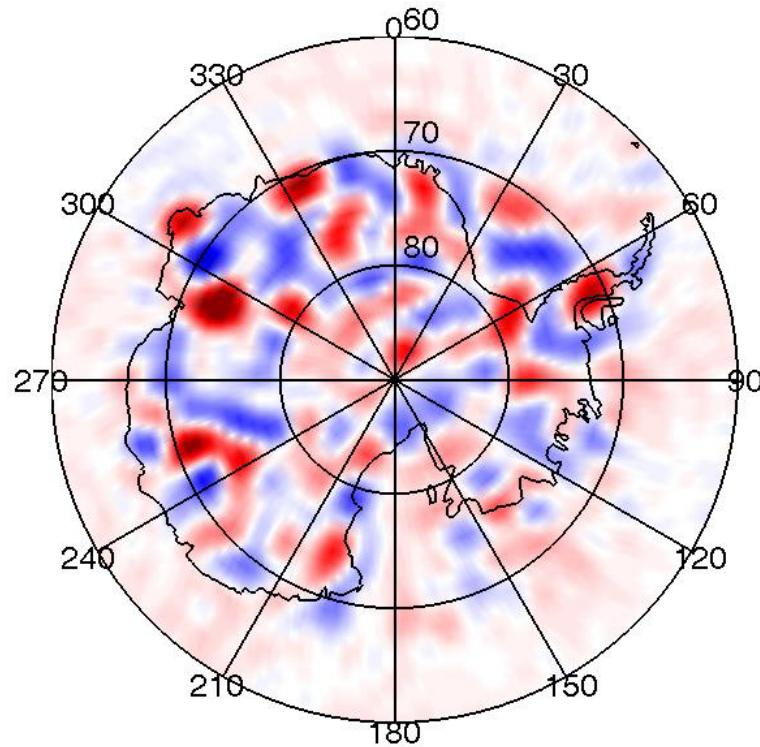
Status GRACE



Zeiträume für GRACE-Schwerefelder
je nach Urheber (es fehlt: Uni Bonn)

- 38 Schwerefeldmodelle verfügbar
 - 22 monatliche Lösungen CSR
 - 1 statische Lösung CSR: GGM01
 - 9 monatliche Lösungen GFZ
 - 2 statische Lösungen GFZ
 - 4 monatliche Lösungen JPL
 - 1 statische Lösung JPL
 - teilweise Kombinationslösungen
- zusätzlich: Mittelwerte für Atmosphäre und Ozeane täglich
- nicht kontinuierlich
- Datenlücken (Orbitmanöver, ...)
- ungleich lange Zeiträume
- Modellierungsdifferenzen
- Reprocessing beabsichtigt

Status GRACE (2)

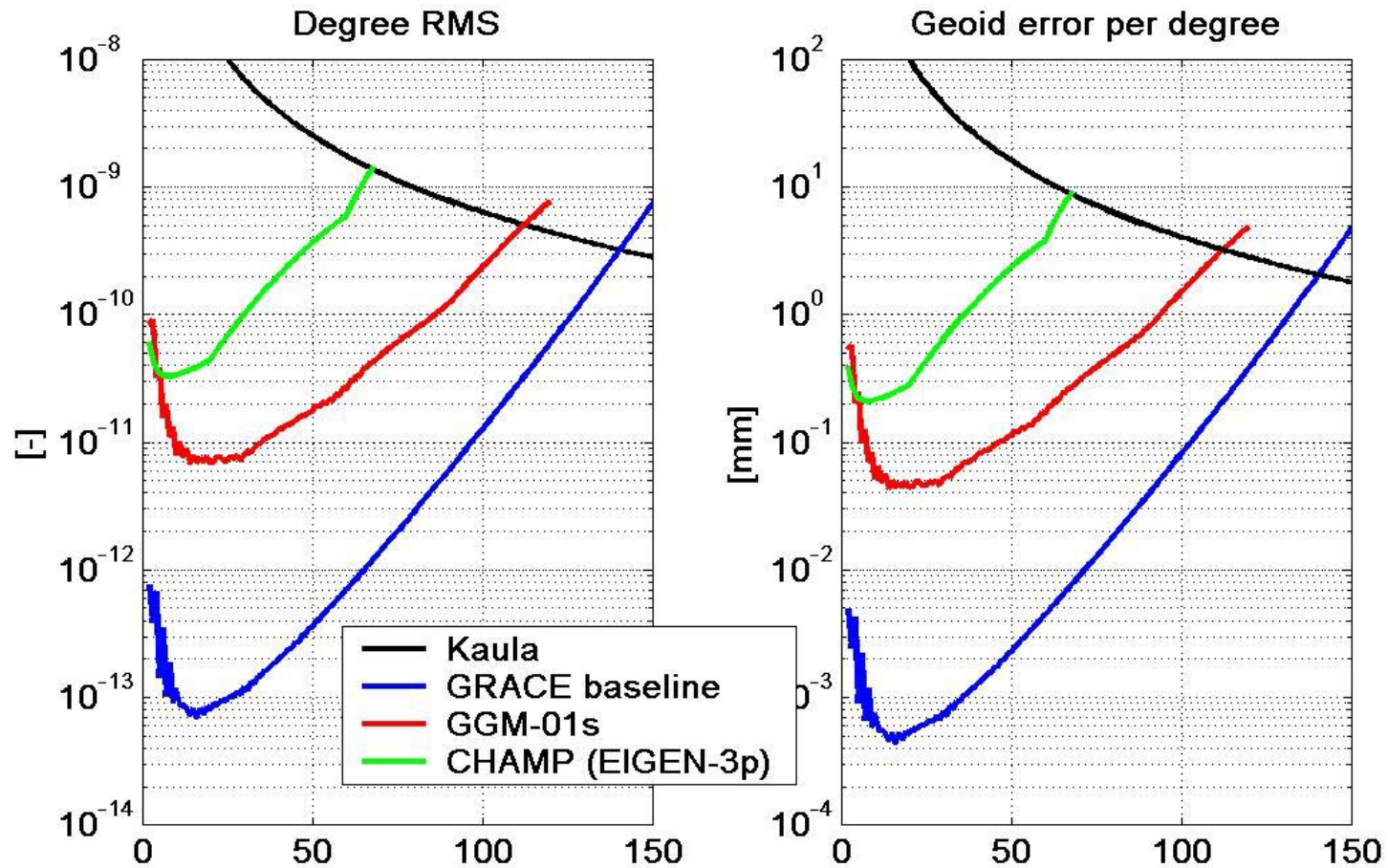


ΔN [m] bei Auflösung bis Grad/Ordnung 100

Differenzen zu EGM96:

- v.a. im kontinentalen Bereich: Polarregionen, Tropen, Gebirge
- bis Grad/Ordnung 40 noch gering
- Größenordnung: ± 4 m im Geoid, ± 30 mGal in Schwereanomalien
- Meridianstreifenmuster: sektorielle Koeffizienten schlechter bestimmt
- GRACE wesentlich genauer bis Grad/Ordnung 100

Status GRACE (3)



vgl. Wahr et al, GRL, 2004: „present error level coincides with 40x baseline error estimate“

GRACE-Datenprozessierung

1. Benötigter Messzeitraum für eine Schwerefeldlösung:
ca. 20 Tage
 - Höher frequente Variationen mit Modellen korrigieren
2. GRACE misst die integrale Summe aller Variationen
 - Auftrennung des Signals nur mit Modellen bekannter Variationen möglich

Problem: Modellfehler pflanzen sich direkt fort

GRACE-Datenprozessierung (2)

Korrekturmodelle für De-Aliasing:

- Gezeiten: IERS 96, CSR 4.0, Polgezeiten fehlen
- Atmosphäre: ECMWF analysis, 6h-Intervalle interpoliert, 0.5° Gitter, vertikale Integration über 60 Schichten
- Ozeane: barotropes Modell „PPHA“ (JPL), angetrieben mit 10 m u-/v-wind und Luftdruck des ECMWF

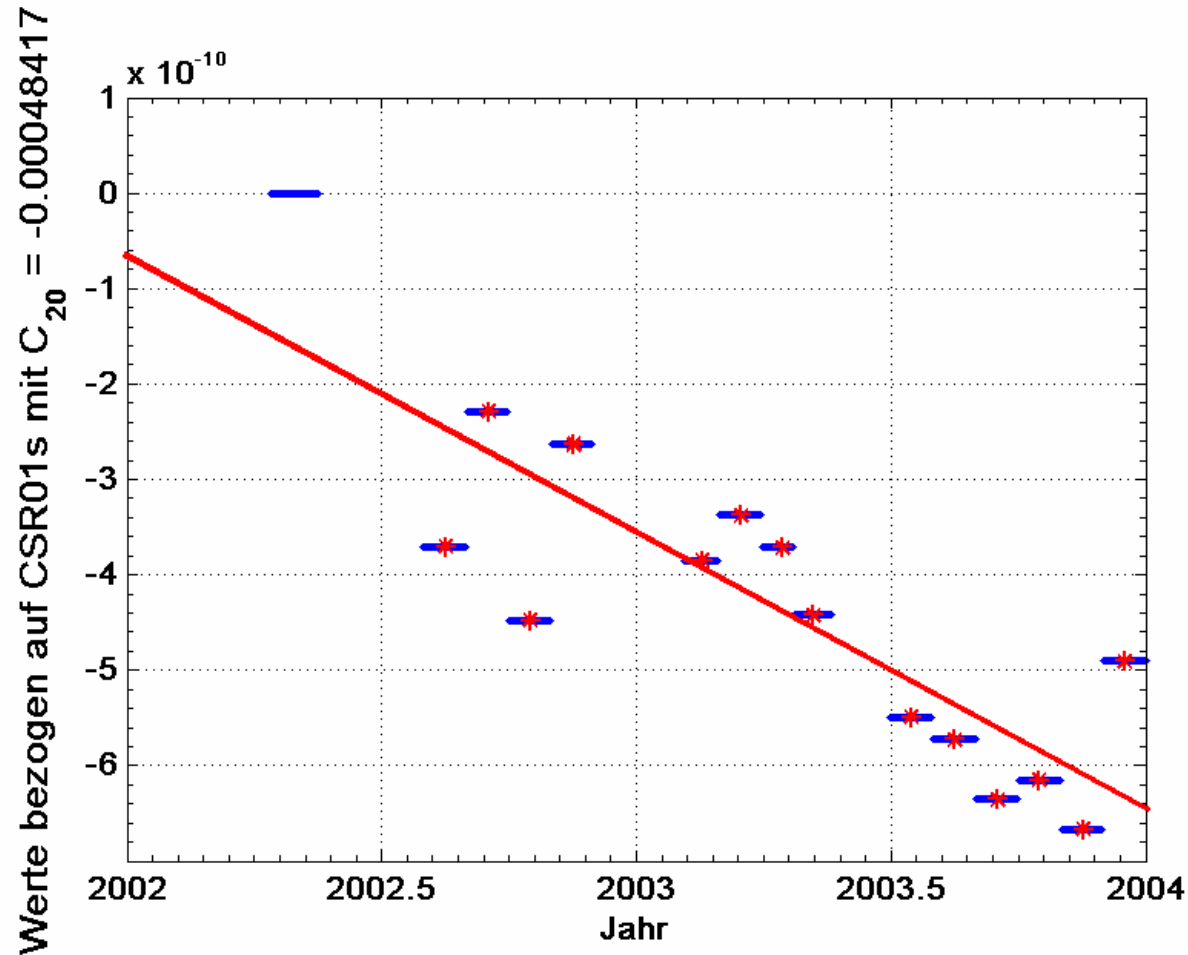
Abweichungen von einem bestmöglichen a-priori Feld sind:

- Neue Schwereinformation und/oder
- Messfehler und/oder
- Modellfehler

vgl. Flechtner: AOD1B Product Description Document

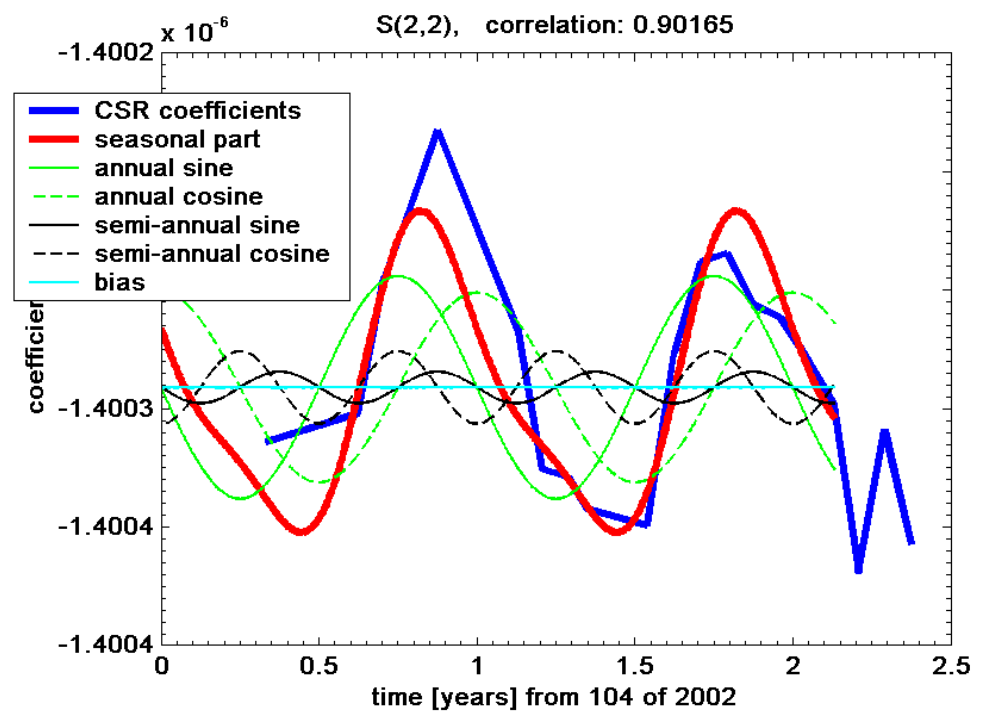
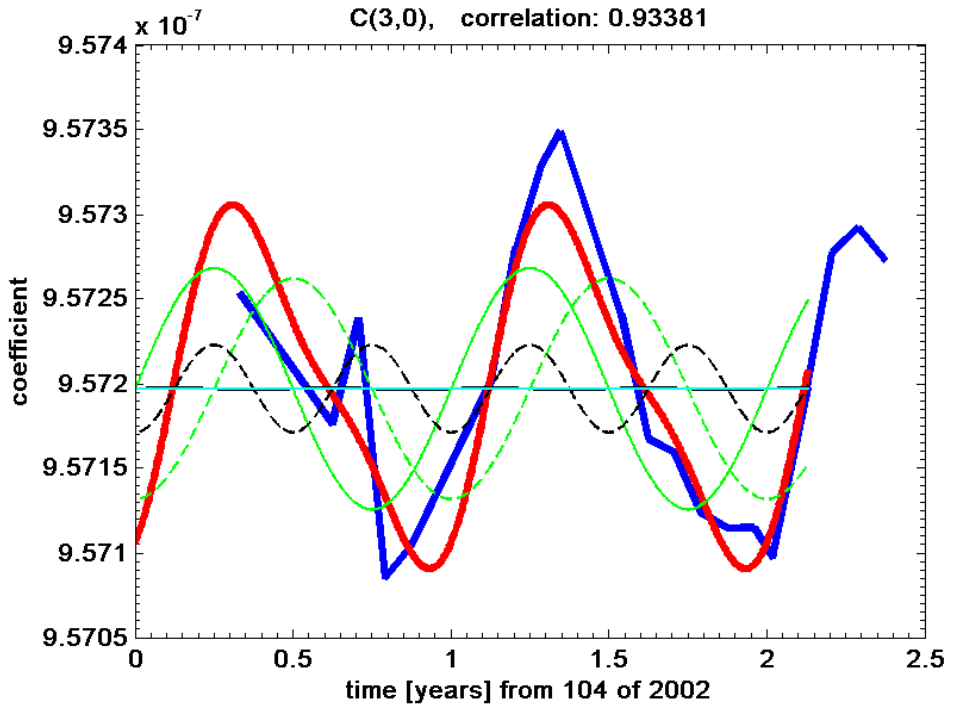
Bettadpur: Level 2 Gravity Field Product User Handbook

GRACE-Zeitvariationen



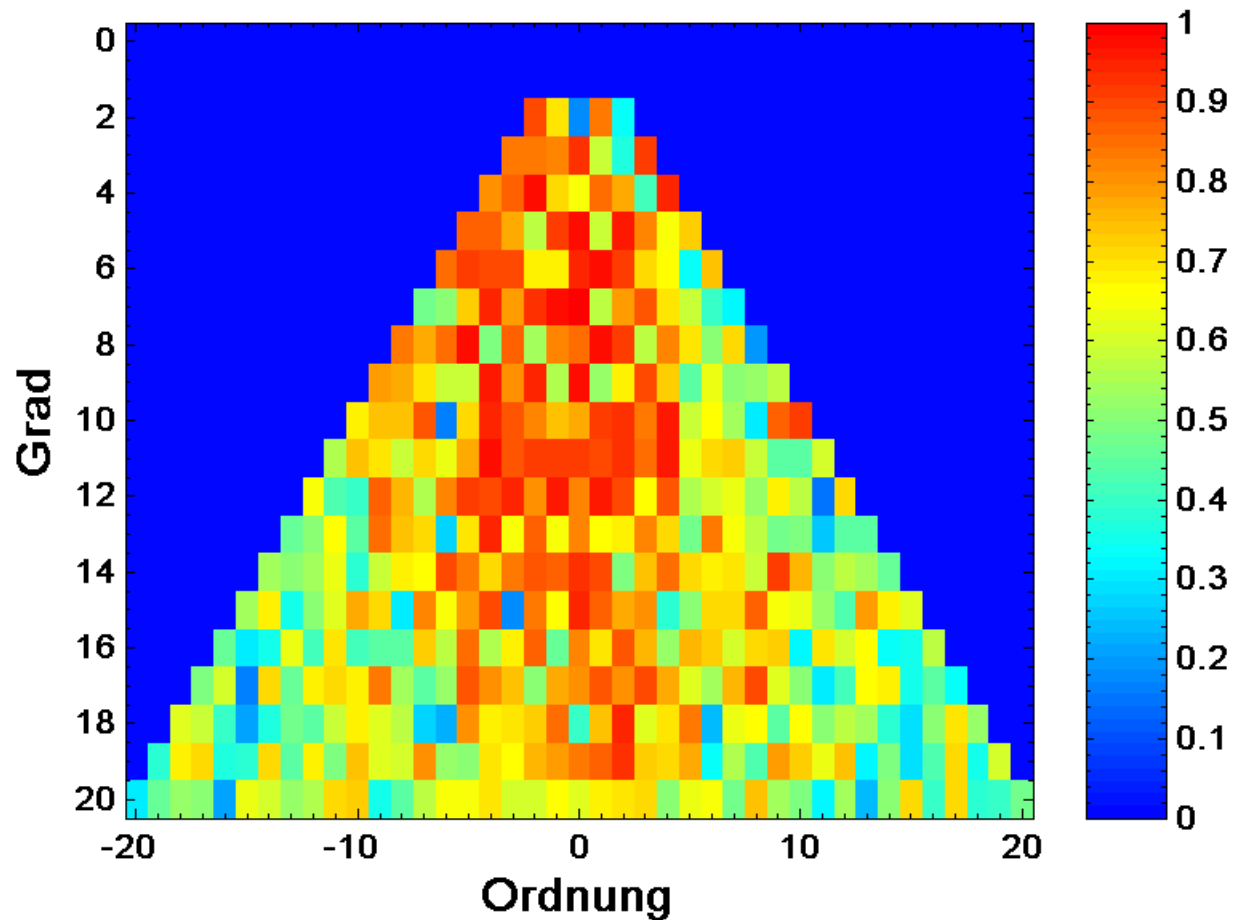
Variation in C_{20} : ungenau, schlecht bestimmbar,
Werte passen nicht gut zu SLR

GRACE-Zeitvariationen (2)



Koeffizienten aus CSR-Monatslösungen und angepasstes saisonales Signal (links C_{30} , rechts S_{22})

GRACE-Zeitvariationen (3)



Korrelationskoeffizienten GRACE mit saisonalem Signal

GRACE-Zeitvariationen (4)

Annahme: Restsignal enthält v.a. Hydrologie

Vergleiche mit Modellen:

- LaD
- CPC
- NCEP
- WGHM
- ECMWF

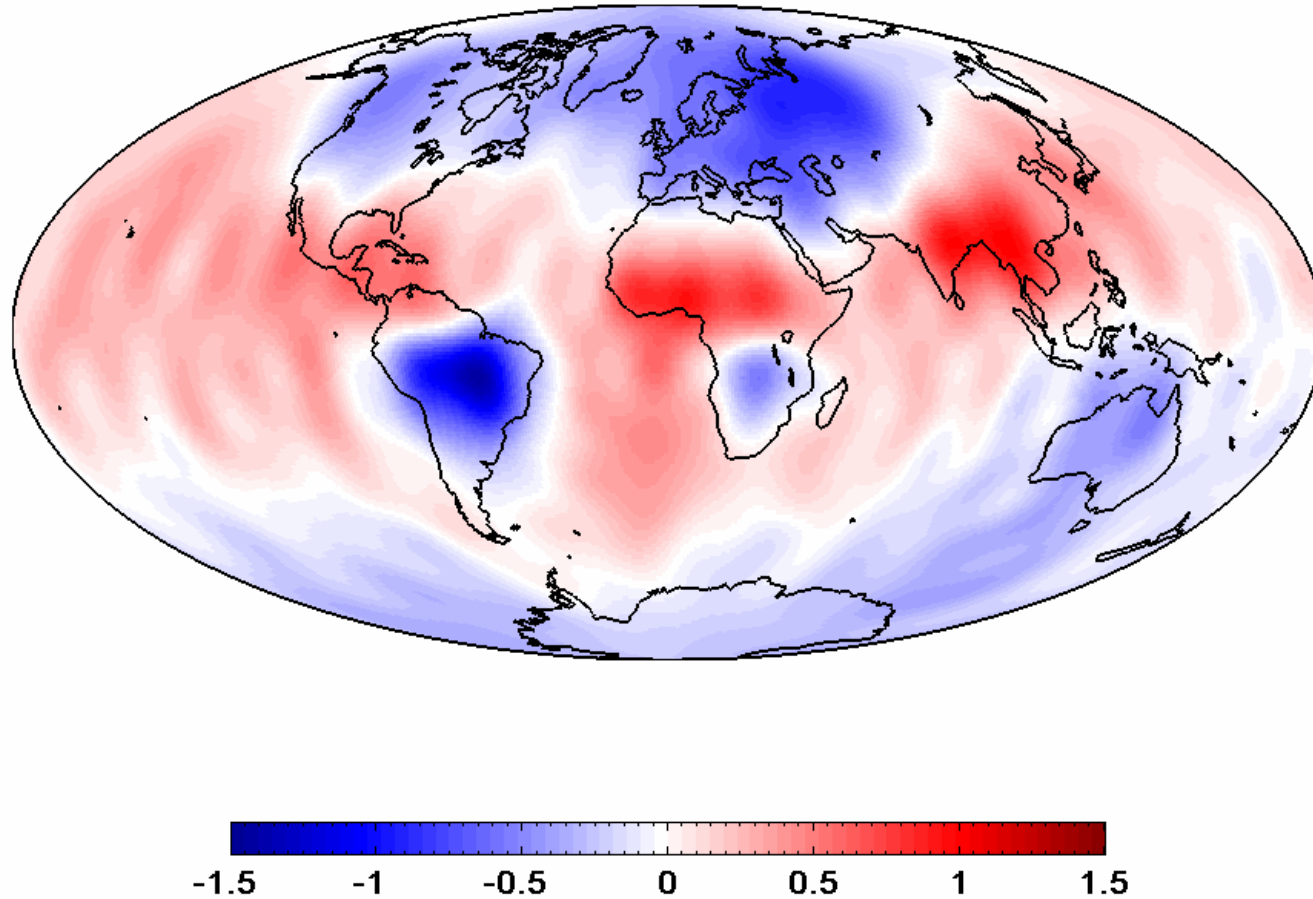
durch Bildung von Differenzen:

- zwischen zwei Monaten
- zu einer statischen Lösung
- zum Mittel der Monatslösungen

und/oder für Annahme saisonaler Signale:

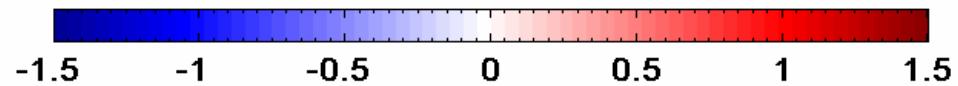
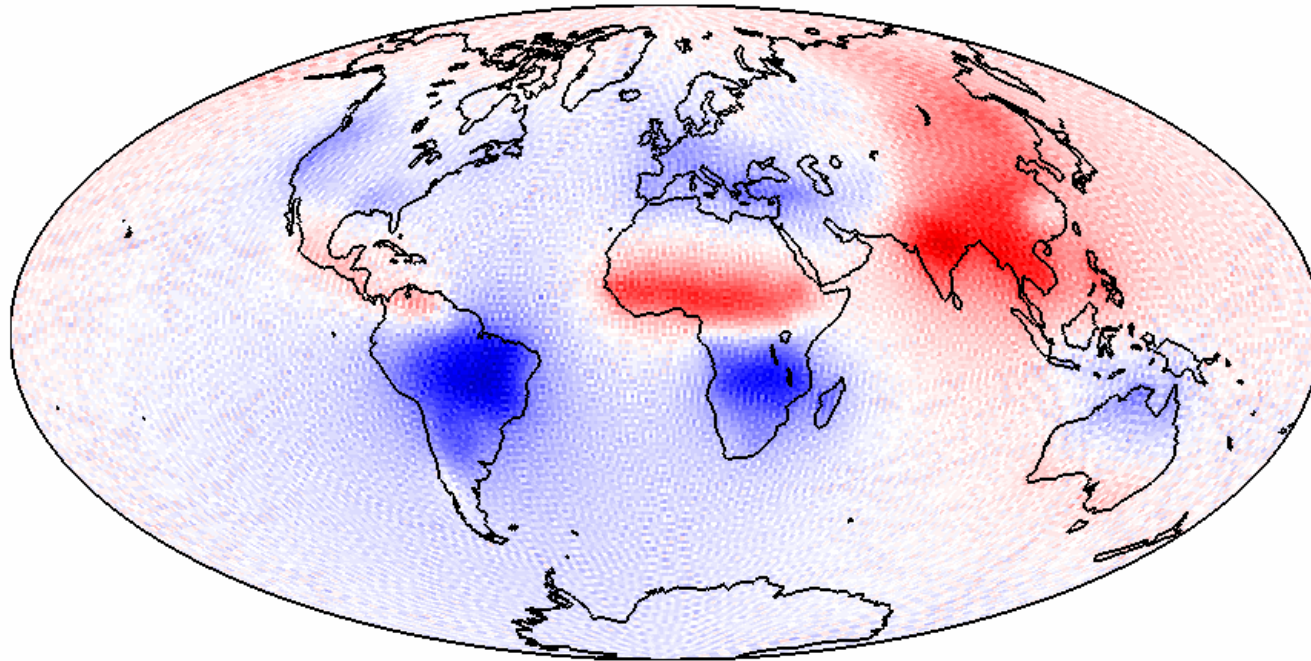
- Schätzung des saisonalen Signals und Korrelation zwischen Modellen und GRACE

GRACE-Zeitvariationen (5)



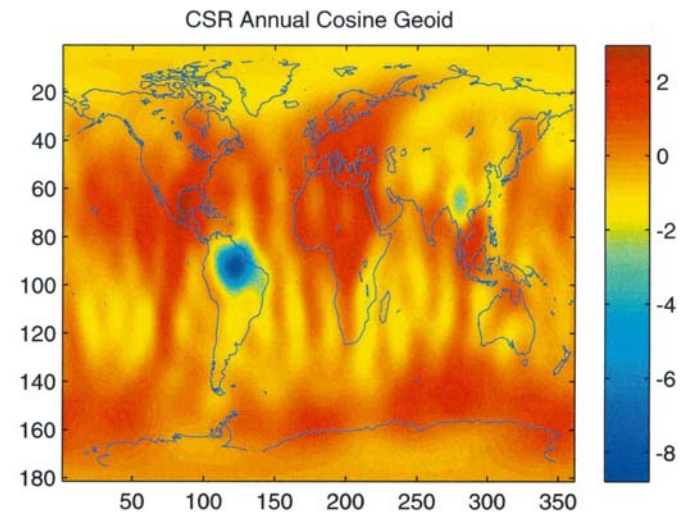
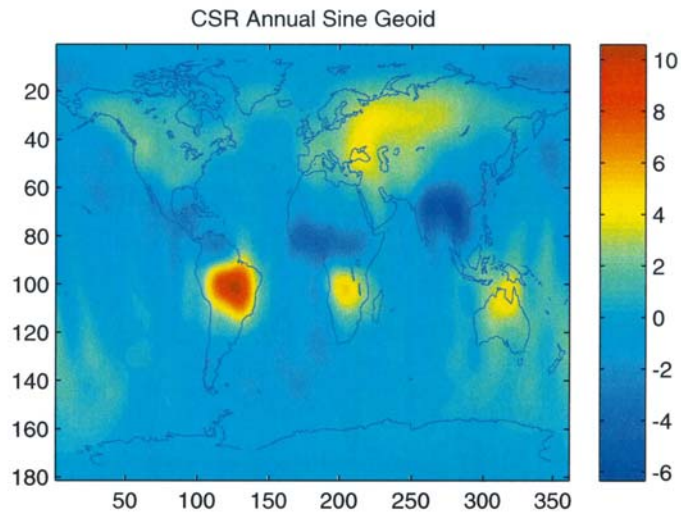
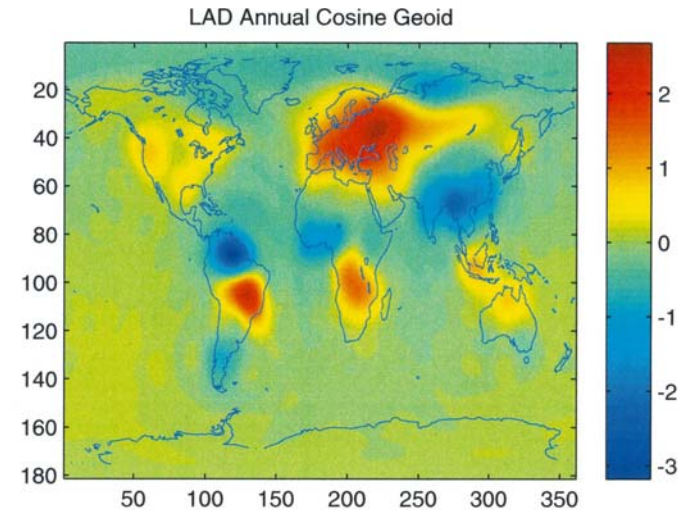
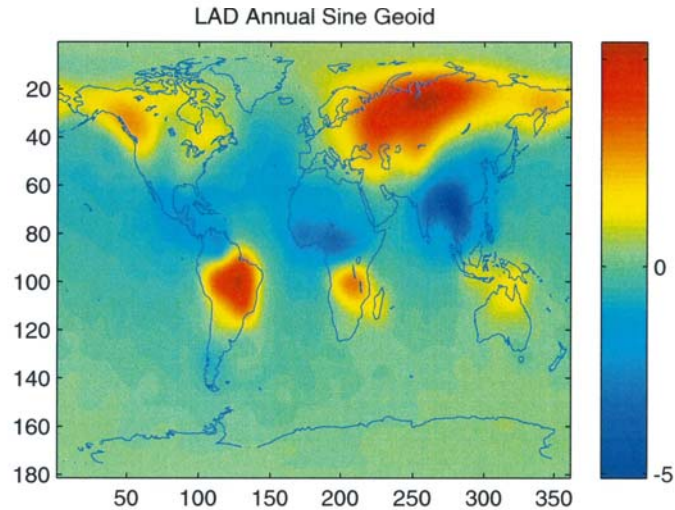
GRACE-Geoid [cm], Differenz April-Oktober 2003, geglättet

GRACE-Zeitvariationen (6)



CPC-Geoid [cm], Differenz April-Oktober 2003, nicht geglättet

GRACE-Zeitvariationen (7)



Geoidanomalien [mm] für jährliches Signal aus LaD (oben) und GRACE (unten)

GRACE-Zeitvariationen (8)

Zusammenfassung:

- Größenordnung ist realistisch
- Starke Abhängigkeit von Art der Differenzbildung
- GRACE-Zeitvariationen nur bis etwa Grad 15 vernünftig bestimmt, darüber nicht signifikant
- Räumliche Filterung üblich: Gauß-Filter o.ä.
- Höhere Genauigkeiten erstrebenswert
- Vergleiche zu Hydrologie noch mit Unsicherheiten behaftet

Ausblick

- GRACE ist genauer als alles vorherige, es gibt aber noch Verbesserungsmöglichkeiten
- „Spielraum“ für Neuentwicklungen bei Prozessierung vorhanden
- Untersuchung des räumlich-zeitlichen Aliasing
- Separation der zeitvariablen Effekte stellt Herausforderung dar