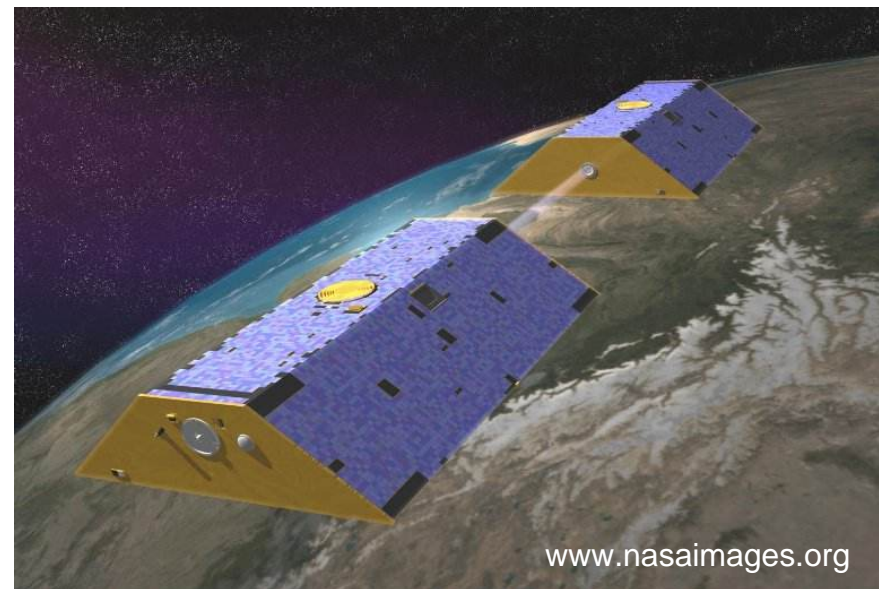


Inter-satellite pointing variations as an error source for GRACE scientific results

Tamara Bandikova, Jakob Flury

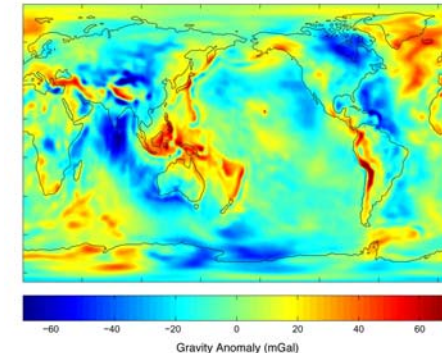


Institut für Erdmessung

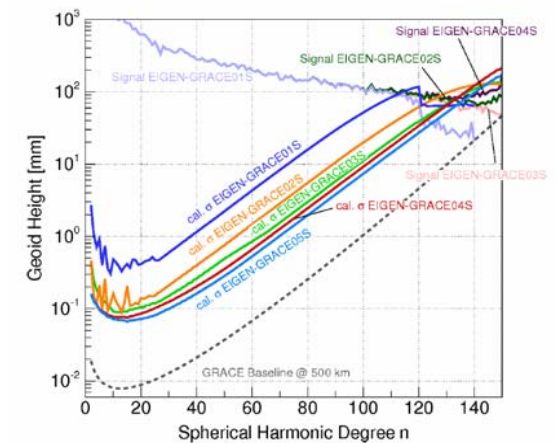
Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research

8 Jahre GRACE Beobachtungen

- 17.3.2002 –GRACE Mission gestartet
- wertvolle Informationen über
 - das Erdschwerefeld
 - die onboard Sensoren und Instrumente
- heutige GRACE Schwerefeldmodelle
 - sehr gute Genauigkeit und Auflösung
 - aber ... GRACE Baseline noch nicht erreicht
- Fehlerbudget
 - schnelle Verlagerungen der geophysikalischen Massen
 - Sensorfehler und Effekte durch die Satellitendynamik



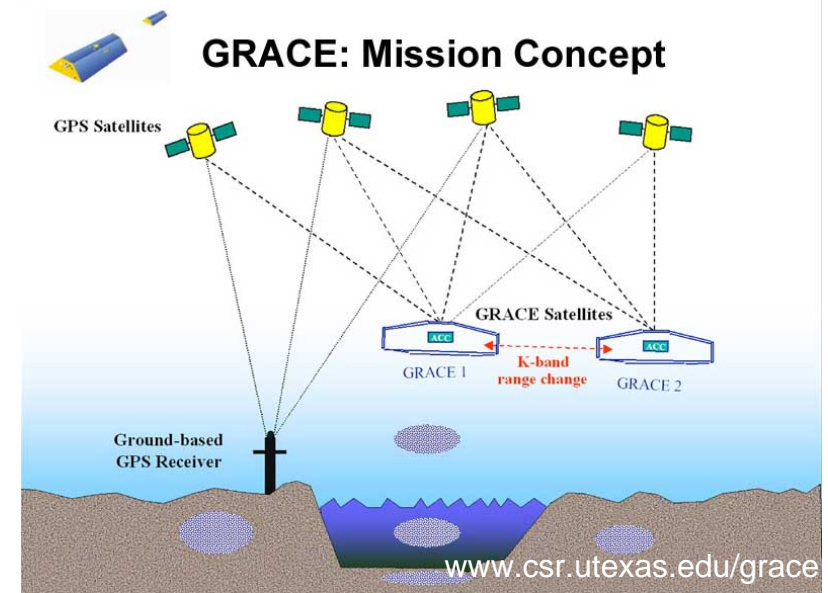
www.nasaimages.org



Flechter et al., GSTM, 2009

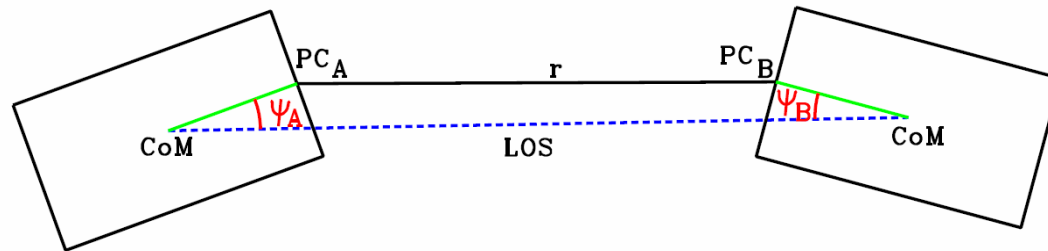
K-band mikrowellen Distanzmessung

- GRACE: low-low SST
- mikrowellen Entfernungsmesser
- Fundamentales Erfordernis: präzise Pointing
 - Variationen, Systematiken
 - Korrelation mit Postfit Residuen der aktuellen Schwerefeldmodelle
- Ziel: Identifikation, Verständnis, Modellierung der Pointing-Effekte

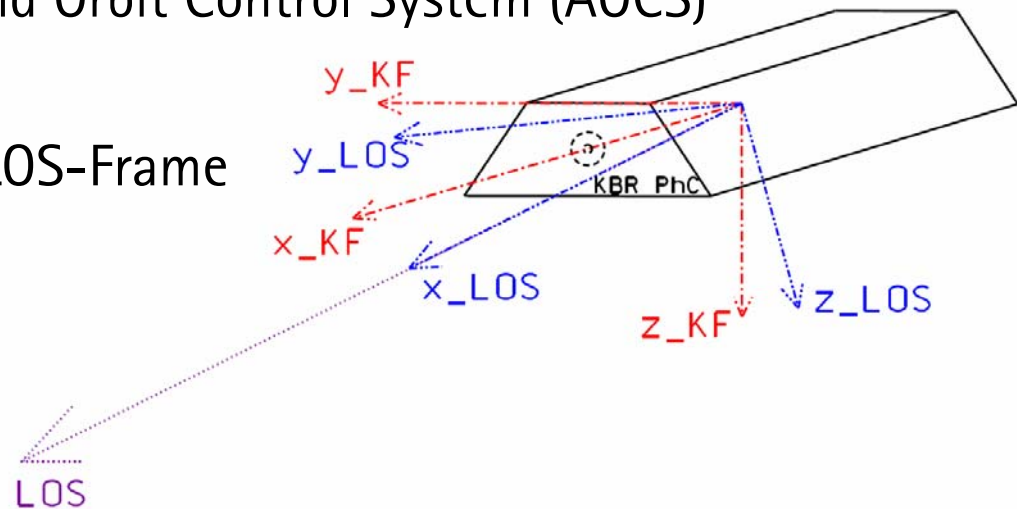


Pointing – Lagewinkel (I)

- Mikrowellen Entfernungsmessung – zu Phasenzentren der KBR Antennen bezogen

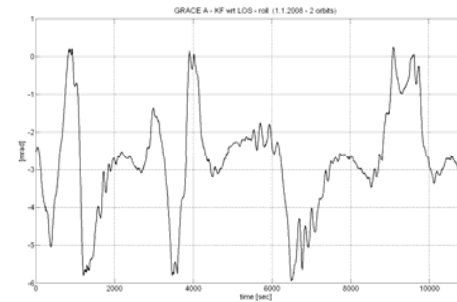
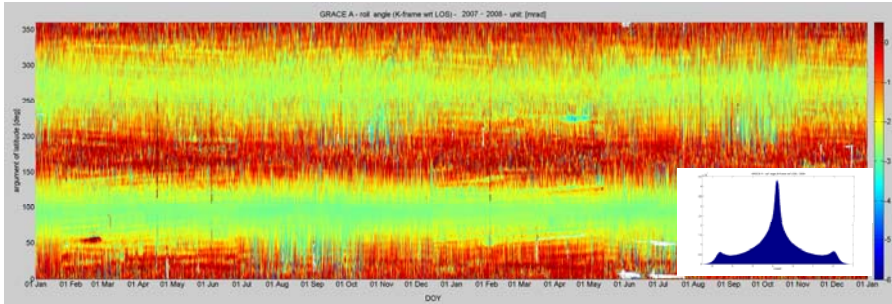


- Lageregelung – Attitude and Orbit Control System (AOCS)
- Rotation des K-Frames in LOS-Frame
→ Roll-Pitch-Yaw Winkel



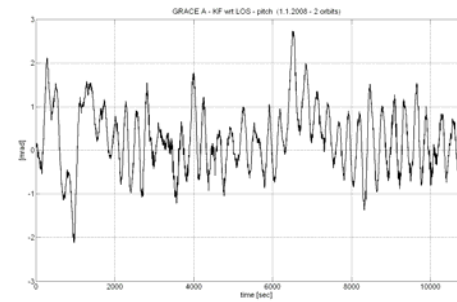
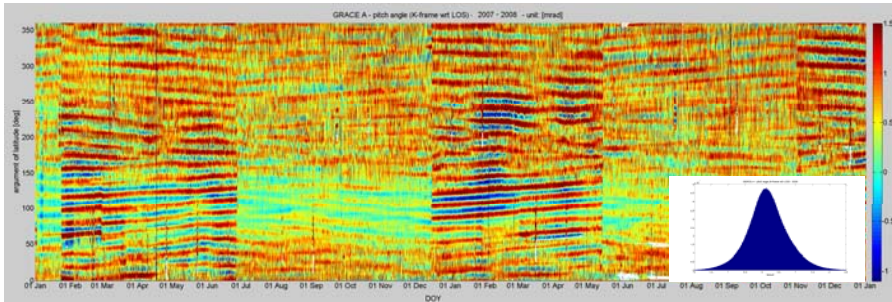
Pointing – Lagewinkel (II)

- Roll



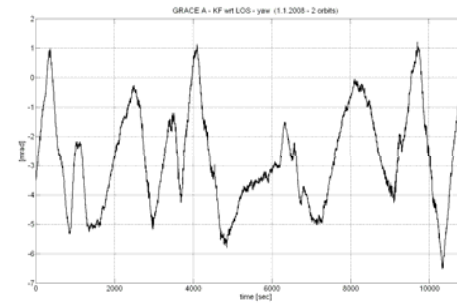
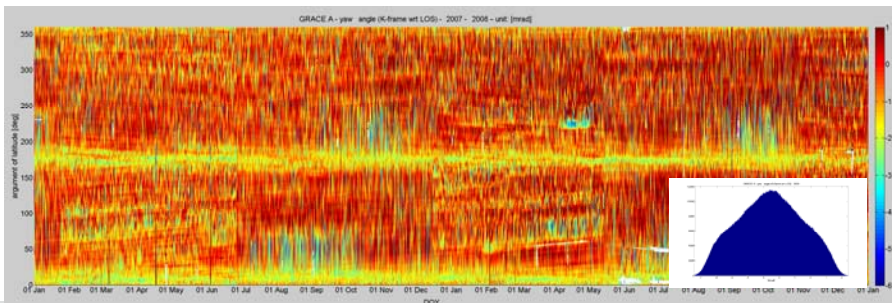
GRACE A
2007-2008

- Pitch



Systematiken:

- Yaw

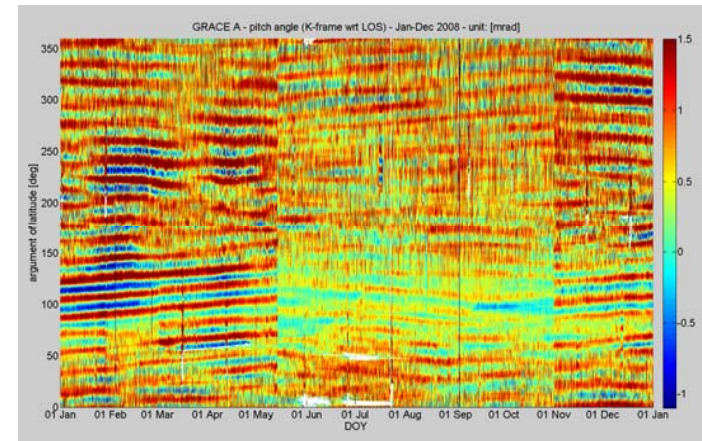


- 160d Periode
- 300sec Periode
- RPY Bias

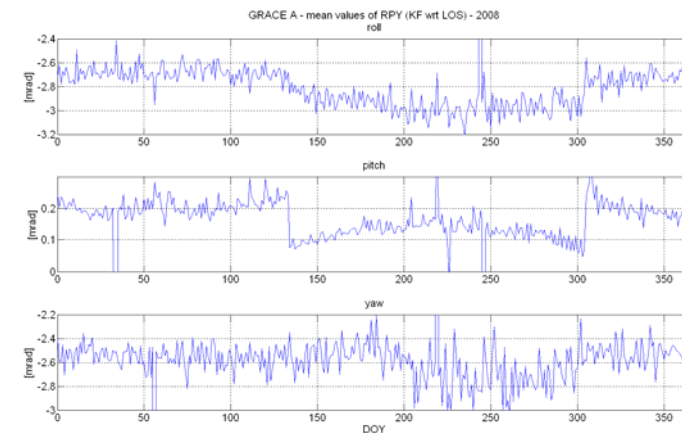
Pointing – Systematik – 160d Periode (I)

- In allen RPY Winkel des GRACE A und B Satelliten
- Veränderung
 - der Amplitude
 - des Mittelwertes (bis zu 0.4 mrad)

Pitch



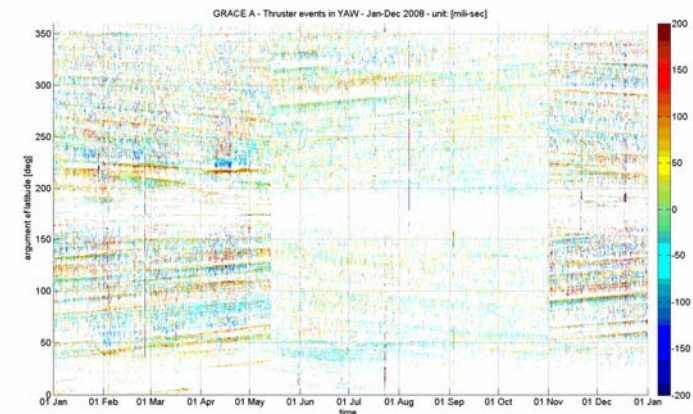
RPY – tägliche Mittelwerte



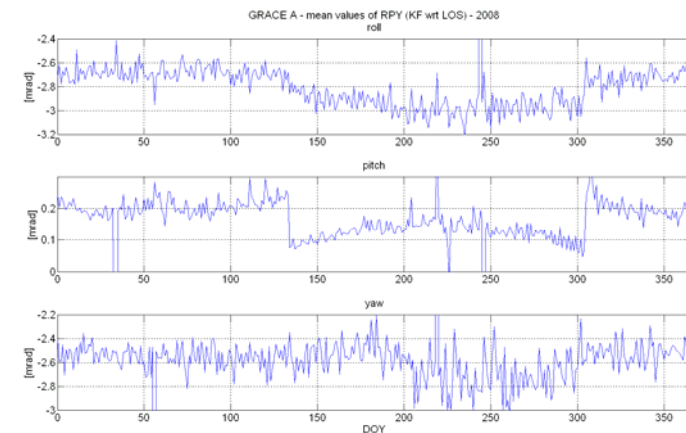
Pointing – Systematik – 160d Periode (I)

- In allen RPY Winkel des GRACE A und B Satelliten
- Veränderung
 - der Amplitude
 - des Mittelwertes (bis zu 0.4 mrad)
- Lageregelung
 - Magnetic torquers
 - Thrusters
- Ursache: Sternkamera

Yaw – Thruster Aktivität



RPY – tägliche Mittelwerte



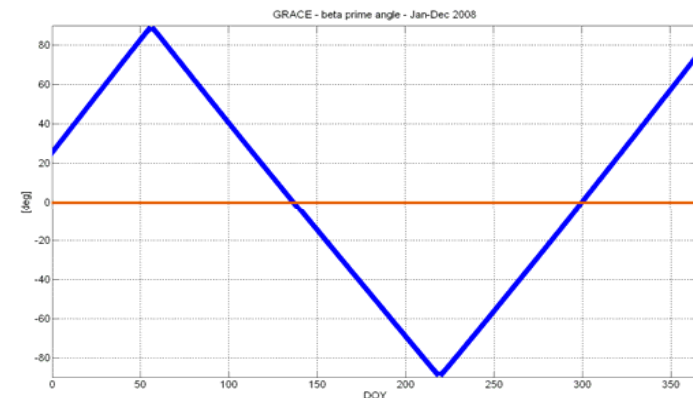
Pointing – Systematik – 160d Periode (II)

- 2 Sternkameran onboard
- AOCS – nur 1 Sternkamera, sgn. primäre Sternkamera
- Wechsel der primären Sternkamera: nach ca. 160 Tage
← Bahnkonstellation ($\beta' = 0$)
- Unterschiedliche Leistung aller Sternkameran
- Einfluss an die Datenqualität: Anzahl der Sterne in FoV

Sternkamera



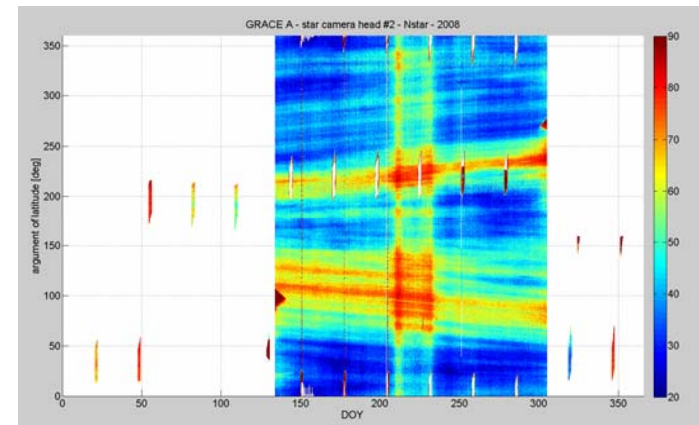
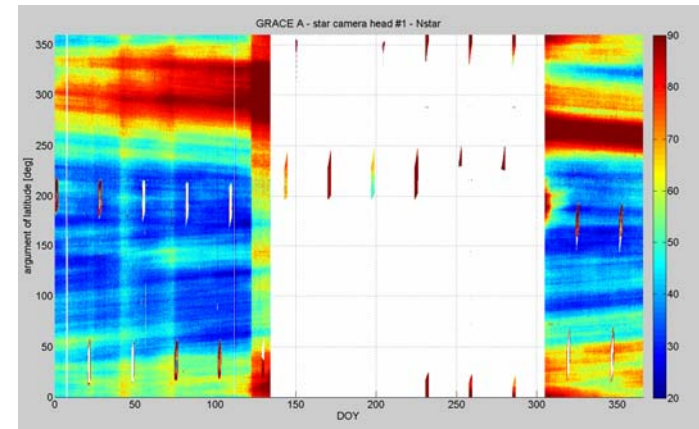
β' Winkel



Pointing – Systematik – 160d Periode (II)

- 2 Sternkameran onboard
- AOCS – nur 1 Sternkamera, sgn. primäre Sternkamera
- Wechsel der primären Sternkamera: nach ca. 160 Tage
← Bahnkonstellation ($\beta' = 0$)
- Unterschiedliche Leistung aller Sternkameran
- Einfluss an die Datenqualität: Anzahl der Sterne in FoV

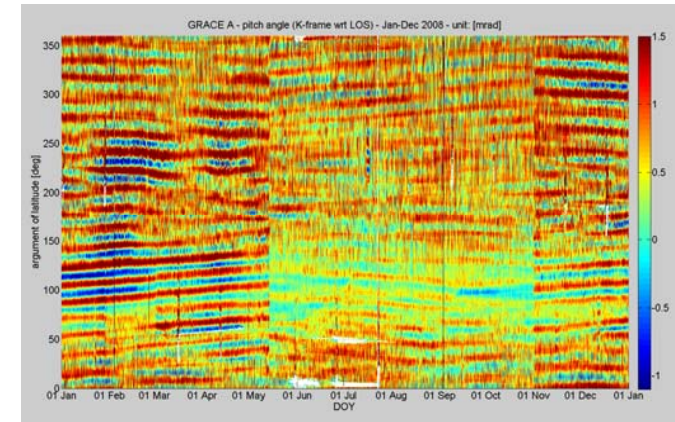
Anzahl der Sterne in FoV der primären Sternkamera



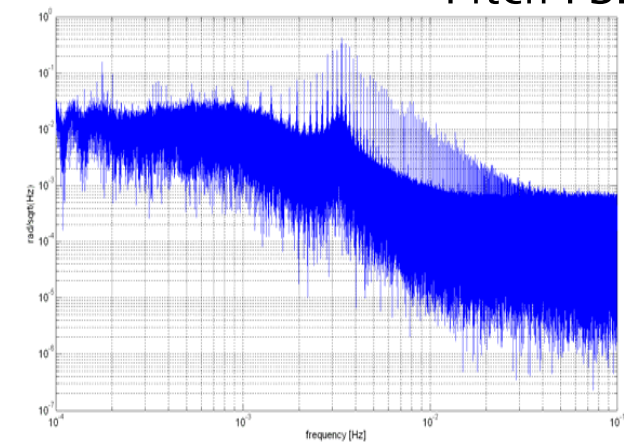
Pointing – Systematik – 300sec Periode

- 300sec Periode \sim 3.5mHz Frequenz
- besonders in Pitch verstärkt

Pitch



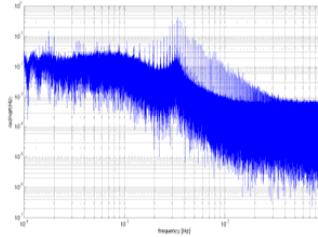
Pitch PSD



Pointing – Systematik – 300sec Periode

- 300sec Periode \sim 3.5mHz Frequenz

- besonders in Pitch verstärkt



- MTQ Lageregelung



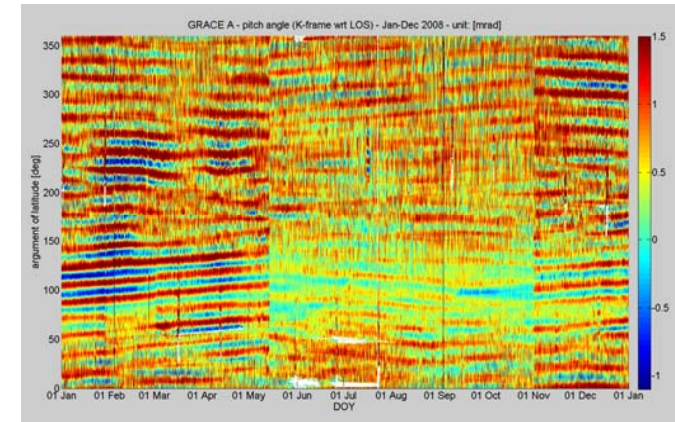
wird von AOCS befohlen

← input-Lageinformation verzerrt

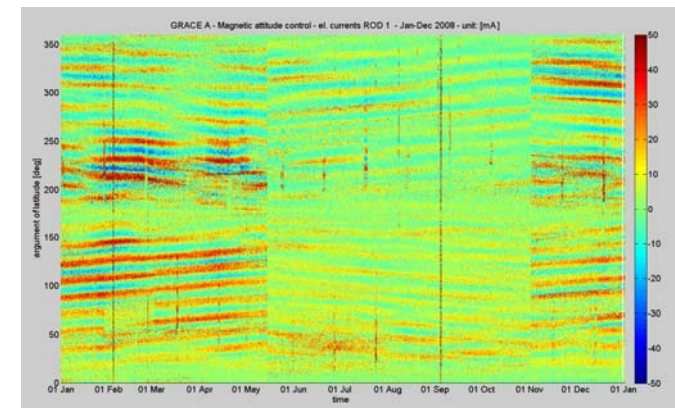
← Sternkamera (?)

Einfluss der Temperatur (?)

Pitch



Magnetic torquer Ströme



Pointing – Systematik – RPY Bias (I)

- Level1B Daten
→ RPY Mittelwert ist NICHT null
- Offred (onboard) Daten
→ RPY Mittelwert IST ~null

Tab.1: RPY Bias (Level1B Daten)

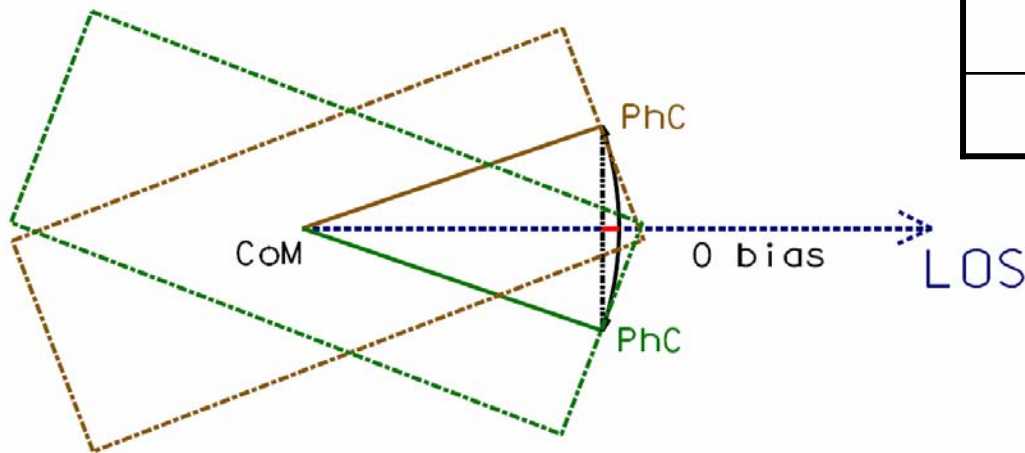
[mrad]	GRACE A	GRACE B
Roll	-2.8	0.7
Pitch	0.1	-1.5
Yaw	-2.6	1.7

Pointing – Systematik – RPY Bias (II)

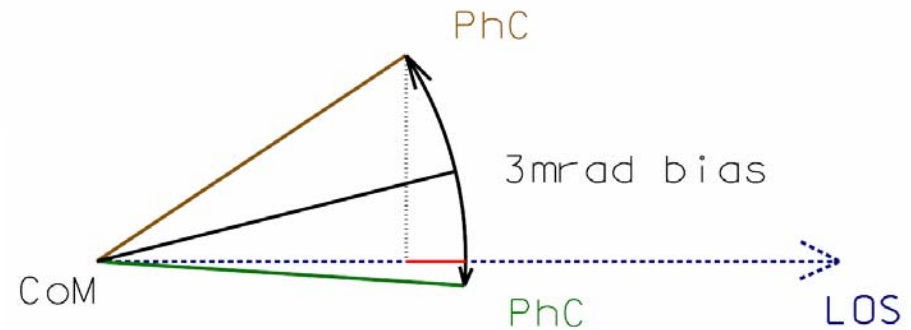
- Entfernungsmessung – Reduktion zu Massenzentren der Satelliten
← geometrische Korrektur

Tab.2: Effekt des Bias auf geometrische Korrektur

Bias [mrad]	Amplitude ψ [mrad]	diff_corr [μm]
0	-4 / +4	12 / 12
3	-1 / +7	0.7 / 36



$$\text{diff_corr} = \|pc\| - \|pc\| \cdot \cos\psi$$



Fazit

- Fehlerbudget
 - Systematische Pointing Effekte
 - (besonders) AOCS Sensors - Sternkameras
- Besseres Verständnis und Modellierung dieser Systematiken
→ höhere Genauigkeit der GRACE Schweredaten
- Besseres Kenntnis der Eigenschaften und Verhalten der onboard Sensoren und Instrumenten
- GRACE Nachfolgemissionen – Laser-Interferometrie
 - genauere Betrachtung der Pointing-Effekte notwendig

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

