

Gegenseitige Validierung von EOP, Schwerefeldkoeffizienten zweiten Grades und geophysikalischen Anregungsfunktionen - Aktuelle Ergebnisse -

Andrea Heiker

Geodätisches Institut
Leibniz Universität Hannover

Nürnberg, 28. September 2011

Validierung von EOP,
CHI und GFC2

Andrea Heiker

Motivation

Methode

Ergebnisse

Fazit

- ① Motivation
- ② Methode
- ③ Ergebnisse
- ④ Fazit und Ausblick

- Gegenseitige Validierung von
 - Erdorientierungsparameter (EOP): Polbewegung und LOD
 - Geophysikalische Anregungsfunktion (CHI)
 - Schwerefeldkoeffizienten zweiten Grades (GFC2)
- Zeitreihen werden teilweise unabhängig voneinander bestimmt.
- Verknüpfung der Zeitreihen über den unbekanntes Trägheitstensor der Erde
- Unterschiedliche zeitliche Auflösung
- Ziel der Validierung: Quantifizierung der Inkonsistenzen

- Funktionale Zusammenhang von EOP, CHI und Trägheitstensor: [Gross (2007)]

$$\begin{aligned}
 p_x + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_y &= \chi_x^W + \chi_x^P = \frac{h_x + \Omega (1 + k'_2 + \Delta k'_{an}) \Delta I_{xz}}{(C - A' + A'_m + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 -p_y + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_x &= \chi_y^W + \chi_y^P = \frac{h_y + \Omega (1 + k'_2 + \Delta k'_{an}) \Delta I_{yz}}{(C - A' + A'_m + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda_0} &= \chi_z^W + \chi_z^P = k_r \frac{h_z + \Omega (1 + k'_2 + \alpha_3 (\Delta k'_{an})) \Delta I_{zz}}{C_m \Omega}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Polbewegung und Length of Day

Motionterm der Anregungsfunktionen

Massterm der Anregungsfunktionen

Relativer Drehmoment und Trägheitstensor

Geophysikalische Konstanten

- Funktionale Zusammenhang von EOP, CHI und Trägheitstensor: [Gross (2007)]

$$\begin{aligned}
 p_x + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_y &= \chi_x^W + \chi_x^P = \frac{h_x + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{xz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 -p_y + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_x &= \chi_y^W + \chi_y^P = \frac{h_y + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{yz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda_0} &= \chi_z^W + \chi_z^P = k_r \frac{h_z + \Omega (1 + k_2' + \alpha_3 (\Delta k_{an}')) \Delta I_{zz}}{C_m \Omega}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Polbewegung und Length of Day

Motionterm der Anregungsfunktionen

Massterm der Anregungsfunktionen

Relativer Drehmoment und Trägheitstensor

Geophysikalische Konstanten

- Funktionale Zusammenhang von EOP, CHI und Trägheitstensor: [Gross (2007)]

$$\begin{aligned}
 p_x + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_y &= \chi_x^W + \chi_x^P = \frac{h_x + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{xz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 -p_y + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_x &= \chi_y^W + \chi_y^P = \frac{h_y + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{yz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda_0} &= \chi_z^W + \chi_z^P = k_r \frac{h_z + \Omega (1 + k_2' + \alpha_3 (\Delta k_{an}')) \Delta I_{zz}}{C_m \Omega}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Polbewegung und Length of Day

Motionterm der Anregungsfunktionen

Massterm der Anregungsfunktionen

Relativer Drehmoment und Trägheitstensor

Geophysikalische Konstanten

- Funktionale Zusammenhang von EOP, CHI und Trägheitstensor: [Gross (2007)]

$$\begin{aligned}
 p_x + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_y &= \chi_x^W + \chi_x^P = \frac{h_x + \Omega (1 + k'_2 + \Delta k'_{an}) \Delta I_{xz}}{(C - A' + A'_m + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 -p_y + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_x &= \chi_y^W + \chi_y^P = \frac{h_y + \Omega (1 + k'_2 + \Delta k'_{an}) \Delta I_{yz}}{(C - A' + A'_m + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda_0} &= \chi_z^W + \chi_z^P = k_r \frac{h_z + \Omega (1 + k'_2 + \alpha_3 (\Delta k'_{an})) \Delta I_{zz}}{C_m \Omega}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Polbewegung und Length of Day

Motionterm der Anregungsfunktionen

Massterm der Anregungsfunktionen

Relativer Drehmoment und Trägheitstensor

Geophysikalische Konstanten

- Funktionale Zusammenhang von EOP, CHI und Trägheitstensor: [Gross (2007)]

$$\begin{aligned}
 p_x + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_y &= \chi_x^W + \chi_x^P = \frac{h_x + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{xz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 -p_y + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_x &= \chi_y^W + \chi_y^P = \frac{h_y + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{yz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda_0} &= \chi_z^W + \chi_z^P = k_r \frac{h_z + \Omega (1 + k_2' + \alpha_3 (\Delta k_{an}')) \Delta I_{zz}}{C_m \Omega}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Polbewegung und Length of Day

Motionterm der Anregungsfunktionen

Massterm der Anregungsfunktionen

Relativer Drehmoment und Trägheitstensor

Geophysikalische Konstanten

- Funktionale Zusammenhang von EOP, CHI und Trägheitstensor: [Gross (2007)]

$$\begin{aligned}
 p_x + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_y &= \chi_x^W + \chi_x^P = \frac{h_x + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{xz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 -p_y + \frac{1}{\sigma_0} \dot{p}_x &= \chi_y^W + \chi_y^P = \frac{h_y + \Omega (1 + k_2' + \Delta k_{an}') \Delta I_{yz}}{(C - A' + A_m' + \epsilon_C A_C) \sigma_0} \\
 \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda_0} &= \chi_z^W + \chi_z^P = k_r \frac{h_z + \Omega (1 + k_2' + \alpha_3 (\Delta k_{an}')) \Delta I_{zz}}{C_m \Omega}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Polbewegung und Length of Day

Motionterm der Anregungsfunktionen

Massterm der Anregungsfunktionen

Relativer Drehmoment und Trägheitstensor

Geophysikalische Konstanten

- Funktionale Zusammenhang von GFC2 und Trägheitstensor:

$$\begin{bmatrix} \Delta C_{20} \\ \Delta C_{21} \\ \Delta S_{21} \\ \Delta C_{22} \\ \Delta S_{20} \end{bmatrix} = \frac{1}{Ma^2} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -\frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta I_{xx} \\ \Delta I_{xy} \\ \Delta I_{xz} \\ \Delta I_{yy} \\ \Delta I_{yz} \\ \Delta I_{zz} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ma^2 - Produkt aus Erdmasse und Erdradius zum Quadrat

- Spur des Trägheitstensors nicht eindeutig bestimmbar
→ Datumdefekt, daher Regularisierung mit

$$\Delta I_{xx} + \Delta I_{yy} + \Delta I_{zz} = 0 \quad (3)$$

- Funktionale Zusammenhang von GFC2 und Trägheitstensor:

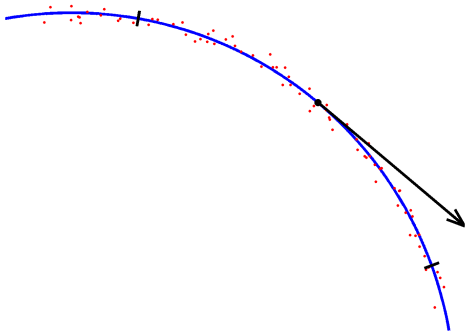
$$\begin{bmatrix} \Delta C_{20} \\ \Delta C_{21} \\ \Delta S_{21} \\ \Delta C_{22} \\ \Delta S_{20} \end{bmatrix} = \frac{1}{Ma^2} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -\frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta I_{xx} \\ \Delta I_{xy} \\ \Delta I_{xz} \\ \Delta I_{yy} \\ \Delta I_{yz} \\ \Delta I_{zz} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ma^2 - Produkt aus Erdmasse und Erdradius zum Quadrat

- Spur des Trägheitstensors nicht eindeutig bestimmbar
→ Datumdefekt, daher Regularisierung mit

$$\Delta I_{xx} + \Delta I_{yy} + \Delta I_{zz} = 0 \quad (3)$$

- Unterschiedliche zeitliche Auflösung (monatlich versus täglich)
 - Aus den täglichen Werten mit kubischen Splines einen repräsentativen monatlichen Wert bestimmen
 - Weiterer Vorteil: Zeitliche Ableitung der Polbewegung analytisch aus Splines bestimmbar



- Auswertung im bedingten Gauß-Markov-Modell

- Unbekannte Parameter:
 - \mathbf{x}_S Spline-Koeffizienten für EOP und CHI
 - \mathbf{x}_I Trägheitstensor
- Annahmen:
 - Beobachtungen $\mathbf{l} \sim \mathcal{N}(\mathbf{A}\mathbf{x}, \Sigma)$
 - Inkonsistenzen befinden sich in den Residuen \mathbf{v}
- funktionale Modell:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{l}_{EOP} \\ \mathbf{l}_{CHI} \\ \mathbf{l}_{GFC2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{EOP} \\ \mathbf{v}_{CHI} \\ \mathbf{v}_{GFC2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{EOP} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_{CHI} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{GFC2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} \quad (4)$$

mit den Bedingungsgleichungen

$$\begin{bmatrix} \mathbf{B}_{EL1} & \mathbf{B}_{EL2} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad (5)$$

\mathbf{A} und \mathbf{B} Designmatrizen gemäß Gleichungen 1-3

- Varianz-Kovarianz Komponentenschätzung

- Auswertung im bedingten Gauß-Markov-Modell

- Unbekannte Parameter:
 - \mathbf{x}_S Spline-Koeffizienten für EOP und CHI
 - \mathbf{x}_I Trägheitstensor
- Annahmen:
 - Beobachtungen $\mathbf{I} \sim \mathcal{N}(\mathbf{A}\mathbf{x}, \mathbf{\Sigma})$
 - Inkonsistenzen befinden sich in den Residuen \mathbf{v}
- funktionale Modell:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I}_{EOP} \\ \mathbf{I}_{CHI} \\ \mathbf{I}_{GFC2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{EOP} \\ \mathbf{v}_{CHI} \\ \mathbf{v}_{GFC2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{EOP} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_{CHI} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{GFC2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} \quad (4)$$

mit den Bedingungsgleichungen

$$\begin{bmatrix} \mathbf{B}_{EL1} & \mathbf{B}_{EL2} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad (5)$$

\mathbf{A} und \mathbf{B} Designmatrizen gemäß Gleichungen 1-3

- Varianz-Kovarianz Komponentenschätzung

- Auswertung im bedingten Gauß-Markov-Modell

- Unbekannte Parameter:
 - \mathbf{x}_S Spline-Koeffizienten für EOP und CHI
 - \mathbf{x}_I Trägheitstensor
- Annahmen:
 - Beobachtungen $\mathbf{I} \sim \mathcal{N}(\mathbf{A}\mathbf{x}, \mathbf{\Sigma})$
 - Inkonsistenzen befinden sich in den Residuen \mathbf{v}
- funktionale Modell:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I}_{EOP} \\ \mathbf{I}_{CHI} \\ \mathbf{I}_{GFC2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{EOP} \\ \mathbf{v}_{CHI} \\ \mathbf{v}_{GFC2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{EOP} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_{CHI} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{GFC2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} \quad (4)$$

mit den Bedingungsbedingungen

$$\begin{bmatrix} \mathbf{B}_{EL1} & \mathbf{B}_{EL2} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad (5)$$

\mathbf{A} und \mathbf{B} Designmatrizen gemäß Gleichungen 1-3

- Varianz-Kovarianz Komponentenschätzung

- Auswertung im bedingten Gauß-Markov-Modell

- Unbekannte Parameter:
 - \mathbf{x}_S Spline-Koeffizienten für EOP und CHI
 - \mathbf{x}_I Trägheitstensor
- Annahmen:
 - Beobachtungen $\mathbf{l} \sim \mathcal{N}(\mathbf{A}\mathbf{x}, \mathbf{\Sigma})$
 - Inkonsistenzen befinden sich in den Residuen \mathbf{v}
- funktionale Modell:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{l}_{EOP} \\ \mathbf{l}_{CHI} \\ \mathbf{l}_{GFC2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{EOP} \\ \mathbf{v}_{CHI} \\ \mathbf{v}_{GFC2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{EOP} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_{CHI} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{GFC2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} \quad (4)$$

mit den Bedingungsgleichungen

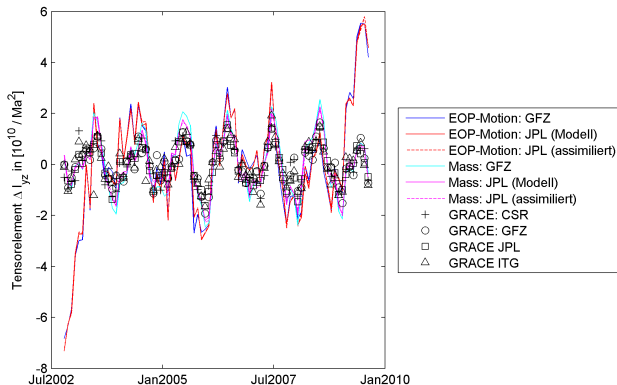
$$\begin{bmatrix} \mathbf{B}_{EL1} & \mathbf{B}_{EL2} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_S \\ \mathbf{x}_I \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad (5)$$

\mathbf{A} und \mathbf{B} Designmatrizen gemäß Gleichungen 1-3

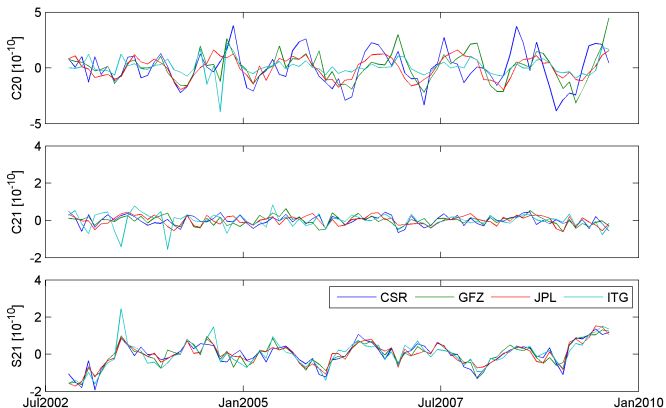
- Varianz-Kovarianz Komponentenschätzung

- Auswertung folgender Zeitreihen:
 - EOP vom IERS (www.iers.org)
 - Atmosphärische, ozeanische und hydrologische Anregungsfunktionen vom GFZ (ERAinterim)
 - Atmosphärische und ozeanische vom JPL (Modelle mit und ohne assimilierte Altimeterdaten: kf079 und kf080)
 - Vier verschiedene GRACE Schwerefeldkoeffizienten vom CSR, GFZ, JPL und ITG
- Vorprozessierung der Daten: Lineare Interpolation von Datenlücken und Hochpassfilter mit einer Grenzperiode von 3 Jahren
- Auswertung in jeder möglichen Kombination

Beispiel: Element des Trägheitstensor **vor** der Validierung

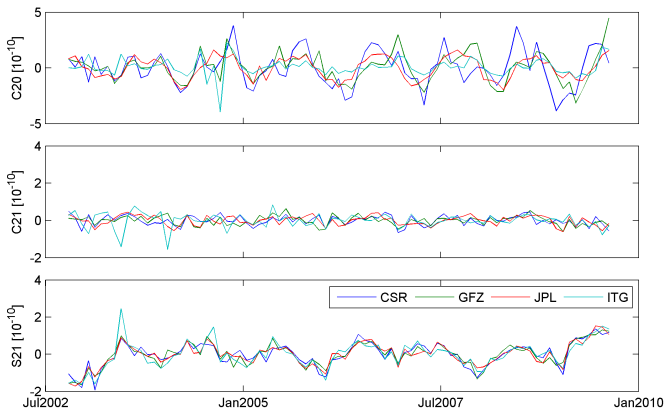


Residuen Schwerefeldkoeffizienten aus der Kombination mit EOP und atmosphärische + ozeanische Anregungsfunktionen vom GFZ



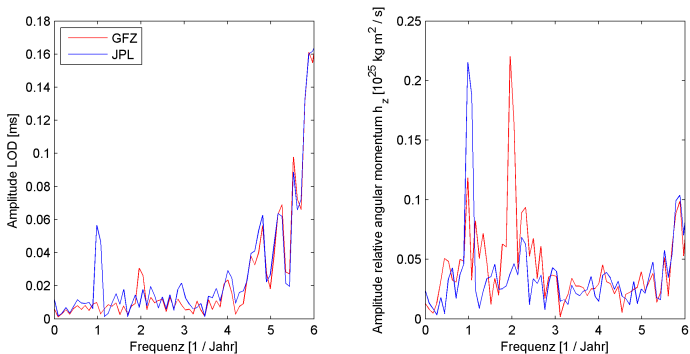
Formale Standardabweichungen mindestens eine Größenordnung kleiner!

Residuen Schwerefeldkoeffizienten aus der Kombination mit EOP und atmosphärische + ozeanische Anregungsfunktionen vom GFZ



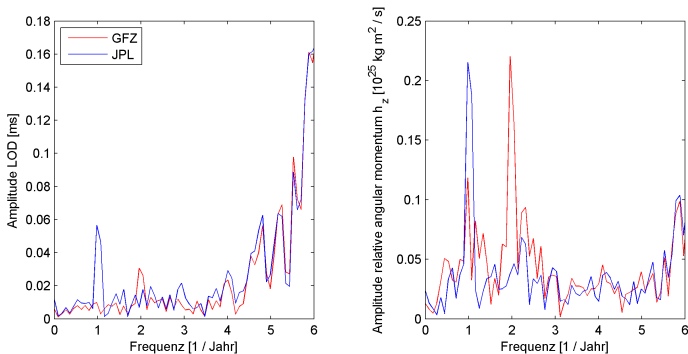
Formale Standardabweichungen mindestens eine Größenordnung kleiner!

Amplitudenspektra der Residuen von LOD und h_z aus der Kombination mit unterschiedlichen atmosphärischen + ozeanischen Anregungsfunktionen vom GFZ und JPL (kf09)



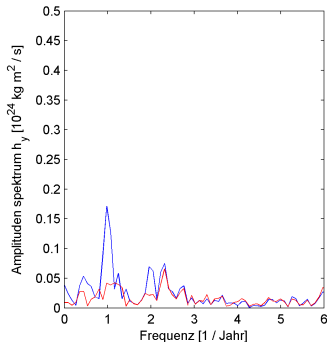
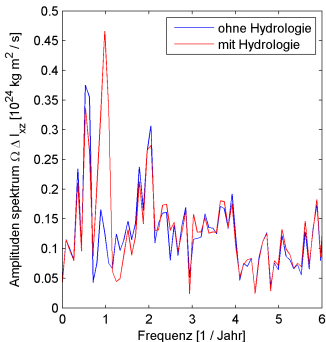
Nur die Differenz zwischen EOP und Motionstermen ist validierbar!

Amplitudenspektra der Residuen von LOD und h_z aus der Kombination mit unterschiedlichen atmosphärischen + ozeanischen Anregungsfunktionen vom GFZ und JPL (kf09)



Nur die Differenz zwischen EOP und Motionstermen ist validierbar!

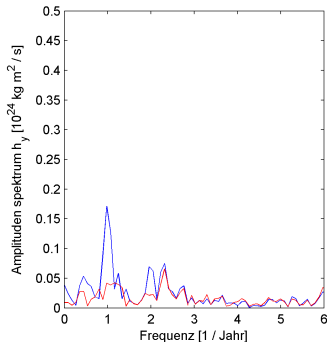
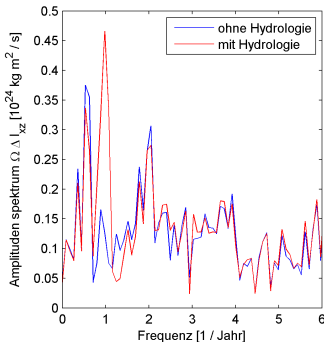
Amplitudenspektren der Residuen von $\Omega \Delta I_{xz}$ und h_y der GFZ-Lösung (ERAinterim), unter Berücksichtigung bzw. Vernachlässigung hydrologischer Anregungsfunktionen.



In den entsprechenden Polresiduen kaum Unterschiede.

Jährliche Komponente im Hydrologiemodell schlecht modelliert?

Amplitudenspektren der Residuen von $\Omega \Delta I_{xz}$ und h_y der GFZ-Lösung (ERAinterim), unter Berücksichtigung bzw. Vernachlässigung hydrologischer Anregungsfunktionen.



In den entsprechenden Polresiduen kaum Unterschiede.

Jährliche Komponente im Hydrologiemodell schlecht modelliert?

- SLR Schwerefeldkoeffizienten zeigen eine deutlich größerer Konsistenz im Vergleich zu GRACE Schwerefeldkoeffizienten.
- JPL Massenterme variieren deutlich stärker als die GFZ Massenterme.
Mögliche Ursache: GRACE Hintergrundmodelle basieren auf die GFZ Anregungsfunktionen.
- Die JPL Anregungsfunktionen mit den assimilierten Daten zeigen eine etwas höhere Konsistenz als die freien Modelle.
- Die Ergebnisse variieren auch in Abhängigkeit von dem gewählten priori stochastischen Modell.
Vernachlässigte Kovarianzen führen möglicherweise zu zu optimistischen Ergebnissen.

- SLR Schwerefeldkoeffizienten zeigen eine deutlich größerer Konsistenz im Vergleich zu GRACE Schwerefeldkoeffizienten.
- JPL Massenterme variieren deutlich stärker als die GFZ Massenterme.
Mögliche Ursache: GRACE Hintergrundmodelle basieren auf die GFZ Anregungsfunktionen.
- Die JPL Anregungsfunktionen mit den assimilierten Daten zeigen eine etwas höhere Konsistenz als die freien Modelle.
- Die Ergebnisse variieren auch in Abhängigkeit von dem gewählten priori stochastischen Modell.
Vernachlässigte Kovarianzen führen möglicherweise zu zu optimistischen Ergebnissen.

- SLR Schwerefeldkoeffizienten zeigen eine deutlich größerer Konsistenz im Vergleich zu GRACE Schwerefeldkoeffizienten.
- JPL Massenterme variieren deutlich stärker als die GFZ Massenterme.
Mögliche Ursache: GRACE Hintergrundmodelle basieren auf die GFZ Anregungsfunktionen.
- Die JPL Anregungsfunktionen mit den assimilierten Daten zeigen eine etwas höhere Konsistenz als die freien Modelle.
- Die Ergebnisse variieren auch in Abhängigkeit von dem gewählten priori stochastischen Modell.
Vernachlässigte Kovarianzen führen möglicherweise zu zu optimistischen Ergebnissen.

- SLR Schwerefeldkoeffizienten zeigen eine deutlich größerer Konsistenz im Vergleich zu GRACE Schwerefeldkoeffizienten.
- JPL Massenterme variieren deutlich stärker als die GFZ Massenterme.
Mögliche Ursache: GRACE Hintergrundmodelle basieren auf die GFZ Anregungsfunktionen.
- Die JPL Anregungsfunktionen mit den assimilierten Daten zeigen eine etwas höhere Konsistenz als die freien Modelle.
- Die Ergebnisse variieren auch in Abhängigkeit von dem gewählten priori stochastischen Modell.
Vernachlässigte Kovarianzen führen möglicherweise zu zu optimistischen Ergebnissen.

- SLR Schwerefeldkoeffizienten zeigen eine deutlich größerer Konsistenz im Vergleich zu GRACE Schwerefeldkoeffizienten.
- JPL Massenterme variieren deutlich stärker als die GFZ Massenterme.
Mögliche Ursache: GRACE Hintergrundmodelle basieren auf die GFZ Anregungsfunktionen.
- Die JPL Anregungsfunktionen mit den assimilierten Daten zeigen eine etwas höhere Konsistenz als die freien Modelle.
- Die Ergebnisse variieren auch in Abhängigkeit von dem gewählten priori stochastischen Modell.
Vernachlässigte Kovarianzen führen möglicherweise zu zu optimistischen Ergebnissen.

- Es wurde erfolgreich ein Algorithmus entwickelt, der EOP, geophysikalische Anregungsfunktionen und Schwerefeldkoeffizienten zweites Grades validiert.
- Offene Fragestellungen:
 - Die Ursache für die unterschiedliche Konsistenz der JPL und GFZ Anregungsfunktionen sind noch nicht abschließend geklärt werden.
 - Lösungsansatz: Validierung mit Hilfe von Schwerefeldkoeffizienten, die mit dem JPL Hintergrundmodelle bestimmt wurden. (Gibt es einen solchen Datensatz?)
 - Zutreffende stochastische Modelle?
 - Hydrologiemodell?
- Ausblick: Gemeinsame Auswertung aller Zeitreihen in einem Auswertemodell.

- Es wurde erfolgreich ein Algorithmus entwickelt, der EOP, geophysikalische Anregungsfunktionen und Schwerefeldkoeffizienten zweites Grades validiert.
- Offene Fragestellungen:
 - Die Ursache für die unterschiedliche Konsistenz der JPL und GFZ Anregungsfunktionen sind noch nicht abschließend geklärt werden.
Lösungsansatz: Validierung mit Hilfe von Schwerefeldkoeffizienten, die mit dem JPL Hintergrundmodelle bestimmt wurden. (Gibt es einen solchen Datensatz?)
 - Zutreffende stochastische Modelle?
 - Hydrologiemodell?
- Ausblick: Gemeinsame Auswertung aller Zeitreihen in einem Auswertemodell.

- Es wurde erfolgreich ein Algorithmus entwickelt, der EOP, geophysikalische Anregungsfunktionen und Schwerefeldkoeffizienten zweites Grades validiert.
- Offene Fragestellungen:
 - Die Ursache für die unterschiedliche Konsistenz der JPL und GFZ Anregungsfunktionen sind noch nicht abschließend geklärt werden.
Lösungsansatz: Validierung mit Hilfe von Schwerefeldkoeffizienten, die mit dem JPL Hintergrundmodelle bestimmt wurden. (Gibt es einen solchen Datensatz?)
 - Zutreffende stochastische Modelle?
 - Hydrologiemodell?
- Ausblick: Gemeinsame Auswertung aller Zeitreihen in einem Auswertemodell.

- Es wurde erfolgreich ein Algorithmus entwickelt, der EOP, geophysikalische Anregungsfunktionen und Schwerefeldkoeffizienten zweites Grades validiert.
- Offene Fragestellungen:
 - Die Ursache für die unterschiedliche Konsistenz der JPL und GFZ Anregungsfunktionen sind noch nicht abschließend geklärt werden.
Lösungsansatz: Validierung mit Hilfe von Schwerefeldkoeffizienten, die mit dem JPL Hintergrundmodelle bestimmt wurden. (Gibt es einen solchen Datensatz?)
 - Zutreffende stochastische Modelle?
 - Hydrologiemodell?
- Ausblick: Gemeinsame Auswertung aller Zeitreihen in einem Auswertemodell.

- Es wurde erfolgreich ein Algorithmus entwickelt, der EOP, geophysikalische Anregungsfunktionen und Schwerefeldkoeffizienten zweites Grades validiert.
- Offene Fragestellungen:
 - Die Ursache für die unterschiedliche Konsistenz der JPL und GFZ Anregungsfunktionen sind noch nicht abschließend geklärt werden.
Lösungsansatz: Validierung mit Hilfe von Schwerefeldkoeffizienten, die mit dem JPL Hintergrundmodelle bestimmt wurden. (Gibt es einen solchen Datensatz?)
 - Zutreffende stochastische Modelle?
 - Hydrologiemodell?
- Ausblick: Gemeinsame Auswertung aller Zeitreihen in einem Auswertemodell.

- Es wurde erfolgreich ein Algorithmus entwickelt, der EOP, geophysikalische Anregungsfunktionen und Schwerefeldkoeffizienten zweites Grades validiert.
- Offene Fragestellungen:
 - Die Ursache für die unterschiedliche Konsistenz der JPL und GFZ Anregungsfunktionen sind noch nicht abschließend geklärt werden.
Lösungsansatz: Validierung mit Hilfe von Schwerefeldkoeffizienten, die mit dem JPL Hintergrundmodelle bestimmt wurden. (Gibt es einen solchen Datensatz?)
 - Zutreffende stochastische Modelle?
 - Hydrologiemodell?
- Ausblick: Gemeinsame Auswertung aller Zeitreihen in einem Auswertemodell.