

1. Übungsprogramm: Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE/GRACE-FO)

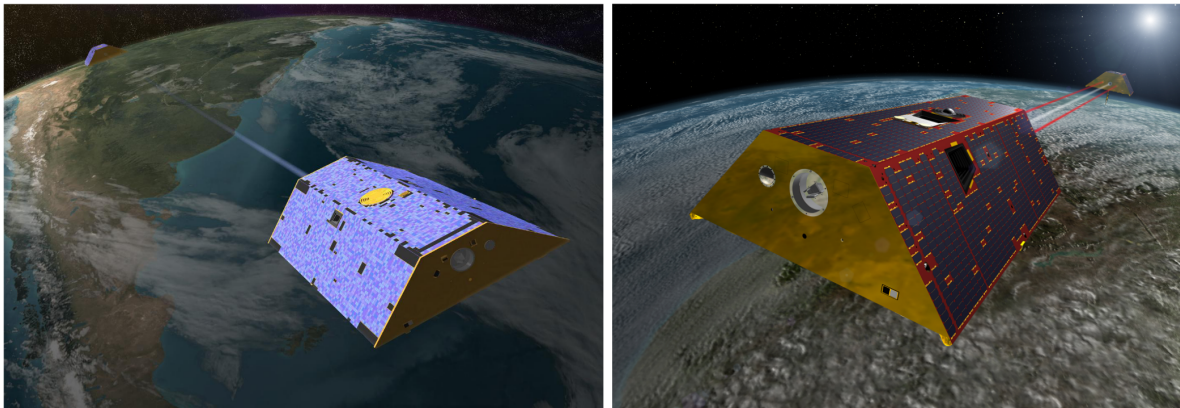


Abbildung 1: GRACE und GRACE-FO Satelliten

Mit der Satellitenmission GRACE und der Nachfolgemission GRACE-FO können kleinste Änderungen im Gravitationsfeld der Erde bestimmt werden. Daraus kann unter anderem für jeden Monat die Massenänderung an jedem Punkt der Erdoberfläche abgeleitet werden.

Die am Institut für Geodäsie berechneten Massenänderungen sind als $1^\circ \times 1^\circ$ Gitter in den Dateien `density_ITSG_operational_n60_gauss350km_20XX-XX.txt` für jeden Monat (mit Datenlücken) von April 2002 bis Juli 2026 gegeben. Jede Zeile enthält die geographische Länge [°], Breite [°], Höhe [m] und den Wert [kg/m²].

Die Gitterwerte können vom FTP-Server der TU Graz heruntergeladen werden:

https://ftp.tugraz.at/pub/ITSG/teaching/2026WS_Parameterschaetzung/lab1/

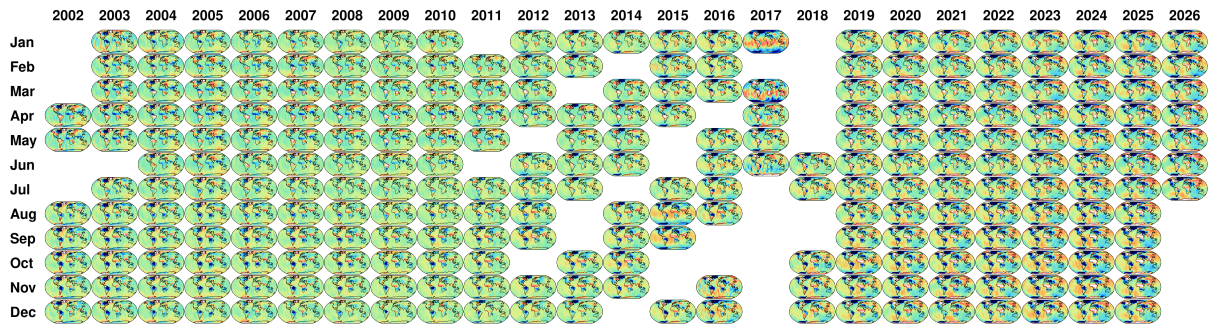


Abbildung 2: ITSG-Grace operational: Monatliche Massenänderungen

Mit Hilfe dieser Dateien kann man eine Karte der Massen für jeden Monat erstellen. Betrachtet man hingegen einen einzelnen Gitterpunkt i über alle Dateien erhält man eine Zeitreihe (258 Werte) der Änderungen. Für eine einfachere Berechnung sind die Zeitpunkte jedes Monatmittelpunkts als MJD (Modifiziertes Julianisches Datum) in der Datei `timeSeries.txt` gegeben. Das MJD entspricht der Anzahl der Tage seit dem 17.11.1858. Diese Zeitreihen der einzelnen Gitterpunkte i können durch ein einfaches Modell approximiert werden

$$f_i(t) = a_i + b_i(t - t_0) + c_i \cos\left(\frac{2\pi(t - t_0)}{365,25 \text{ d}}\right) + s_i \sin\left(\frac{2\pi(t - t_0)}{365,25 \text{ d}}\right), \quad (1)$$

dabei beschreibt a_i den Mittelwert und b_i den Trend. Die Koeffizienten c_i und s_i stellen eine jährliche Schwingung dar. Der Referenzzeitpunkt ist $t_0 = 55197 \text{ mjd}$ (01.01.2010).

- Stellen sie den Trend $\hat{b}_i$, den Kosinusanteil $\hat{c}_i$ und den Sinusanteil $\hat{s}_i$ jeweils als Karten dar. Geben Sie eine kurze Interpretation einiger Merkmale.
- Schätzen Sie die Varianz der Gewichtseinheit $\hat{\sigma}_i^2$ für jeden Gitterpunkt und stellen Sie diese als Standardabweichung $\hat{\sigma}$ ebenfalls als Karte dar. Was können Sie daraus über die GRACE Messgenauigkeit und die Qualität des verwendeten Modells schließen?
- Im Rahmen des Übungsprogrammes werden zwei Gebiete genauer beobachtet. Für die Bestimmung der Gebiete werden die zwei Masken `antarctica_west_mass_loss_mask.npy` und `ganges_brahmaputra_delta_mask.npy` zur Verfügung gestellt. Erstellen jeweils eine Abbildung der Zeitreihe für die zwei Gebiete. Diese Abbildung sollte für jeden Zeitpunkt den Mittelwert der Messwerte $l_i(t)$ im Gebiet, sowie die geschätzte Funktion $\hat{f}_i(t)$ enthalten. Die Funktion erhalten Sie indem Sie den Mittelwert aller geschätzten Parameter der Punkte im Gebiete bilden und in die Funktion (1) einsetzen. Stellen Sie diese Funktion mit einer zeitlichen Auflösung von einem Tag dar. Interpretieren Sie die erhaltenen Ergebnisse.

Abgabe

- **Quellcode** gesammelt in einer Archivdatei `parameter_pro1_(Nachname).{zip,tar.gz}`
- **Technischer Bericht** als `parameter_pro1_(Nachname).pdf`

1. Deckblatt:
 - Lehrveranstaltungsname, nummer und -jahr (oben, rechts),
 - “1. Übungsprogramm: Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE/GRACE-FO)” und
“Technischer Bericht” (Mitte),
 - Name und Matrikelnummer (rechts unten).
2. Zusammenfassung der **Aufgabenstellung** mit kurzer Problembeschreibung.
3. **Grundlagen:** Stellen Sie die benötigten Formeln mit Erläuterung der Symbole zusammen.
4. Beschreibung der **Durchführung** mit Angabe der notwendigen Rechenschritte.
5. Übersichtliche Angabe der **Ergebnisse** mit **Interpretation:**
 - “Wohlgeformte” Plots (Strichstärken, Farben, Beschriftung, Aussagekraft).
6. **Anhang: Dokumentation** der entwickelten Software:
 - Beschreibung der verwendeten Software und Plattform
 - Auflistung verwendeter externer Module mit Versionsnummern
 - Der eigentliche Quellcode ist nicht Teil des Berichts!
7. **Anhang: Literaturverzeichnis**
8. **Anhang: Selbständigkeitserklärung.** Datum und Unterschrift (Scan oder Platzhalter).

Abgabefrist im **TeachCenter** ist Dienstag, der **17. November 2026 um 12.00 Uhr s. t.**
Die Abgabegespräche finden am Mittwoch, **2. Dezember 2026** statt. Eine genauere Zeiteinteilung folgt.

Torsten Mayer-Gürr