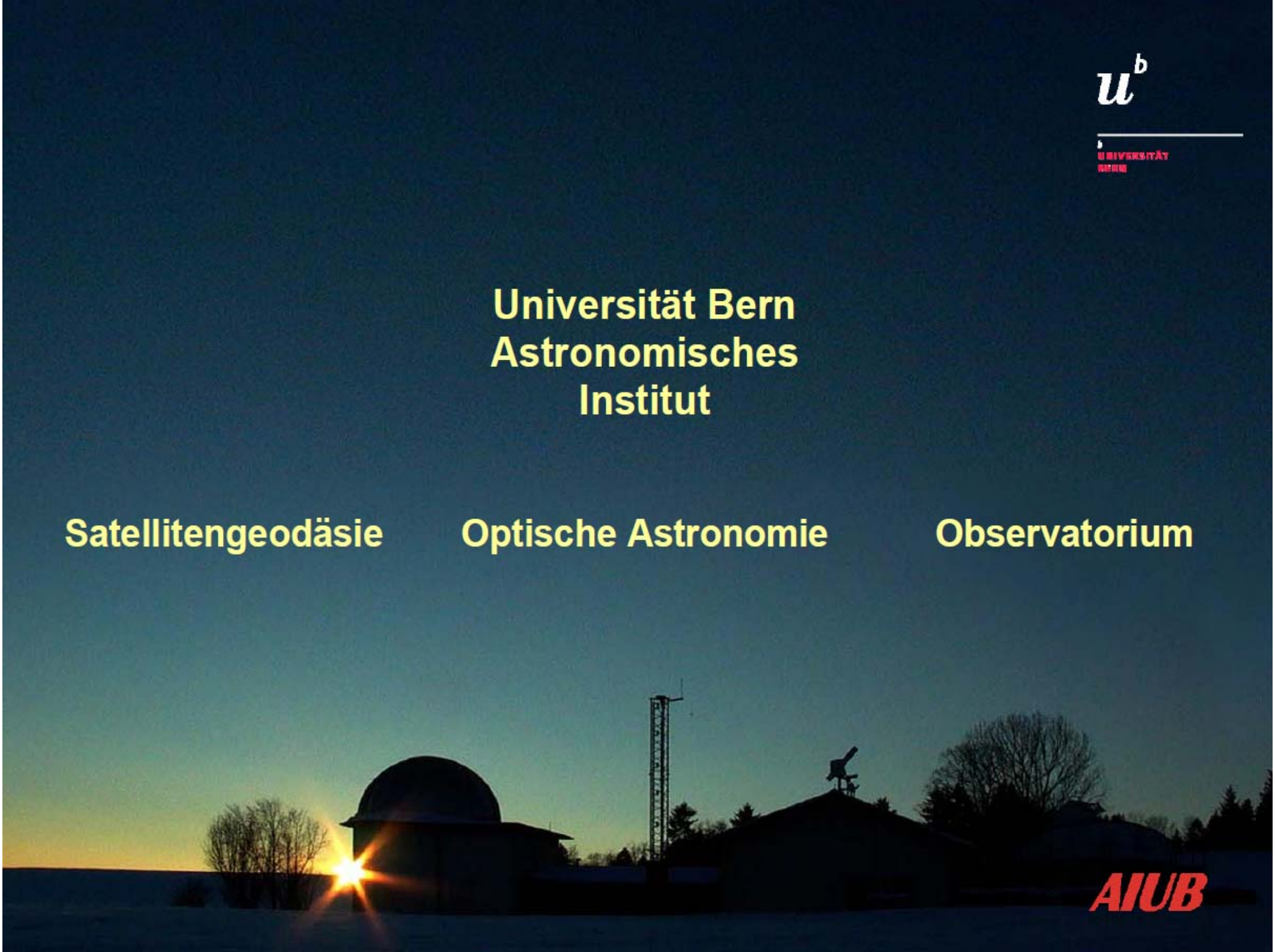
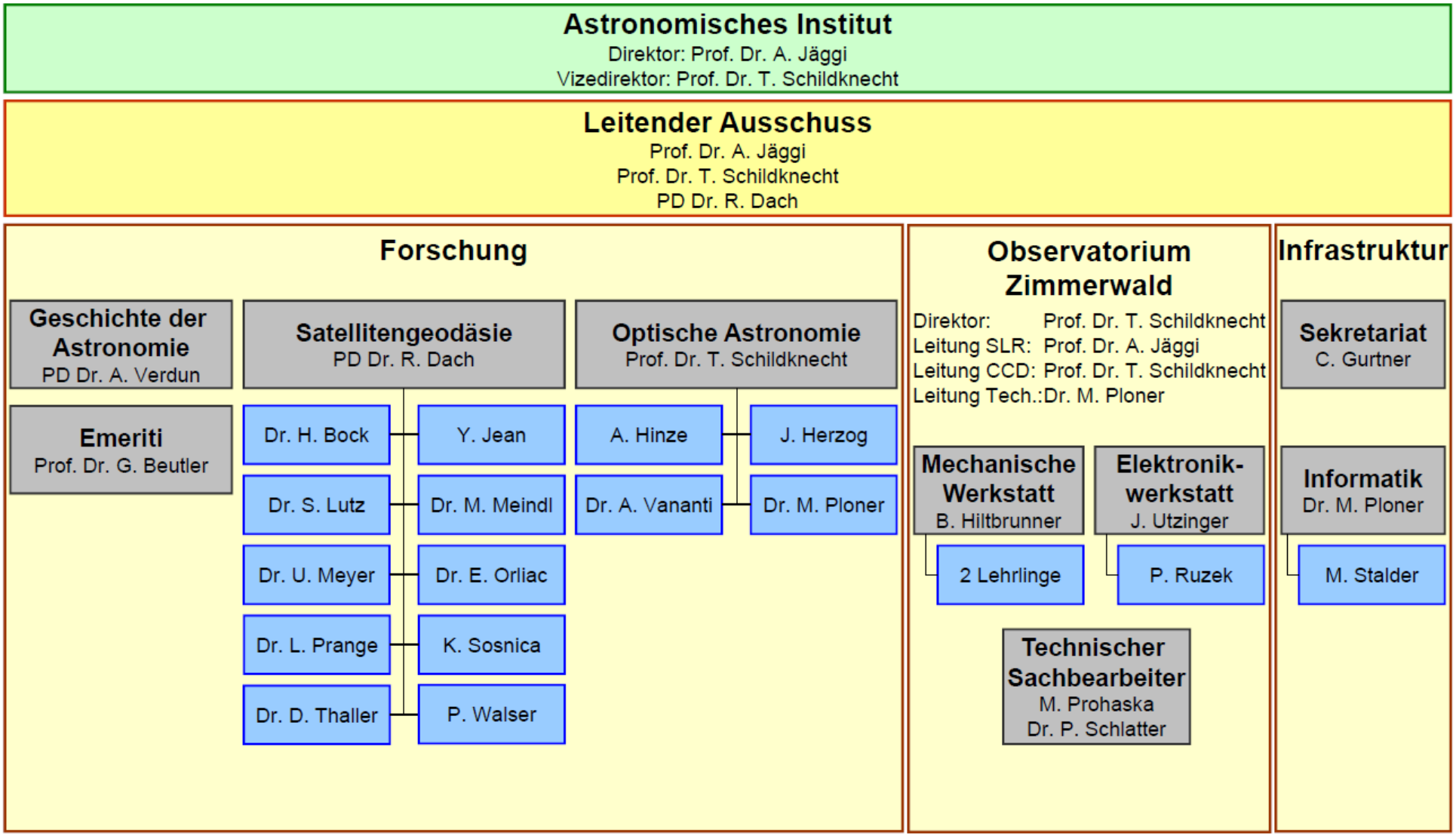

Universität Bern
Astronomisches
Institut
Satellitengeodäsie
Optische Astronomie
Observatorium
AIUB

Organigramm des AIUB



Forschung am AIUB

Das Astronomische Institut der Universität Bern steht in der Forschung für Fundamentalastronomie. Diese umfasst die ganze Problematik der Bezugssysteme

- am Himmel (Sternkataloge, Kataloge von Quasaren, etc.)
- auf der Erde (Realisierung globaler terrestrischer Bezugs-systeme unter Einschluss der zeitlichen Entwicklung, z.B. Plattentektonik)
- der Transformation zwischen beiden Systemen (Erdrotation, Nutation, Präzession)
- der Himmelsmechanik des Planetensystems und des erdnahen Raumes

Lehre am AIUB

Das AIUB ist an der Universität Bern für die Ausbildung in den klassisch astronomischen Themen verantwortlich. Das Gebiet der Astronomie und Astrophysik kann in den folgenden Varianten studiert werden

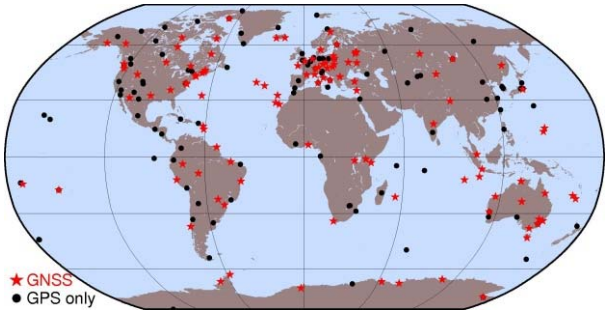
- Bachelorstudium Physik/Astronomie mit Schwerpunkt Astronomie bestehend aus 120 ECTS-Punkten Physik und 30 ECTS-Punkten Astronomie
- Masterstudium Physik/Astronomie mit Schwerpunkt Astronomie
- Physik/Astronomie Minor im Bachelorstudium mit Schwerpunkt Astronomie in Varianten mit 30 bzw. 15 ECTS-Punkte Astronomie
- Physik/Astronomie Minor im Masterstudium mit Schwerpunkt Astronomie mit 15 ECTS-Punkte Astronomie
- Astronomie als Minor im Master mit 30 ECTS-Punkten

Satellitengeodäsie

GNSS

Global
Navigation
Satellite
System

GPS
GLONASS
Galileo
Compass



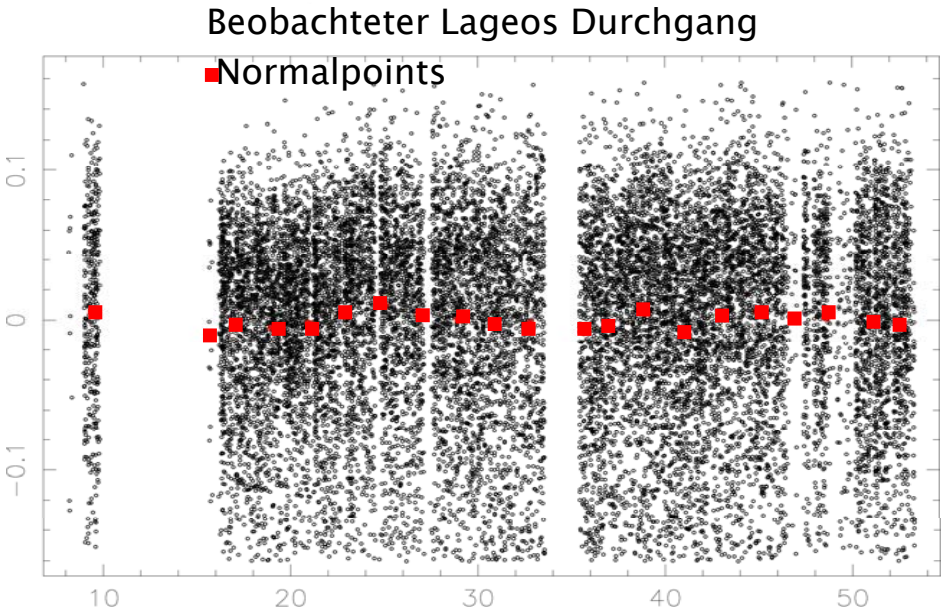
SLR

Satellite
Laser
Ranging

Observatorium Zimmerwald

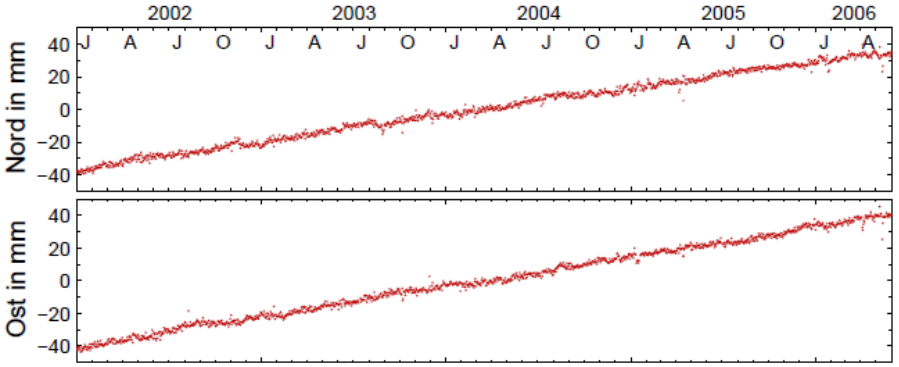
SLR Messungen

- Seit 2008: 100 Hz Nd:YAG System
- Pulslänge: 58 ps, Energie: 8 mJ
- Flexibilität für Laser Transponder
- Betrieb weitgehend automatisiert
- Hohe Produktivität



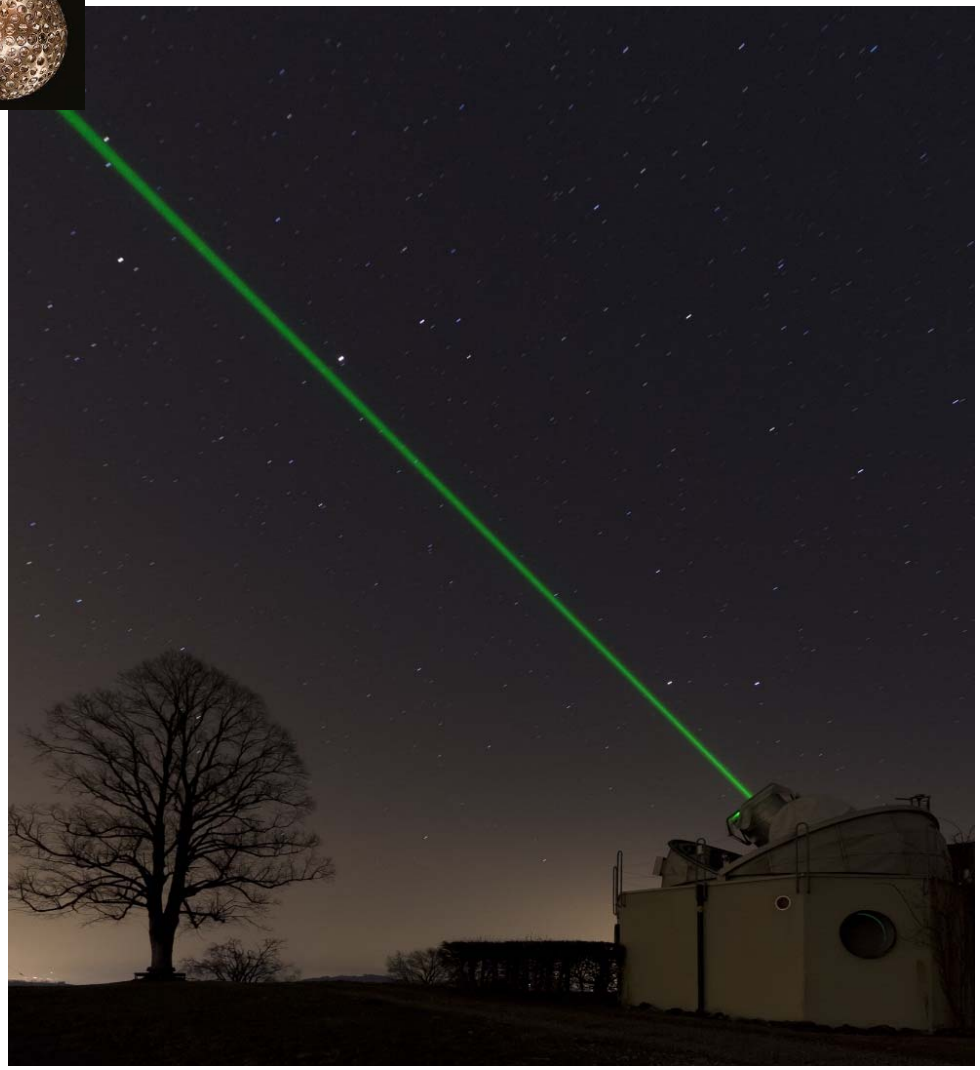
GNSS Messungen

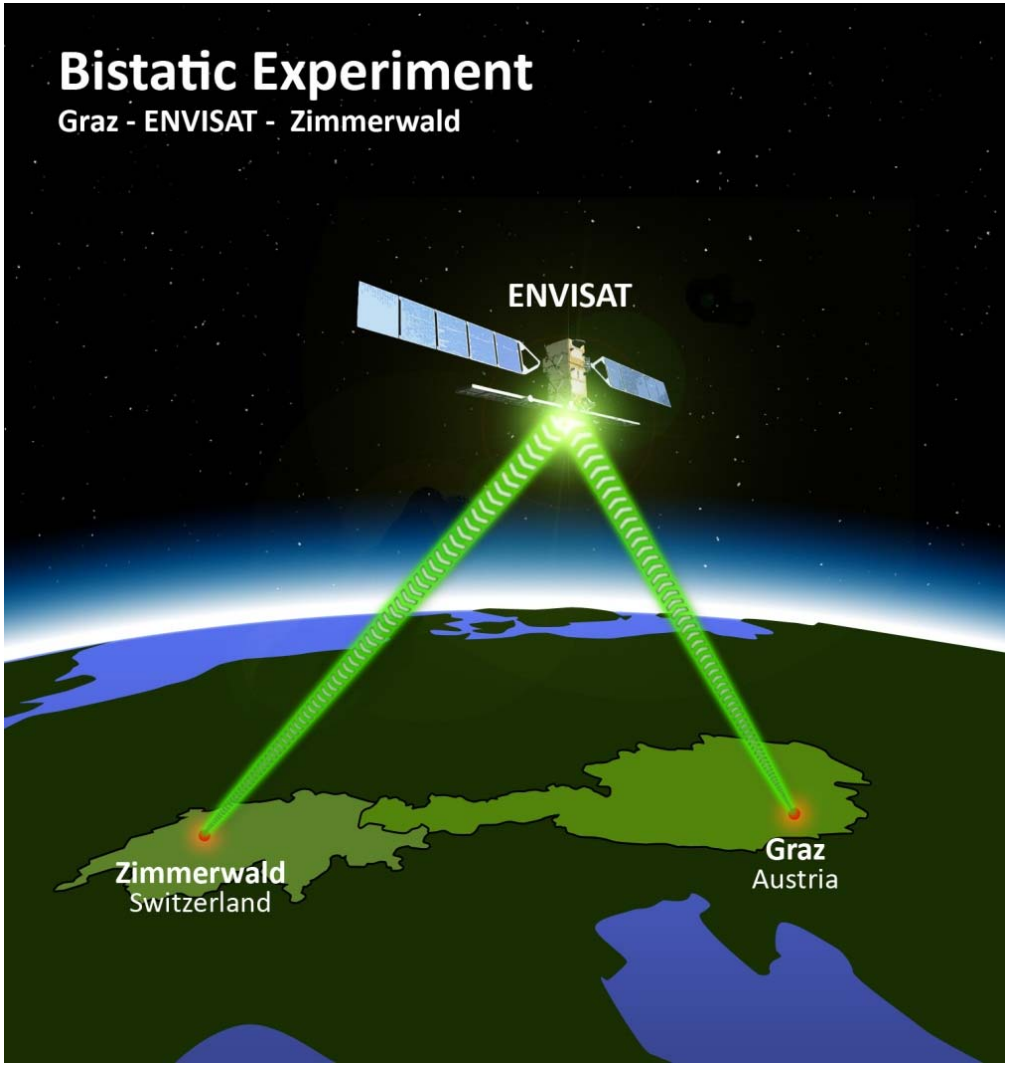
- GPS Empfänger (ZIMM) und GPS/GLO Empfänger (ZIM2)
- ZIMM Zeitreihe länger als 10 Jahre ohne Antennenwechsel
- GPS/GLO/Galileo Empfänger (ZIMJ)



Routinebetrieb

Experimente



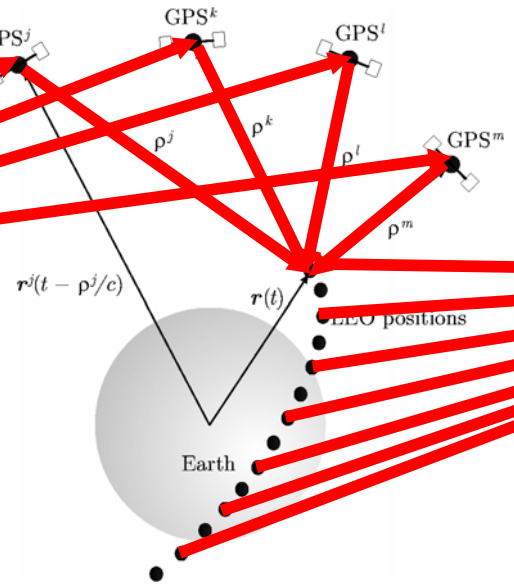


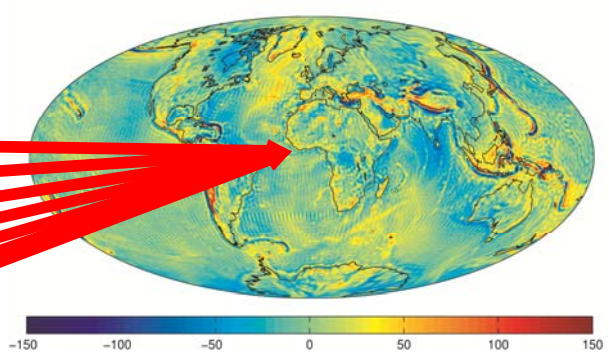
Der lange Weg zum wissenschaftlichen Produkt

Originale Messungen

Zwischenprodukte, zusätzliche Messungen

Finales Produkt





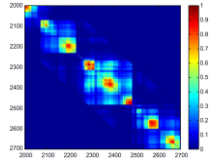
Nur vollständige Prozessierungsketten von der originalen Messung bis zum finalen Produkt erlauben grösstmögliche Einsicht und vielfältige Untersuchungen

Methoden der Parameterbestimmung

Linearisiertes Gauss-Markoff-Modell:

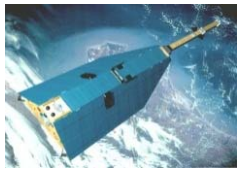
$$\Delta\mathbf{l} = \mathbf{A}\cdot\Delta\mathbf{x} - \mathbf{v} \qquad \text{mit} \qquad \mathbf{P} = {\sigma_o}^2\mathbf{C}^{-1}$$

Kovarianzmatrix:



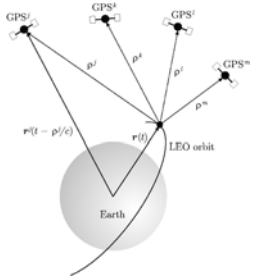
observed-minus-computed:

$$\Delta\mathbf{l} = \begin{pmatrix} l_1' - F_1(\mathbf{x}_0) \\ l_2' - F_2(\mathbf{x}_0) \\ \vdots \\ l_n' - F_3(\mathbf{x}_0) \end{pmatrix}$$



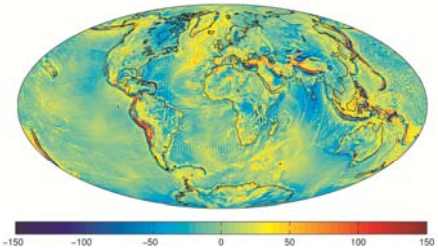
Math. Modell:

$$\ddot{\mathbf{r}}(t) = \mathbf{f}(t)$$



Unbekannte Parameter:

$$\Delta\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \Delta c_{00} \\ \vdots \\ \Delta c_{nm} \\ \Delta s_{nm} \end{pmatrix}$$



Normalgleichungssystem:

$$\mathbf{v}^T\mathbf{P}\mathbf{v} \rightarrow \min$$

$$\Delta\mathbf{x} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{P}\Delta\mathbf{l}$$

Methoden der Parameterbestimmung

Linearisiertes Gauss-Markoff-Modell:

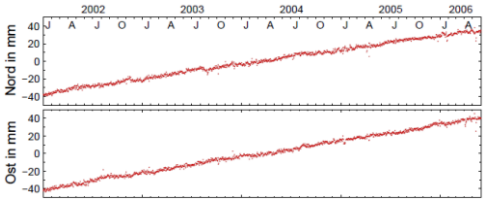
$$\Delta\mathbf{l} = \mathbf{A}\cdot\Delta\mathbf{x} - \mathbf{v} \qquad \text{mit} \qquad \mathbf{P} = {\sigma_o}^2\mathbf{C}^{-1}$$

observed-minus-computed:

$$\Delta\mathbf{l} = \begin{pmatrix} l_1' - F_1(\mathbf{x}_0) \\ l_2' - F_2(\mathbf{x}_0) \\ \vdots \\ l_n' - F_3(\mathbf{x}_0) \end{pmatrix}$$

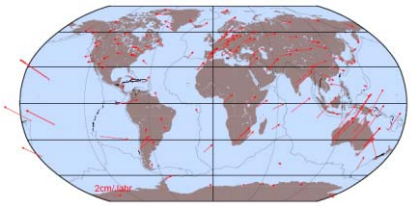
Math. Modell:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r_0} + (t - t_0)\mathbf{v_0}$$



Unbekannte Parameter:

$$\Delta\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \Delta v_{n,1} \\ \vdots \\ \Delta v_{n,n} \\ \Delta v_{e,n} \end{pmatrix}$$



Normalgleichungssystem:

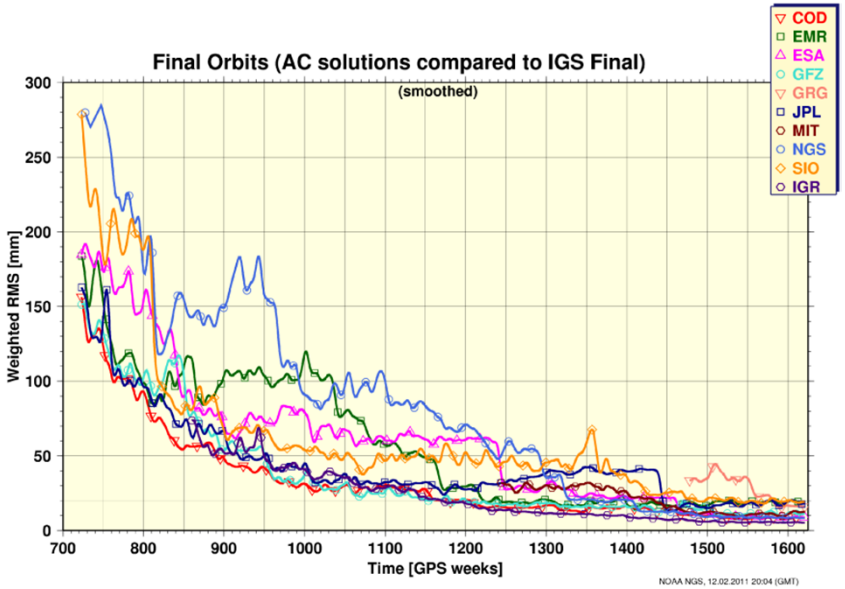
$$\mathbf{v}^T\mathbf{P}\mathbf{v} \rightarrow \min$$

$$\Delta\mathbf{x} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{P}\Delta\mathbf{l}$$

Beispiel: International GNSS Service (IGS)

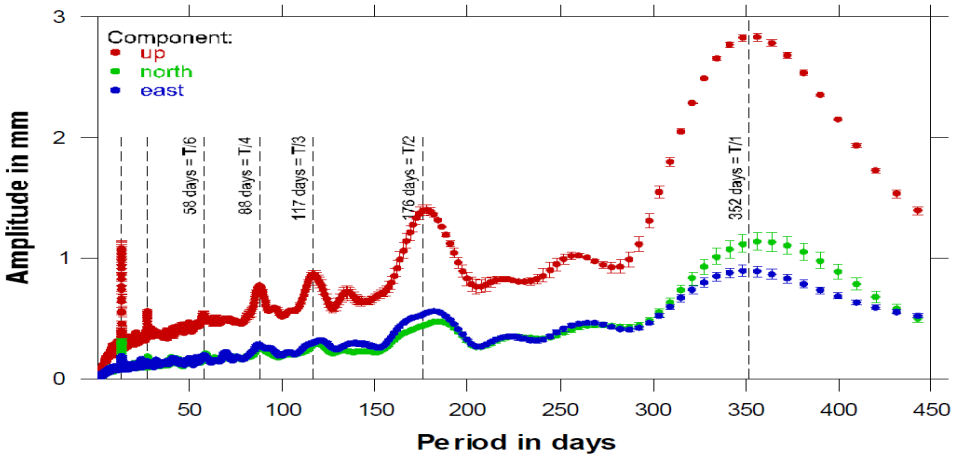
IGS Kombinationen

- Seit 1994 im Rahmen eines IAG Service
- Kombinierte GPS (GNSS) Lösungen aus den Lösungen der IGS Analysezentren
- Hohe Qualität und Zuverlässigkeit der IGS Produkte (Bahn Konsistenz ca. 1 cm)

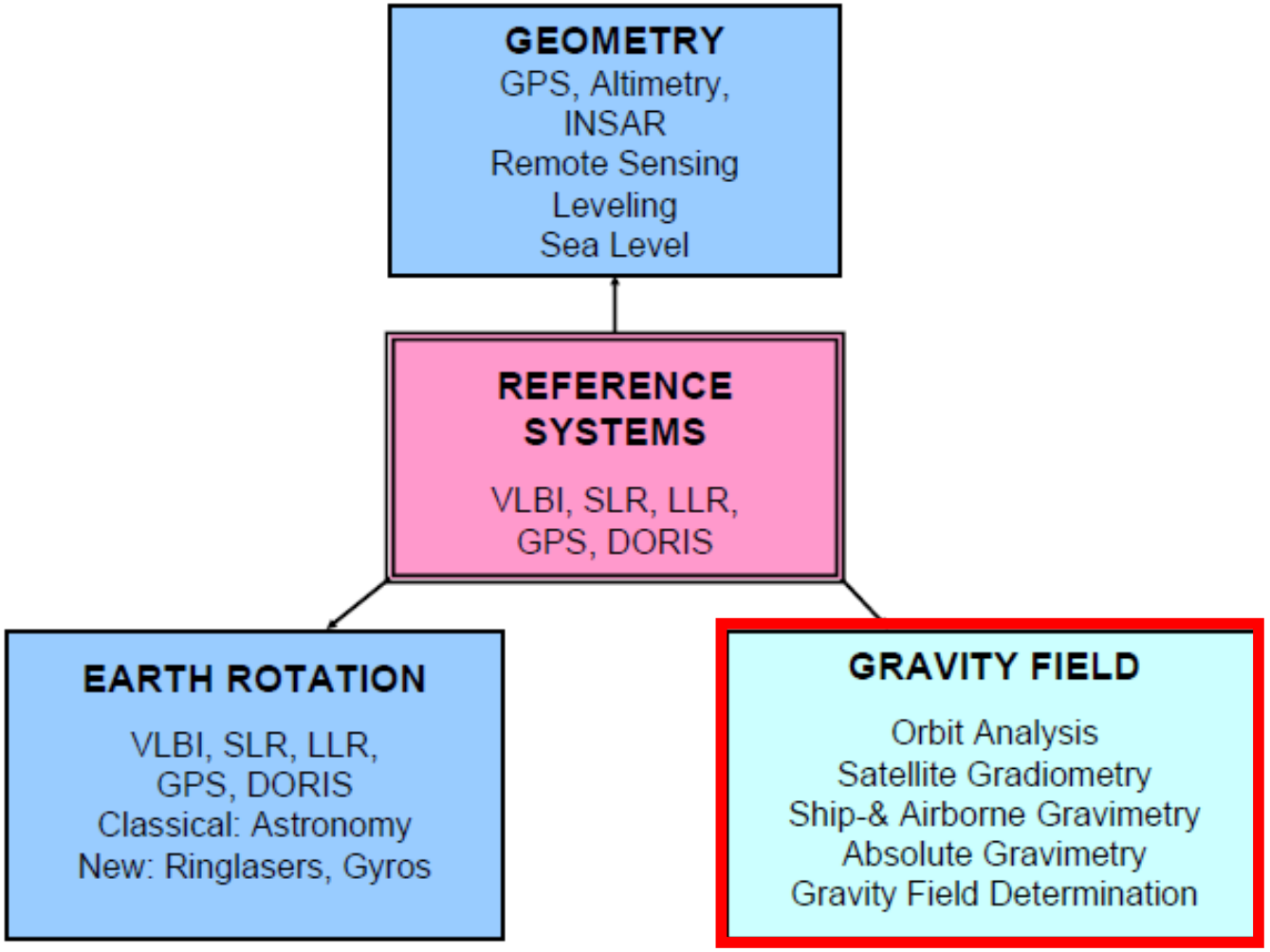


Trotzdem …

- Defizite in der GPS Bahnmodellierung (sichtbar durch SLR Validierung)
- Bahn-Signale in den Stationskoordinaten
- Kräftemodell …



Der Gesamtkontext



© GGOS

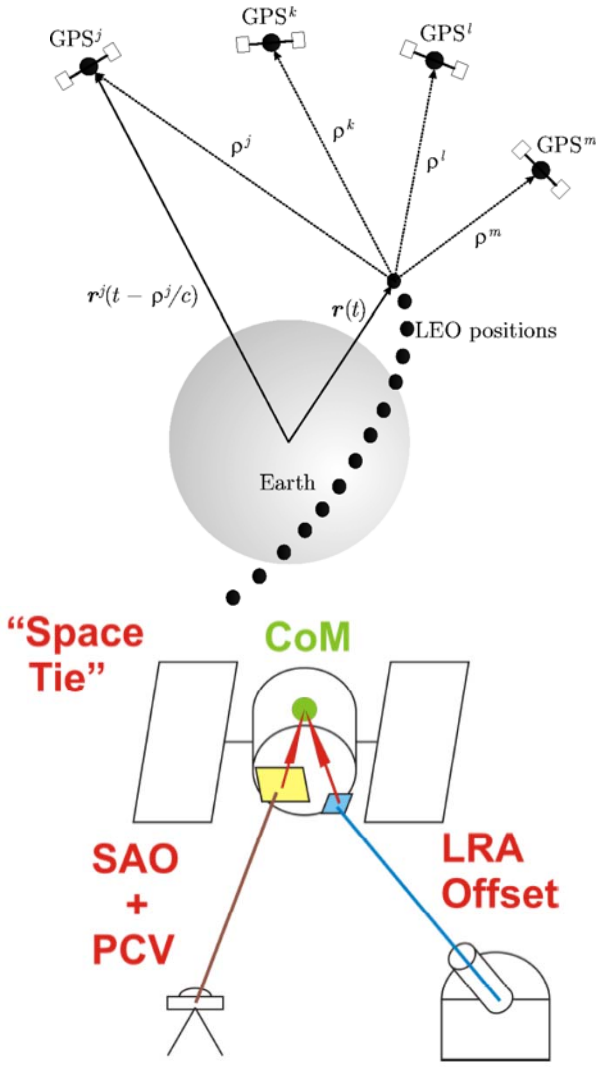
Anwendung: LEO POD und Schwerefeld

Kinematische LEO Positionen

- Link zur Gravitationsfeldbestimmung, Positionen sind unabhängig von der LEO Bahndynamik
- Positionen sind in die GNSS (GPS) Konstellation „eingehängt“

Daher …

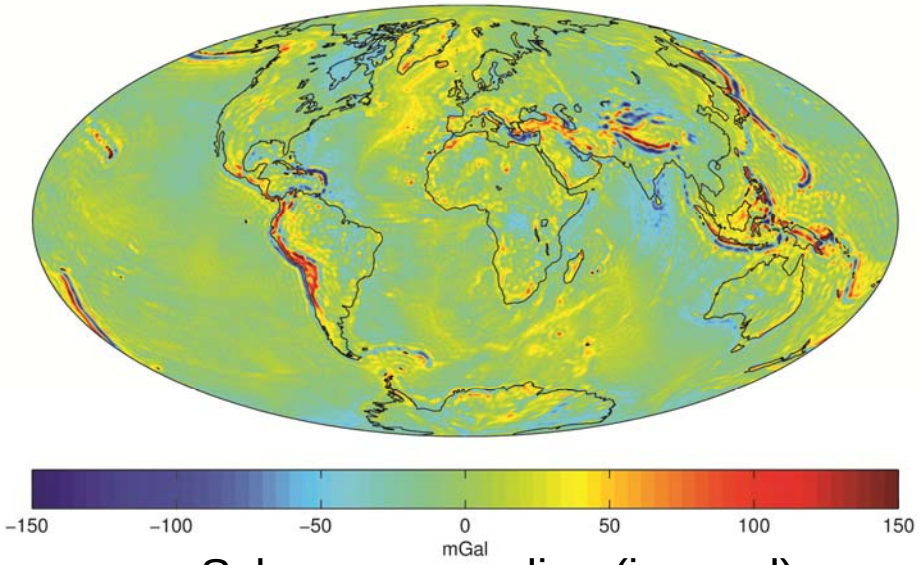
- Kombinierte GNSS & SLR Auswertung könnte sich positiv auf die Bestimmung der tiefen Grade des Schwerefeldes aus kinematischen LEO Positionen auswirken



Nur mit *vollständigen* Prozessierungsketten (und ein und derselben Software) können Untersuchungen dieser Art konsistent durchgeführt werden

Anwendung: Schwerefeldbestimmung

Die Missionen CHAMP, GRACE, GOCE haben unser Wissen über das Schwerefelds der Erde revolutioniert



Schwereanomalien (in mgal)

CHAMP

GRACE

GOCE

l_{max}	Anz. Koeff.	λ [km]
20	441	1000
100	10 201	200
200	40 401	100
250	63 001	80

λ … räumliche (halbe) Wellenlänge

Produkte hoher Qualität erfordern die Anwendung rigoroser mathematischer Methoden unter Berücksichtigung *aller* relevanten Unbekannten, genaue Modellierung aller Signale, Verständnis der auftretenden Systematiken, …

Das weitere Programm

- Aktuelle Projekte in Zimmerwald, Prof. T. Schildknecht
- Aktuelle Projekte im Rahmen von CODE, PD Dr. R. Dach
- Kombinierte GPS-GLONASS-Auswertung, Dr. M. Meindl
- SLR-Auswertung und kombinierte SLR-GNSS-Analysen, Dr. D. Thaller
- Präzise Bahnbestimmung von GOCE mittels GPS, Dr. H. Bock
- Globale Schwerefeldbestimmung mit GOCE, Dr. U. Meyer