

# ÖGK und die Entwicklung der Erdmessung

H. Sünkel  
TU Graz

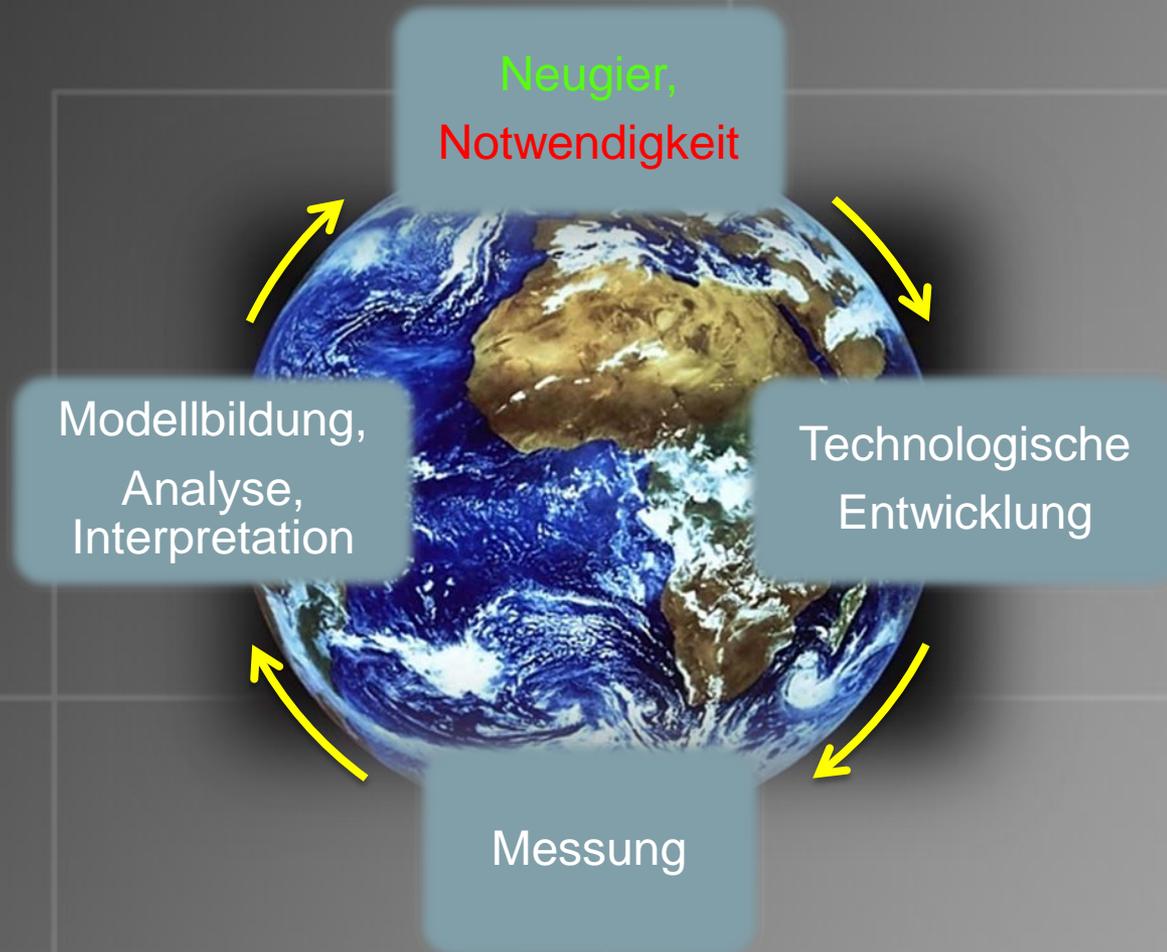
# Terra incognita

Form, Größe, ... ?

... und was die Welt im Innersten zusammenhält ...

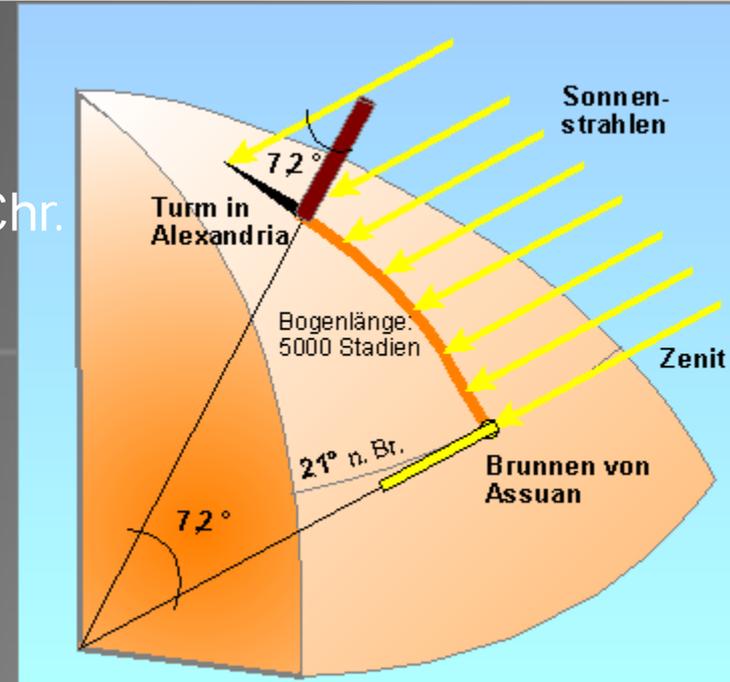
© 2005 Thomas Zeug  
SoeinSchmarn.de

# Forschung, Entwicklung, Anwendung



## Geschichte:

- Babylonier, Ägypter, Griechen:  
Kugelform der Erde: Pythagoras, 6. Jhdt. v. Chr.
- Eratosthenes:  
geb. in Kyrene (heute: Lybien),  
~ 275 – 194 v. Chr.  
Studium in Athen; König Ptolemaios III von  
Ägypten holt ihn um ~245 nach Alexandria;  
Lehrer des Königssohnes  
Mathematiker, Astronom, ...  
50 Jahre Direktor der Bibliothek von Alexandria  
Briefkontakte mit Archimedes et al.



„Über die Vermessung der Erde“:

Schiefe der Ekliptik, Größe und Erdentfernung von Sonne und Mond,  
Kalenderreform (Schalttag alle 4 Jahre!);

Erdumfang +/- 10% (252.000 Stadien)

Jean Francois Fernel (Franzose, 1497 – 1558): 100 km langer Meridianbogen von Paris nach Amiens: Erdradius 6370 km  
Genauigkeit: +/- 0,1% (Zufallstreffer?)

Ab 17. Jhdt.: Kugel → Ellipsoid

Abplattung an den Polen oder am Äquator?

J. Cassini, „*Grandeur et Figure de la Terre*“ (1720):  
Abplattung am Äquator ! (Von Physikern heftig kritisiert)

→ Expeditionen der franz. Akademie der Wissenschaften

- Lappland: 1736 – 1737

- 4 Mitglieder der Akademie: de Maupertuis (Leiter), Clairaut, Le Monnier, Camus; Celsius

- Peru: 1735 – 1744

- 3 Mitglieder der Akademie: Godin, Bouguer, La Condamine

Streit zwischen Physikern und Geodäten endet eindeutig zu Gunsten der Physiker:

Erde ist an den Polen abgeplattet !

→ Voltaire: „*Vous avez aplati, les pôles et les Cassini*“

Ergebnisse der beiden Expeditionen und des französischen Meridianbogens (1740):

Land	Beobachter	Geogr. Breite	Meridianbogen (km)	Krümmungsradius (km)
Ecuador/Peru	Bouguer	01°31' S	110,577	6.335,5
Frankreich	Jean Picard	49°13' N	111,212	6.371,9
Lappland	Maupertuis	66°20' N	111,949	6.414,0

## Weitere zwei Jahrhunderte Meridianbogenmessung:

Zeitraum	Ort	Länge	Leitung	Kommentar
1751 – 1753	Rimini - Rom	2°	Boscovic, Lemaine	1. Ausgleichung
1761 – 1765	Brünn – Wien - Varasdin	3°	Liesganig	
1792 – 1798	Dünkirchen – Paris - Barcelona	9°	Delambre, Méchain	
1821 – 1823	Göttingen - Altona	2°	Gauß	Hannover
1783 – 1858	Shetland – Isle of Wight	9°		engl. Triangulation
1800 – 1842	Himalaya – Kap Komorin	23°	Everest	Indien
1821 – 1852	Hammerfest - Donaumündung	25°	Struve, Tenner	
~ 1900	Meridiane	20°		östl. USA
1899 - 1906	Kolumbien – Ecuador - Peru	6°		Peru-Meridian
1906	Shetland - Algier	27°		Pariser Meridian
1922	Großhain – Kremsmünster - Pola	7°	Hopfer	Berliner Meridian
1922	Eismeer - Mexiko	50°		später verlängert
~ 1925	Tanganjika - Kapland	25°	Schuhmann	Äquatorachse +/- 100 m !
~ 1940	Kairo – Tanganjika - Kapstadt	65°	Gill	Afrika-Meridian
~ 1940	Kurilen - Südjapan	20°		Japan

## Verbindung von Geometrie und Physik:

Synthese von Clairaut:

$$f + f^* = \frac{5}{2} \frac{\omega^2 a}{\gamma_a}$$

P.S. Laplace: „*Die Bedeutung dieses Ergebnisses und seine Eleganz verdient einen Platz unter den schönsten mathematischen Werken.*“

## Das metrische System:

1791 Gründung einer Kommission für Maß und Gewicht in Paris

## C.F. Gauss (1777 – 1855):

- Konsistente Verarbeitung überschüssiger Beobachtungen: Methode der kleinsten Quadrate
- Geometrie gekrümmter Flächen: Flächentheorie, Berechnungen auf gekrümmten Flächen
- Abbildung von gekrümmten Flächen (mit nicht verschwindender Gauss'scher Krümmung): Abbildungstheorie, konforme Abbildung



**1862:** Gründung der Mitteleuropäischen Gradmessungs-Kommission  
Initiative: Deutschland und Österreich  
Leiter: Johann Jacob Baeyer



Wien, 2013-11-07



150 Jahre ÖGK



H. Sünkel

- 1863: Beitritt Österreichs zur Mitteleuropäischen Gradmessung (Genehmigung durch Kaiser Franz Joseph I.) und somit Geburtsstunde der Österreichischen Kommission für die Mitteleuropäische Gradmessung (nach Preußen und Sachsen ist Österreich 3. Beitrittsstaat)
- 1867: Erweiterung zur Europäischen Gradmessung
- 1875: Int. Meterkonvention, Paris; Einführung des metrischen Systems in Österreich
- 1886: Europäische Gradmessung wird zur Internationalen Erdmessung (IAG); Leiter des Zentralbüros: F.R. Helmert
- 1887: Umbenennung der Gradmessungskommission in Österr. Kommission für die Int. Erdmessung (ÖKIE)

1922: Gründung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (**IUGG**)

## 8 Int. Assoziationen der IUGG:

Cryospheric Sciences (IACS)

Geodesy (IAG)

Geomagnetism and Aeronomy (IAGA)

Hydrological Sciences (IAHS)

Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS)

Physical Sciences of the Ocean (IAPSO)

Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)

Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI)

1948: Aufnahme Österreichs in die IUGG

1996: Umbenennung der ÖKIE in  
Österreichische Geodätische Kommission (**ÖGK**)

## Joseph Herr

Prof. für Höhere Geodäsie, TH Wien  
Rektor der TH Wien  
Gradmessungskommissär (1863 – 1881),  
Präsident der Gradmessungskomm. (1881 - 1884)

## Eduard Dolezal

Prof. für Geodäsie, TH Wien  
Rektor der TH Wien  
Präsident der ÖKIE (1917 - 1937)

## Friedrich Hopfner

Prof. für Höhere Geodäsie und  
Sphär. Astronomie  
Rektor der TH Wien  
Präsident der ÖKIE (1946 - 1949)

## Karl Ledersteger

Prof. für Höhere Geodäsie, TH Wien  
Präsident der ÖKIE (1960 - 1972)

## Friedrich Hauer

Prof. für Höhere Geodäsie, TH Wien  
Präsident der ÖKIE (1972 – 1980)

## Karl Rinner

Direktor des DGFI in München  
Prof. für Landesvermessung und  
Photogrammetrie, TH Graz  
Rektor der TH Graz  
Präsident der ÖKIE (1980 - 1987)

## Helmut Moritz

Prof. für Theoretische Geodäsie, TU Graz  
Präsident der IAG  
Präsident der IUGG  
Präsident der ÖKIE (1987 - 1995)

## Hans Sünkel

Prof. für Theoretische Geodäsie, TU Graz  
Direktor des IWF, ÖAW  
Rektor der TU Graz  
Präsident der ÖGK (1996 - 2000)

## Fritz K. Brunner

Prof. für Ingenieurgeodäsie und  
Messsysteme  
Präsident der ÖGK (2000 - 2008)

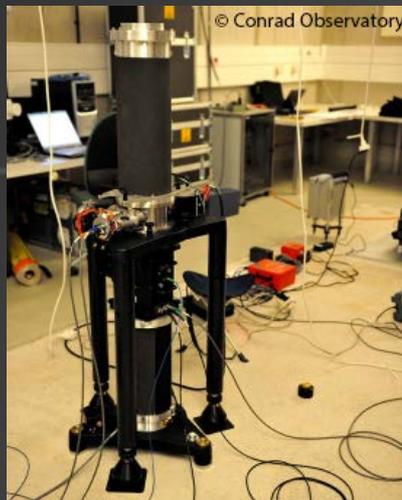
## Harald Schuh

Prof. für Höhere Geodäsie, TU Wien  
Prof. für Satellitengeodäsie, TU Berlin  
Direktor am GFZ  
Vizepräsident der IAG  
Präsident der ÖGK (2008 -2013)

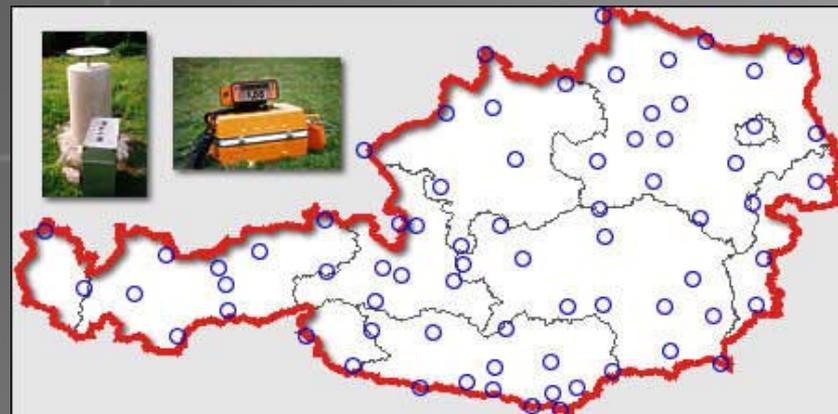
## Norbert Pfeifer

Prof. für Photogrammetrie, TU Wien  
Präsident der ÖGK (2013 - 2016)

## Absolutgravimetrie

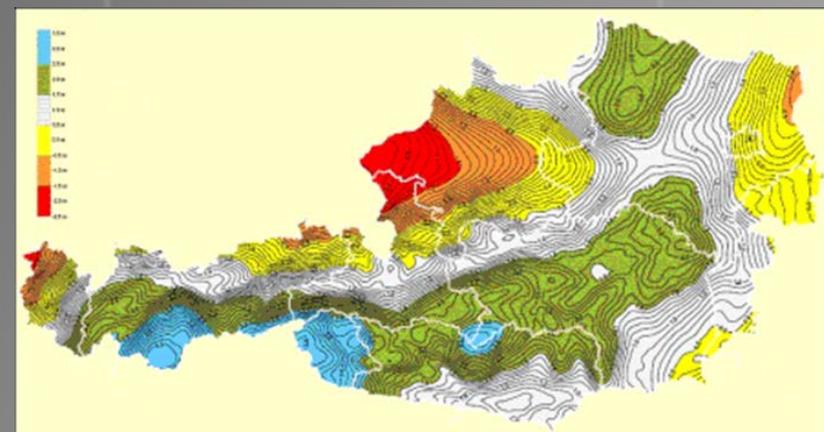
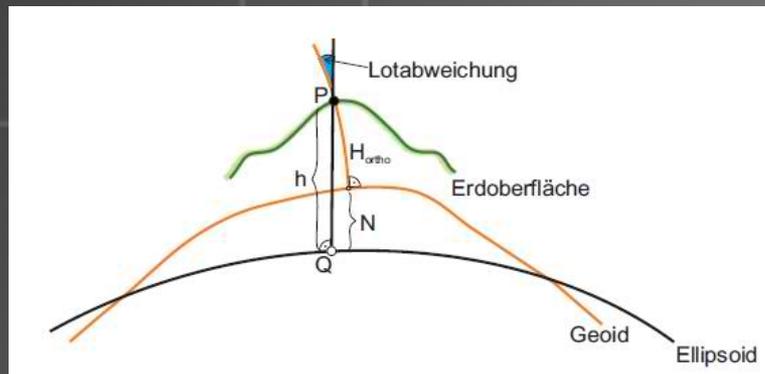


## ETRS89



## Geoid von Österreich

## Lotabweichungen



Quelle: BEV

## IUGG Generalversammlung, Wien 1991

Tour de force → viribus unitis

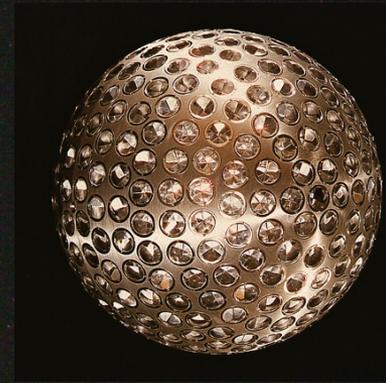
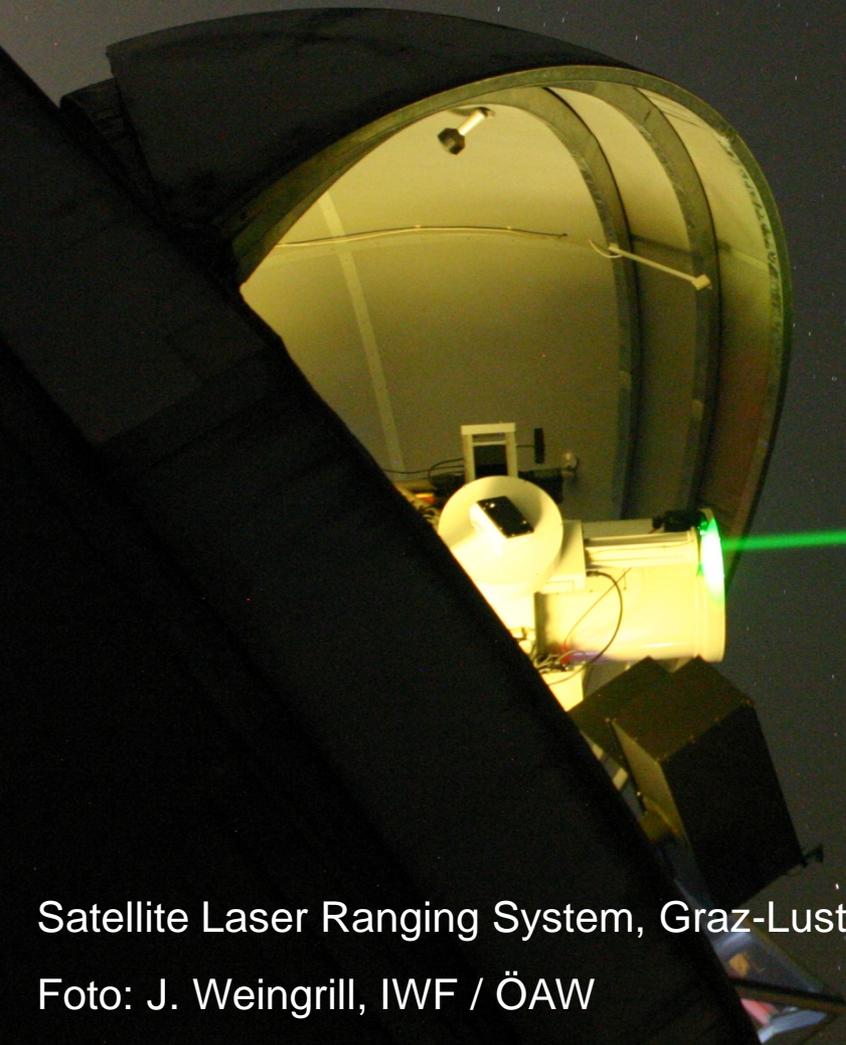
5.000 Teilnehmer aus 100 Nationen

## Auszeichnungen / Preise

Hopfner-Medaille (seit 1978)

Karl-Rinner-Preis (seit 2004)

## Ubi sunt pecuniae?



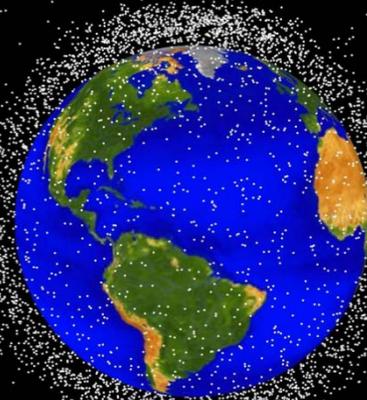
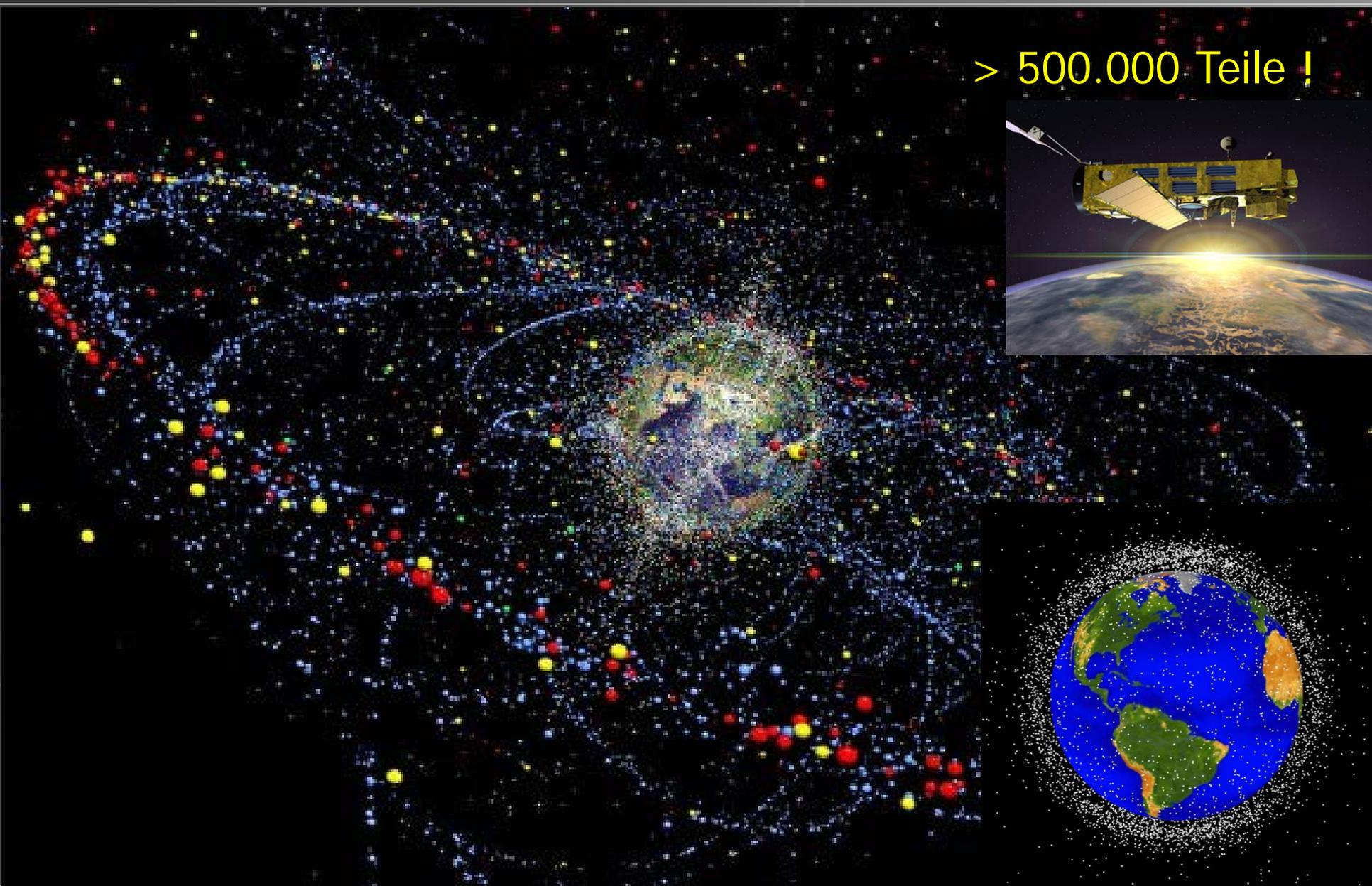
## Satellite Laser Ranging

- Genauigkeit (2mm)
- Datenrate (2 kHz)
- Langzeit-Stabilität
- Möglichkeit der Detektion der Satellitenrotation
- Vermessung der Bahnen von Weltraumschrott
- Satelliten-Quantenkryptographie

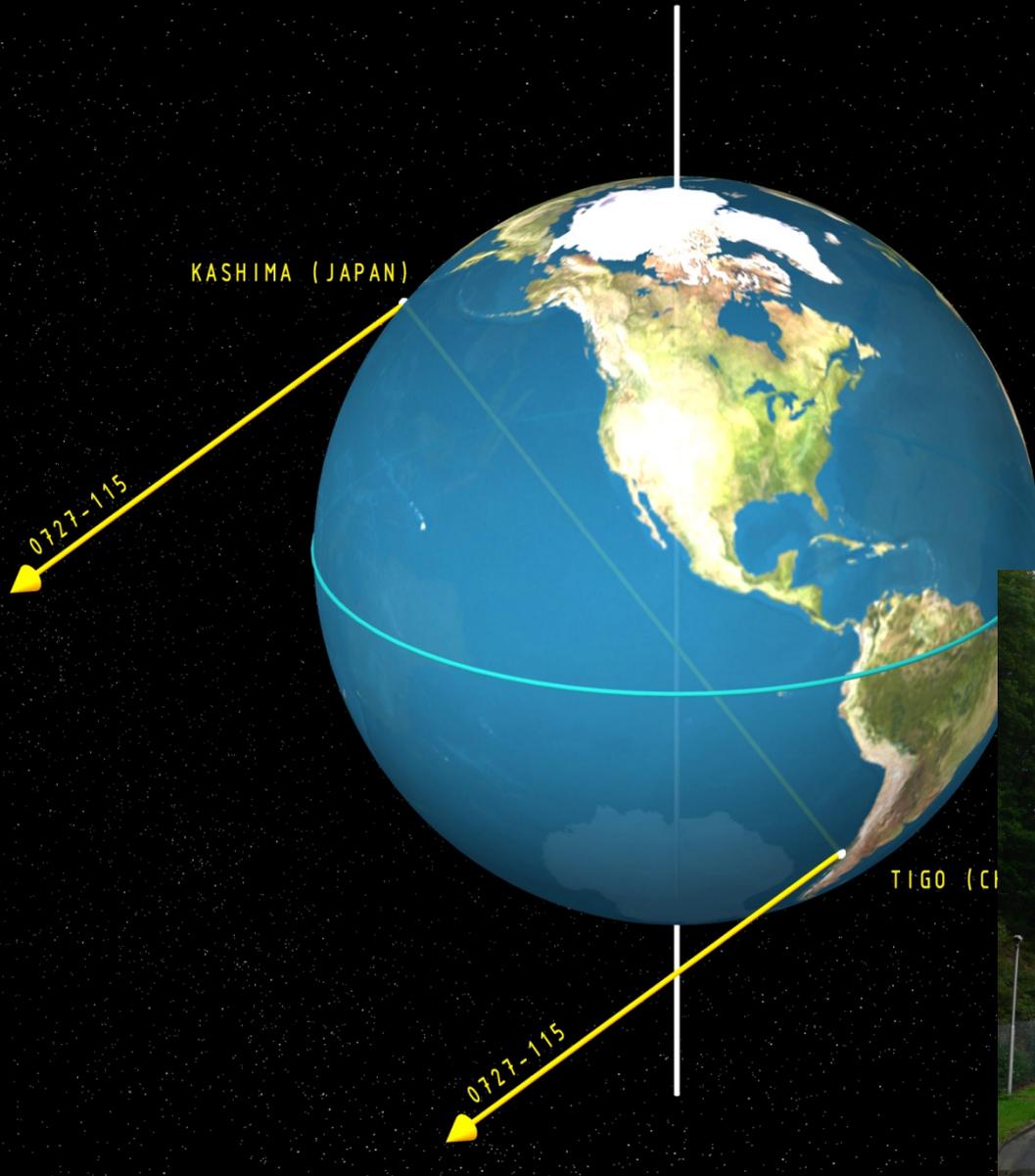
Satellite Laser Ranging System, Graz-Lustbühel

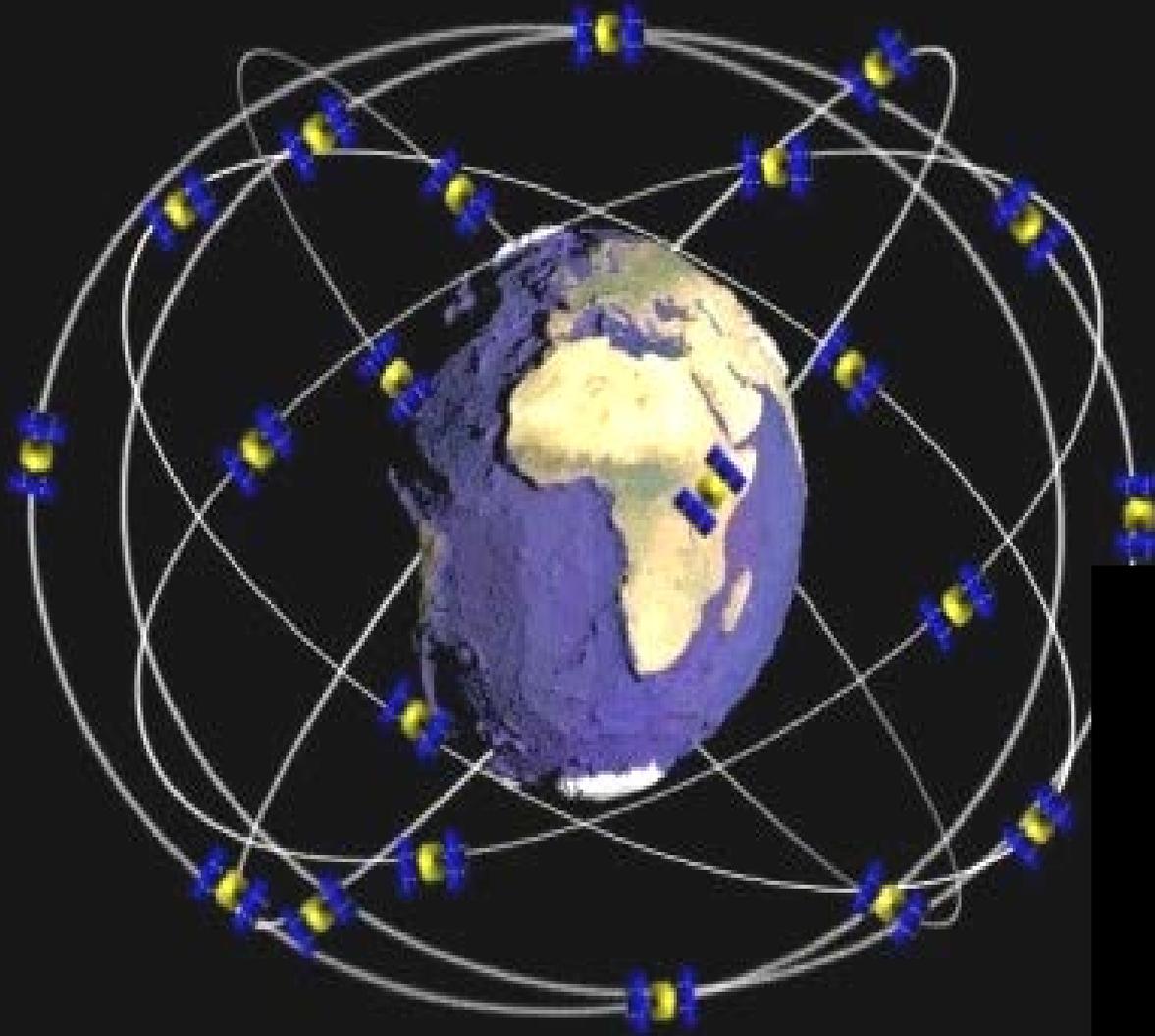
Foto: J. Weingrill, IWF / ÖAW

> 500.000 Teile !

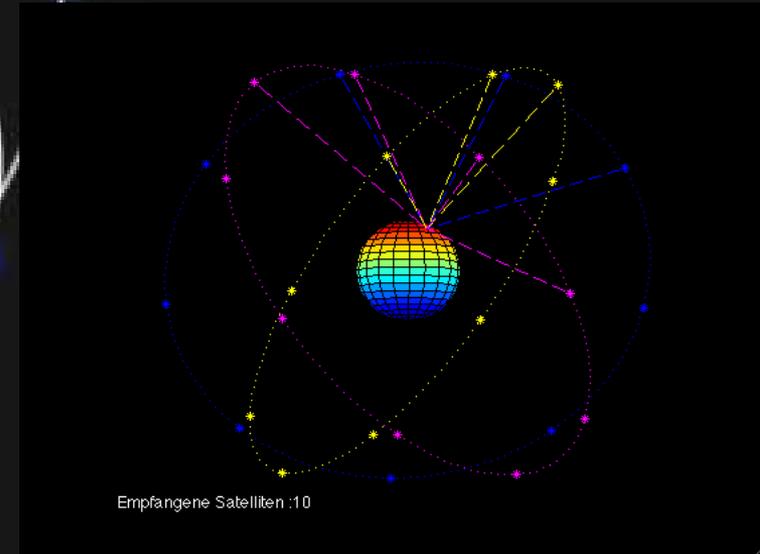


## VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

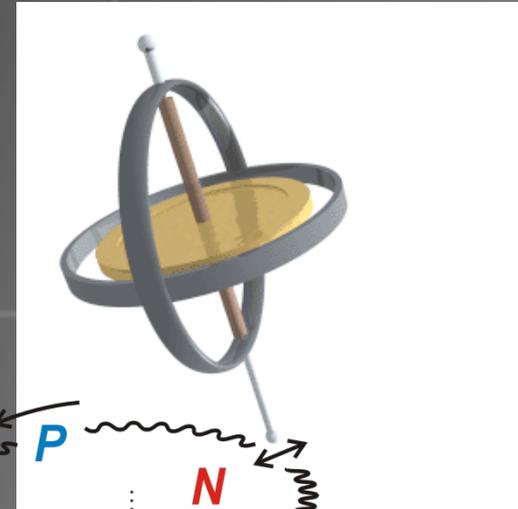




GPS  
GLONASS  
GALILEO



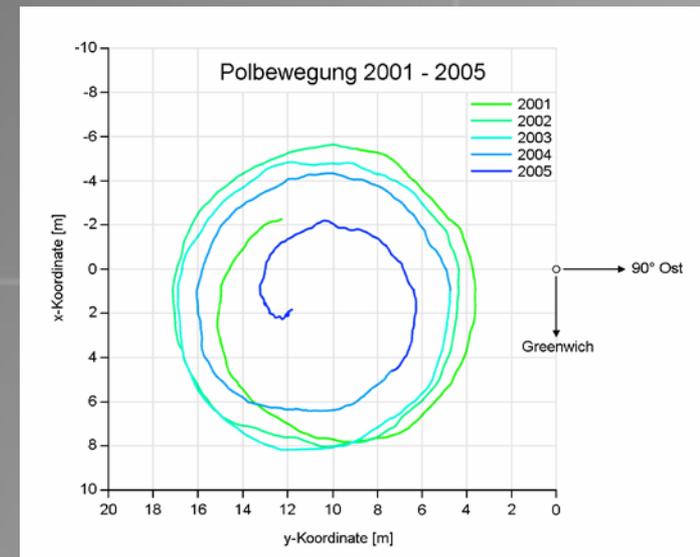
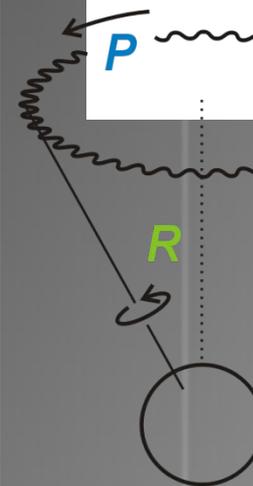
# The swinging planet

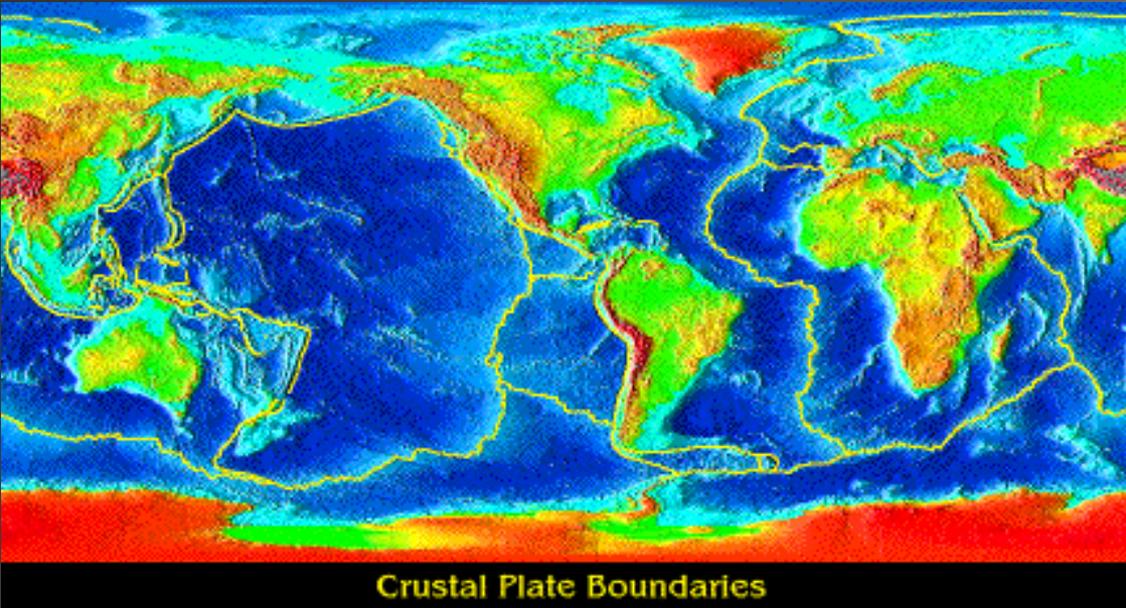


Präzession:  
25.800 Jahre

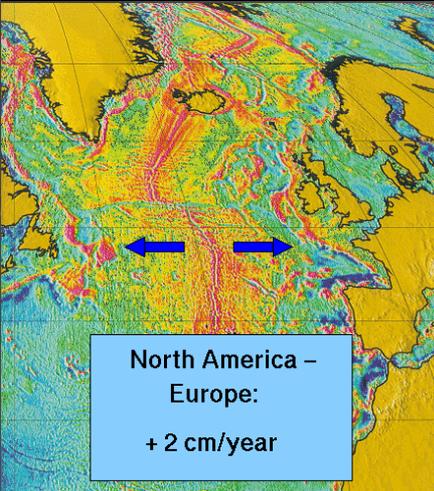
Nutation:  
18,6 Jahre

Polbewegung:  
435 Tage



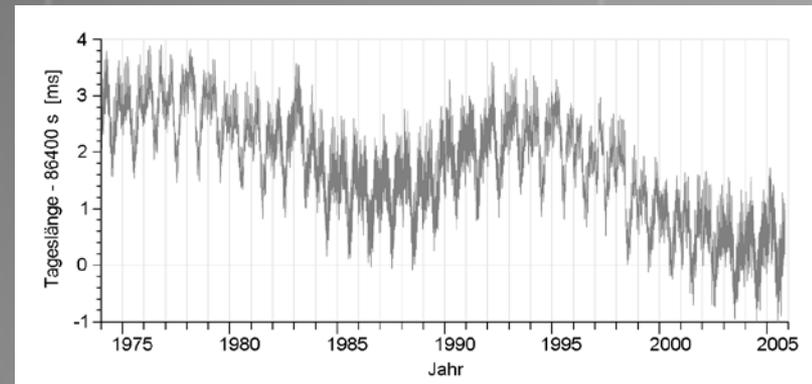


Crustal Plate Boundaries



## Plattentektonik

## Rotations- schwankungen



## World Geodetic System 1984:

### 2 geometrische Parameter:

$$a = 6\,378\,137 \text{ m}$$

große Halbachse des Bezugsellipsoids

$$f = 1/298.257\,223\,563$$

Abplattung des Bezugsellipsoids

### 2 physikalische Parameter:

$$GM = 3\,986\,004.418\,10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$$

geozentrische Gravitationskonstante

$$\omega = 7\,292\,115\,10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$$

Winkelgeschwindigkeit der Erde

## System und Realisierung:

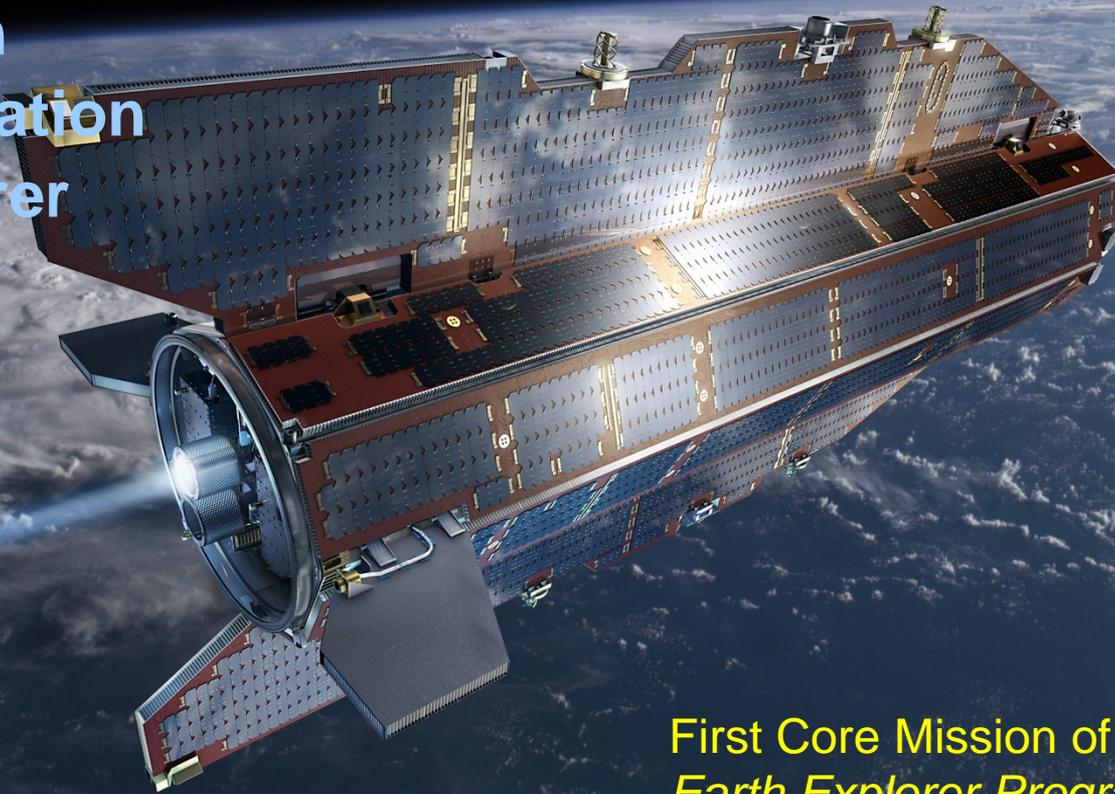
WGS84:

Conventional Terrestrial Reference System (CTRS)

ITRFxx:

International Terrestrial Reference Frame (Realisierung)

## Gravity Field and Steady-state Ocean Circulation Explorer



First Core Mission of ESA's  
*Earth Explorer Programme*

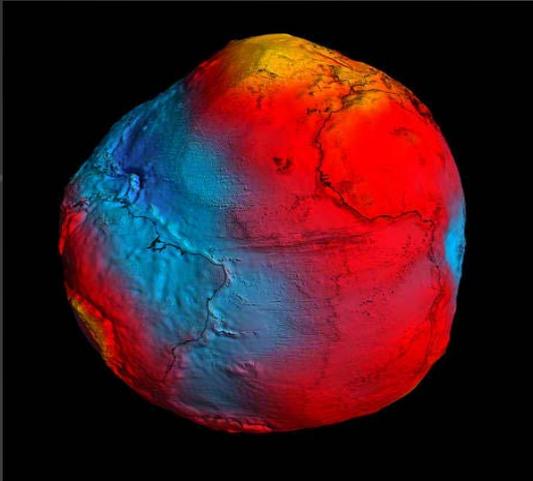
Start: 17. März 2009

GOCE-Mission; @ ESA

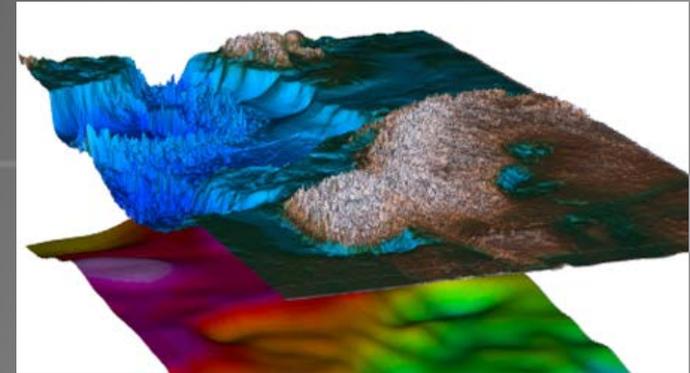
Freier Fall um die Erde: > 27.000 mal



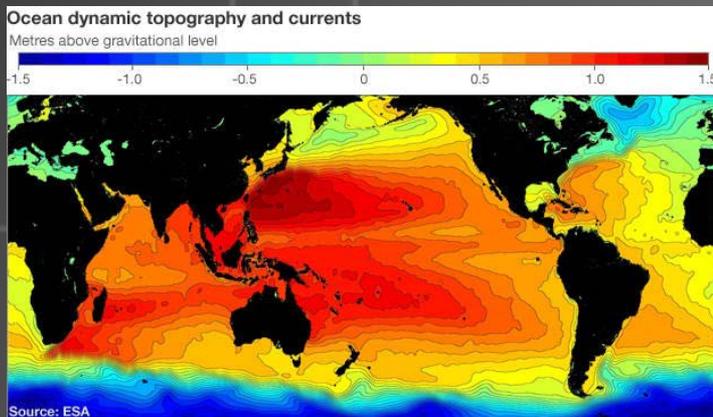
## Geodäsie / Geoid



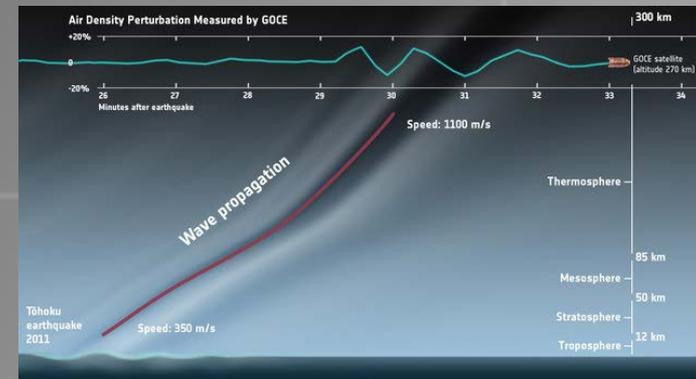
## Geodynamik / Lithosphäre



## Ozeanographie / Strömungsmuster



## Geodynamik / Seismik



GOCE-Mission; @ GOCE-HPF



Good bye, my love!  
11.11.2013

$$S_P = C_P^T (C + D)^{-1} l$$

$$\sigma_P^2 = C_o - C_P^T (C + D)^{-1} C_P$$

## Life Long Learning (LLL)


$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + K_k (l_k - A_{k-1} \hat{x}_{k-1})$$

Beobachtung – Vorhersage

# Vielen Dank

für Ihre geschätzte Aufmerksamkeit

und herzlichen Glückwunsch der  
**Österreichischen Geodätischen Kommission**  
zu ihrem 150. Geburtstag