



Die Vermessung der Welt

Johannes Böhm

24. Juni 2022, online am BRG19



TU Wien
Department of Geodesy and Geoinformation
Research Division Higher Geodesy

Höhere Geodäsie

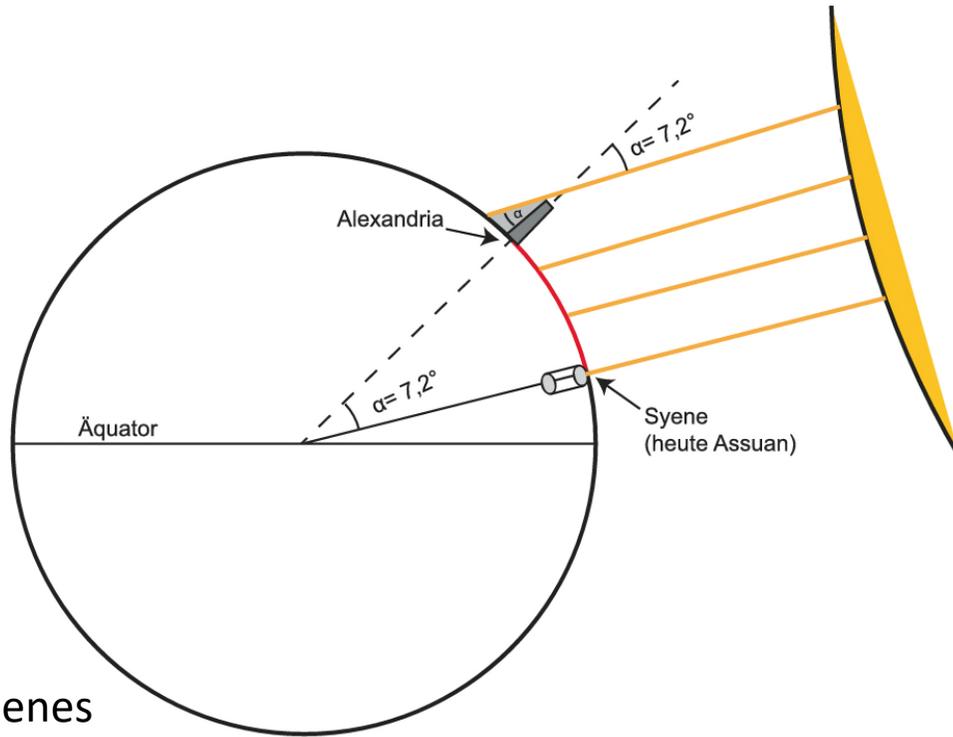
- Figur der Erde
- Erdschwerefeld
- Rotation der Erde



- .. und die Änderungen davon, nicht zuletzt wegen des Klimawandels.

Figur der Erde

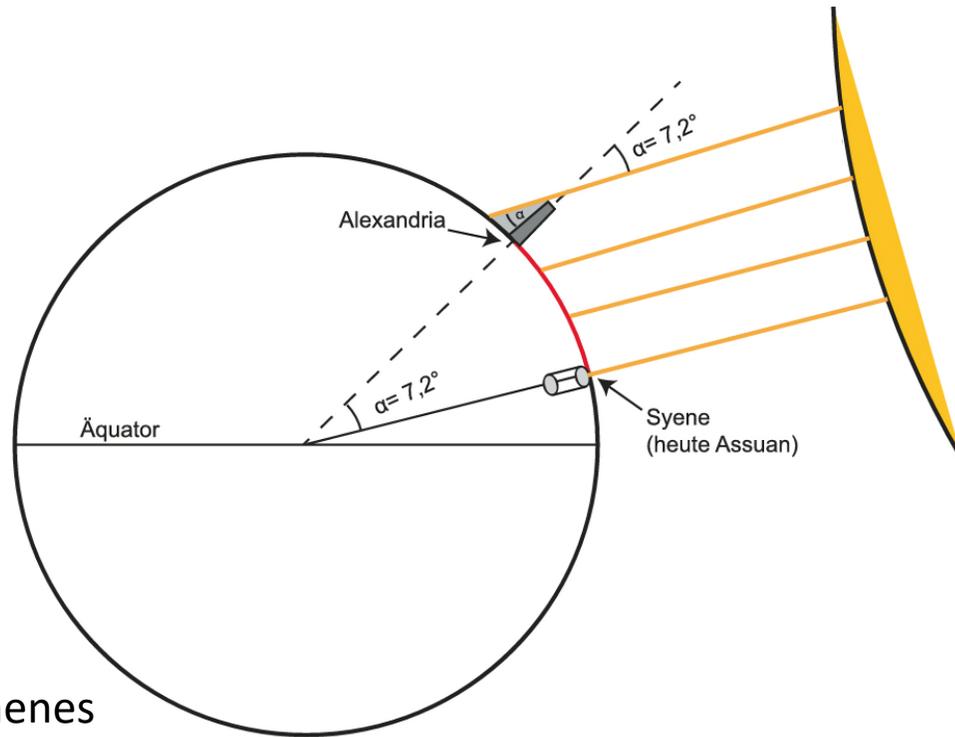
- Erdmessung damals ...



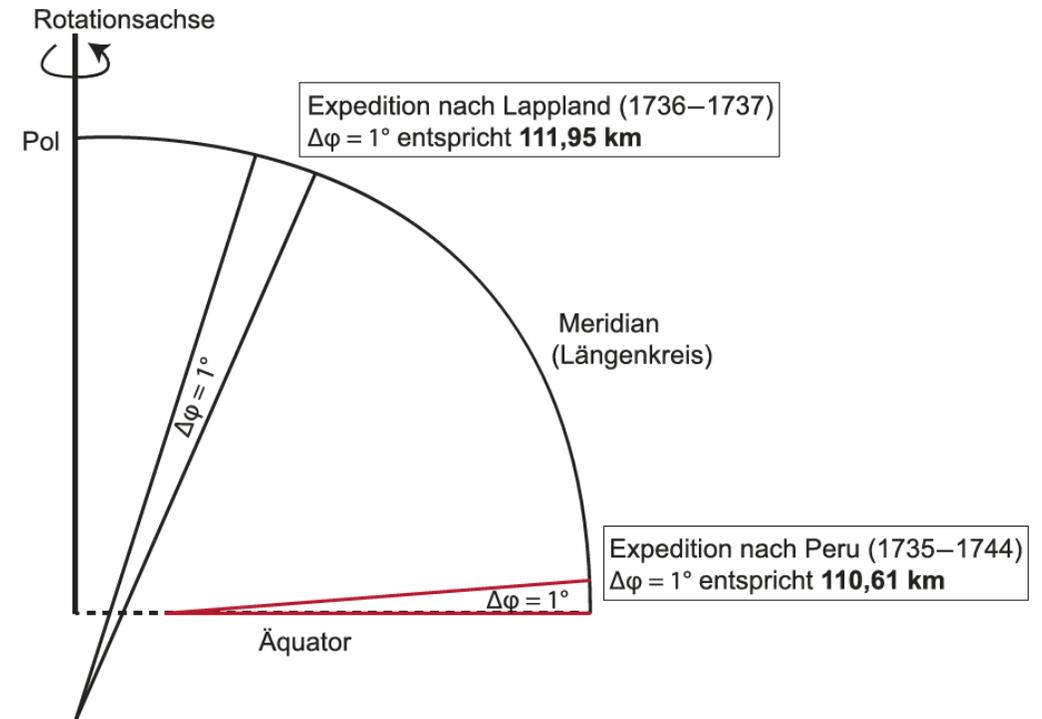
Eratosthenes
(276-196 v. Chr.)

Figur der Erde

- Erdmessung damals ...

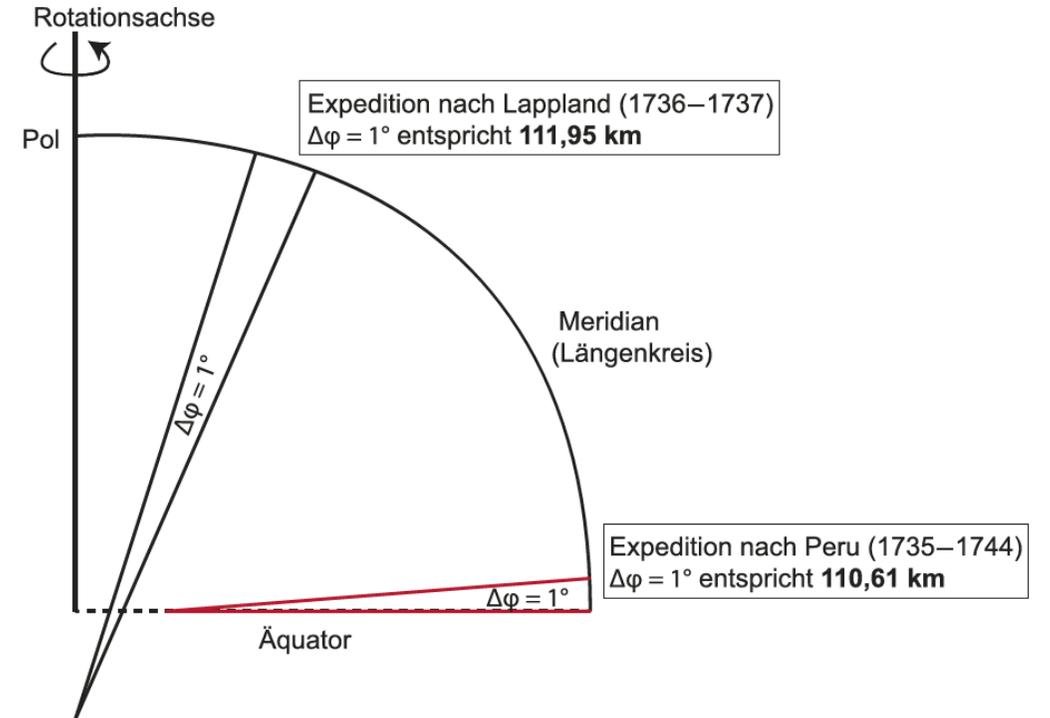


Eratosthenes
(276-196 v. Chr.)



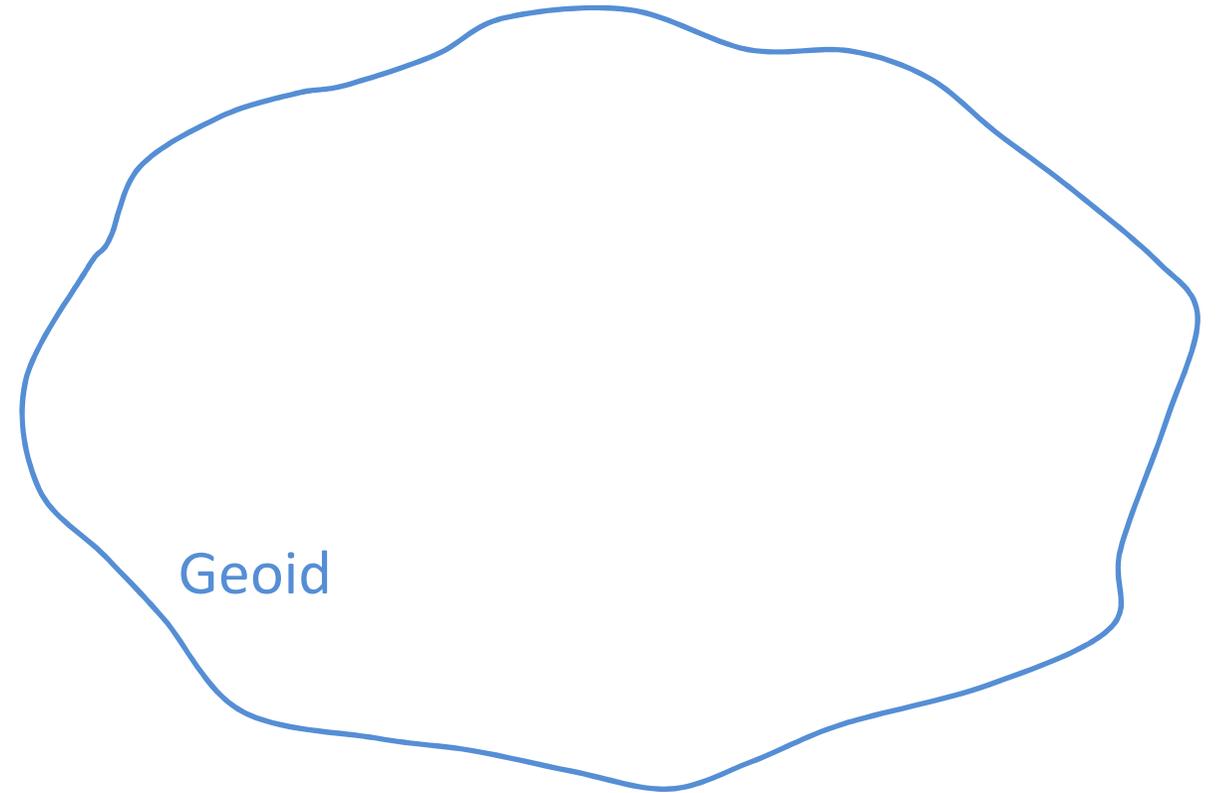
Figur der Erde

- Erdmessung damals ...



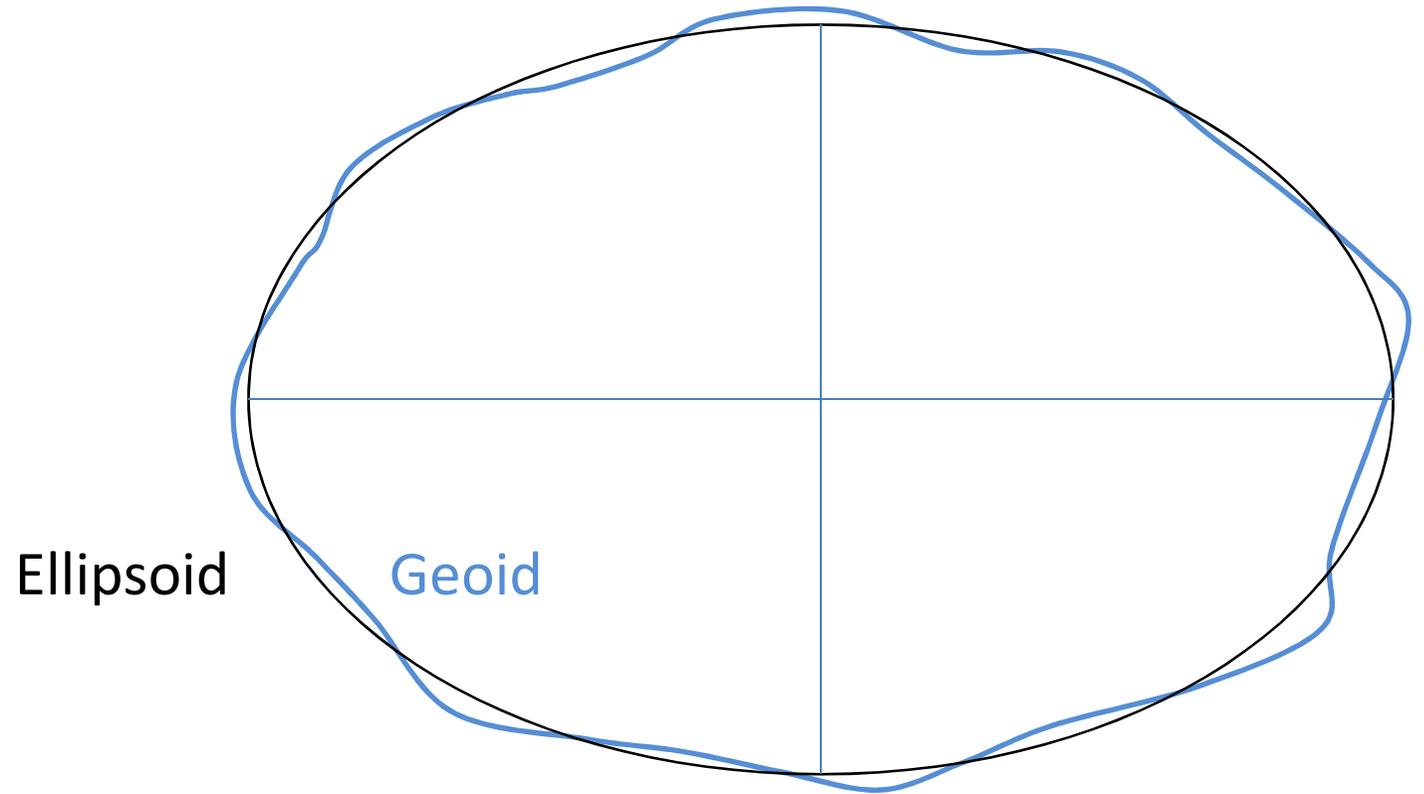
Figur der Erde

- **Geoid** als Äquipotentialfläche
 - mittlere Meeresoberfläche (unter Kontinenten fortgesetzt)
 - gleiche Arbeit ist notwendig um eine Masse ins Unendliche zu bringen



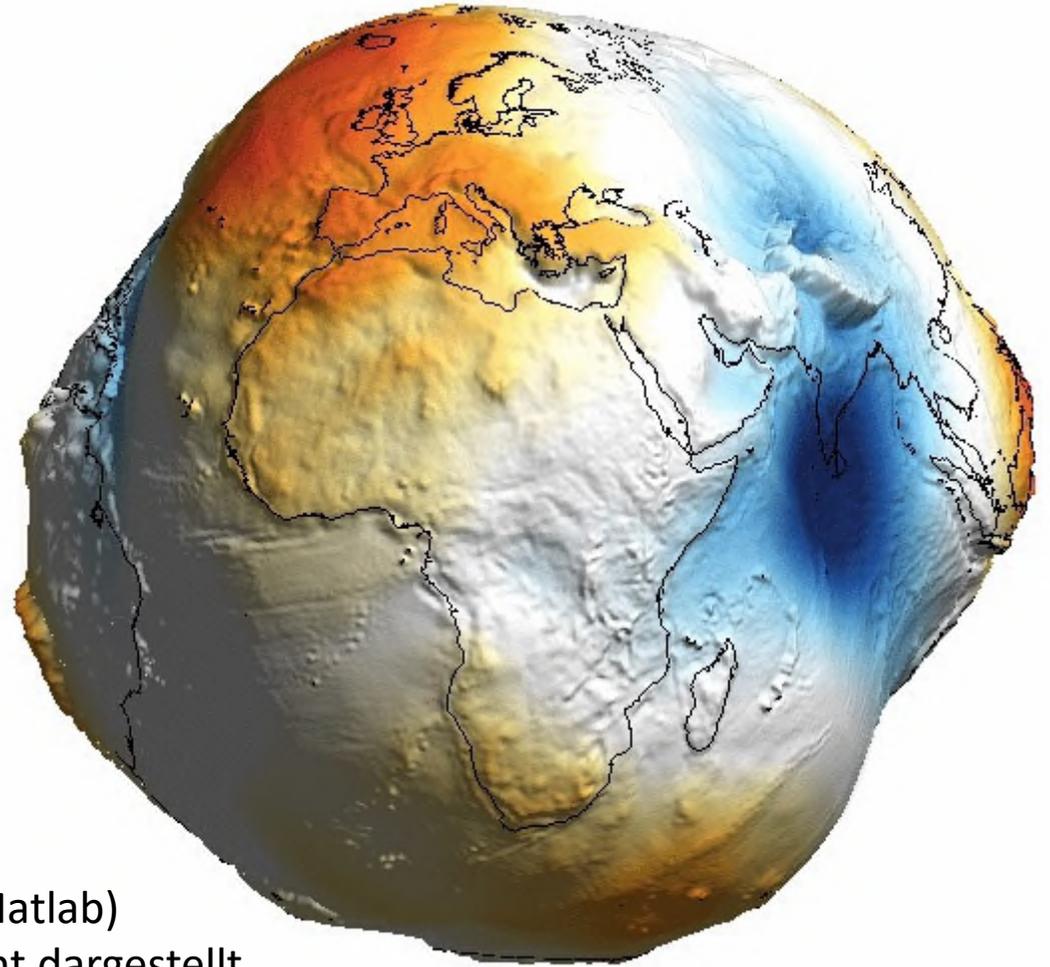
Figur der Erde

- **Geoid** als Äquipotentialfläche
 - mittlere Meeresoberfläche (unter Kontinenten fortgesetzt)
 - gleiche Arbeit ist notwendig um eine Masse ins Unendliche zu bringen
- Ellipsoid
- Abweichungen ± 100 m



Figur der Erde

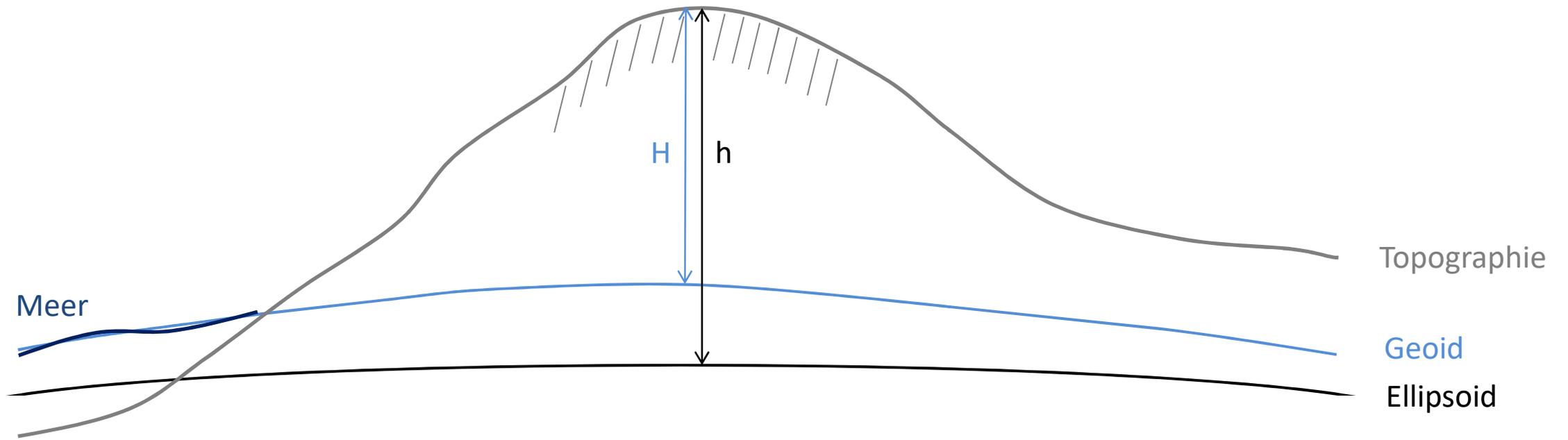
- Abweichungen zwischen Ellipsoid und Geoid ± 100 m
- "Potsdamer Kartoffel"



Geoid ASU (Matlab)
Stark überhöht dargestellt

Ellipsoidische Höhen versus Meereshöhen

- Meereshöhen H (vom Geoid)
- Ellipsoidische Höhen h (vom Ellipsoid)



Höhenbestimmung des Mount Everest

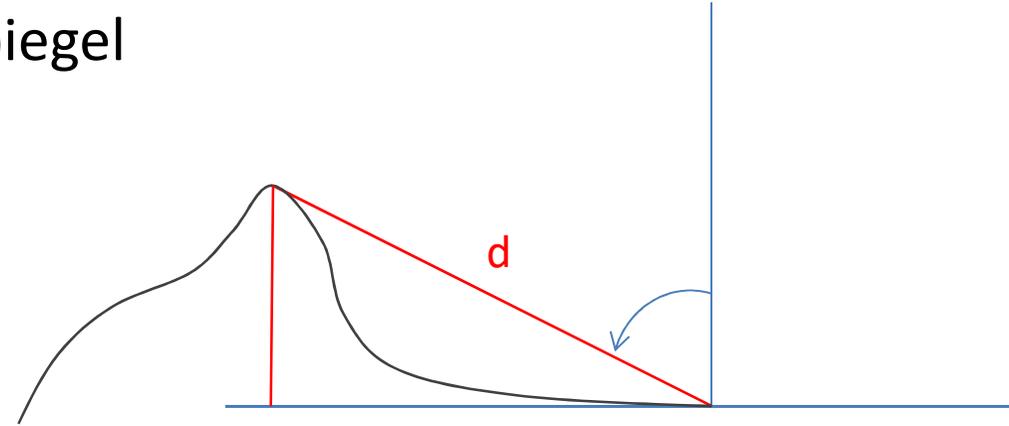
- Neue Höhe: 8848.86 m über Meeresspiegel
 - 2.5 Stunden GNSS am Gipfel



<https://www.xyht.com/>

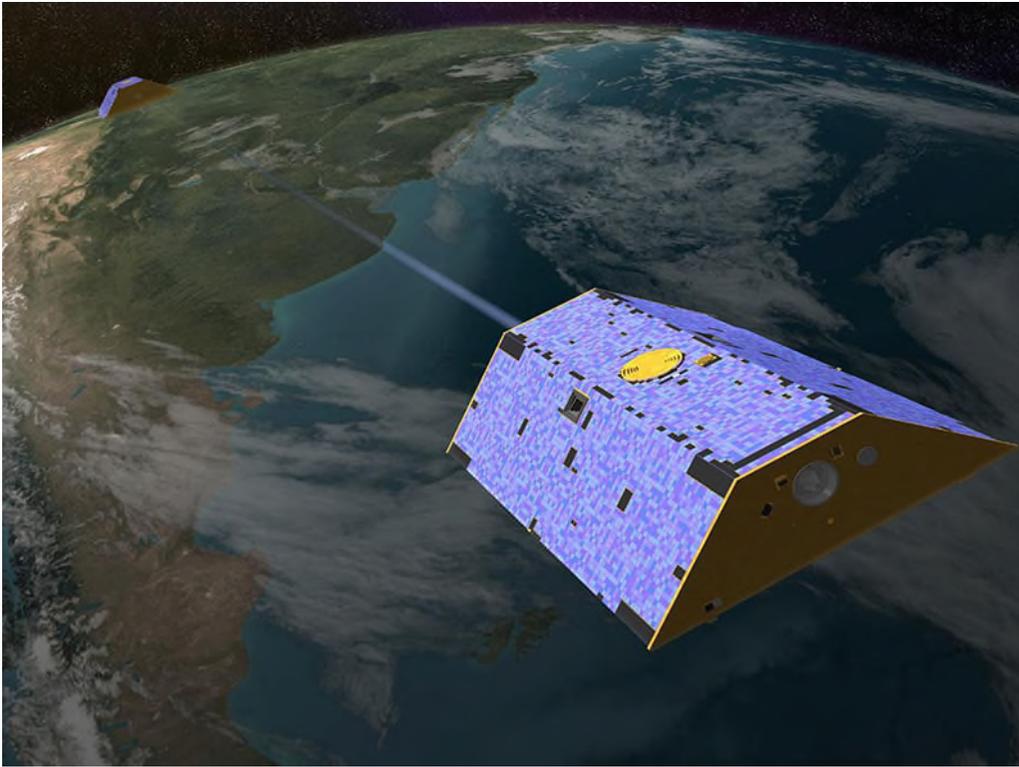
Höhenbestimmung des Mount Everest

- Neue Höhe: 8848.86 m über Meeresspiegel
 - 2.5 Stunden GNSS am Gipfel
 - Trigonometrie



Erdschwerefeld: GRACE (2002-2017) und GRACE Follow-on (2018 -)

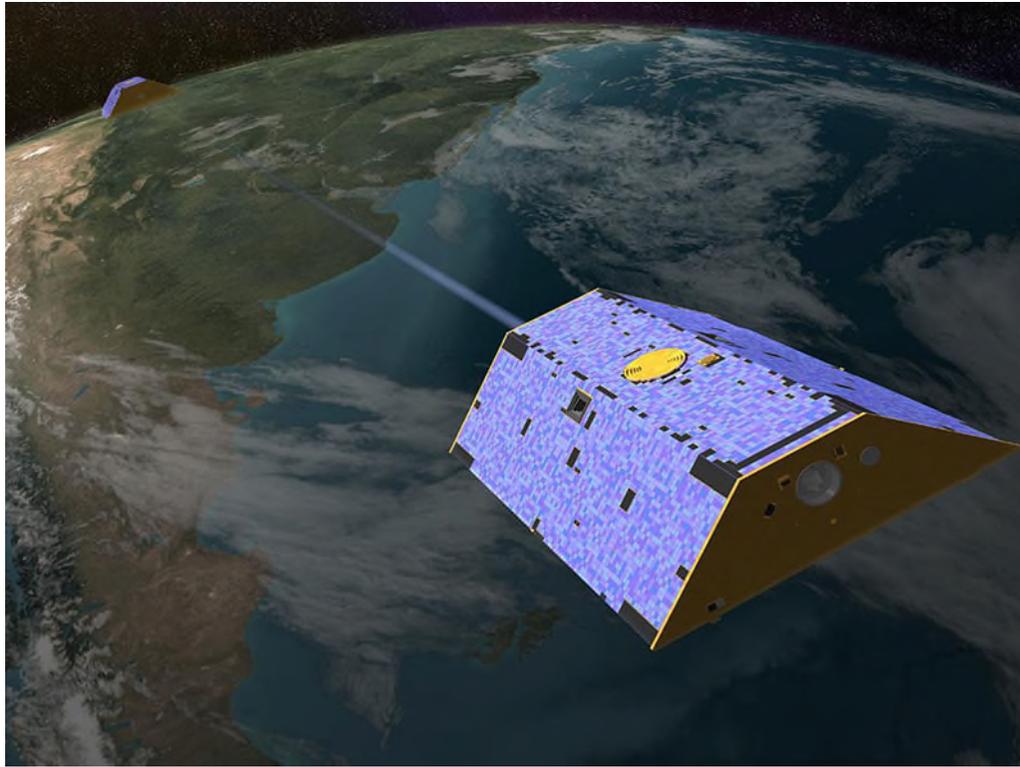
- "Tom und Jerry" extrem erfolgreich



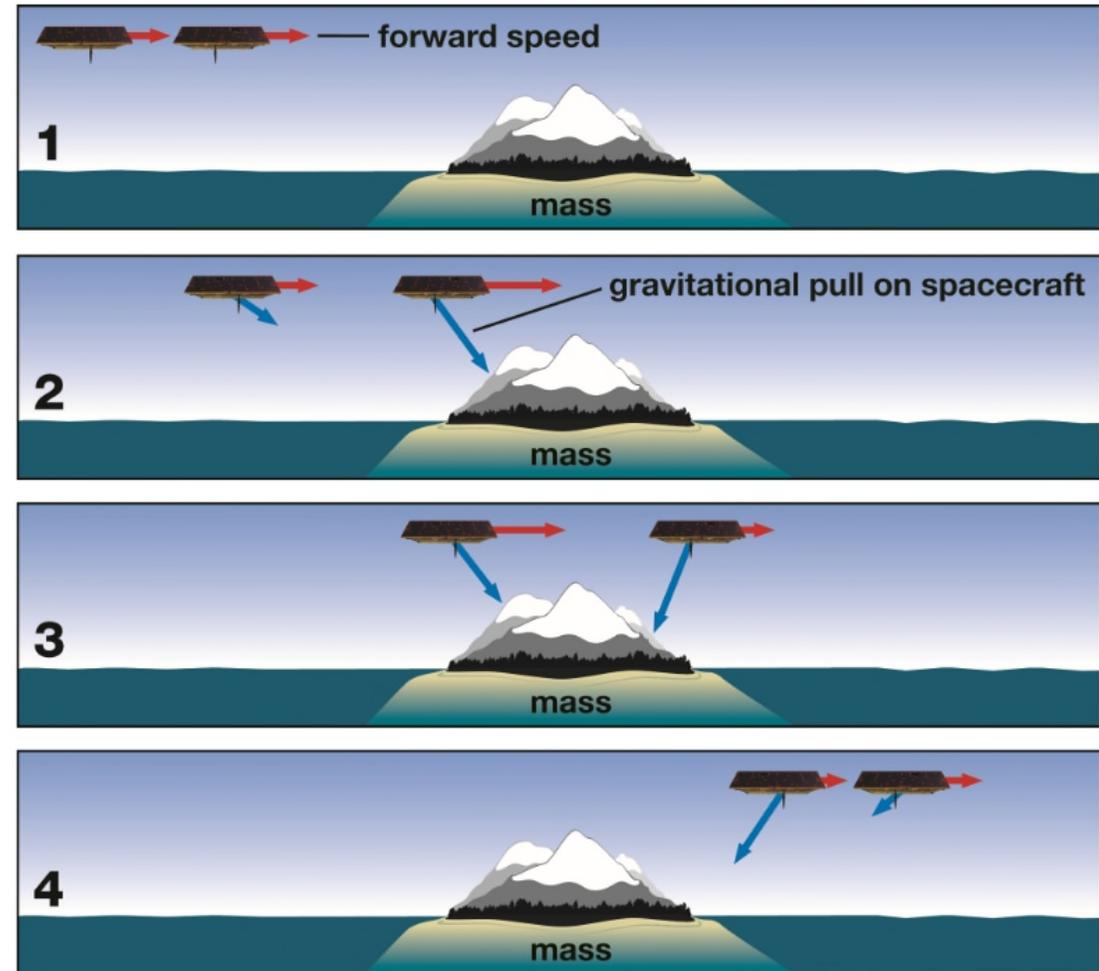
NASA (Artist's concept)

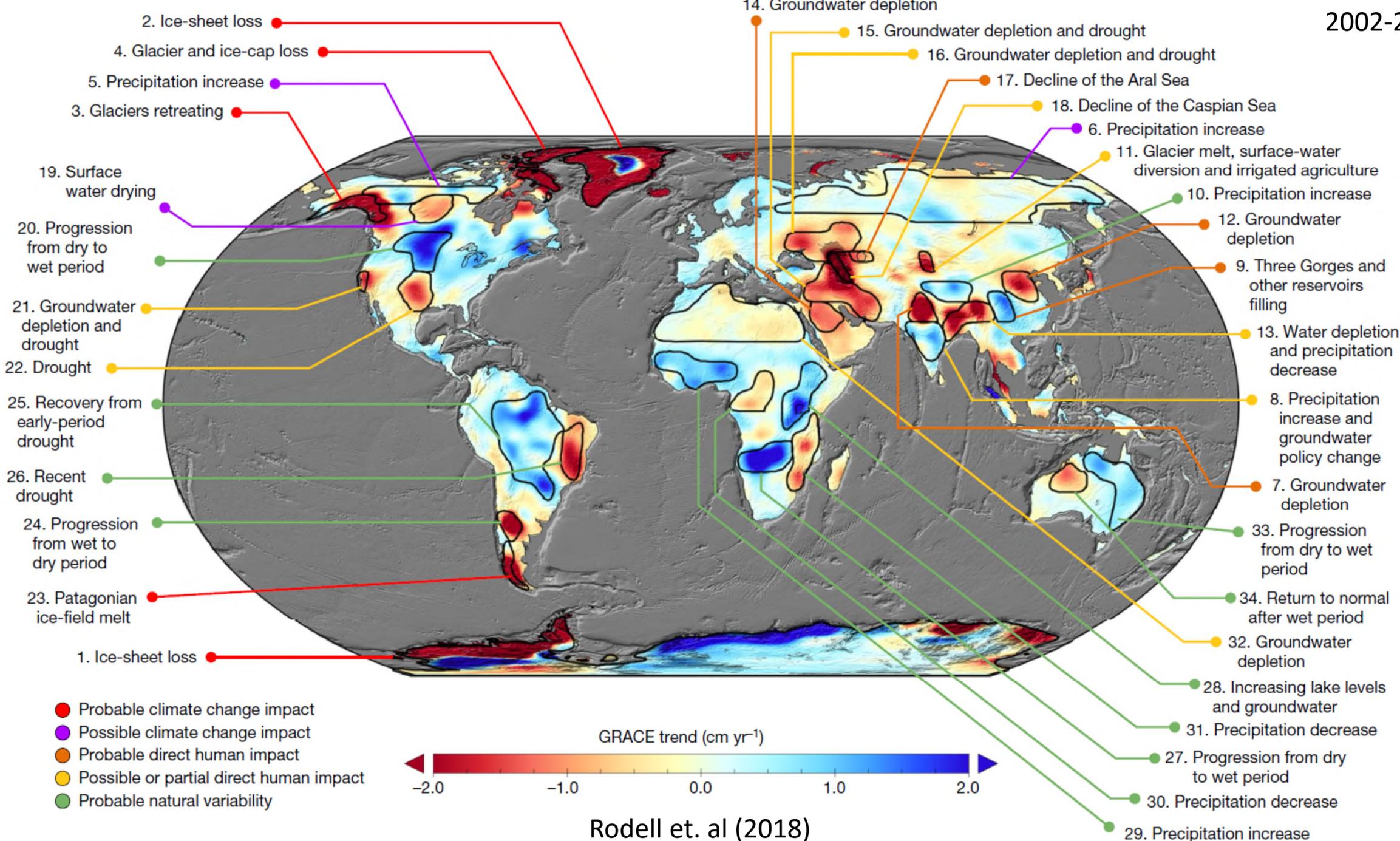
Erdschwerefeld: GRACE (2002-2017) und GRACE Follow-on (2018 -)

- "Tom und Jerry" extrem erfolgreich
- Jedes Monat neue Massenverteilung



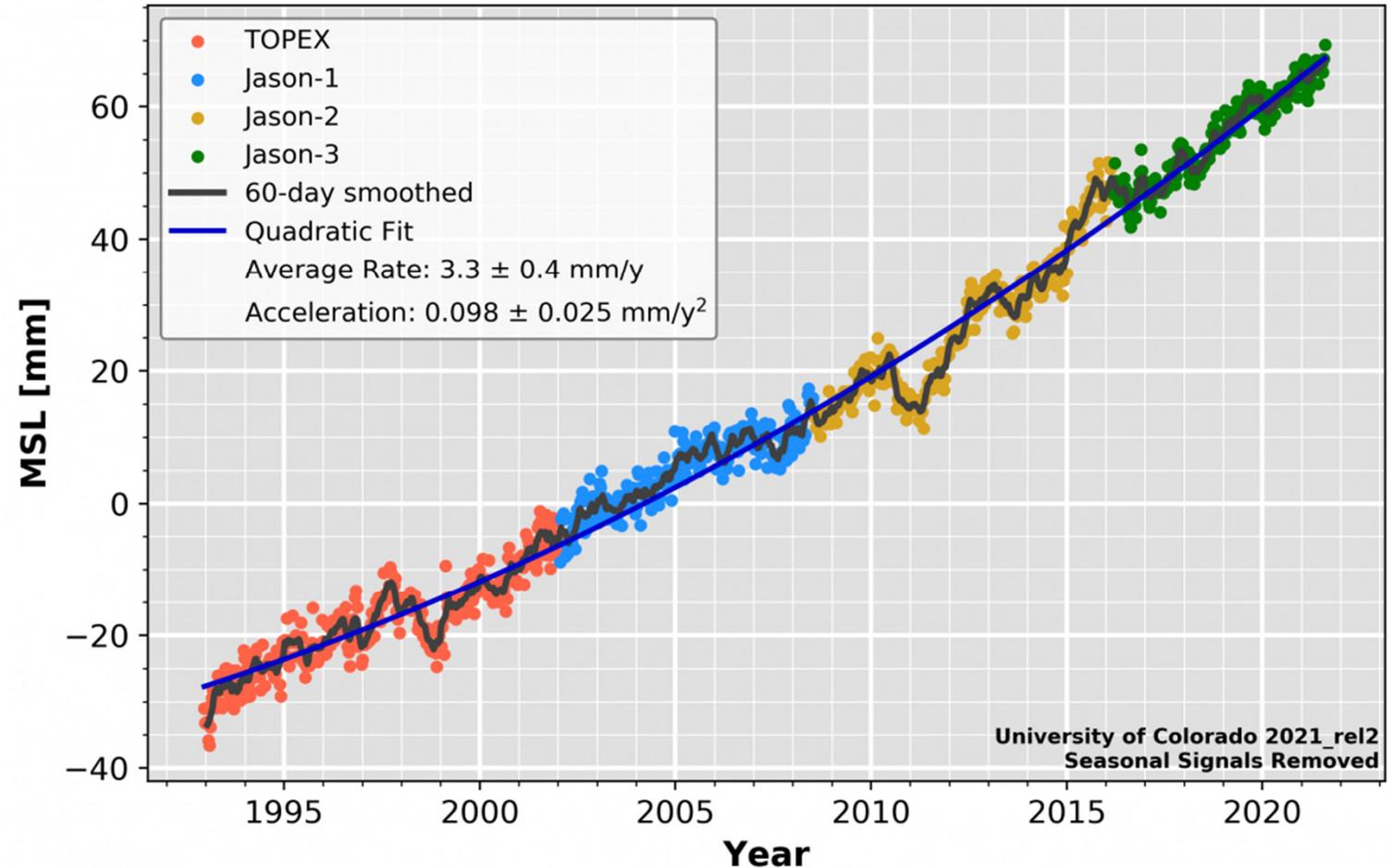
NASA (Artist's concept)





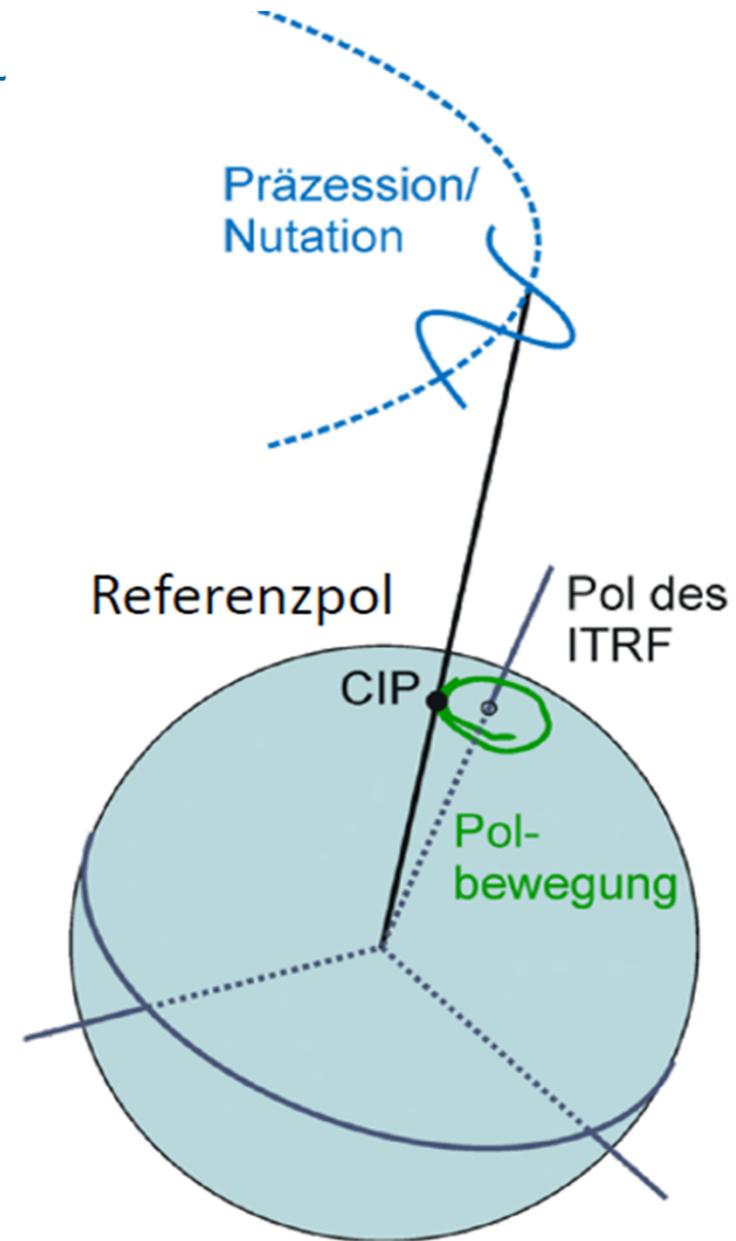
Meeresspiegelanstieg

- Hauptursachen
 - Eismassen (v. A. Grönland)
 - Temperaturerhöhung



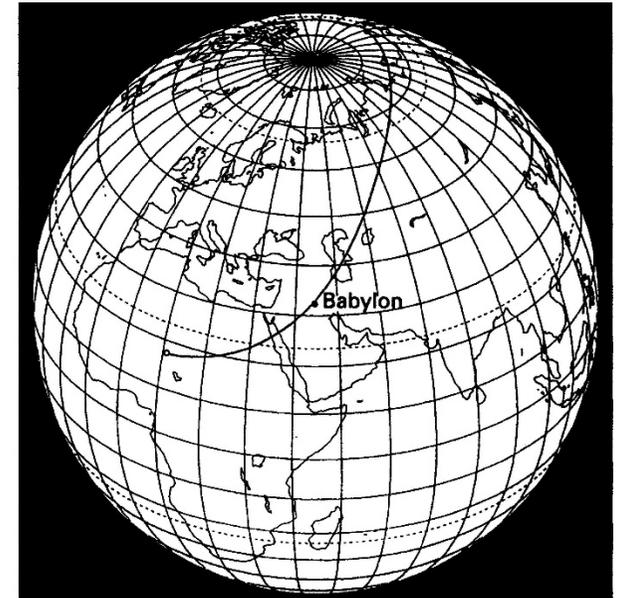
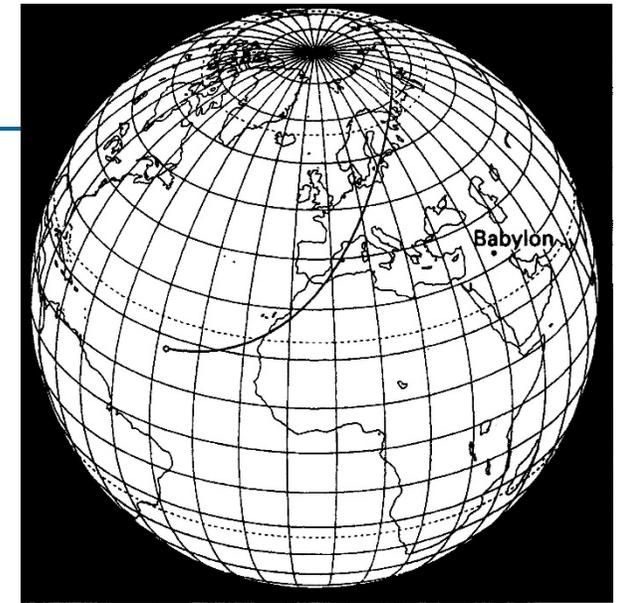
Erdorientierung in Bezug auf Sterne

- Präzession/Nutation
- Polbewegung
- Rotationsgeschwindigkeit



Die Erde dreht sich immer langsamer

- Tageslänge verlängert sich um 1.6 ms/Jhdt
- Dies ist ein winziger Betrag, über längere Zeiten hinweg summiert er sich zu beachtlichen Werten (3 h in 2000 Jahren)

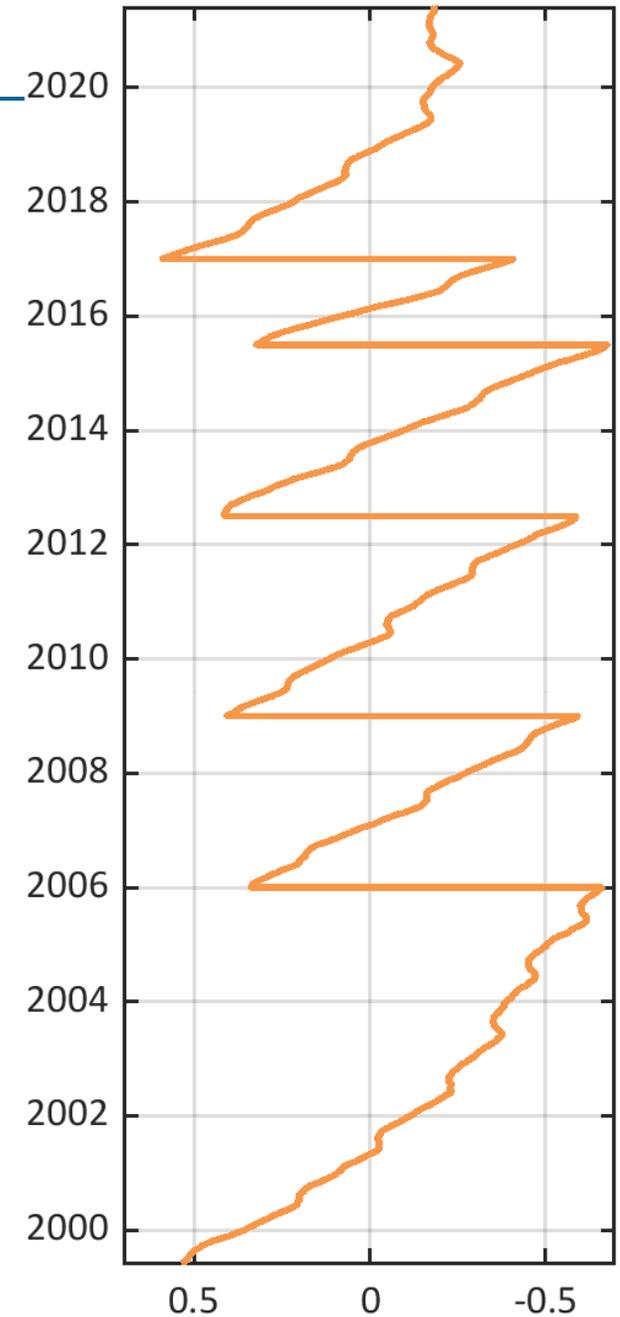


Totale Sonnenfinsternis beobachtet
136 BC in Babylon (Stephenson 1997)

Koordinierte Weltzeit UTC

- UTC basiert auf Atomzeit
- UT1 entspricht Erdrotation
- UTC wird mit Schaltsekunden an UT1 angepasst, sodass:
 - $|\text{UT1} - \text{UTC}| < 0.9 \text{ s}$

UT1 – UTC
(Sekunden)



Die Vermessung der Welt



- .. aus der Sicht eines "Höheren Geodäten".
- Wir beobachten Figur, Rotation und Schwerefeld einer dynamischen Erde.
- Mittel der Wahl sind Beobachtungen mit Satelliten.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
DEPARTMENT FÜR GEODÄSIE
UND GEOINFORMATION
FORSCHUNGSBEREICH
HÖHERE GEODÄSIE

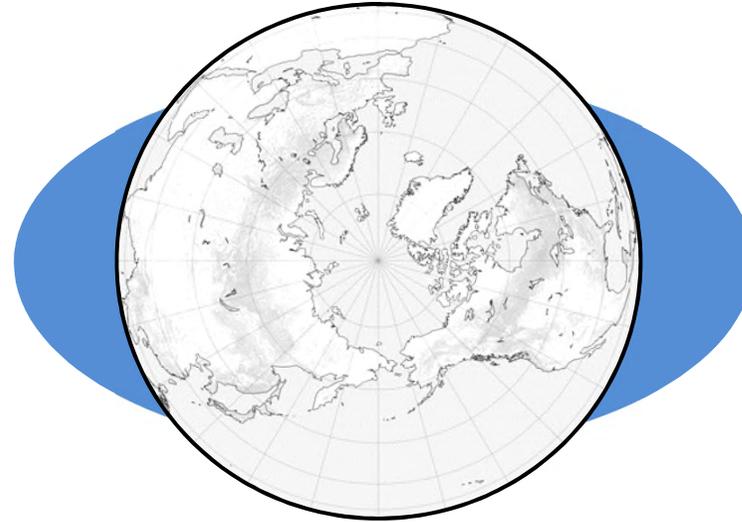
Realisierung: Internationale Terrestrische Referenzrahmen (ITRF2020)

- Wir verwenden Geodätische Weltraumverfahren
 - Globale Satellitennavigationssysteme (GPS, Galileo, GLONASS, Beidou, ..)
 - Satellite Laser Ranging
 - Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite
 - Very Long Baseline Interferometry



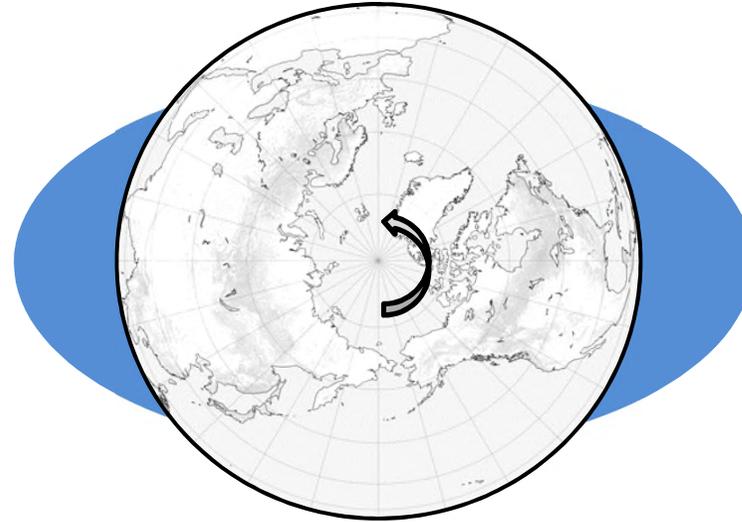
Ozeanische Gezeitenbremse

- Flutberge aufgrund Gezeitenkraft



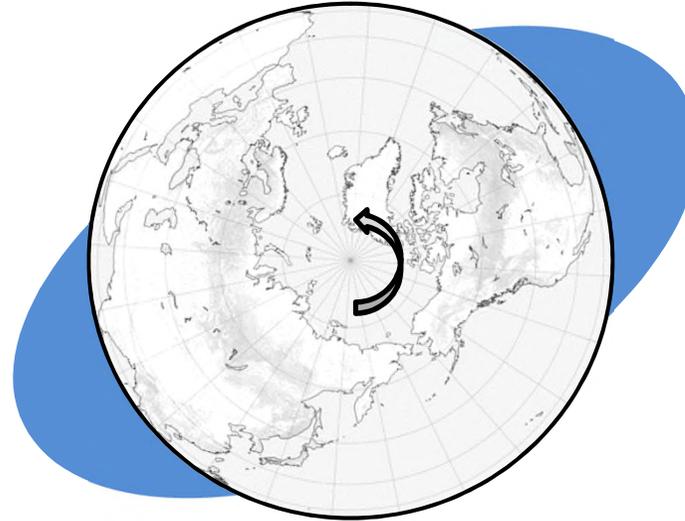
Ozeanische Gezeitenbremse

- Flutberge aufgrund Gezeitenkraft ...
- werden von rotierender Erde mitgenommen



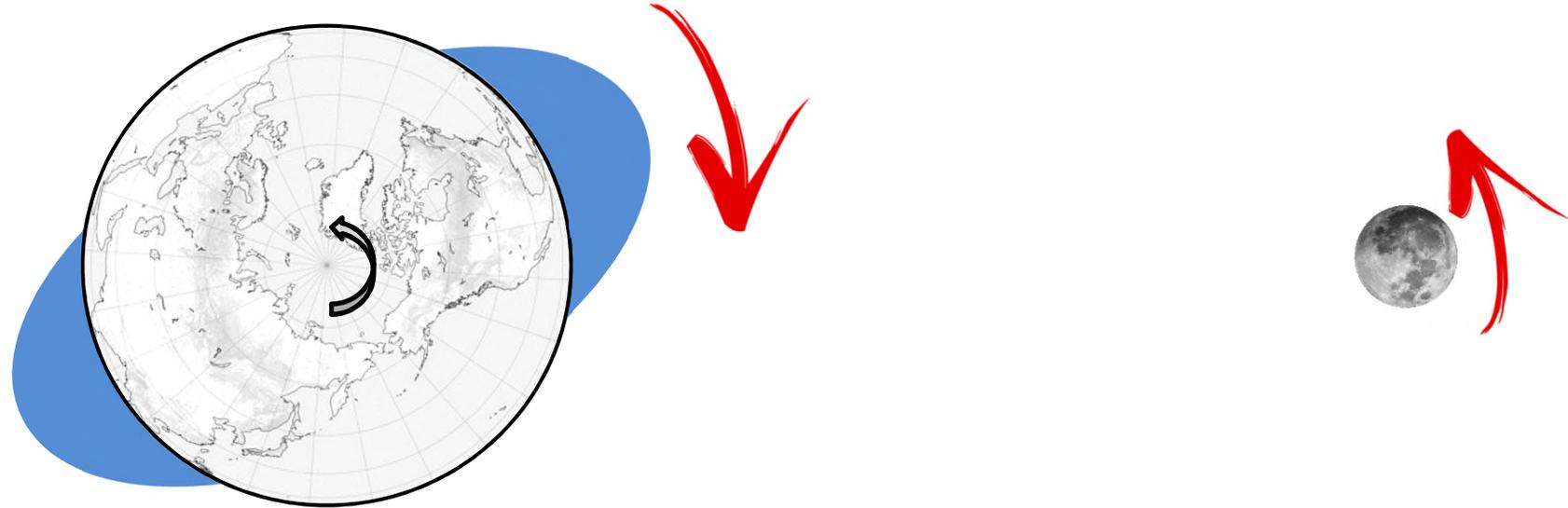
Ozeanische Gezeitenbremse

- Flutberge aufgrund Gezeitenkraft ...
- werden von rotierender Erde mitgenommen



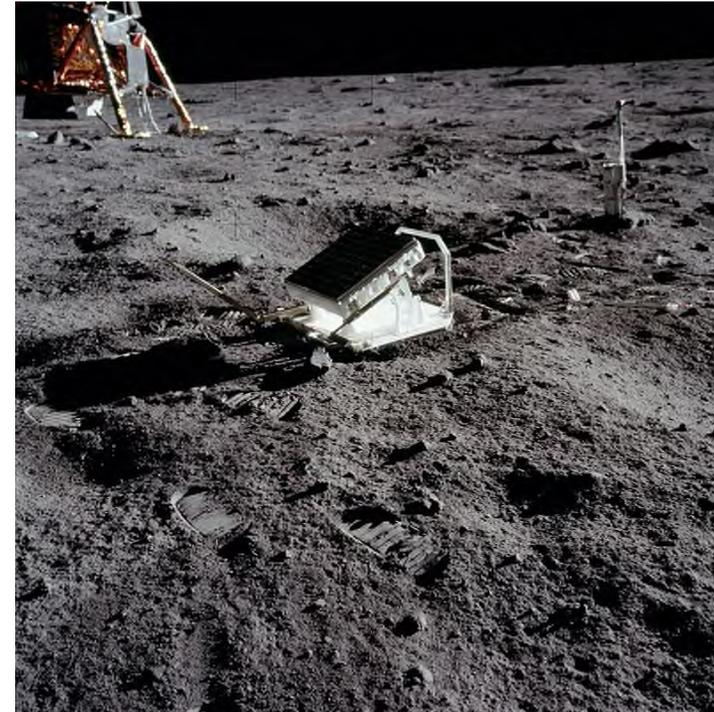
Ozeanische Gezeitenbremse

- Flutberge aufgrund Gezeitenkraft ...
- werden von rotierender Erde mitgenommen



Ozeanische Gezeitenbremse

- ... verlangsamt Tageslänge um 1.6 ms/Jhdt
- Abstand Erde-Mond wächst um 3.8 cm/Jahr
 - Lunar Laser Ranging



Retroreflektor der Apollo 11 Mission,
Bild NASA vom 20. Juli 1969

Die Vermessung der Welt

- Carl Friedrich Gauß (1777-1855)
- Alexander von Humboldt (1769-1859)

