



---

# 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

---

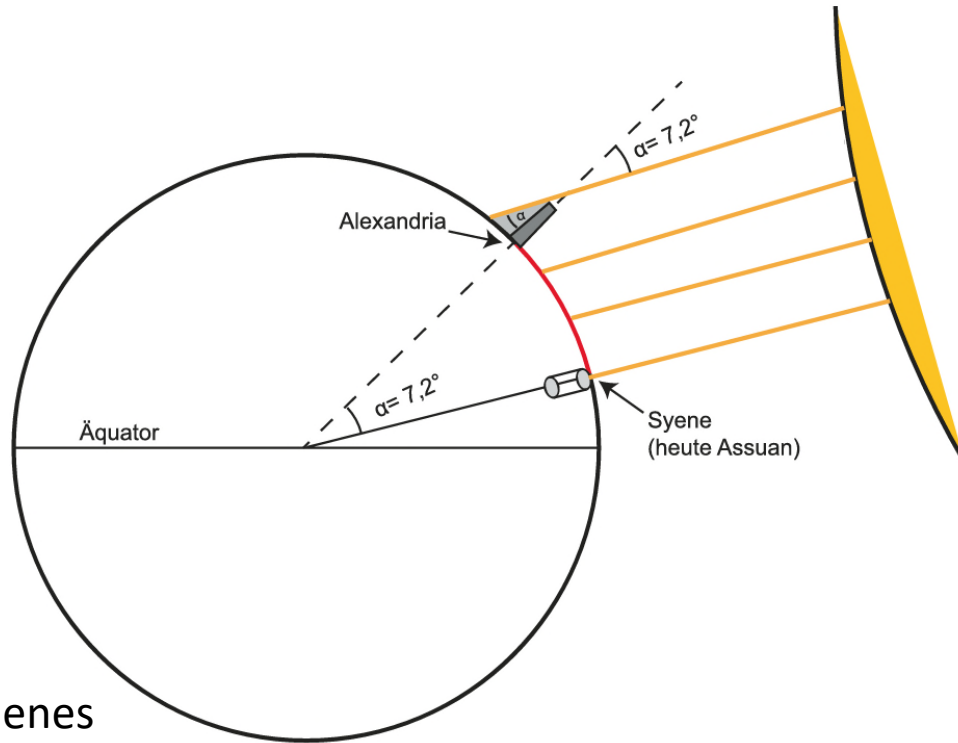
- Figur der Erde
- Erdschwerefeld
- Rotation der Erde



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

# Figur der Erde

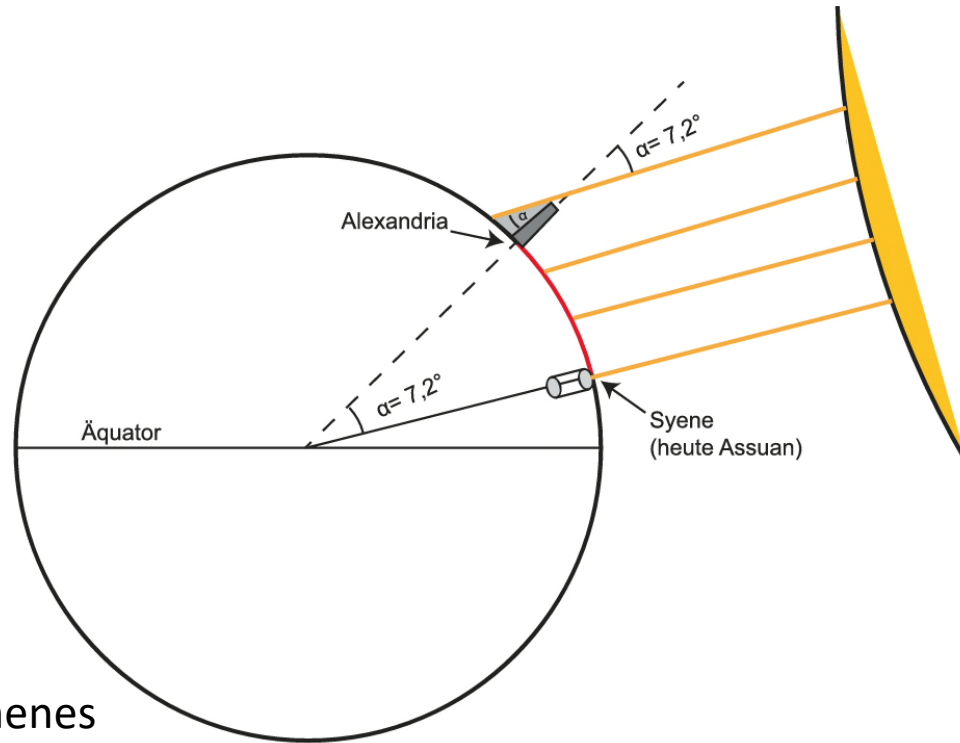
- Erdmessung damals ...



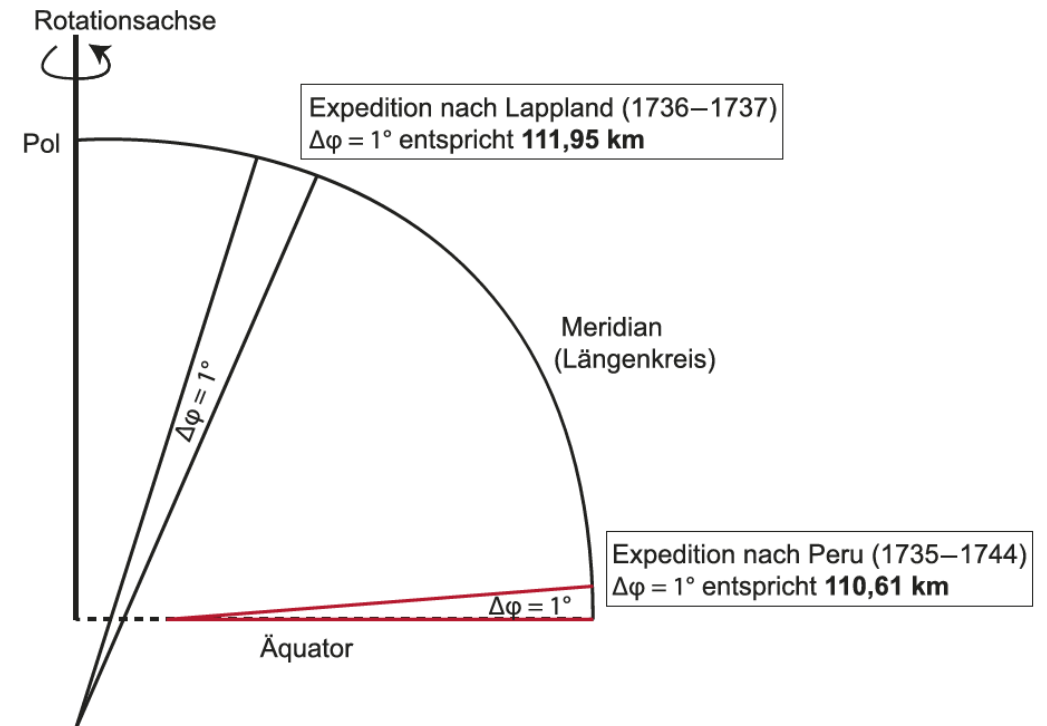
Eratosthenes  
(276-196 v. Chr.)

# Figur der Erde

- Erdmessung damals ...

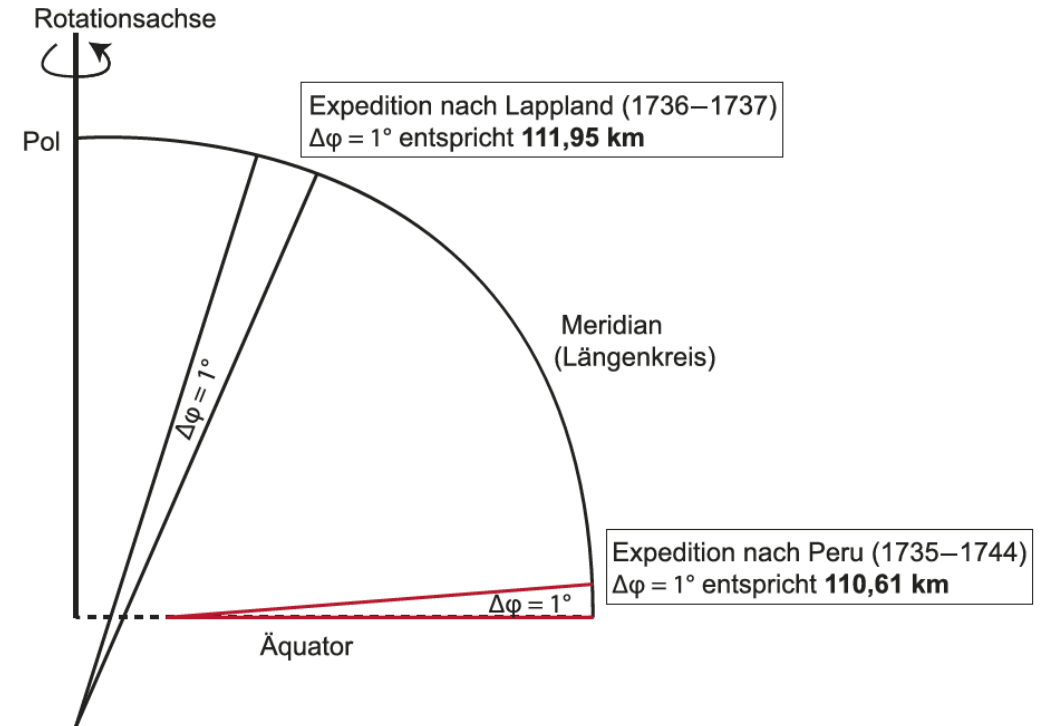


Eratosthenes  
(276-196 v. Chr.)



# Figur der Erde

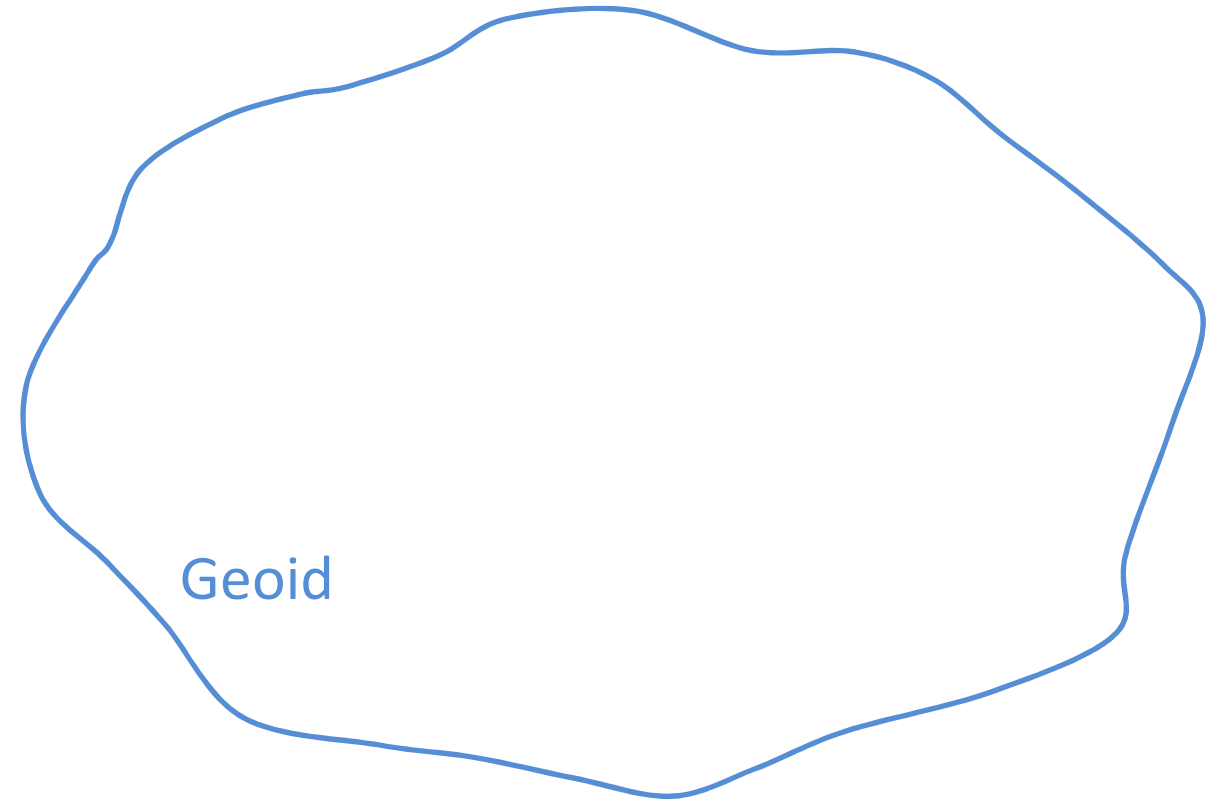
- Erdmessung damals ...



# Figur der Erde

---

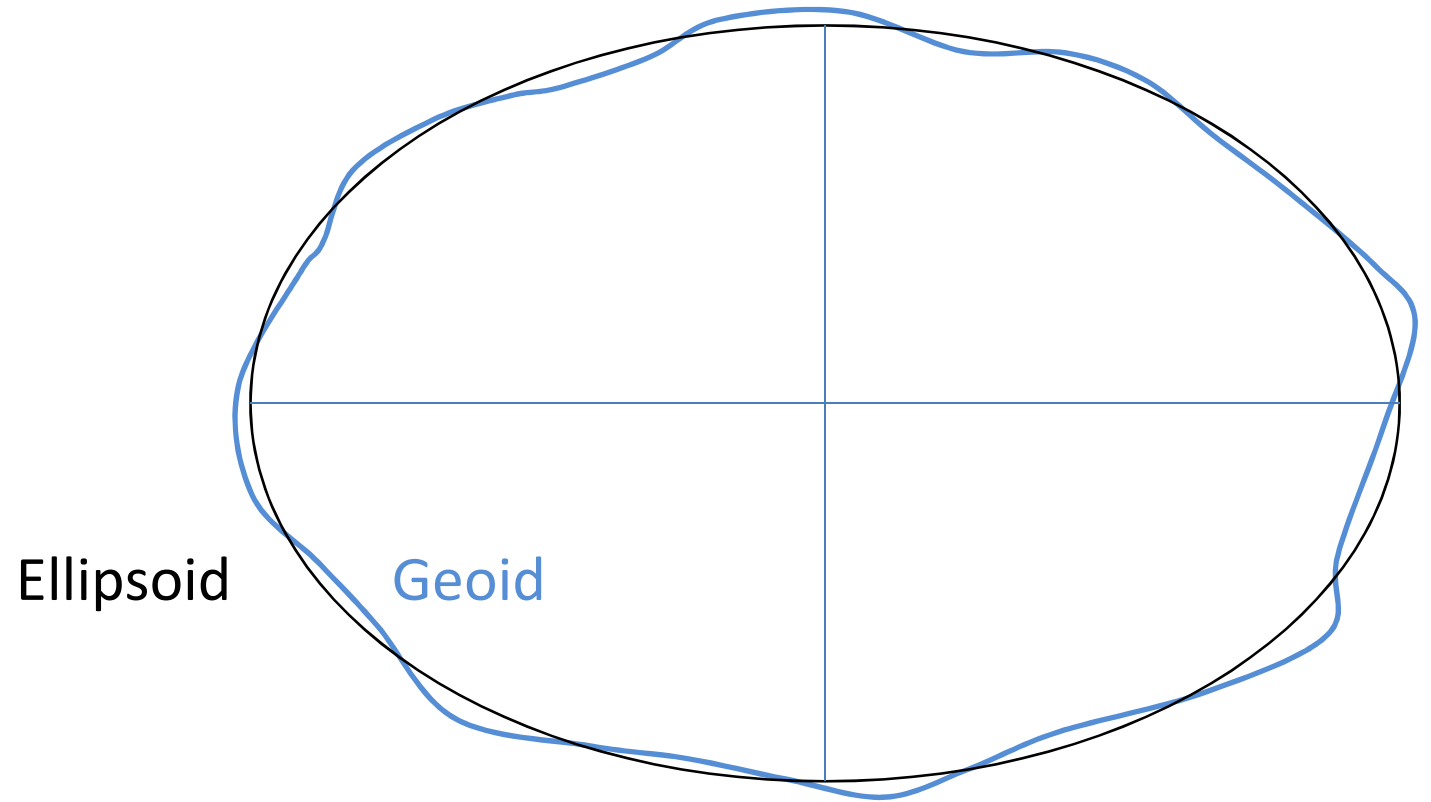
- Geoid als Äquipotentialfläche
  - mittlere Meeresoberfläche (unter Kontinenten fortgesetzt)
  - gleiche Arbeit ist notwendig um eine Masse ins Unendliche zu bringen



# Figur der Erde

---

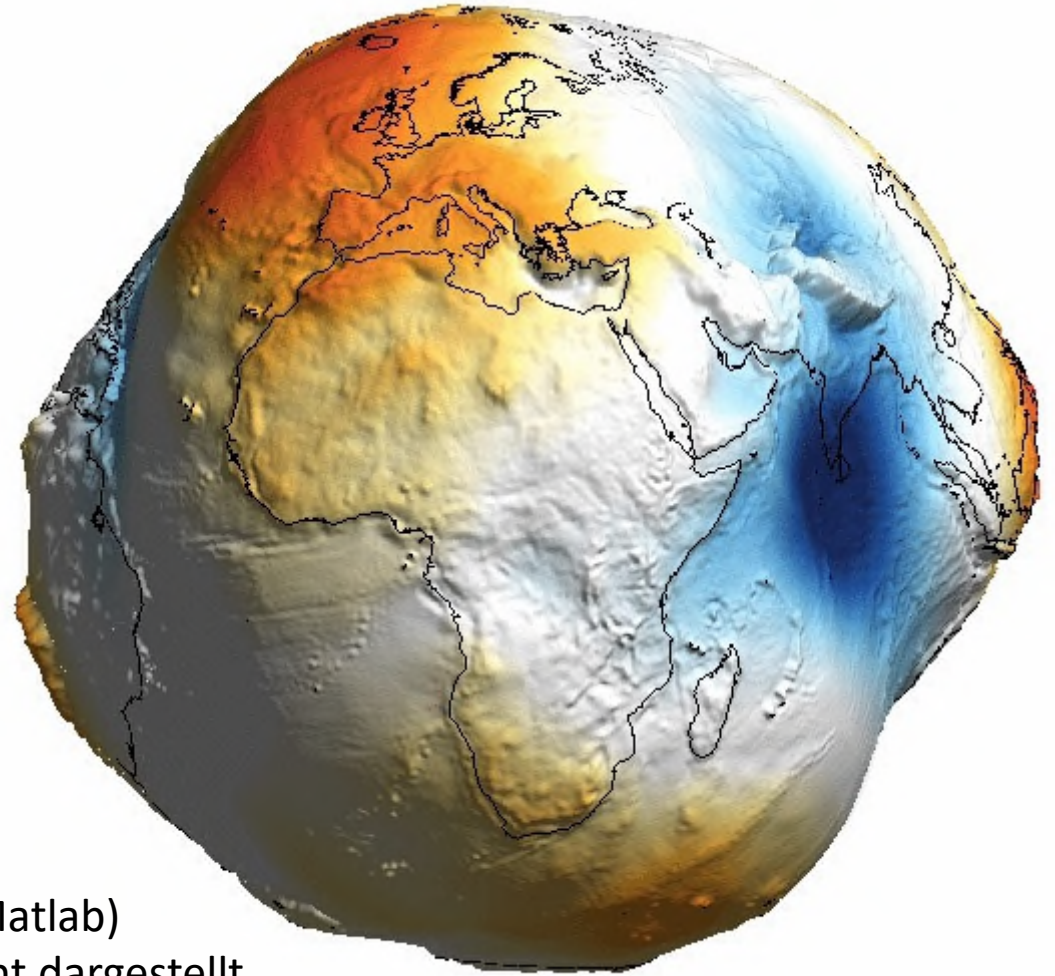
- Geoid als Äquipotentialfläche
  - mittlere Meeresoberfläche (unter Kontinenten fortgesetzt)
  - gleiche Arbeit ist notwendig um eine Masse ins Unendliche zu bringen
- Ellipsoid
- Abweichungen  $\pm 100$  m



# Figur der Erde

---

- Abweichungen zwischen Ellipsoid und Geoid  $\pm 100$  m
- "Potsdamer Kartoffel"

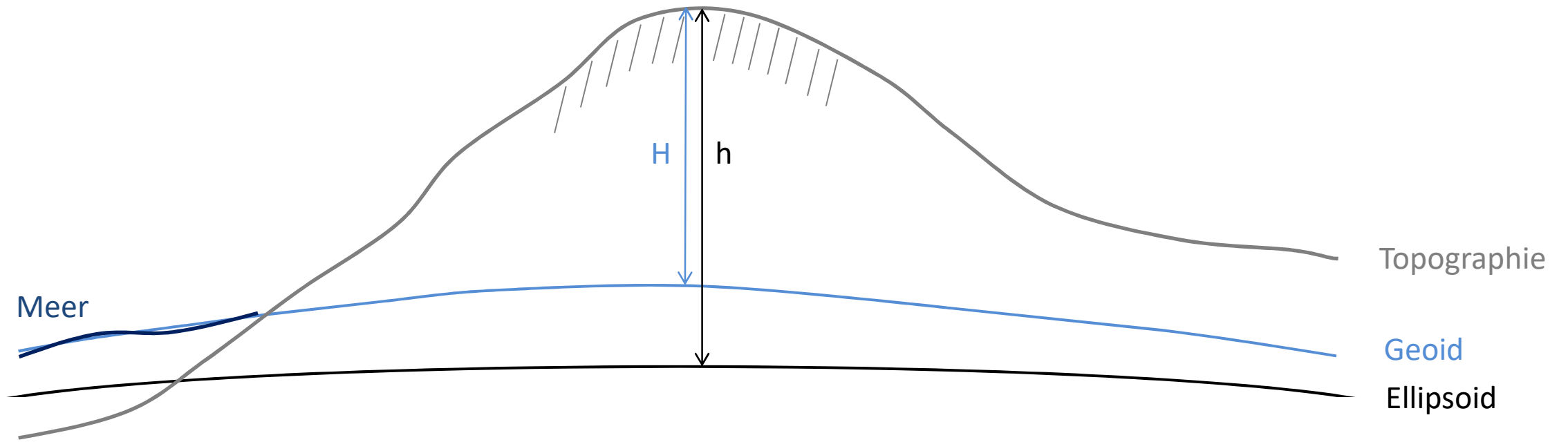


Geoid ASU (Matlab)  
Stark überhöht dargestellt



# Ellipsoidische Höhen versus Meereshöhen

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



# Höhenbestimmung des Mount Everest

---

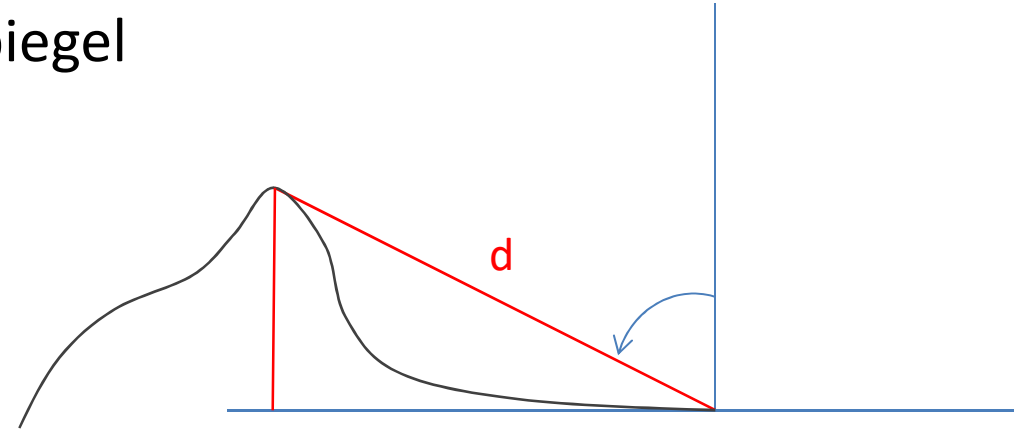
- Neue Höhe: 8848.86 m über Meeresspiegel
  - 2.5 Stunden GNSS am Gipfel



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

# Höhenbestimmung des Mount Everest

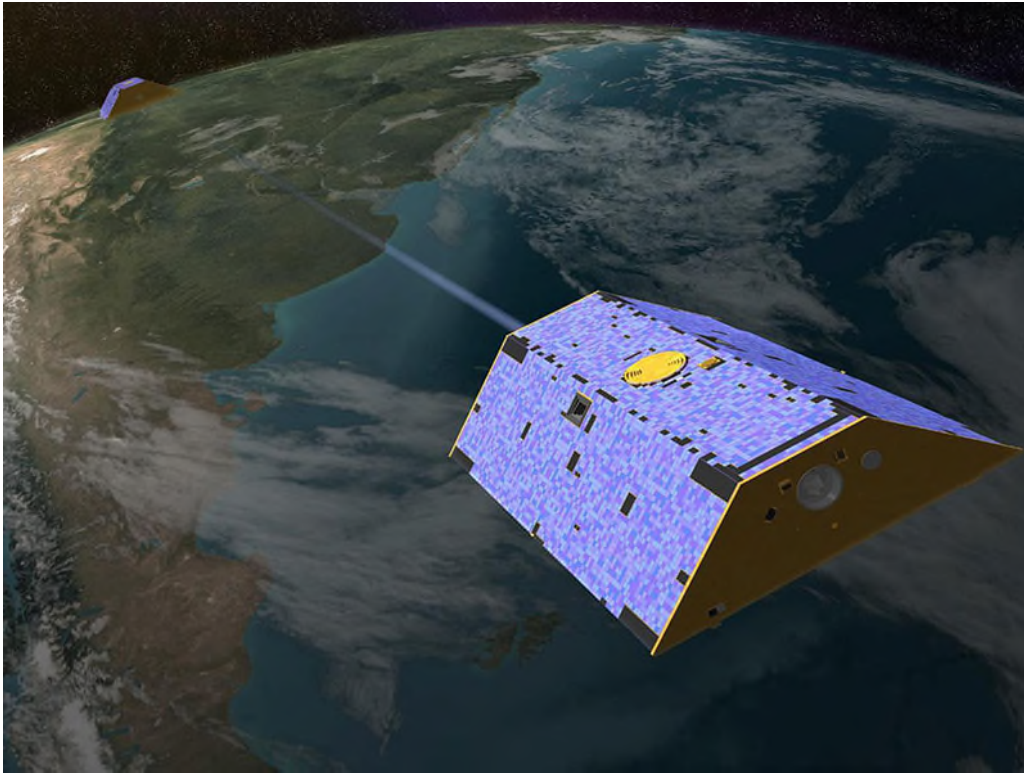
- Neue Höhe: 8848.86 m über Meeresspiegel
  - 2.5 Stunden GNSS am Gipfel
  - Trigonometrie



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

---

- "Tom und Jerry" extrem erfolgreich

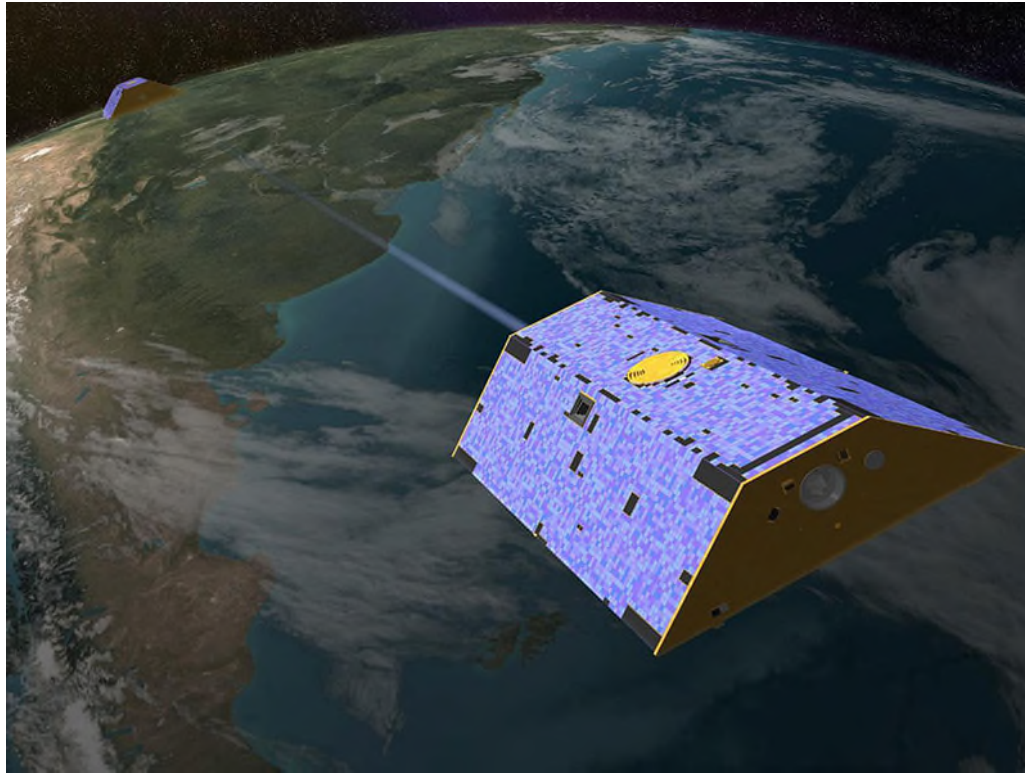


NASA (Artist's concept)

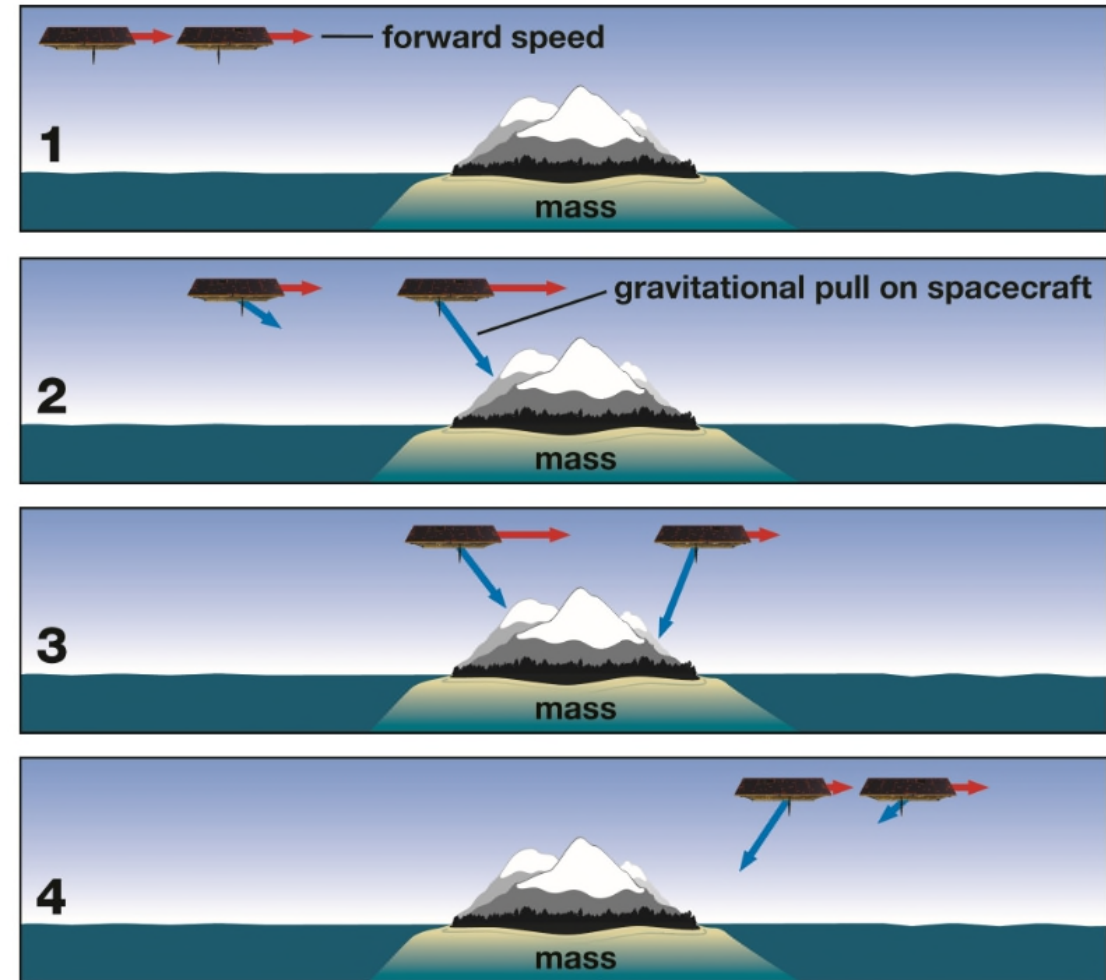


# Erdschwerefeld: GRACE (2002-2017) und GRACE Follow-on (2018 - )

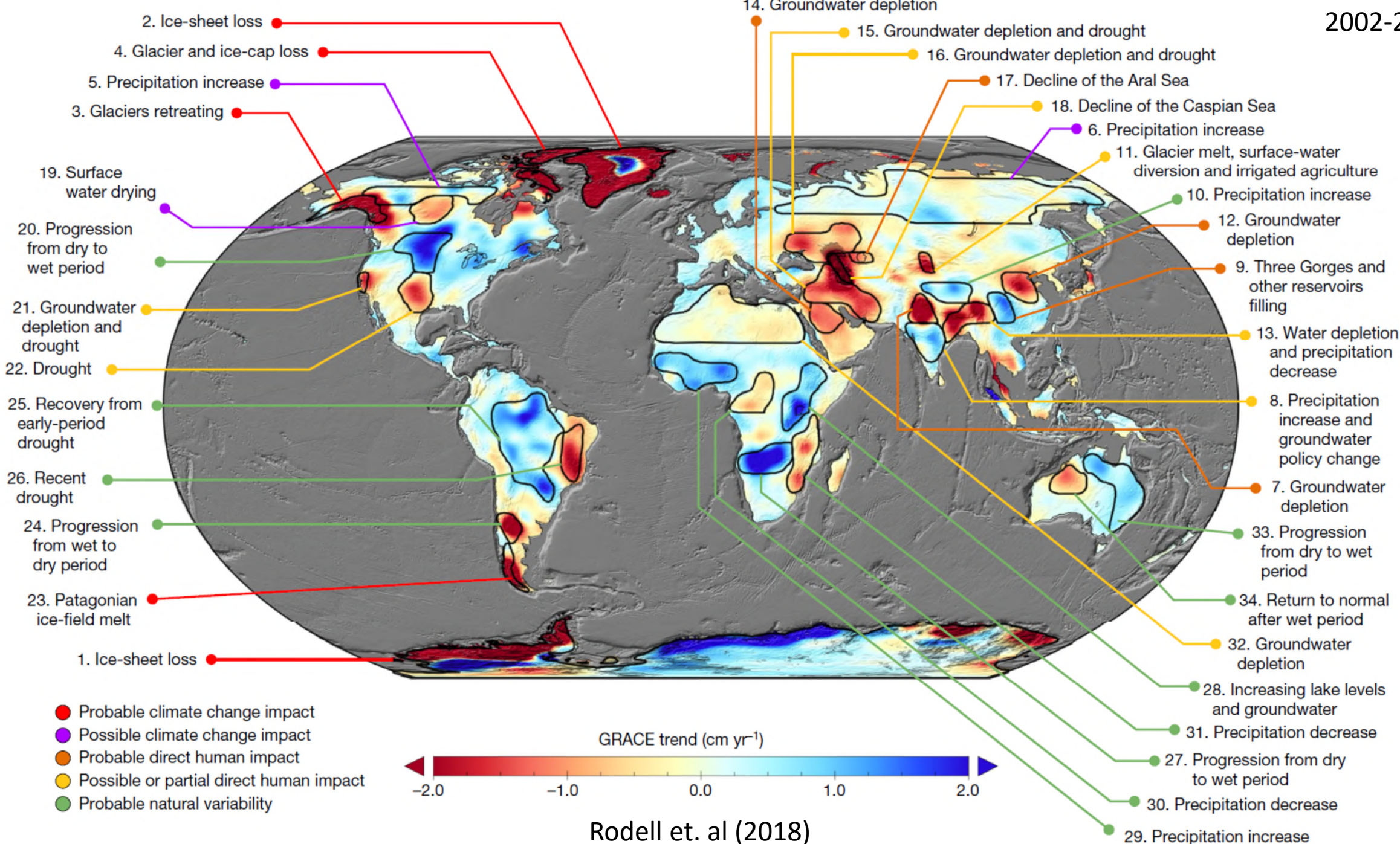
- "Tom und Jerry" extrem erfolgreich
- Jedes Monat neue Massenverteilung



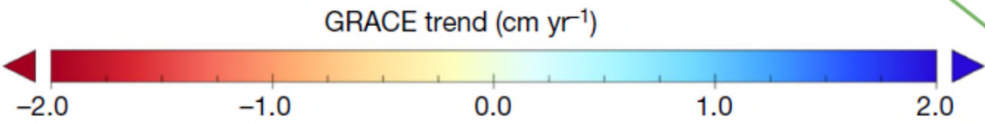
NASA (Artist's concept)







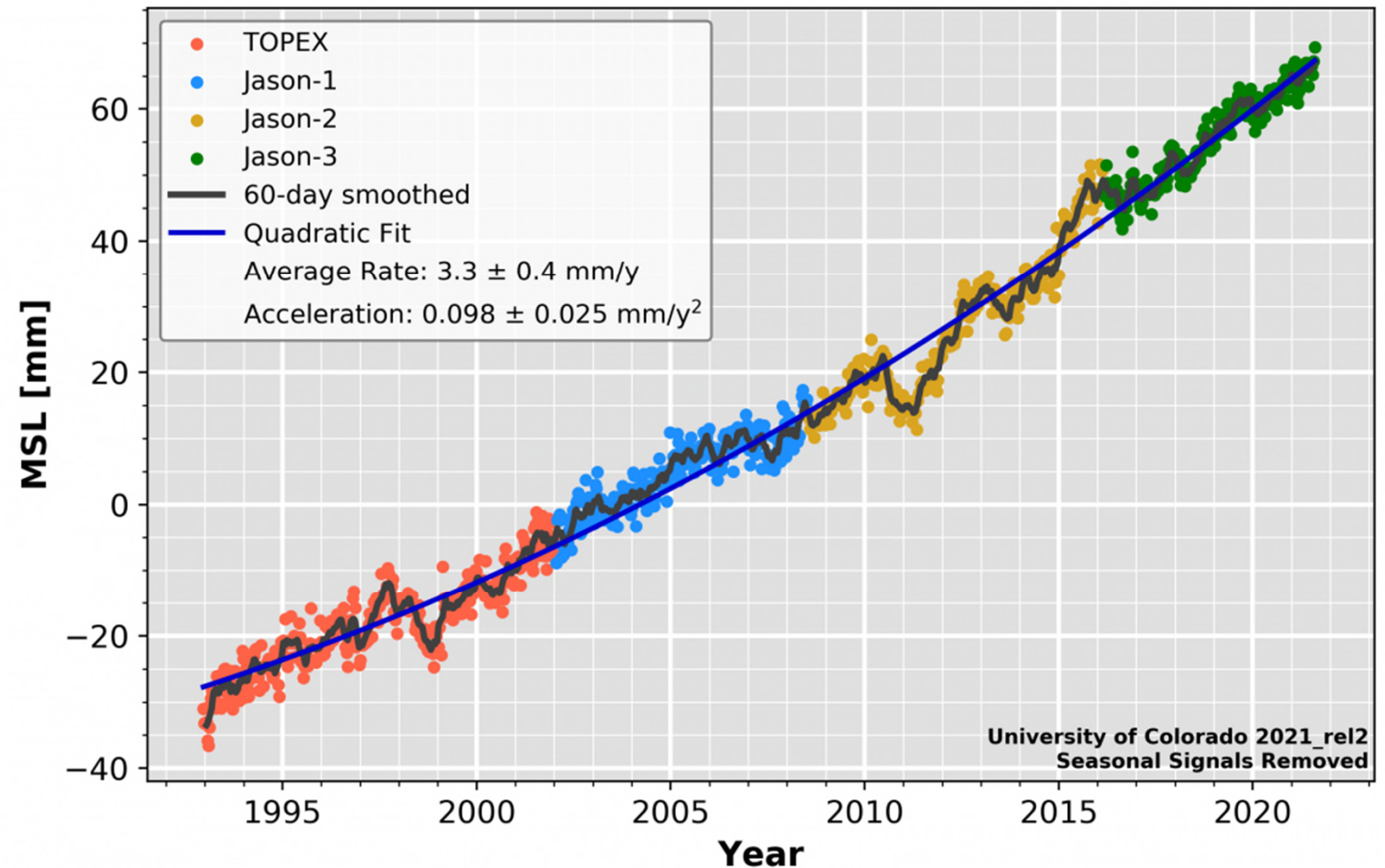
- Probable climate change impact
- Possible climate change impact
- Probable direct human impact
- Possible or partial direct human impact
- Probable natural variability



Rodell et. al (2018)

# Meeresspiegelanstieg

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

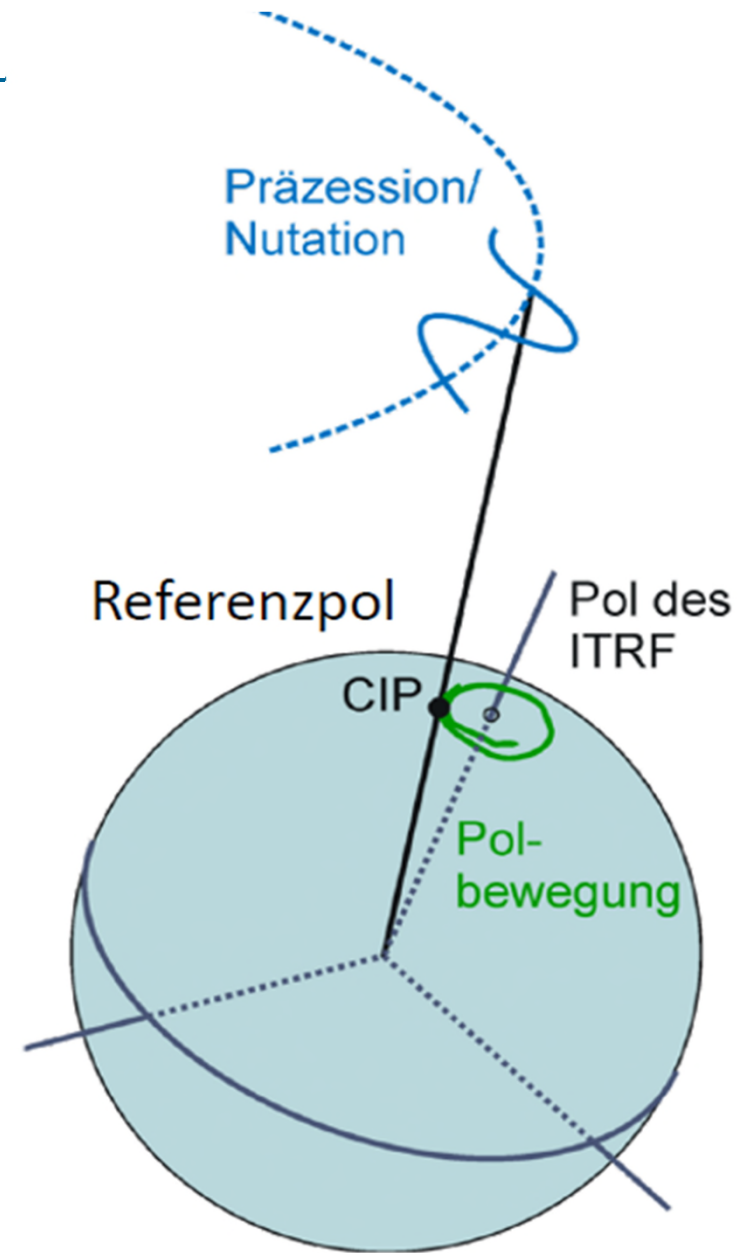




# Erdorientierung in Bezug auf Sterne

---

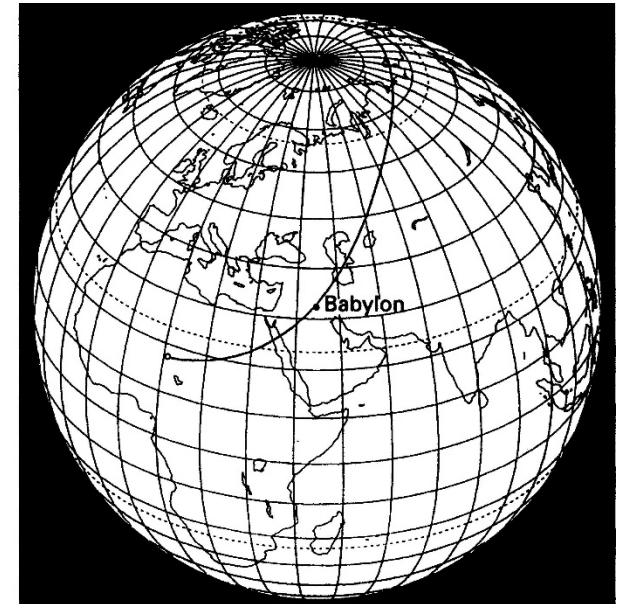
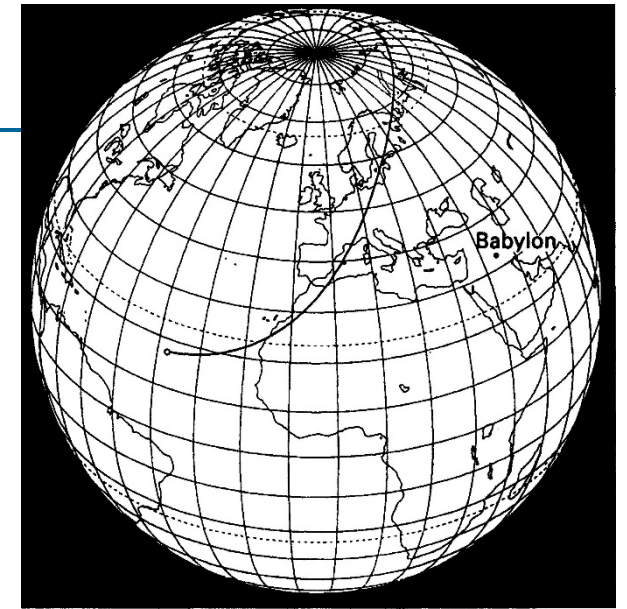
- Präzession/Nutation
- Polbewegung
- Rotationsgeschwindigkeit





# 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)

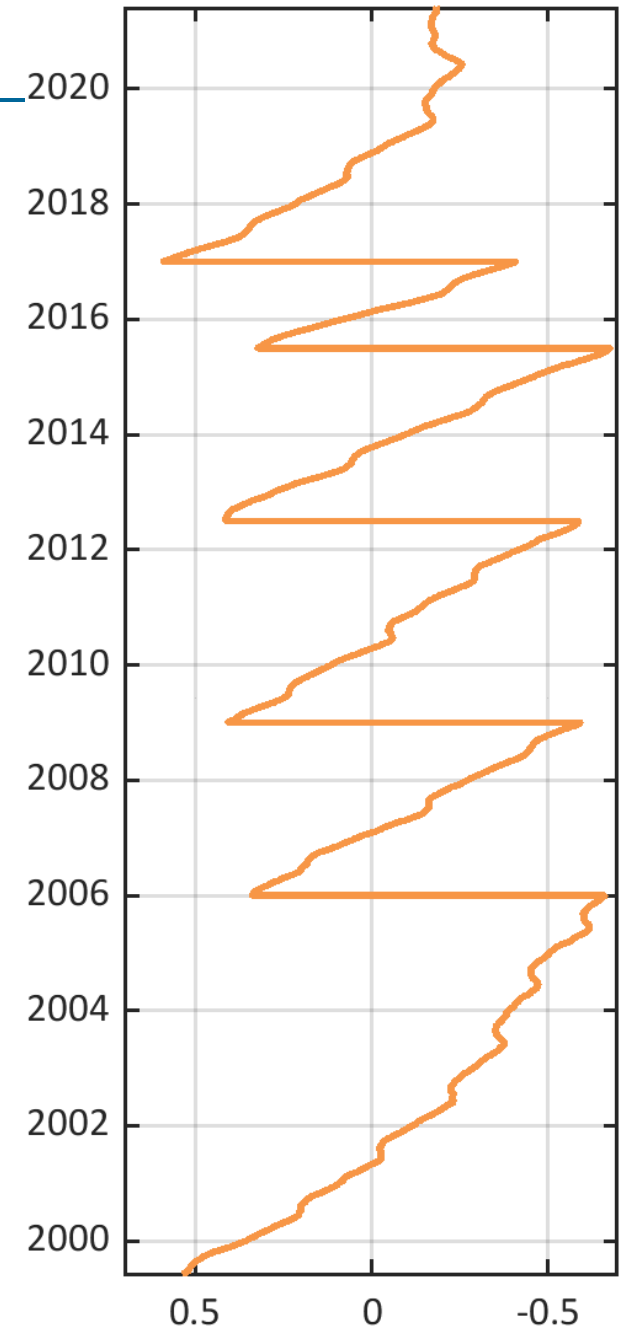


Totale Sonnenfinsternis beobachtet  
136 BC in Babylon (Stephenson 1997)

# 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.

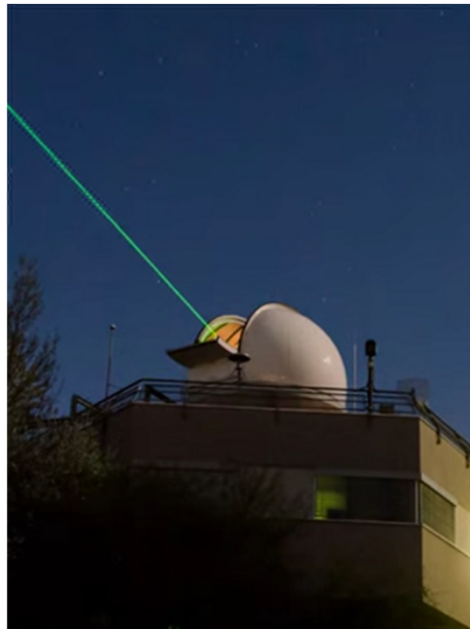


TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN  
DEPARTMENT FÜR GEODÄSIE  
UND GEOINFORMATION  
FORSCHUNGSBEREICH  
HÖHERE GEODÄSIE

# Realisierung: Internationale Terrestrische Referenzrahmen (ITRF2020)

---

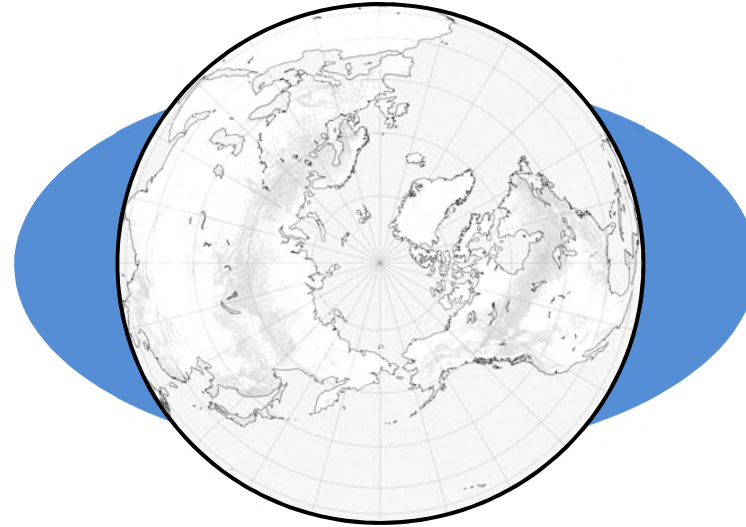
- Wir verwenden Geodätische Weltraumverfahren
  - Globale Satellitennavigationssysteme (GPS, Galileo, GLONASS, Beidou, ..)
  - Satellite Laser Ranging
  - Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite
  - Very Long Baseline Interferometry



# Ozeanische Gezeitenbremse

---

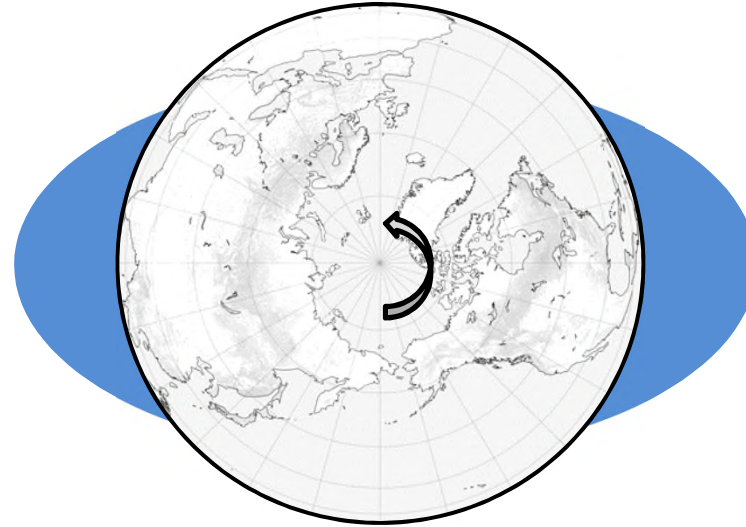
- Flutberge aufgrund Gezeitenkraft



# Ozeanische Gezeitenbremse

---

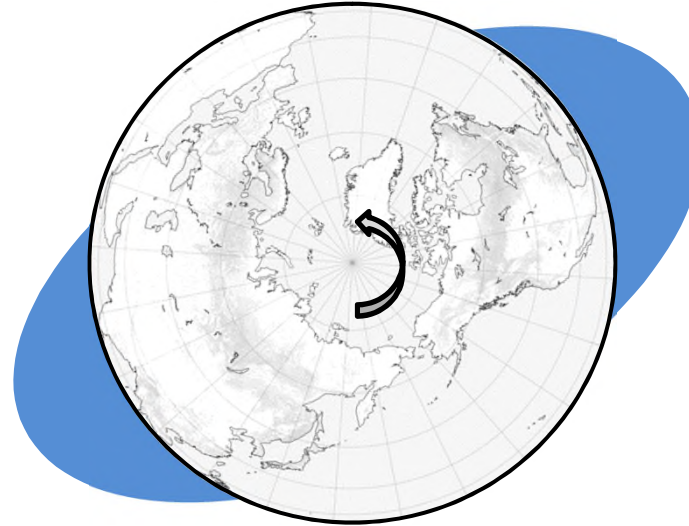
- Flutberge aufgrund Gezeitenkraft ...
- werden von rotierender Erde mitgenommen



# Ozeanische Gezeitenbremse

---

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

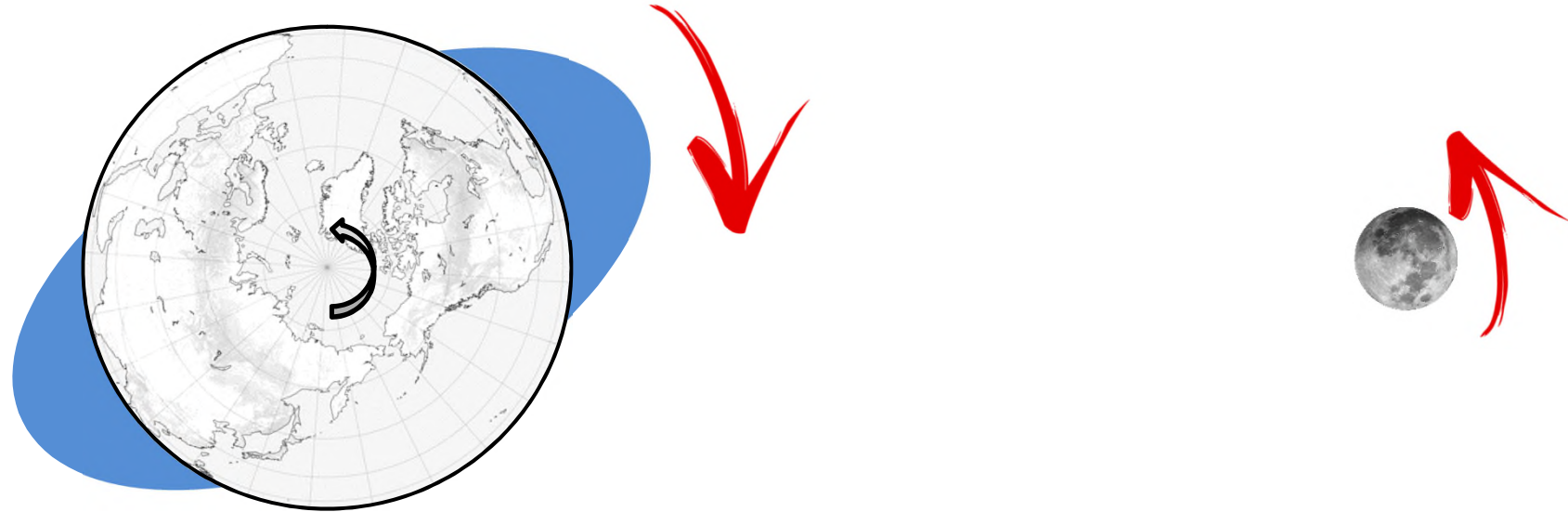




# Ozeanische Gezeitenbremse

---

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

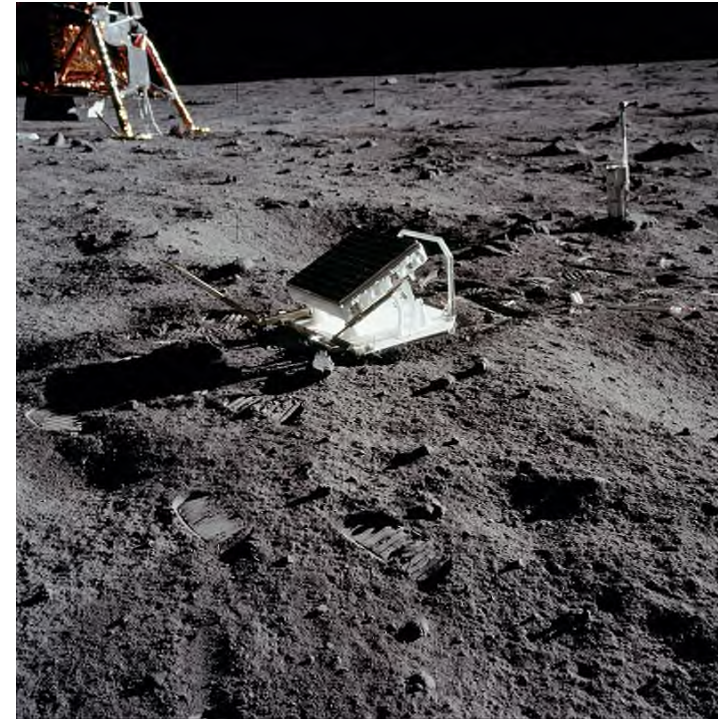




# Ozeanische Gezeitenbremse

---

- ... 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)

