

Zum Mond in einer Sekunde

Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen

Daniel Arnold

Nacht der Sterne
29. Juni 2019



Schnell, schneller, ...

- Licht bewegt sich nicht unendlich schnell, sondern hat eine endliche Geschwindigkeit, die **Lichtgeschwindigkeit**.



Schnell, schneller, ...

- Licht bewegt sich nicht unendlich schnell, sondern hat eine endliche Geschwindigkeit, die **Lichtgeschwindigkeit**.
- Licht fliegt furchtbar schnell, nichts fliegt schneller als Licht!

Schnell, schneller, ...

- Licht bewegt sich nicht unendlich schnell, sondern hat eine endliche Geschwindigkeit, die **Lichtgeschwindigkeit**.
- Licht fliegt furchtbar schnell, nichts fliegt schneller als Licht!

Lat. *celeritas*: "Geschwindigkeit"

$$c = 299'792'458 \text{ m/s}$$

Schnell, schneller, ...

- Licht bewegt sich nicht unendlich schnell, sondern hat eine endliche Geschwindigkeit, die **Lichtgeschwindigkeit**.
- Licht fliegt furchtbar schnell, nichts fliegt schneller als Licht!

Lat. *celeritas*: "Geschwindigkeit"

$$c = 299'792'458 \text{ m/s}$$

$$c = 1'079'252'848.8 \text{ km/h}$$

Übersicht

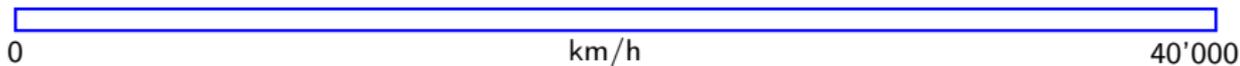
$$c = 1'079'252'848.8 \text{ km/h}$$

1. Digestif
2. Woher weiss man das?
3. Mit Licht Distanzen messen

Digestif

Digestif

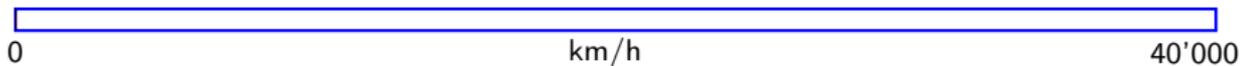
Wie *schnell* fliegt Licht?



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

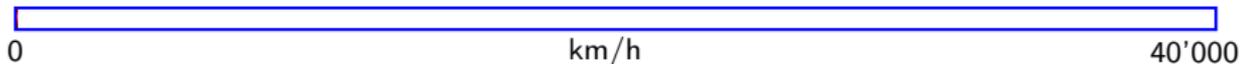
- Mensch, gehend: 5 km/h



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

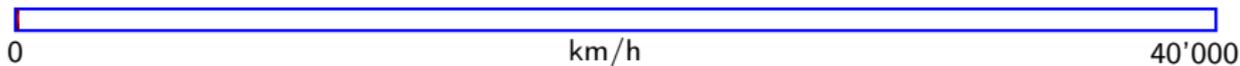
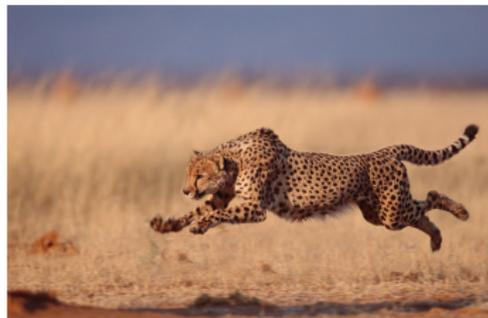
- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

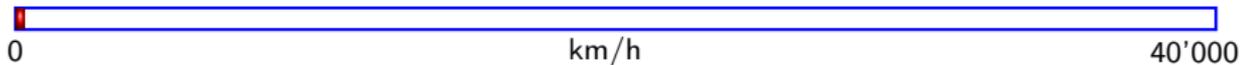
- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

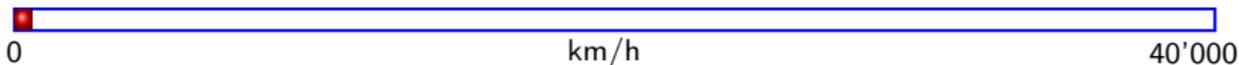
- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h
- Wanderfalke im Sturzflug: 320 km/h



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

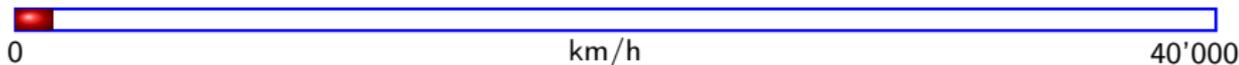
- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h
- Wanderfalke im Sturzflug: 320 km/h
- Shinkansen: 603 km/h



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h
- Wanderfalke im Sturzflug: 320 km/h
- Shinkansen: 603 km/h
- Schallgeschwindigkeit (Luft, 20°C): 1'236 km/h

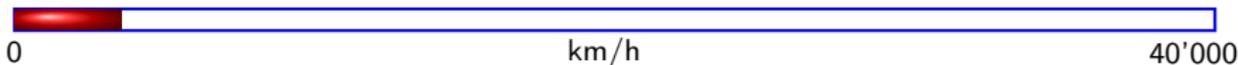


Digestif

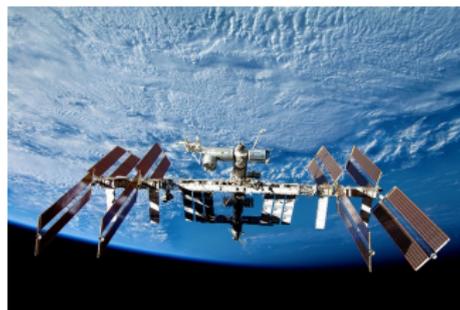


Wie *schnell* fliegt Licht?

- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h
- Wanderfalke im Sturzflug: 320 km/h
- Shinkansen: 603 km/h
- Schallgeschwindigkeit (Luft, 20°C): 1'236 km/h
- Schnellstes Flugzeug: 3'529 km/h



Digestif



Wie *schnell* fliegt Licht?

- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h
- Wanderfalke im Sturzflug: 320 km/h
- Shinkansen: 603 km/h
- Schallgeschwindigkeit (Luft, 20°C): 1'236 km/h
- Schnellstes Flugzeug: 3'529 km/h
- Internationale Raumstation: 27'600 km/h



Digestif

Wie *schnell* fliegt Licht?

- Mensch, gehend: 5 km/h
- Usain Bolt: 45 km/h
- Gepard: 120 km/h
- Wanderfalke im Sturzflug: 320 km/h
- Shinkansen: 603 km/h
- Schallgeschwindigkeit (Luft, 20°C): 1'236 km/h
- Schnellstes Flugzeug: 3'529 km/h
- Internationale Raumstation: 27'600 km/h
- Schnellste Menschen (Apollo 10): 39'897 km/h



0

km/h

40'000

Digestif



Dieser Massstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?

Digestif

0 km/h 40'000

Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

0 km/h 40'000

Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht-Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

0 km/h 40'000

Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht-Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

0 km/h 40'000

Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

0 km/h 40'000

Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

0 km/h 40'000

Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

0 km/h 40'000

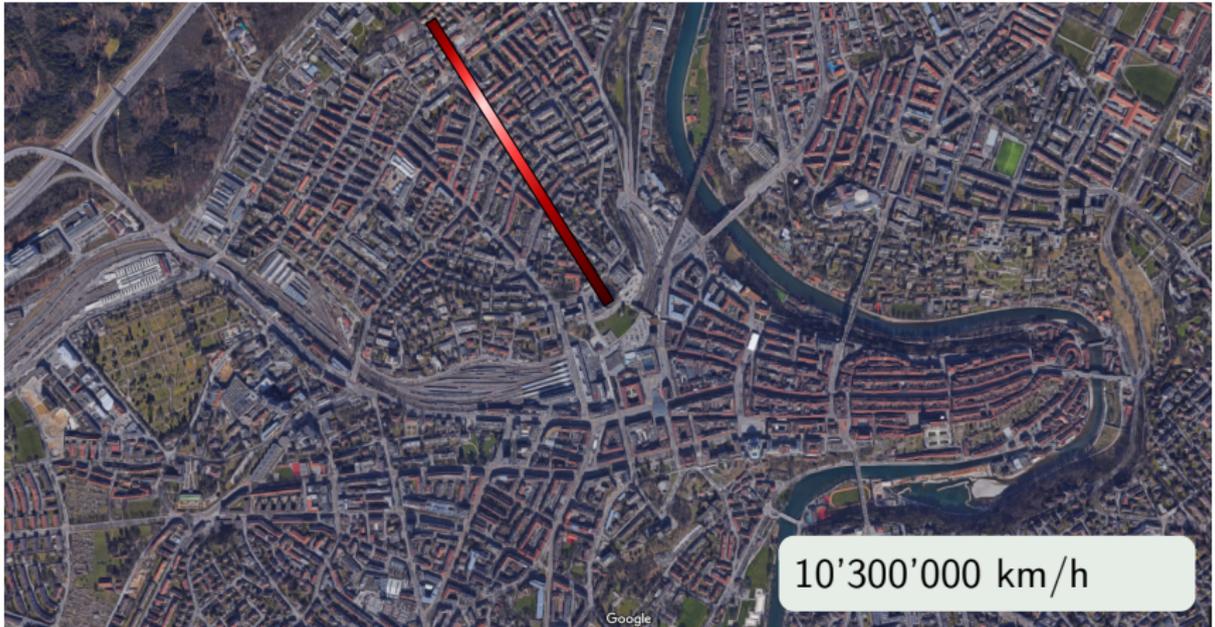
Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



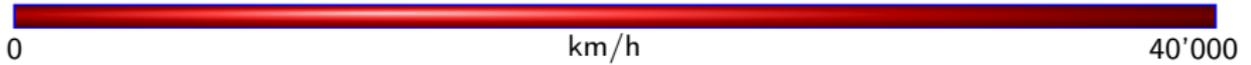
Digestif

0 km/h 40'000

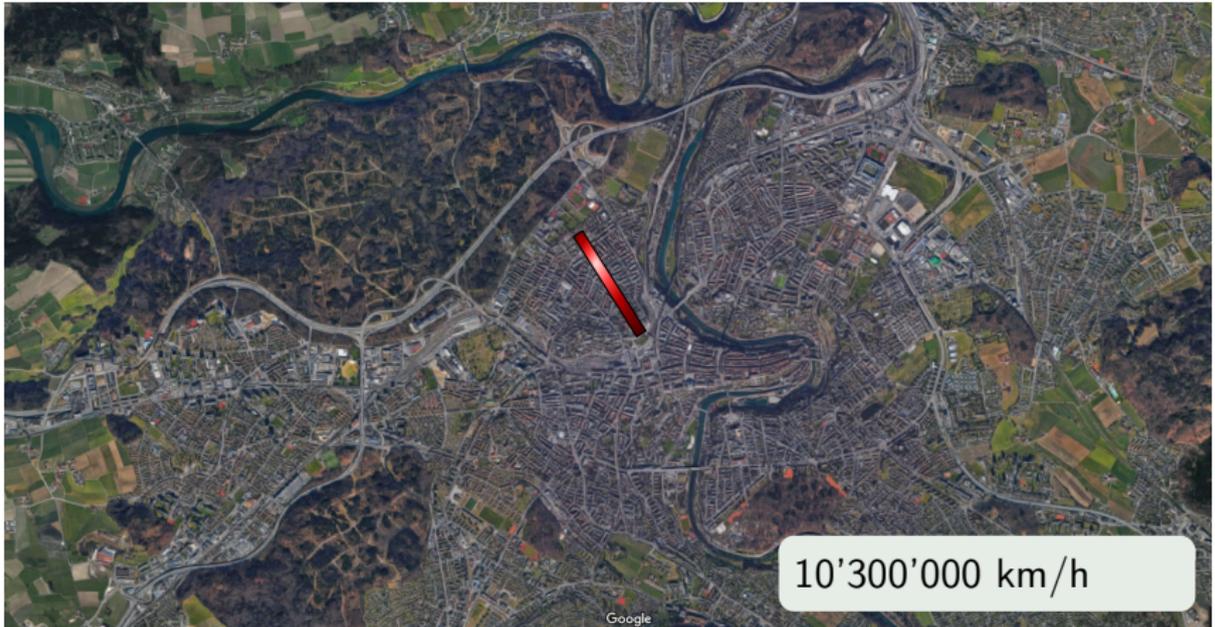
Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



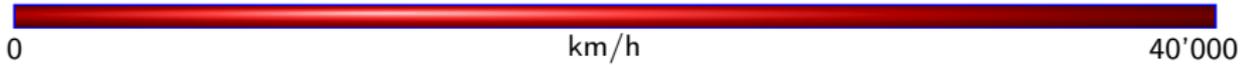
Digestif



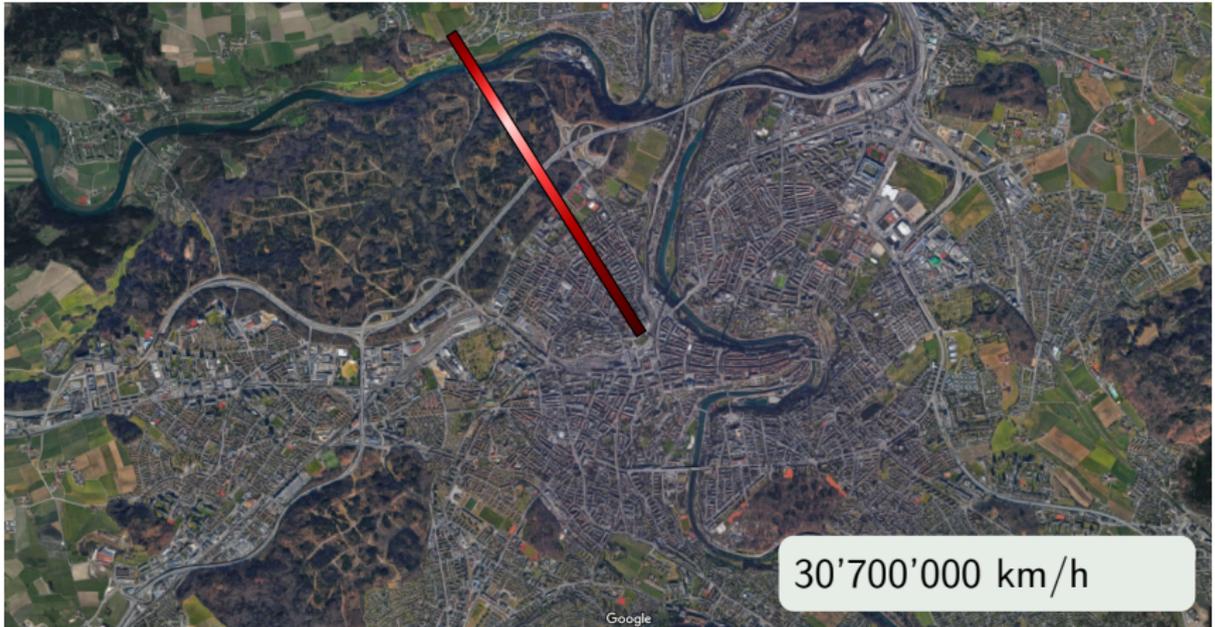
Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



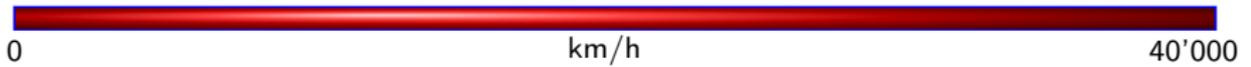
Digestif



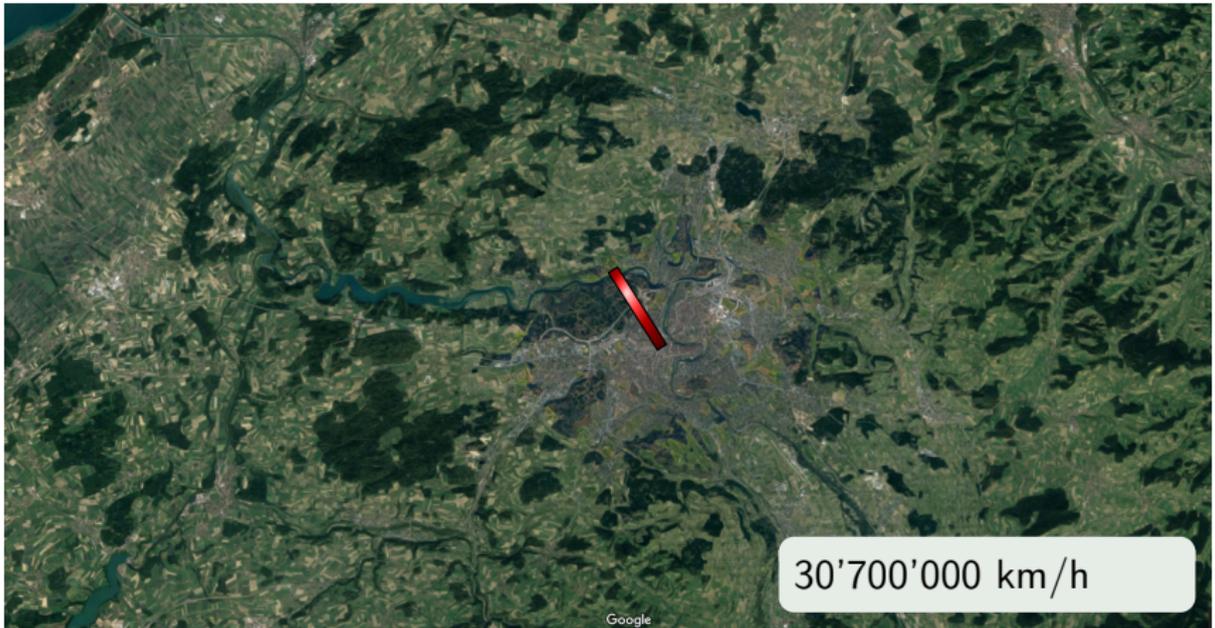
Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



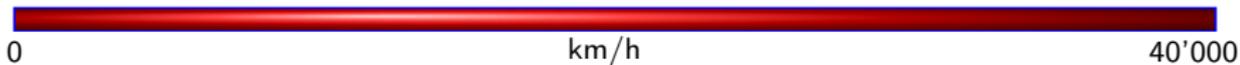
Digestif



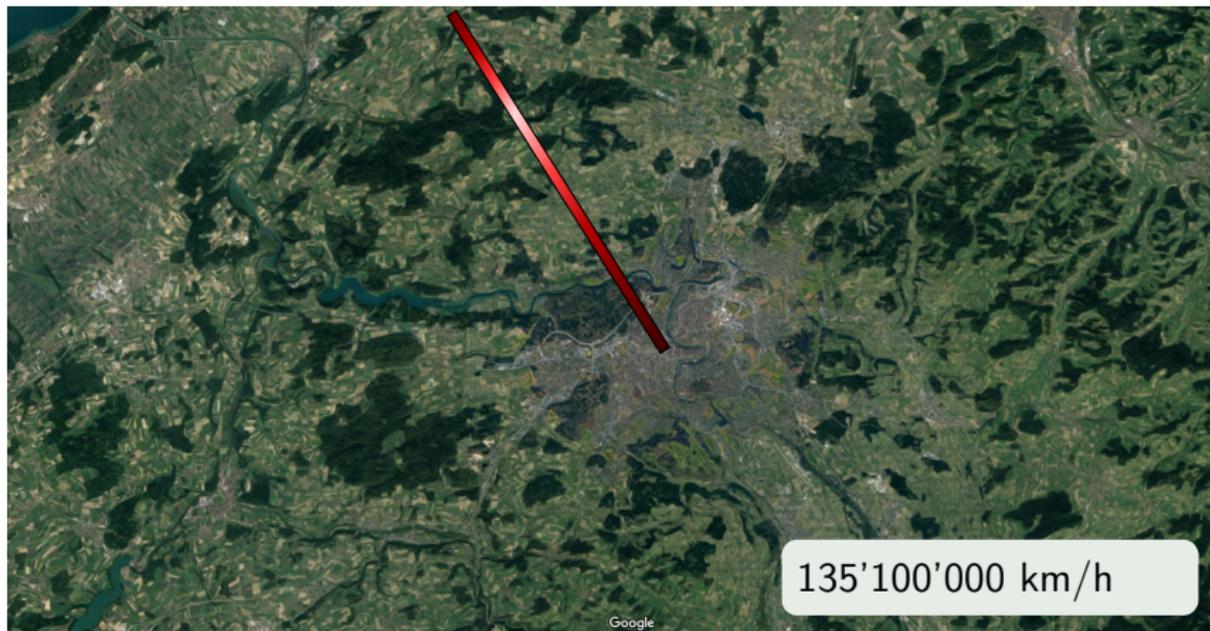
Dieser Massstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



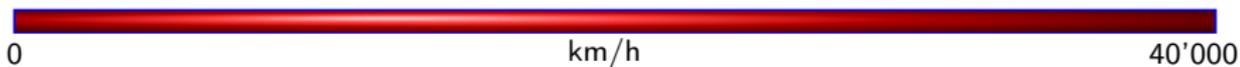
Digestif



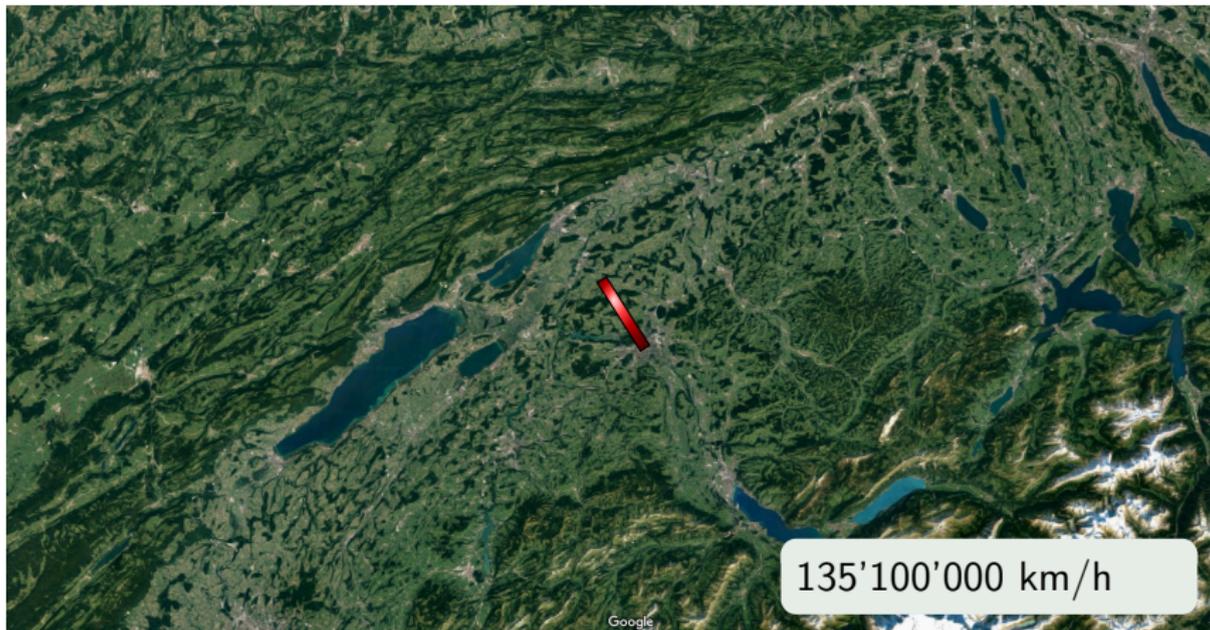
Dieser Massstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Digestif

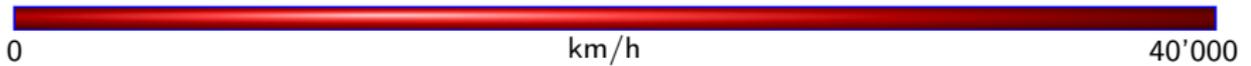


Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

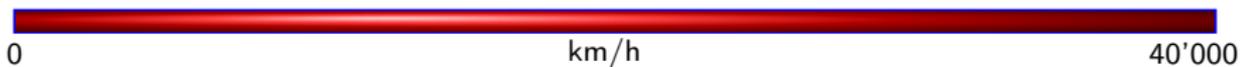
Digestif



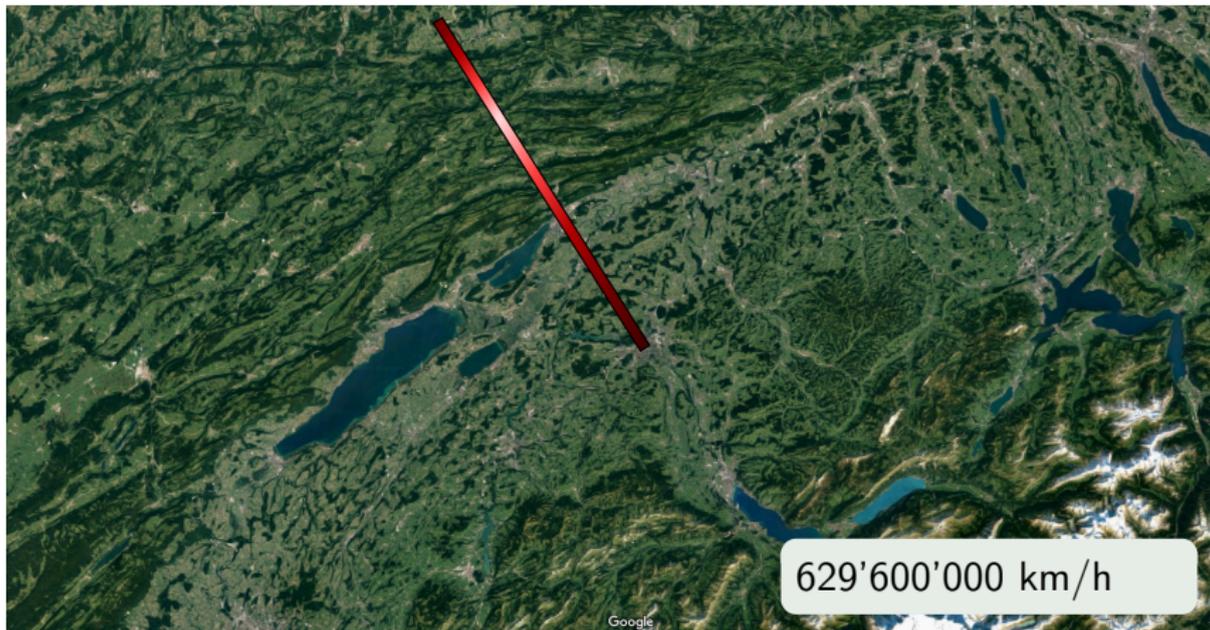
Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Digestif

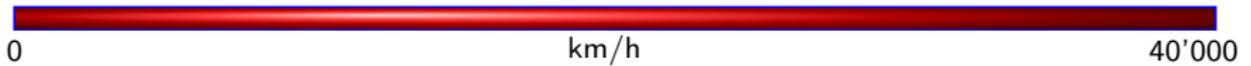


Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?

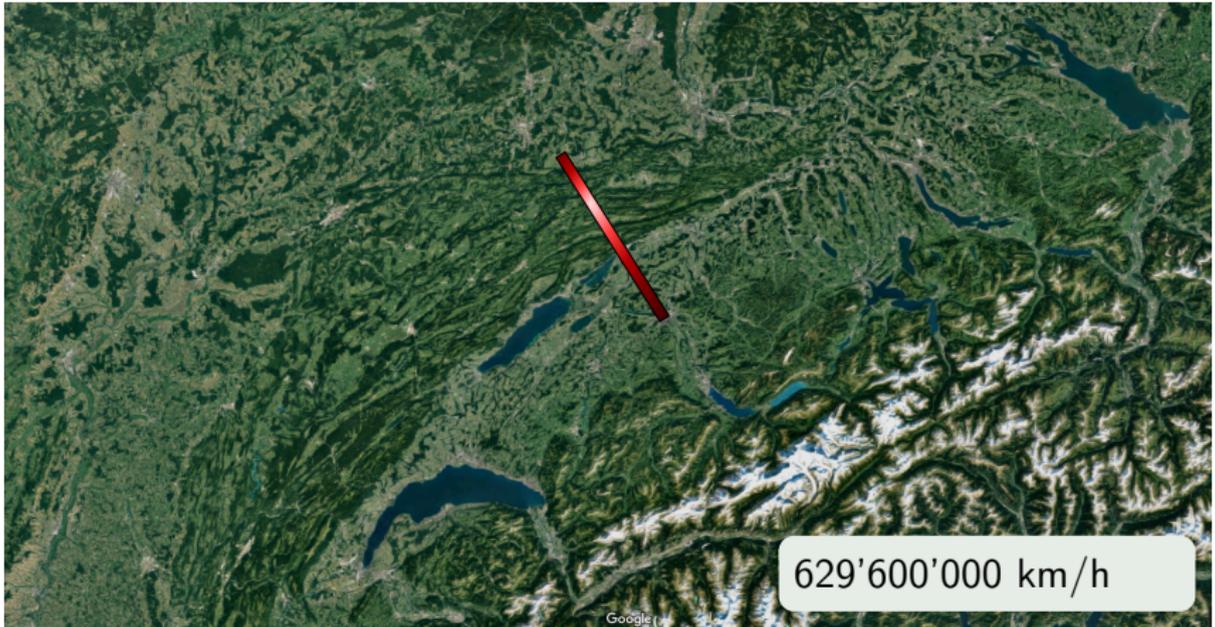


Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

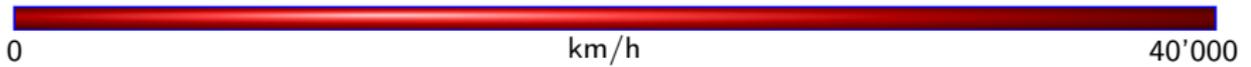
Digestif



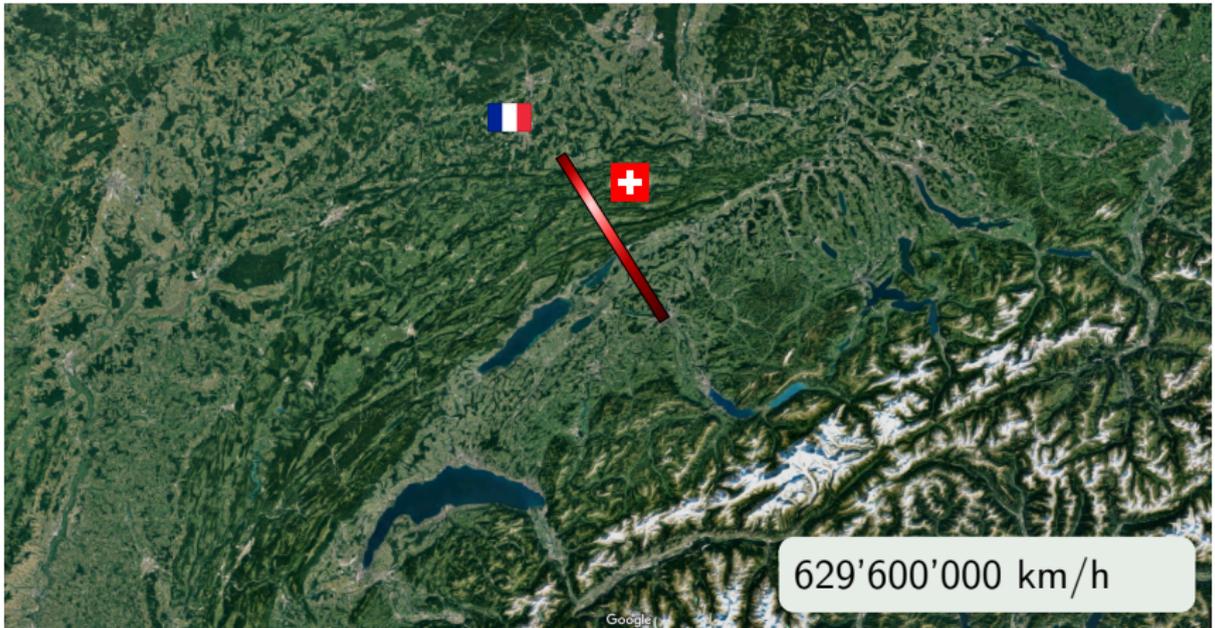
Dieser Massstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



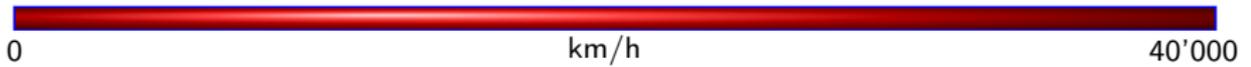
Digestif



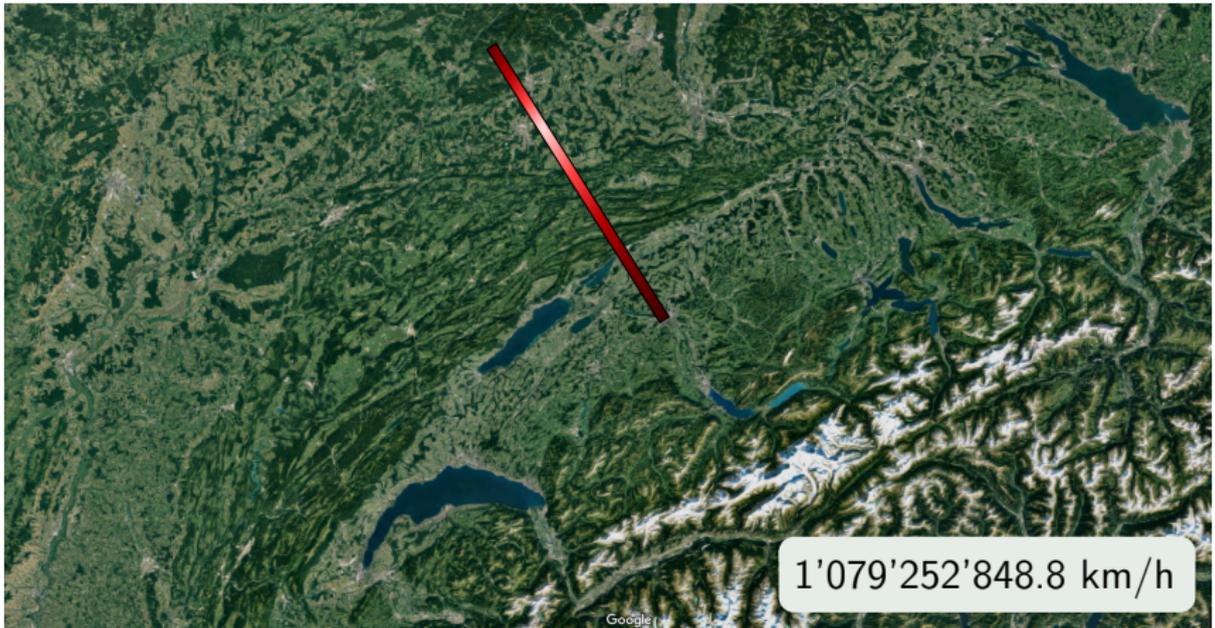
Dieser Massstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Digestif



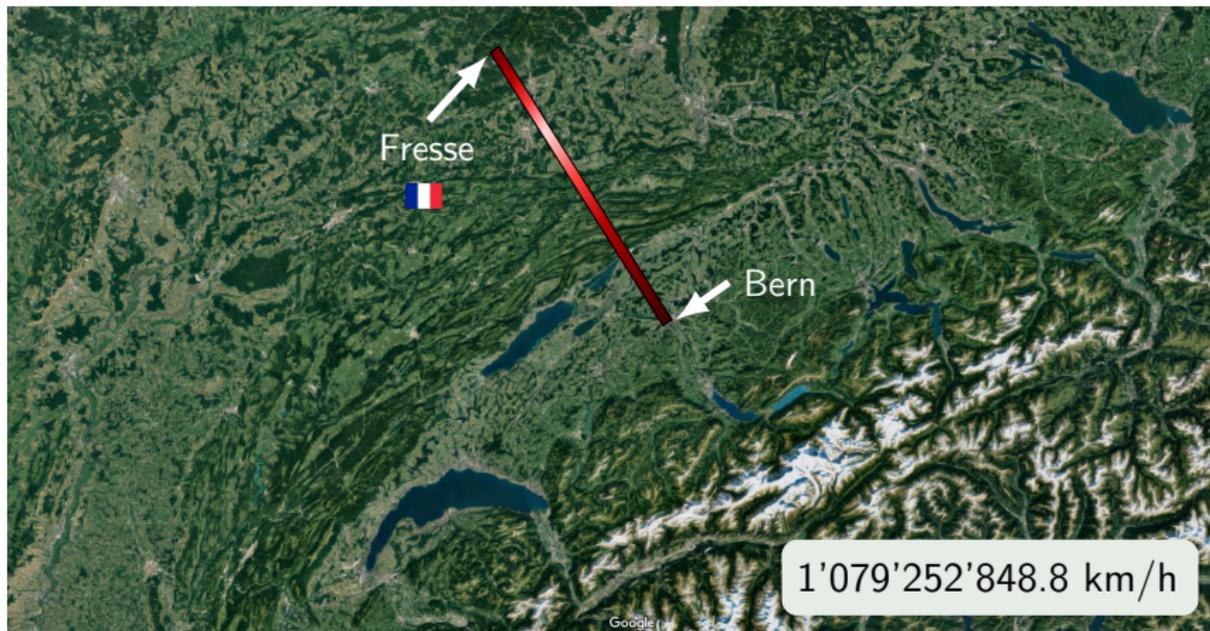
Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Digestif



Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?

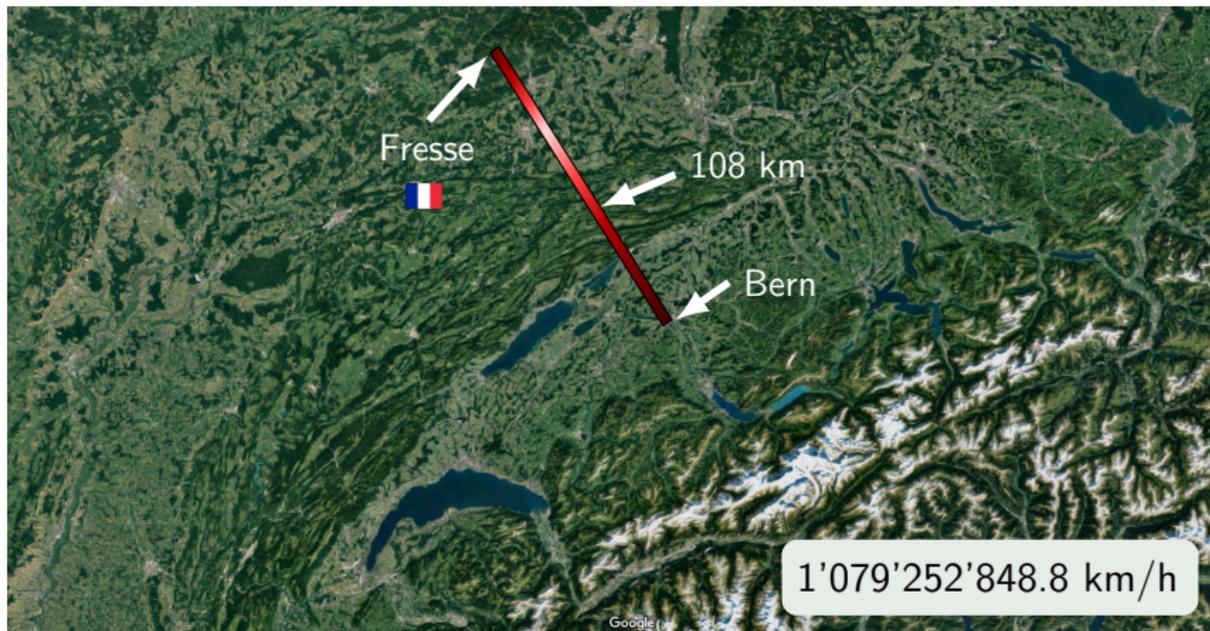


Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht-Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif



Dieser Masstab ist 4 m lang. Wie lang muss er sein, damit wir die Lichtgeschwindigkeit auftragen können?



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht-Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif

Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Digestif



Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

- ein Mensch, gehend: 8.8 Jahre

Digestif



Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

- ein Mensch, gehend: 8.8 Jahre
- Usain Bolt: 1 Jahr

Digestif



Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

- ein Mensch, gehend: 8.8 Jahre
- Usain Bolt: 1 Jahr
- der Shinkansen: 26.6 Tage

Digestif



Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

- ein Mensch, gehend: 8.8 Jahre
- Usain Bolt: 1 Jahr
- der Shinkansen: 26.6 Tage
- das schnellste Flugzeug: 4.5 Tage

Digestif

Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

- ein Mensch, gehend: 8.8 Jahre
- Usain Bolt: 1 Jahr
- der Shinkansen: 26.6 Tage
- das schnellste Flugzeug: 4.5 Tage
- ...
- ein Lichtblitz: 1.3 Sekunden

Digestif

Der Mond ist von der Erde im Mittel etwa 385'000 km entfernt. Um zum Mond zu gelangen braucht

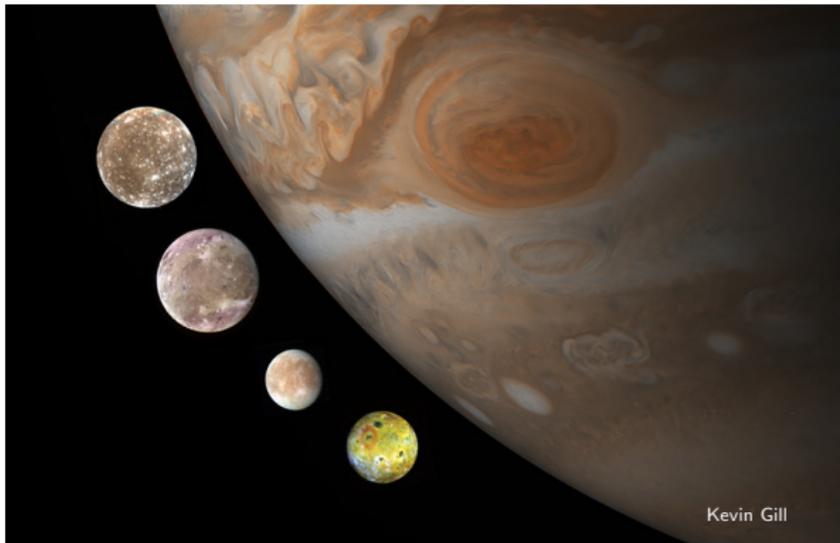
- ein Mensch, gehend: 8.8 Jahre
- Usain Bolt: 1 Jahr
- der Shinkansen: 26.6 Tage
- das schnellste Flugzeug: 4.5 Tage
- ...
- ein Lichtblitz: 1.3 Sekunden

Zum Mond in einer Sekunde...

Woher weiss man das?

Woher weiss man das?

Jupiter und seine vier grössten Monde: Kallisto, Ganymed, Europa, Io



- Galileo Galilei entdeckte die vier Monde 1610.
- Ihre Bewegung diente im 17. Jh. in der Seefahrt als Uhr.

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



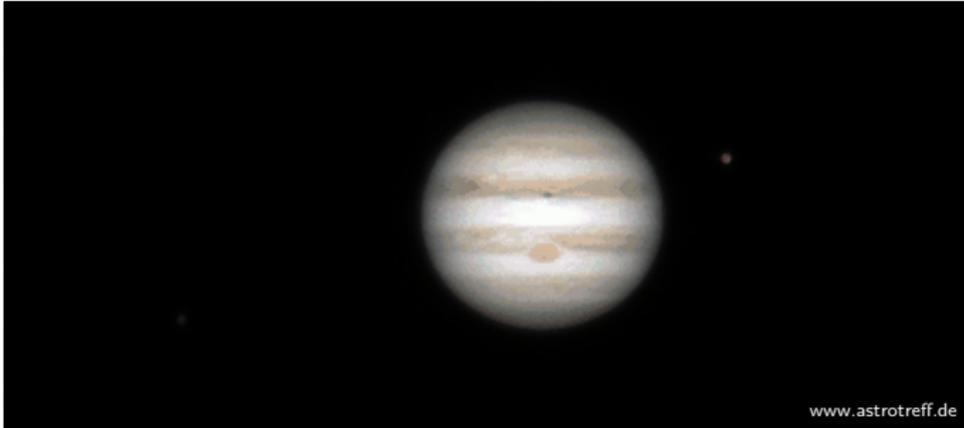
- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



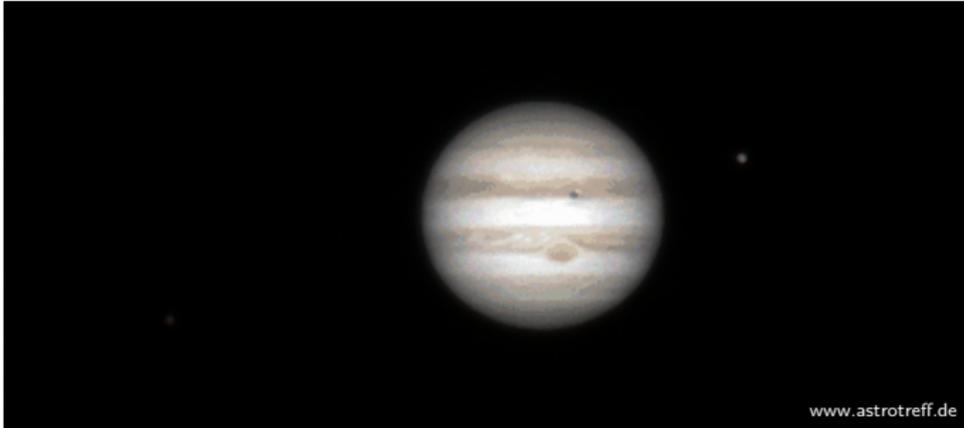
- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



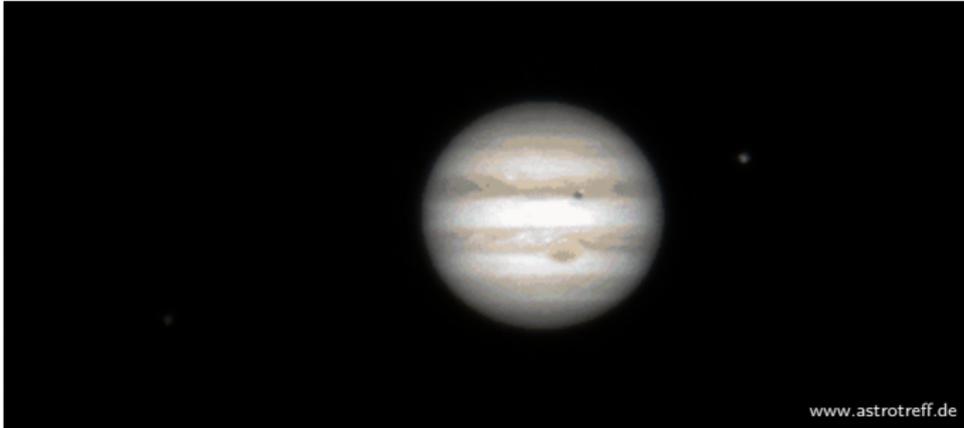
- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



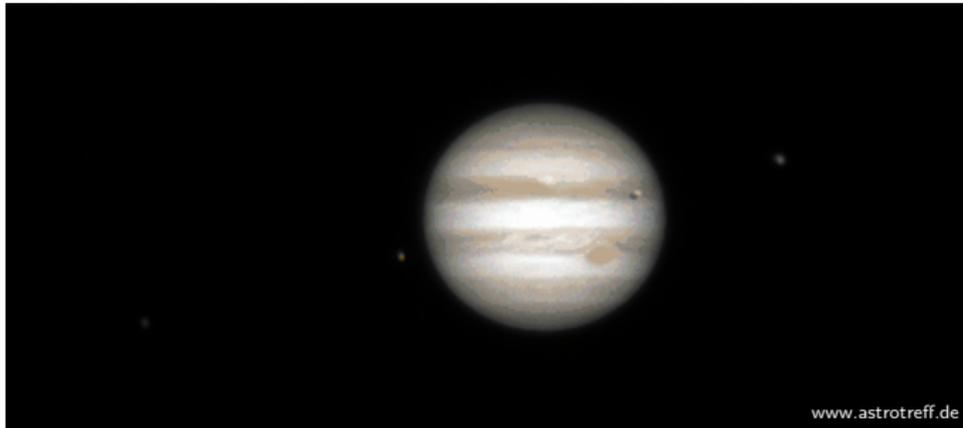
- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



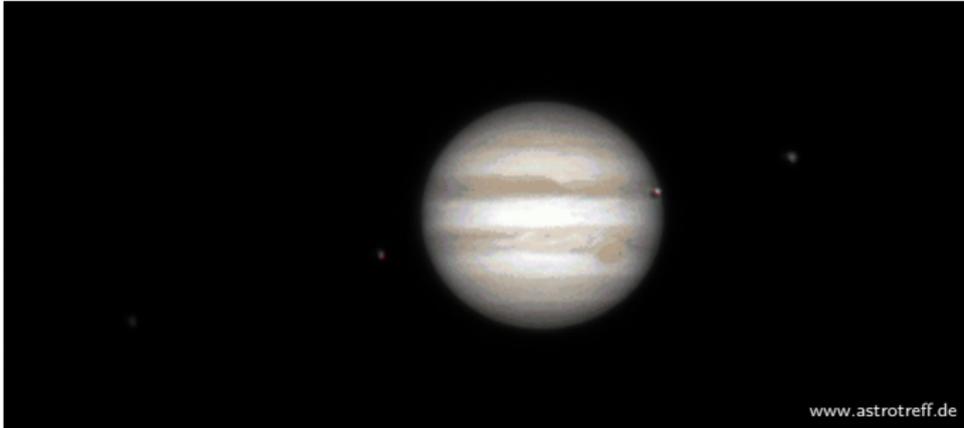
- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



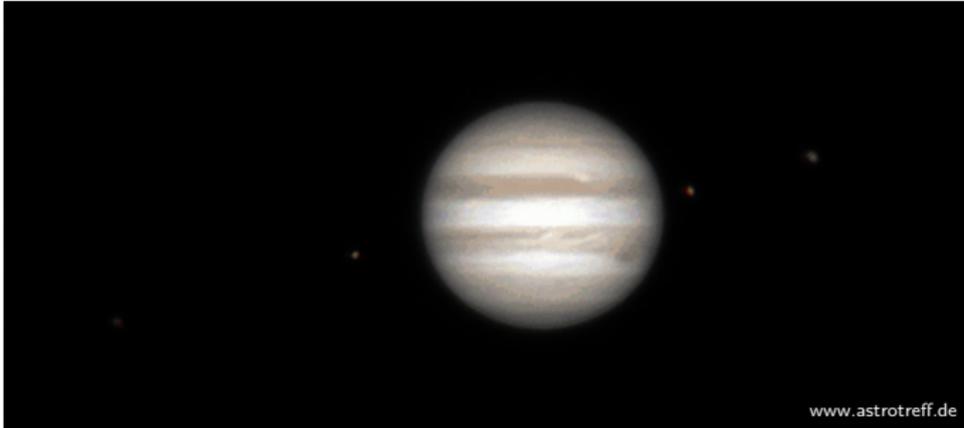
- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?



- Auf See beobachtete man die Ein- und Austritte der Monde aus dem Jupiterschatten.
- Umlaufzeiten der Monde sehr genau bekannt → man konnte die Schattenein- und austritte sehr genau vorhersagen und damit **auf See die Zeit bestimmen.**

Woher weiss man das?

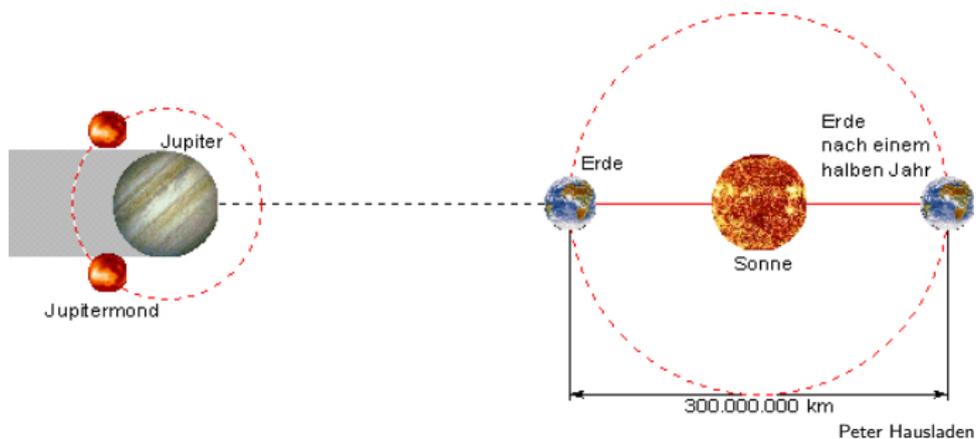
1676 stellt der dänische Astronom Ole Rømer fest, dass die beobachteten Schattenein- und austritte der Jupitermonde **systematisch von den vorausberechneten abwichen**.

→ Im Laufe eines Jahres gingen die Monde zunehmend vor, dann zunehmend nach.



Woher weiss man das?

Rømer führte die Abweichungen auf die Bewegungen der Erde um die Sonne und damit auf die unterschiedlichen Laufzeiten des Lichts zurück.



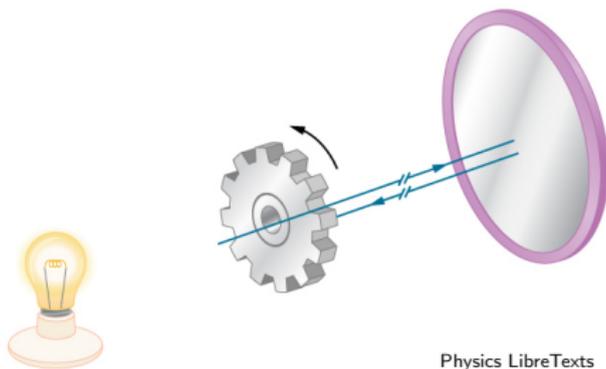
1678 bestimmte der niederländische Astronom Christiaan Huygens mittels Rømers Überlegungen die Lichtgeschwindigkeit zu $213'000 \text{ km/s}$.

Woher weiss man das?

- Der französische Physiker Armand Fizeau konnte 1849 mit seiner **Zahnradmethode** die Lichtgeschwindigkeit das erste Mal “im Labor” bestimmen. Er fand 315'000 km/s.

Woher weiss man das?

- Der französische Physiker Armand Fizeau konnte 1849 mit seiner **Zahnradmethode** die Lichtgeschwindigkeit das erste Mal “im Labor” bestimmen. Er fand 315'000 km/s.



Physics LibreTexts

Woher weiss man das?

- Der französische Physiker Armand Fizeau konnte 1849 mit seiner **Zahnradmethode** die Lichtgeschwindigkeit das erste Mal “im Labor” bestimmen. Er fand 315'000 km/s.
- Mit weiteren Methoden wurde die Lichtgeschwindigkeit immer genauer bestimmt. 1972 betrug die beste Messung $299'792'456.2 \pm 1.1$ m/s.

Woher weiss man das?

- Der französische Physiker Armand Fizeau konnte 1849 mit seiner **Zahnradmethode** die Lichtgeschwindigkeit das erste Mal “im Labor” bestimmen. Er fand 315'000 km/s.
- Mit weiteren Methoden wurde die Lichtgeschwindigkeit immer genauer bestimmt. 1972 betrug die beste Messung $299'792'456.2 \pm 1.1$ m/s.
- 1983 **definierte man den Meter neu** als diejenige Strecke, die Licht im Vakuum im 299'792'458sten Teil einer Sekunde zurücklegt. Logischerweise beträgt seither die Lichtgeschwindigkeit *exakt* 299'792'458 m/s.

Mit Licht Distanzen messen

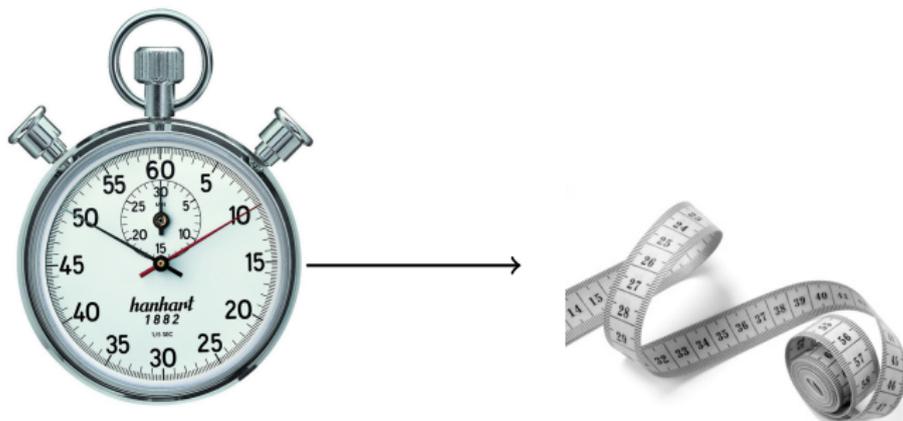
Mit Licht Distanzen messen

- Die Lichtgeschwindigkeit gibt an, welche Strecke ein Lichtblitz in einer gewissen Zeit zurücklegt.



Mit Licht Distanzen messen

- Die Lichtgeschwindigkeit gibt an, welche Strecke ein Lichtblitz in einer gewissen Zeit zurücklegt.



- Kann man die Zeit sehr genau messen, die ein Lichtblitz benötigt, um eine gewisse Strecke zurückzulegen, kann man so diese Strecke messen.

Mit Licht Distanzen messen

- Ein **Laser-Strahl** wird losgeschickt, reflektiert und wieder empfangen.



Mit Licht Distanzen messen



- Ein **Laser-Strahl** wird losgeschickt, reflektiert und wieder empfangen.
- Es wird die **Zeit t** gemessen die zwischen Aussenden und Empfangen verstreicht.

Mit Licht Distanzen messen



- Ein **Laser-Strahl** wird losgeschickt, reflektiert und wieder empfangen.
- Es wird die **Zeit t** gemessen die zwischen Aussenden und Empfangen verstreicht.
- Die **Distanz d** bis zum Objekt ist dann

$$d = \frac{c \cdot t}{2}.$$

Mit Licht Distanzen messen



- Ein **Laser-Strahl** wird losgeschickt, reflektiert und wieder empfangen.
- Es wird die **Zeit t** gemessen die zwischen Aussenden und Empfangen verstreicht.
- Die **Distanz d** bis zum Objekt ist dann
$$d = \frac{c \cdot t}{2} .$$
- Bei $d = 1$ m kommt das Licht nach 6.7 milliardstel einer Sekunde zurück

Mit Licht Distanzen messen



- Ein **Laser-Strahl** wird losgeschickt, reflektiert und wieder empfangen.
- Es wird die **Zeit t** gemessen die zwischen Aussenden und Empfangen verstreicht.
- Die **Distanz d** bis zum Objekt ist dann
$$d = \frac{c \cdot t}{2} .$$
- Bei $d = 1$ m kommt das Licht nach 6.7 milliardstel einer Sekunde zurück
- Handelsübliche Geräte messen so Strecken von z.T. über 100 m auf mm-Genauigkeit.

Satellite Laser Ranging (SLR)

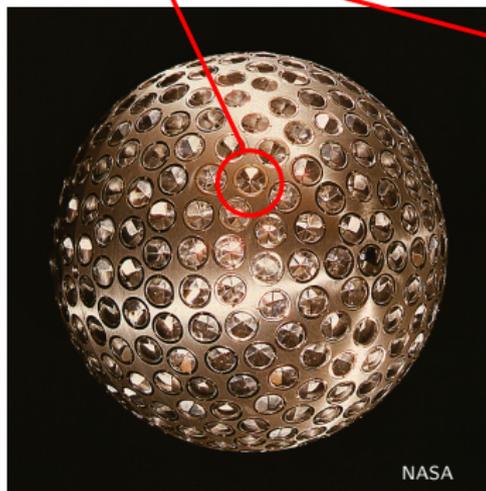
- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.

Satellite Laser Ranging (SLR)

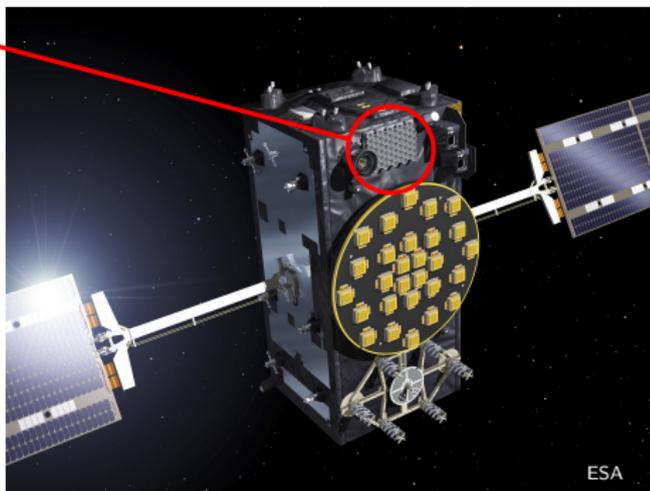
- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit Retroreflektoren ausgestattet sind.

Satellite Laser Ranging (SLR)

- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit **Retroreflektoren** ausgestattet sind.



LAGEOS



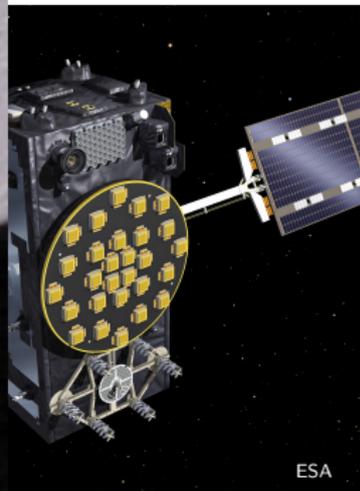
Galileo

Satellite Laser Ranging (SLR)

- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit **Retroreflektoren** ausgestattet sind.



LAGEOS



Galileo

Satellite Laser Ranging (SLR)

- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit Retroreflektoren ausgestattet sind.
- **Satellite Laser Ranging = "Satelliten-Laserentfernungsmessung"**

Satellite Laser Ranging (SLR)

- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit Retroreflektoren ausgestattet sind.
- **Satellite Laser Ranging = "Satelliten-Laserentfernungsmessung"**
- Gut zielen!

Satellit	Höhe	Lichtlaufzeit	Satellitengeschwindigkeit
LAGEOS	5'900 km	2×0.02 s	5.7 km/s (20'518 km/h)
Galileo	23'222 km	2×0.08 s	3.7 km/s (13'211 km/h)

Satellite Laser Ranging (SLR)

- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit Retroreflektoren ausgestattet sind.
- **Satellite Laser Ranging = "Satelliten-Laserentfernungsmessung"**
- Gut zielen!

Satellit	Höhe	Lichtlaufzeit	Satellitengeschwindigkeit
LAGEOS	5'900 km	2×0.02 s	5.7 km/s (20'518 km/h)
Galileo	23'222 km	2×0.08 s	3.7 km/s (13'211 km/h)

- Trotzdem: cm-Genauigkeit!

Satellite Laser Ranging (SLR)

- Dank seinen Eigenschaften ist ein genügend starker Laser in der Lage sehr grosse Distanzen zu messen.
- Man schafft es so, Distanzen zu Satelliten zu messen, die mit Retroreflektoren ausgestattet sind.
- **Satellite Laser Ranging = "Satelliten-Laserentfernungsmessung"**
- Gut zielen!

Satellit	Höhe	Lichtlaufzeit	Satellitengeschwindigkeit
LAGEOS	5'900 km	2×0.02 s	5.7 km/s (20'518 km/h)
Galileo	23'222 km	2×0.08 s	3.7 km/s (13'211 km/h)

- Trotzdem: cm-Genauigkeit!
- Es müssen zahlreiche Effekte berücksichtigt werden, die die Ausbreitung des Lichts beeinflussen: Atmosphäre, relativistische Effekte...

Satellite Laser Ranging (SLR)

Sternwarte Zimmerwald (7 km südlich der Stadt Bern) des
Astronomischen Instituts der Universität Bern:



Satellite Laser Ranging (SLR)

Sternwarte Zimmerwald (7 km südlich der Stadt Bern) des
Astronomischen Instituts der Universität Bern:



1-Meter Zimmerwald Laser- und Astrometrie-Teleskop
(ZIMLAT)

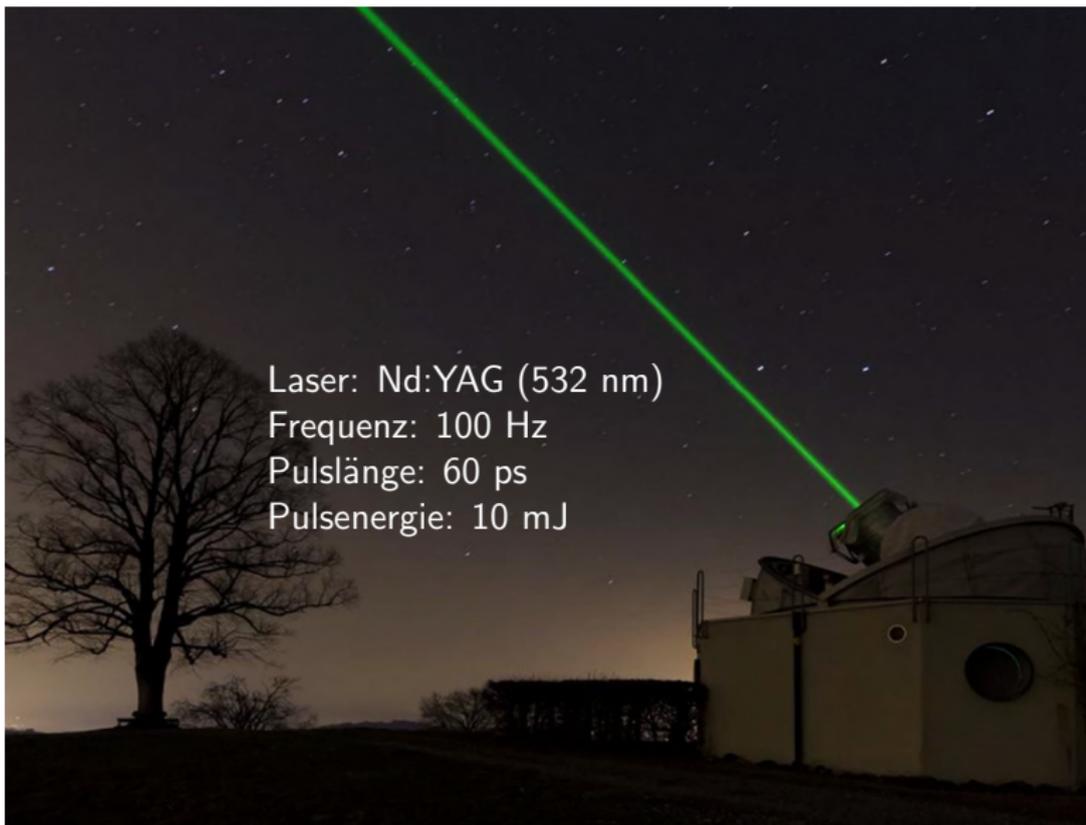
Satellite Laser Ranging (SLR)



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Satellite Laser Ranging (SLR)

Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019



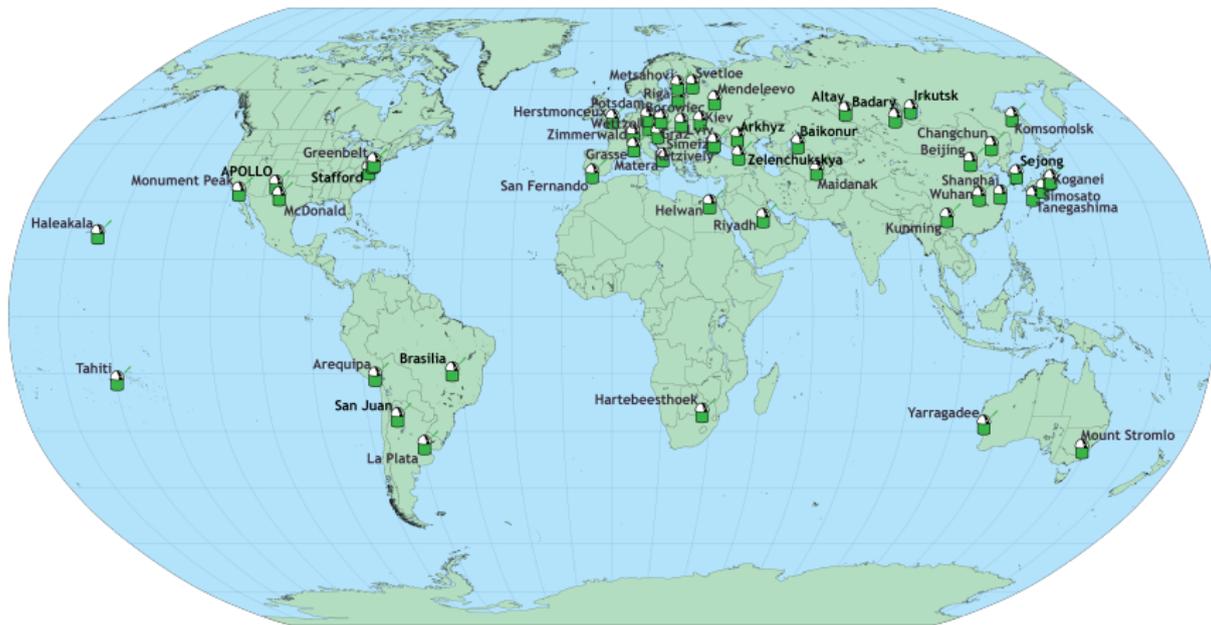
Satellite Laser Ranging (SLR)



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Satellite Laser Ranging (SLR)

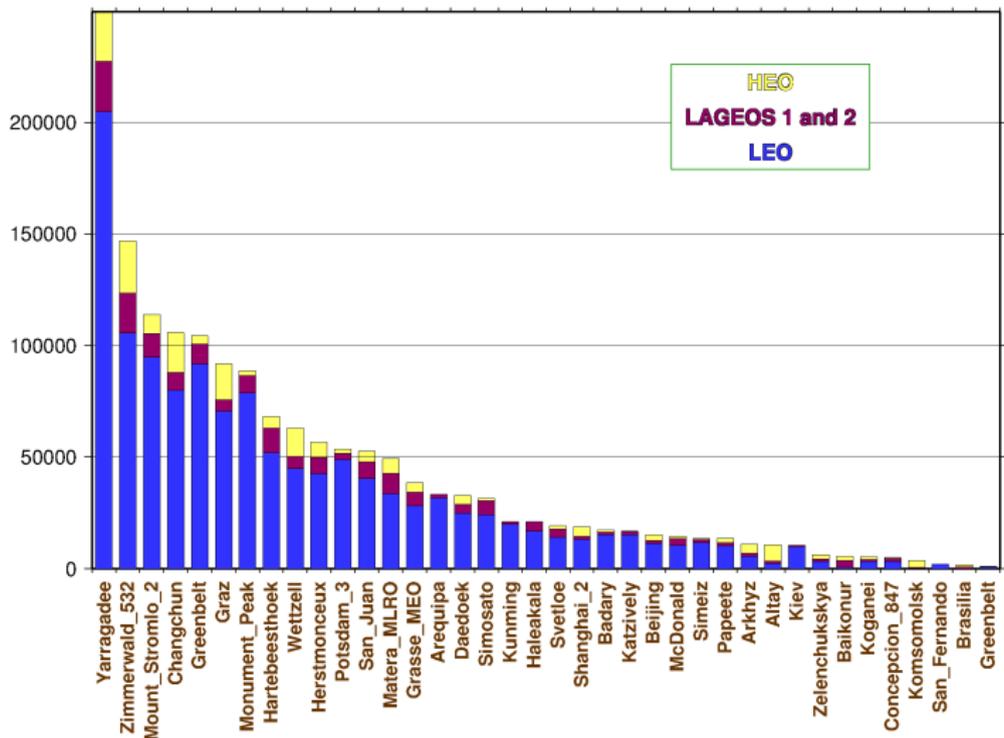
SLR-Stationen des International Laser Ranging Service (ILRS):



Stand: Mai 2016

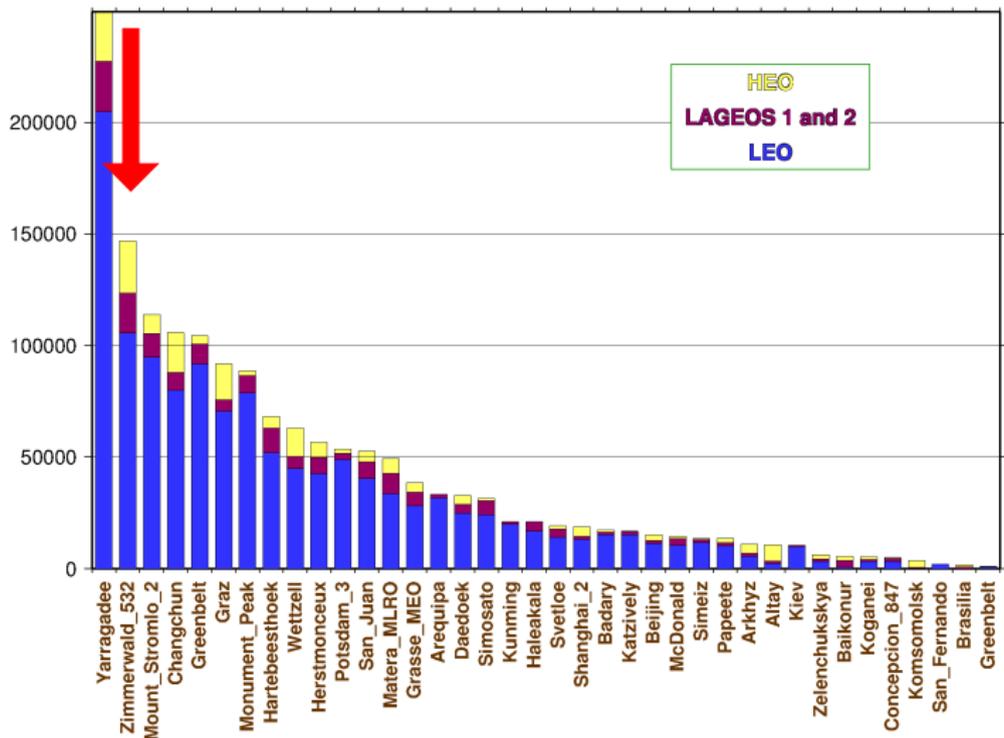
Satellite Laser Ranging (SLR)

Anzahl der SLR-Messungen von Oktober 2013 bis September 2014:



Satellite Laser Ranging (SLR)

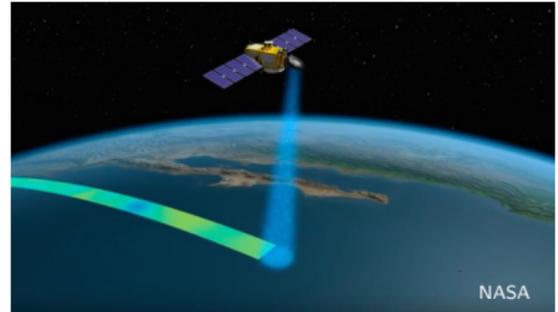
Anzahl der SLR-Messungen von Oktober 2013 bis September 2014:



SLR: Validierung



Sentinel-3

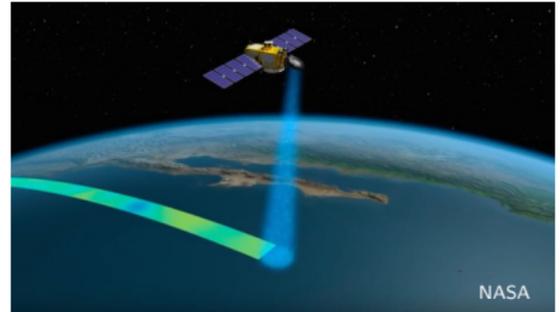


- **Altimetriesatelliten** messen z.B. die Meereshöhe

SLR: Validierung



Sentinel-3



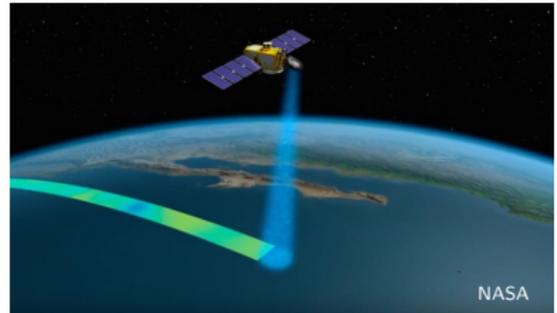
- **Altimetriesatelliten** messen z.B. die Meereshöhe
- Dazu muss man **auf cm genau** wissen, wo der Satellit ist

SLR: Validierung

GPS-Antennen



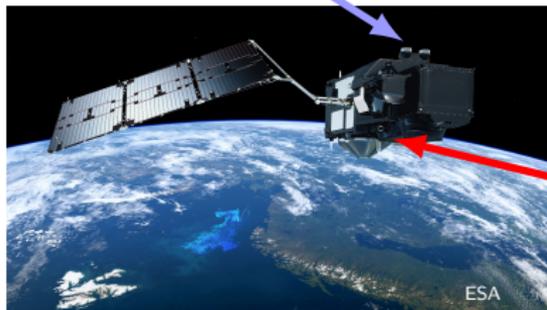
Sentinel-3



- **Altimetriesatelliten** messen z.B. die Meereshöhe
- Dazu muss man **auf cm genau** wissen, wo der Satellit ist
- Dies erreicht man mit GPS

SLR: Validierung

GPS-Antennen



Sentinel-3

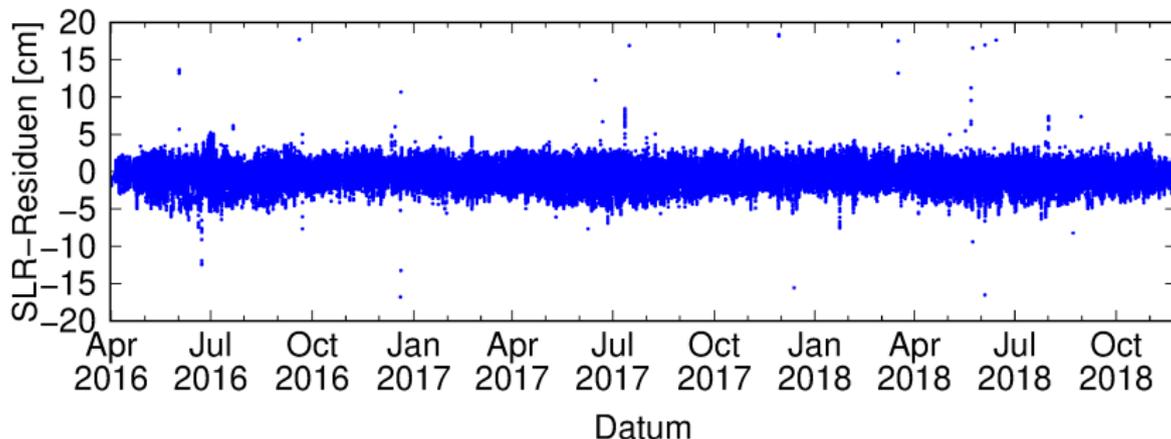
- **Altimetriesatelliten** messen z.B. die Meereshöhe
- Dazu muss man **auf cm genau** wissen, wo der Satellit ist
- Dies erreicht man mit GPS
- SLR ermöglicht eine **unabhängige Überprüfung** der berechneten Umlaufbahnen

SLR: Validierung

GPS-Antennen



Sentinel-3A



Etwa 143'000 SLR-Messungen von 17 SLR-Stationen

SLR: Geodäsie

Mit SLR kann man aber auch viele Größen messen, die die Erde als Ganzes beschreiben:

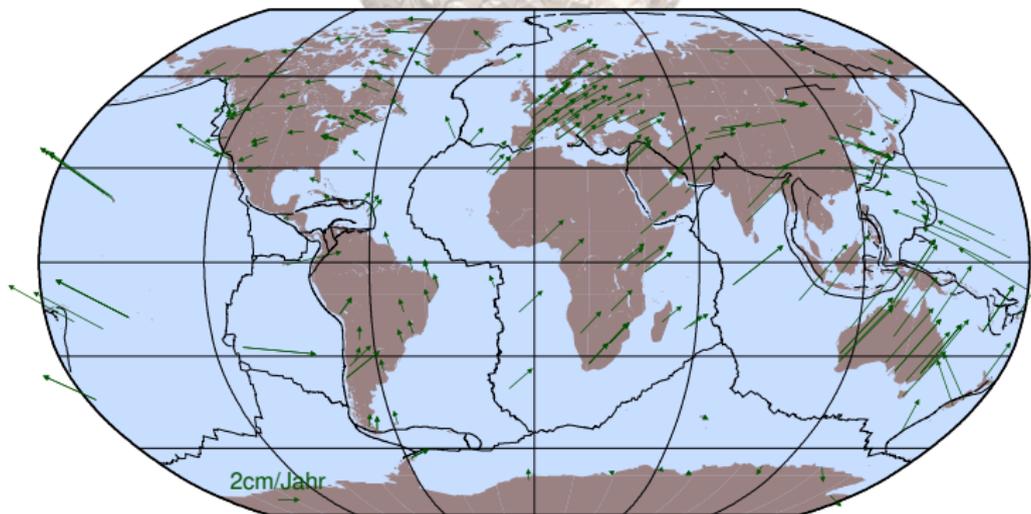
- die Positionen und Geschwindigkeiten der SLR-Stationen (Plattentektonik, Referenzsysteme)



SLR: Geodäsie

Mit SLR kann man aber auch viele Grössen messen, die die Erde als Ganzes beschreiben:

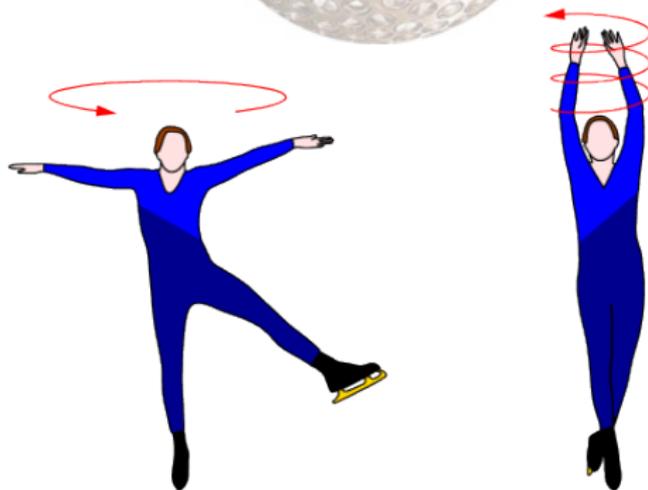
- die Positionen und Geschwindigkeiten der SLR-Stationen (Plattentektonik, Referenzsysteme)



SLR: Geodäsie

Mit SLR kann man aber auch viele Größen messen, die die Erde als Ganzes beschreiben:

- die Positionen und Geschwindigkeiten der SLR-Stationen (Plattentektonik, Referenzsysteme)
- die Erdrotation



SLR: Geodäsie

Mit SLR kann man aber auch viele Größen messen, die die Erde als Ganzes beschreiben:

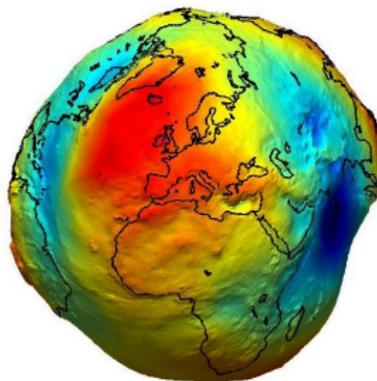
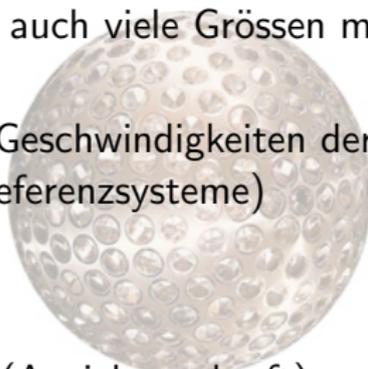
- die Positionen und Geschwindigkeiten der SLR-Stationen (Plattentektonik, Referenzsysteme)
- die Erdrotation
- ...



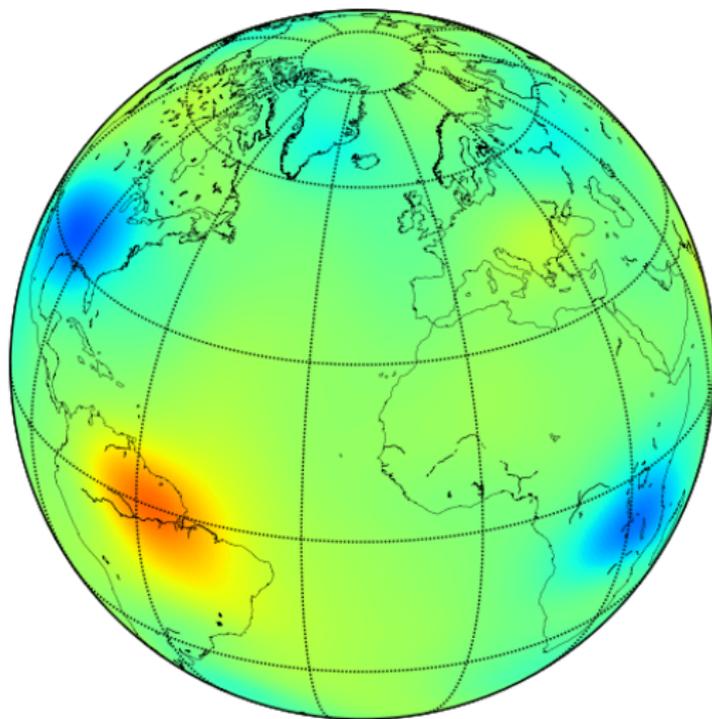
SLR: Geodäsie

Mit SLR kann man aber auch viele Grössen messen, die die Erde als Ganzes beschreiben:

- die Positionen und Geschwindigkeiten der SLR-Stationen (Plattentektonik, Referenzsysteme)
- die Erdrotation
- ...
- das **Erdschwerefeld** (Anziehungskraft) und seine Variation



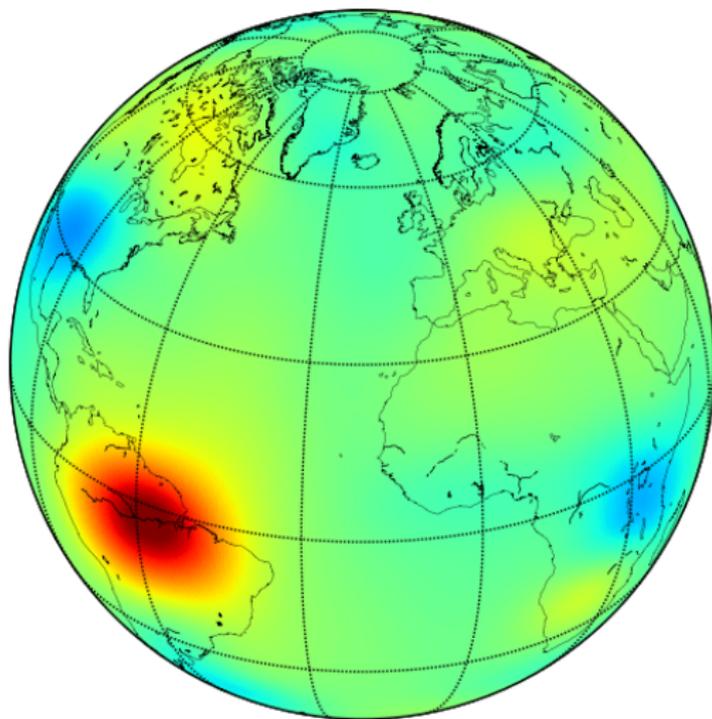
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Januar
2006

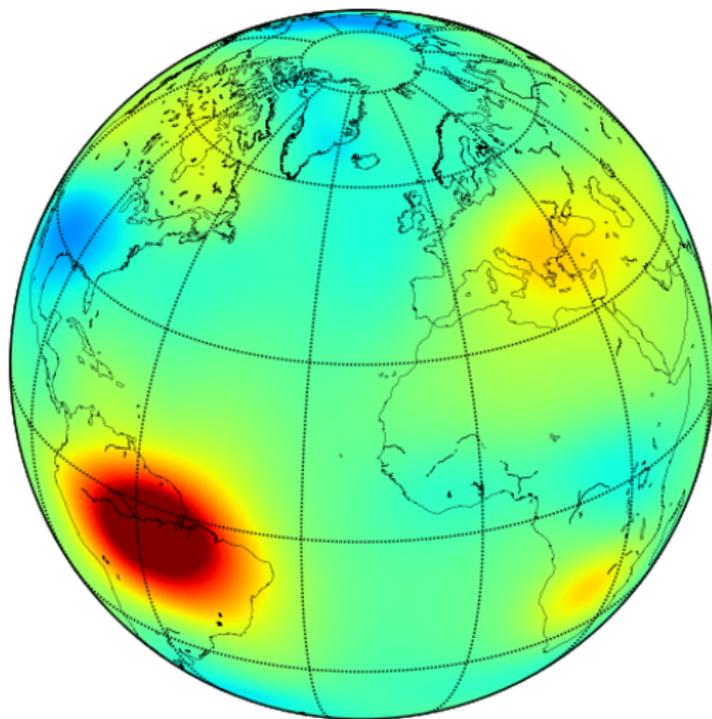
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Februar
2006

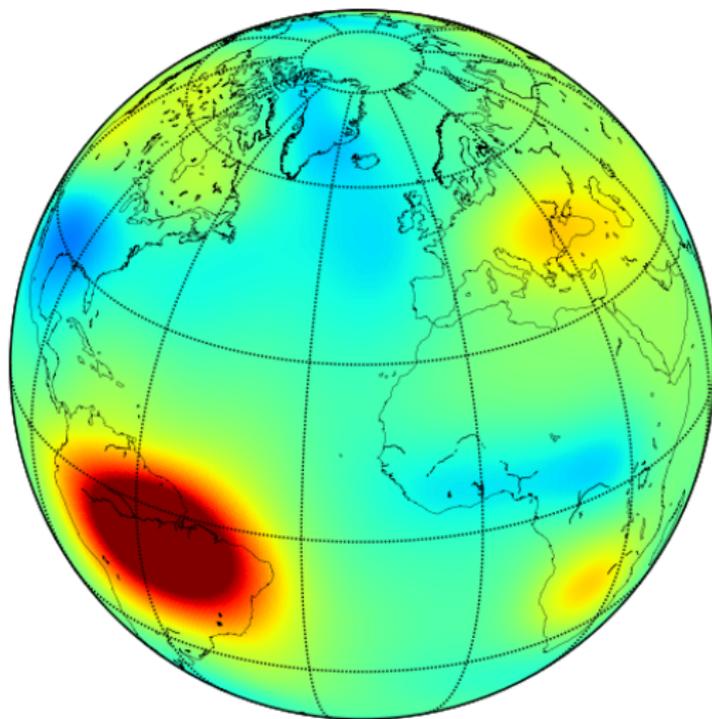
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

März
2006

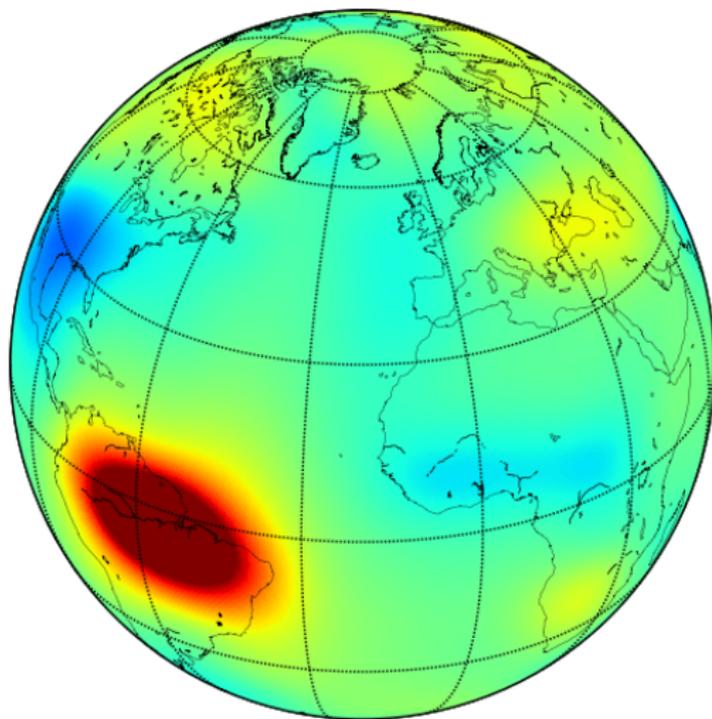
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

April
2006

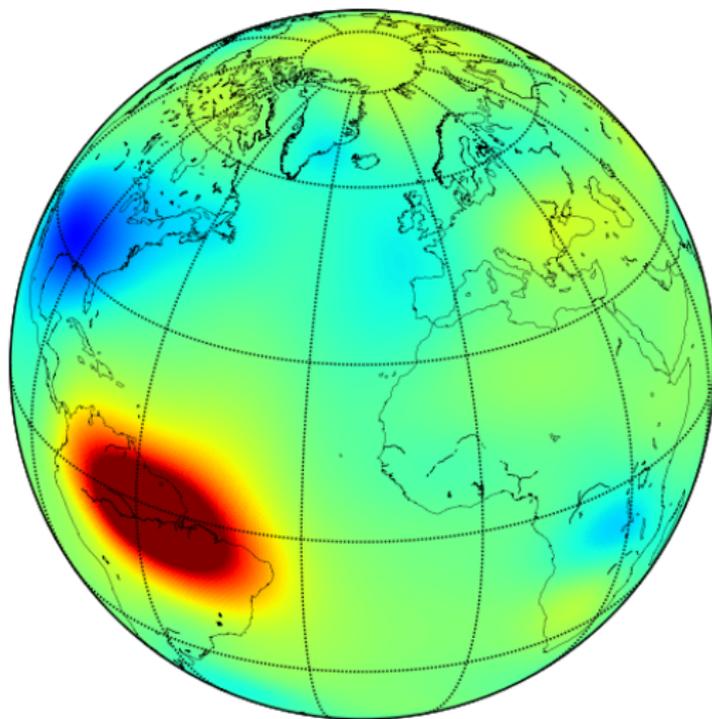
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Mai
2006

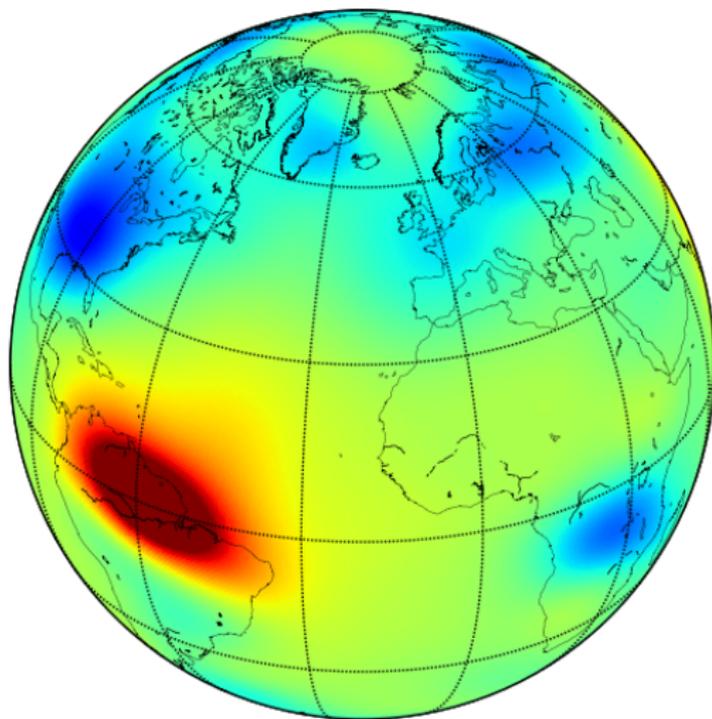
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juni
2006

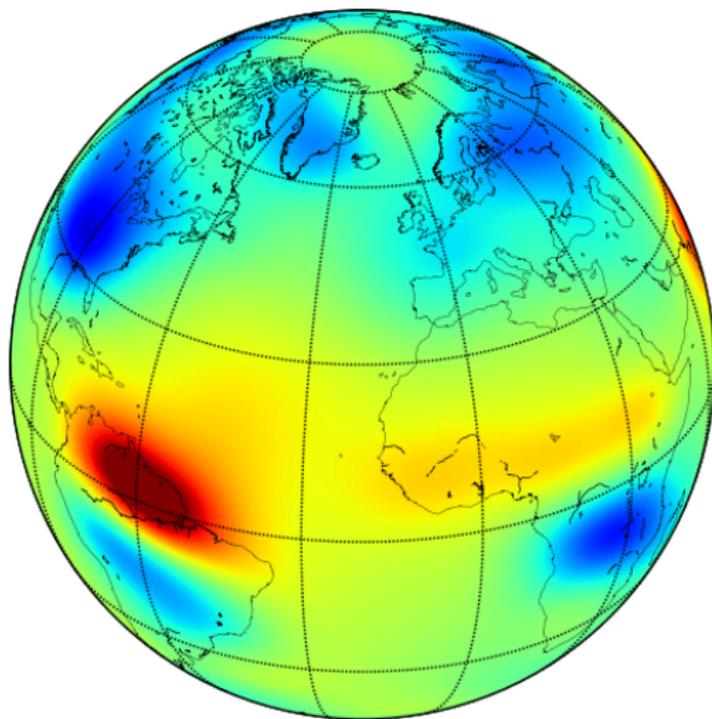
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juli
2006

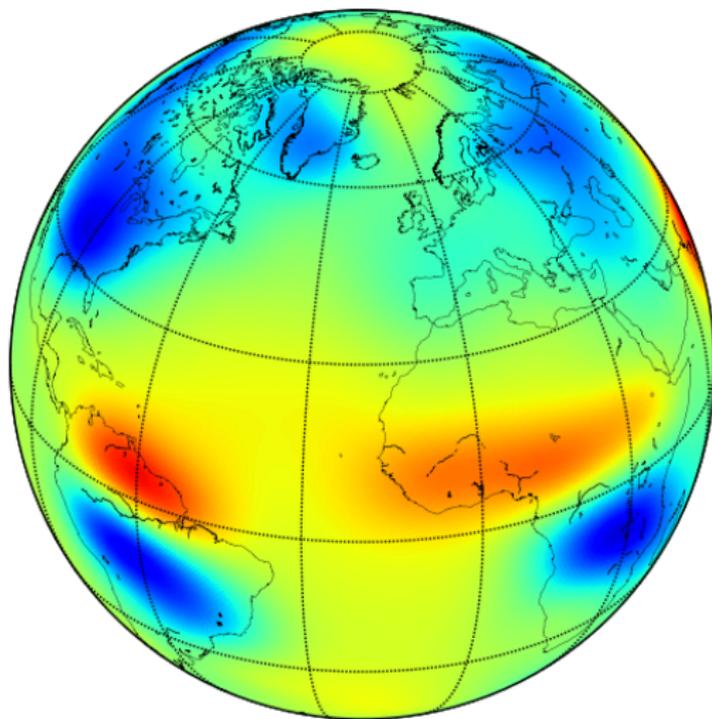
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

August
2006

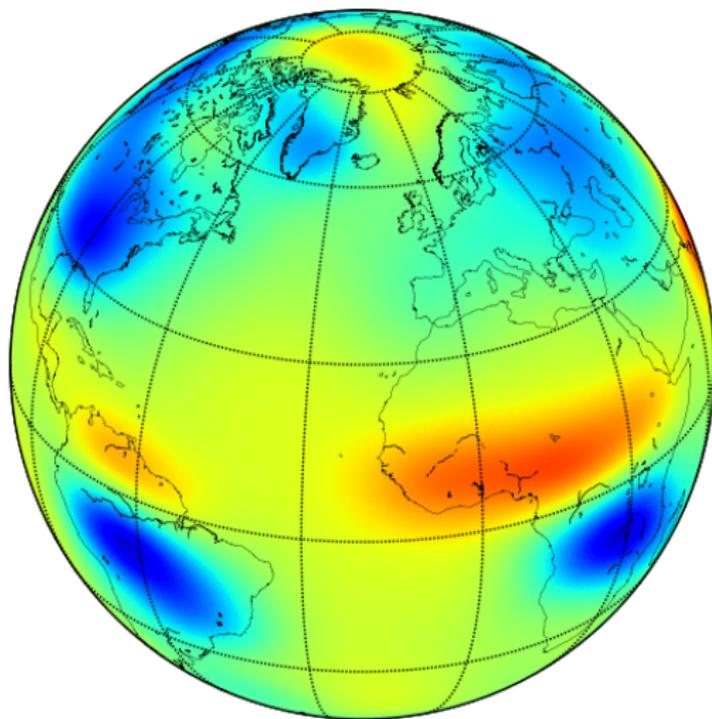
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

September
2006

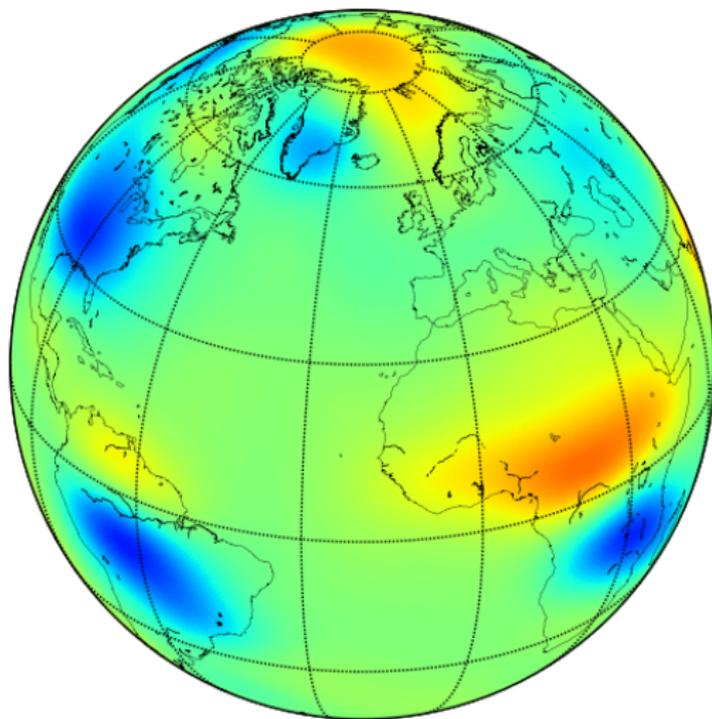
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Oktober
2006

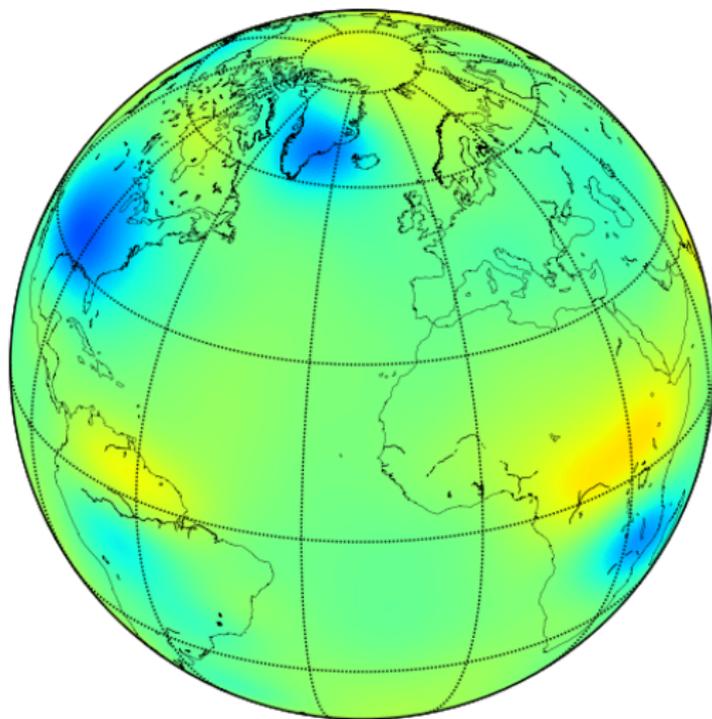
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

November
2006

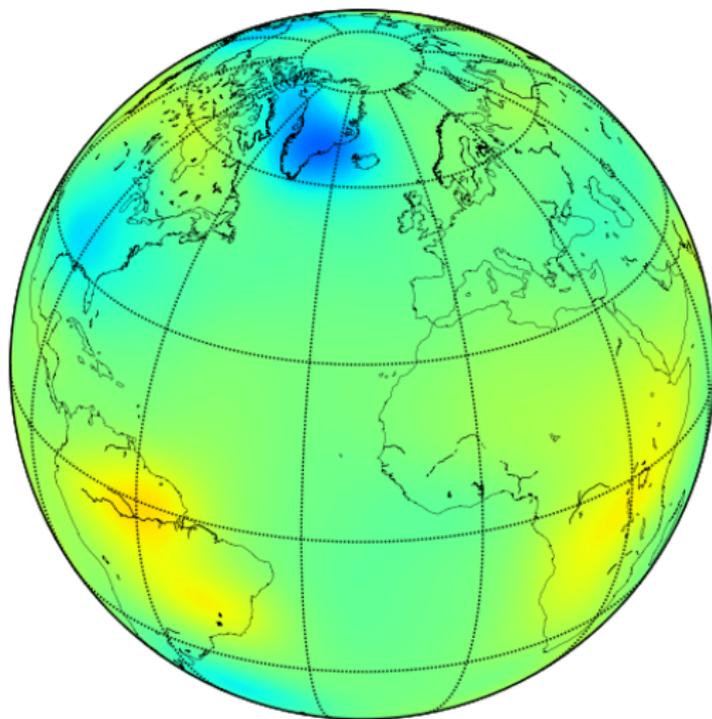
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Dezember
2006

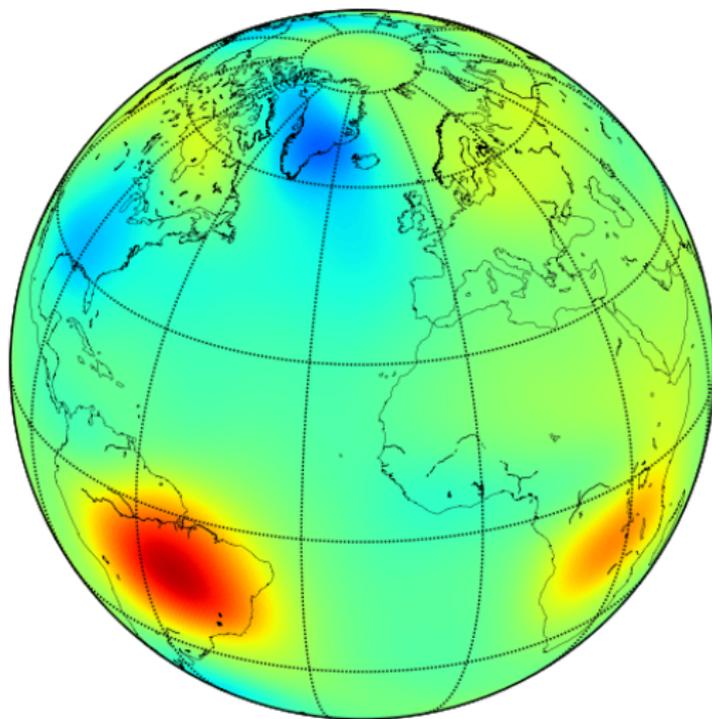
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Januar
2007

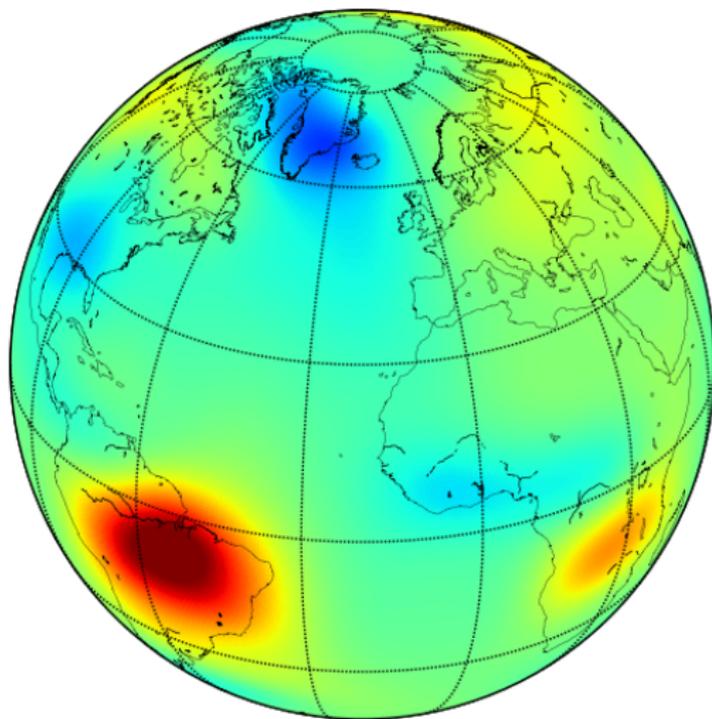
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Februar
2007

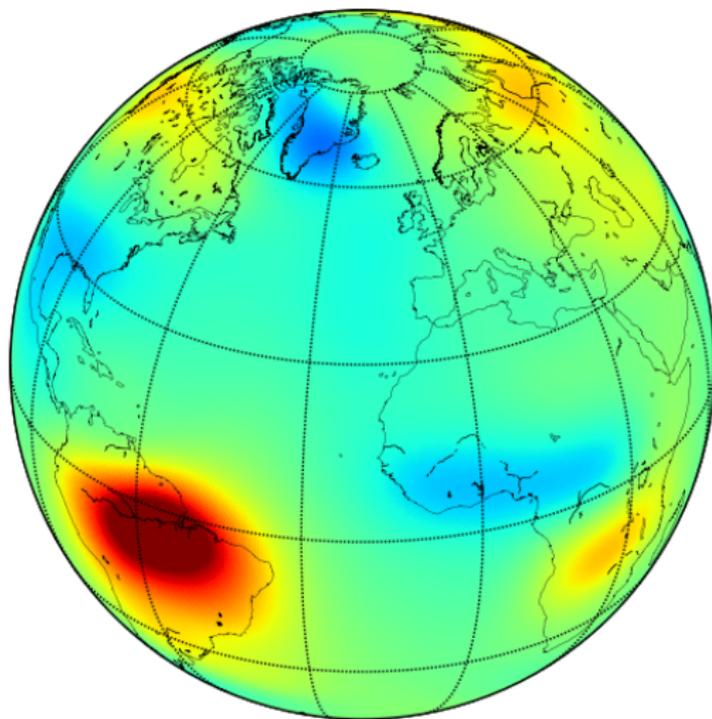
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

März
2007

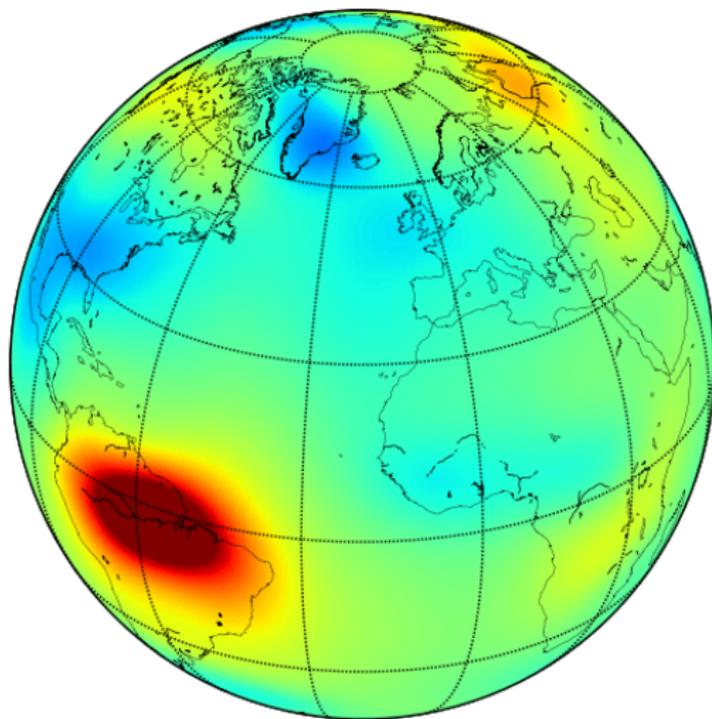
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

April
2007

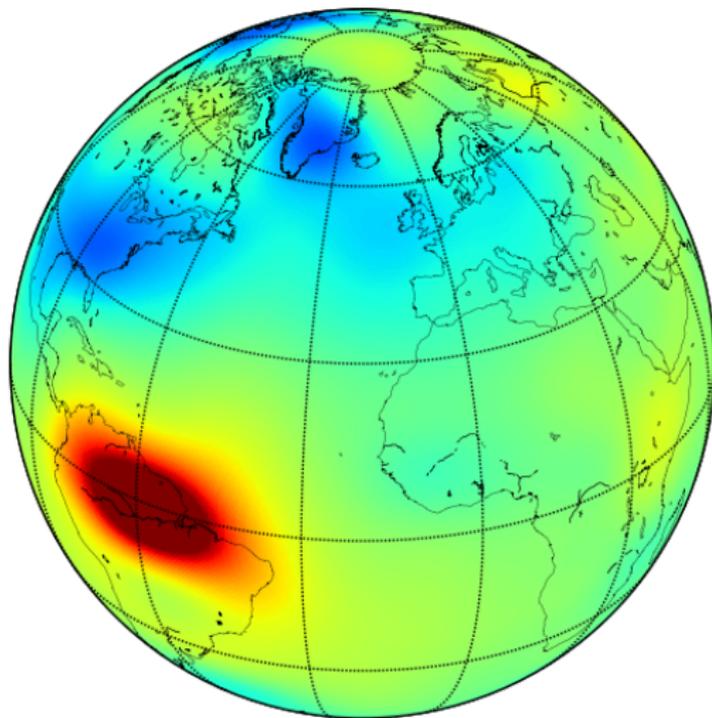
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Mai
2007

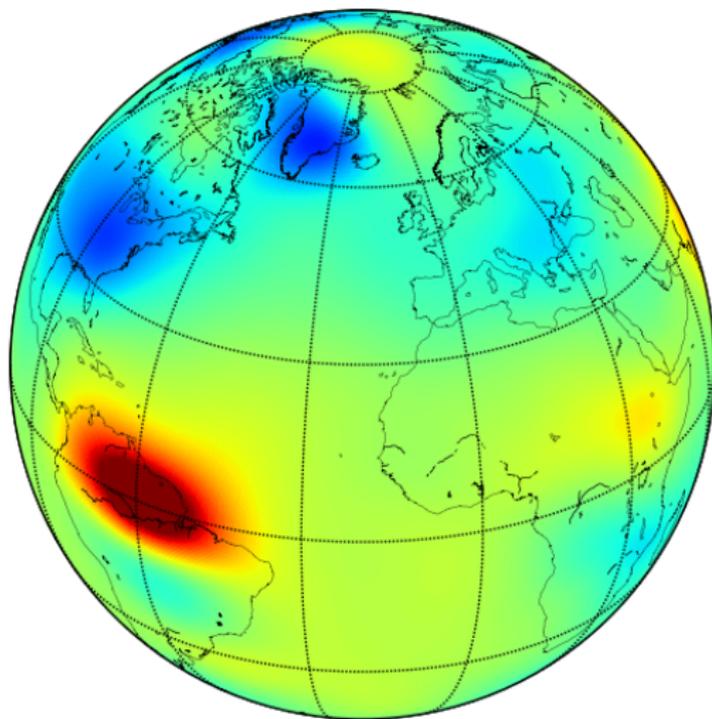
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juni
2007

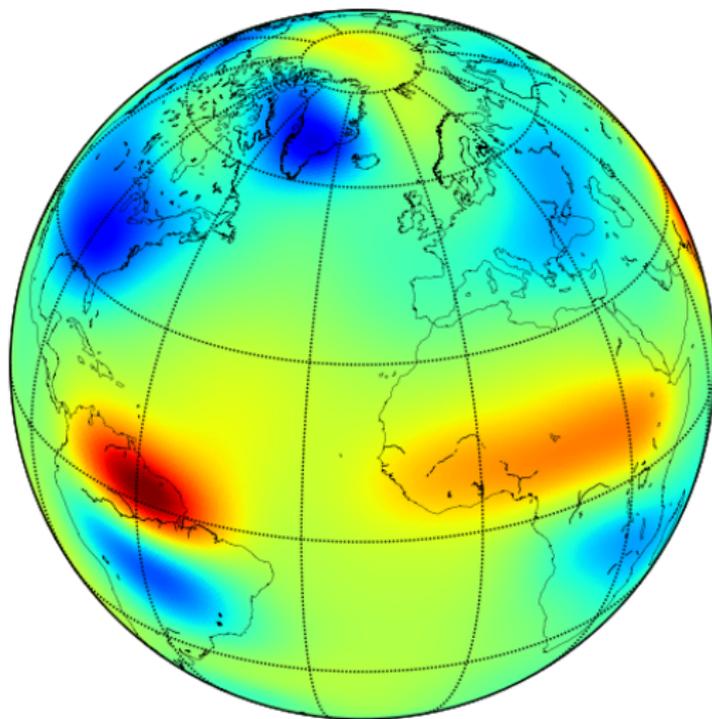
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juli
2007

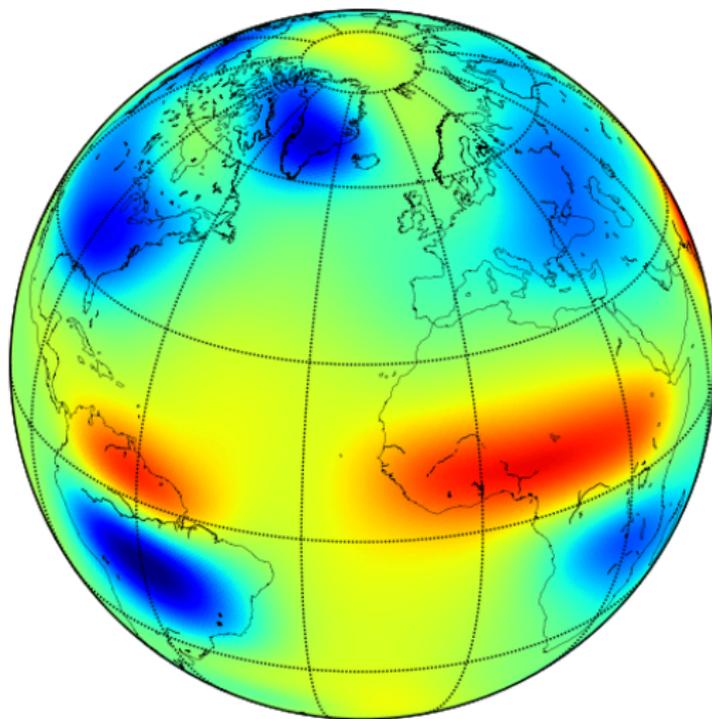
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

August
2007

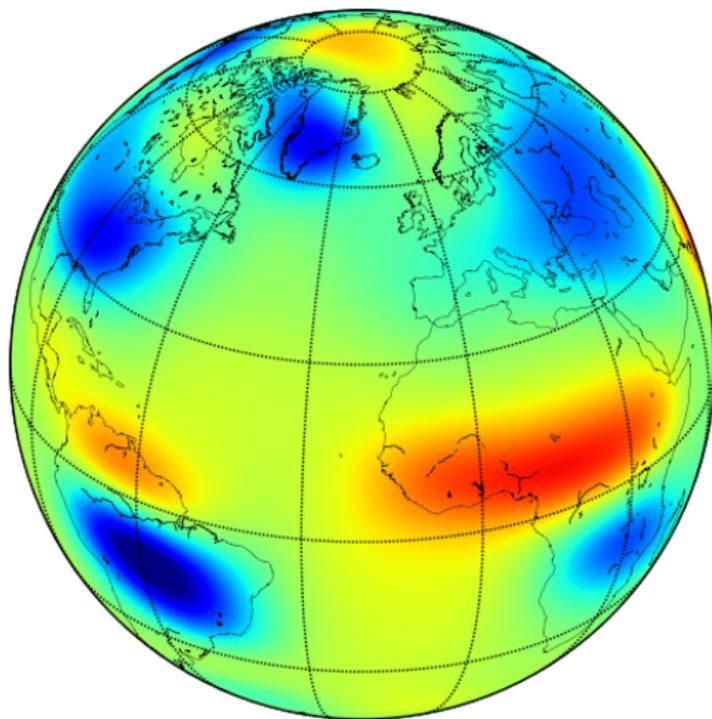
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

September
2007

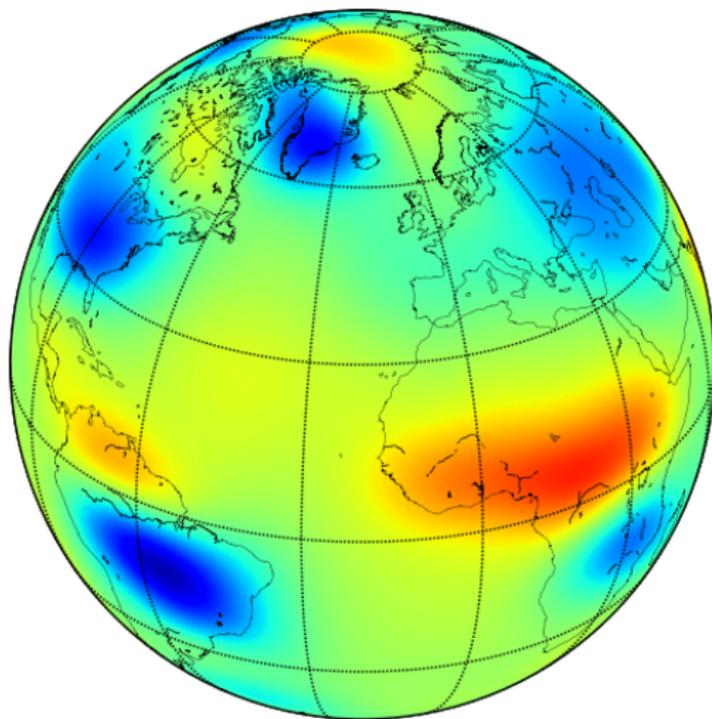
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Oktober
2007

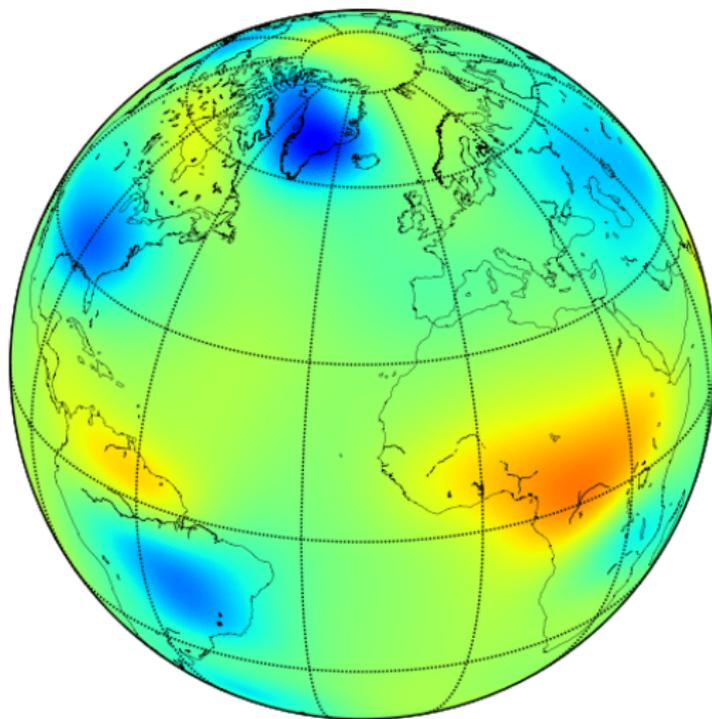
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

November
2007

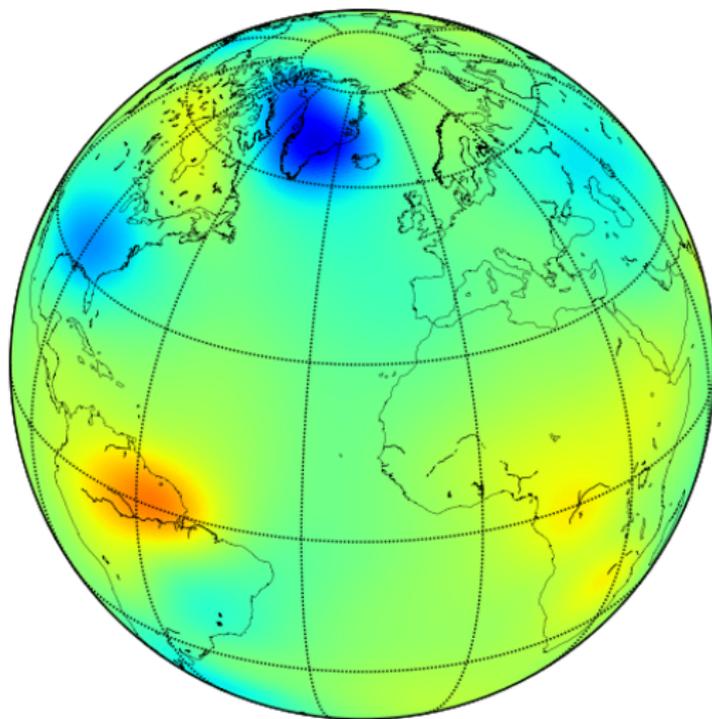
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Dezember
2007

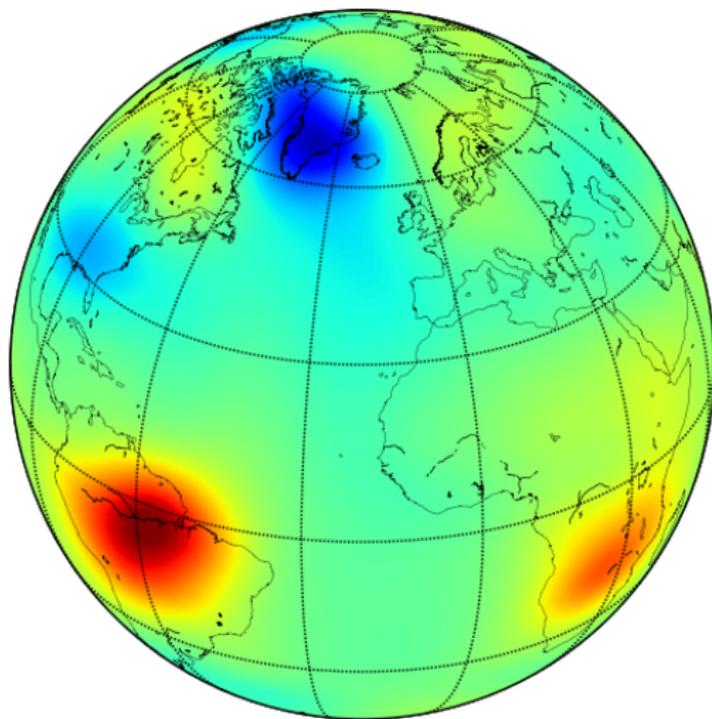
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Januar
2008

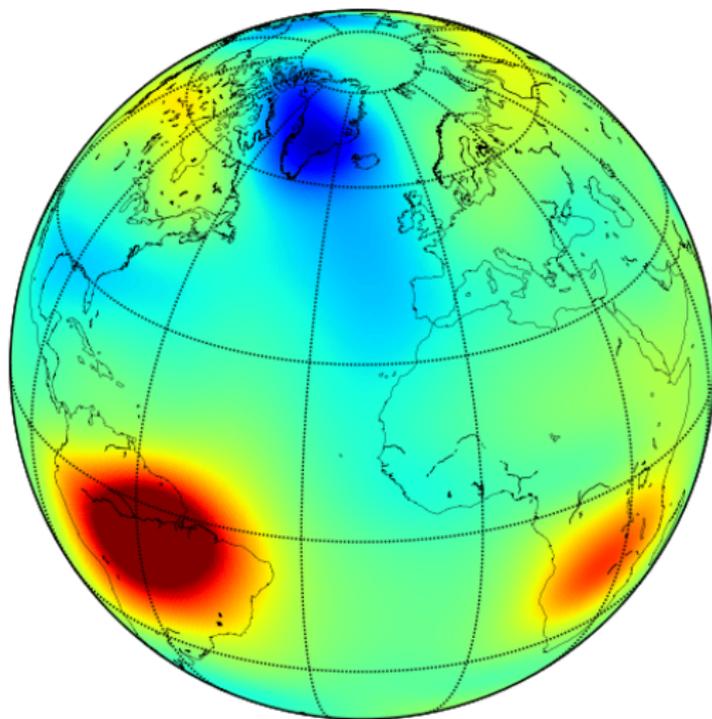
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Februar
2008

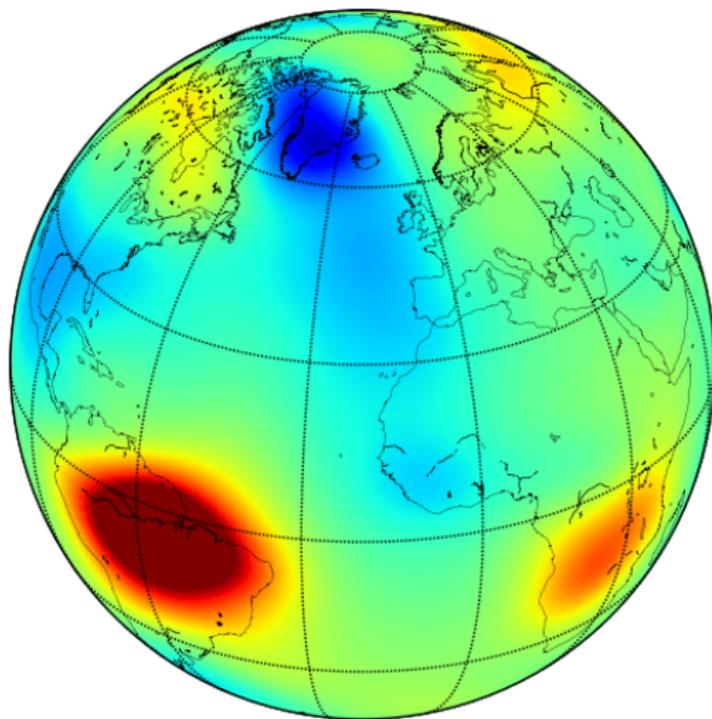
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

März
2008

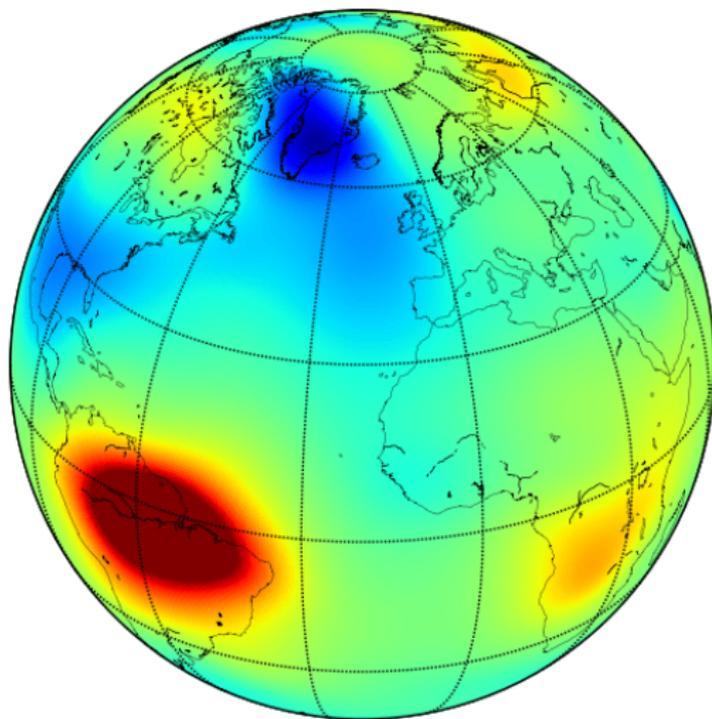
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

April
2008

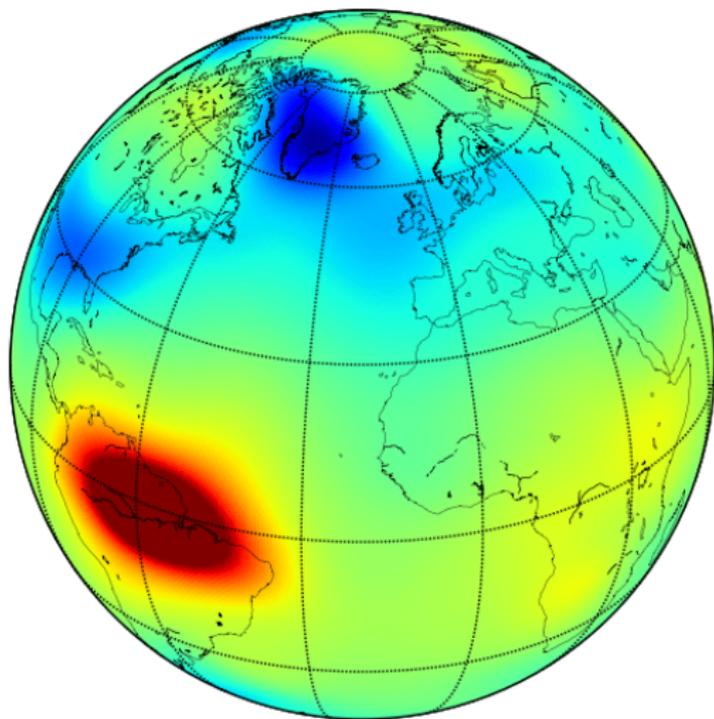
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Mai
2008

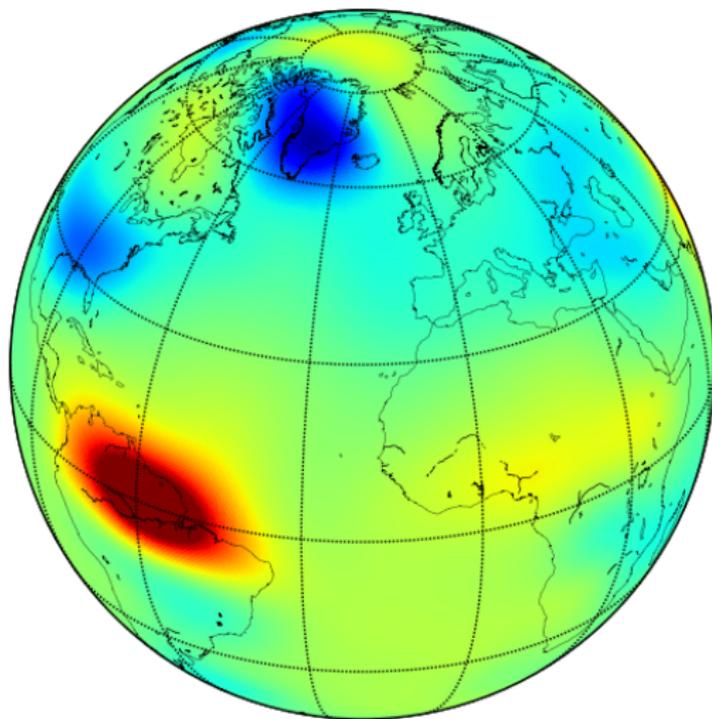
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juni
2008

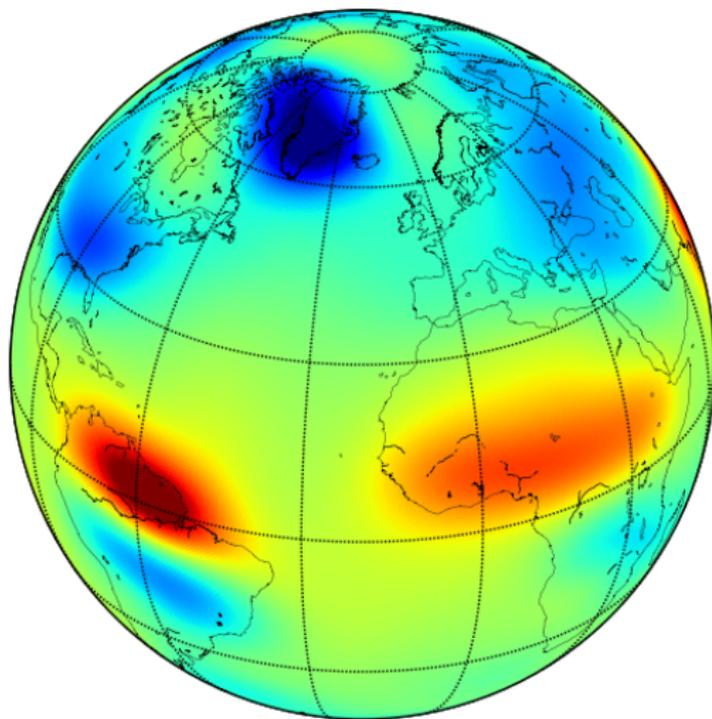
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juli
2008

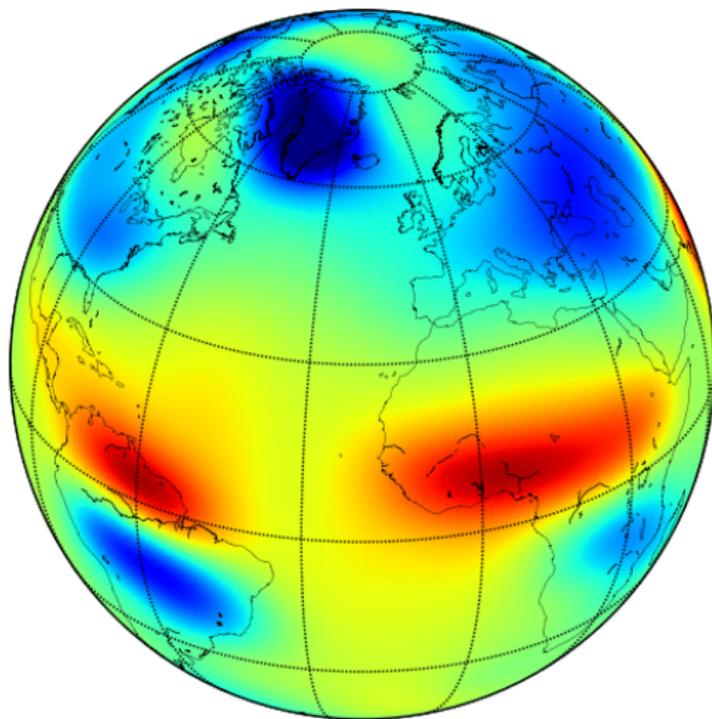
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

August
2008

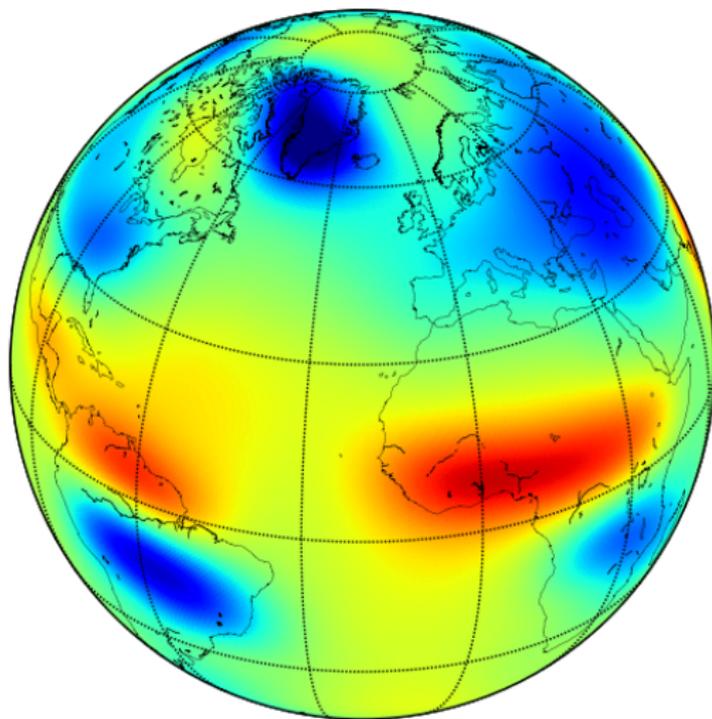
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

September
2008

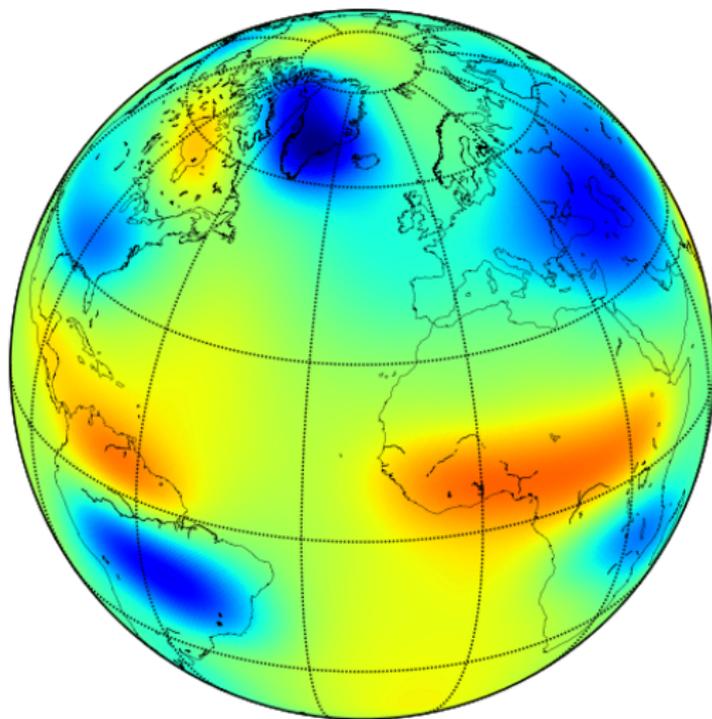
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Oktober
2008

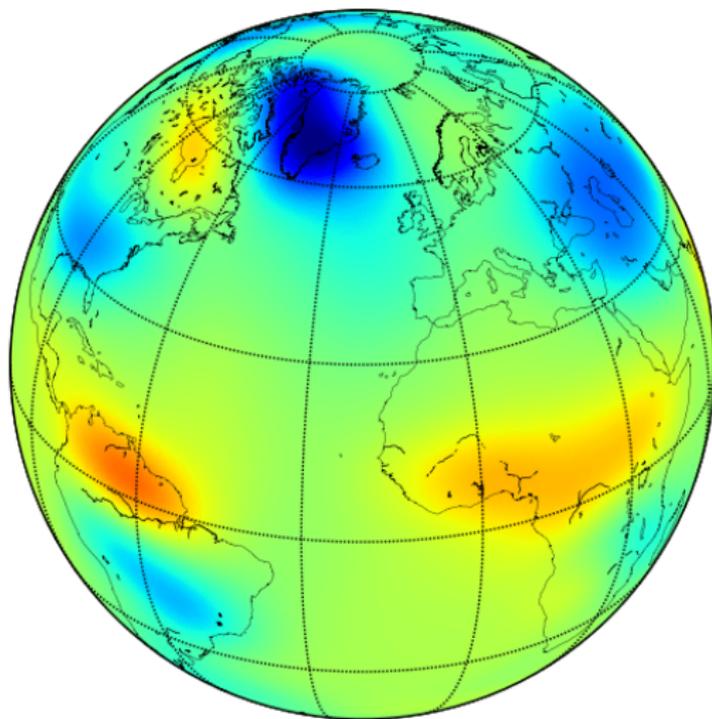
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

November
2008

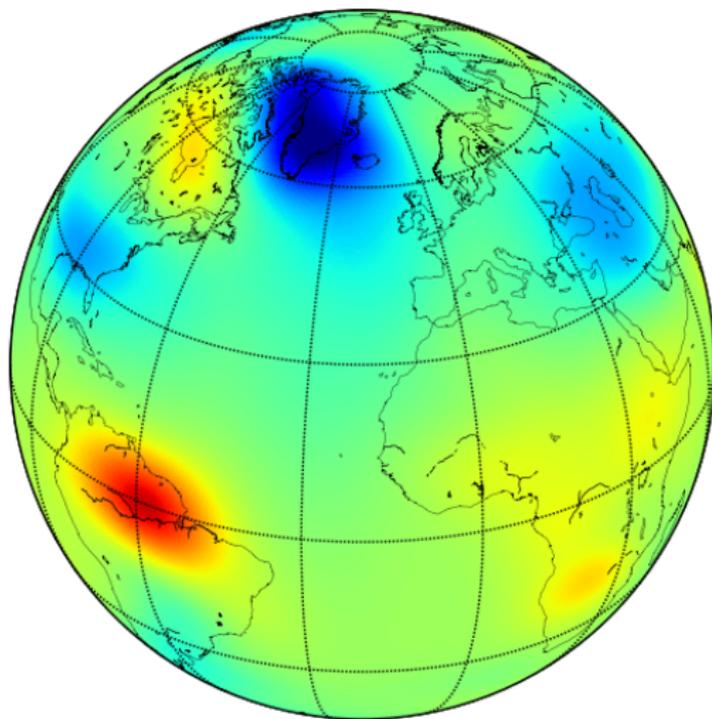
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Dezember
2008

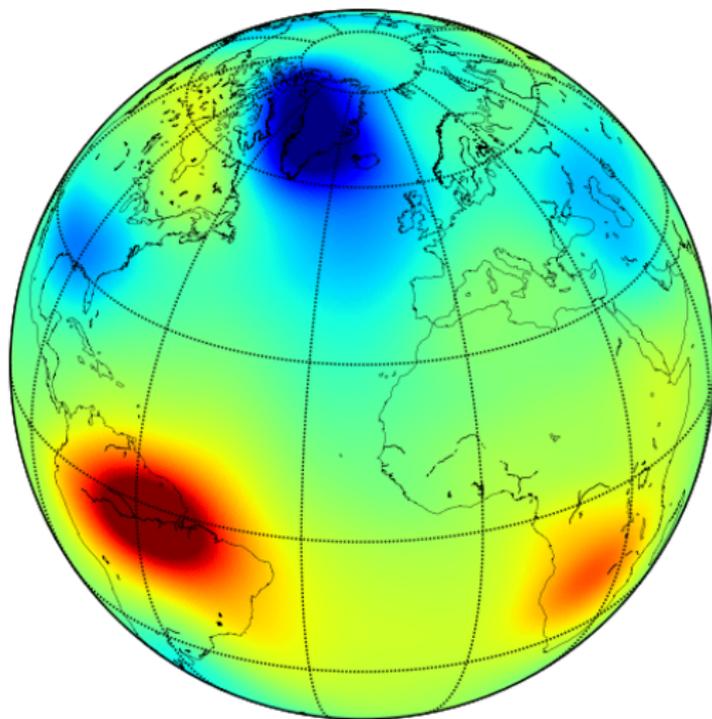
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Januar
2009

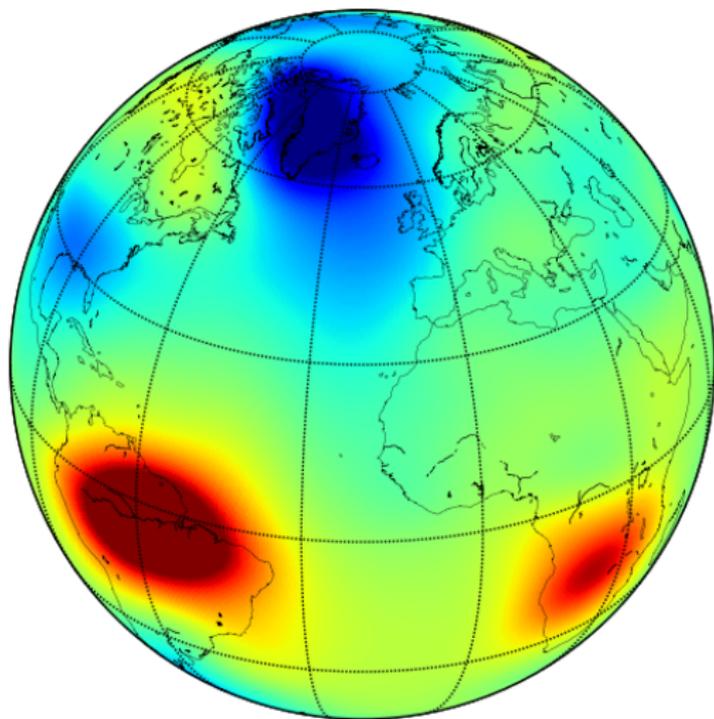
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Februar
2009

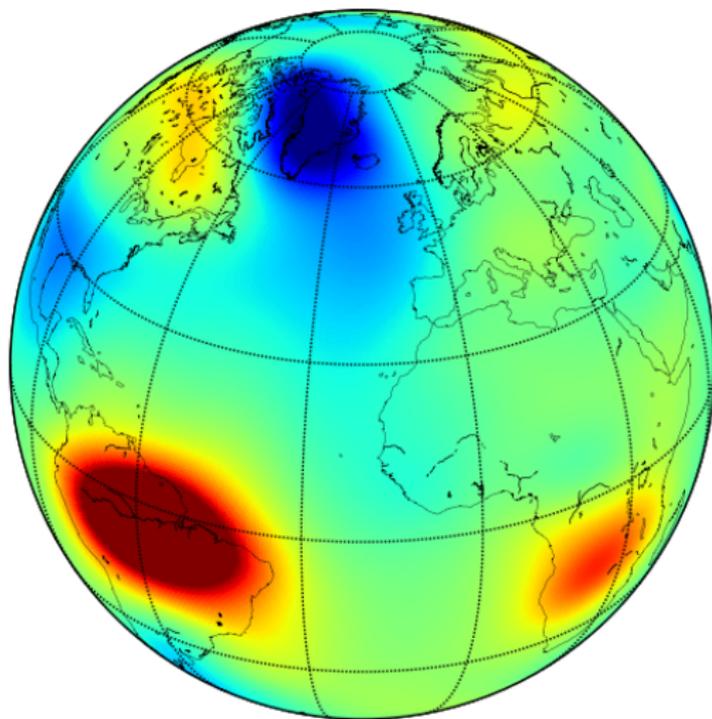
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

März
2009

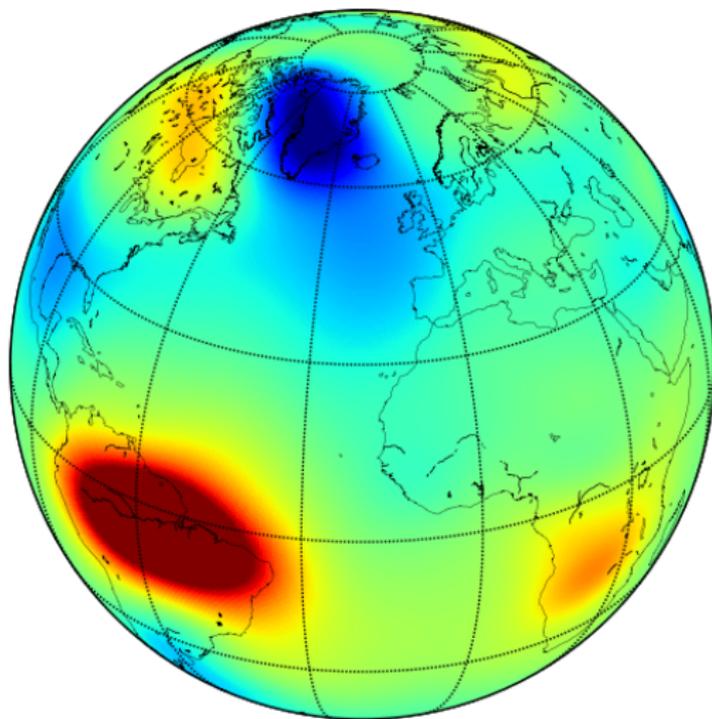
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

April
2009

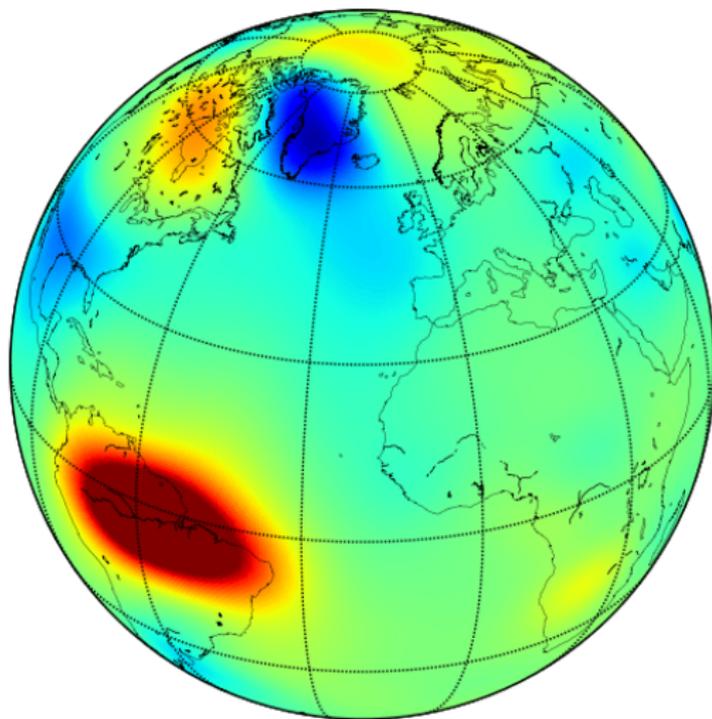
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Mai
2009

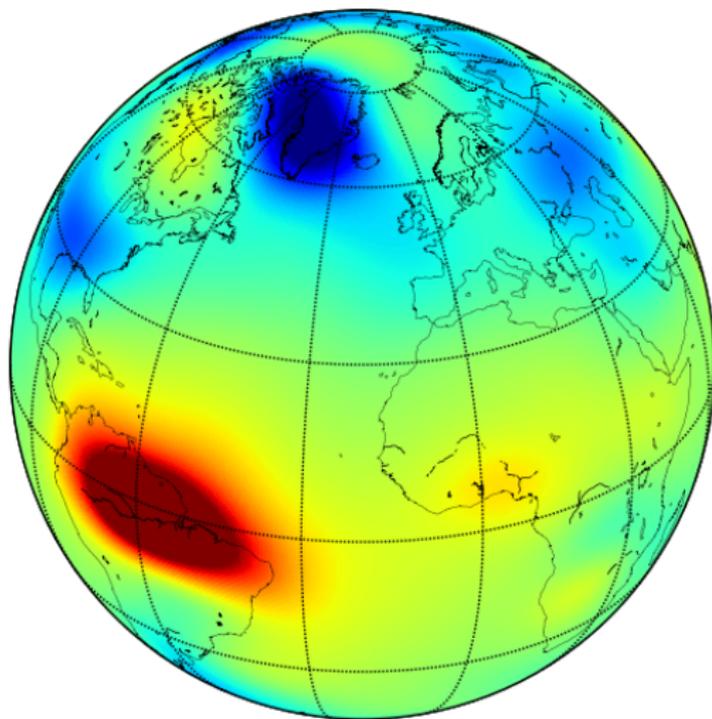
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juni
2009

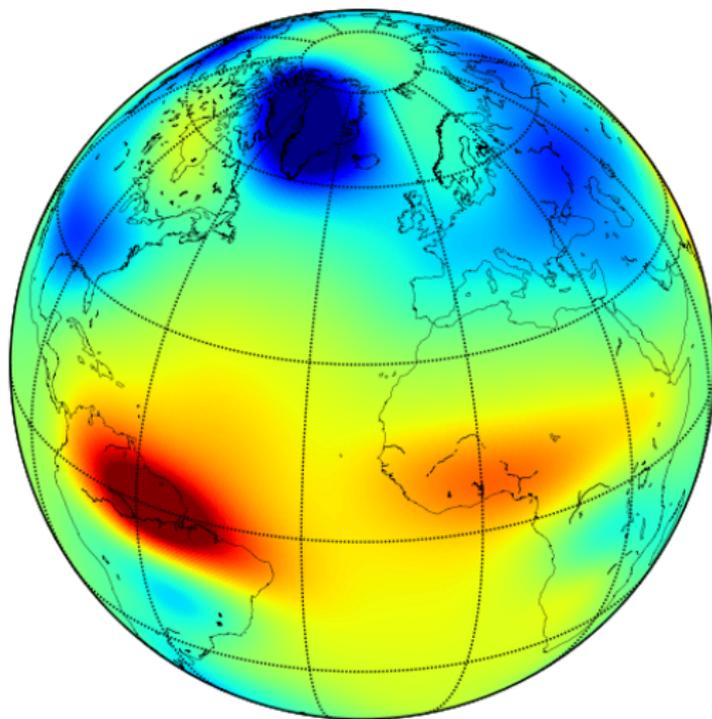
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juli
2009

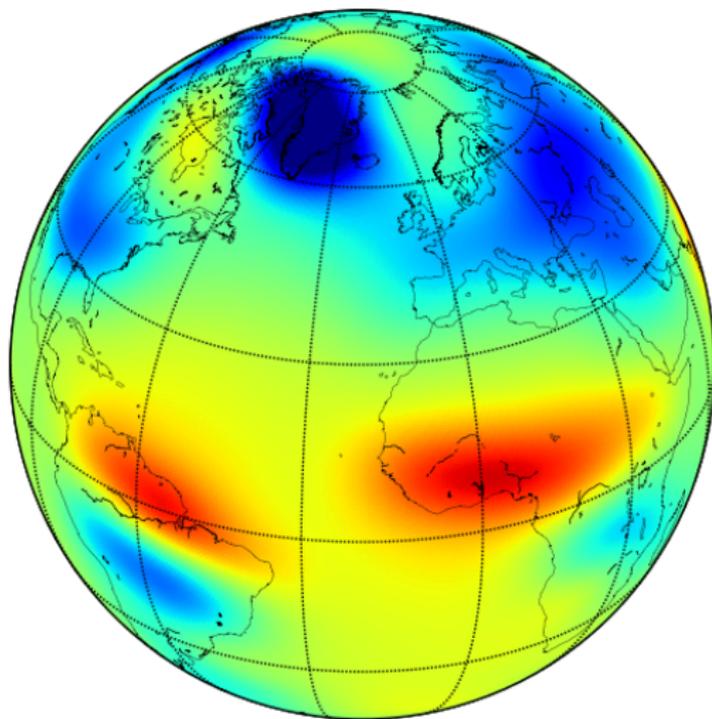
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

August
2009

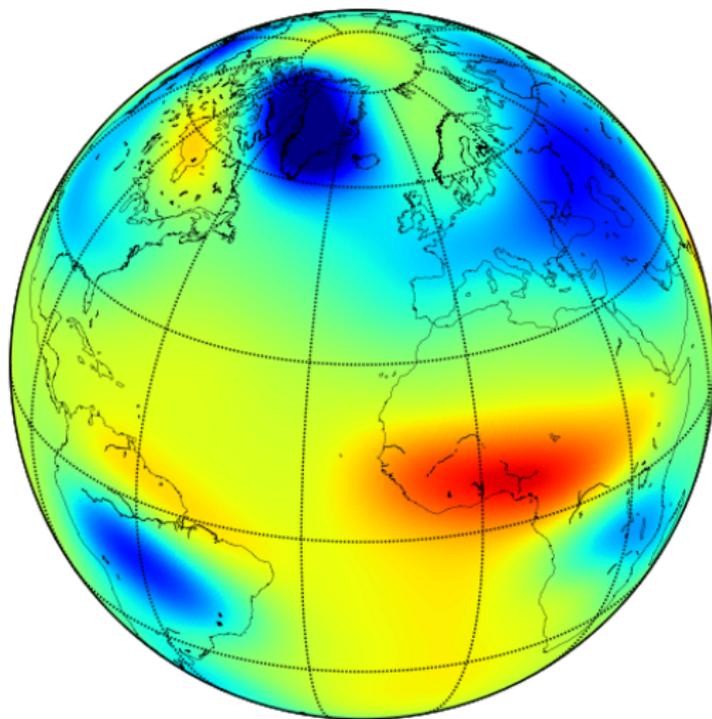
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

September
2009

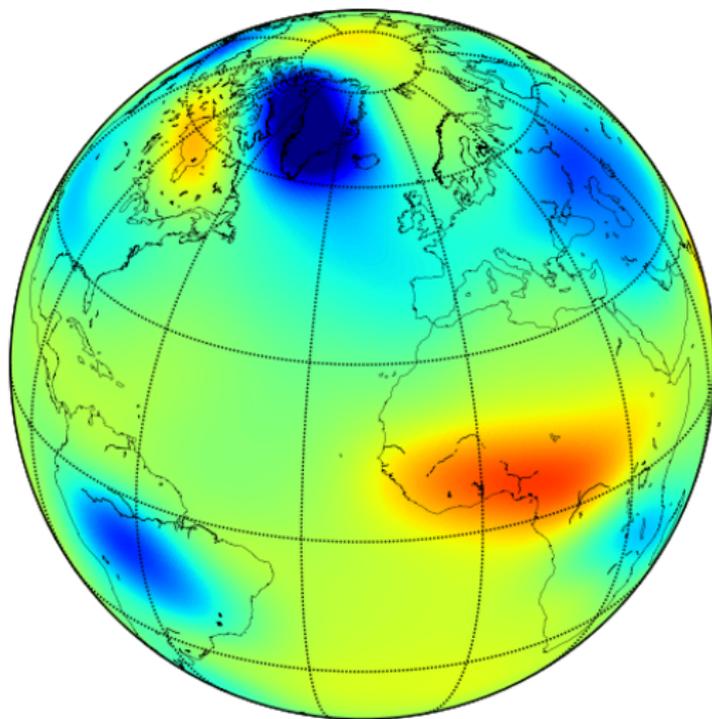
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Oktober
2009

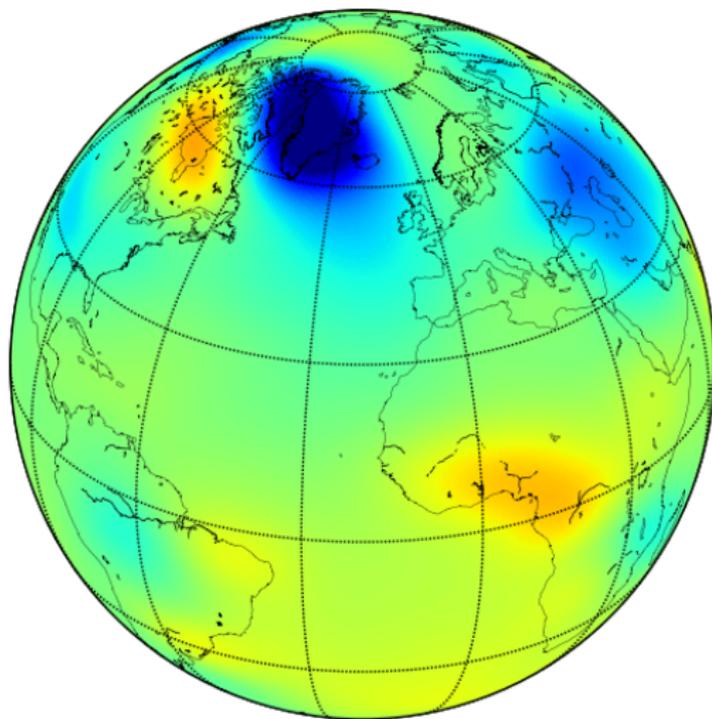
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

November
2009

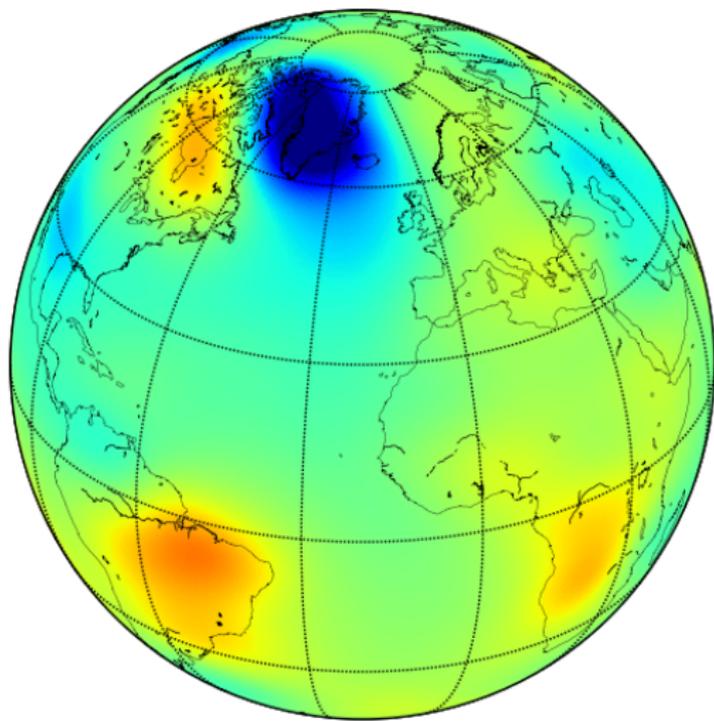
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Dezember
2009

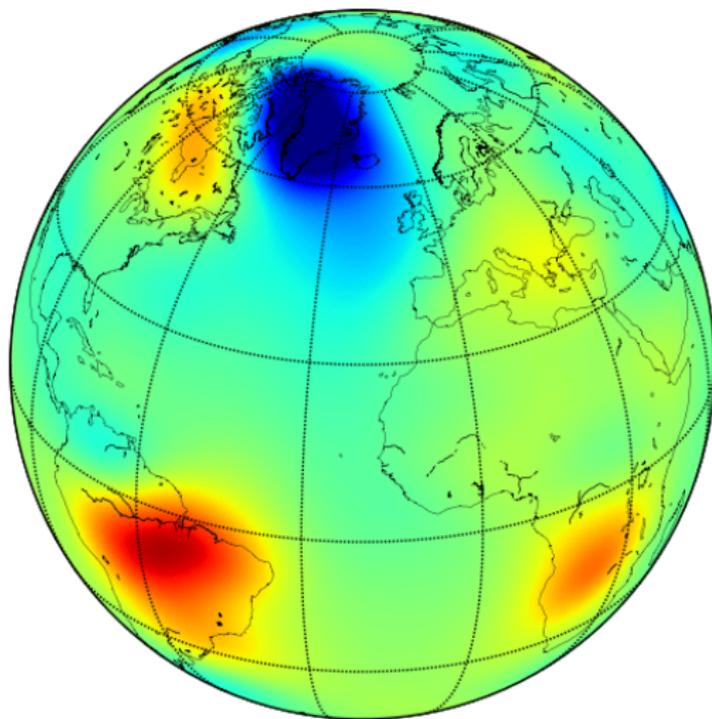
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Januar
2010

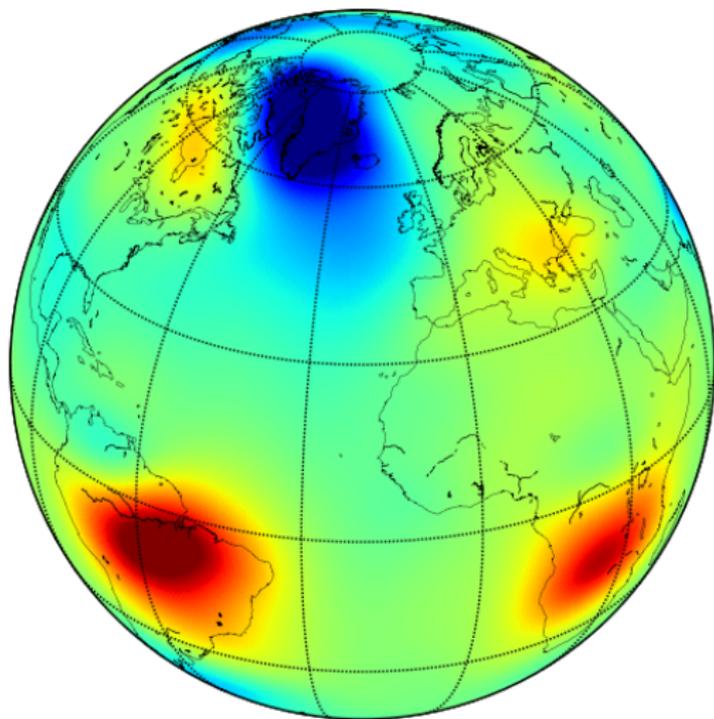
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Februar
2010

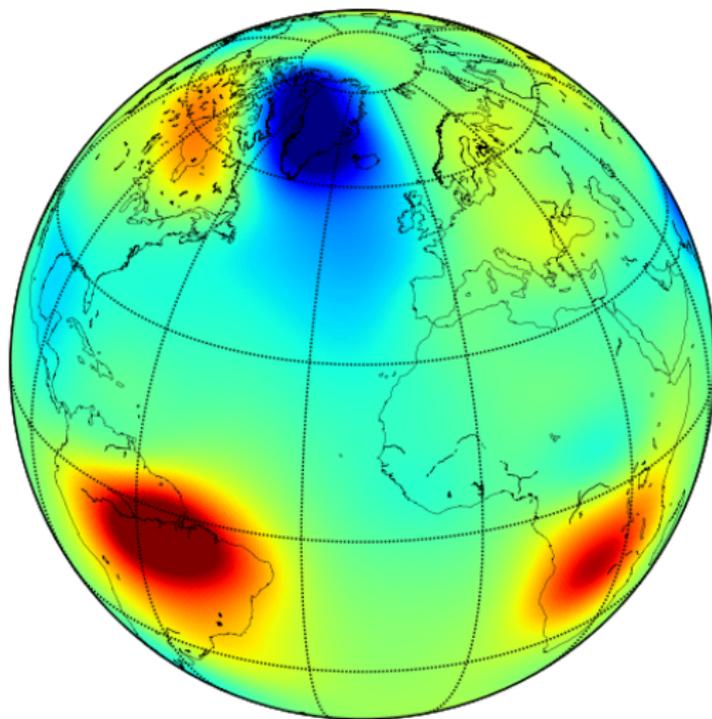
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

März
2010

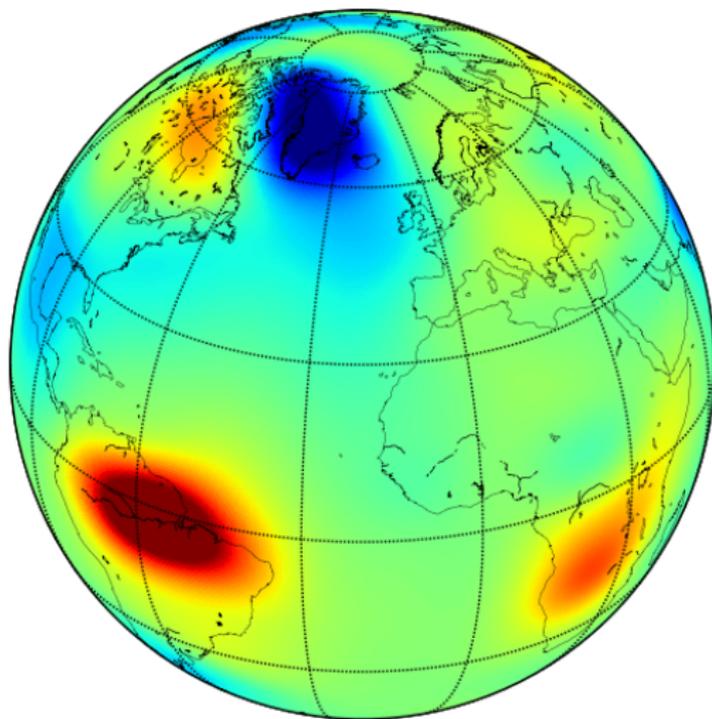
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

April
2010

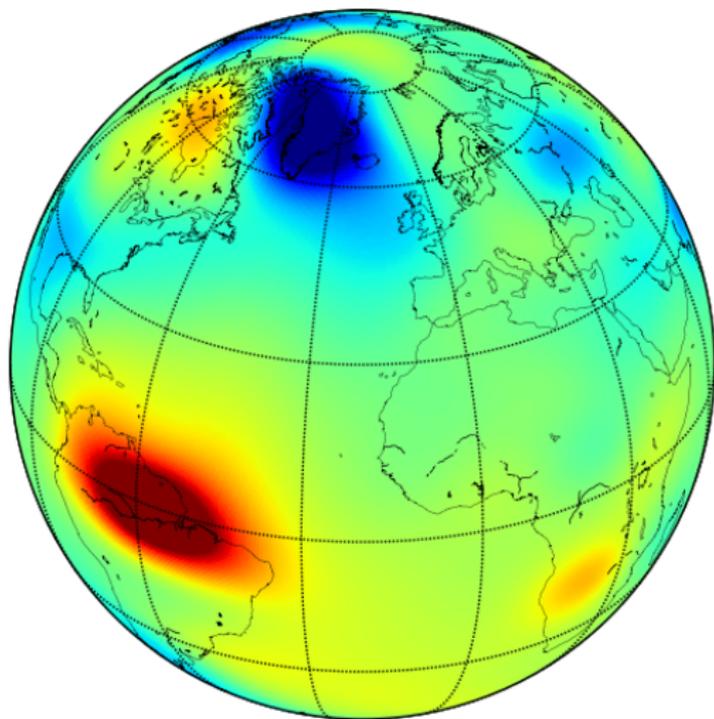
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Mai
2010

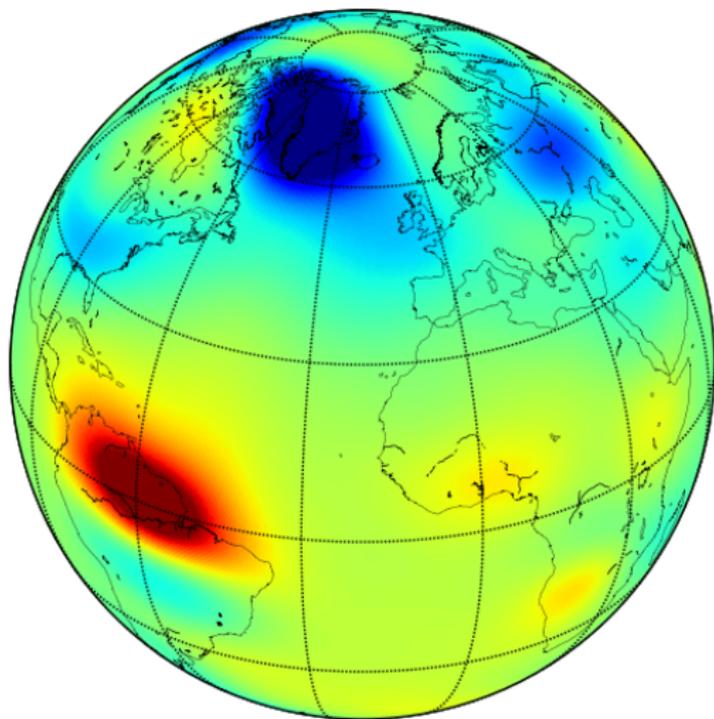
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juni
2010

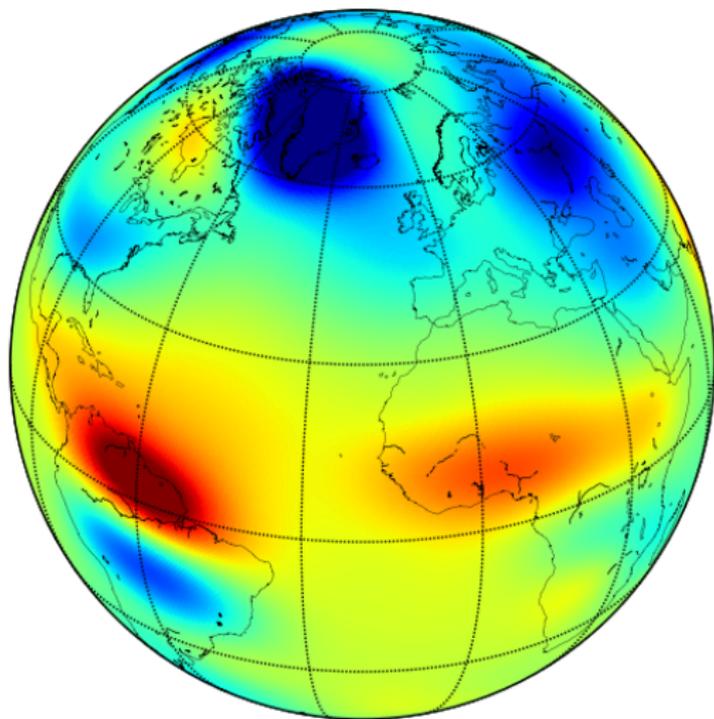
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Juli
2010

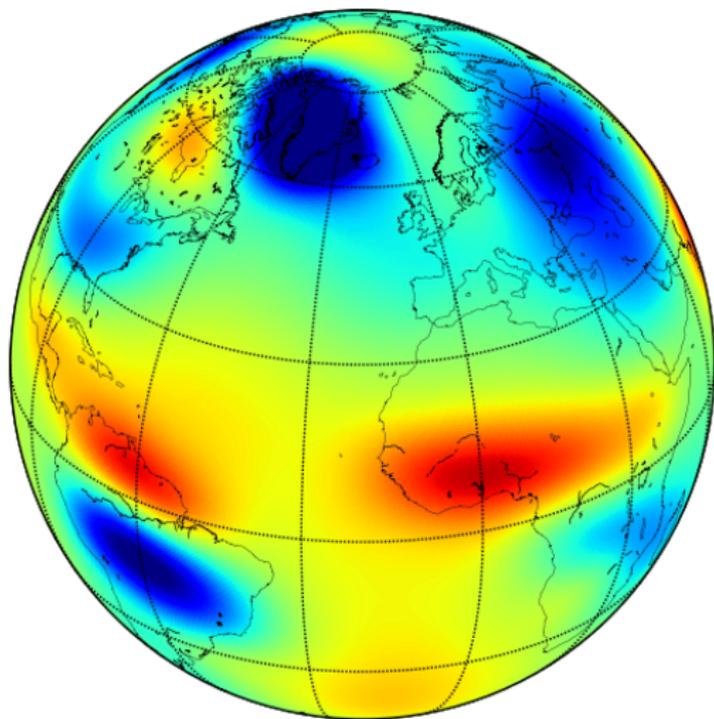
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

August
2010

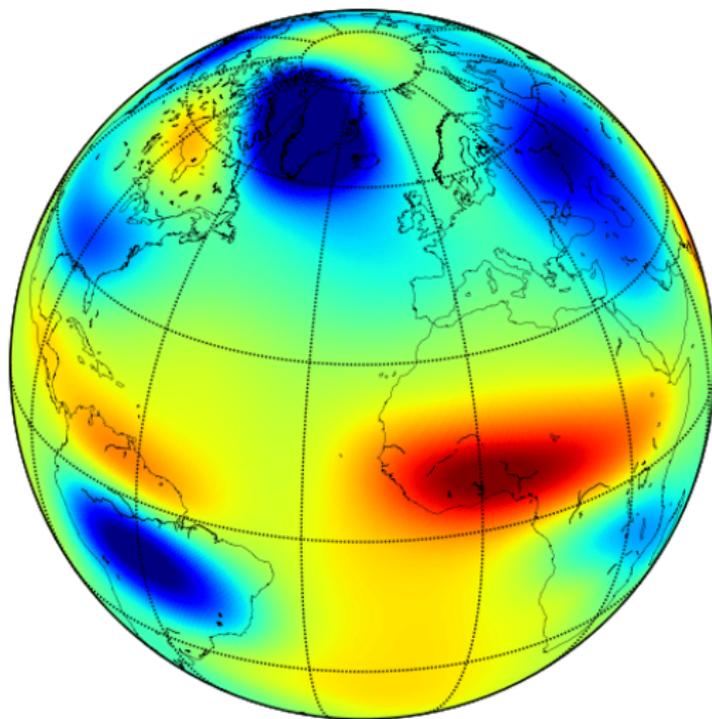
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

September
2010

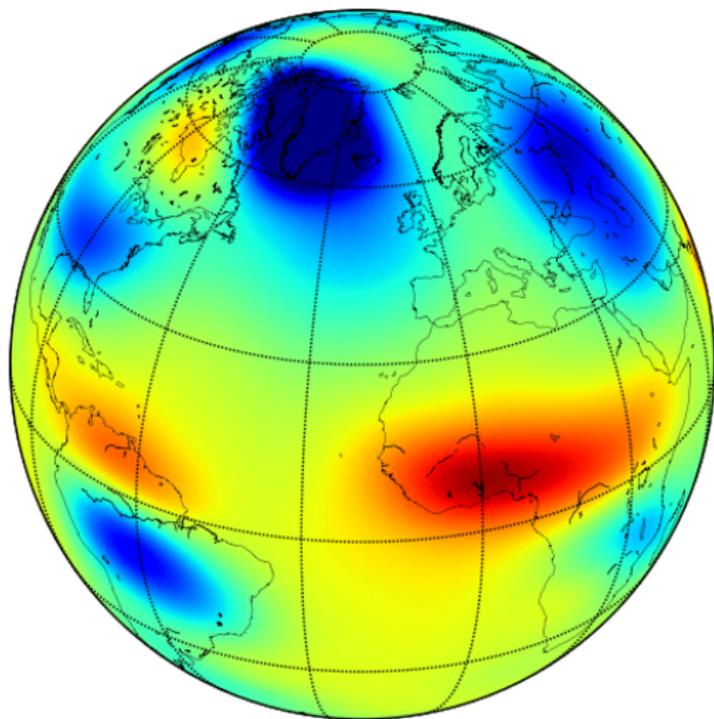
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Oktober
2010

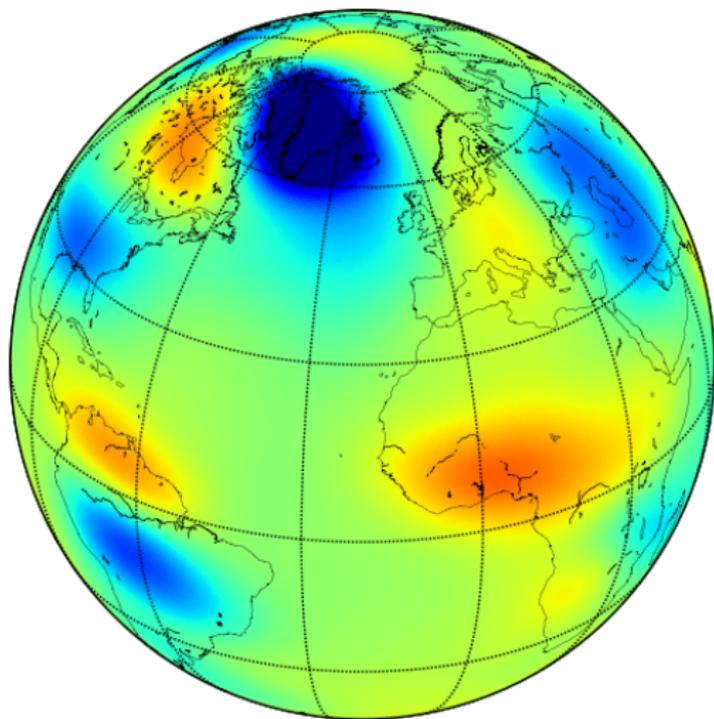
SLR: Geodäsie



Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

November
2010

SLR: Geodäsie

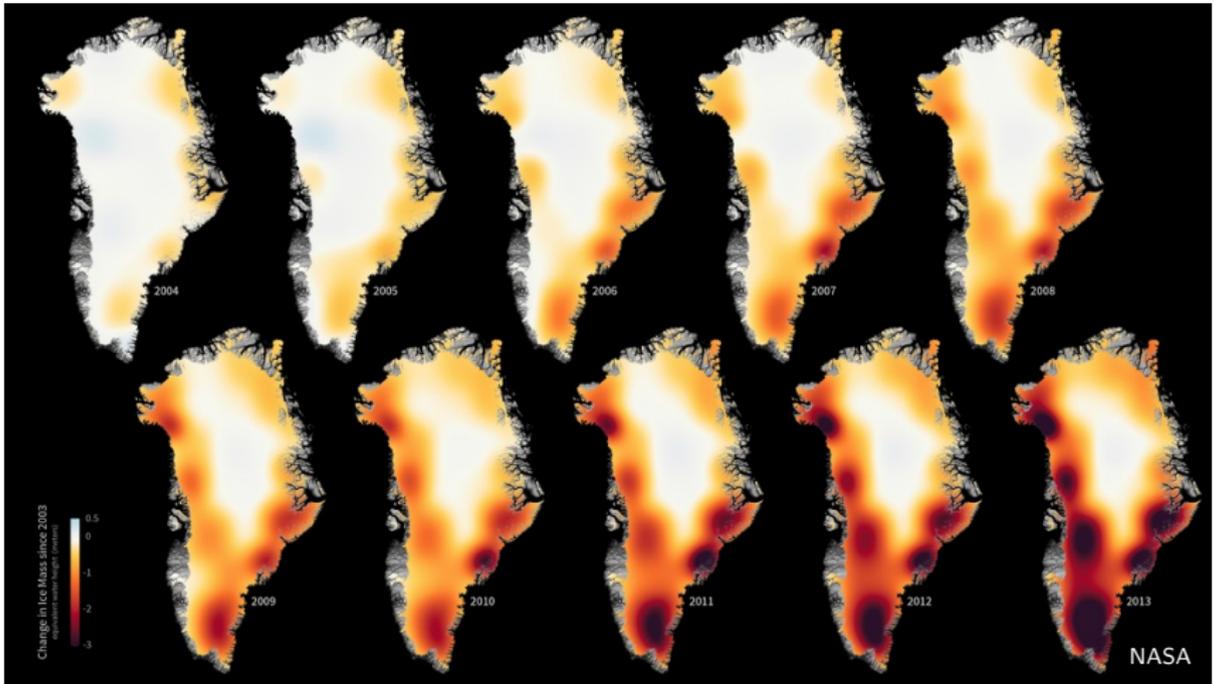


Massenumlagerungen
ändern das Erdschwerefeld

Dezember
2010

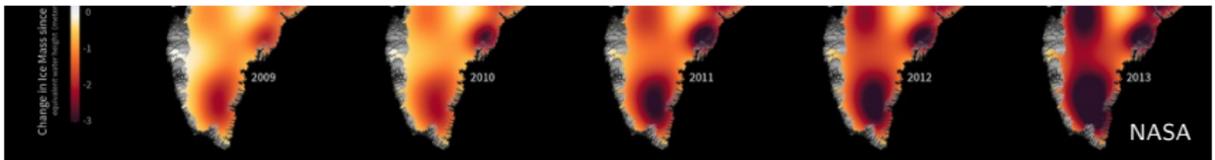
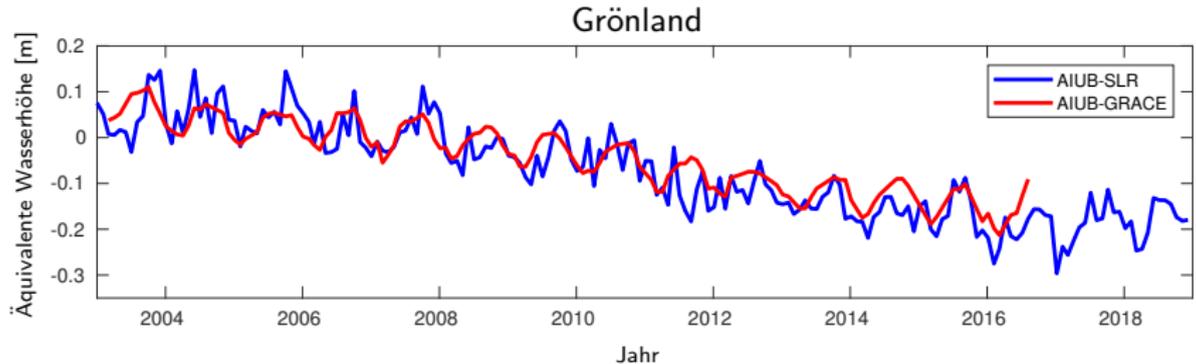
SLR: Geodäsie

Aus der Änderung des Erdschwerefeld ermittelter **Eismassenverlust** in Grönland (GRACE-Satelliten):



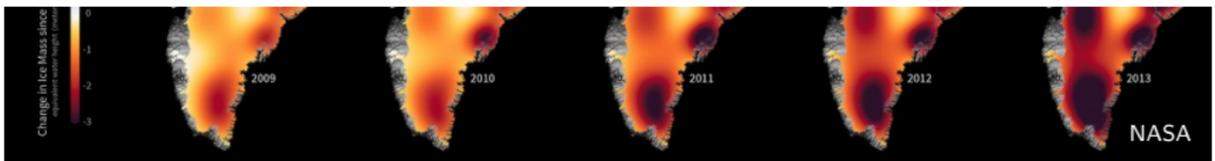
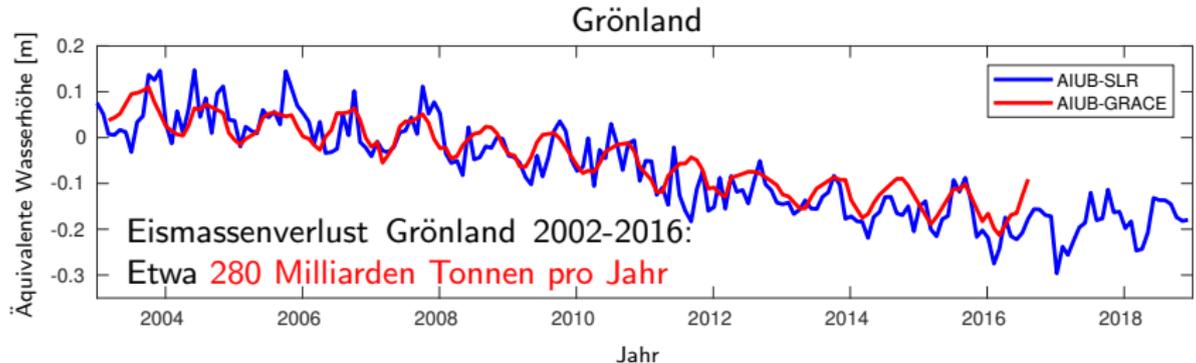
SLR: Geodäsie

Aus der Änderung des Erdschwerefeld ermittelter **Eismassenverlust** in Grönland (GRACE-Satelliten):



SLR: Geodäsie

Aus der Änderung des Erdschwerefeld ermittelter **Eismassenverlust** in Grönland (GRACE-Satelliten):



SLR: Bis zum Mond

Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht-Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019



SLR: Bis zum Mond

- Der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) umkreist den Mond seit 2009 zu dessen Erkundung



SLR: Bis zum Mond

- Der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) umkreist den Mond seit 2009 zu dessen Erkundung
- Ist ausgerüstet für (einweg) Laserentfernungsmessungen

SLR: Bis zum Mond

- Der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) umkreist den Mond seit 2009 zu dessen Erkundung
- Ist ausgerüstet für (einweg) Laserentfernungsmessungen
 - Für die genaue Bahnbestimmung
 - 5-10 cm Genauigkeit

SLR: Bis zum Mond

- Der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) umkreist den Mond seit 2009 zu dessen Erkundung
- Ist ausgerüstet für (einweg) Laserentfernungsmessungen
 - Für die genaue Bahnbestimmung
 - 5-10 cm Genauigkeit
- Zimmerwald hat als erste europäische SLR-Station erfolgreich Distanzen zu LRO gemessen

NASA

Satellite Laser Ranging (SLR)



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Satellite Laser Ranging (SLR)



Daniel Arnold: Zum Mond in einer Sekunde – Mit Licht Distanzen zu Satelliten messen
Nacht der Sterne, 29. Juni 2019

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.aiub.unibe.ch

