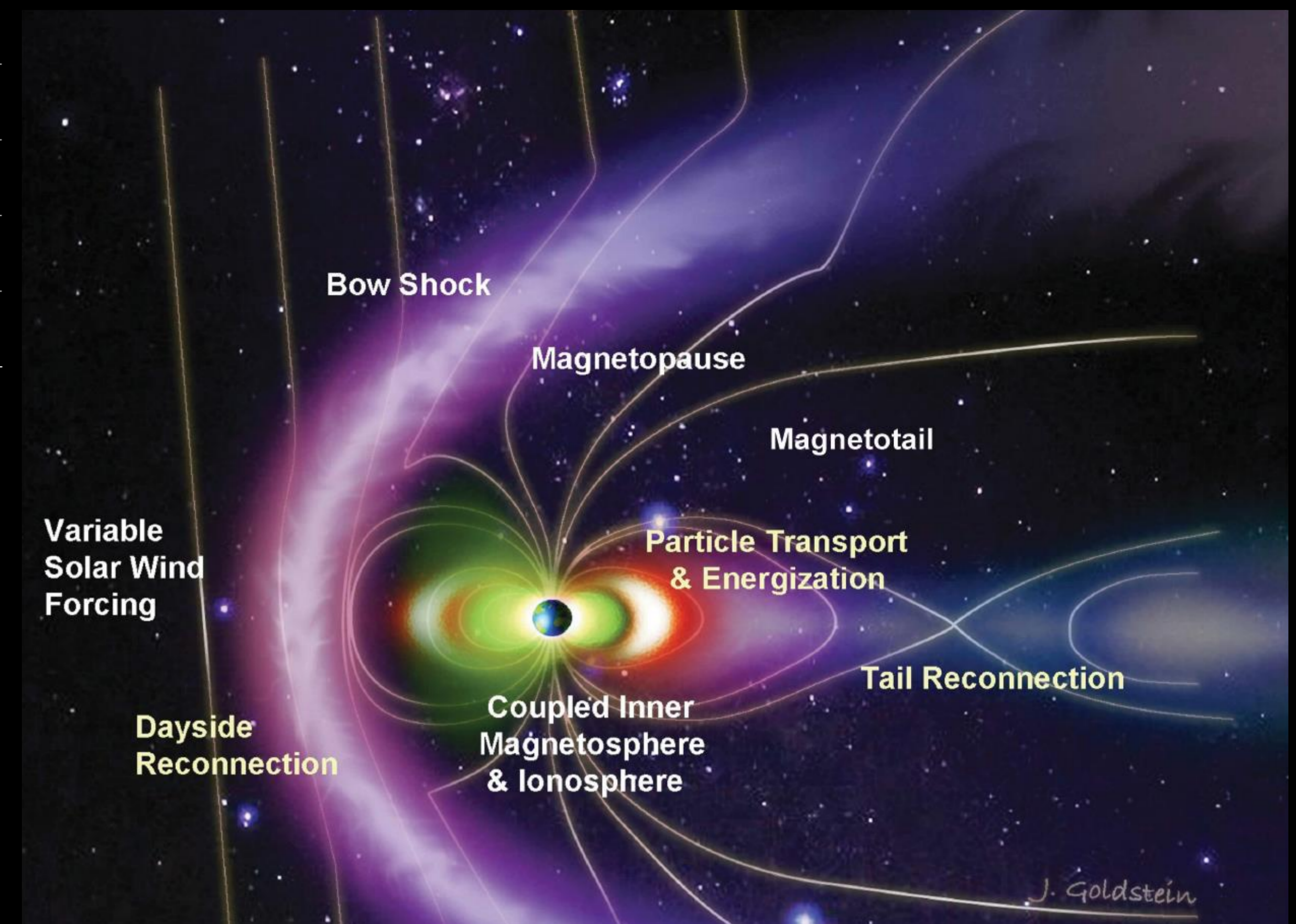
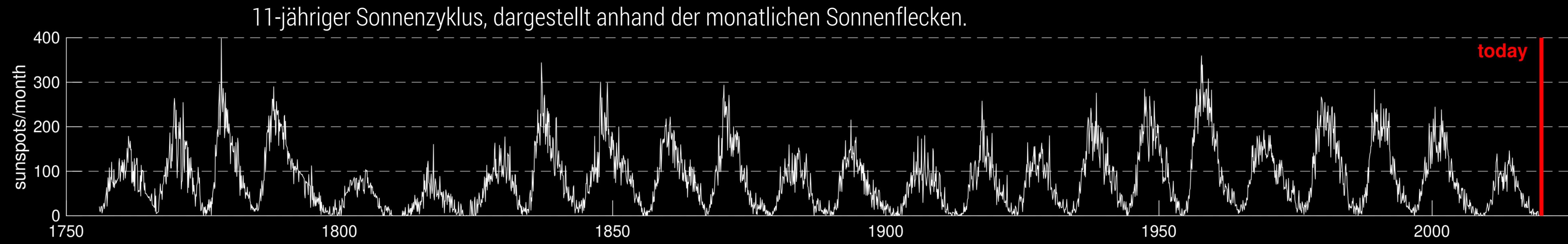
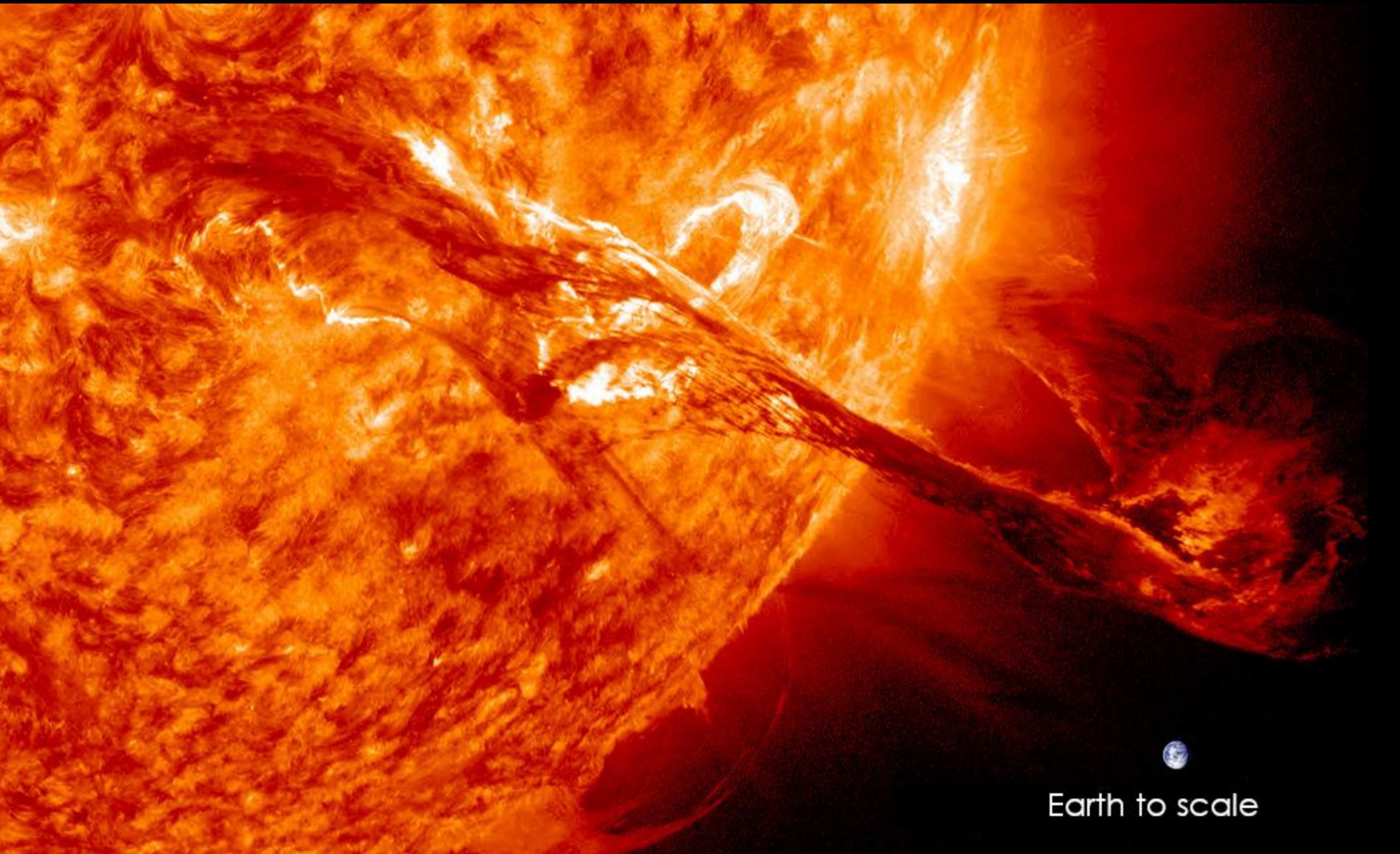
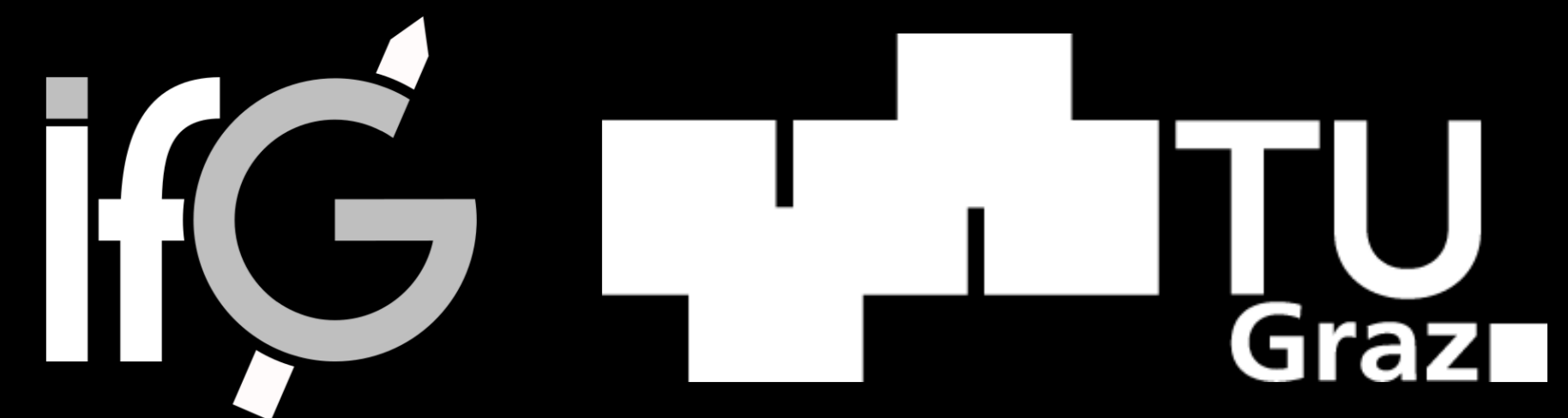


Weltraumwetter – Gefahr für die Erde

S. Krauss, B. Süsser-Rechberger (Institute of Geodesy, Graz University of Technology)

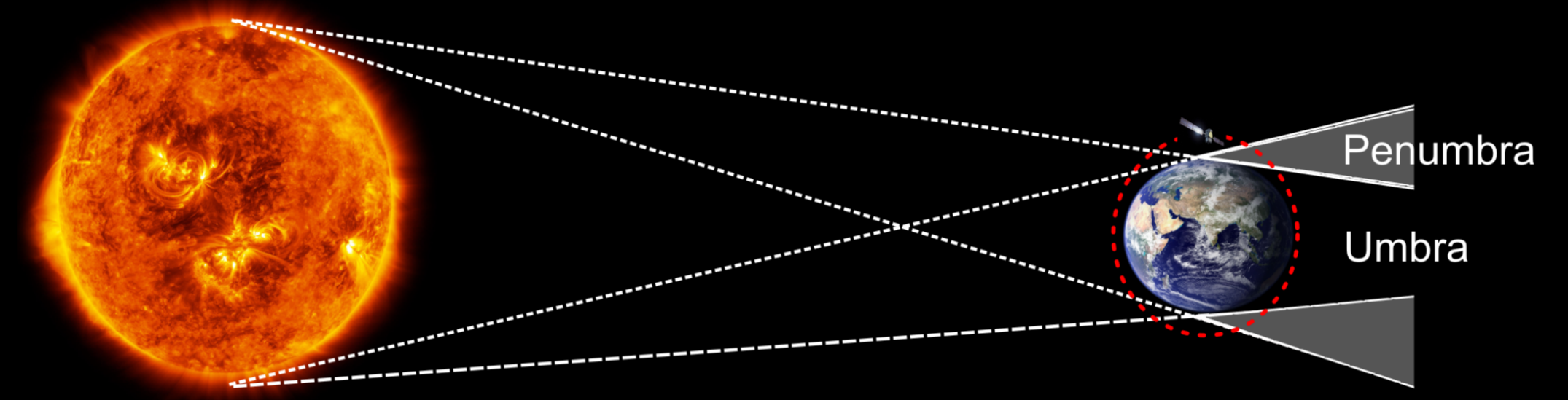


Koronaler Massenauswurf (CME)

CMEs sind großräumige, plötzliche Massenauswürfe der Sonnenkorona, die sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 2000 km / s von der Sonne entfernen. Das ausgestoßene Plasma besteht hauptsächlich aus Elektronen und Protonen. Die ausgeworfene Masse ($\approx 4,1 \cdot 10^{12}$ kg) hat eine kinetische Energie von $3,5 \cdot 10^{23}$ J. Diese Energie ist bei der Entstehung im Magnetfeld der Sonne gespeichert und wird durch magnetische Rekonnektion kurzfristig freigesetzt. Koronale Massenauswürfe gelten als Ursache für geomagnetische Störungen.

Geomagnetische Stürme

Bezeichnet eine vorübergehend massive Störung des Erdmagnetfeldes hervorgerufen durch die Interaktion mit geladenen Teilchen (Elektronen, Protonen) im Sonnenwind. Die größten Stürme stehen in Verbindung mit koronalen Massenauswürfen (Energie von mehreren tausend eV).



Konisches Schattenmodell zur Bestimmung der Sonneneinstrahlung auf einen Satelliten.

Auswirkungen von Sonneneruptionen

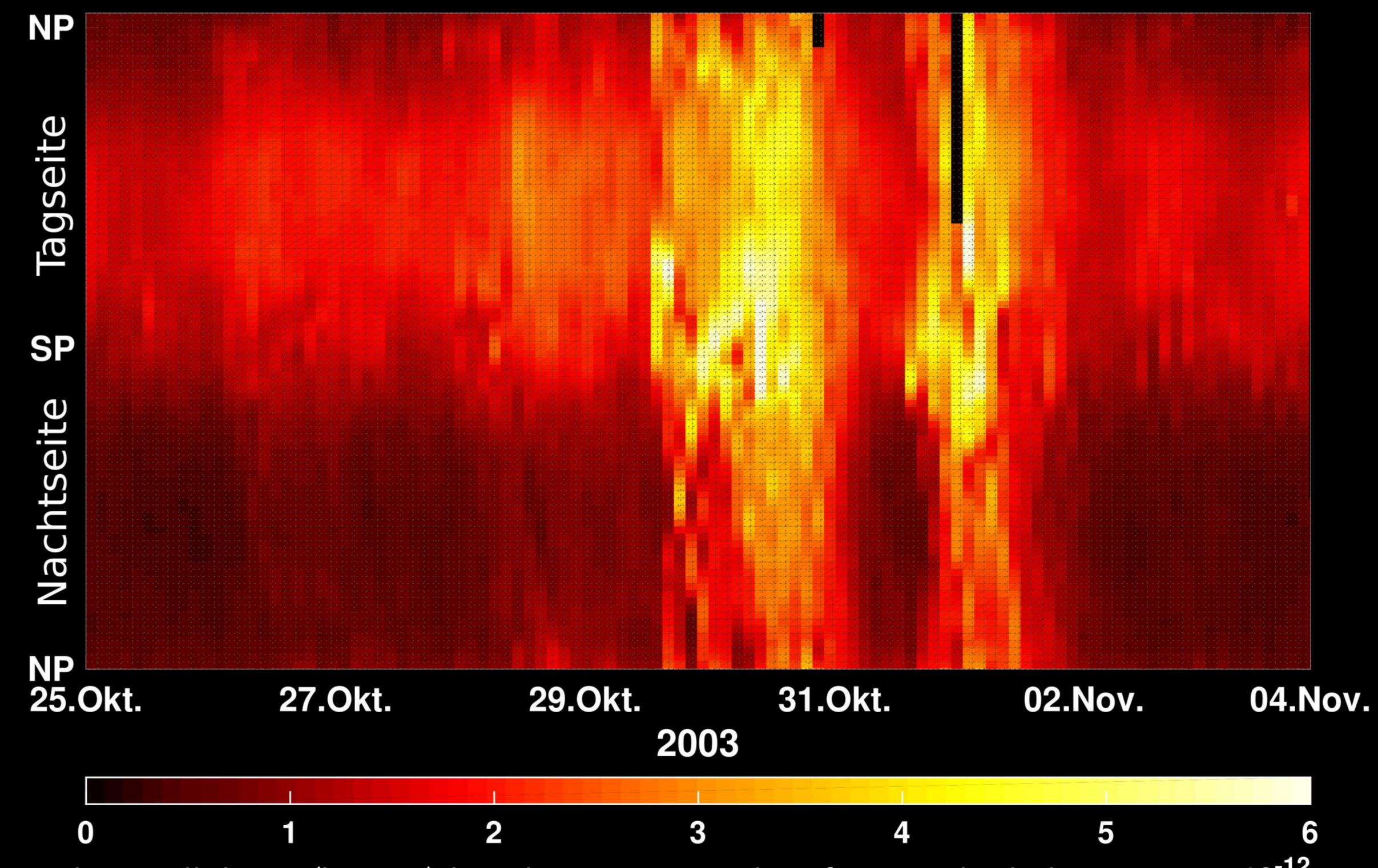
- Polarlichtern (Aurora)
- Stromausfällen durch Schäden in Transformatoren (Strominduktion)
- Erhöhte Korrosion in Pipelines
- Aufheizung und Verformung der oberen Erdatmosphäre (Luftwiderstand)
- Störungen in der Satellitennavigation (GPS etc.)
- Störung der Kommunikationsnetze (Rundfunk, Mobilfunk),
- Oberflächenaufladung bei Satelliten (Single-event phänomen)
- Satellitenausfälle (ADEOS-II, Kodama, Asuko)

Fakten zur Sonne

Radius: 696 340 km
 Masse: $1,9 \cdot 10^{30}$ kg
 Entfernung: 149 600 000 km
 Temperaturen
 Kern: 15 000 000 K
 Oberfläche: 5800 K

Solar Flare

Sind riesige Explosionen auf der Sonne hervorgerufen durch angestaute Energien in verdrehten Magnetfeldern (Sonnenflecken). Innerhalb von wenigen Minuten wird Material dabei auf mehrere Millionen Grad erhitzt und produzieren Strahlung entlang des elektromagnetischen Spektrums (von Radiowellen über Röntgenstrahlung bis hin zu Gammastrahlung). Absorption in unterschiedlichen Schichten der Erdatmosphäre. Strahlung breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus und trifft nach ungefähr 8 min auf die Erde auf.

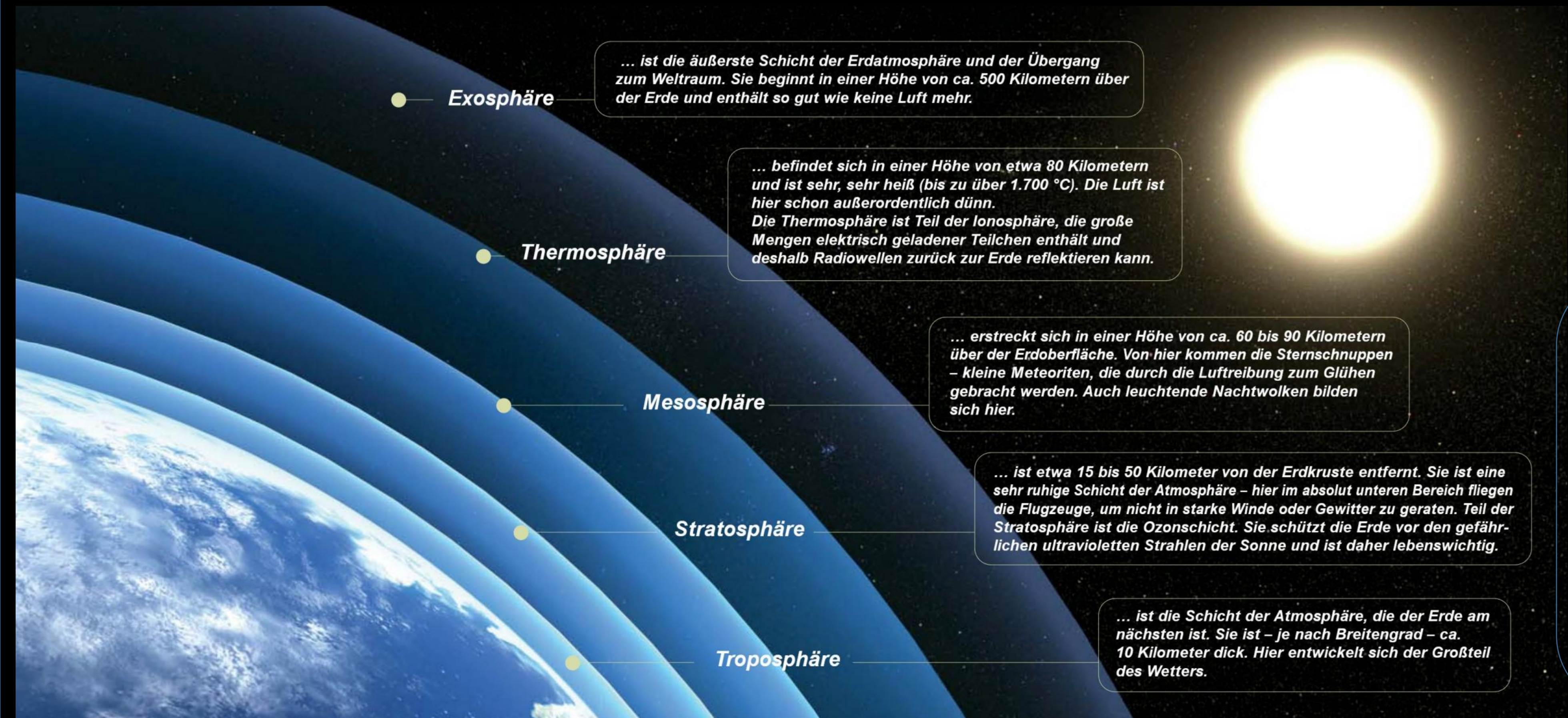


Atmosphärendichten (kg/m^3) bestimmt am Institut für Geodäsie in Graz basierend auf Beschleunigungsmessungen an Board der GRACE Satelliten auf 490km.

Single-Event Phänomen

Einschlag eines einzelnen, hochenergetischen Teilchens (schwere Ionen, Protonen oder Neutronen) aus der kosmischen Teilchenstrahlung Strahlung oder aus Sonneneruptionen. Gefahr für elektronische Bauteile von Satelliten.

- Upset:* Temporäre Änderung des logischen Zustandes eines integrierten Schaltkreises (IC) - Folge von falschen Kommandos
- Latchup:* Änderung des Zustandes eines IC (Reset)
- Burnout:* Zerstörung eines IC



Beispiele:

März 1989: Zwei Transformatoren England und einer im Kernkraftwerk New Jersey zerstört. Ausfall des Stromnetzes in Hydro-Quebec (CAN) - für mehrere Stunden waren 6 Mio. Menschen ohne Strom. Wirtschaftlicher Schaden ~ 6 Mrd. USD.

October 2003: Beeinträchtigungen von Transformatoren in Malmö (SWE) - 90minütiges Blackout. Russland: Anomalien im Eisenbahnnetz. 10% aller Satelliten zeigten Anomalien - bei 10 davon kam es zu Unterbrechungen des Betriebes



Zerstörter Transformator in New Jersey, März 1989.

