



KARL-FRANZENS-UNIVERSITÄT GRAZ
UNIVERSITY OF GRAZ



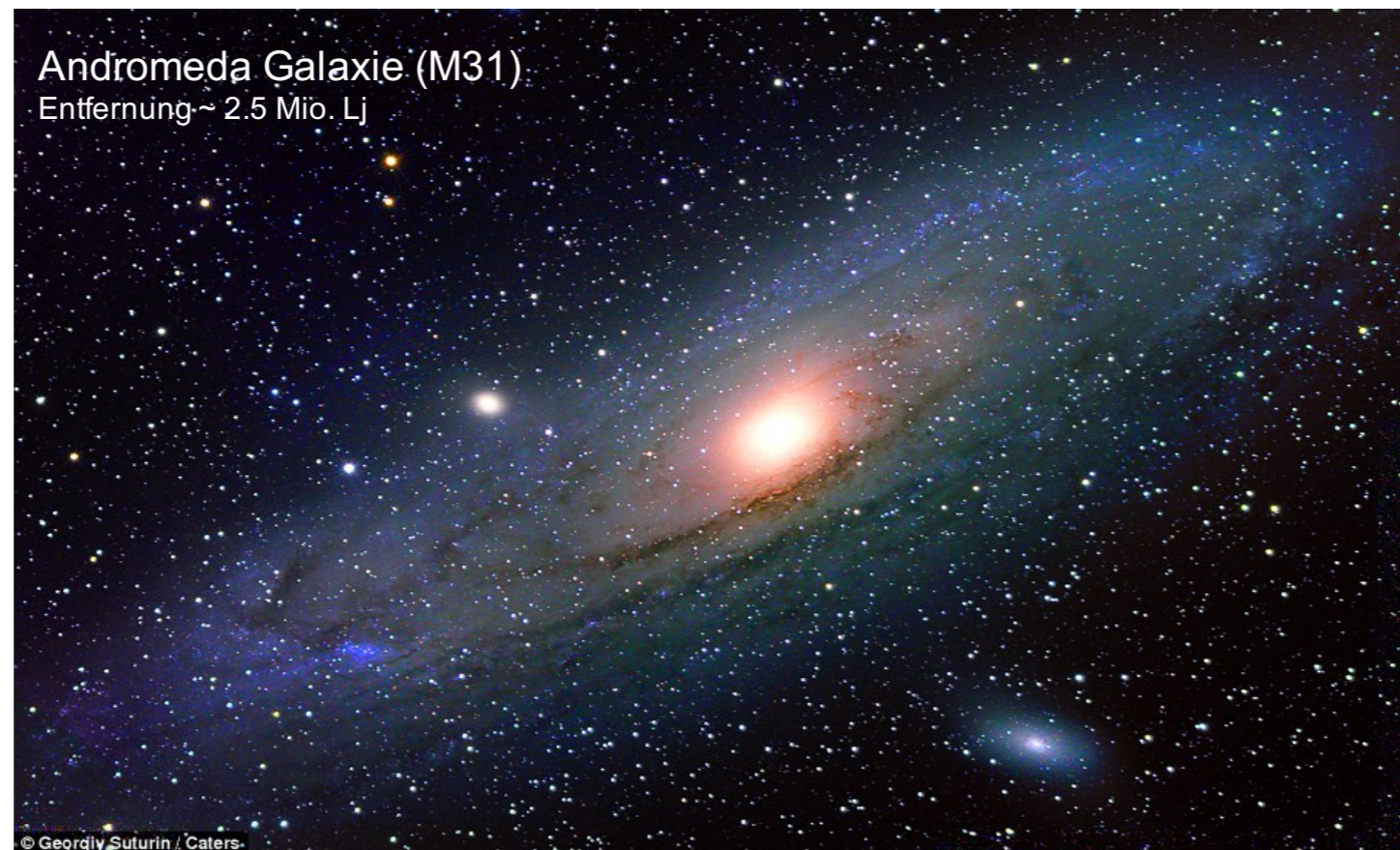
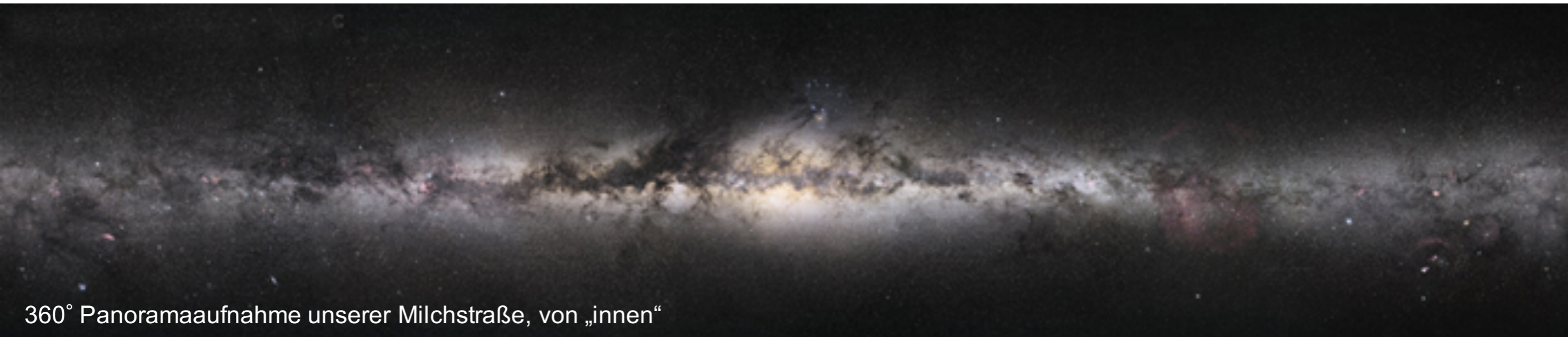
Der Einfluss der Sonne auf unser modernes Leben - Forschung zum Thema Weltraumwetter

Manuela Temmer

Institut für Physik, Universität Graz

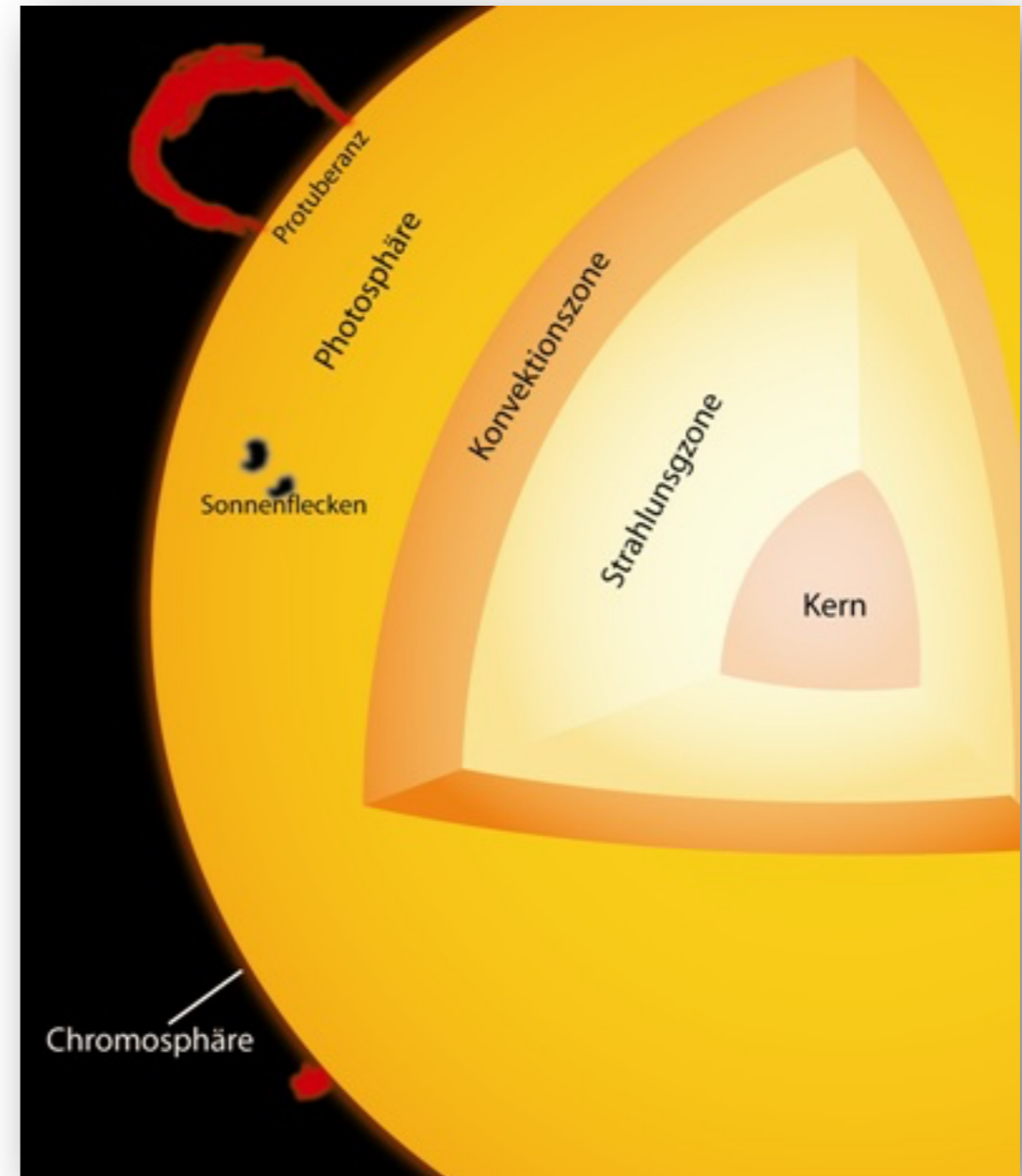
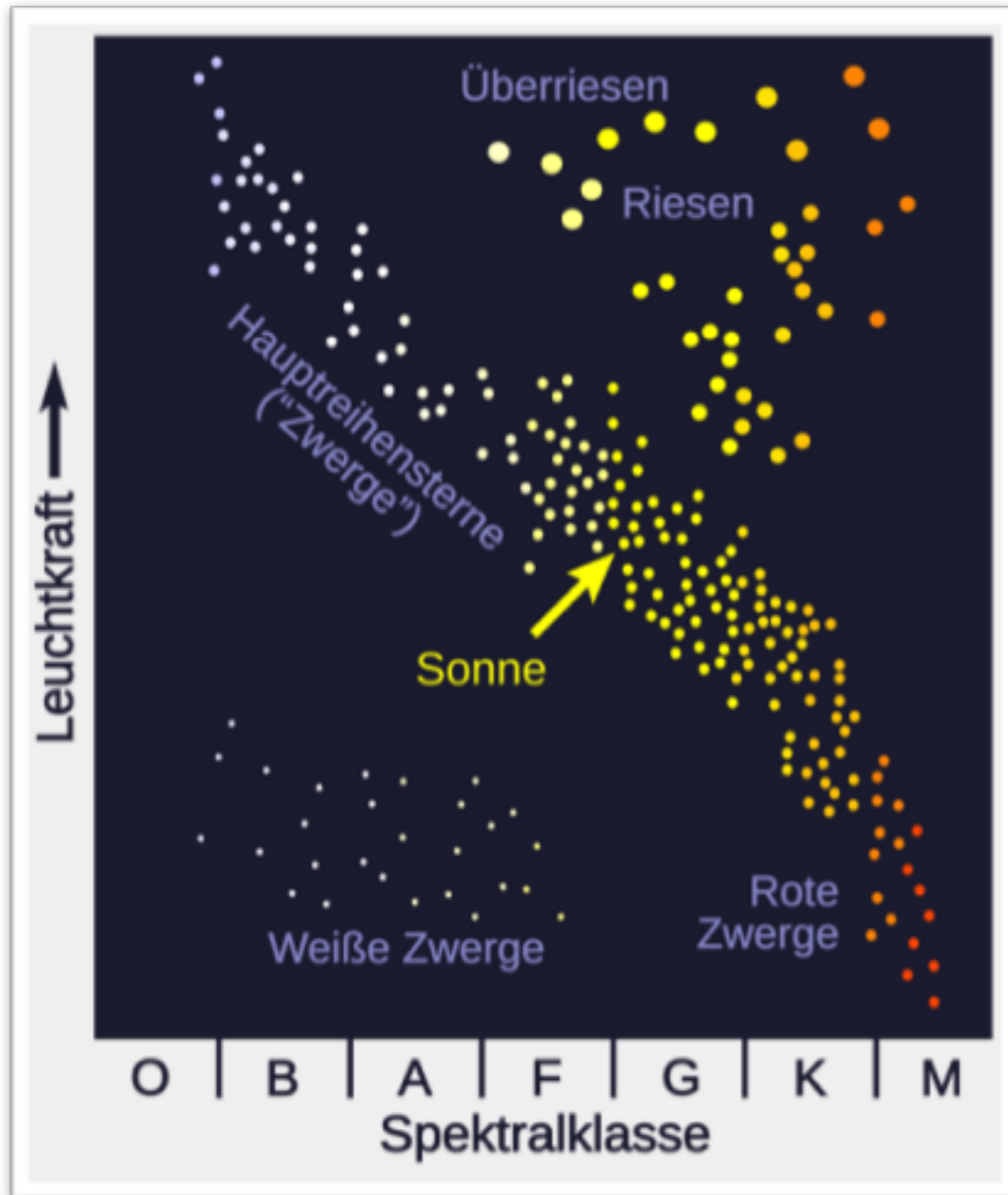
swe.uni-graz.at

Wie einzigartig ist unser Sonnensystem?



© Georgiy Sutin / Caters-

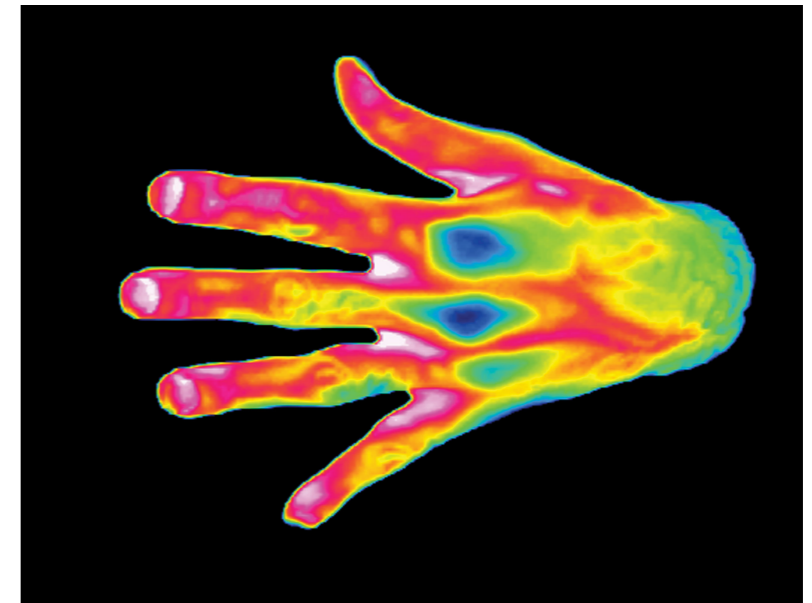
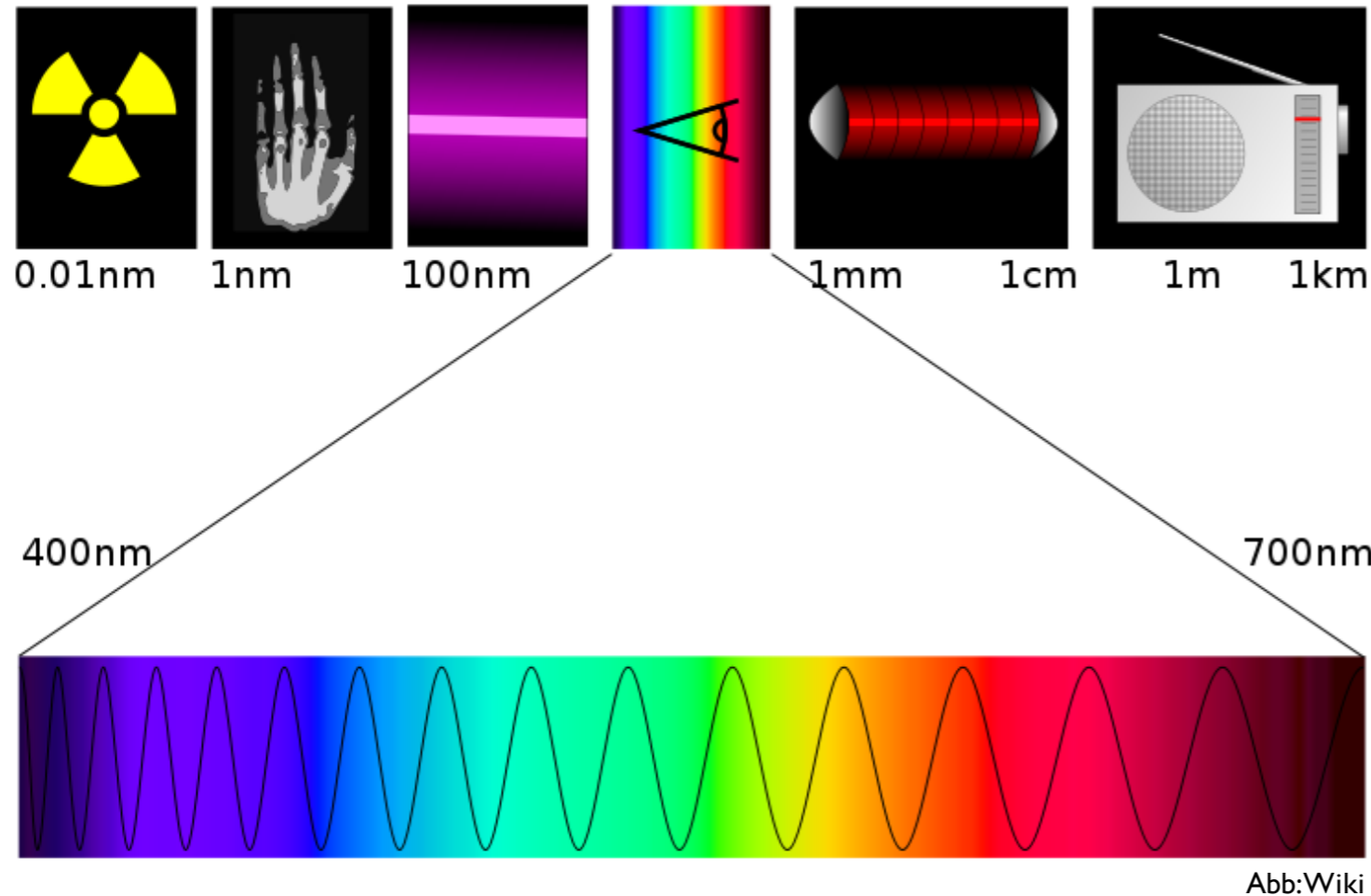
Die Sonne – Prototyp eines Sterns und Labor der Astrophysik



Aufbau der Sonne (G2V Stern)

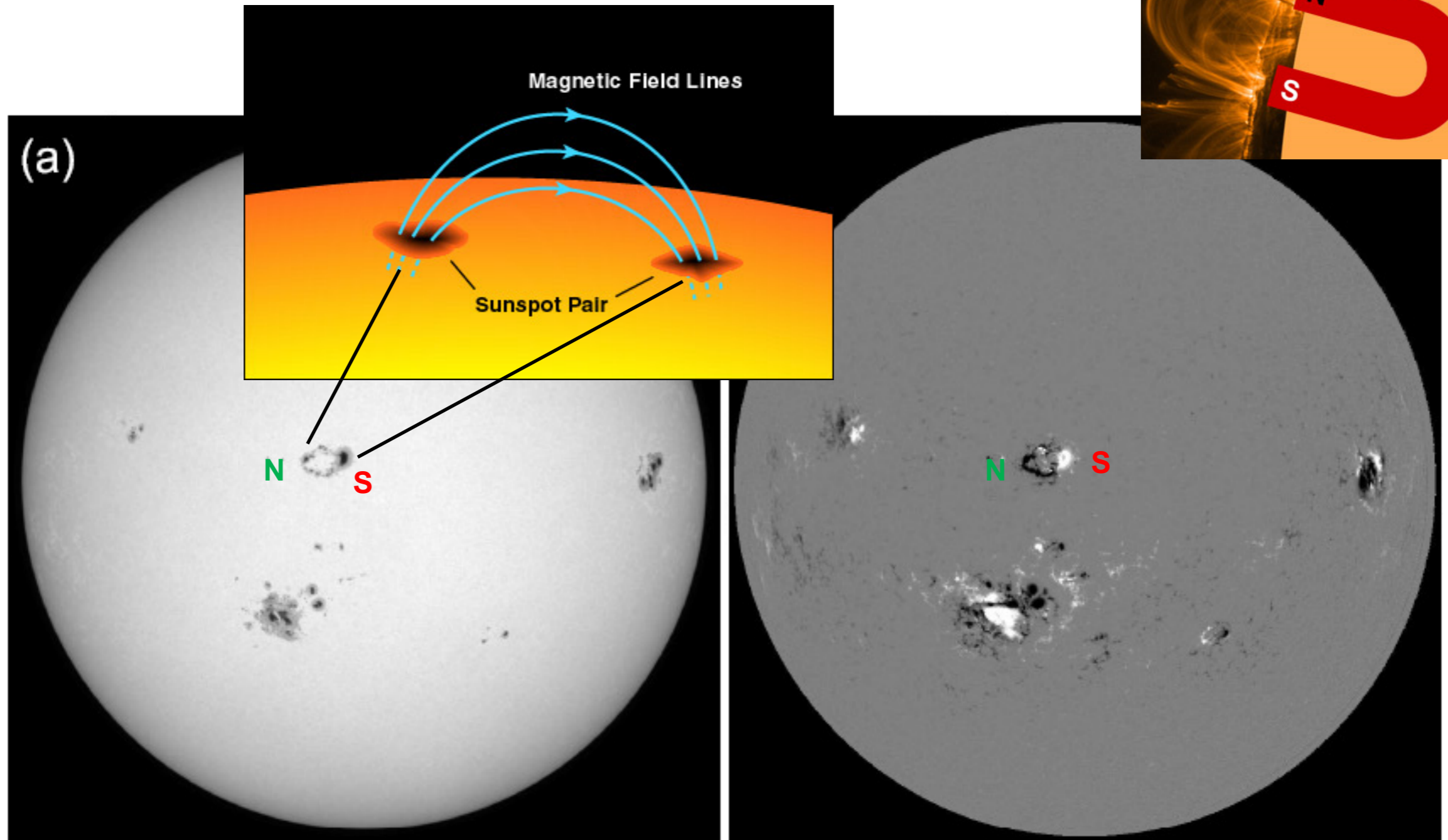
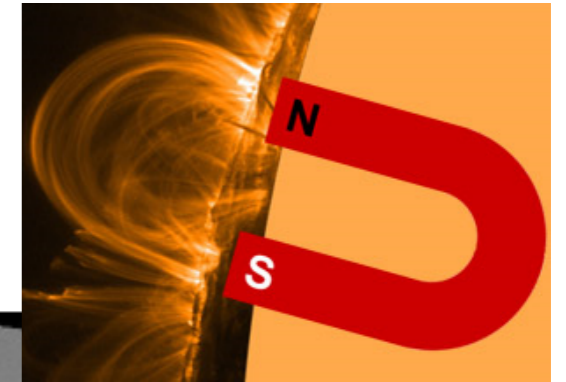
c. Wikipedia (links) + Sebastian Schmidtke (rechts)

Das elektromagnetische Spektrum



Beobachten wir unsere Umgebung in anderen Wellenlängenbereichen, können wir die Zusammensetzung und Eigenschaften von Materialien erforschen (Dichte, Temperatur).

Starke Magnetfelder = Motor der Sonnenaktivität (11-jähriger Zyklus)



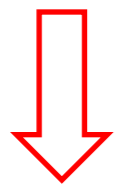
NASA-ESA SoHO/MDI

Aktive Regionen auf der Sonne

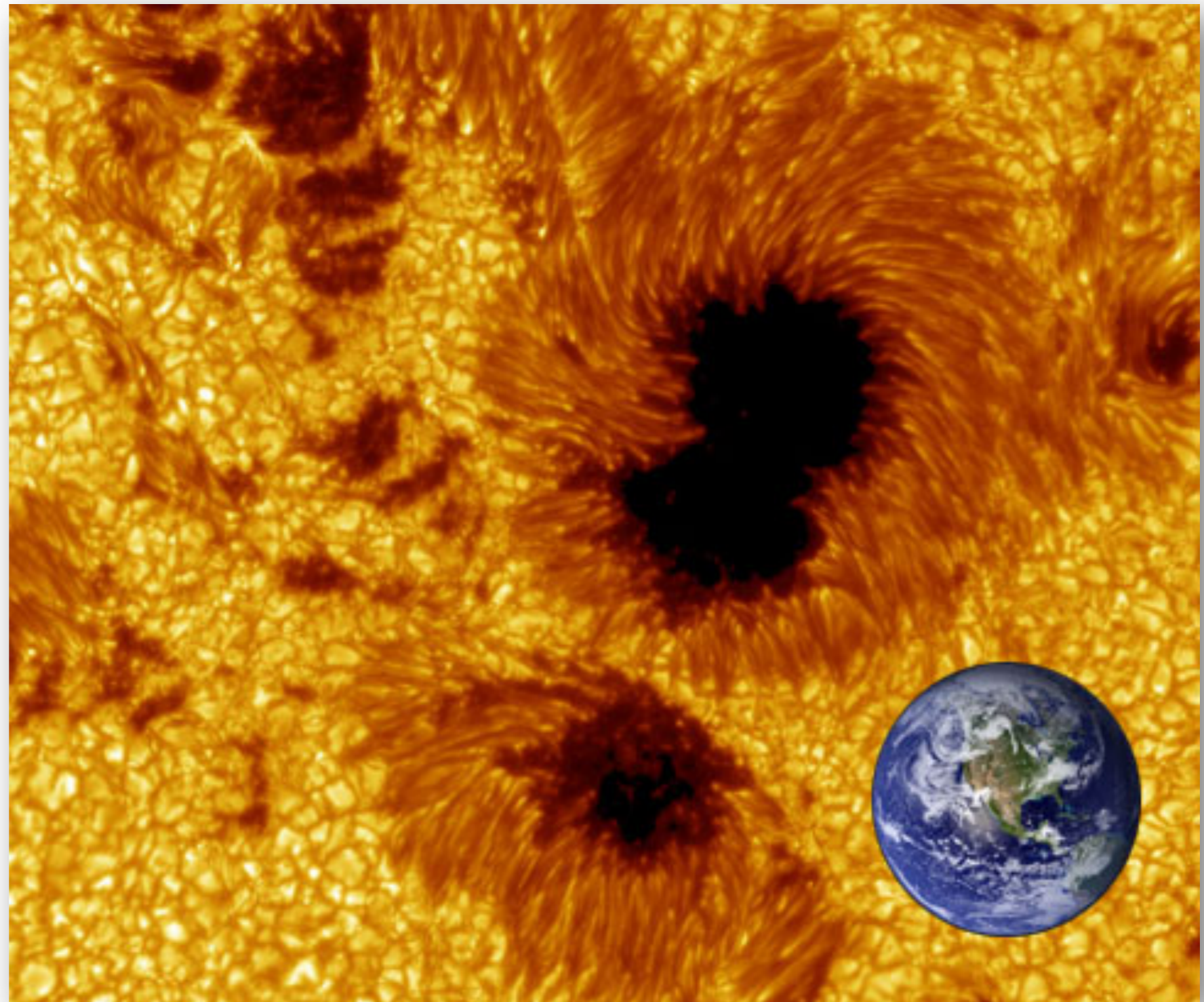
Sonnenflecken sind dunkel
=> kühler als Umgebung.

Starke Magnetfelder
behindern die Konvektion.
=> weniger Energie und
Wärme wird aus tieferen
Schichten der Sonne an die
„Oberfläche“ transportiert.

Aktive Regionen =>
innerhalb kurzer Zeit
können enorme Energien
freigesetzt werden.



Flares und CMEs



Swedish Solar Telescope (SST), 1 m, La Palma

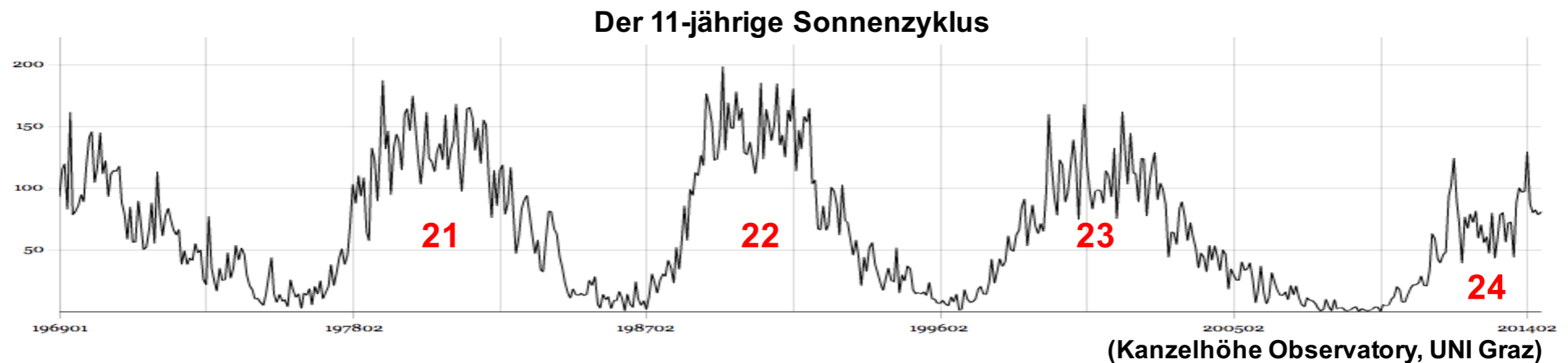
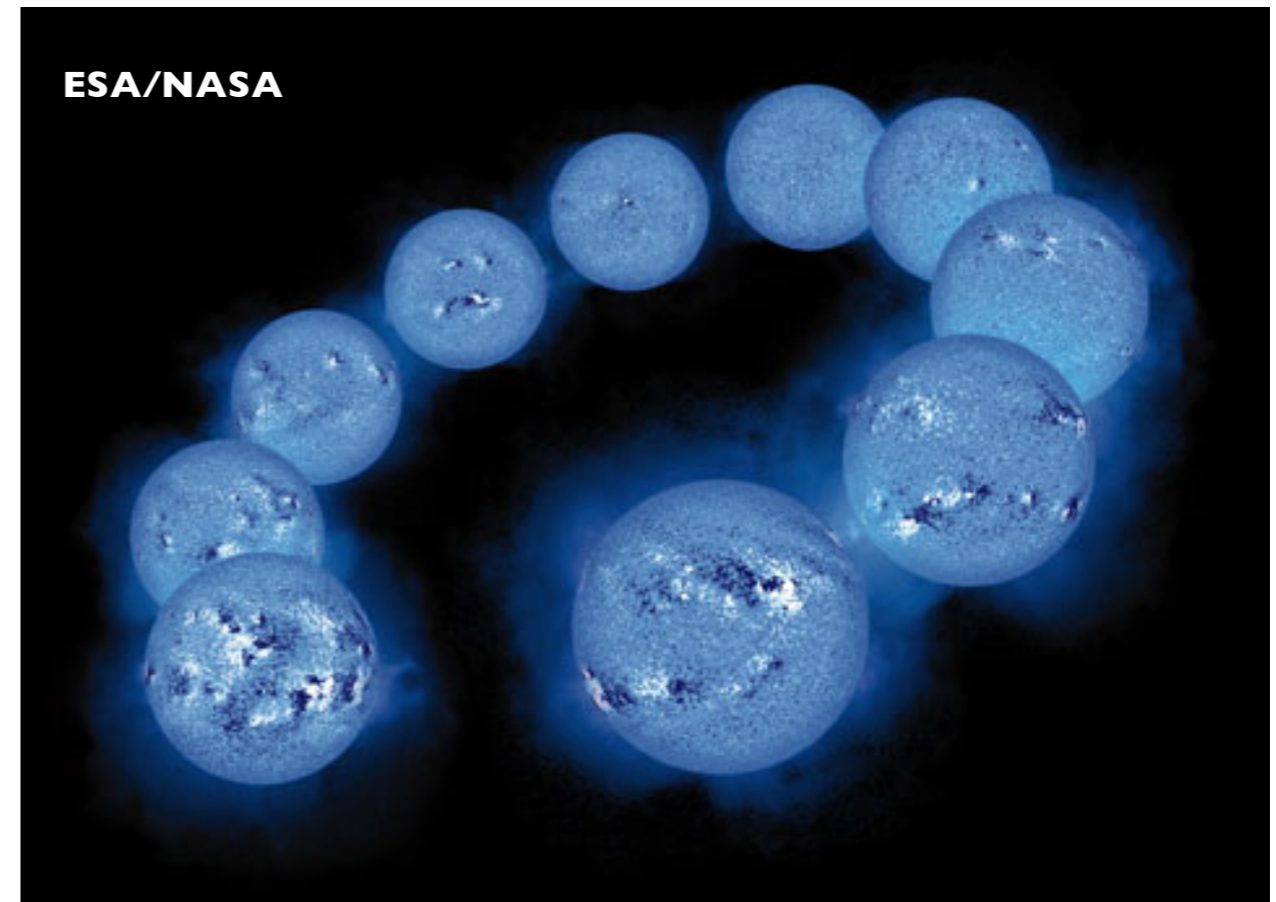
www.solarphysics.kva.se

Der Aktivitätszyklus der Sonne

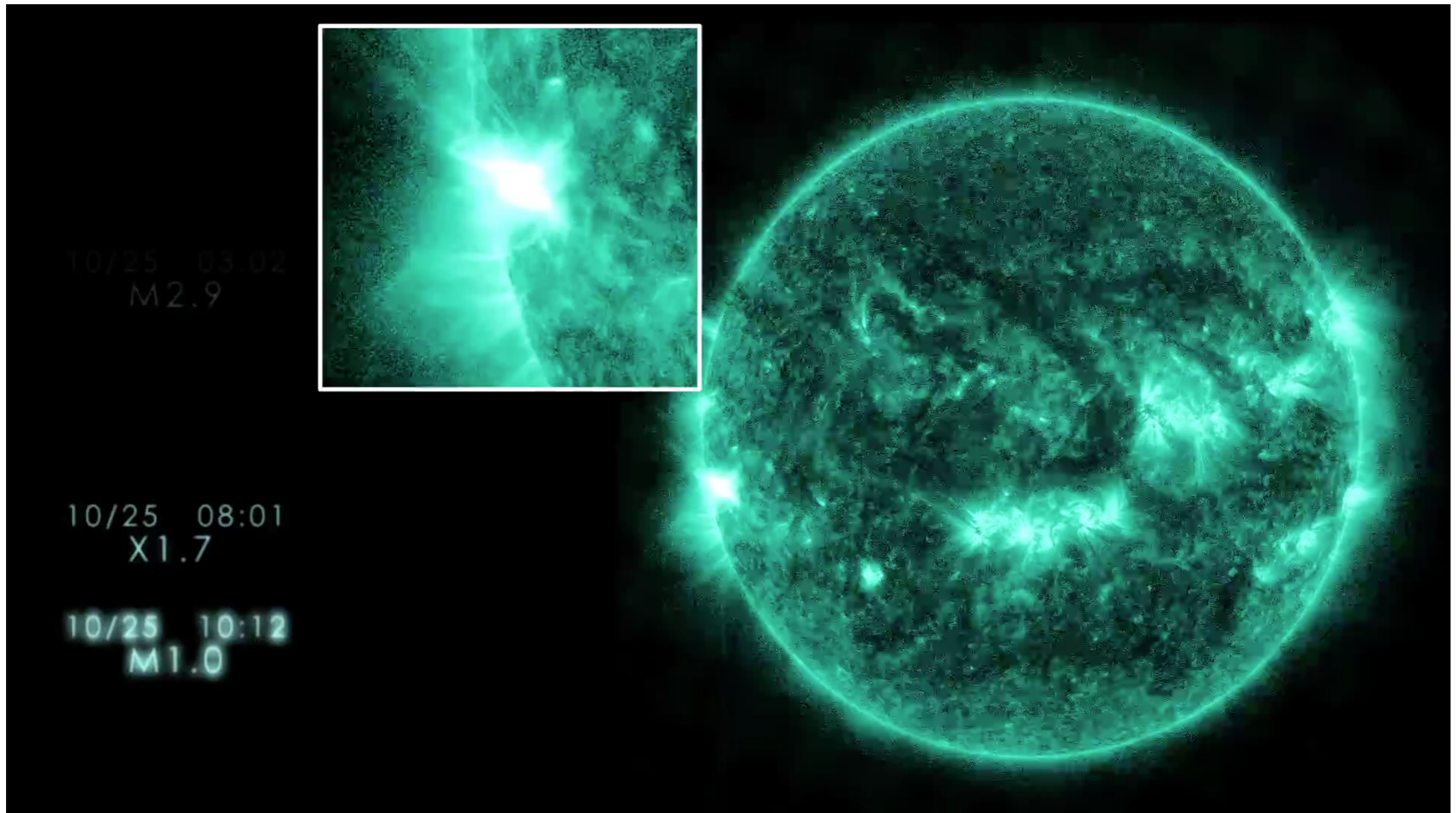
Aufzeichnungen über mehrere hundert Jahre (Galileo) zeigen uns die Schwankungen der Sonnenflecken.

Die Aktivität der Sonne variiert aufgrund ihres sich ändernden Magnetfeldes (siehe Bild rechts).

Flares und CMEs variieren ebenfalls mit dem 11-jährigen Sonnenzyklus.



Beobachtungen von Lichtblitzen (Flares) – ein Kurzschluss



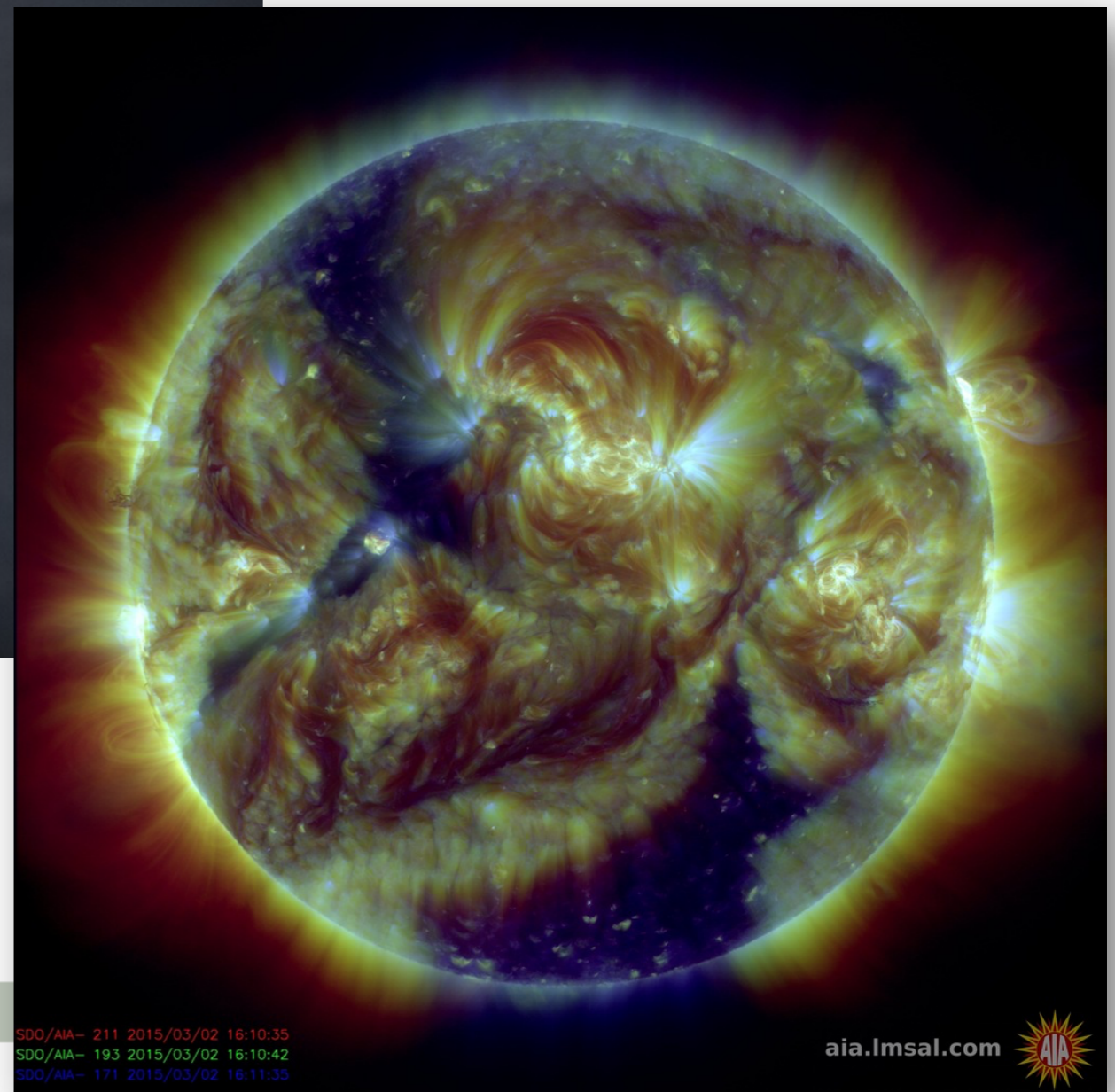
Die Korona der Sonne – Übergang in den interplanetaren Raum

Catalin Beldea/Stiinta (Indonesien, März 2016)



Korona aufgenommen im
Visuellen bei einer Sonnen-
finsternis und im EUV-Licht
vom NASA Satelliten SDO.

Temperaturen des koronalen
Plasmas ca. 1-2 Millionen Grad.



SDO/AIA- 211 2015/03/02 16:10:35
SDO/AIA- 193 2015/03/02 16:10:42
SDO/AIA- 171 2015/03/02 16:11:35

aia.lmsal.com



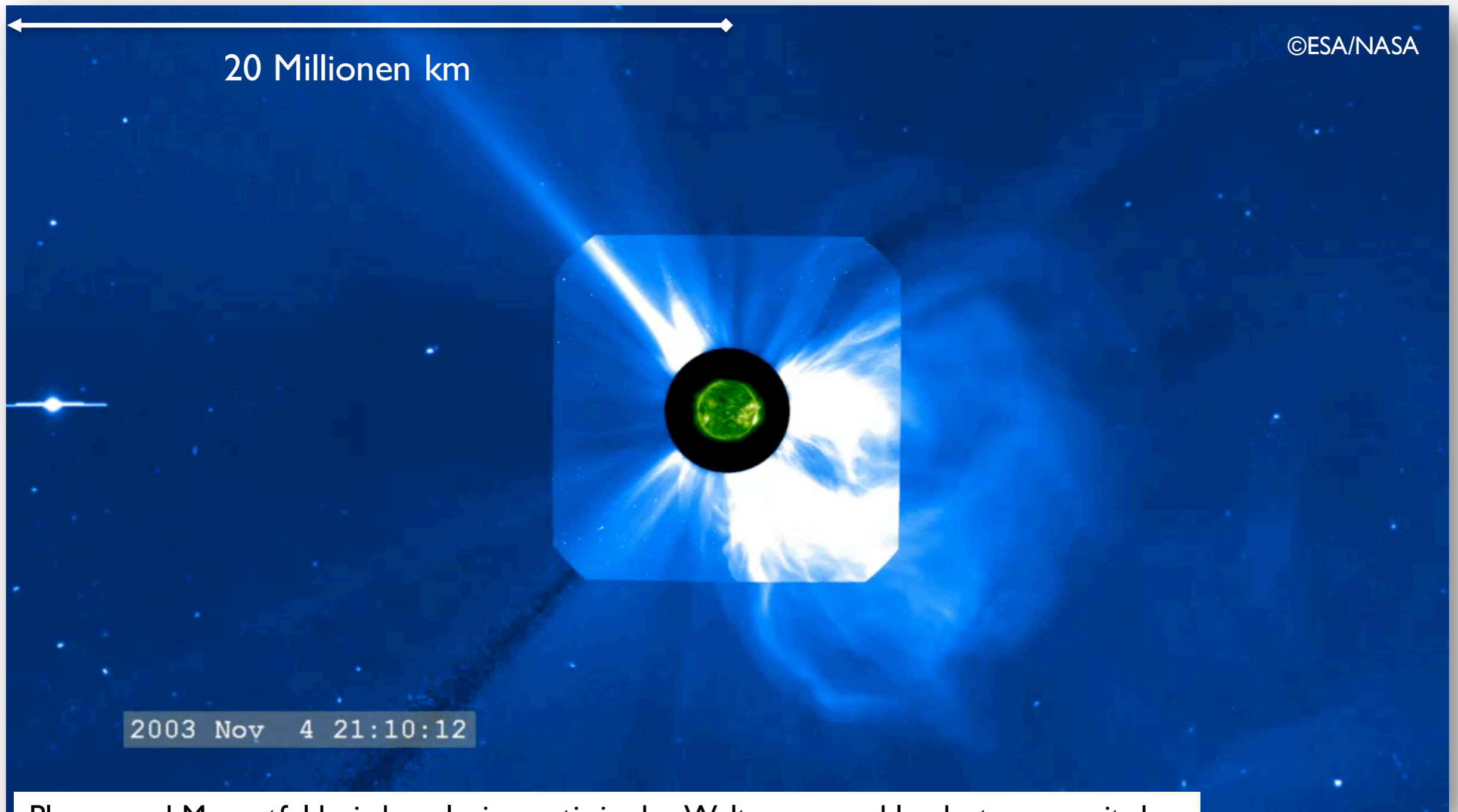
Koronographen – künstliche SoFi – zur CME Beobachtung



Da die Helligkeit der Sonnenkorona ca. eine Million mal schwächer ist als jene der Photosphäre, muss das überstrahlende Sonnenlicht künstlich mittels einer Kegelblende blockiert werden. Der Mond macht dies bei einer Sonnenfinsternis.

Nur so können koronale Massenauswürfe (CMEs), die Hauptverursacher des stürmischen Weltraumwetters, beobachtet und erforscht werden. Diese verlassen die Sonne mit Geschwindigkeiten bis zu einigen 1000 km/s!

Koronale Massenauswürfe (engl. Coronal Mass Ejections - CMEs)



Plasma und Magnetfeld wird explosionsartig in den Weltraum geschleudert wo es mit dem Sonnenwind wechselwirkt (Ausbreitungsrichtung und Kinematik, Magnetfeldorientierung).

ESA Pogramm: Space Situational Awareness

Aktivität der Sonne verursacht Störungen in Erdmagnetosphäre.

Sonne – Plasmawolken/Flares Erde - Geomagnetische Stürme

©ESA

1943 - 2. Weltkrieg:

Funkverkehr extrem wichtig (Ionosphäre der Erde);

Bau von Sonnenobservatorien in Deutschland und Österreich (*Kanzelhöhe Observatorium der Uni Graz in Kärnten*);

Einfluss auf unser modernes Leben

Moderne Abhängigkeit:

Satellitenausfall betrifft Kommunikation, Navigation (GPS), Radio- und Fernsehsignale, Datenübertragung, Erdwettervorhersage, ...

Induzierte Ströme können Stromnetzwerke ausschalten (siehe unten)

Weitere Auswirkungen:

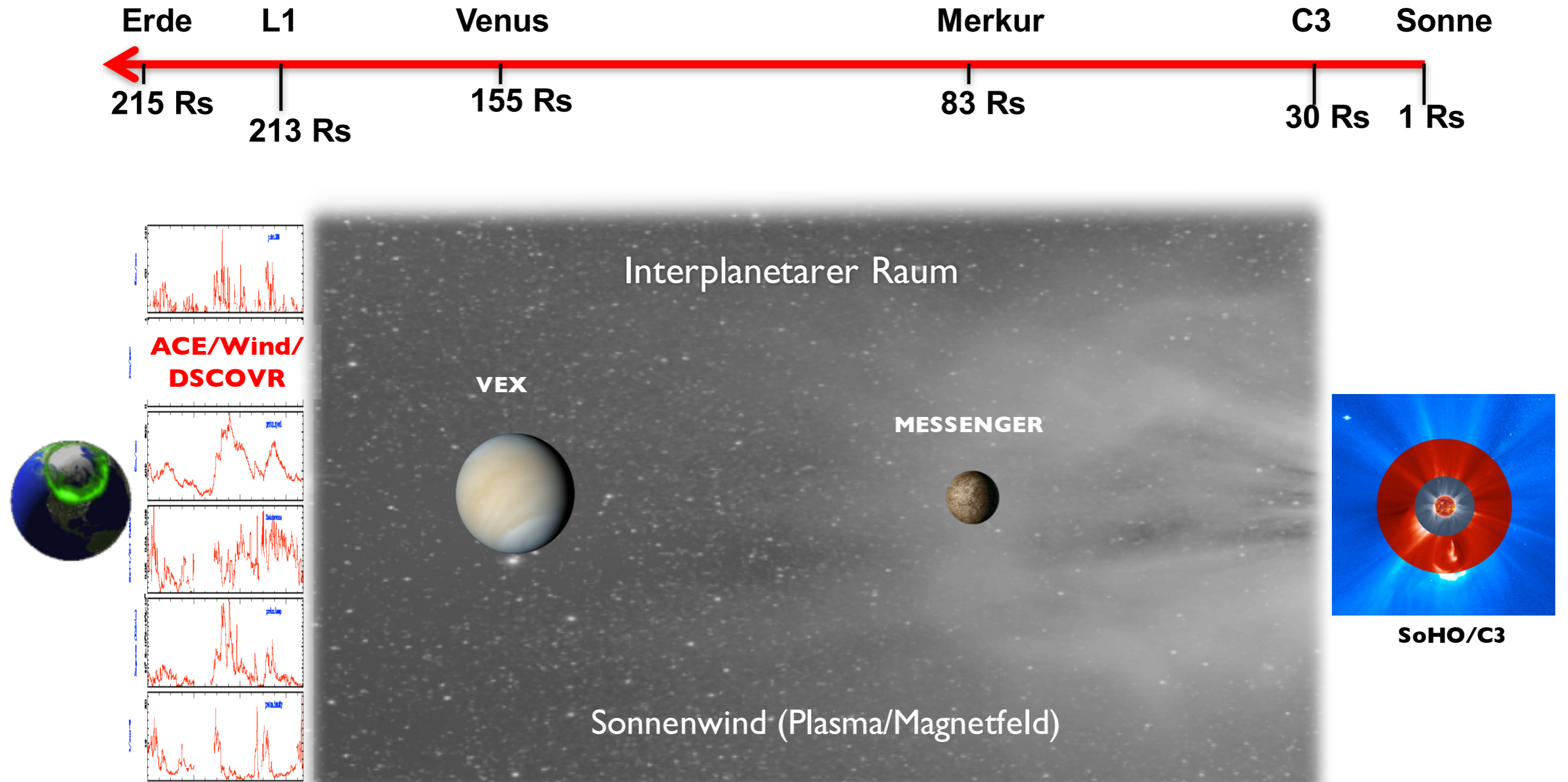
Astronauten (ISS, Mars-Mission), Strahlung in Flugzeugen (Passagiere, Besatzung), erhöhte Korrosion von Ölpipelines, ...



Transformatoren: ca. 100 Tonnen schwer,
Kostenpunkt: ca. 10 Millionen USD,
Einzelanfertigung, nicht auf Vorrat erhältlich

Induzierter Strom aufgrund von
Sonnenstürmen Auswirkung siehe Bild links
(Canadian Energy Corporation, 1989)

Moderne Forschung – ein weiter Weg



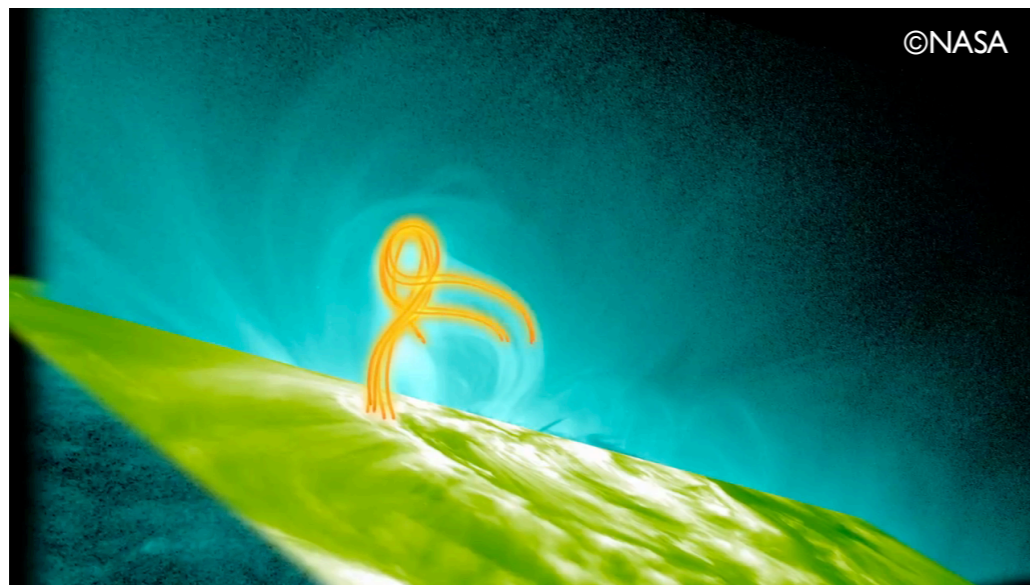
Nicht maßstabsgetreu!

1 Rs ~ 700.000 km / IAU ~ 150.000.000 km = 215 Rs

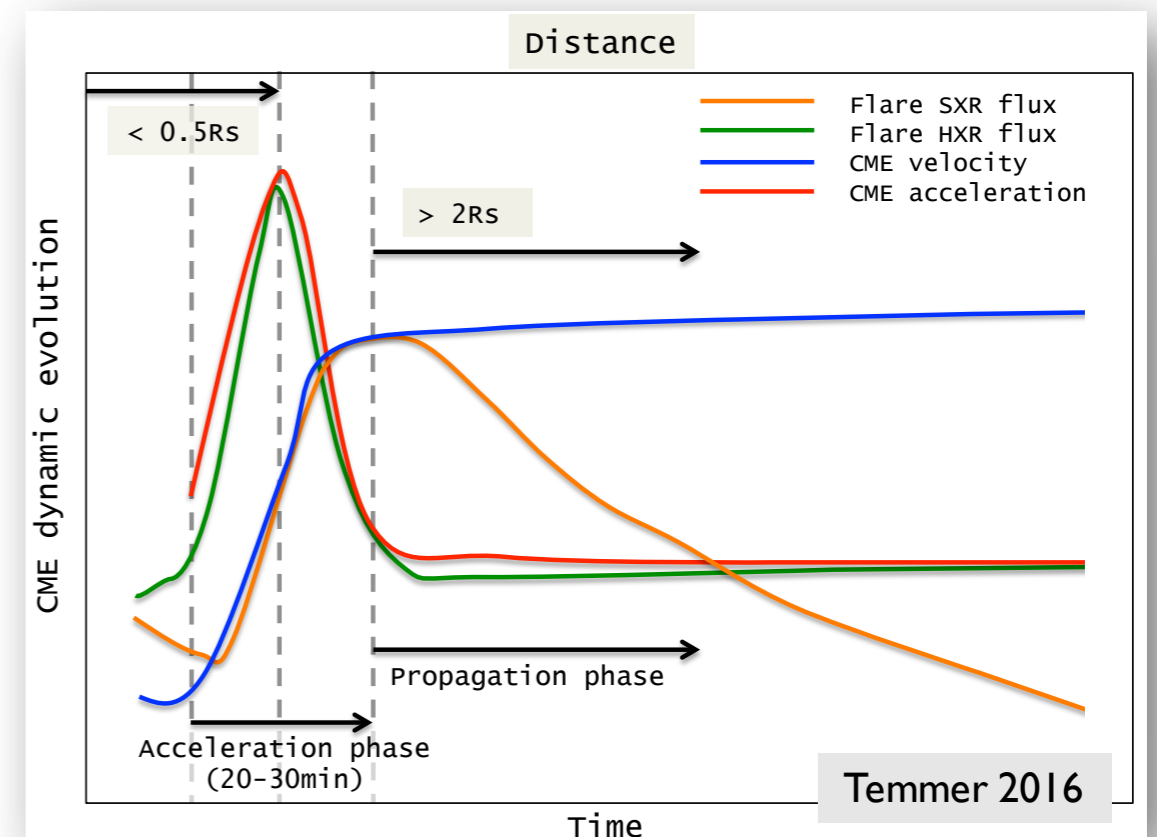
Zusammenhang zwischen Flares und CMEs

Flares zeigen uns wo und wieviel Energie freigesetzt wird (magnetische Rekonnexion). Umsetzung von freier magnetischer Energie in kinetische – Motor der eruptiven koronalen Massenauswürfe – Entstehung von magnetischen Flussröhren welche mit dem Erdmagnetfeld wechselwirken (Energie-Input $\mathbf{E} = \mathbf{v} \times \mathbf{B}$).

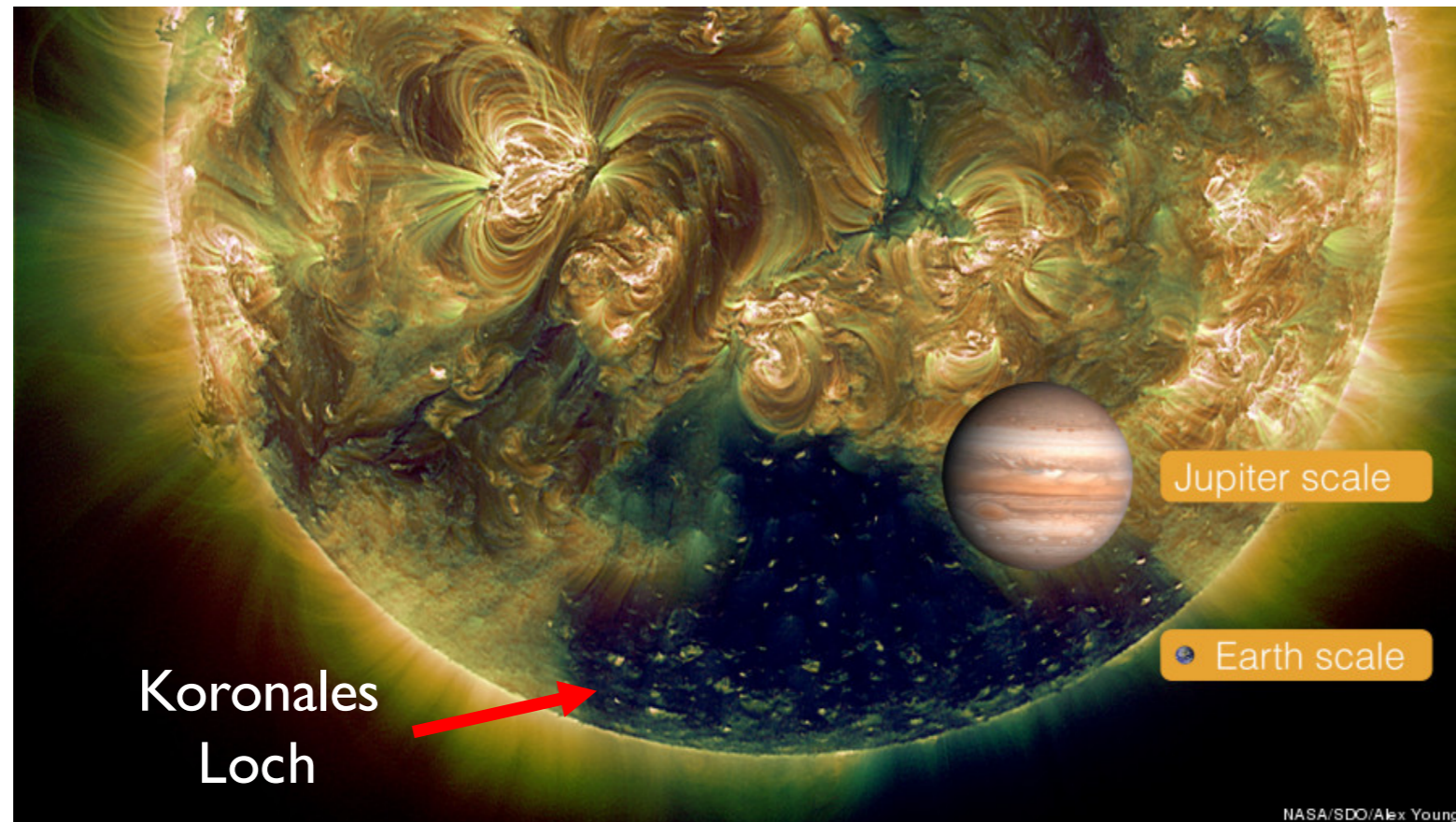
Wie schnell ein CME sich ausbreitet wird vom Magnetfeld bestimmt. Die Beschleunigung korreliert dabei mit der Freisetzung harter Röntgenstrahlung. Die Geschwindigkeit und die magnetische Orientierung der Flussröhre spielen für das Weltraumwetter eine wichtige Rolle.



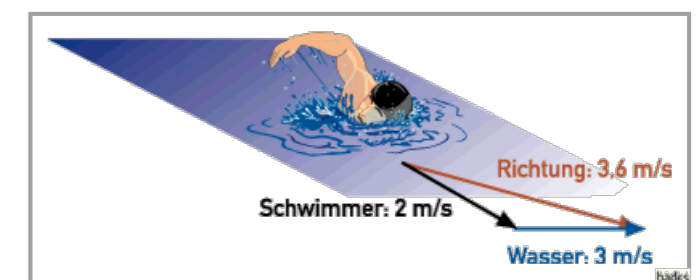
Nur durch Analysen von Bilddaten können theoretische Szenarien bestätigt werden.



Der Sonnenwind – Einfluss auf CME Ausbreitung im interplanetaren Raum



Die heiße Korona der Sonne strömt einen ständigen Wind in alle Richtungen aus (ca. 400 km/s). Der Sonnenwind ist durch schnelle Strömungen (ca. 800 km/s), welche aus koronalen Löchern austreten, strukturiert. CMEs (400-3000 km/s) werden so in ihrer (oft radialen) Ausbreitung abgelenkt und abgebremst.



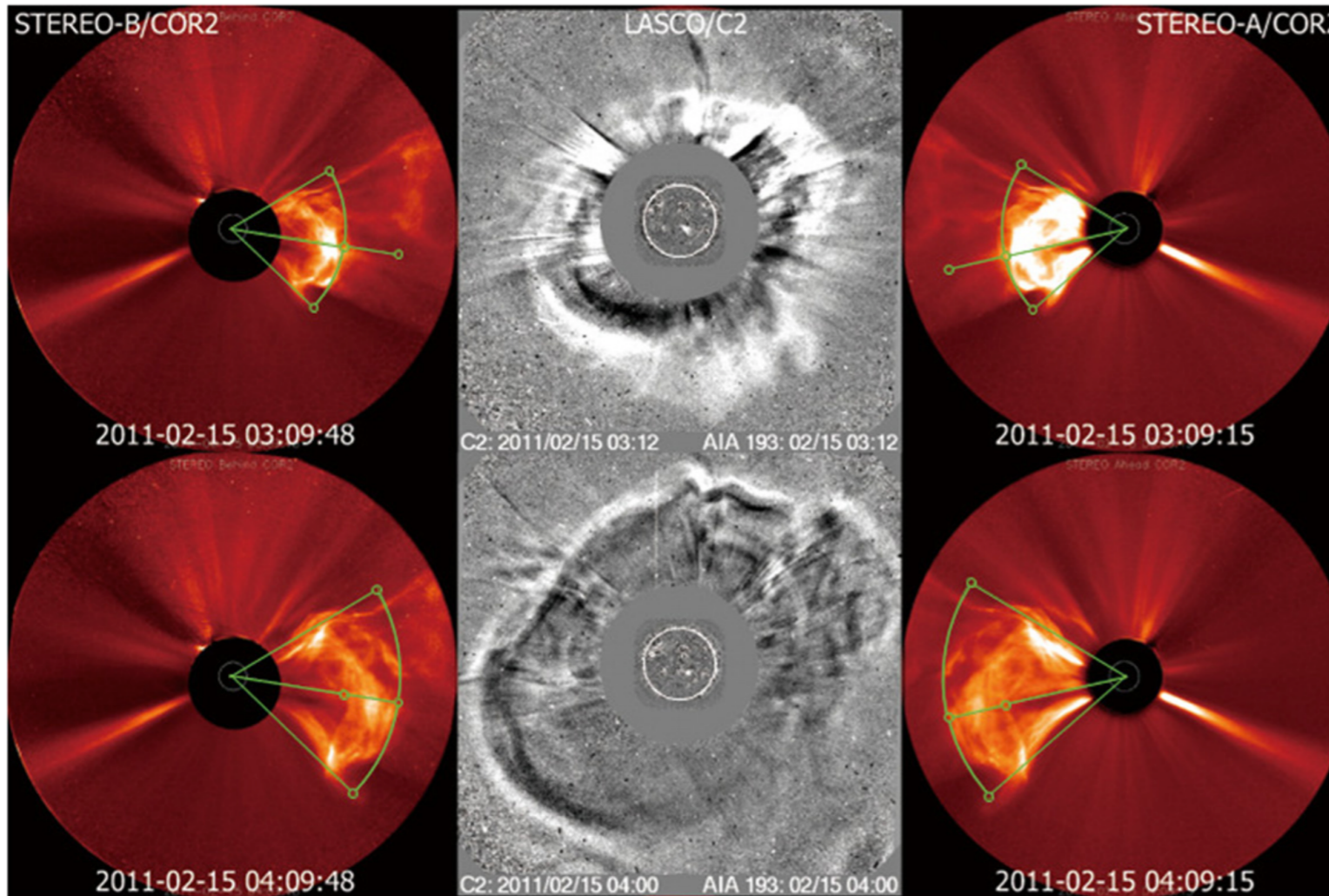
Reine Ansichtssache

CME sind optisch dünn (Intensität = Integration über Sichtlinie). Projektionseffekte stellen für die bildgebende Datenanalyse ein erhebliches Problem dar. Verschiedene Blickwinkel ermöglichen es die 3D Struktur von Objekten im (interplanetaren) Raum zu erkennen.

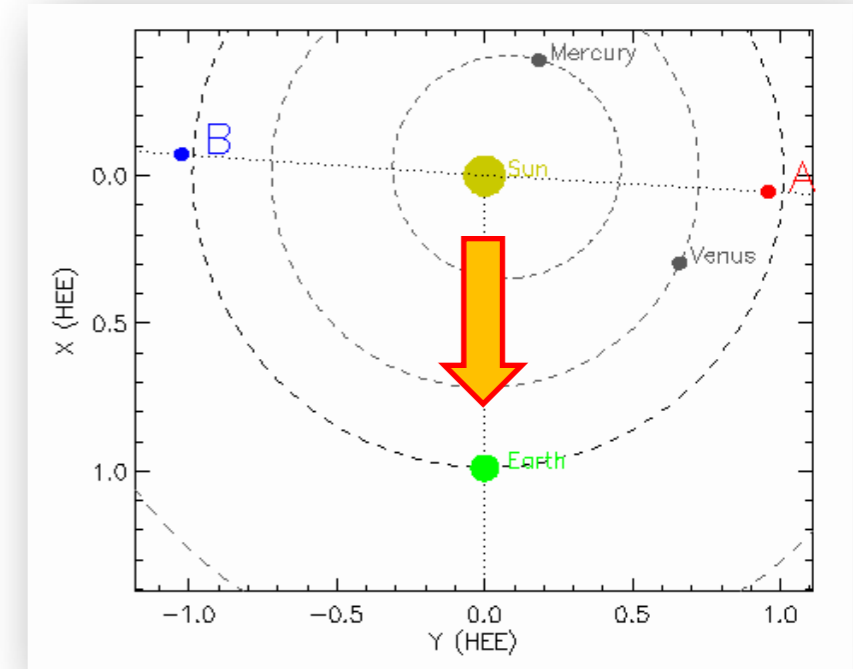


Stereoskopie – Multi-Satellitendaten

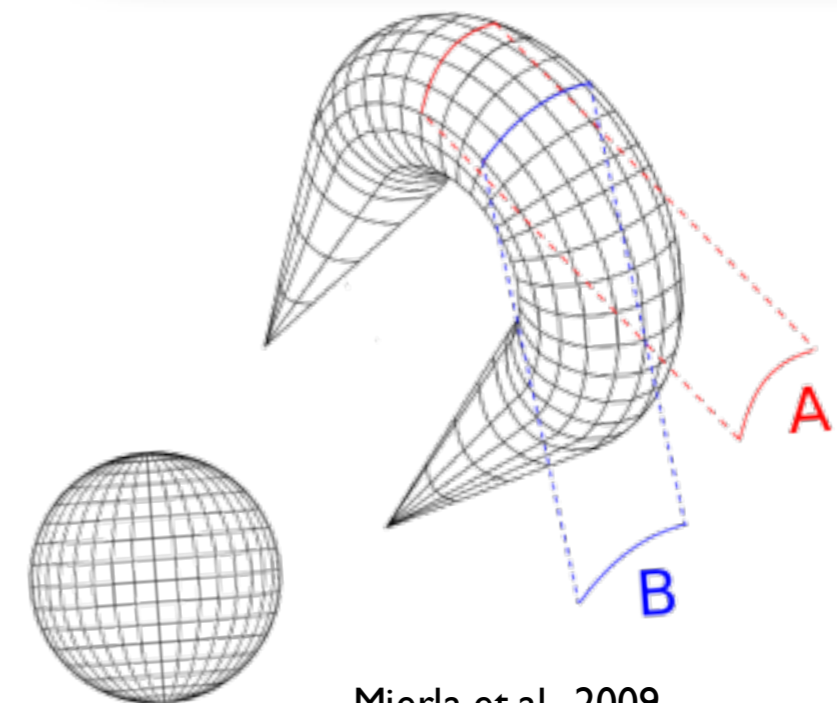
Jang et al., 2016




<http://stereo-ssc.nascom.nasa.gov>



Die NASA Mission „STEREO“ erforscht seit 2006 mittels zweier baugleicher Satelliten (STEREO-A und -B) die Sonne aus variablen Blickwinkeln. Zusammen mit dem ESA-NASA Satelliten SoHO (seit 1995) konnten 3D Analysen (Geometrie, Masse, ...) von CMEs im Detail durchgeführt werden!

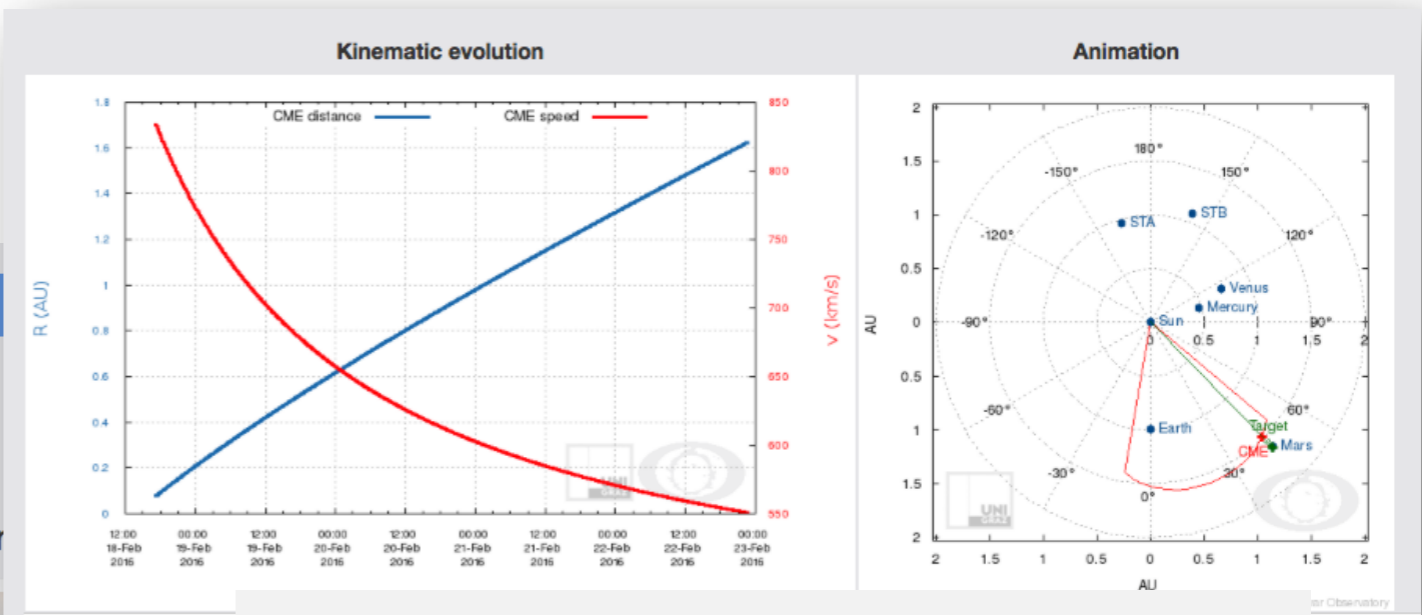


Mierla et al., 2009



Home Services About Us

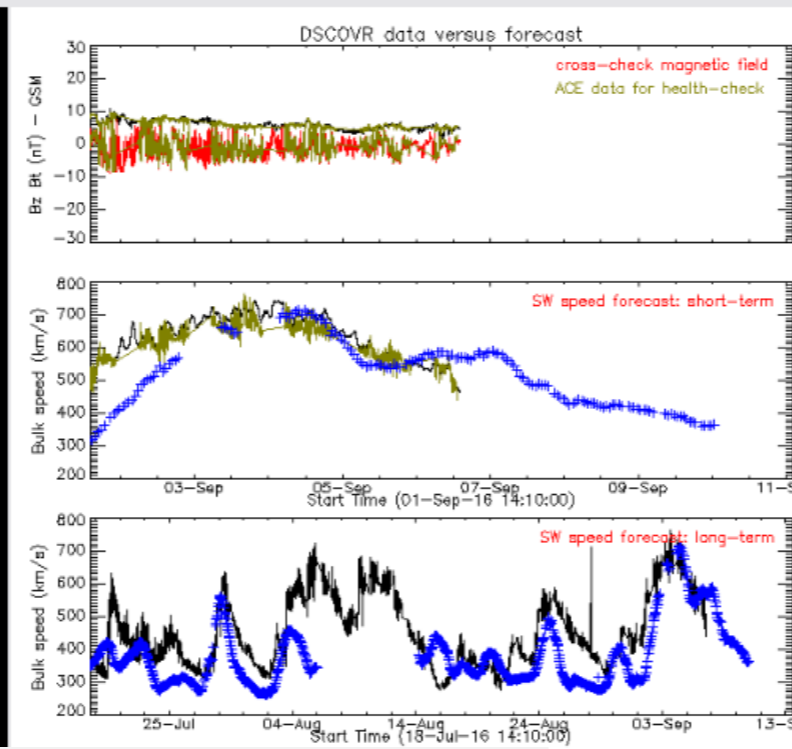
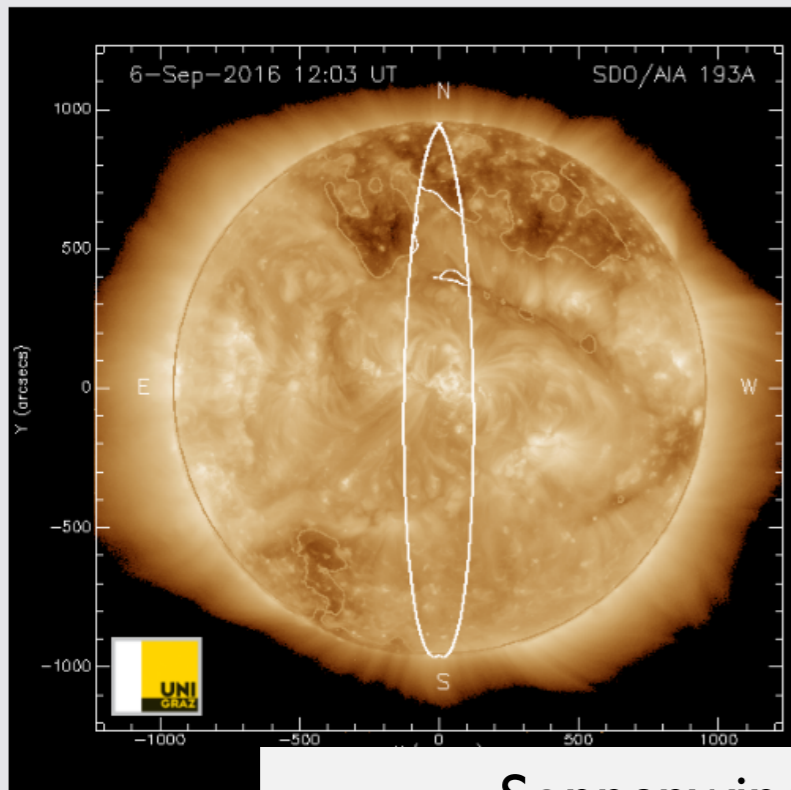
Science Website - ESA Expert Service Center



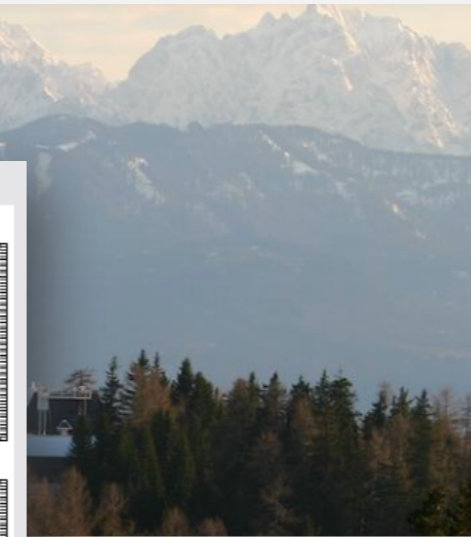
CME Vorhersage

SDO AIA-193

DSCOVR-MAG, DSCOVR-PLASMA



Sonnenwindvorhersage



awareness

... (SSA) Programme was authorised at the November ...
 ... launched on 1 January 2009. The mandate was ...
 ... council until 2019, and the programme is funded through ...
 ... is to support Europe's independent utilisation of, and ...
 ... ss to, space through the provision of timely and accurate information and data

Informiert sein mit weltraumwetter.at

WELTRAUMWETTER
ÖSTERREICH

OBSERVATORIUM KANZELHÖHE FÜR
SONNEN- UND UMWELTFORSCHUNG



Der Begriff „Weltraumwetter“ beschreibt die veränderlichen Bedingungen im erdnahe Weltraum, die technische Systeme im Weltraum und auf der Erde beeinträchtigen können. Die Hauptursache von Störungen unseres Weltraumwetters sind energetische Ausbrüche von der Sonne. Das **Observatorium Kanzelhöhe für Sonnen- und Umweltforschung der Universität Graz** führt regelmäßige, hochqualitative Beobachtungen der Sonne durch.

Mittels automatisierter Bilderkennungsverfahren werden Strahlungsausbrüche in Echtzeit in den Beobachtungsdaten detektiert und Warnmeldungen ausgesandt. Das Observatorium Kanzelhöhe ist die österreichische Vertretung im **internationalen ISES Weltraumwetter-Netzwerk** und die europäische Kernstation zur Sonnenbeobachtung im Rahmen des **SSA Weltraumwetter-Programms der Europäischen Weltraumbehörde ESA**.

Blog

Das **Solar Dynamics Observatory (SDO)** ist im Unterschied zum Vorgänger **SOHO**... [mehr](#)

News

Erhöhte Sonnenaktivität

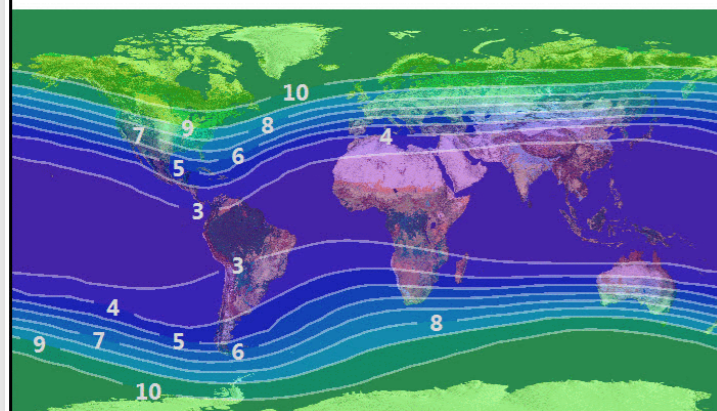
News

Erhöhte Sonnenaktivität

Erhöhte Sonnenaktivität

Weltraumwetter aktuell

SEIBERSDORF
LABORATORIES



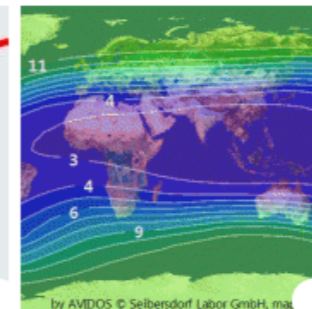
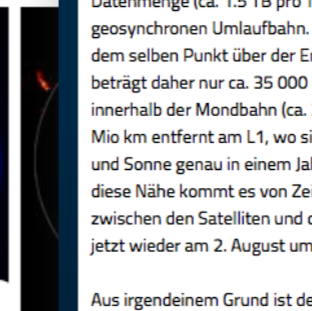
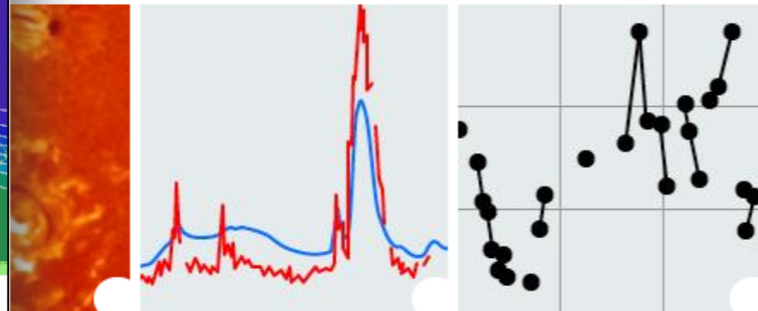
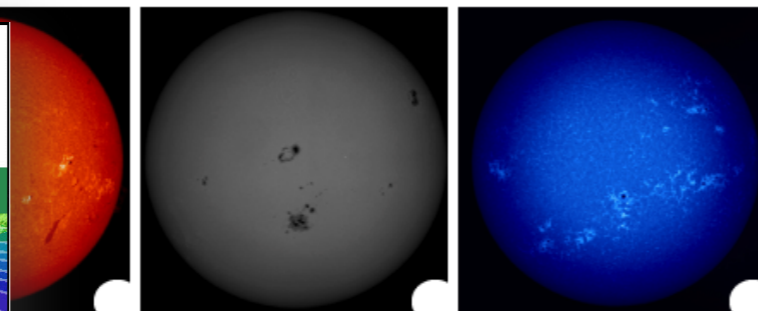
by AVIDOS © Seibersdorf Labor GmbH, map: esa

Effective dose rate in $\mu\text{Sv/h}$

Altitude: **13.00 km**

Date: 11.08.2016

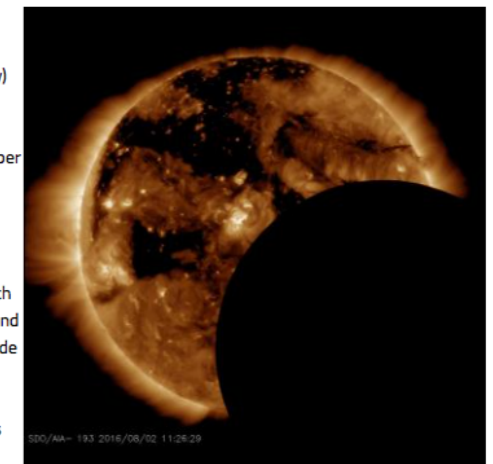
AVIDOS
AVIATION DOSIMETRY



SDO Mondfinsternis

Das **Solar Dynamics Observatory (SDO)** ist im Unterschied zum Vorgänger **SOHO (SOlar and Heliospheric Observatory)** auf einer sehr niedrigen Umlaufbahn. Aufgrund der hohen Datenmenge (ca. 1.5 TB pro Tag) ist der Satellit in einer geosynchronen Umlaufbahn. Damit ist der Satellit immer über dem selben Punkt über der Erdoberfläche. Die Entfernung beträgt daher nur ca. 35 000 km und liegt somit weit innerhalb der Mondbahn (ca. 386 000km), **SOHO** ist ca. 1.5 Mio km entfernt am **L1**, wo sich der Satellit zwischen Erde und Sonne genau in einem Jahr um die Sonne bewegt. Durch diese Nähe kommt es von Zeit zu Zeit vor, dass sich der Mond zwischen den Satelliten und die Sonne schiebt. Das ist gerade jetzt wieder am 2. August um ca. 10:20 UT passiert.

Aus irgendeinem Grund ist der satellit nach diesem Ereignis nicht mehr in den Normalen Beobachtungsmodus zurückgekehrt.



Warnzentren

Information zu ISES

ISES Website

Austria

Beijing

Boulder

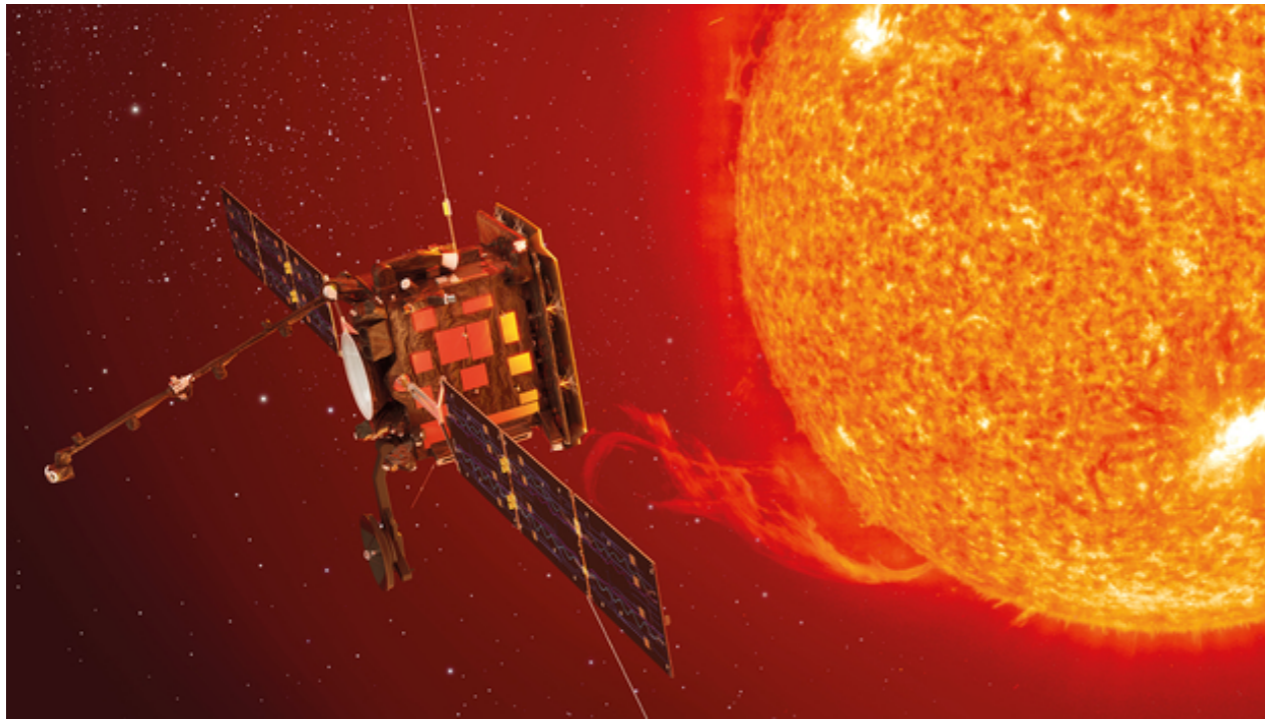
Brussels

Hermanus

Jeju

UNIVERSITY OF GRAZ

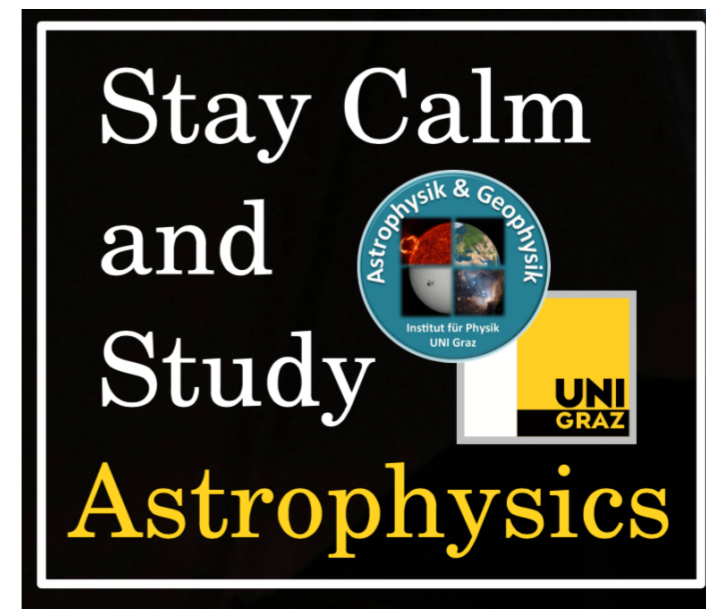
Neue Missionen = zukünftige Forschung



Solar Orbiter – eine ESA Mission (Beteiligung der UNI Graz am Instrument STIX) wird Ende 2018 ins All gesendet um die Sonne aus nächster Nähe (Merkurorbit) und außerhalb der Ekliptik zu beobachten. [SPP+ (NASA)].

Zwei der Hauptfragen dabei sind:

- „Wie und wo entstehen Plasma und Magnetfeld des Sonnenwindes in der Korona?“
- „Wie verursachen vorübergehende Ereignisse auf der Sonne die heliosphärische Variabilität?“



<http://physik.uni-graz.at/de/igam/>