

Dr. Volker Bothmer
Universität Göttingen
Institut für Astrophysik

17. Oktober 2017
Förderkreis Planetarium Göttingen

Die Parker Solar Probe Mission – Die Sonne zum Greifen nah

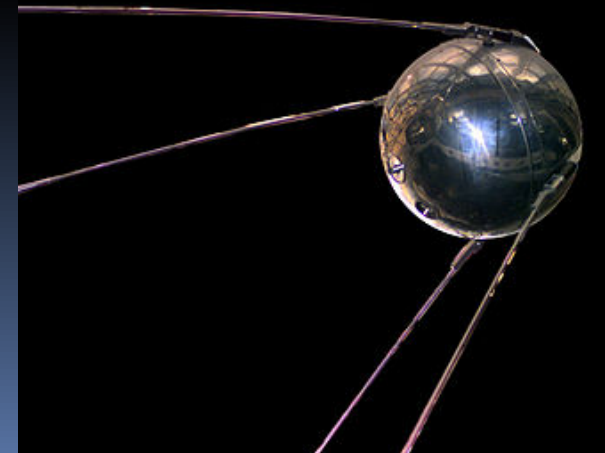


Von Sputnik 1 zur Parker Solar Probe Mission



3. Oktober 2017

4. Oktober 1957



Übersicht

- Sonnenfinsternisse, Kometenschweife, Polarlichter und die Erforschung des Sonnenwindes
- Aktuelle Beobachtungen der Sonne und des Sonnenwindes
- Die Parker Solar Probe Mission
- Zusammenfassung und Ausblick

Die Sonnenkorona



Die Sonnenkorona 2006

Total Solar Eclipse of 2006 Mar 29



Ludwig Biermann 1951 - "Kometenschweife und solare
Korpuskularstrahlung", Zeitschrift für Astrophysik 29



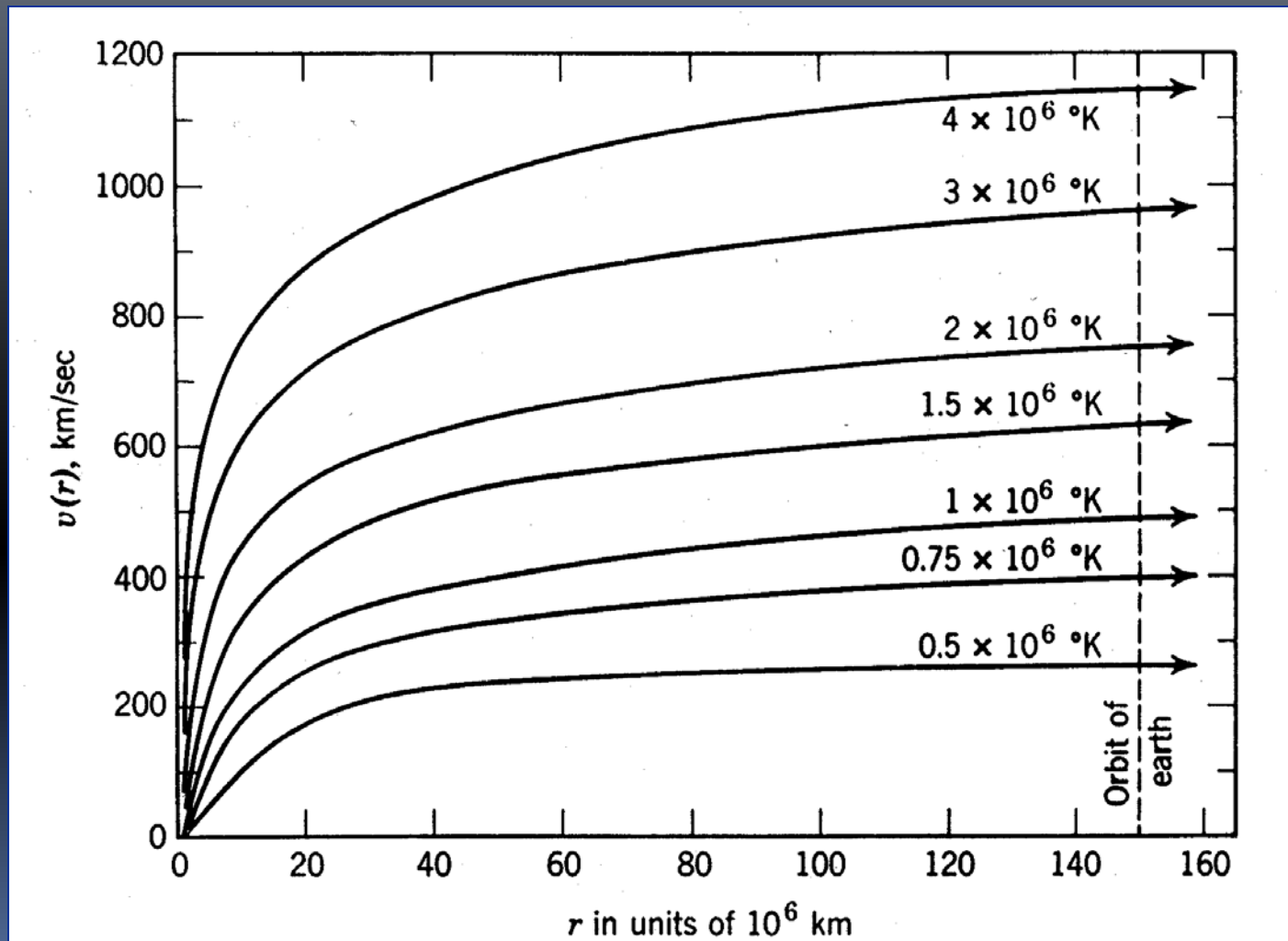
Komet Hale Bopp - März 1997, John Goldsmith, Sky and Telescope

Ludwig Biermann 1951 -Kometenschweife und solare
Korpuskularstrahlung“, Zeitschrift für Astrophysik 29



Komet Hale Bopp – ESO 1997

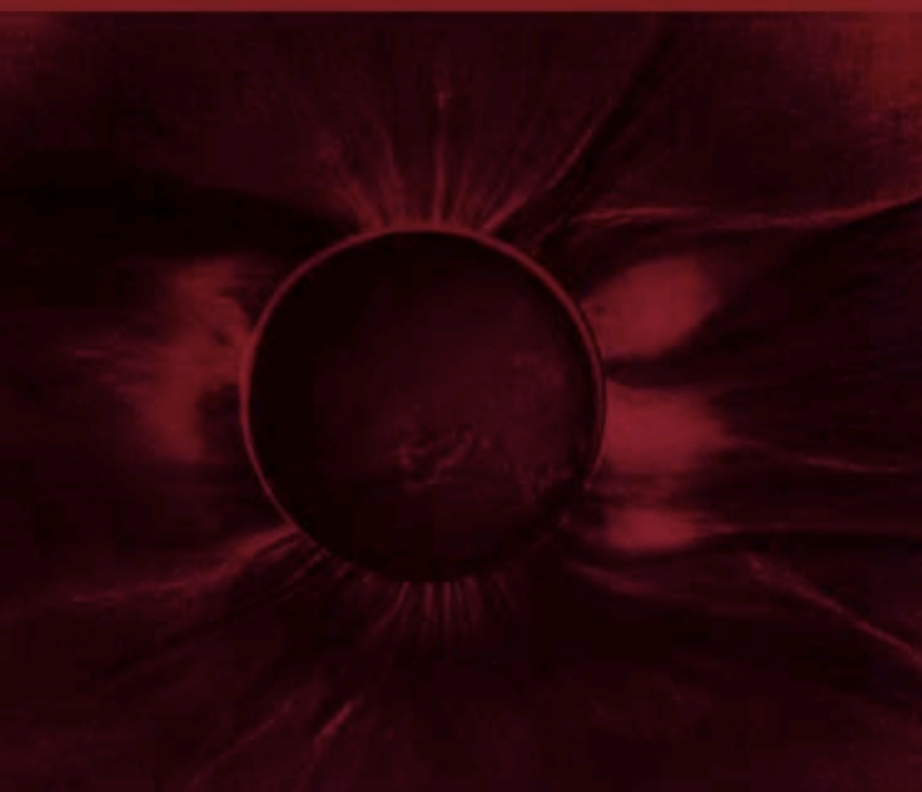
Eugene Parker 1958 - Dynamics of the Interplanetary Gas and Magnetic Fields, The Astrophysical Journal 128



COSPAR COLLOQUIA SERIES Volume 3

SOLAR WIND SEVEN

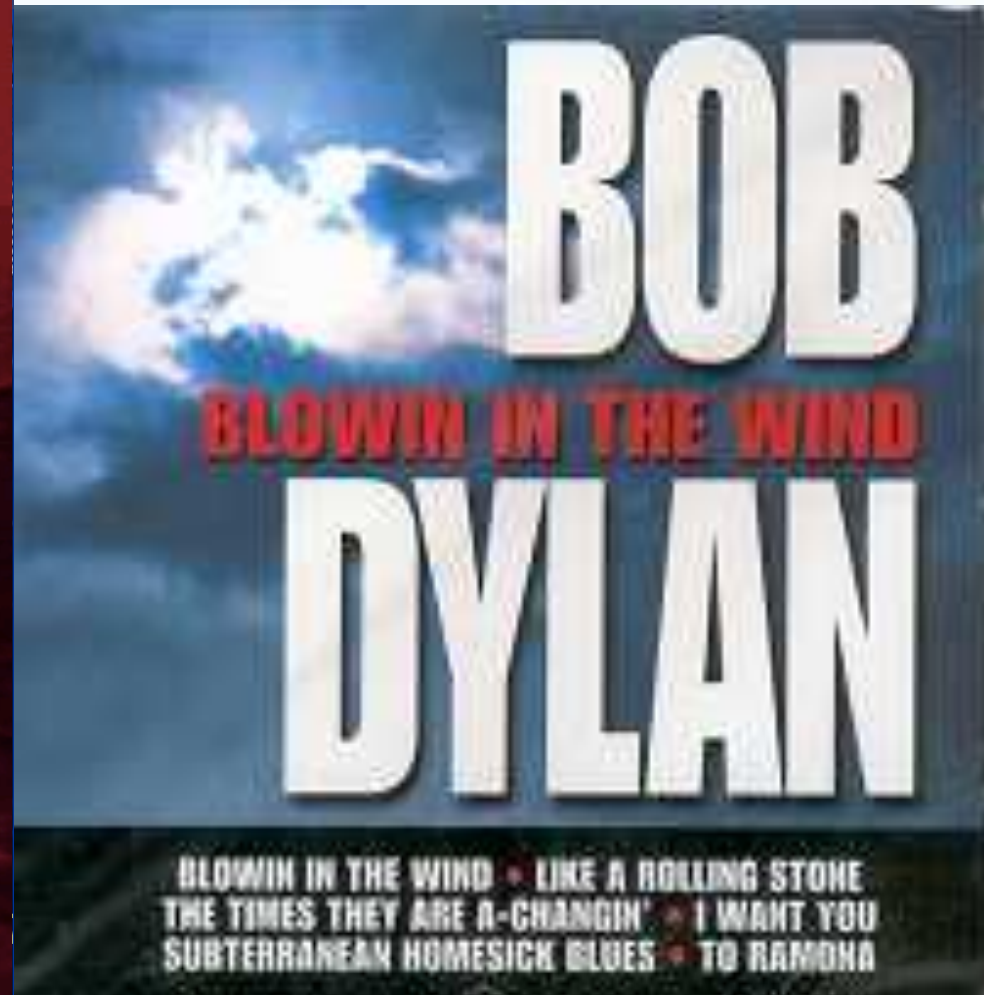
Edited by E. Marsch and R. Schwenn



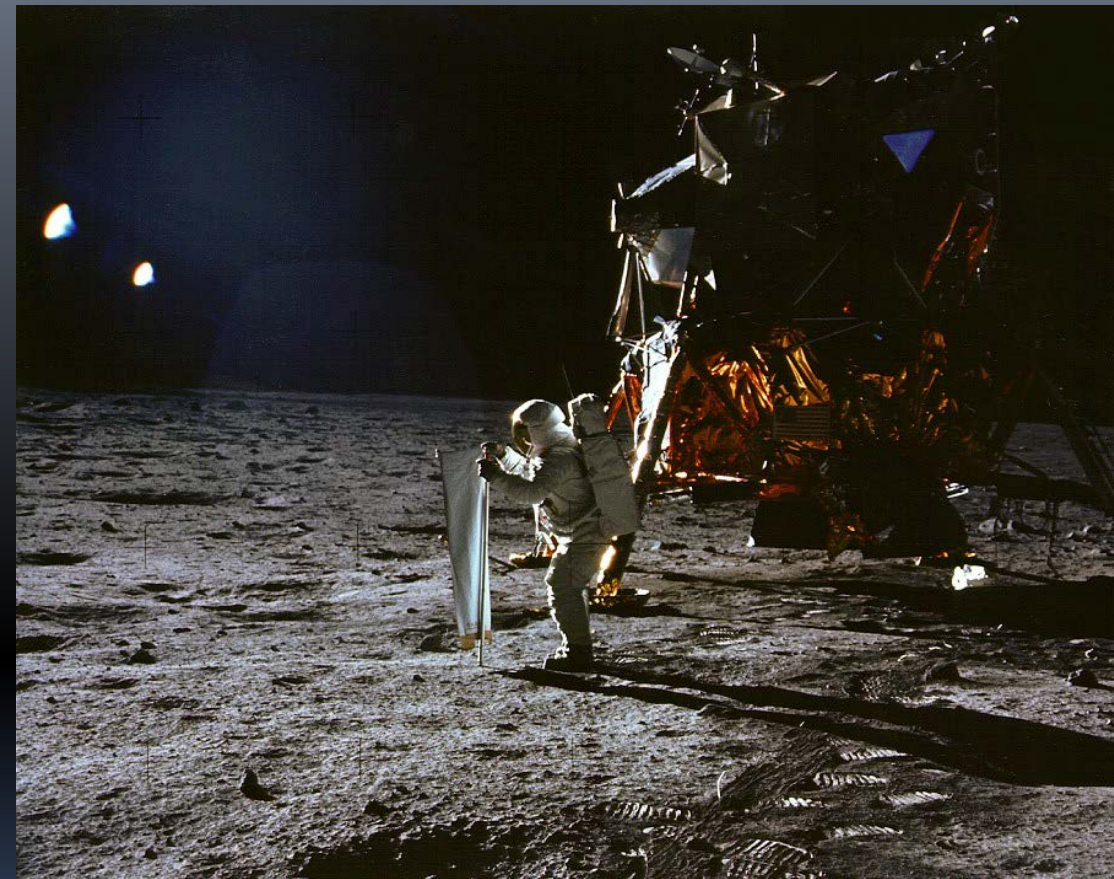
Dr. Bothmer
Best wishes to the bus driver, become
scientist, adding a new twist to magnetic
fields in the solar wind.

Gene Parker

6 October 1998

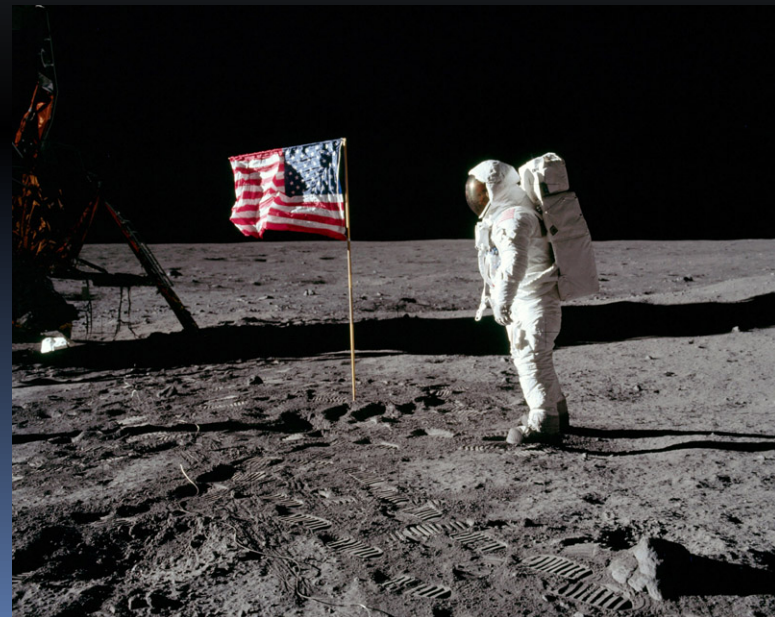


Sonnenwindmessungen auf dem Mond – Apollo 11, 20. Juli 1969



I.

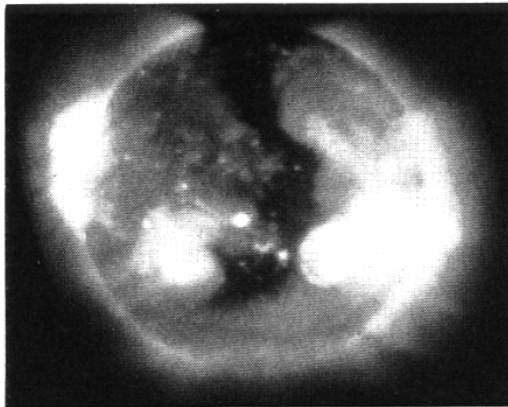
Images: NASA



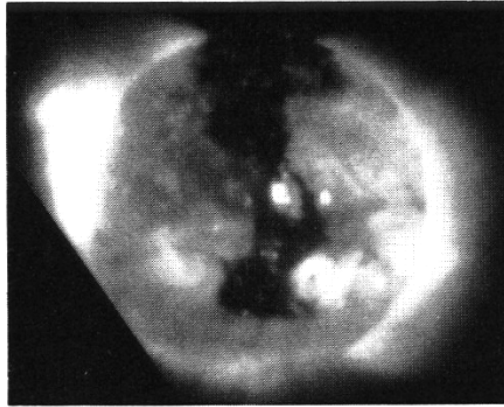
II.

Koronale Löcher beobachtet mit Skylab 1974

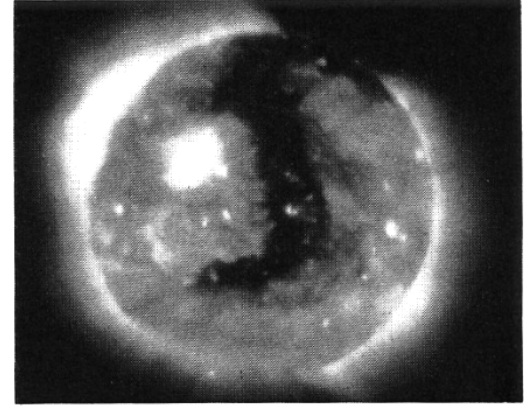
4



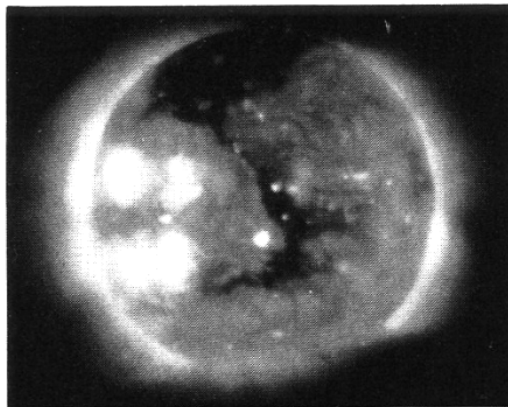
27. Juni



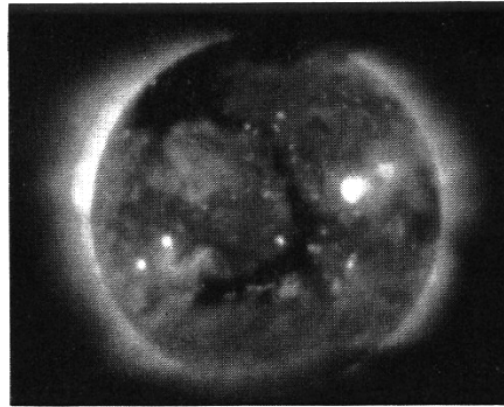
25. Juli



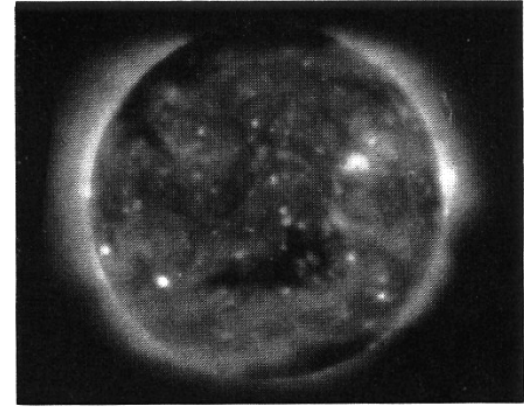
21. August



16. September



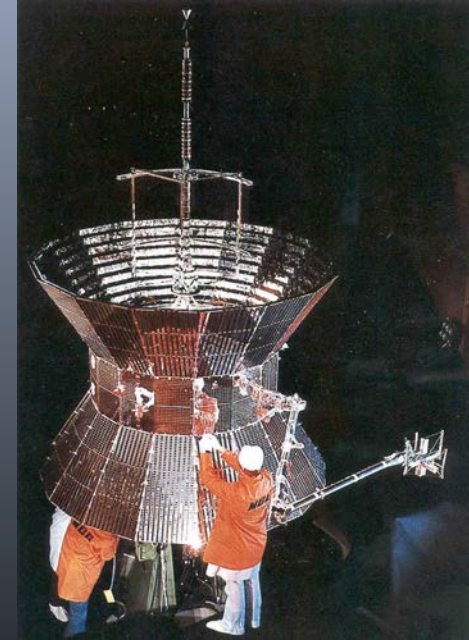
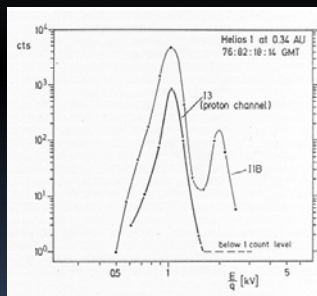
14. Oktober



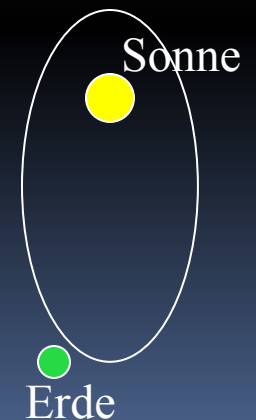
10. November

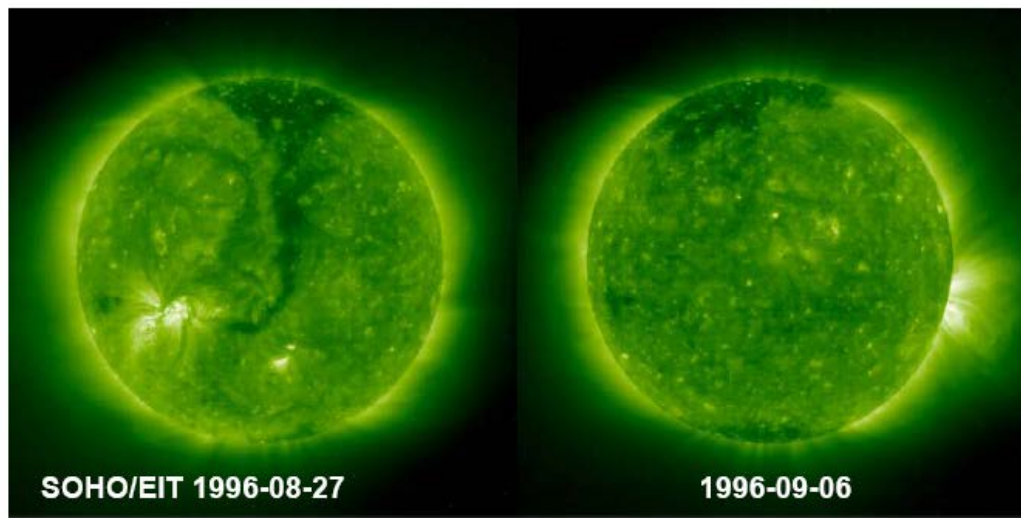
Helios 1,2 Sonnenwindmessungen im Erdbstand

Plasmageschwindigkeit V	300 – 800 km/s
Protonendichte N_p	10 cm^{-3}
Protonentemperatur T_p	$4 \cdot 10^4 \text{ K}$
Elektronentemperatur T_E	$1.5 \cdot 10^5 \text{ K}$
Magnetfeldstärke B	4-5 nT
Plasmazusammensetzung	<p>95% Protonen, 4% Heliumatome wenige schwere Ionen. Gleiche Anzahl freier Elektronen, Quasineutralität.</p>

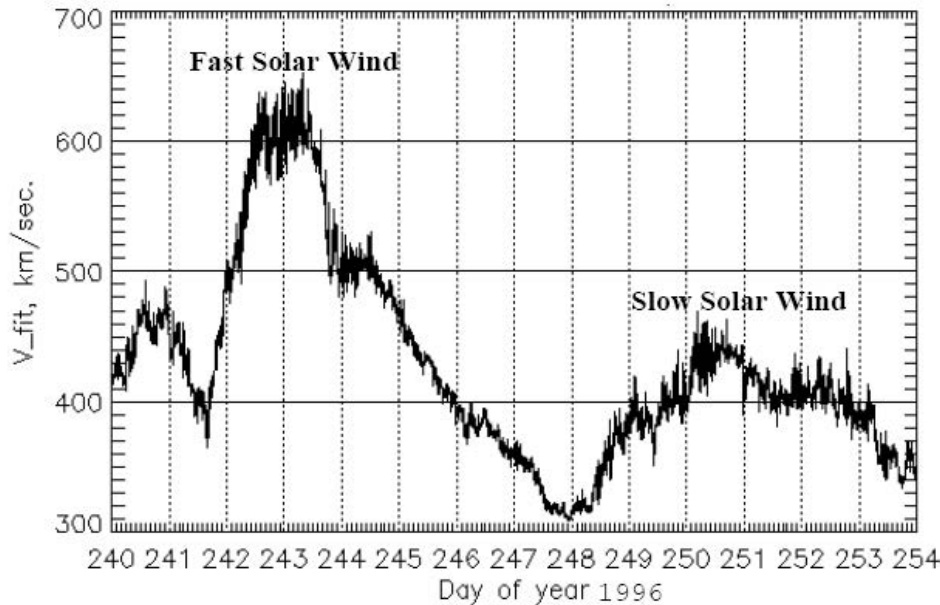
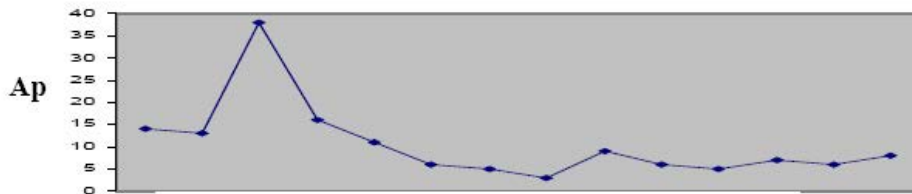


Helios-Orbit:
0.29 – 1 AE

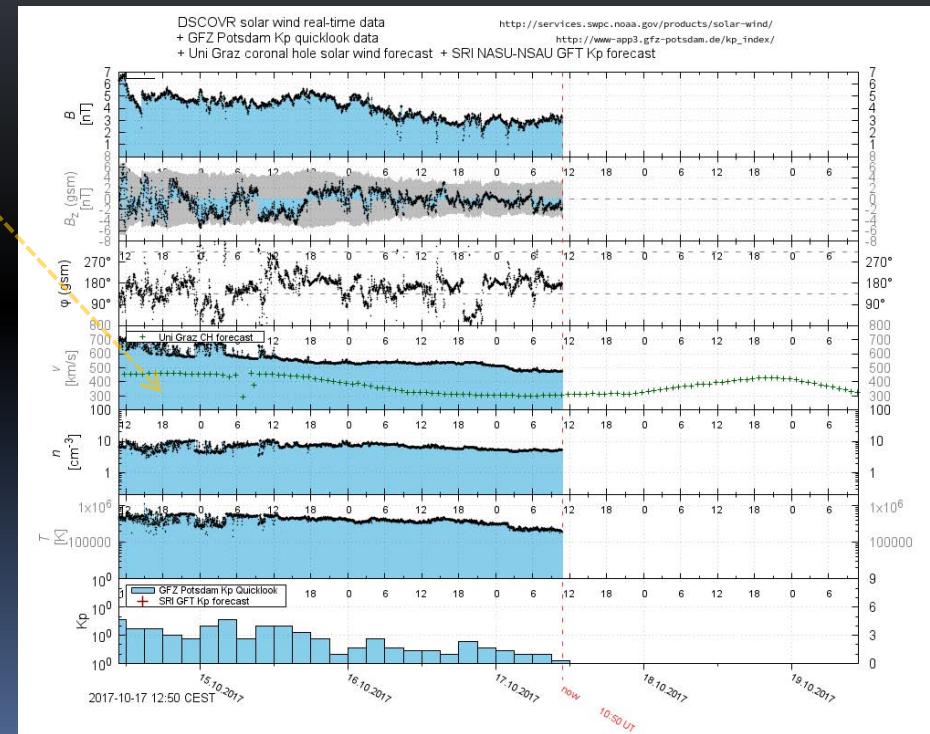
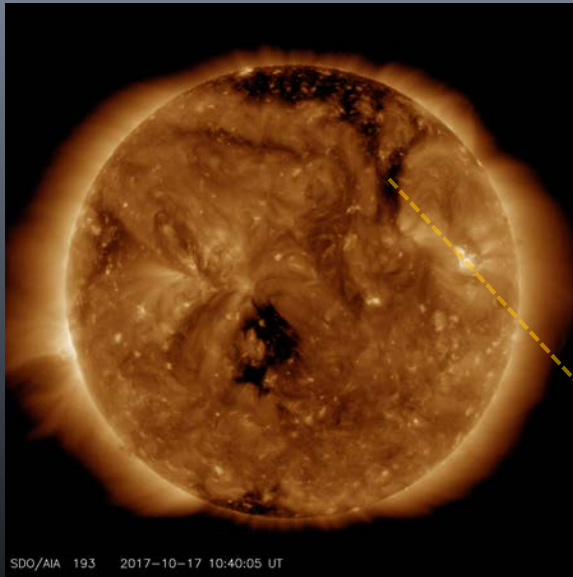




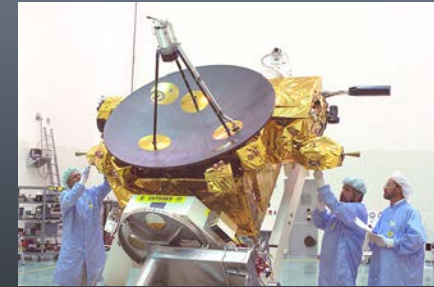
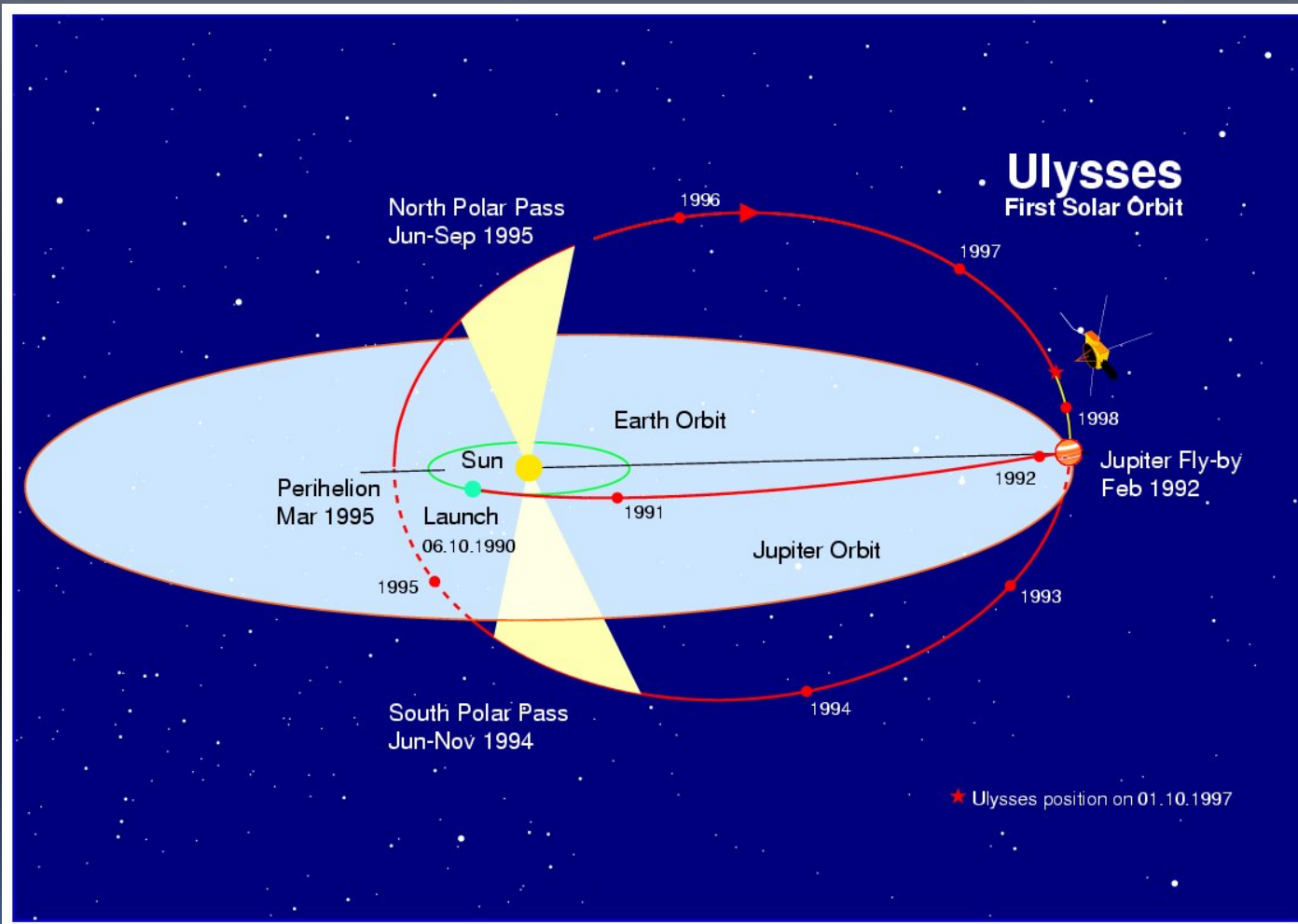
Schneller
 Sonnenwind aus
 “Koronalöchern” als
 Quelle erhöhter
 erdmagnetischer
 Aktivität



Zur Zeit: Abflauender schneller Sonnenwind bei der Erde

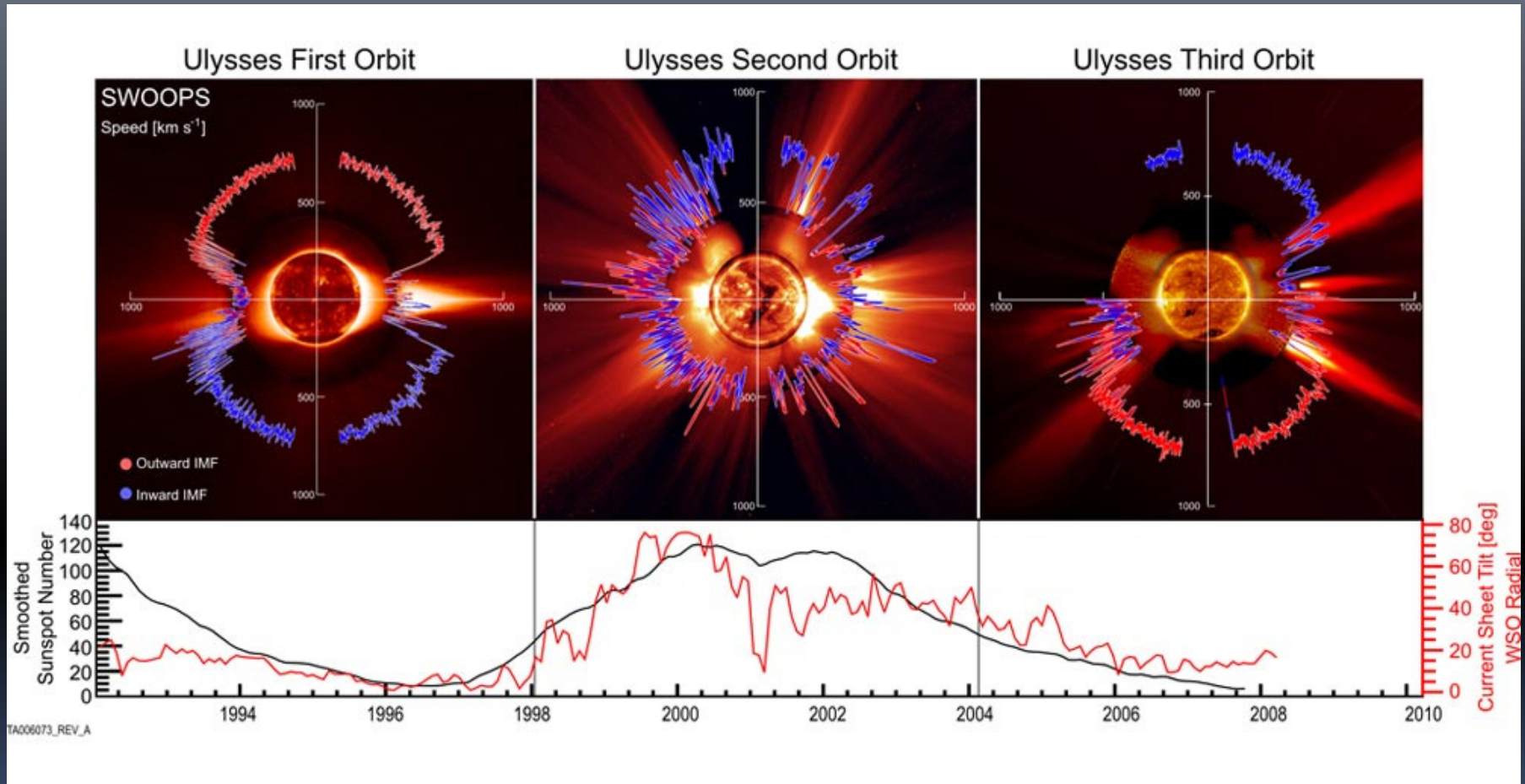


Ulysses: Der Sonnenwind außerhalb der Ekliptik

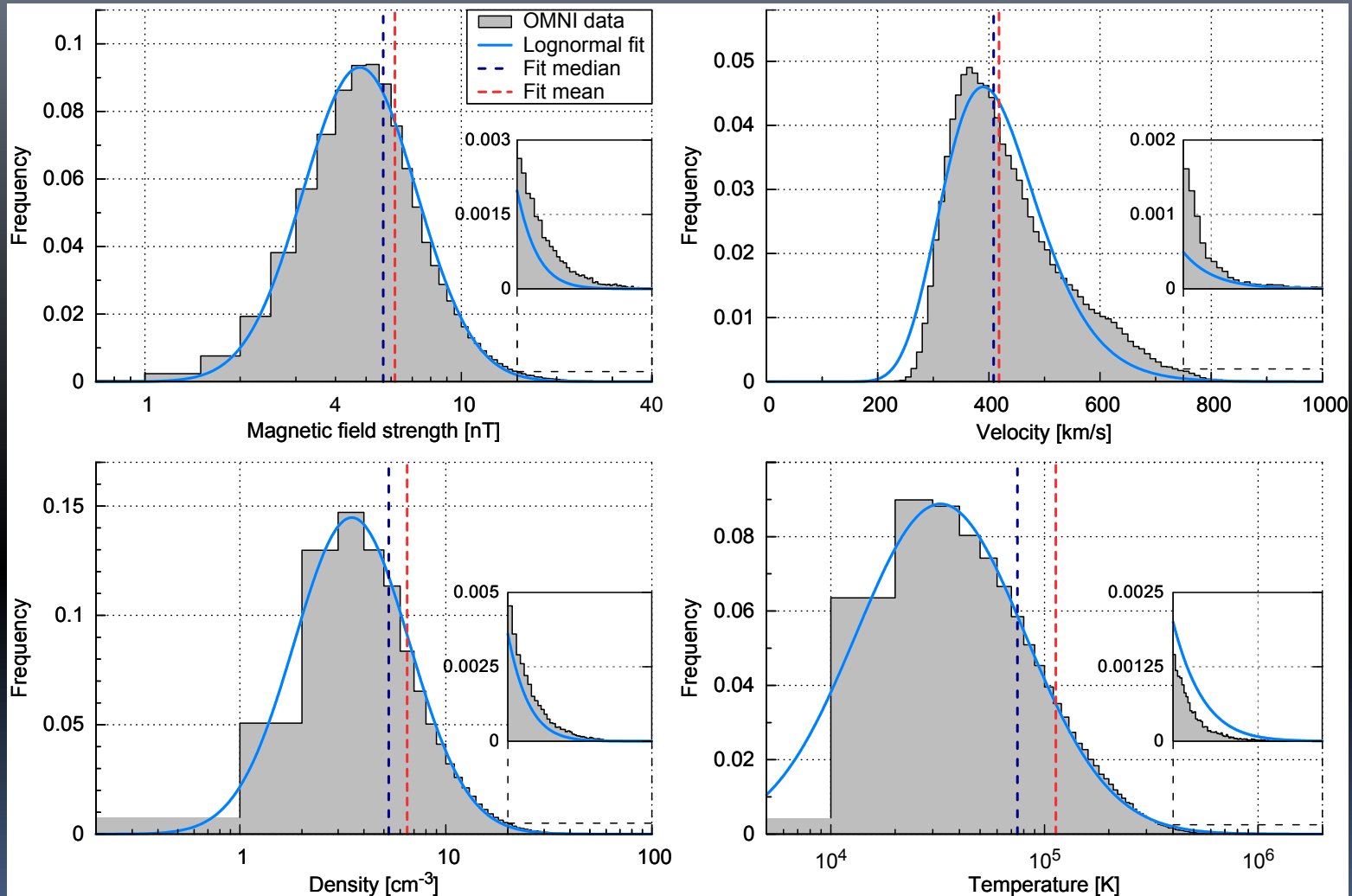


Credit: ESA, space.com

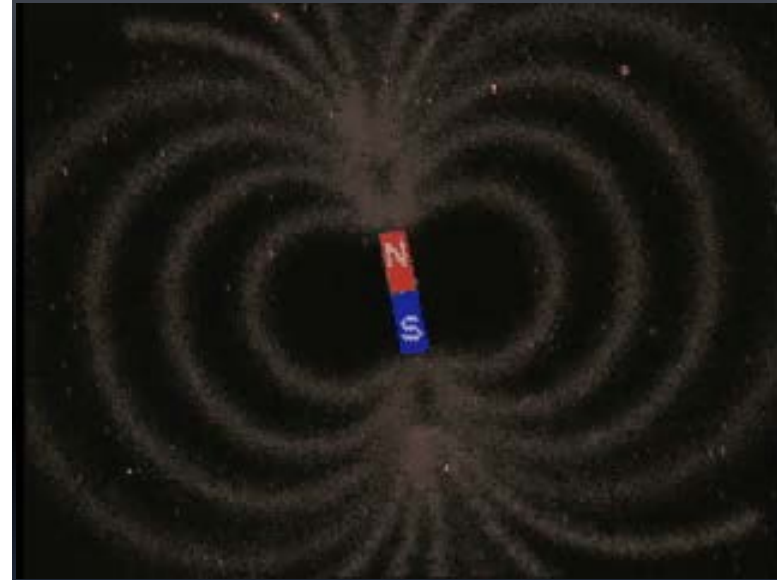
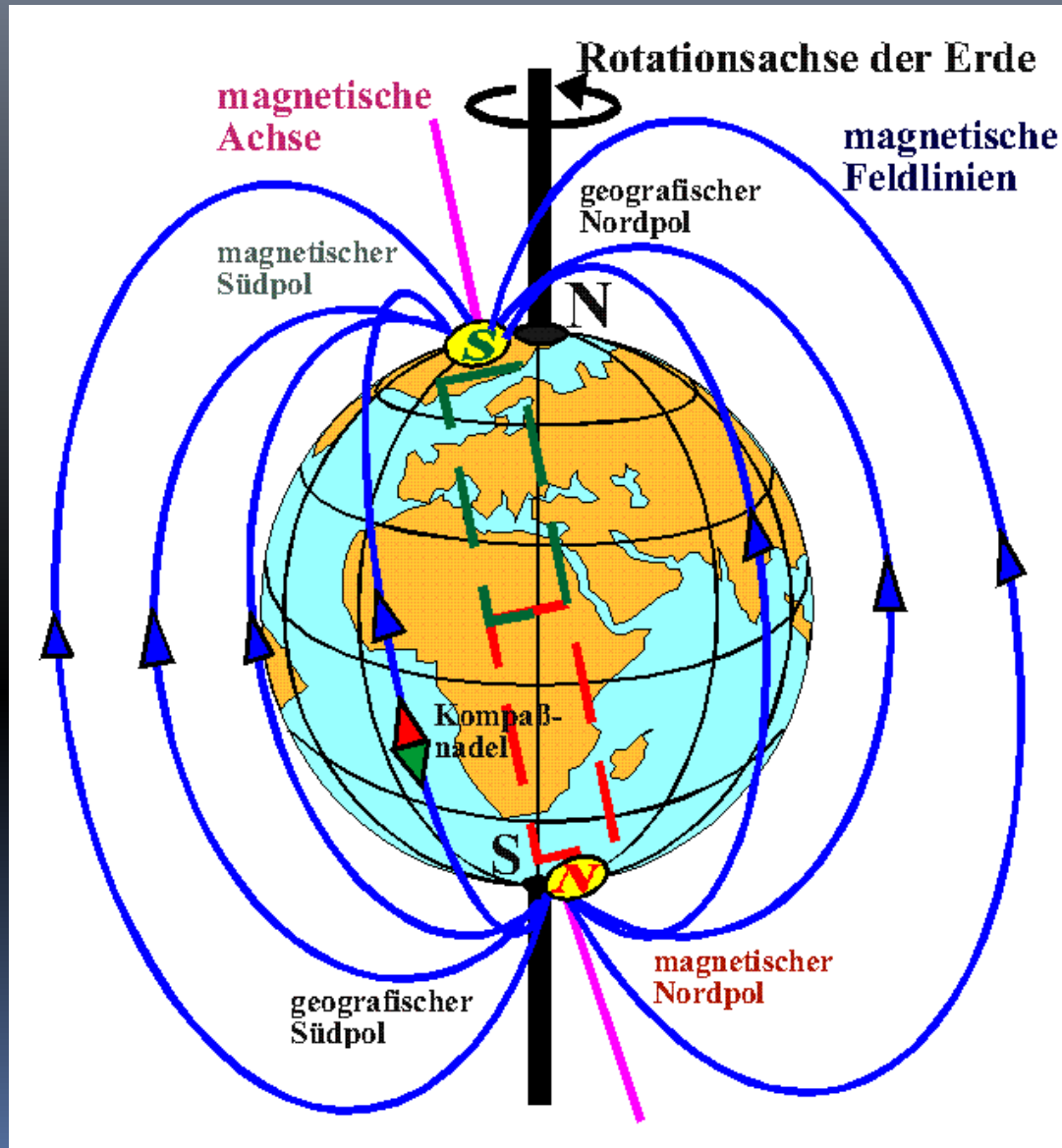
Ulysses: Sonnenwind über drei Sonnenfleckenzyklen



Häufigkeitsfunktionen des Sonnenwindes im Erdbabstand

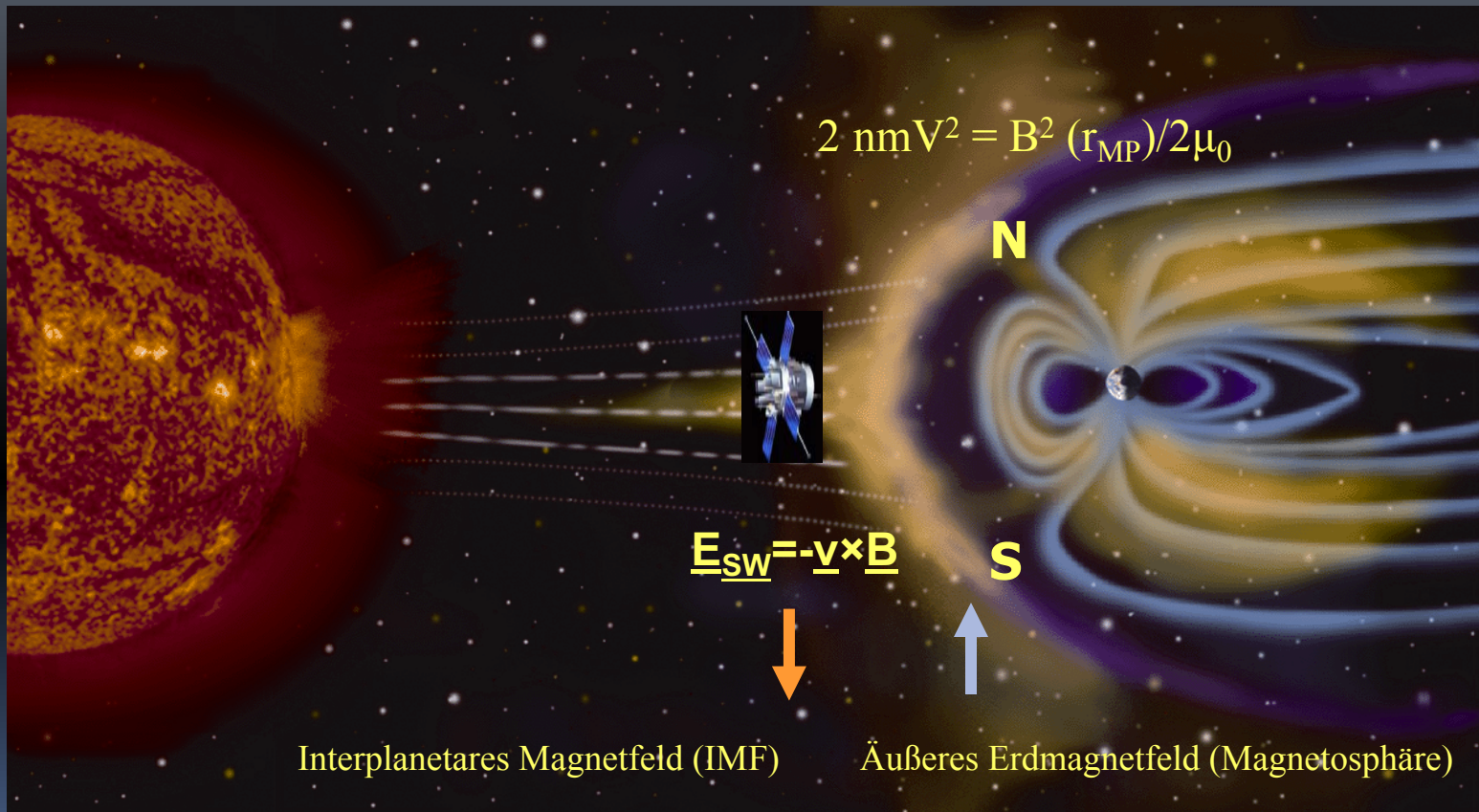


Auswirkung des Sonnenwindes auf das Erdmagnetfeld



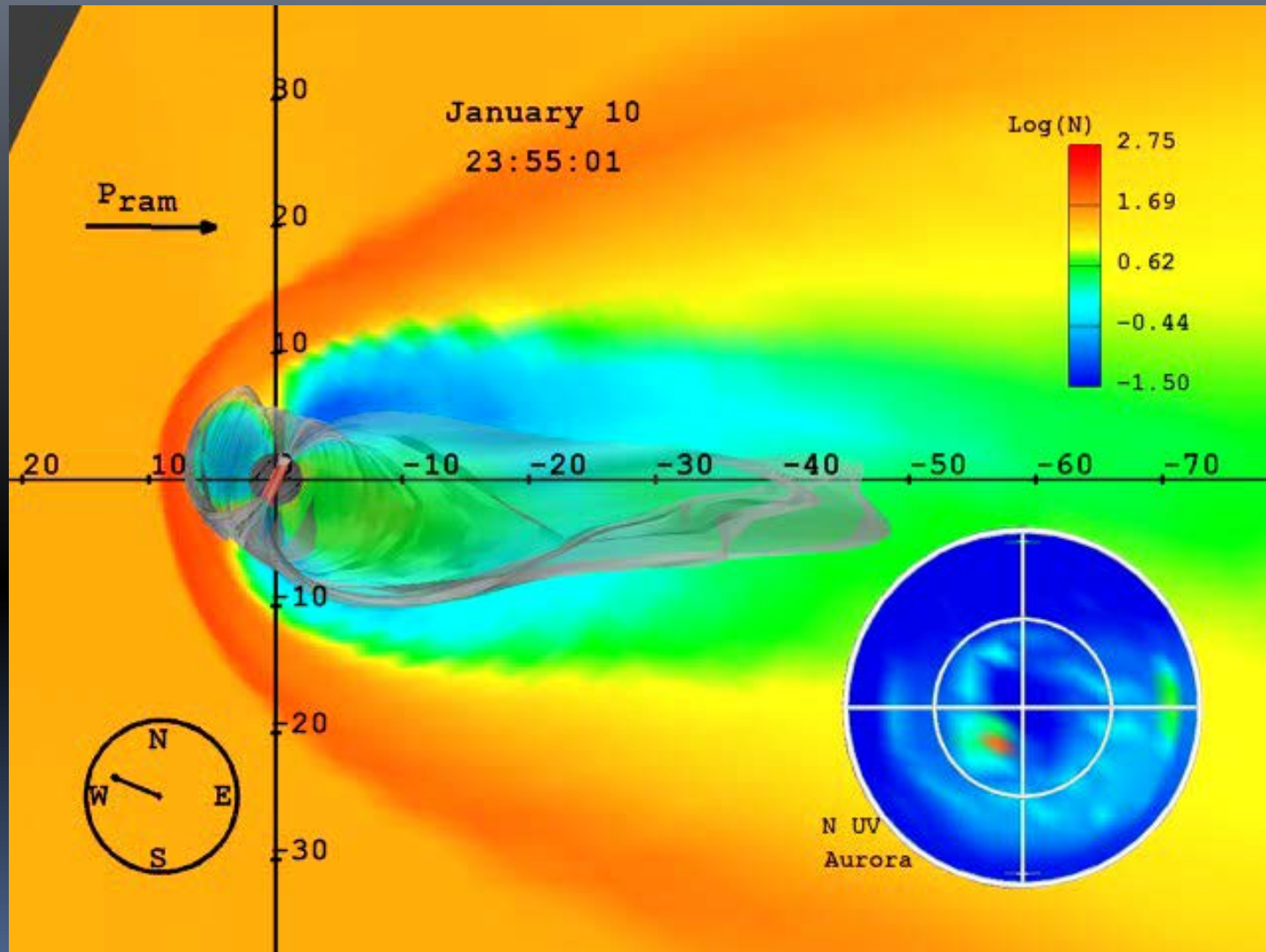
„Magnetische Kurzschlüsse“ als Ursache von Magnetosphärenströmen

Abstand Sonne – Erde = 1 AE \approx 150 Millionen Kilometer

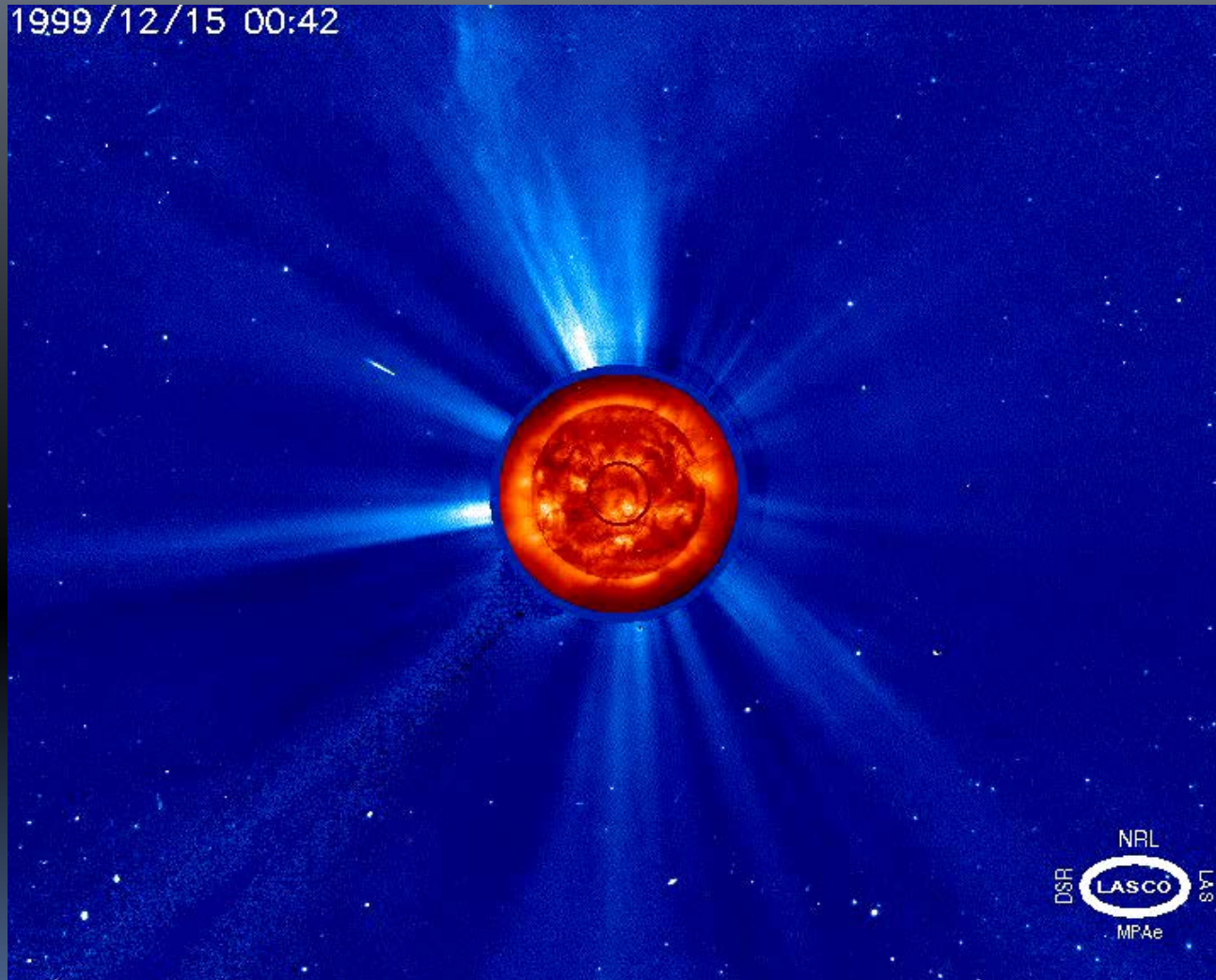


„Magnetische Rekonnexion“

Das Erdmagnetfeld im anströmenden Sonnenwind – Erdmagnetische Stürme und Polarlichter

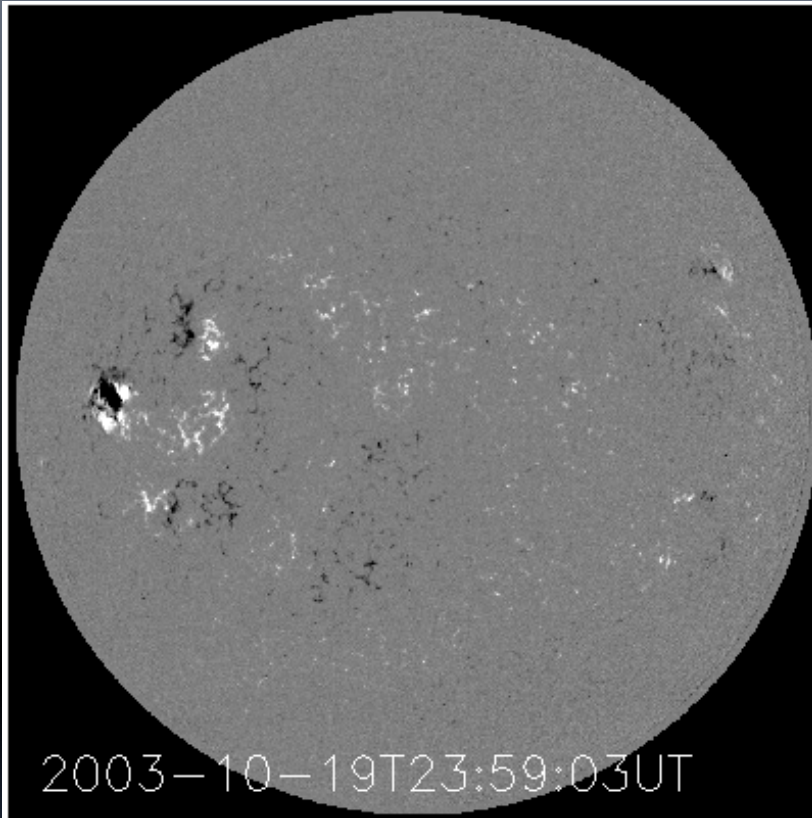


Stürmische Sonne beobachtet mit SOHO: Zeitraum Dez. 1999 – Jan. 2000



- SOHO beobachtete >10.000 CMEs im Zeitraum 1996-2007
- Coronal Mass Ejections (CMEs) treten auf variablen räumlichen und zeitlichen Skalen auf:
 $v = 300 - 3500 \text{ km/s}$

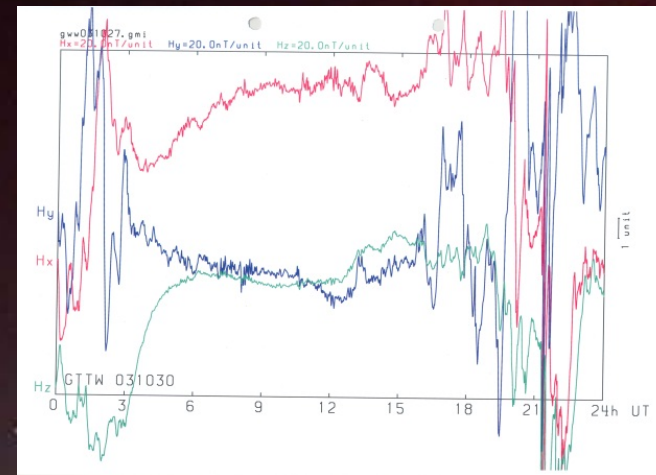
Koronale Massenauswürfe im Oktober 2003



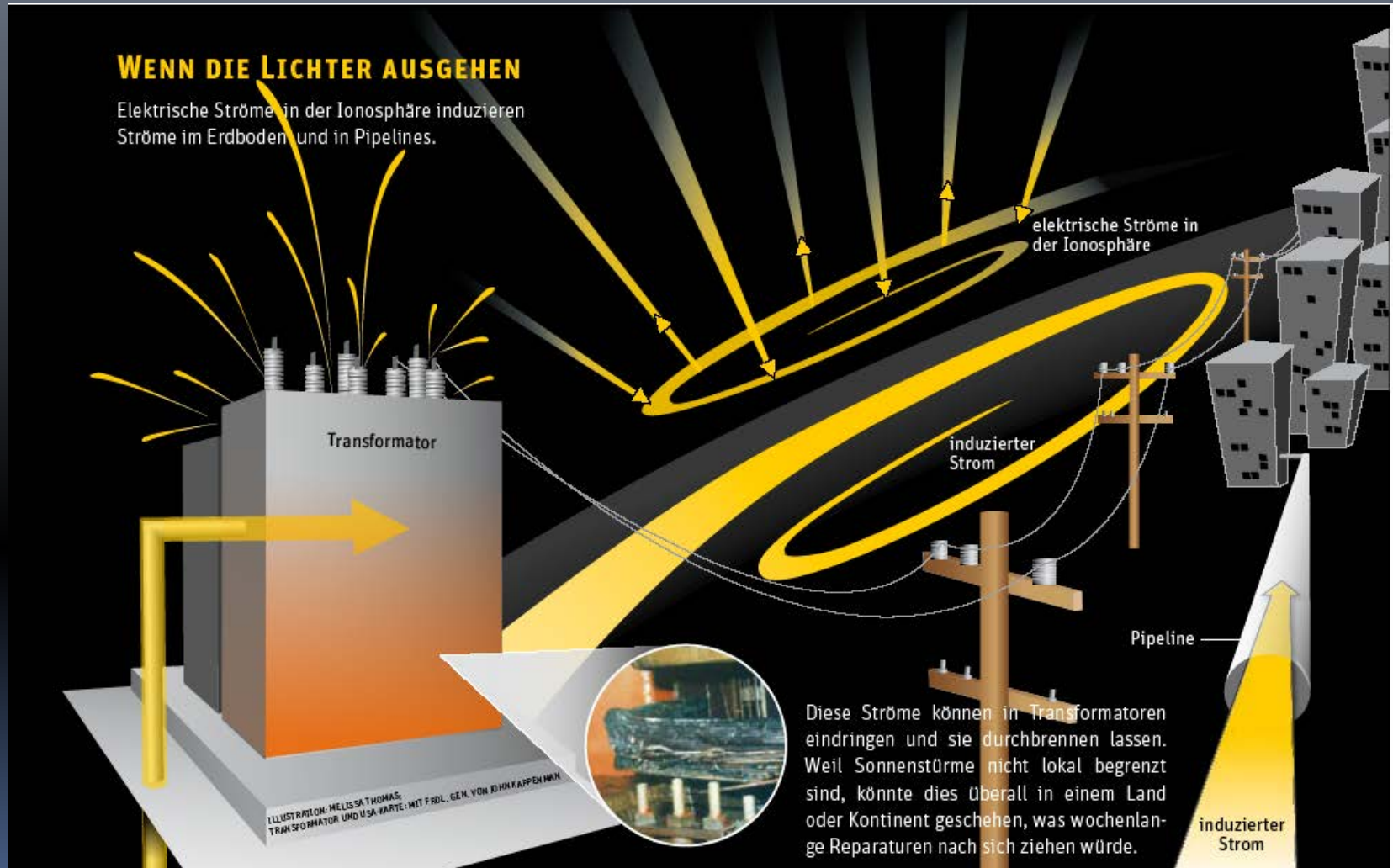
Strahlenbelastung für Astronauten, Flugzeugbesatzungen und Passagiere



Polarlichter über Göttingen am 30. Oktober 2003



Auswirkungen auf Transformatoren durch „Ground Induced Currents“ (GICs)



Schädigung von Transformatoren

Internal
Damage due
to one storm

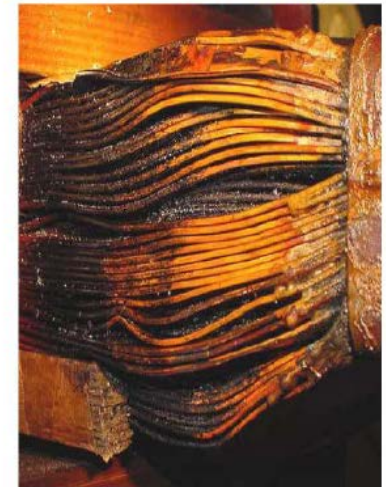


Damaged Core on Salem Nuclear Power Plant Transformer

Station 3 Gen Transformer 4
HV winding failure



Station 3 Gen. Transformer 5
evidence of overheating



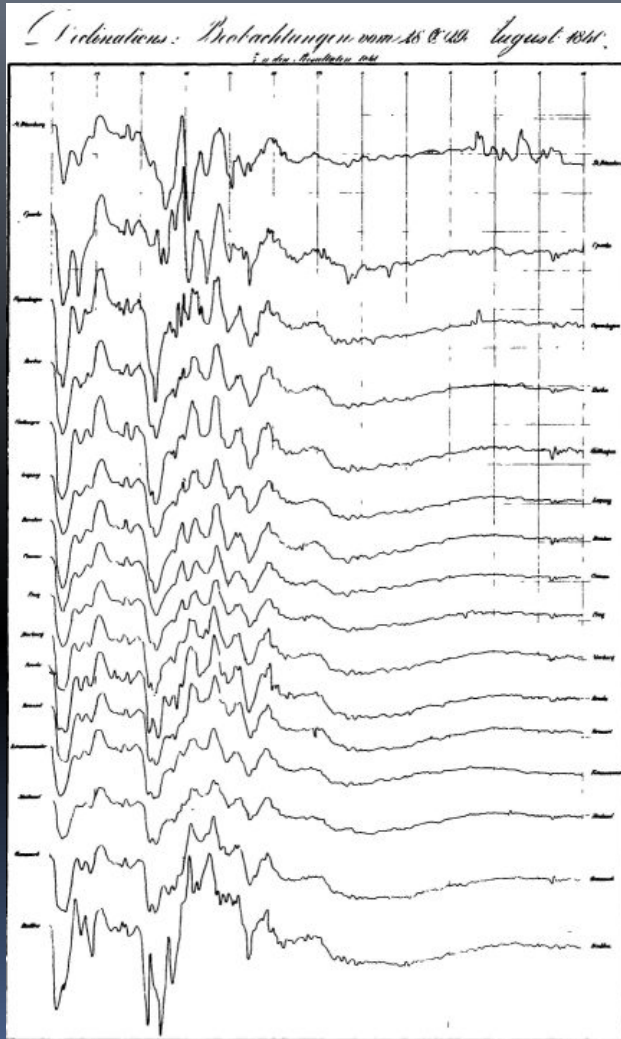
Courtesy Eskom, Makhosi, T., G. Coetzee

Damaged Winding and Core on Eskom Transformers in South Africa

A presentation by John Kappenman titled [“Impact of Severe Solar Flares, Nuclear EMP and Intentional EMI on Electric Grids,”](#) at the Electric Infrastructure Security (EIS) Summit in London, England on September 20, 2010, described the effects of solar storms on high voltage transformers. A long duration solar storm in October 2003 damaged 15 high voltage transformers in South Africa. After the March 1989 storm, 12 large Generator Step Up (GSU) transformers at United States nuclear power plants failed within 25 months; geomagnetically-induced current is the suspected cause of these failures:

Gauss-Messungen während Polarlichtaktivität – 1837 bis 1841

- 18. Februar 1837
- 4. Januar 1840
- 21. September 1840
- 21. Dezember 1840
- 25. September 1841



1. Nordlicht am 18. Februar 1837.

Declination in Göttingen.

Zeit	Stand	Zeit	Stand	Zeit	Stand	Zeit	Stand
8h 2' 50"	760,6	8h 21' 0"	858,4	8h 26' 40"	858,9	8h 37' 10"	864,6
3 10	772,6	10	857,7	50	858,0	20	862,3
30	772,0	20	857,1	27 0	857,7	30	861,1
50	769,0	30	857,4	10	857,0	40	859,9
4 10	774,0	40	857,1	20	857,3	50	858,7
		50	856,7	30	856,5	38' 0	858,0
8 20	816,5	22 0	856,7	40	855,9	10	857,6
40	782,5	10	856,0	50	855,5	20	857,2
9 0	786,0	20	854,0	28 0	855,4	30	856,5
20	787,5	30	851,7	10	856,0	40	856,0
40	789,0	40	850,7	20	857,3	50	855,5
10 0	791,0	50	850,8	30	850,0	39' 0	854,7
		23 0	852,3	40	860,4	10	853,7
15 0	839,5	10	854,2	50	862,0	20	853,7
10	843,3	20	856,4	29 0	862,9	30	853,2

Schließlich mögen noch einige Aufzeichnungen für den 25. September 1841 mitgetheilt werden, wo Hr. Hofrath Gauss bei Gelegenheit einiger die Inclination betreffenden Versuche auf die grossen Bewegungen, welche an diesem Tage Statt fanden, aufmerksam geworden war. In der damals eingetretenen Ferienzeit, wo die meisten Theilnehmer an den Beobachtungen abwesend waren, konnten die Beobachtungen im magnetischen Observatorium nur kurze Zeit fortgesetzt werden.

1841. Sept. 25. 4h 4' | 17°31' 43''

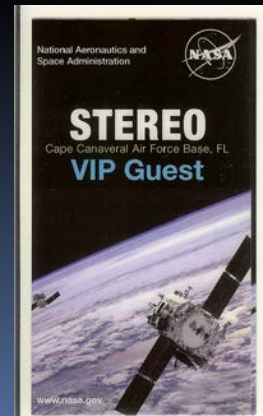
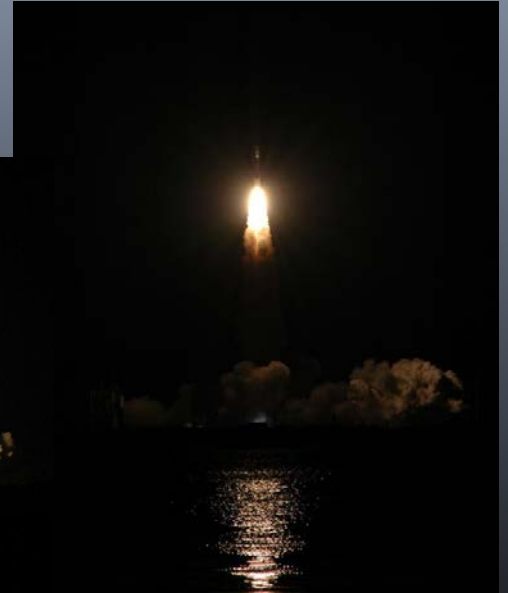
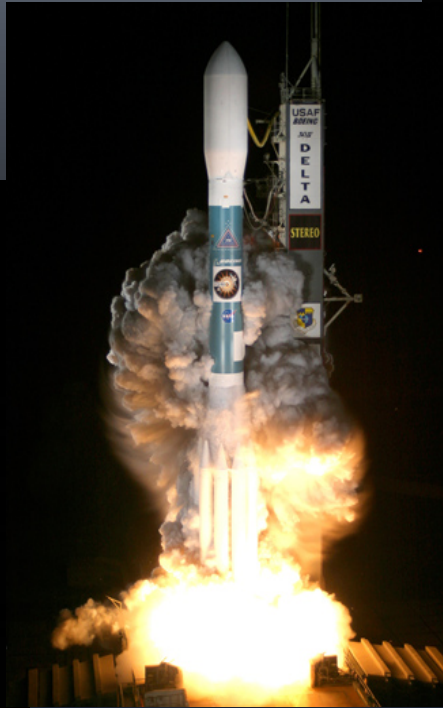
7	50 16
10	18 6 22
13	16 49
16	22 51
20	24 47

Man sieht hieraus, dafs in dem kurzen Zeitraum von 16 Minuten die Declination um 53' 4'' zunahm. Vorzüglich stark war diese Zunahme im Anfang, wo auf die Zeitminute über 6 Bogenminuten kommen. Des Morgens um 8 Uhr war die Declination an diesem Tage 18° 5' 53'' während die mittlere Declination für den Monat September 8 Uhr Morgens 18° 3' 56'' betrug. Des Nachmittags um 1 Uhr war die Declination 18° 22' 22'', das monatliche Mittel für dieselbe Tageszeit war 18° 13' 13''. Die Abweichung vom mittleren Werthe ist also zu diesen beiden Zeiten noch gering gewesen.

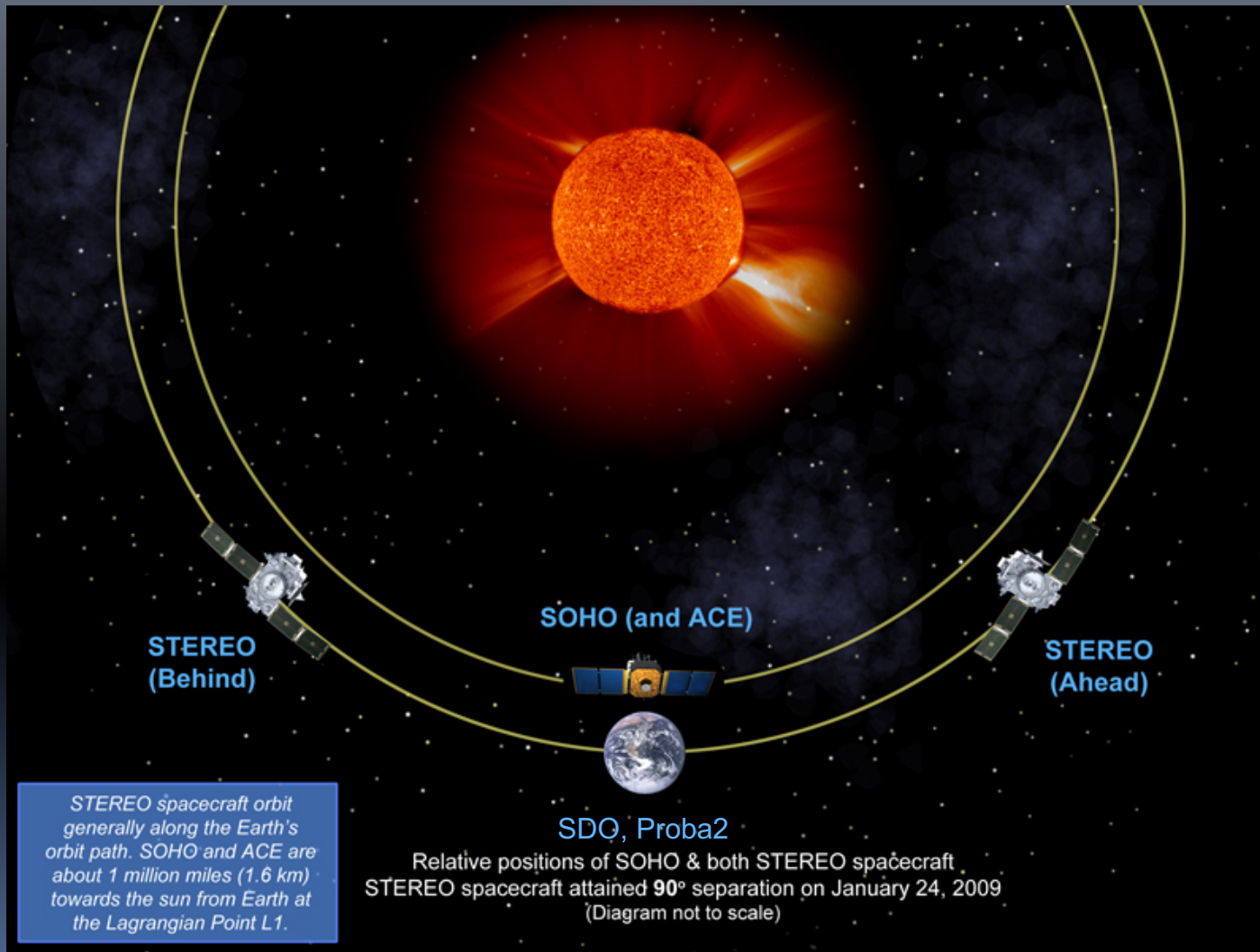
Rätselfhafte Hieroglyphenschrift der Natur – Gauss 1837

„Wir müssen vorerst unser Bestreben nur sein lassen, Abschriften von dem, was sich darbietet zu sammeln, und denselben immer mehr Zuverlässigkeit, Treue und Mannigfaltigkeit zu verschaffen: reichem Stoff wird, wie wir zuversichtlich hoffen dürfen, dereinst auch die Entzifferung nicht fehlen... Es wird der Triumph der Wissenschaft sein, wenn es dereinst gelingt, das bunte Gewirr der Erscheinungen zu ordnen, die einzelnen Kräfte, von denen sie das zusammengesetzte Resultat sind, auseinander zu legen, und einer jeden Sitz und Maß nachzuweisen.“

Start von STEREO am 25. Oktober 2006, 20:52 Uhr Ortszeit

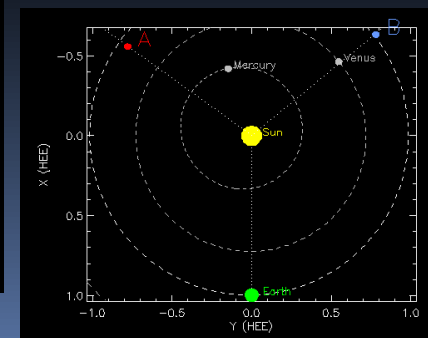


Multi-Satellitenmessungen



STEREO/SECCHI

Heutige Positionen von STEREO A und B –
17. Oktober 2017



STEREO/SECCHI/HI 1 A „FIRST LIGHT“

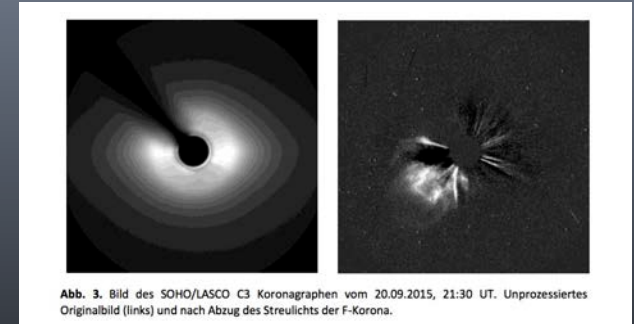
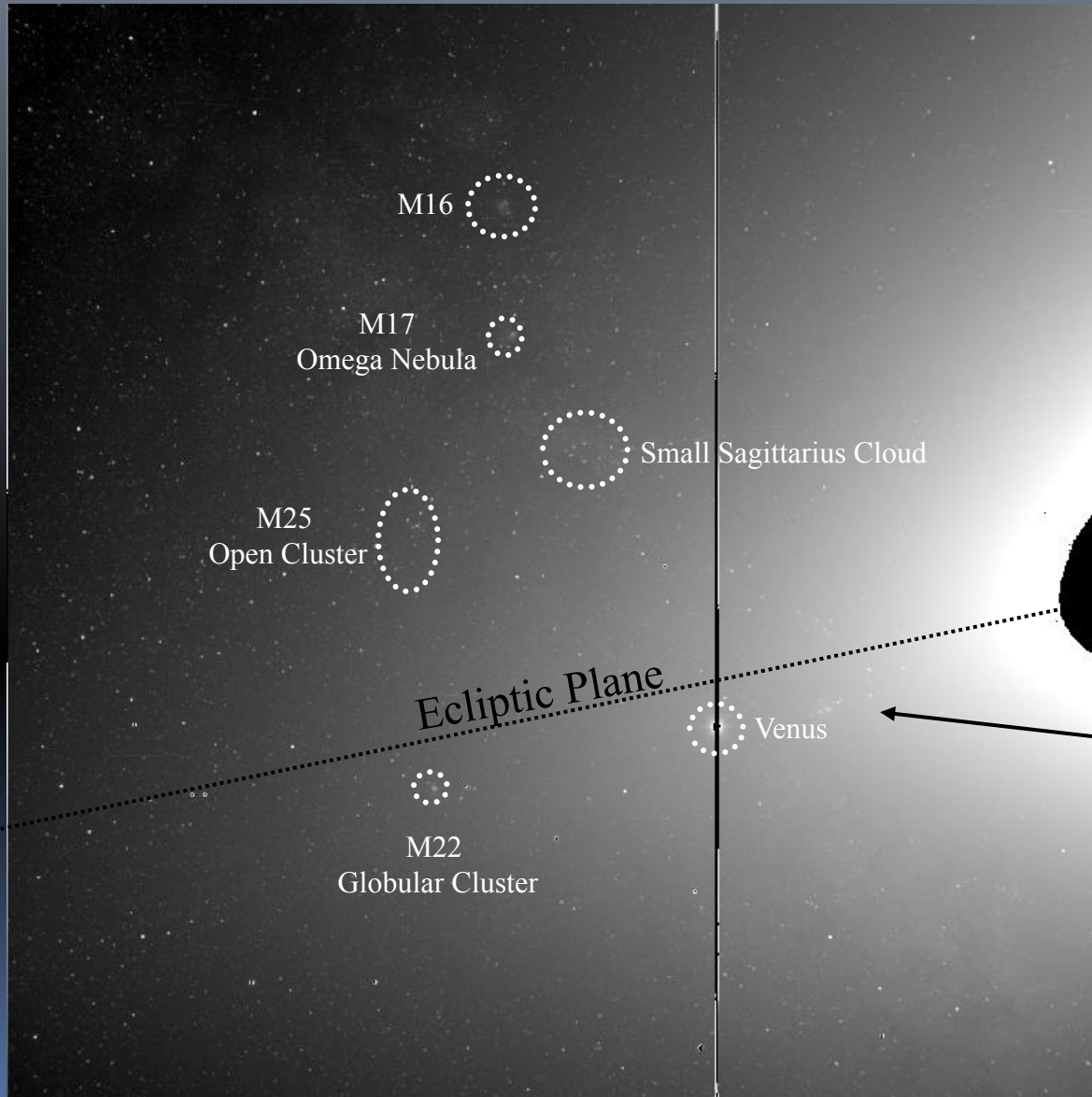


Abb. 3. Bild des SOHO/LASCO C3 Koronagraphen vom 20.09.2015, 21:30 UT. Unprozessiertes Originalbild (links) und nach Abzug des Streulichts der F-Korona.

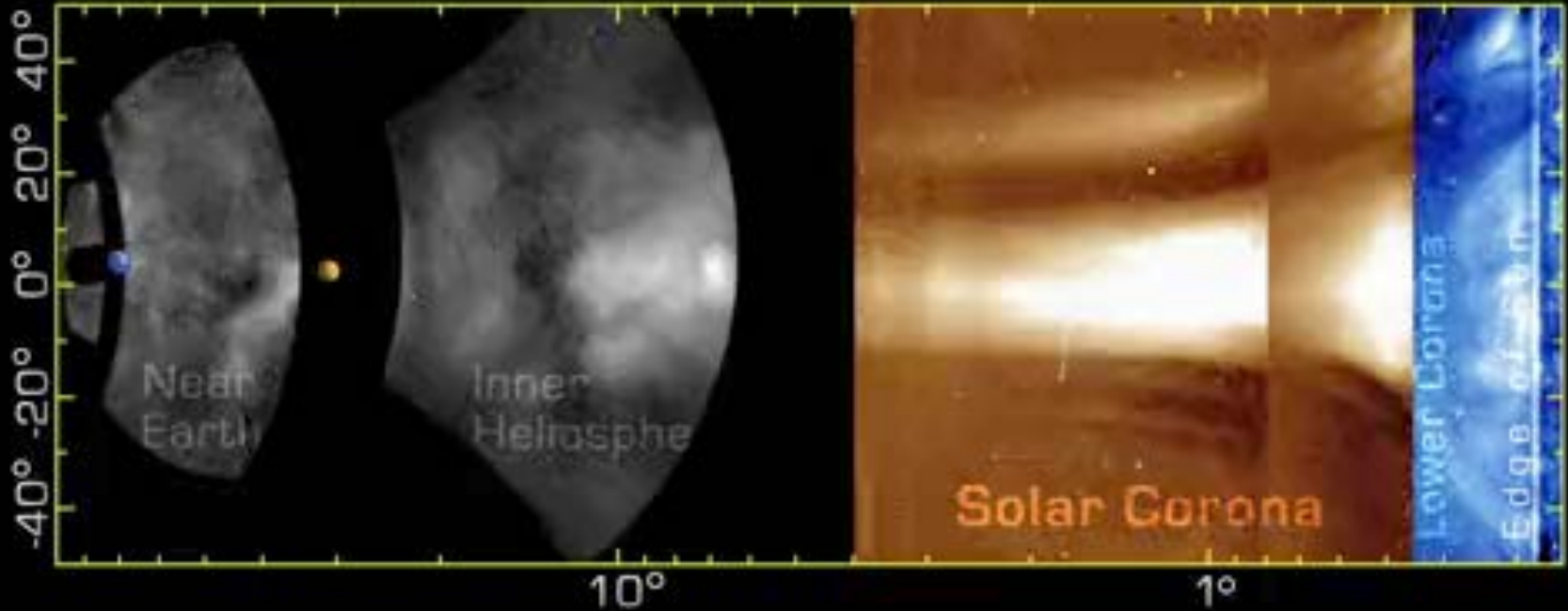
Approximate Location of Sun



F-Corona
(Zodiakallight, symmetrisch zur Ekliptik)

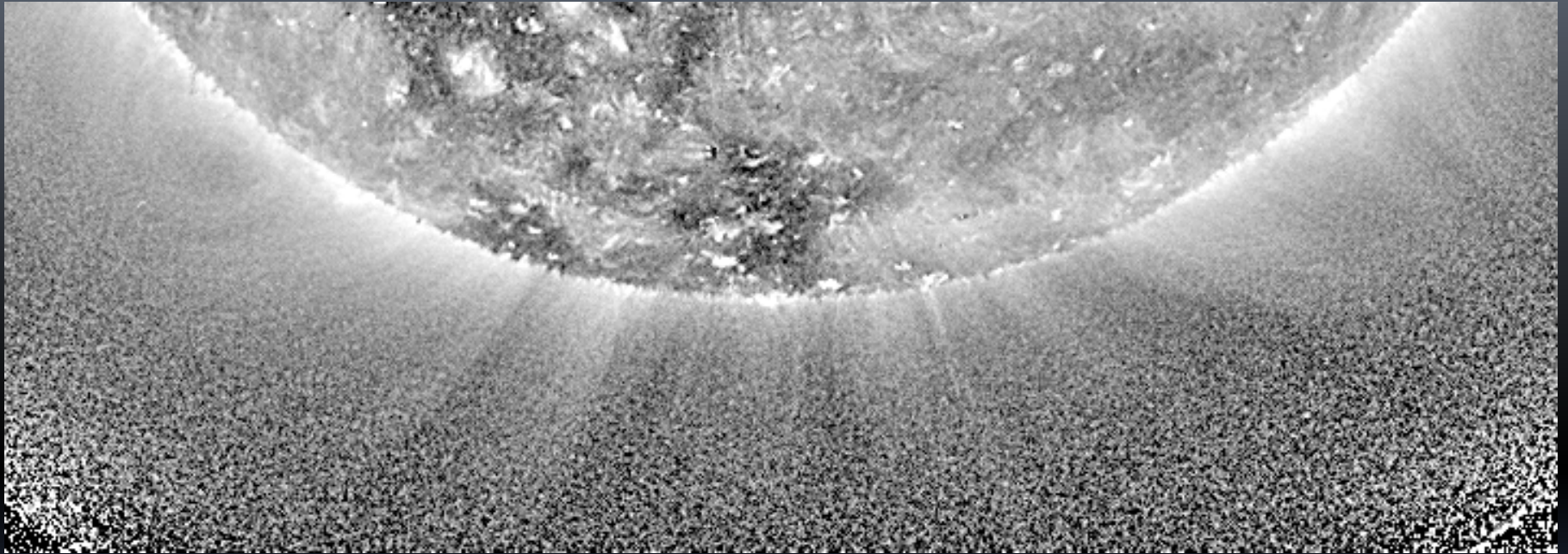
Image Annotation provided by Dan Moses and Dennis Wang, NRL

Beobachtung eines CMEs von der Sonne bis zur Erde



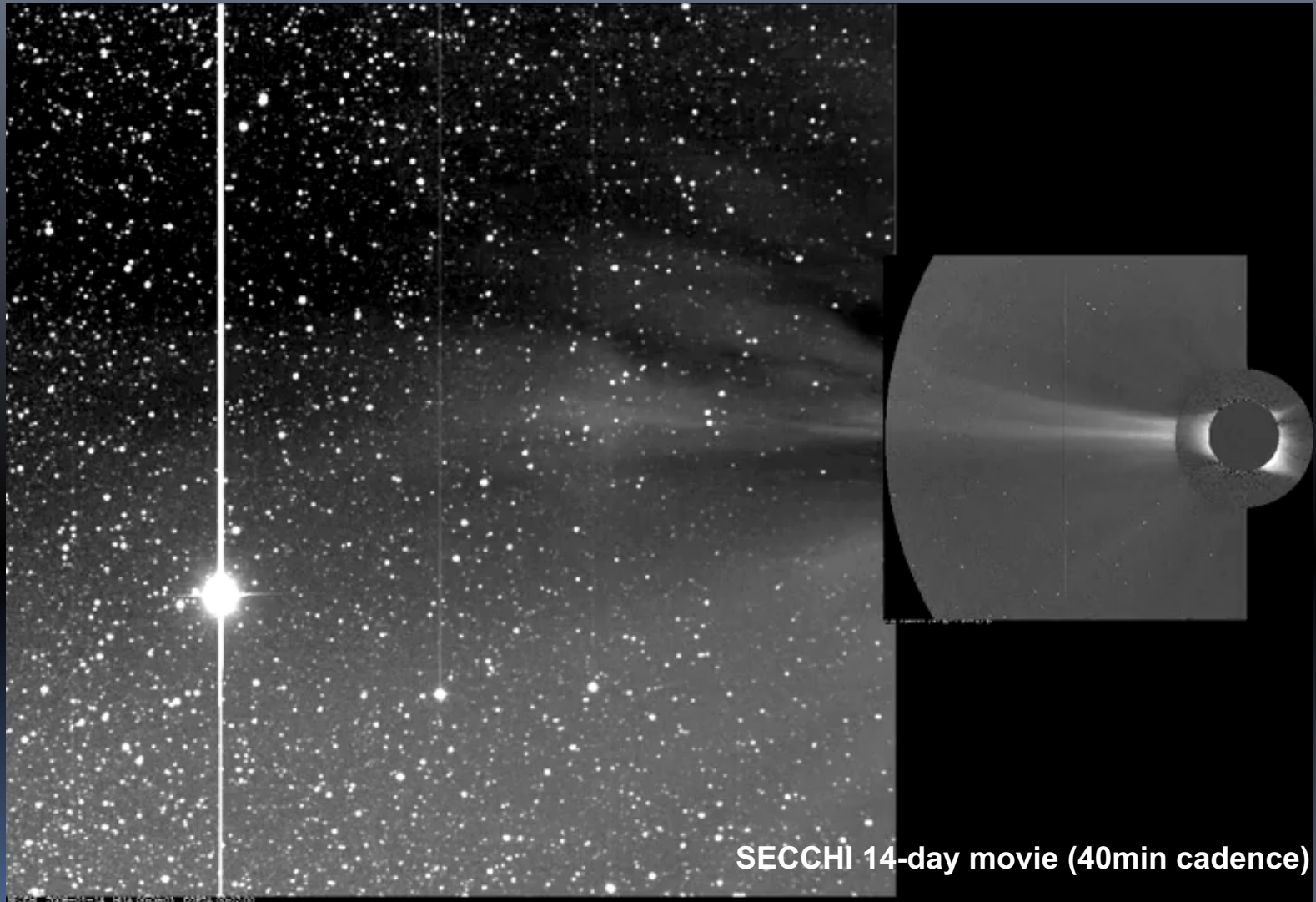
STEREO-A: 12/11/08 12:55:00 AM

Sonnenwind aus Koronalöchern - SDO

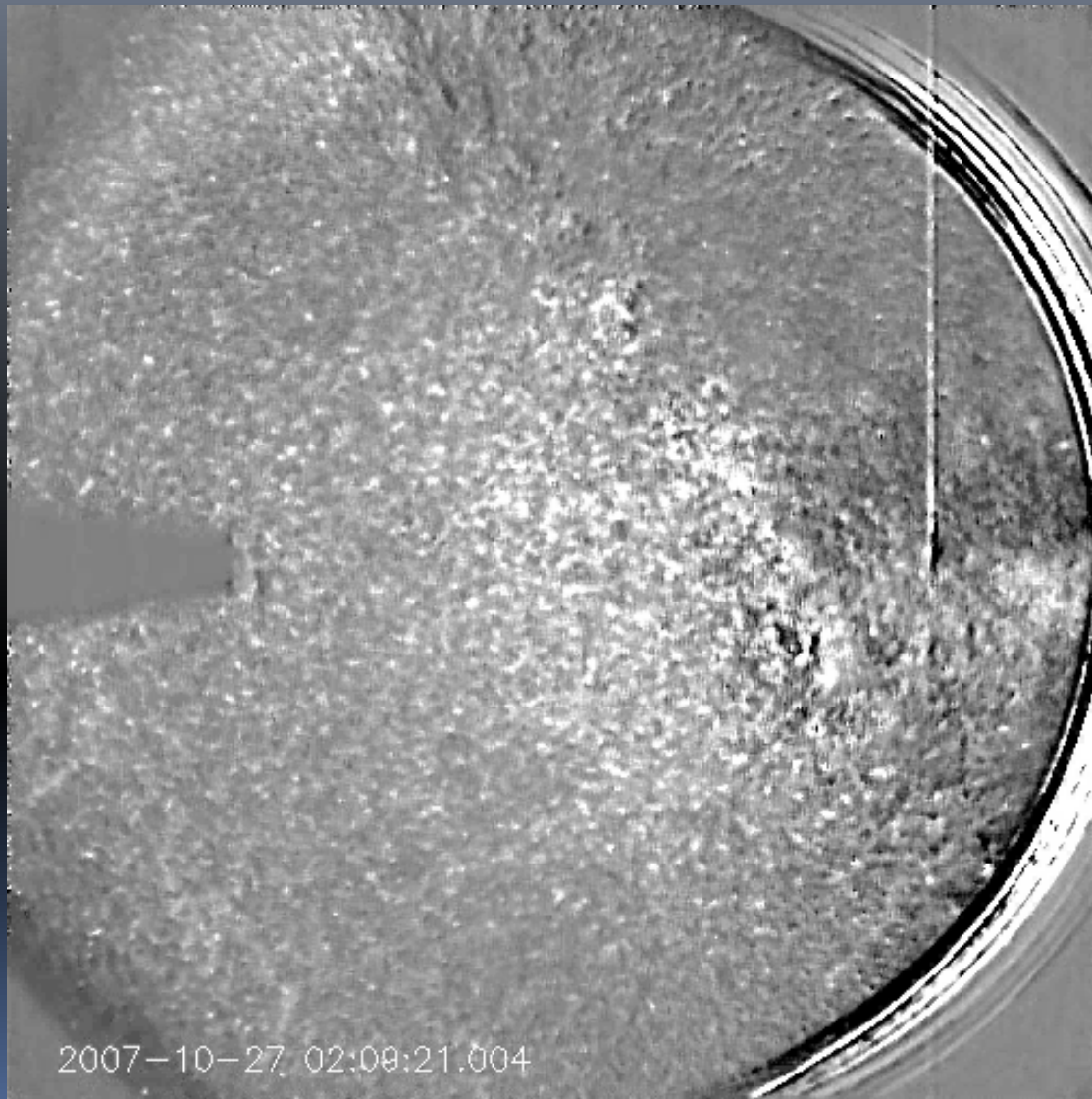


193 Å
~1.4 MK

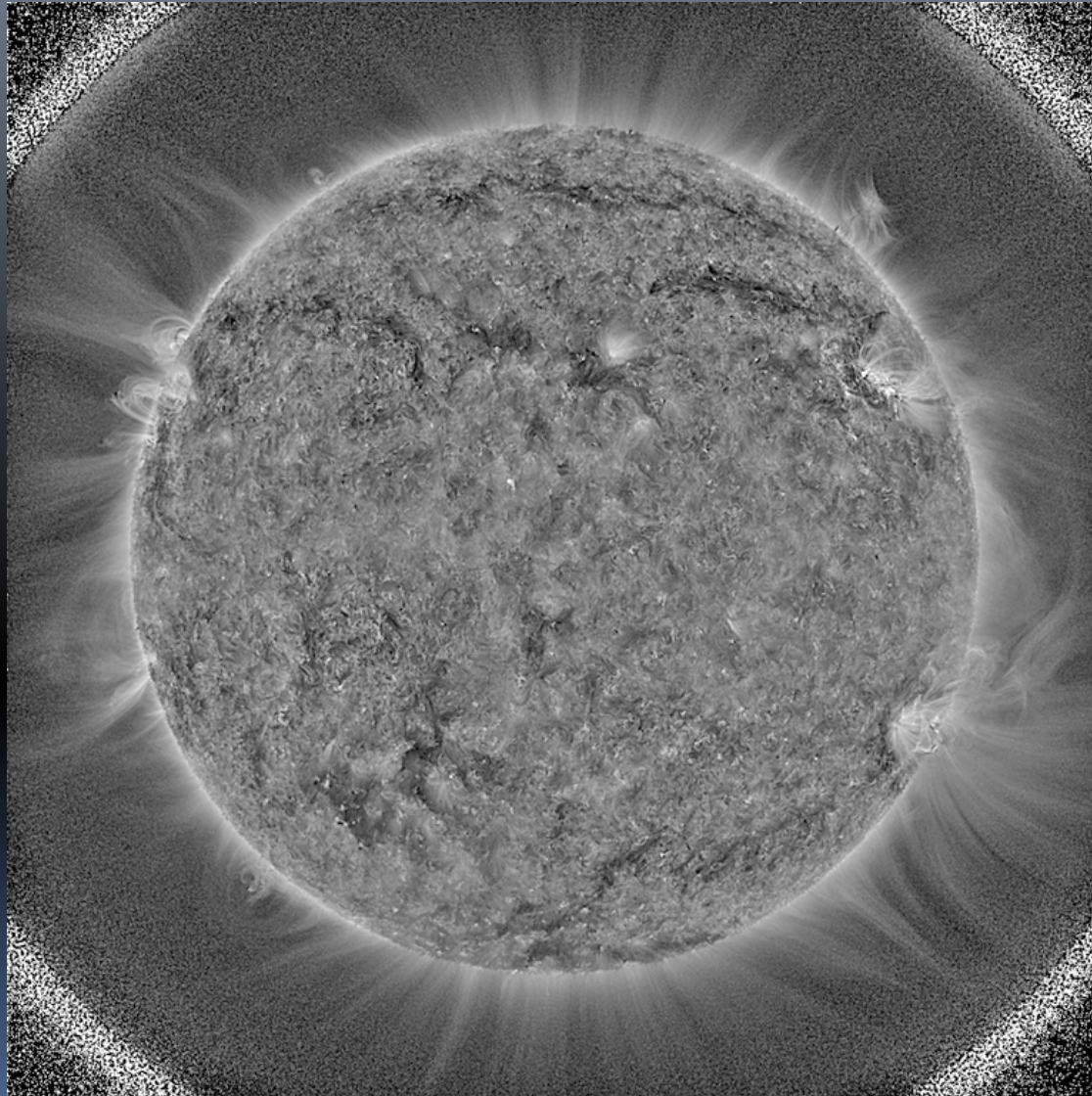
Aufnahmen des Sonnenwindes mit STEREO



Komet F1 Loneos – SECCHI HI 2 A: Beobachtung vielfacher Schweifabrisse im Oktober/November 2007

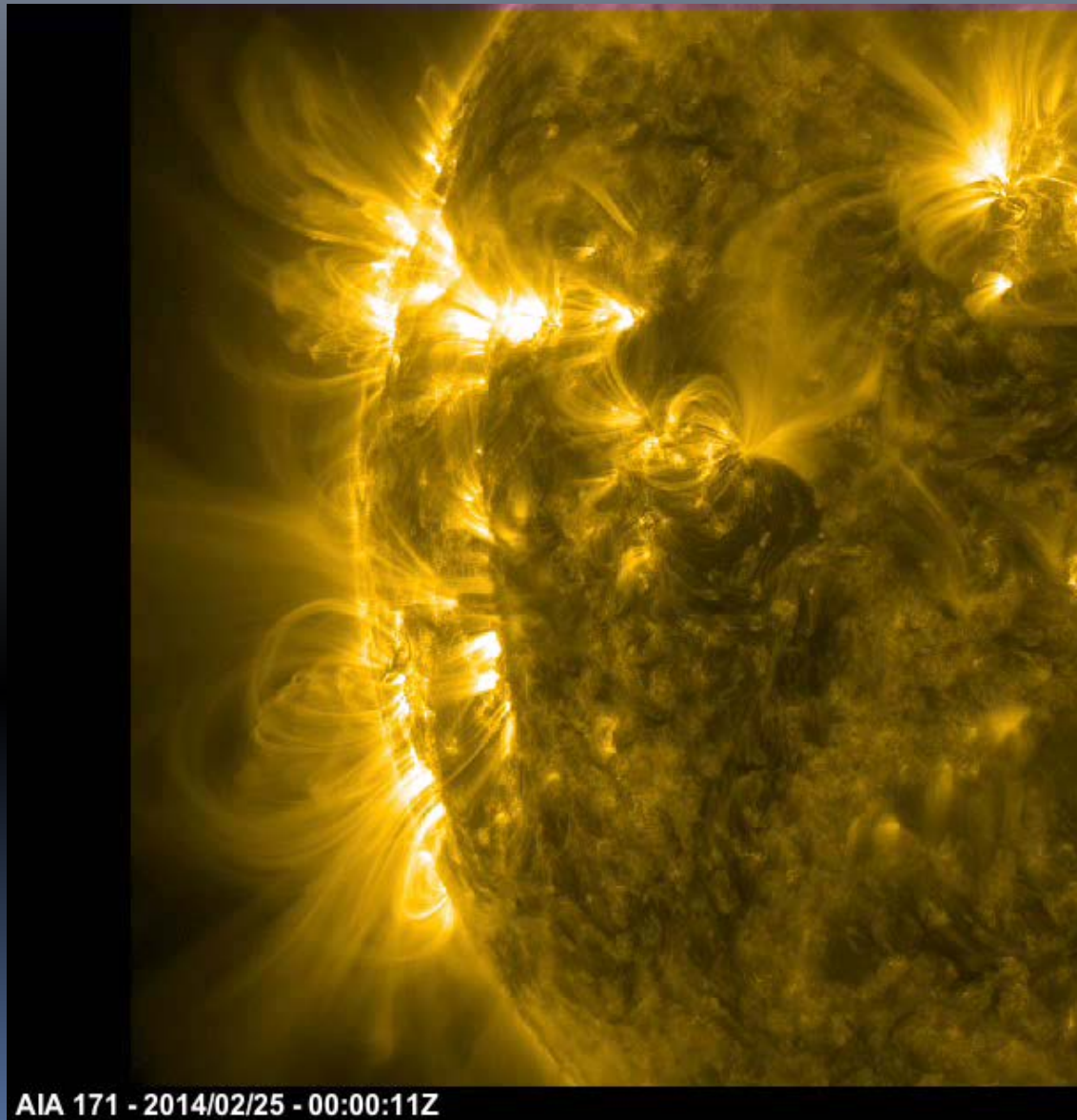


Dynamik der Sonnenkorona (SDO)



171 Å
~0.6-0.9 MK

Flare und CME

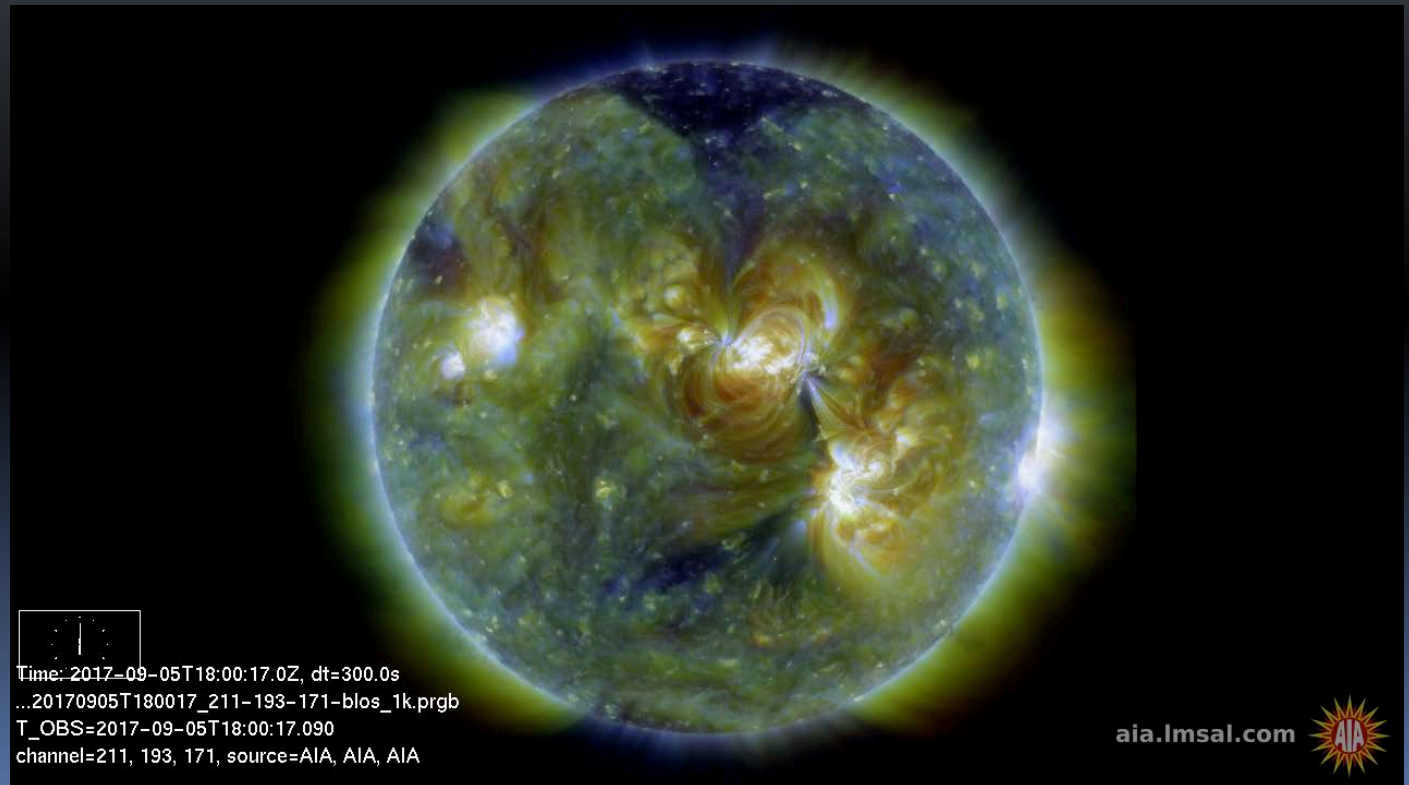
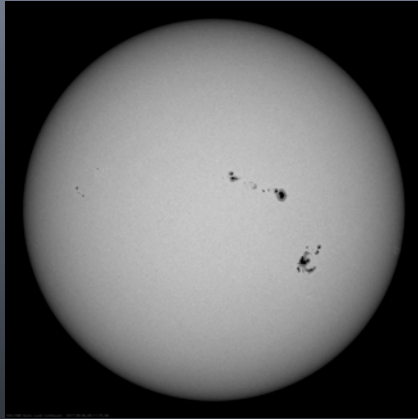



“Sonnen tsunami” – SDO/AIA, Februar 2014

2014-02-25 00:34:01 (21.1 nm, dimming 2960, seq 1)
intensity 0.0 * 10⁶



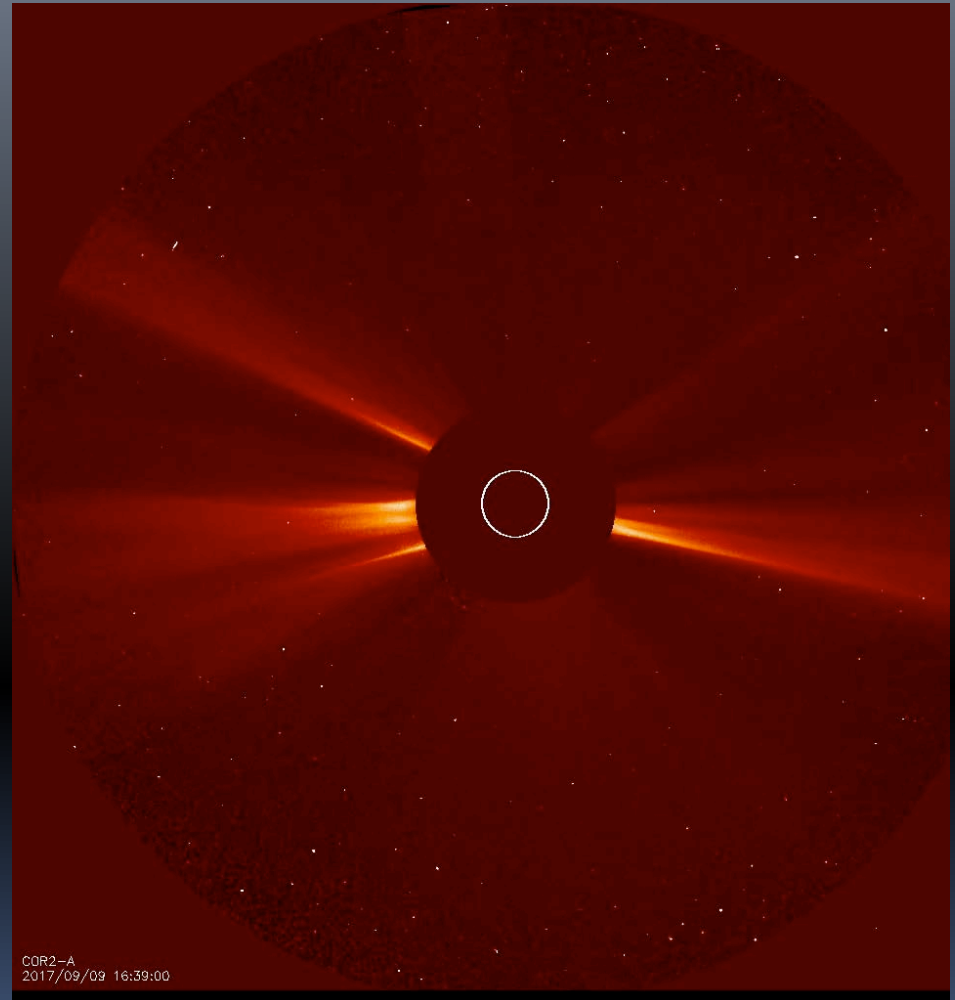
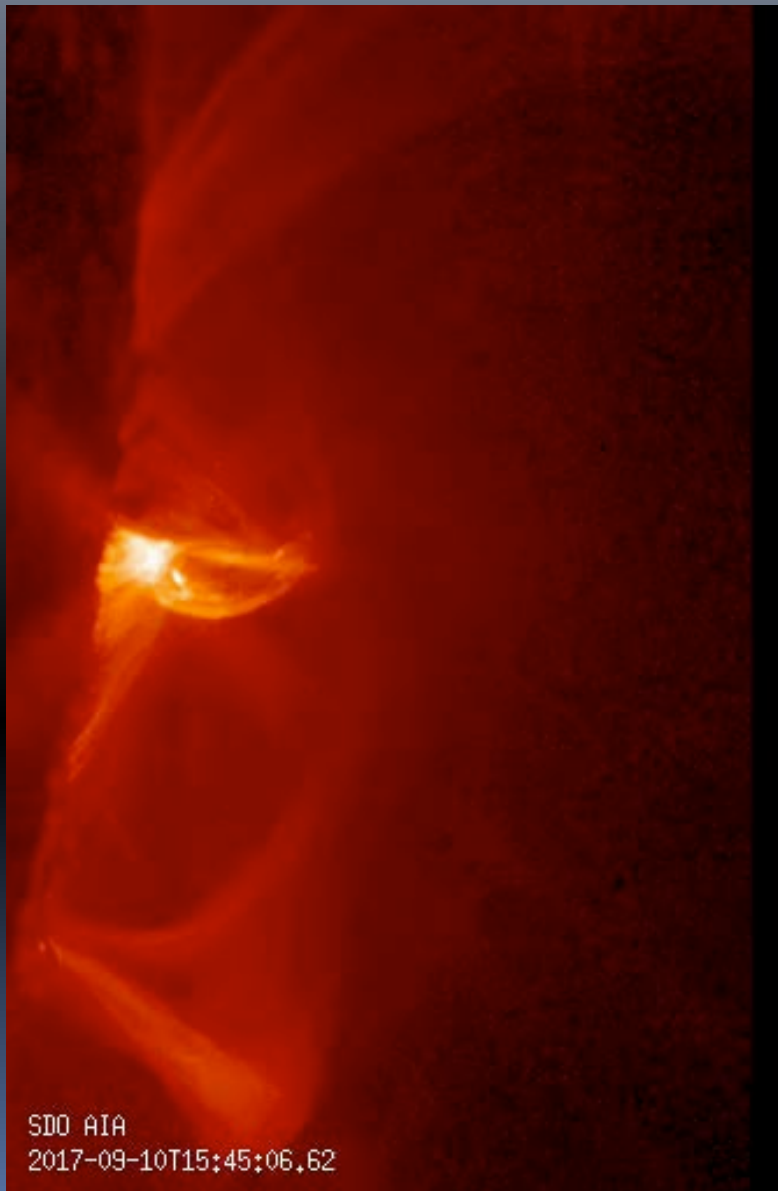
Aktuelle Aufnahmen im September 2017




Time: 2017-09-05T18:00:17.0Z, dt=300.0s
...20170905T180017_211-193-171-blos_1k.prgb
T_OBS=2017-09-05T18:00:17.090
channel=211, 193, 171, source=AIA, AIA, AIA

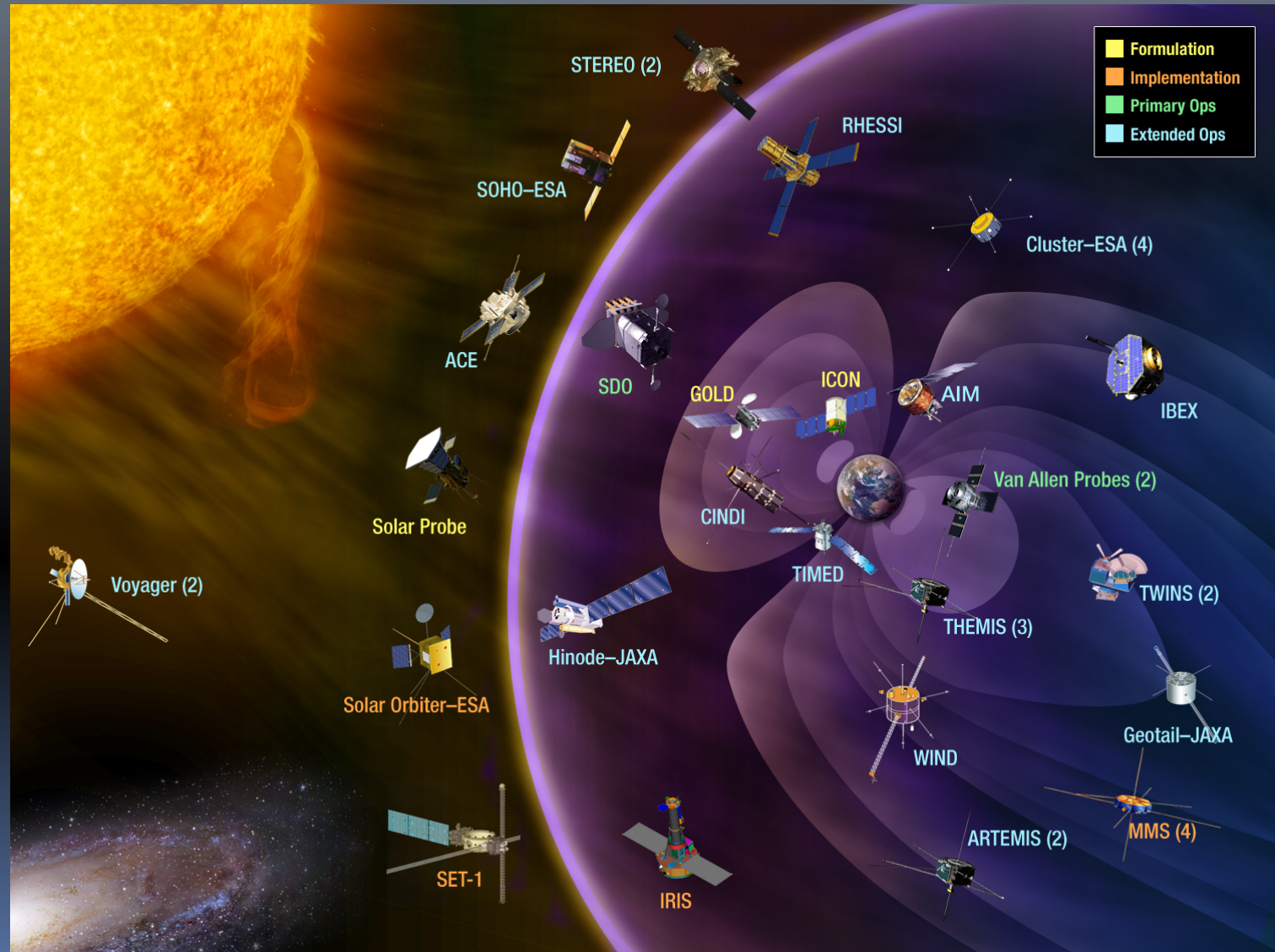


Aktuelle Aufnahmen im September 2017



Credit: A. Vourlidas

Das Heliophysikalische Observatorium – Neue Missionen



NASA Solar Probe STDT – JHU/APL, nahe Washington, D.C., 2004

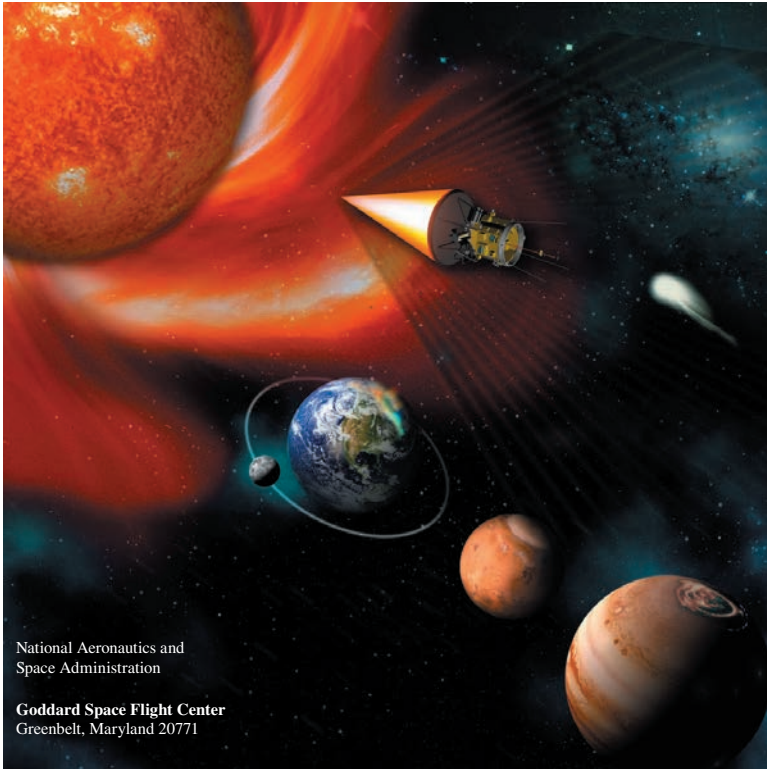


Solar Probe Report 2005

NASA/TM—2005–212786



Solar Probe: Report of the Science and Technology Definition Team

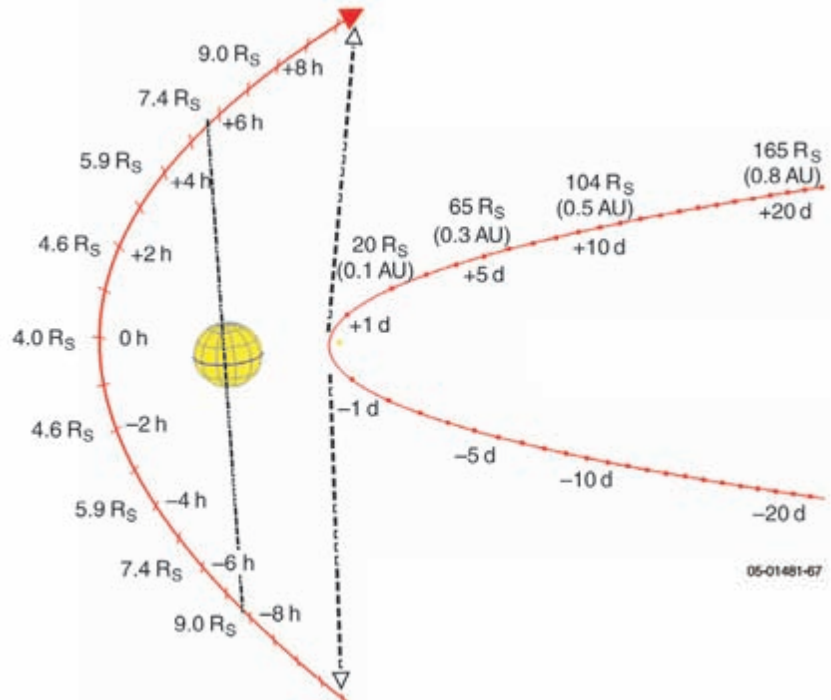


National Aeronautics and
Space Administration

Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771

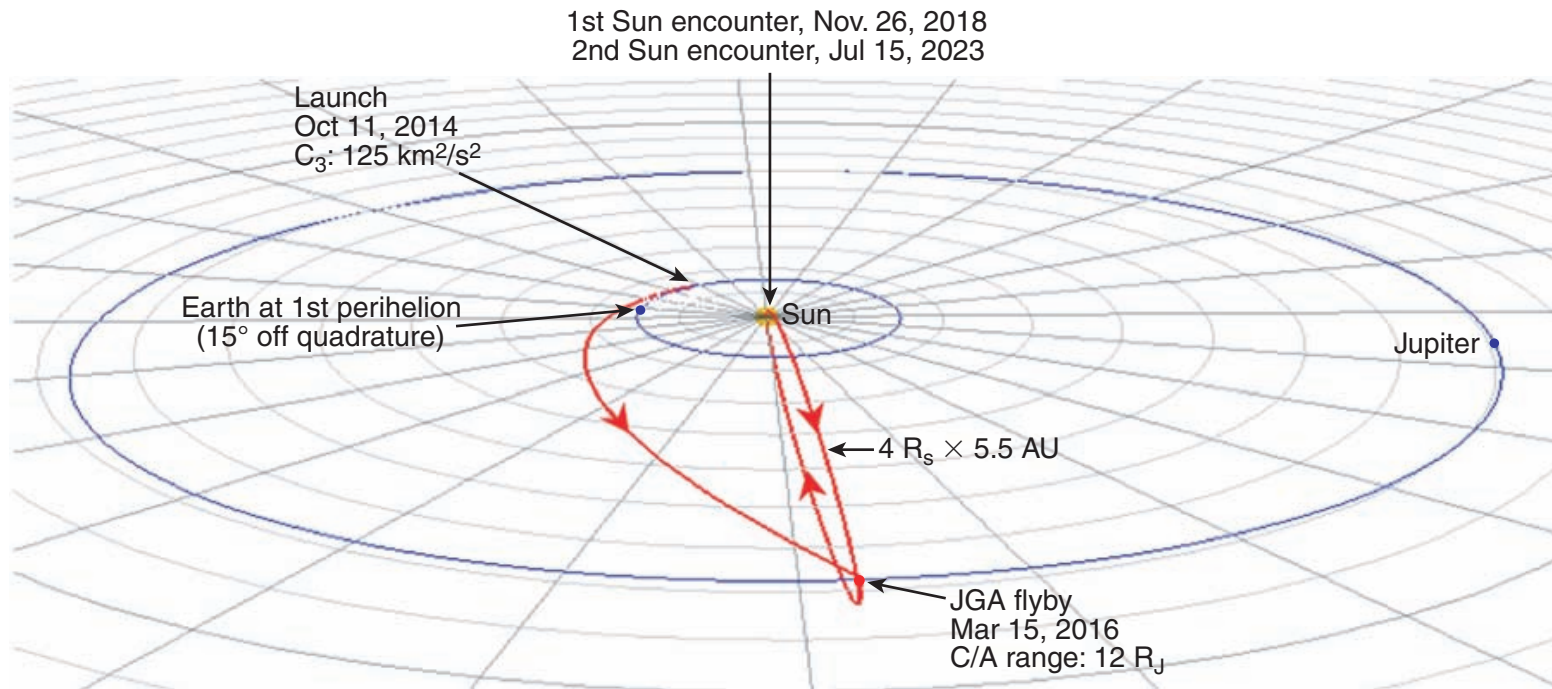
September 2005

865 kg, 2100 K



The Solar Probe trajectory. Encounter science begins at 0.3 AU, 5 days before closest approach, and lasts until 5 days after closest approach.

Solar Probe Orbit



05-01481-32

Figure 4-1. Solar Probe mission summary.

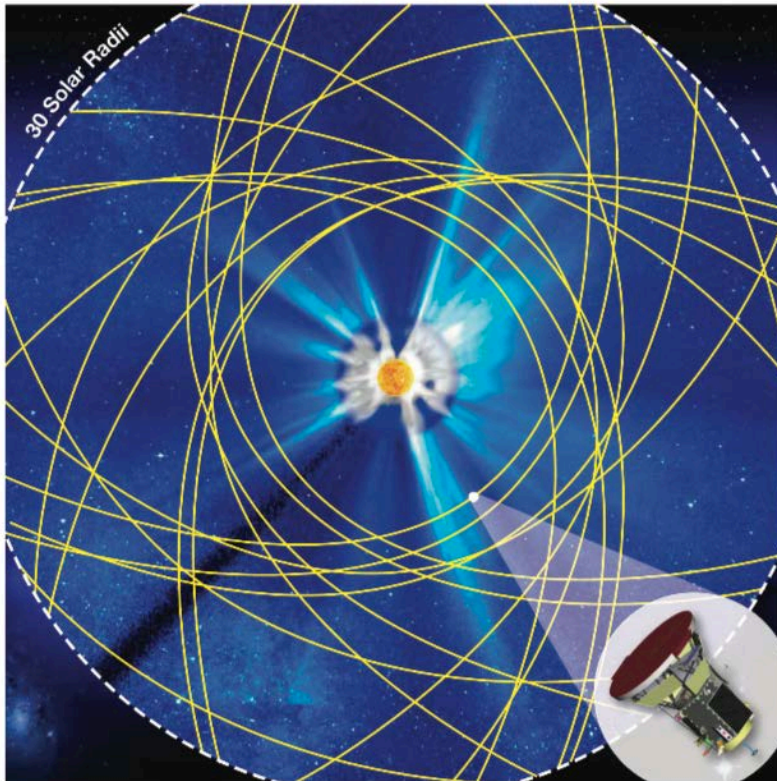
Kosten: 1.25 Milliarden US\$

Solar Probe Plus Report 2008

NASA/TM—2008-214161



Solar Probe Plus: Report of the Science and Technology Definition Team

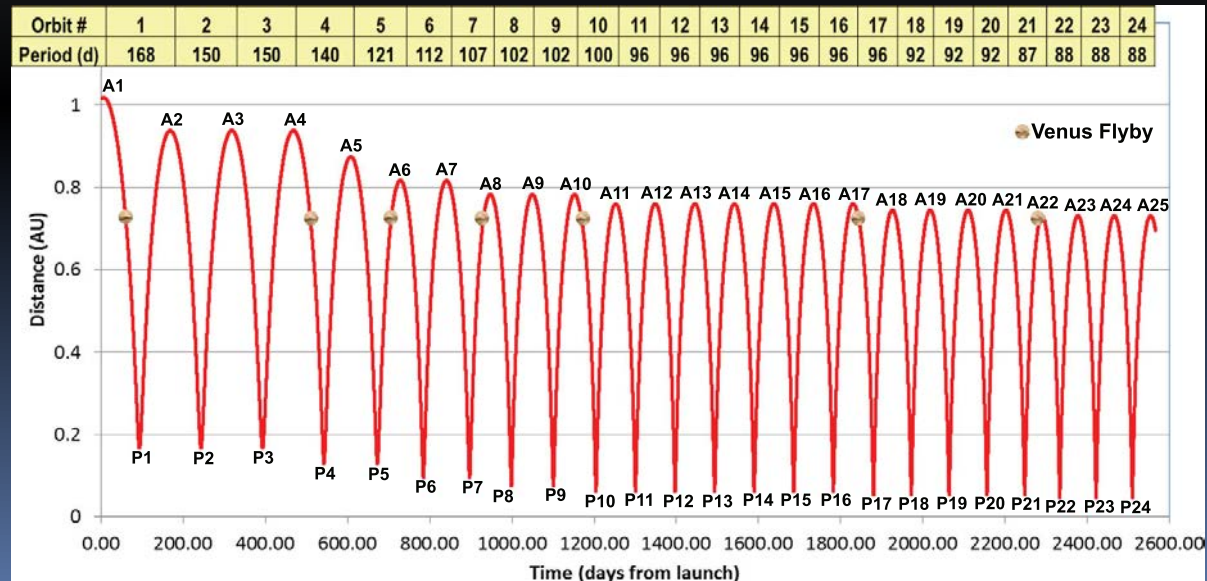
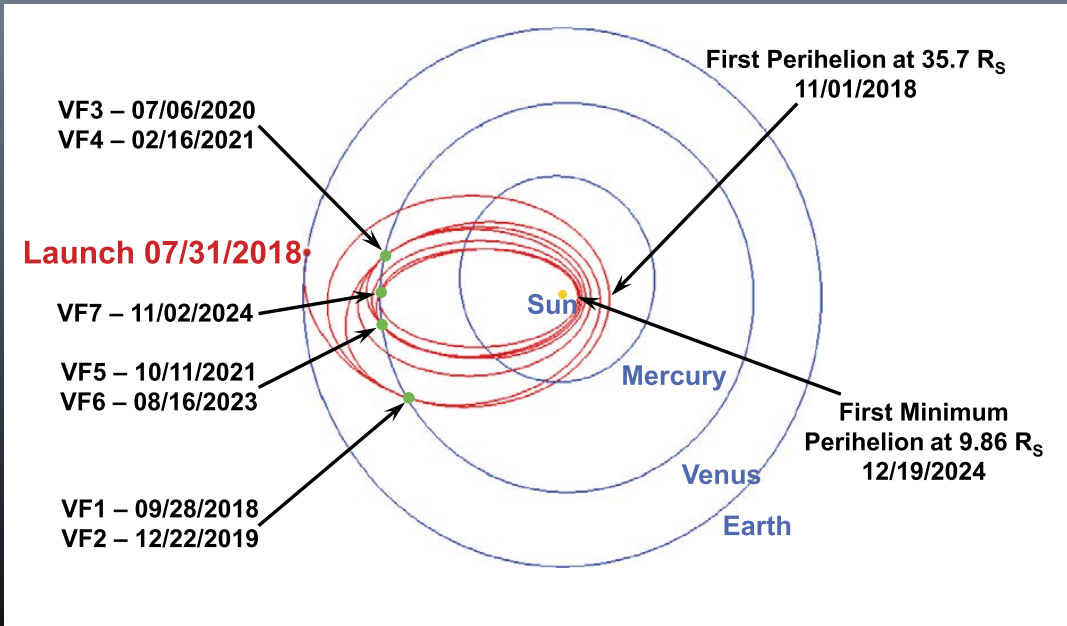


- Anzahl der Umläufe um die Sonne nahe der Ekliptik $< 30 R_S$ bzw. 0.14 AE
- Erstes Perihel bei $35 R_S$ bzw. 0.16 AE nach 88 Tagen
- 24 Perihel-Durchläufe über Zeitraum von 7 Jahren nach Start Juli 2018
- 1000 Stunden Mess-Zeit $< 20 R_S$

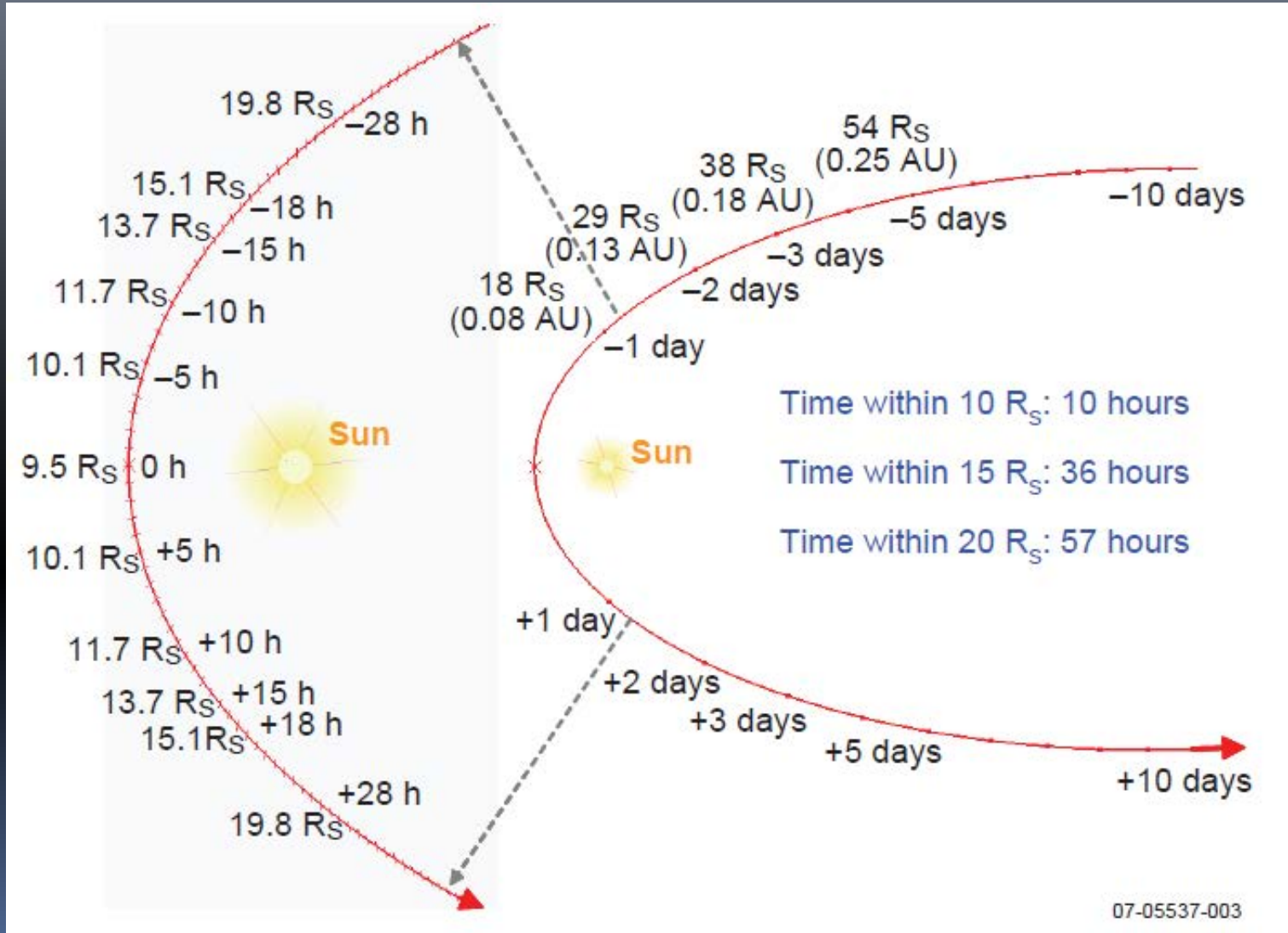
Missionsverlauf

- Startzeitraum: 31. Juli bis 18. August 2018
- Dichteste jemals stattgefundenene Annäherung an die Sonne, auf 24 Millionen Kilometer, bereits 3 Monate nach dem Start im November 2018. Zum Vergleich: Die dichteste Annäherung der Solar Orbiter Mission beträgt 42 Millionen Kilometer
- 7 Venus “Gravity Assists” über 7 Jahre
- 2025: Dichteste Annäherung an die Sonnenoberfläche im Abstand von 6 Millionen Kilometer.

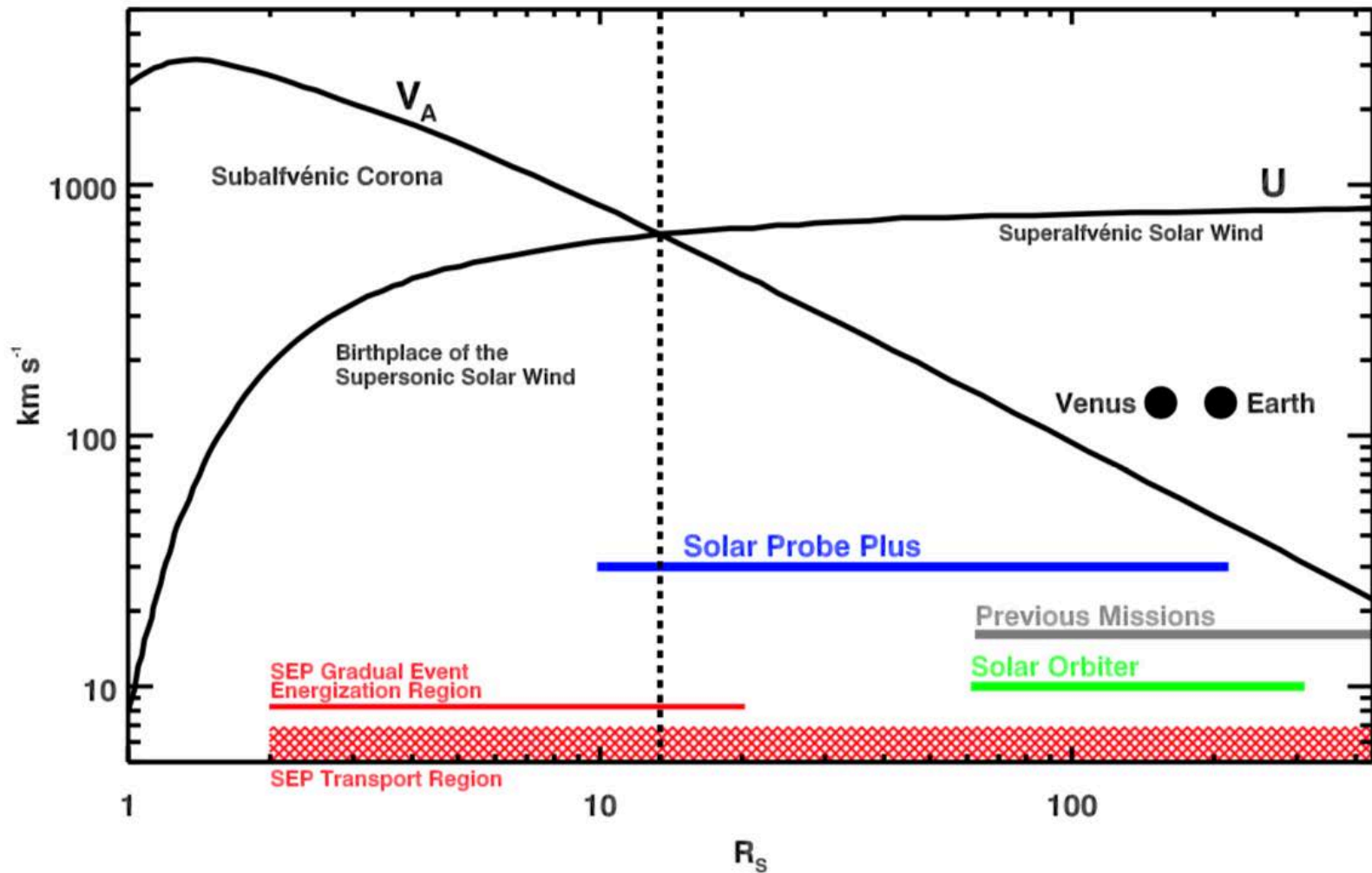
Solar Probe Plus Missionsverlauf



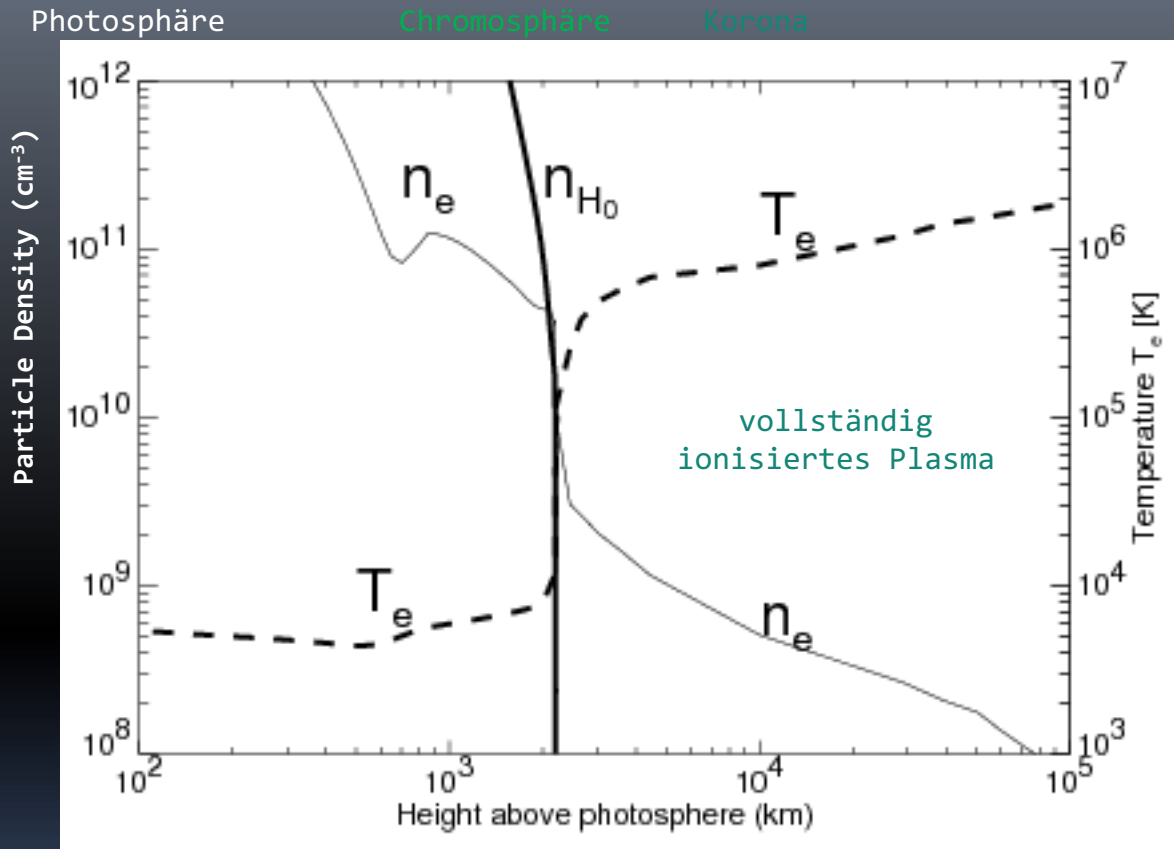
Solar Probe Plus Orbit



Solar Probe Plus – Periheliummessungen



Problem der Koronaheizung



Saha-Gleichung:

$$\frac{N_{k+1}}{N_k} = \frac{2}{n_e} \frac{(2\pi m_e k_B T)^{3/2}}{h^3} \frac{g_{k+1}}{g_k} e^{\left(\frac{\epsilon_{k+1} - \epsilon_k}{k_B T}\right)}$$

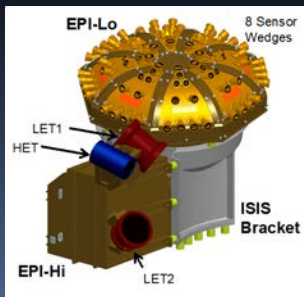
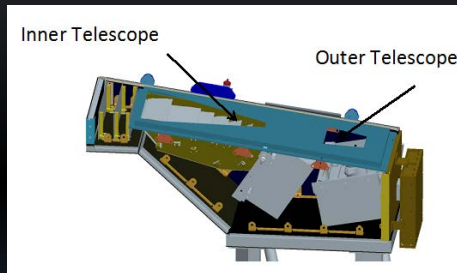
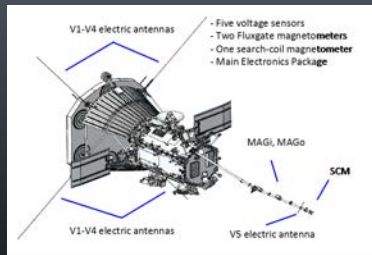
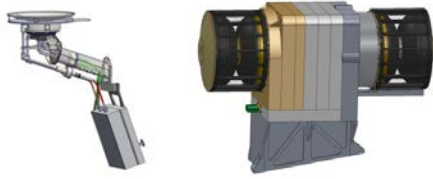
Problem der „Heizung“
der Korona noch nicht
geklärt !

Models: Fontela et al., ApJ 1990; Gabriel, Phil.Trans.R.Soc. 1976

Solar Probe Zielsetzungen

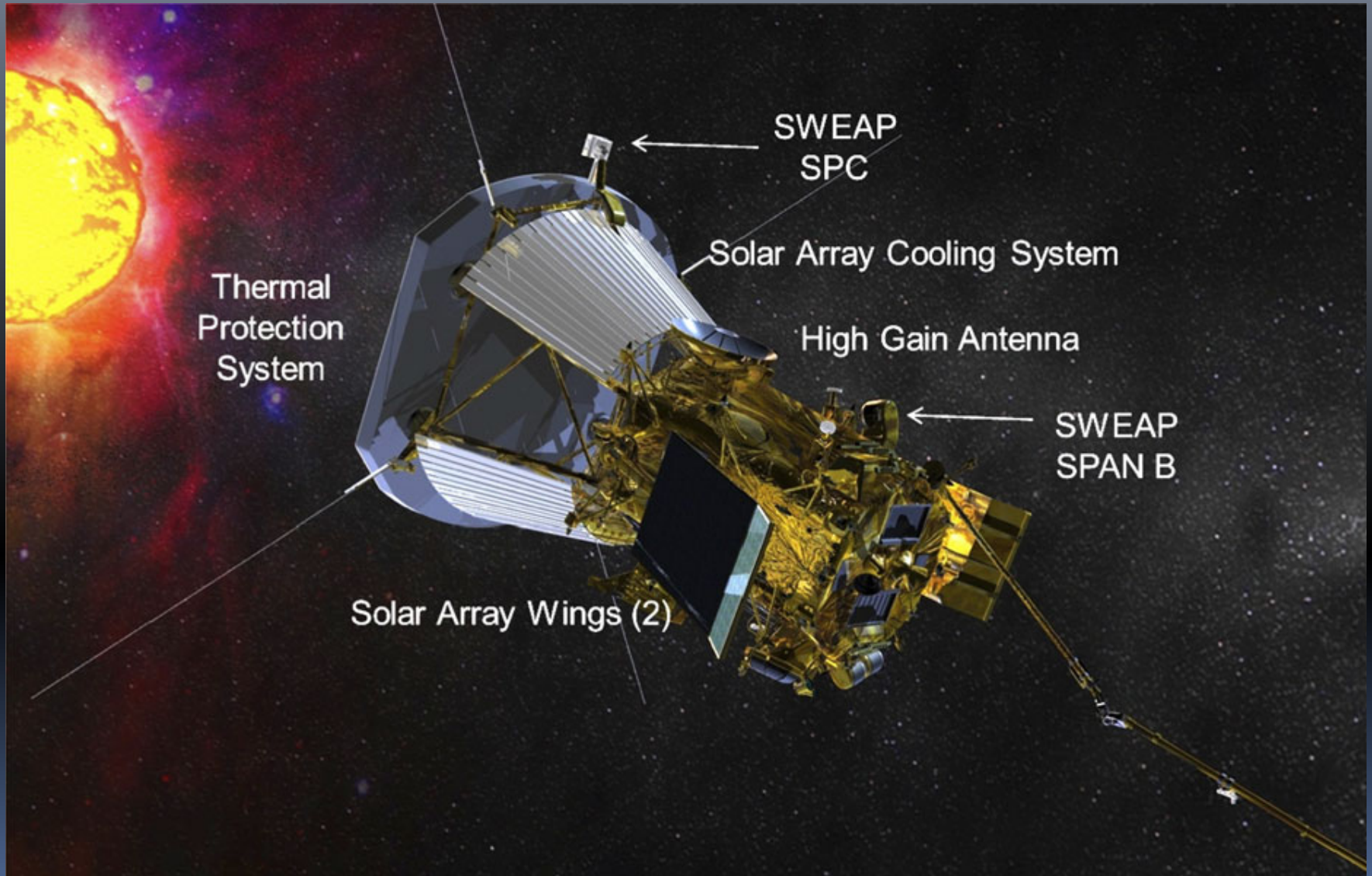
1. Bestimmung der Struktur und Dynamik des Plasmas und des Magnetfeldes in den Ursprungsregionen des Sonnenwindes
2. Messungen der Beschleunigungsprozesse des Sonnenwindes und der Mechanismen der Koronaheizung
3. Messung der Beschleunigungsmechanismen energiereicher Teilchen und deren Transport

Wissenschaftliche Nutzlast



- Sonnenwindteilchen:
Solar Wind Electrons Alphas and Protons Investigation (SWEAP), Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge
- Messungen magnetischer und elektrischer Felder, sowie Radiowellen:
Fields Experiment (FIELDS), University of California, Berkeley
- Optische Beobachtungen des Sonnenwindes und der Korona:
Wide field Imager for Solar PRobe (WISPR), Naval Research Laboratory, Washington, D.C.; **University of Göttingen**
- Messung energiereicher Teilchen:
Integrated Science Investigation of the Sun (IS θ IS), Southwest Research Institute, San Antonio.
- Missionskosten: ca. 1.4 Milliarden US\$.

Solar Probe Plus – Parker Solar Probe



The image shows the Parker Solar Probe spacecraft in space, with the Sun in the upper left corner. The CGAUSS instrument is a large, white, multi-layered structure mounted on the spacecraft. The spacecraft itself is gold-colored with various instruments and antennas. The background is a dark starfield.

CGAUSS

Coronagraphic German and US SolarProbePlus Survey

**German Contribution to the
Wide-field Imager for Parker Solar Probe
(WISPR)
for the NASA
Parker Solar Probe Mission**

CGAUSS (Coronagraphic German And US Parker SolarProbe Survey) – Deutsche Beteiligung: WISPR (Universität Göttingen)



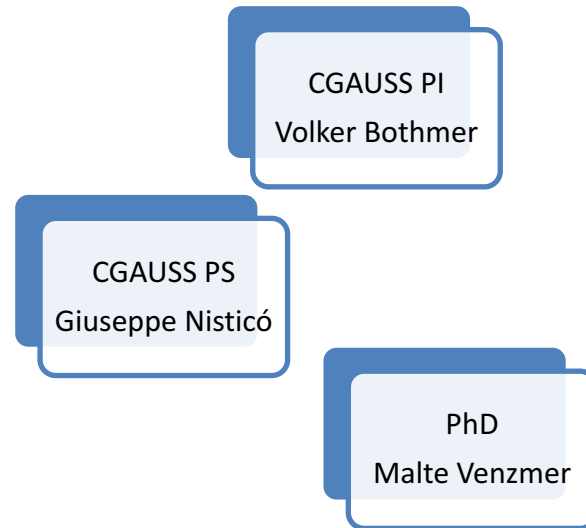
DLR-NASA (Implementing Arrangement): 03/2012-09/2026

Mission Operations Planning and Data Analysis

- Project Management & 3-D Modelling of coronal structures, the solar wind and coronal mass ejections
- Completion and Integration of CGAUSS MO/DA System
PSP/WISPR Data Archive
- Investigation and Analysis of Dust-particle Impacts on PSP WISPR Material Surfaces
- Helios Plasma Data Analysis and Extrapolation to PSP Orbit

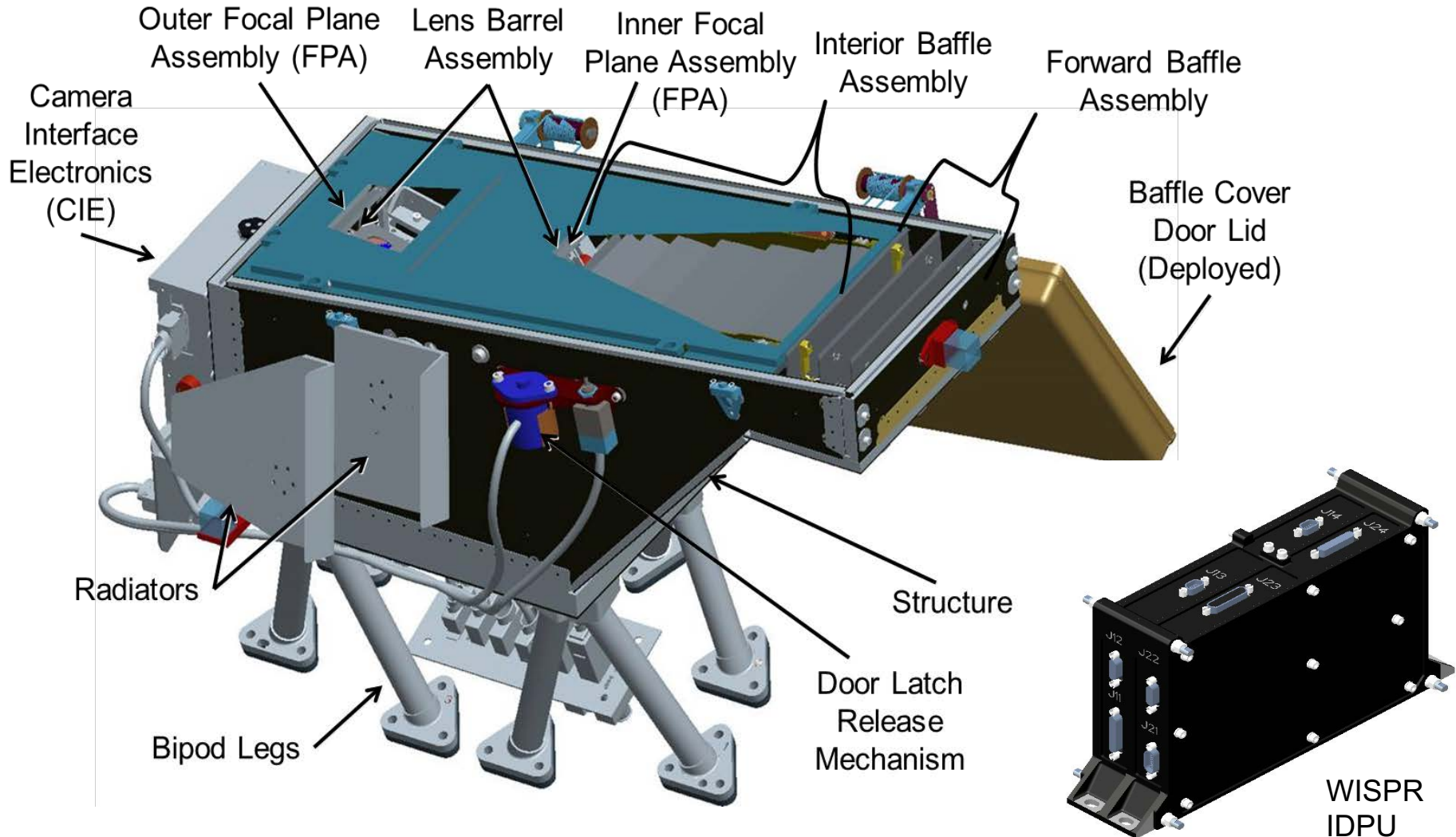
Completed and submitted as publication to A&A

CGAUSS Team

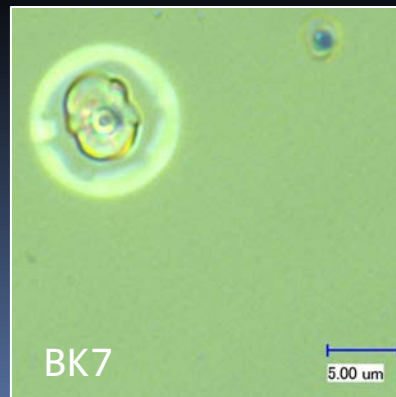
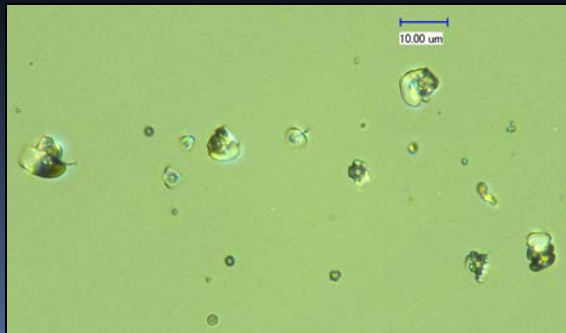
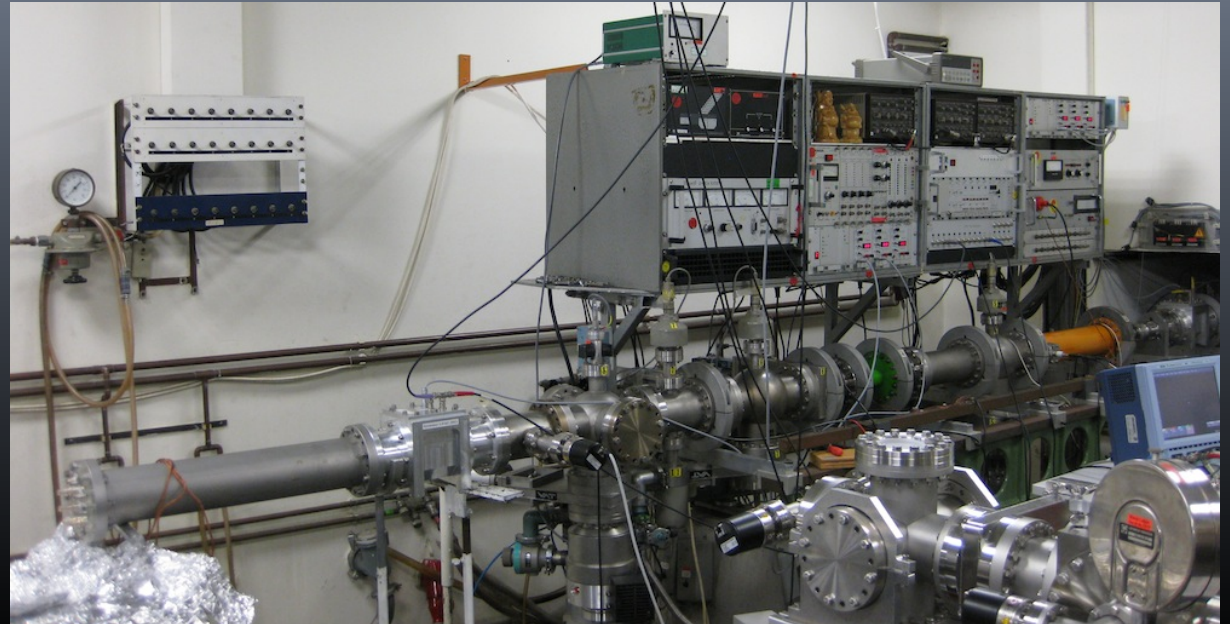
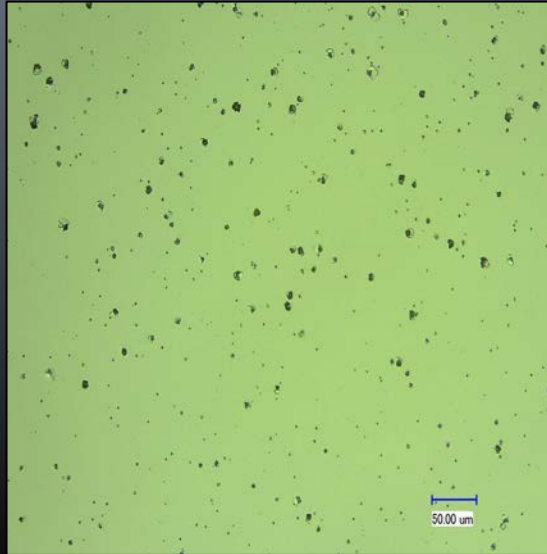


National Collaborators:
Ralf Srama and Team @ MPIK Heidelberg

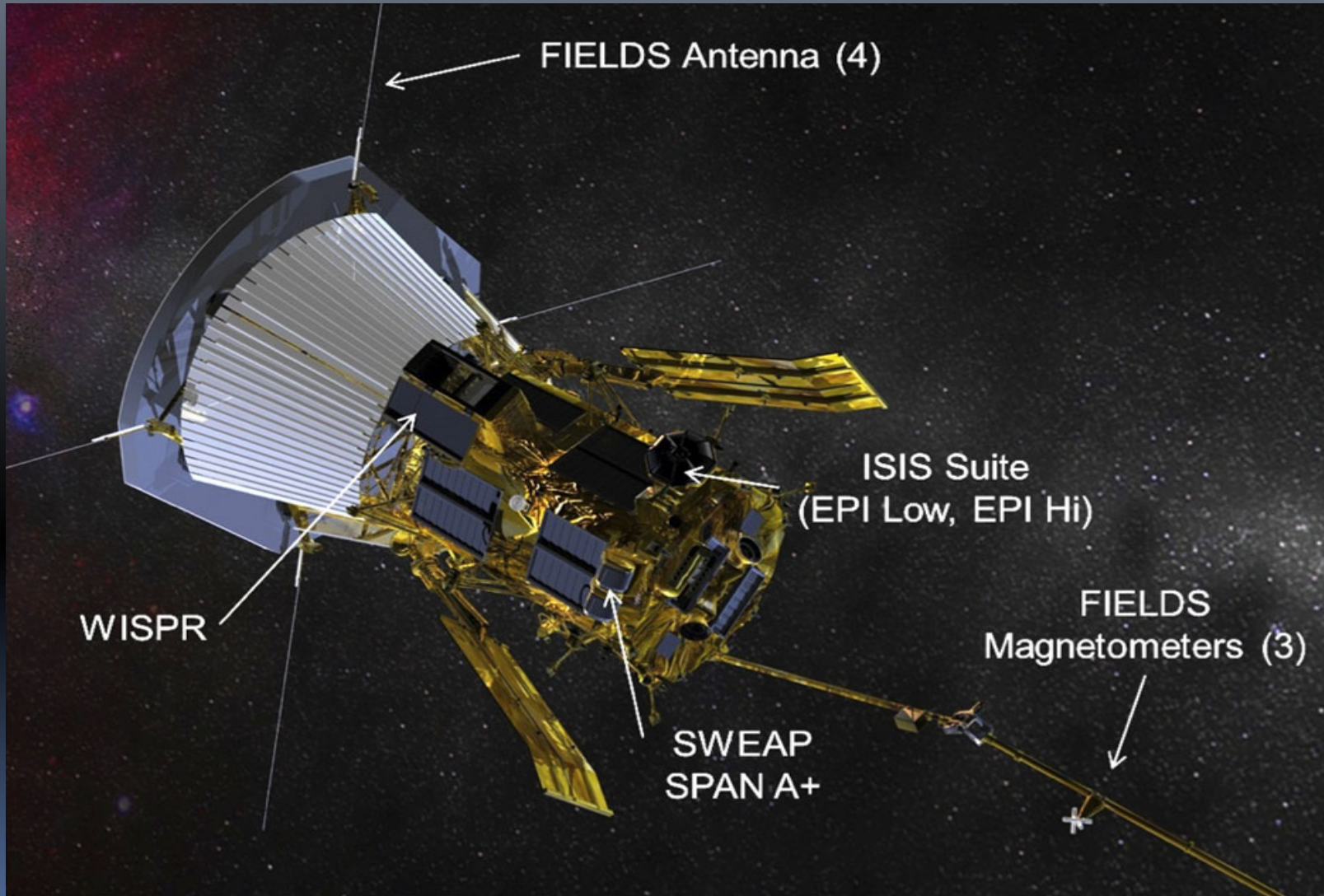
Die PSP WISPR (Wide Field Imager for Solar Probe Plus) - Weitwinkelkamera



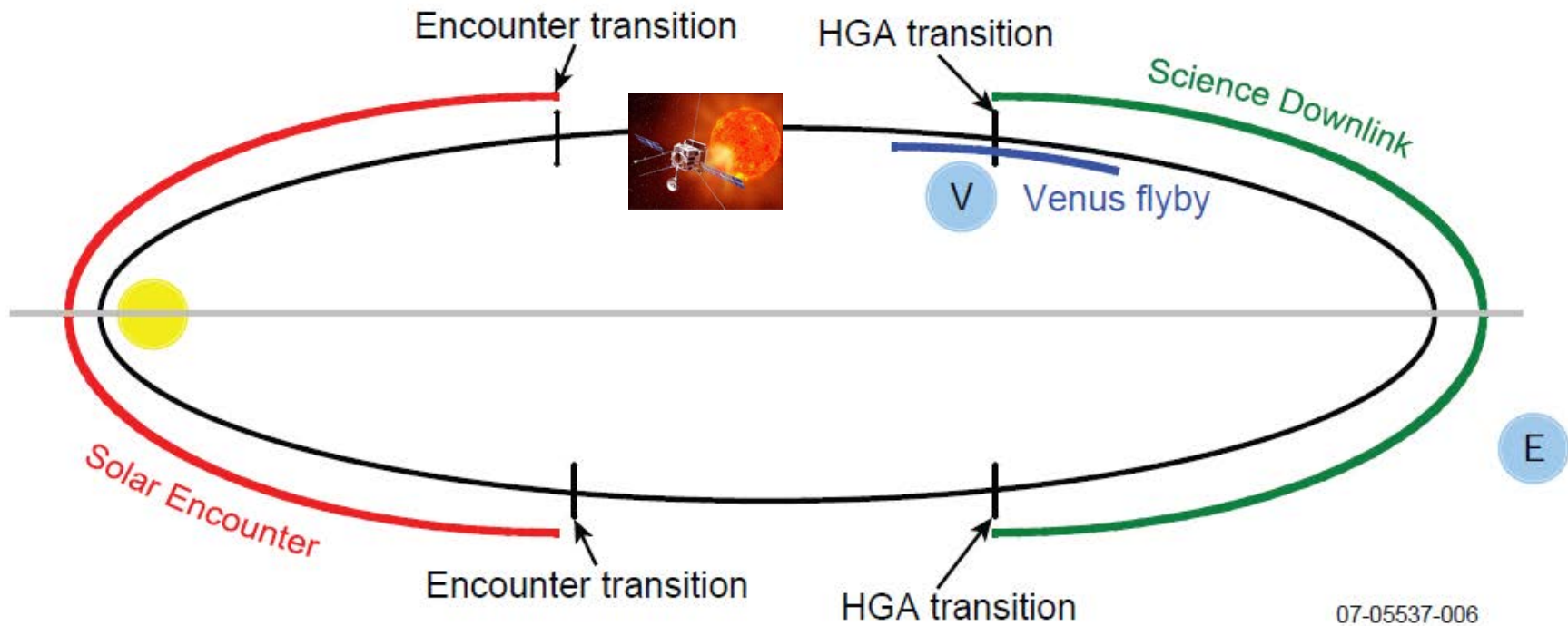
Staubpartikel Impact-Tests“ für WISPR



Parker Solar Probe - Instrumente



PSP Orbit – Beobachtungen im Bereich 0.25 bis 0.046 (9.86 R_S) AE



07-05537-006

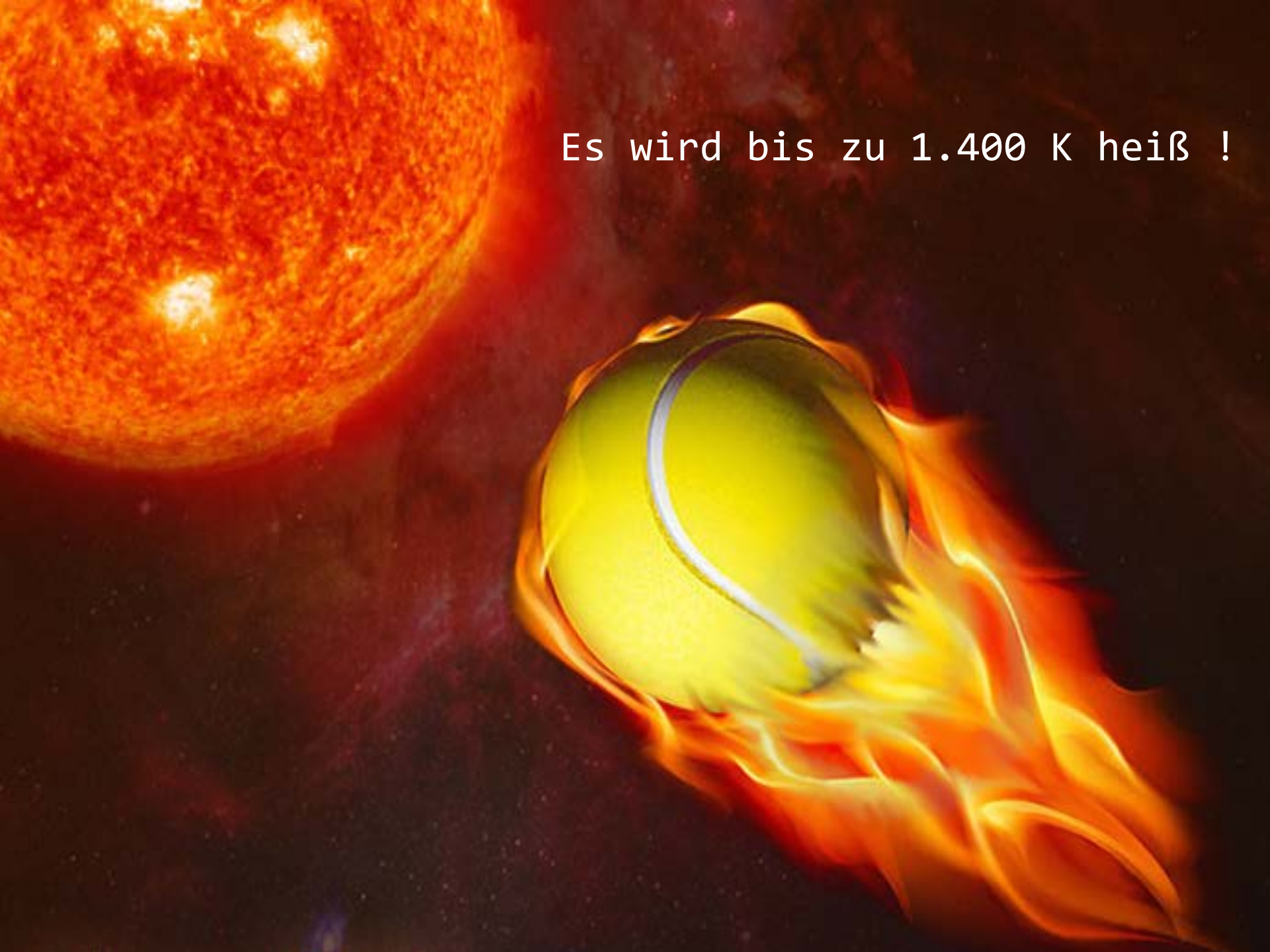
$V_{PSP} \sim 200 \text{ km/s}$ (700.000 km/h)

$V_{\text{Helios}} \sim 70 \text{ km/s}$

Start: 31. Juli 2018



Es wird bis zu 1.400 K heiß !



Parker Solar Probe TPS





N

E

APL

APL

CRAFTSMAN

CRAFTSMAN

Pause Video

Parker Solar Probe

A NASA Mission to Touch the Sun




Parker Solar Probe Successfully Completes Pre-Environmental Testing Review

NASA's Parker Solar Probe, the first mission to fly into the Sun's corona, has successfully completed a review that approves the beginning of the spacecraft's environmental testing.

[Read more »](#)

286 days 08 hours 15 minutes 27 seconds UNTIL LAUNCH

Launch Window: July 31 – August 19, 2018



PARKER SOLAR PROBE

Install Thermal Protection System on Spacecraft - Time Lapse Video

This Week in Integration & Test
In this time-lapse video taken on September 21, the thermal protection system (TPS) for NASA's Parker...

[View all videos »](#)



Featured Video:
Approaching the Sun

[View all Animations »](#)



Solar Probe Plus
A NASA Mission to Touch the Sun

Hot Shots:
Main Flight Harness Installation

Main Flight Harness Installation
07 July 2016

[View all videos »](#)



Final Rocket Components Arrive in Florida for Parker Solar Probe

Posted on 09/12/2017 12:55:33

All components of the United Launch Alliance Delta IV Heavy rocket that will launch NASA's Parker Solar Probe have arrived for prelaunch processing at Florida's Cape Canaveral Air Force Station.



From NASA: Delta IV Heavy Booster Cores Arrive for Parker Solar Probe

Posted on 08/03/2017 11:56:00

Launch preparations are beginning to get off the ground for NASA's upcoming Parker Solar Probe mission, scheduled to lift off in summer 2018 atop a United Launch Alliance Delta IV Heavy rocket.

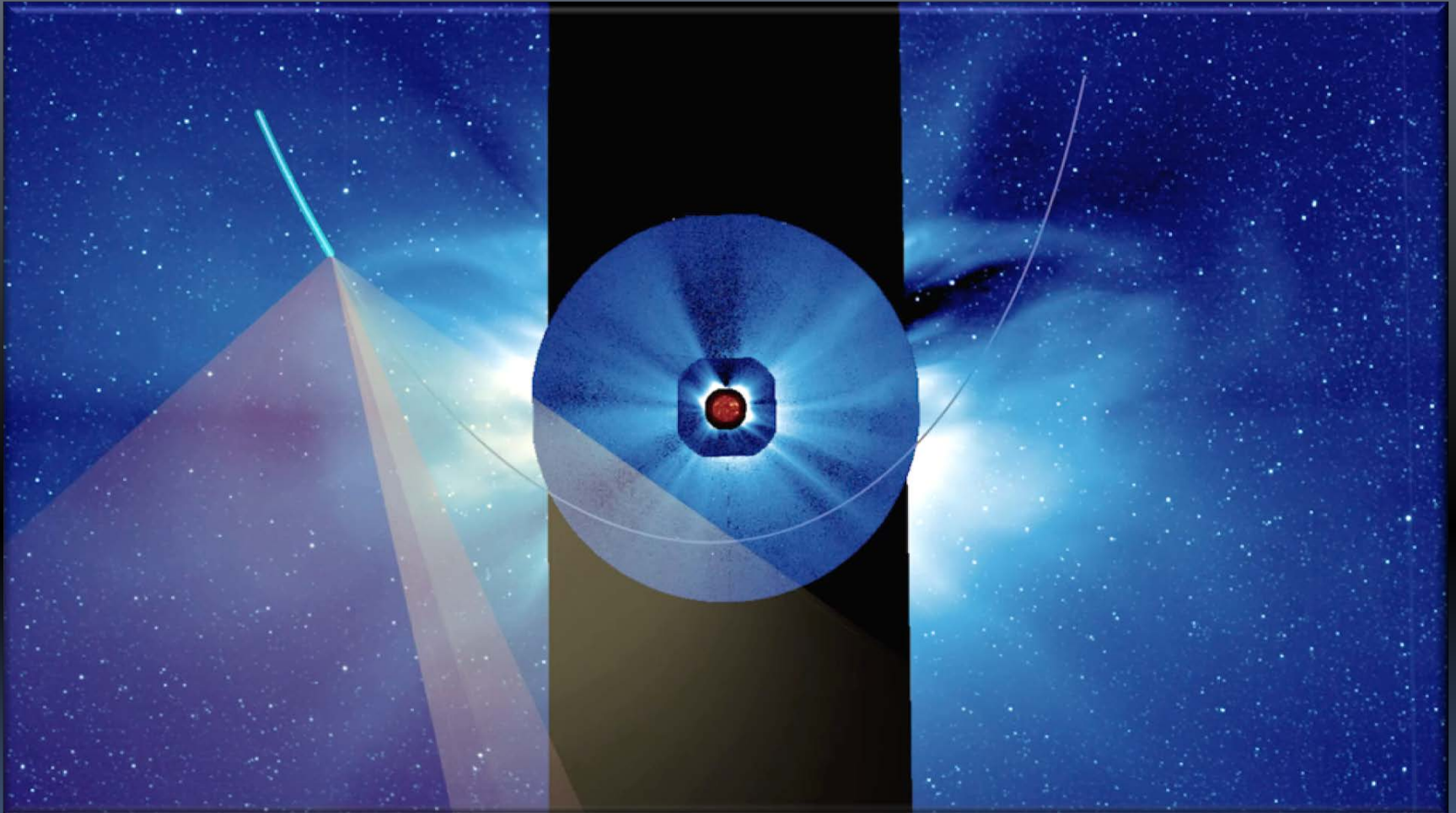
Cape Canaveral Launch Complex

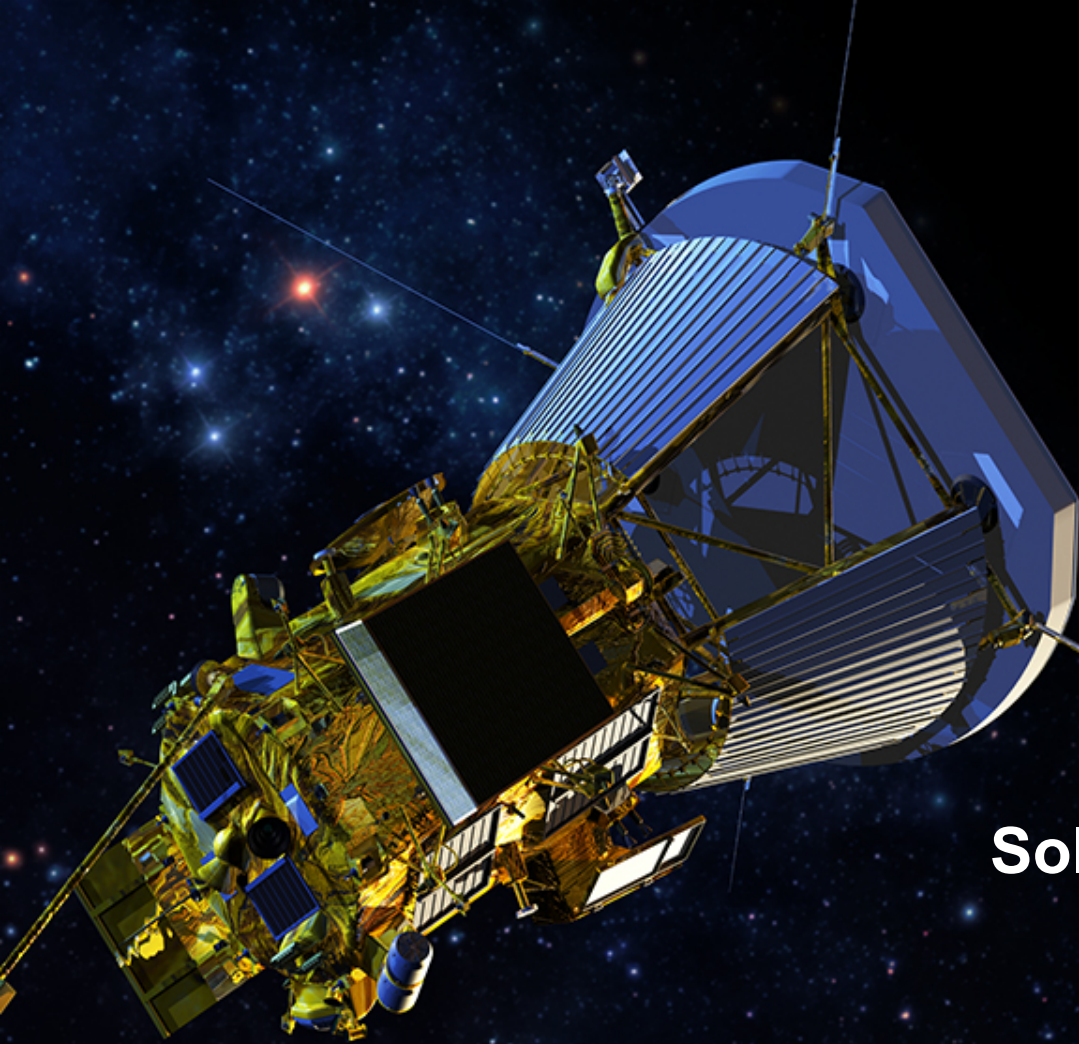


WISPR auf der Parker Solar Probe Raumsonde



Simulation von WISPR-Beobachtungen während eines Perihelions bei $10 R_S$





Solar Wind Predictions for the Parker Solar Probe Orbit

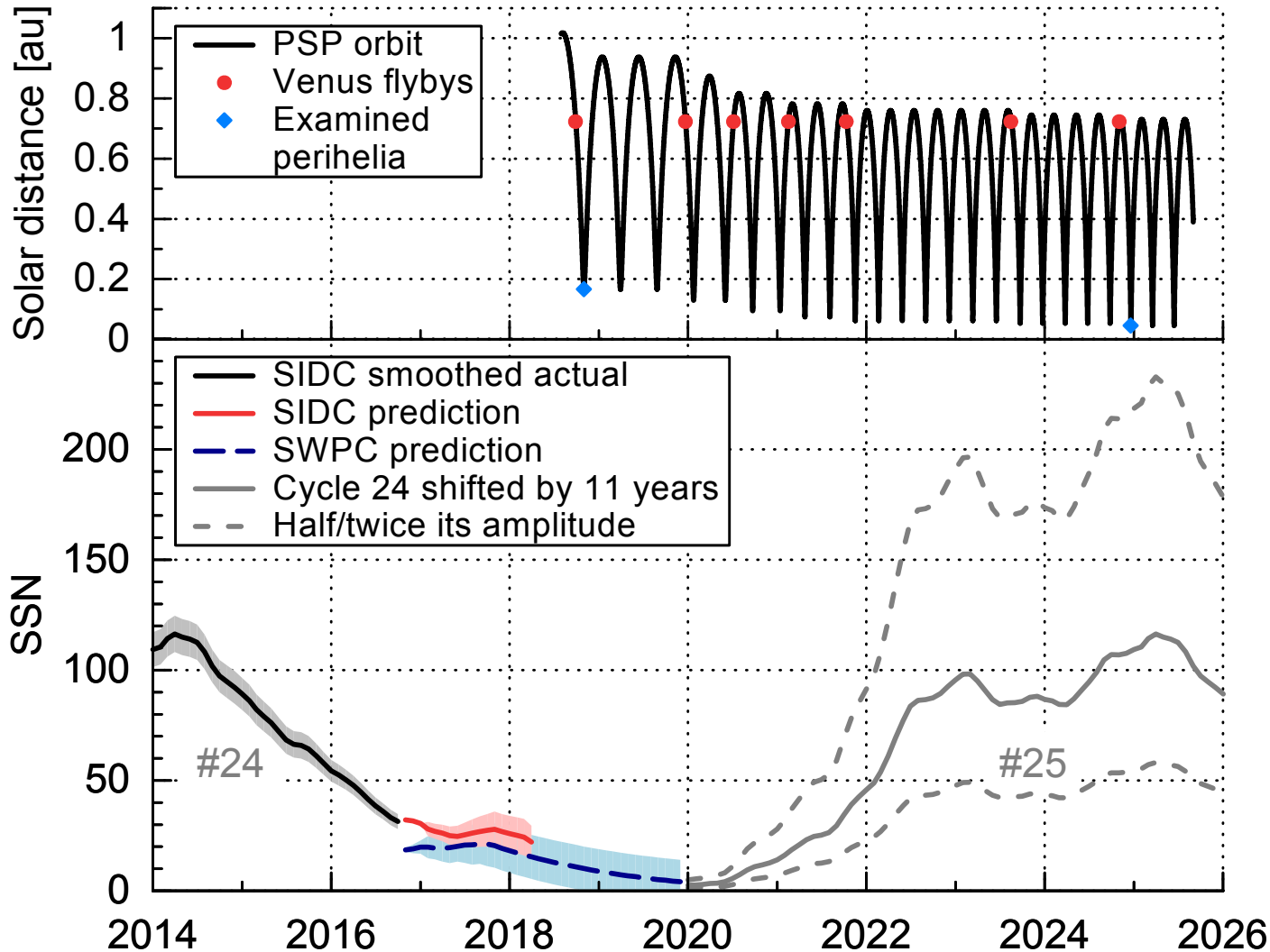
Volker Bothmer and Malte Venzmer

Institute for Astrophysics
University of Göttingen
Germany

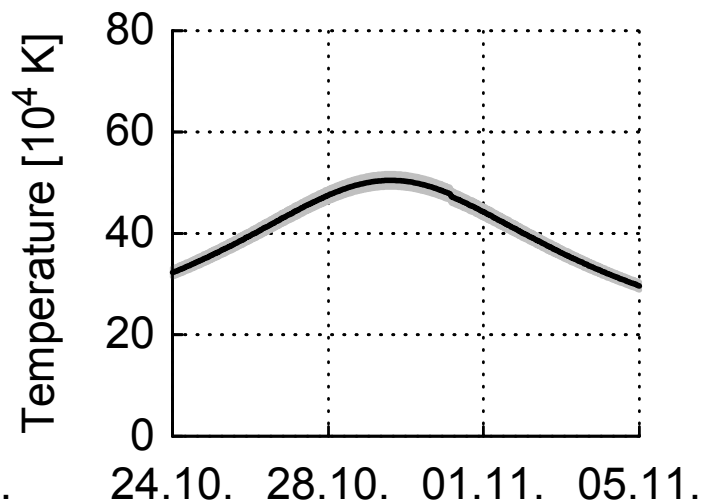
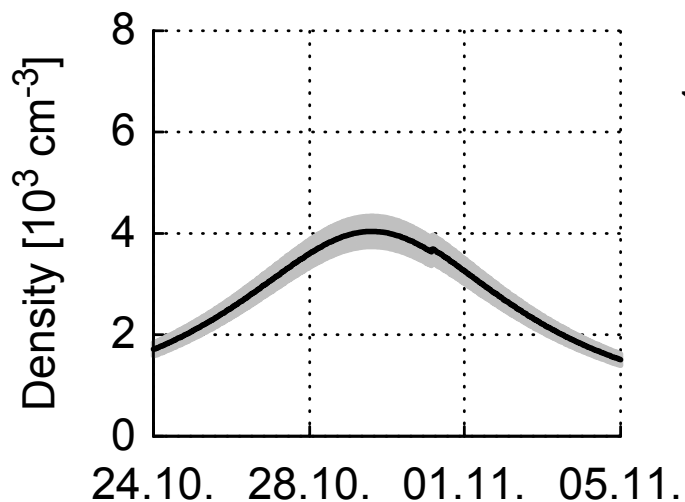
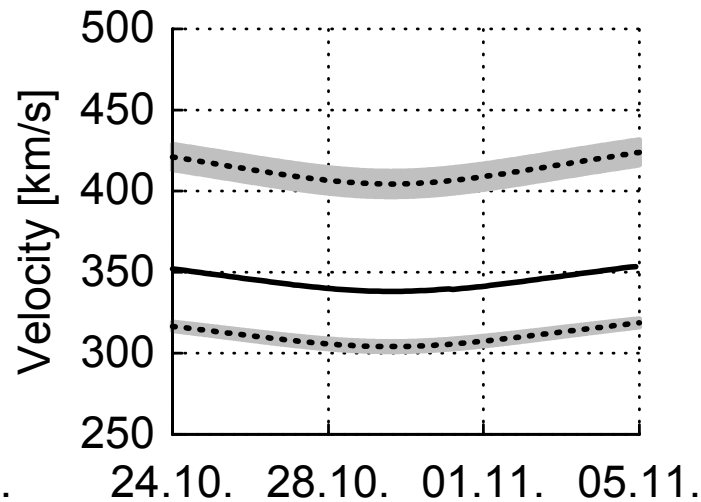
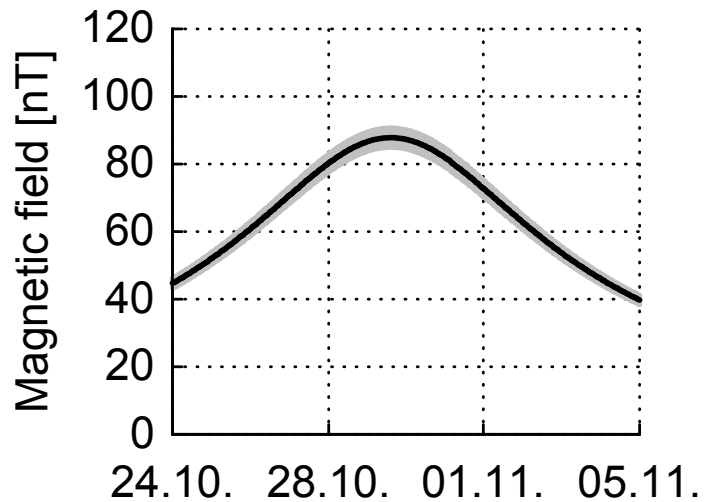
Parker Solar Probe Plus
A NASA Mission to Touch the Sun



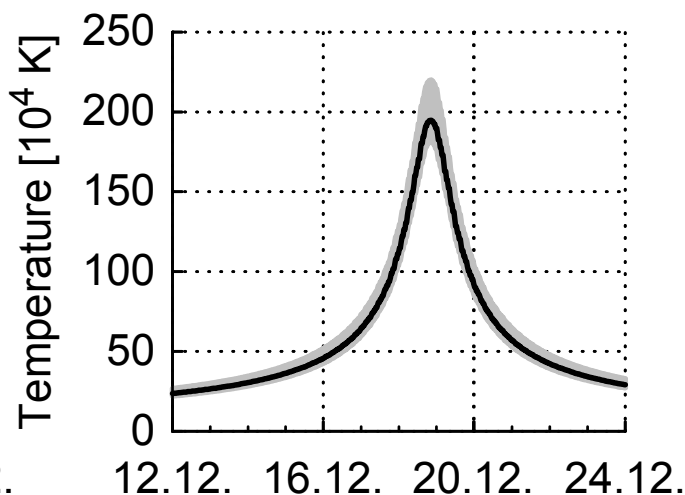
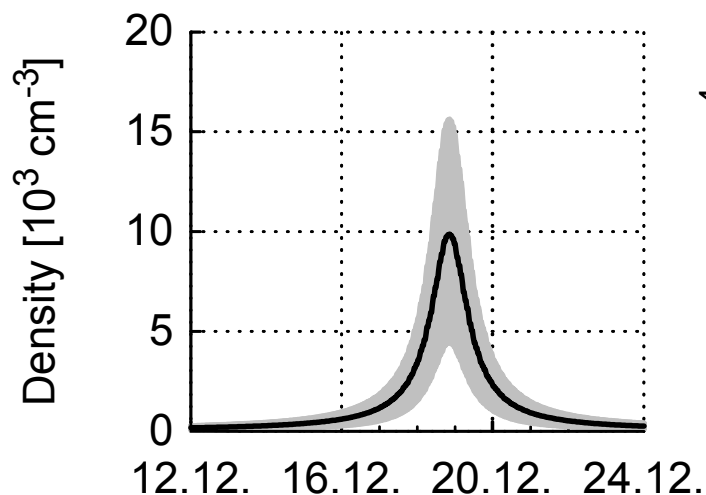
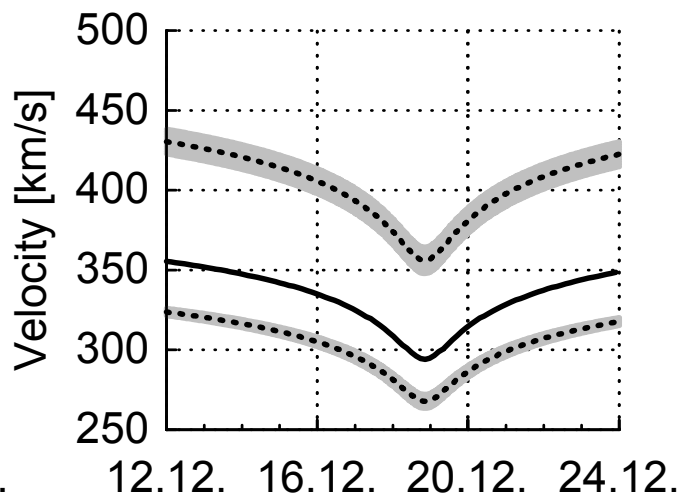
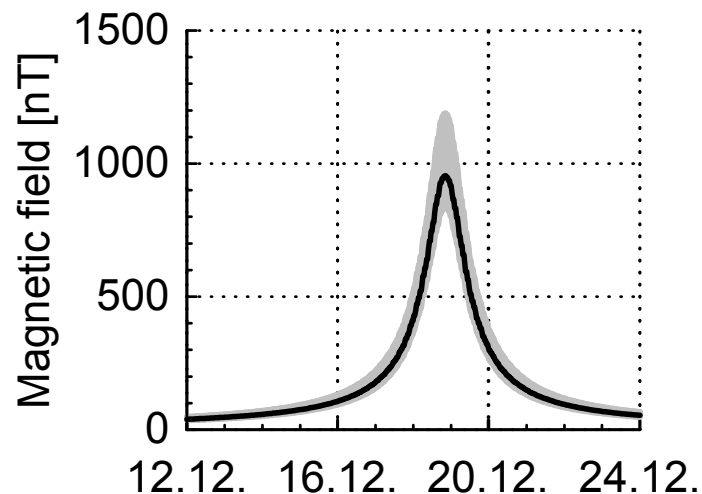
Vorhersagen für die PSP Orbits



Vorhersagen für das erste PSP Perihel im November 2018 @ 0.16 au (34 R_S)



Vorhersagen für das PSP Perihel im Dezember 2024 @ 0.0459 au (9.86 R_S)





IT'S BECAUSE HOT AIR RISES. THE SUN'S HOT IN THE MIDDLE OF THE DAY, SO IT RISES HIGH IN THE SKY.



Calvin: Why does the sun set?

Dad: It's because hot air rises. The sun's hot in the middle of the day, so it rises high in the sky. In the evening then, it cools down and sets.

Calvin: Why does it go from east to west?

Dad: Solar wind.

Zusammenfassung und Ausblick

- Die NASA Parker Solar Probe Mission wird im Juli 2018 gestartet und erstmals die Sonnenkorona in einem Abstand von 6 Millionen Kilometern über der Sonnenoberfläche direkt durchfliegen
- Die Temperaturen betragen bis zu 1.400 K, die Geschwindigkeit der Sonde wird bis zu 700.000 km/h (200 km/s) betragen
- Die Instrumente werden hinter dem Hitzeschild auf Raumtemperatur gehalten
- Die Instrumente werden die Ursprungsregionen und Beschleunigungsprozesse des Sonnenwindes und die Mechanismen der Heizung der Korona klären helfen
- Die deutsche Beteiligung an der PSP Mission - CGAUSS – optimiert den Missionsbetrieb der WISPR-Kamera und deren wissenschaftliche Datenanalyse
- Wir sind selbst sehr gespannt auf die neuen Messungen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !