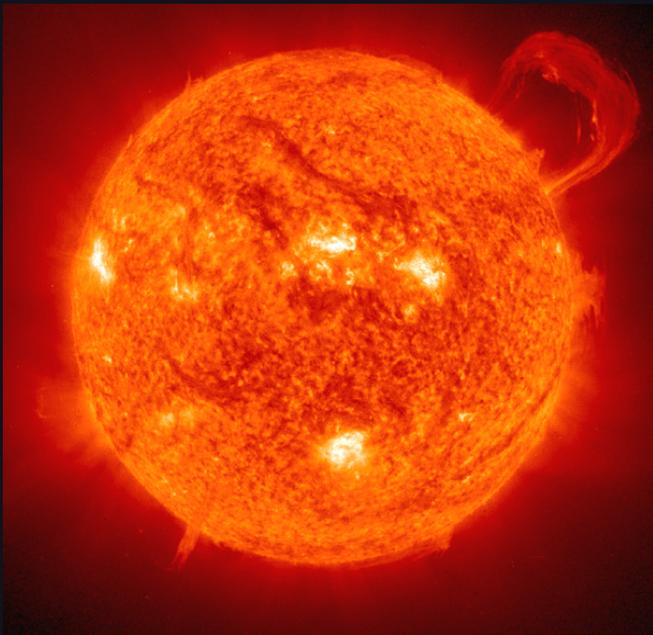


Sonnenaktivität und Klimawandel



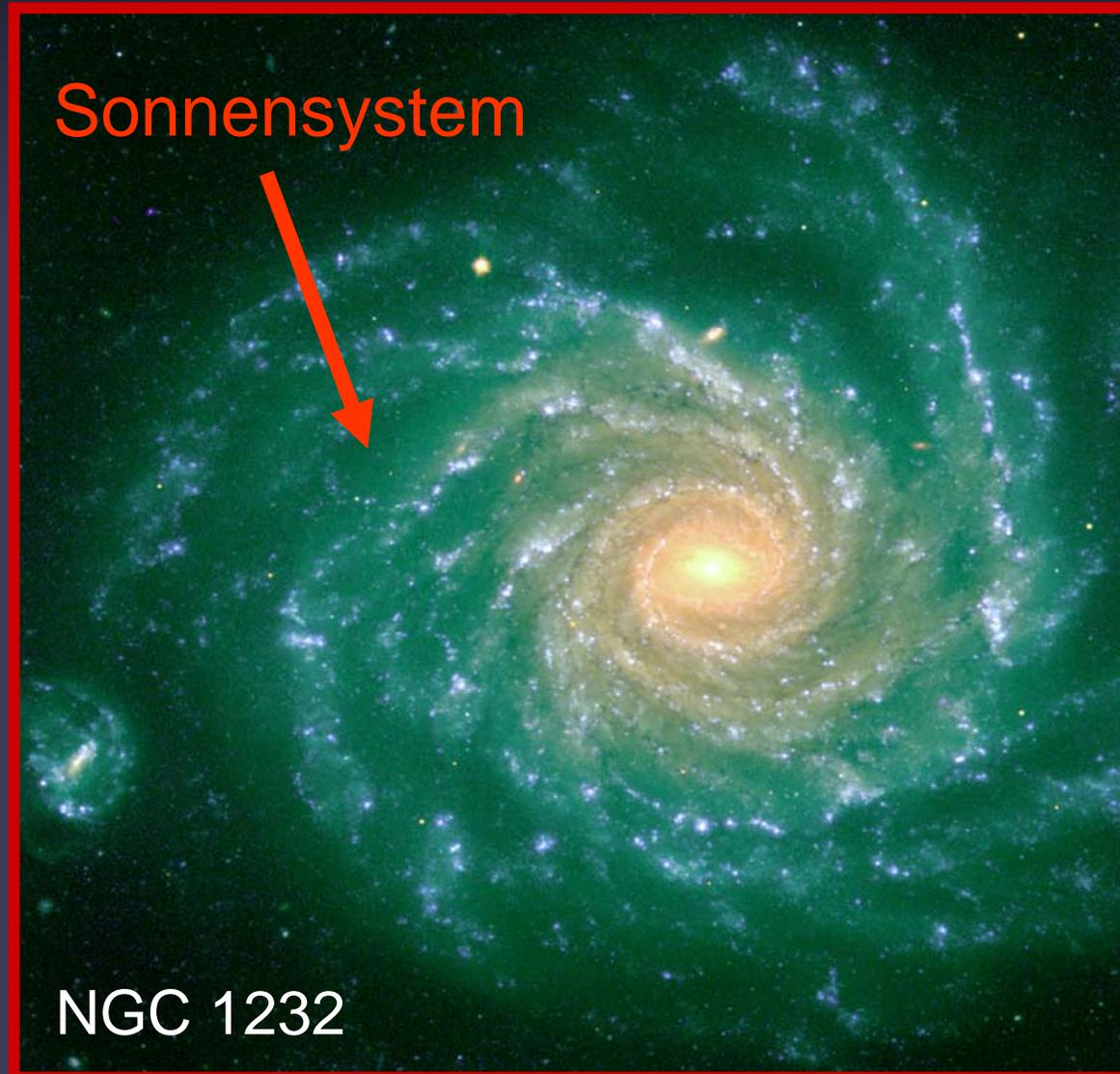
Sami K. Solanki

Max-Planck-Institut für
Sonnensystemforschung

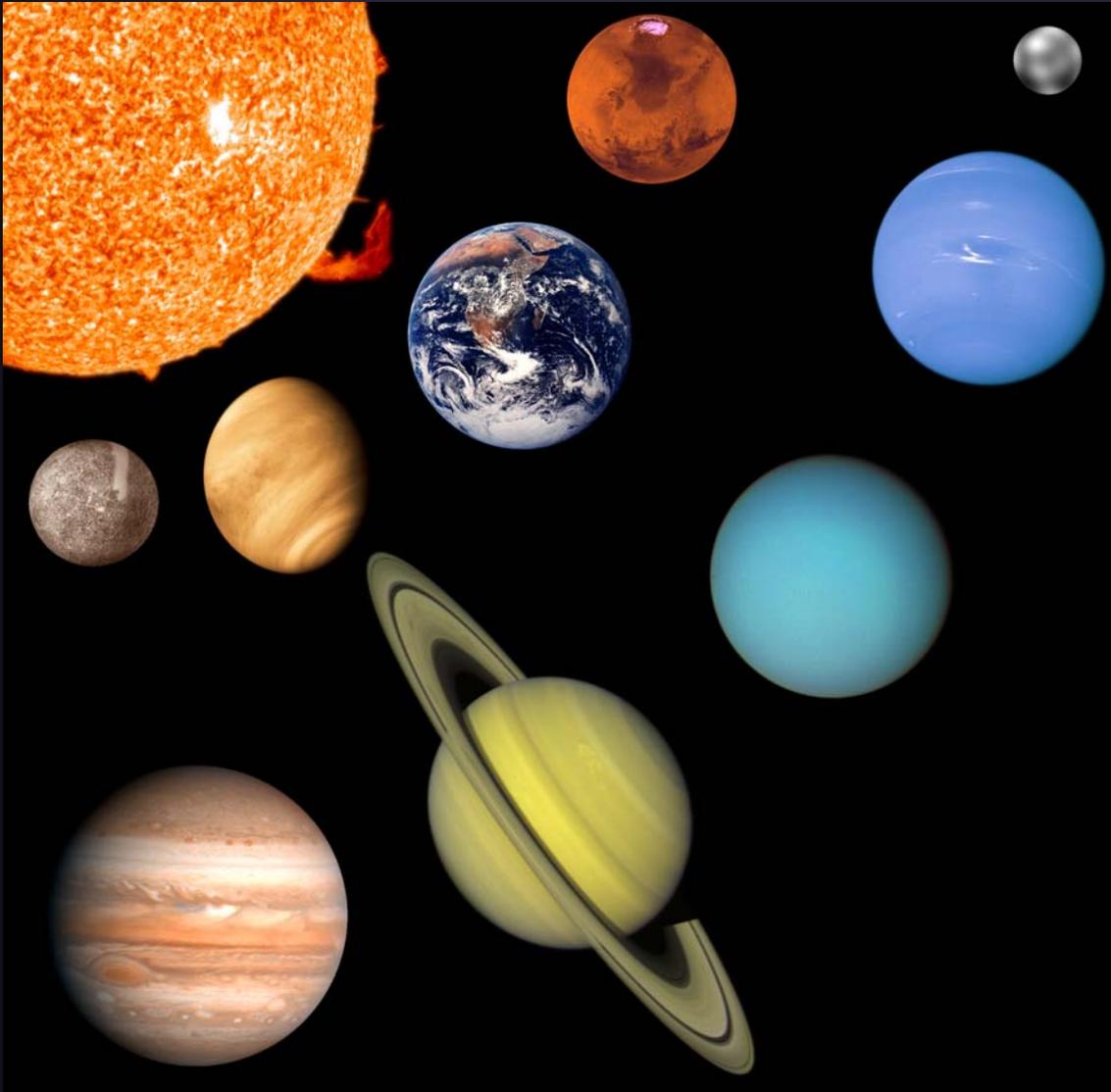


Die Sonne, ein normaler Stern

- Unsere Sonne ist nur ein Stern von 100 Milliarden in unserer Galaxie, der Milchstrasse
- Die Sonne ist ein ziemlich normaler Stern ohne besondere Eigenschaften



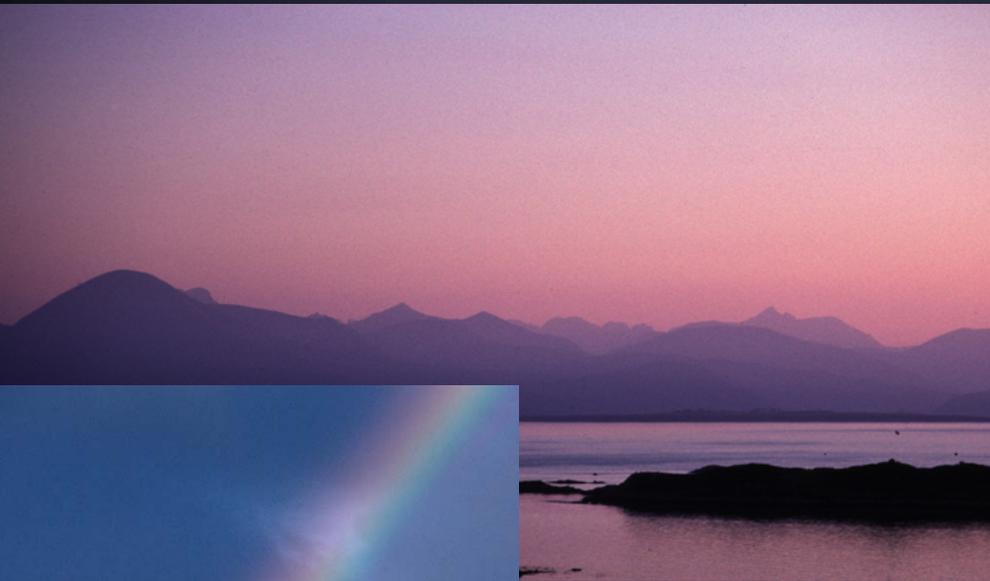
Unser Stern und seine Familie



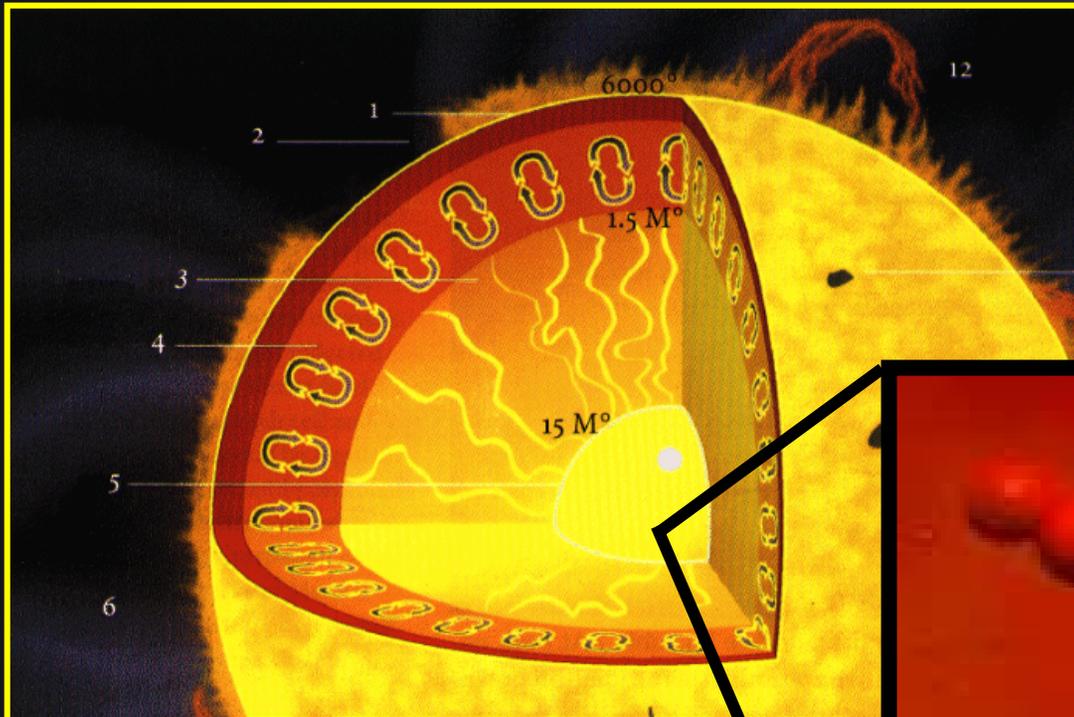
Jupiter: unbewohnt
Merkur: unbewohnt
Saturn: unbewohnt
Uranus: unbewohnt
Neptun: unbewohnt
Venus: unbewohnt
Pluto: unbewohnt
Mars: unbewohnt
Erde: ungewohnt

Ernst Jandl

Ohne Sonnenlicht kein Leben



Ein leuchtender Stern im besten Lebensalter



In jeder Sekunde verwandelt die Sonne eine milliarde Tonnen Wasserstoff in Helium

Eine million Jahre nachdem es entsteht entweicht das Licht von der Sonne, u.A. auch in Richtung Erde



Die Sonnen- scheibe

Weisslicht
Aufnahmen
von MDI auf
Raumsonde
SOHO



2003/10/07 14:24

Die Sonnen- scheibe

Weisslicht
Aufnahmen
von MDI auf
Raumsonde
SOHO



**Nie mit dem ungeschützten
Auge direkt in die Sonne
schauen, mit dem Teleskop
(ohne Spezialausrüstung)
erst recht nicht**

2003/10/07 14:24

Ein Sonnenfleck

Umbra

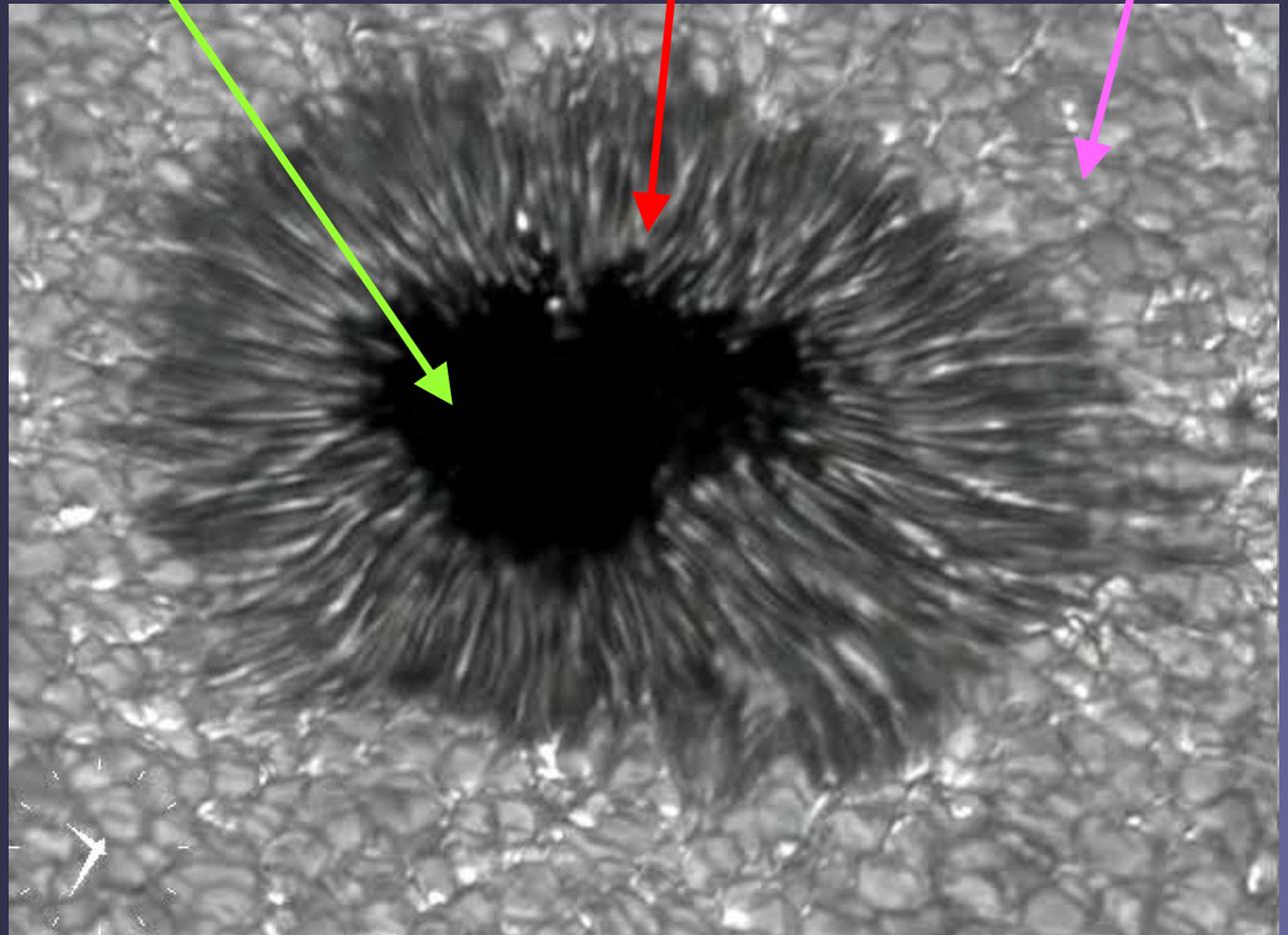
Penumbra

Granulen

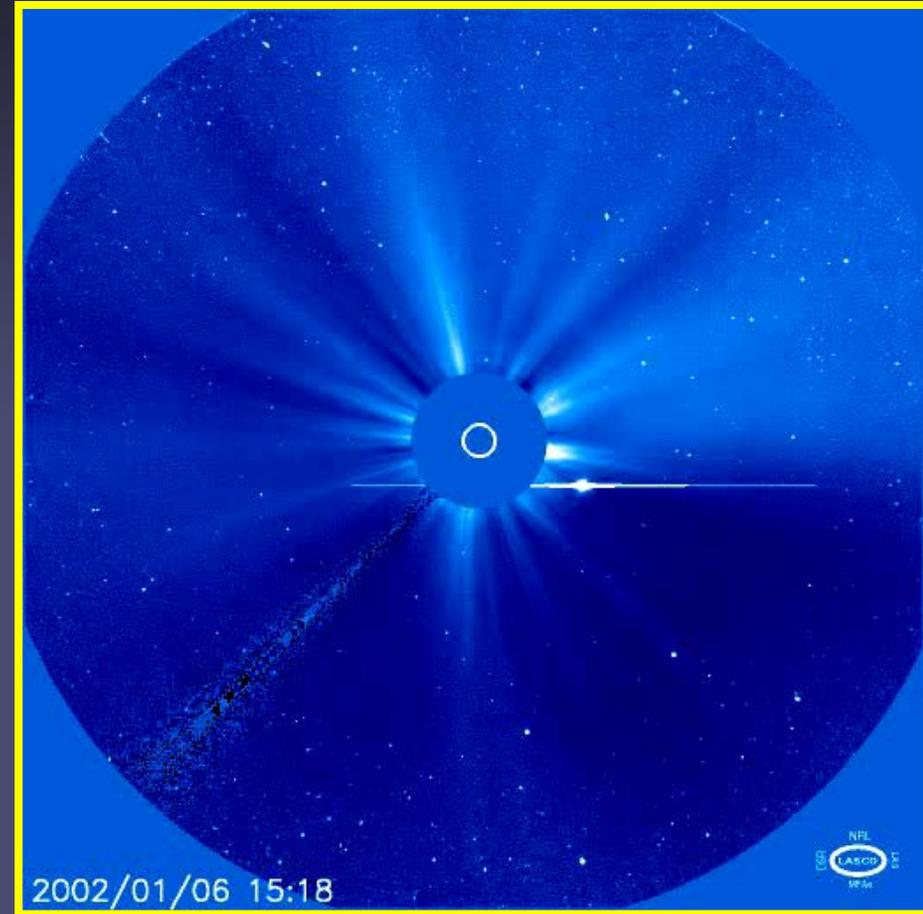
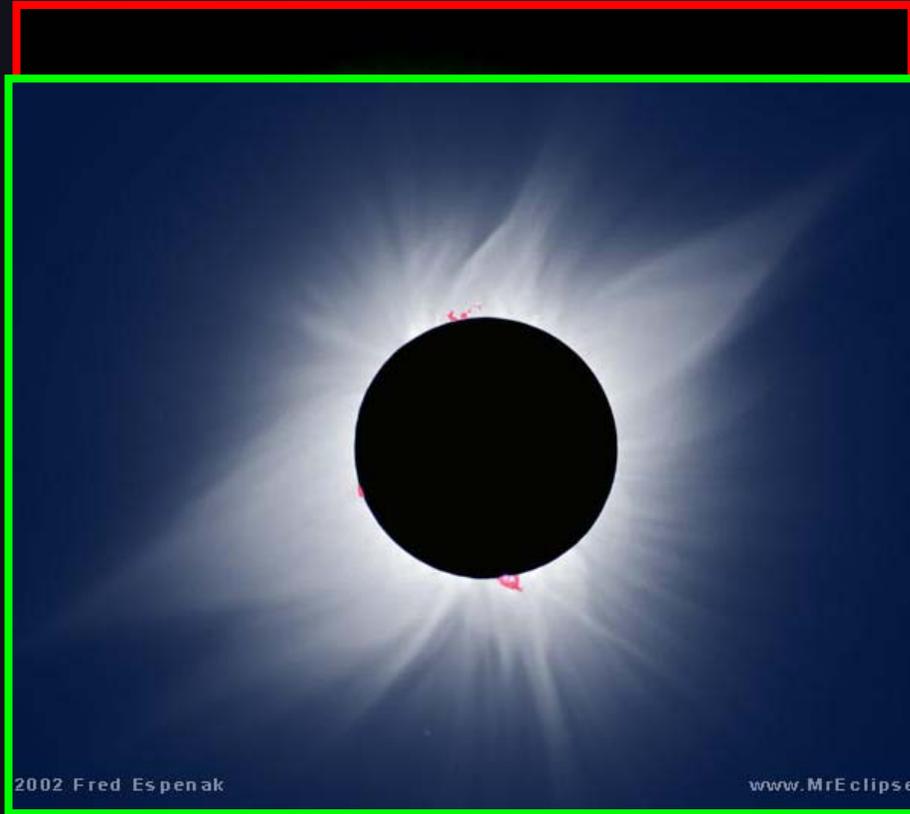
Umbra:
Temp = 4000°

Penumbra:
Temp = 5200°

Granulen:
Temp = 5500°



Die heisse und dynamische Korona



Korona bei Sonnenfinsternis

EUV Korona: Plasma bei
>1 Mio °C (EIT 195 Å)

Künstliche Finsternis
(LASCO C3 / SOHO, MPS)

Eine Eruption beim Sonnenrand

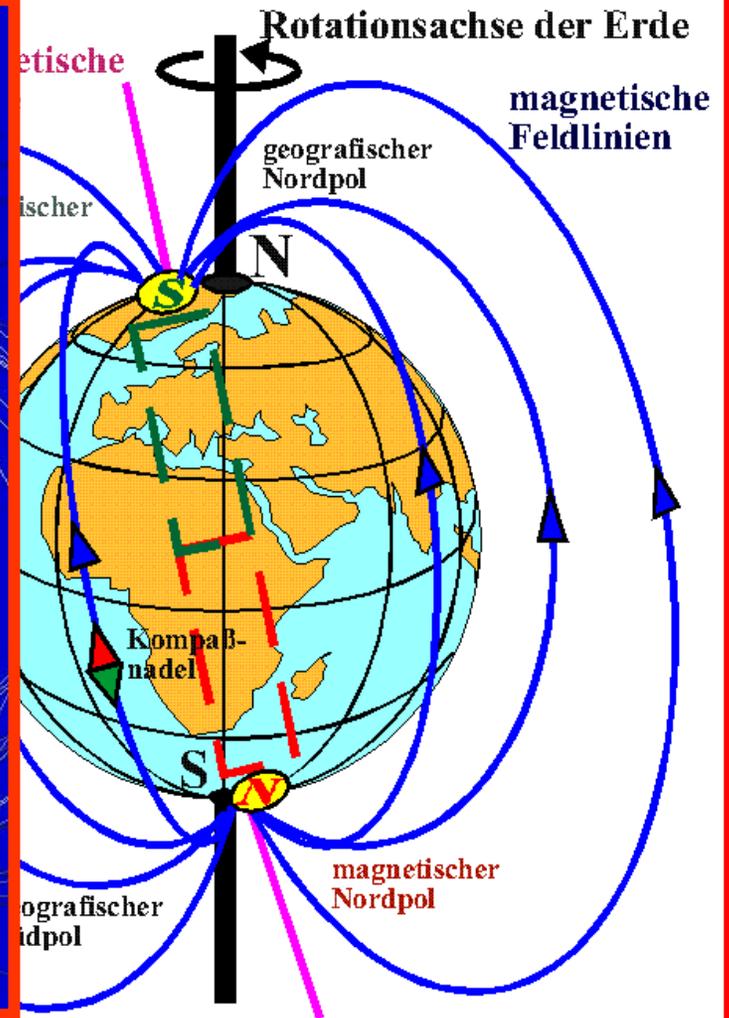
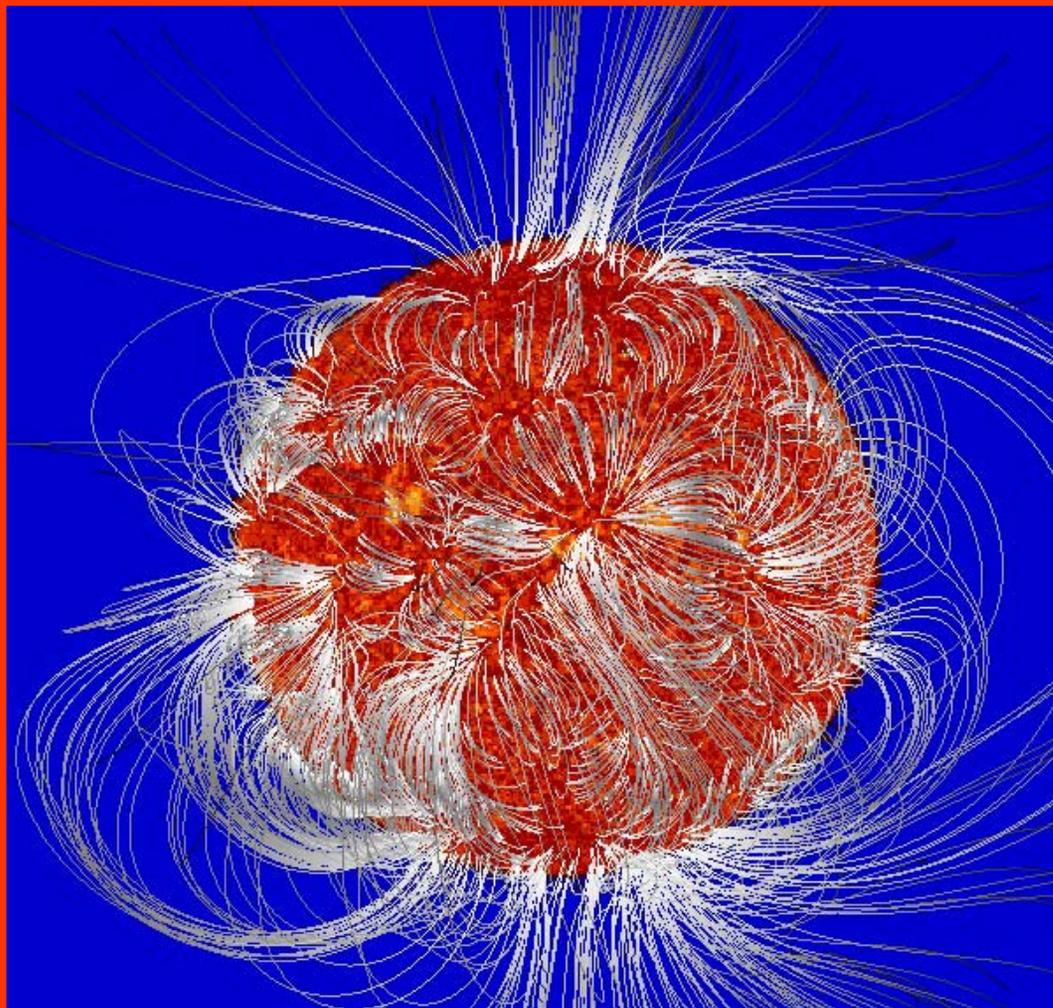
Gas bei
1 Million
grad
(Korona)

Zeitraffer
über ca. 4
Stunden



2002-Apr-21
00:43:09

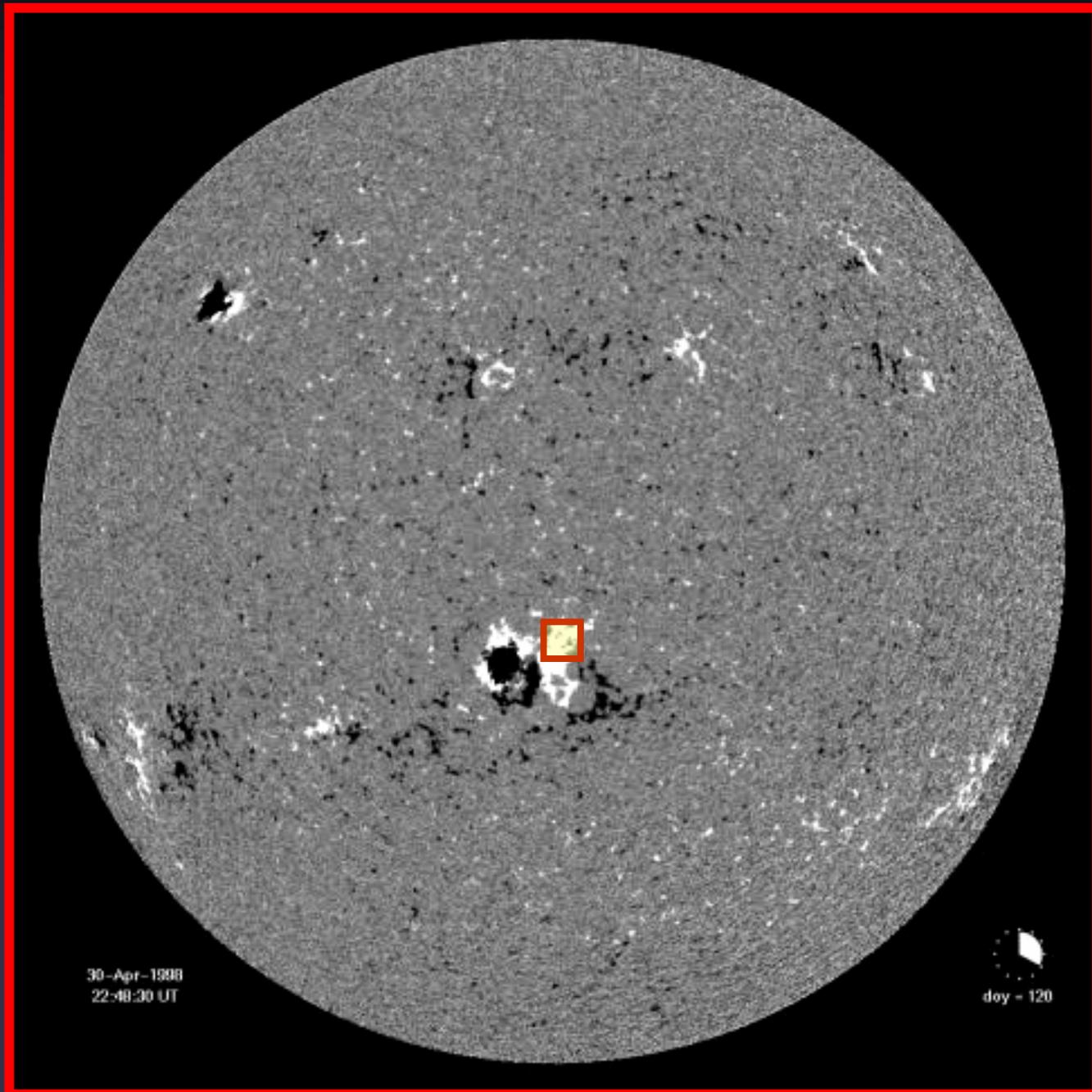
Die Dynamik und Aktivität der Sonne wird durch ihr Magnetfeld bestimmt



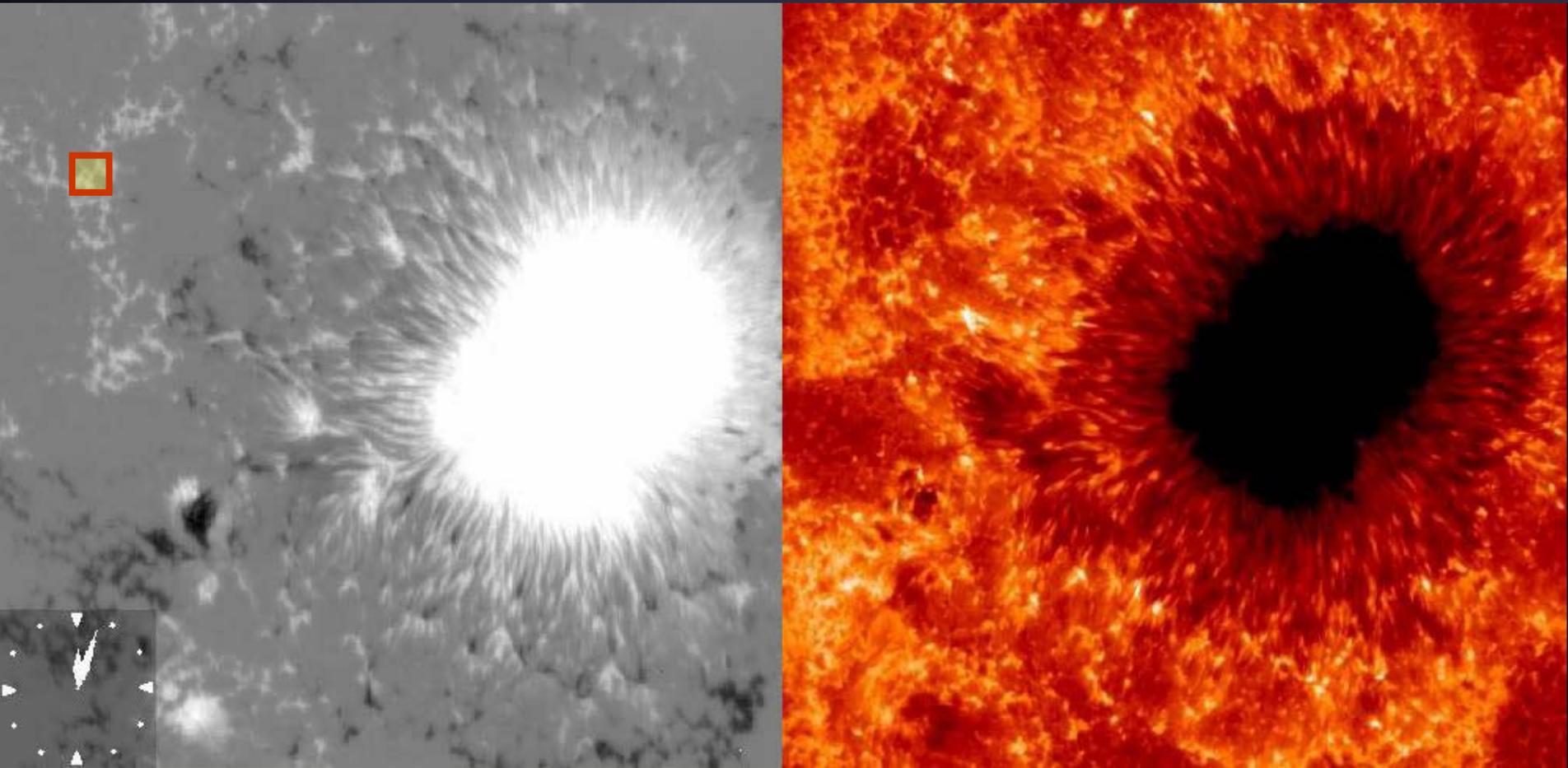
Das Magnet- feld der Sonne

Sequenz von
Magne-
to-
grammen
über eine
Sonnenrotation

MDI/SOHO
Mai 1998



Höhere Auflösung zeigt viel mehr Details



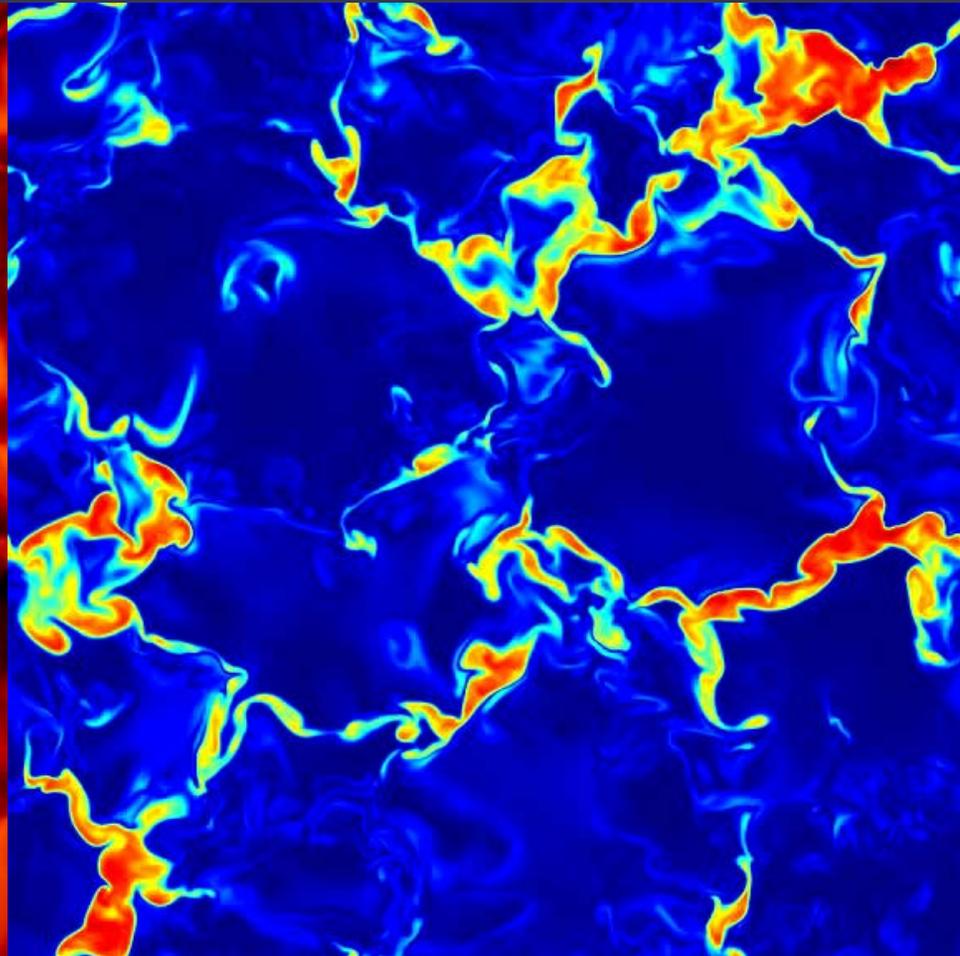
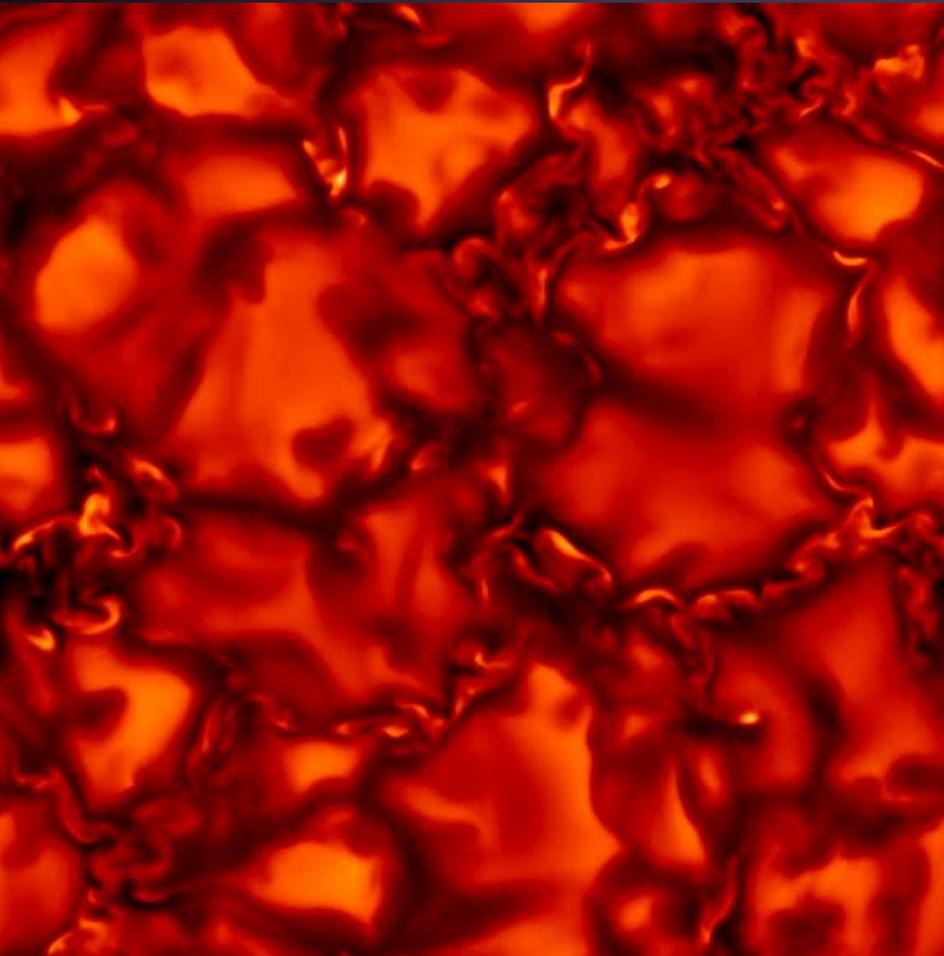
Sonnenfleck-Magnetogramm & Ca II K von Hinode

Der unsichtbare Tanz des Magnetfeldes

Simulationen (d.h. die Sonne im Grossrechner nachgemacht)

Helligkeit

Magnetfeld



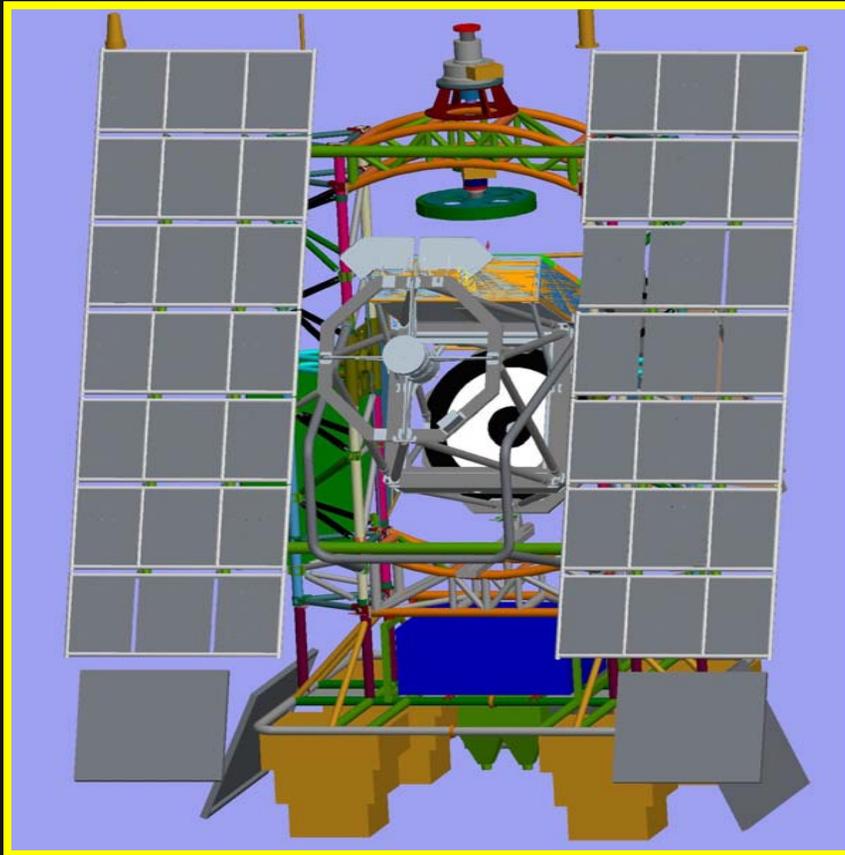


MPS



Sunrise

Eine Mission mit dem Ziel die Struktur und Dynamik des Sonnenmagnetfelds zu studieren.

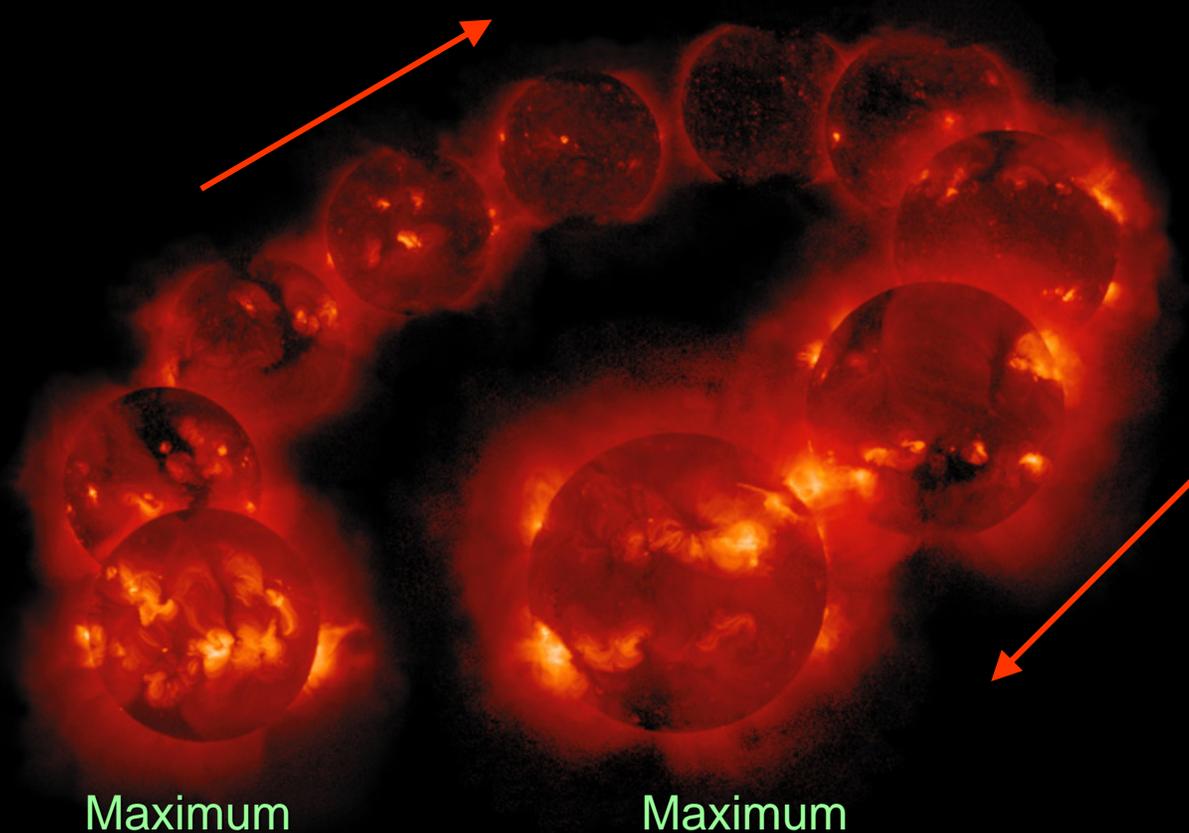


Ballongetragenes Observatorium mit einem 1-Meter Teleskop um Magnetkonvektion mit einer Auflösung von 35 km auf der Sonne zu studieren. Erster Ballonflug für 2009 geplant.

Aktivitätszyklus der Sonne

Röntgenstrahlung

Minimum



Maximum

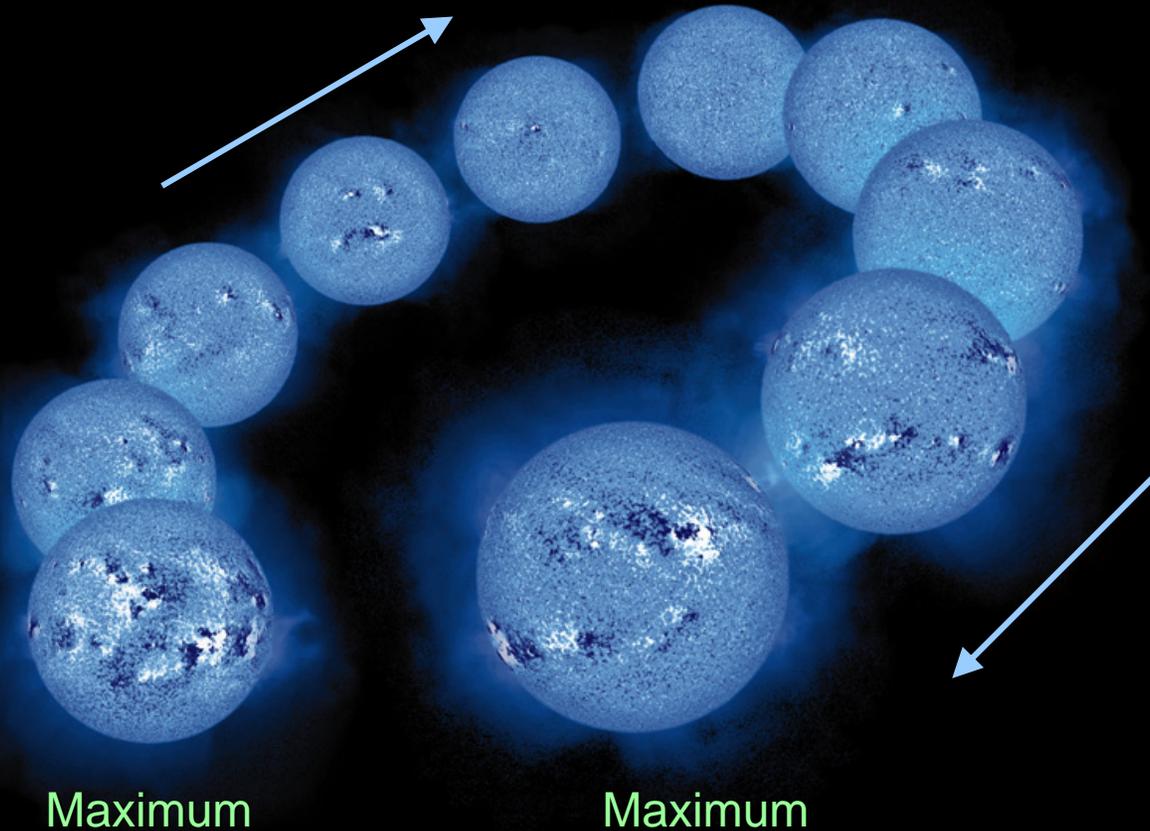
Maximum

Die kurzwellige Strahlung variiert stark über den Sonnenzyklus: um einen Faktor 2 im EUV, um den Faktor 100 im Röntgenbereich.

Aktivitätszyklus der Sonne

Magnetischer Fluss

Minimum



Der magnetische Fluss der Sonne variiert auch über den 11-jährigen Sonnenzyklus.

Gleichzeitig variiert auch die Zahl der Sonnenflecken und anderer Aktivitätsindikatoren

Das Magnetfeld: ein innerer Wert



Das Magnetfeld wird im Sonneninnern durch einen Dynamo erzeugt, der gewisse Ähnlichkeiten mit dem in der Erde hat

Die Sonne als Quelle von Schönheit & Störungen

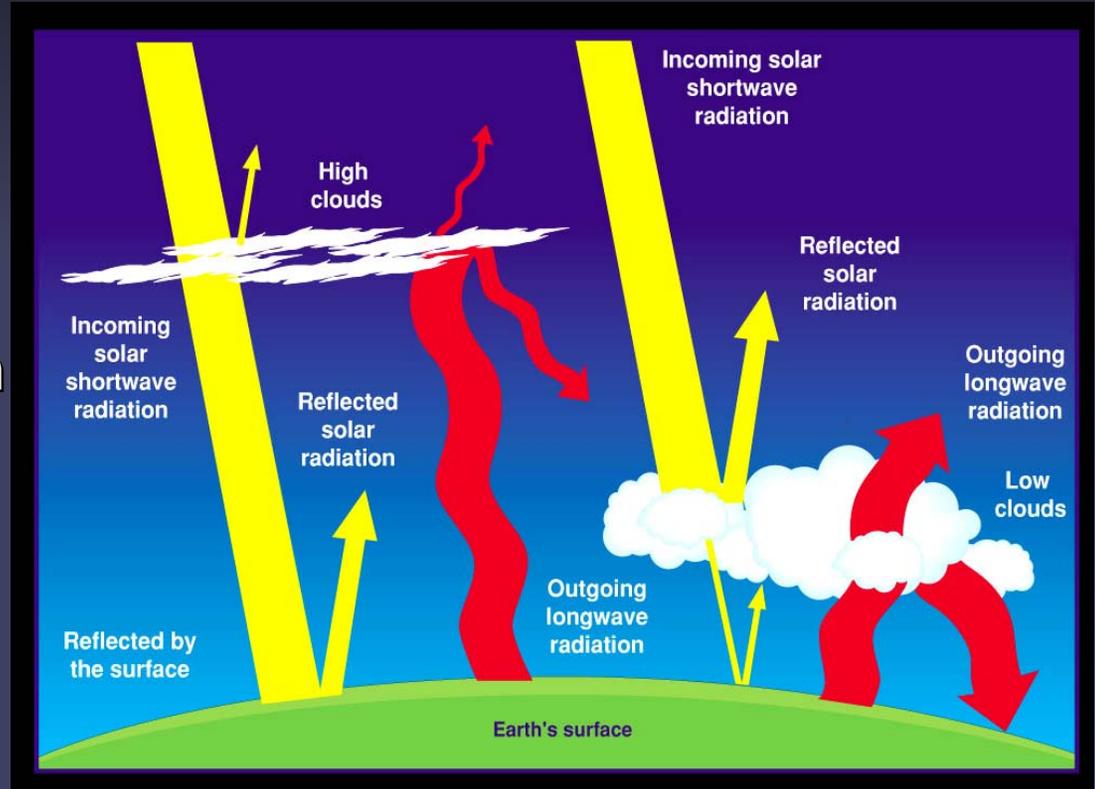


Schadensbilanz der Sonne:
mehrere 100 Millionen Euro pro
Jahr, stark steigend



Die Sonne als Energielieferant, Lebenspender & Klimatreiber

- Die Sonne liefert $1.36 \text{ kW} / \text{m}^2$. Bei uns kommt ca. $1 \text{ kW} / \text{m}^2$ an (ohne Wolken)
- Ohne Sonnenlicht kein Leben (Erde würde sich in ert Wochen auf unter $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ abkühlen)
- Schwankungen der Sonnenhelligkeit: Haben sie Einfluss auf das Erdklima?



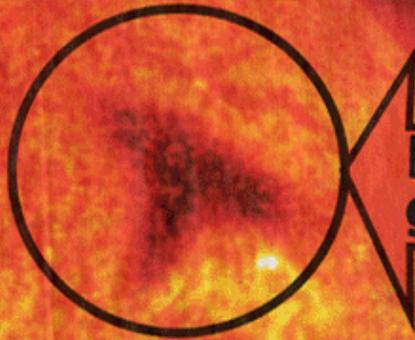
Die Sonne liefert in 20-30 min
den Jahresbedarf an Energie
der gesamten Menschheit

Wird die Sonne unser Lebensspender bleiben?

Wird unsere liebe Sonne jetzt böse?

Dieser gigantische Strahlensturm gefährdet den Schutzschild der Erde

Der größte Sonnenfleck, der je gemessen wurde. Auf der Sonnenoberfläche ist es 6000 Grad heiß. In diesem Explosionskern aber herrschen unvorstellbare zwei Millionen Grad Celsius



Der Riesenknall auf der Sonne! Ein Fleck von der Größe Jupiters ist explodiert – 318mal so groß wie die Erde!

Die Eruption entfesselt eine Plasmawolke, gespickt mit Milliarden elektrischer Teilchen. Jetzt rast der Strahlen-Hagel auf die Erde zu.

Sonnenphysiker Rainer Schwenn (62) vom Max-Planck-Institut in Katlenburg (Niedersachsen): „Gewöhnlich benötigen diese Wolken vier Tage, um die 150 Millionen Kilometer zurückzule-

gen. Heute oder morgen wäre „Einschlag“.“

Der Strahlenhagel gefährdet unsere empfindliche Technik: Satelliten können trudeln, Funknetze ausfallen. Navigations-Systeme (GPS), Handys und TV-Geräte versagen. Physiker Schwenn: „Wer Satelliten-TV hat, muß mit Rauschen und Flimmern rechnen.“

Der Sonnensturm kann das Erdmagnetfeld schwächen – unser wichtigster Schutzschild. Passagiere auf den

Nord-Routen sind erhöhter Strahlung ausgesetzt. Flüge werden umgeleitet.

Wird unsere liebe Sonne plötzlich böse? Forscher räseln. Die Mega-Explosion ist völlig ungewöhnlich. Eigentlich ist die Sonne nur alle 11 Jahre aktiv. Jetzt hat sich die „heiße“ Phase aber schon um 5 Jahre verlängert.

Heißt das die Erde auf? Ja. Eine aktive Sonne strahlt härter – es wird wärmer. Auch verhindern diese

Sonnenwinde den Aufprall der normalen kosmischen Strahlung auf die Erde. Resultat: Weniger Wassertröpfchen bilden sich in der Atmosphäre – es regnet nicht.

Sonnenexplosionen können sogar die Weltwirtschaft gefährden. Schon vor 150 Jahren hat der englische Ökonom Stanley Jevons bewiesen: Verlängert sich die Eruptionsphase, drohen Dürren, Missernten und weniger Wohlstand.

© ESA



Mit verschiedenen Filtern gestern von der NASA aufgenommen. Der gigantische Sonnenfleck ist dunkel – Strahlung und Plasmawolken sind schon ins All unterwegs. Am Sonnenrand brodelt noch aktive Eruptionen

Chef feuert Angestellten per Los

Dubai – Im Golf-Emirat Dubai hat ein Manager einen Angestellten per Los gefeuert. Der Chef einer Lebensmittelfirma rief zehn seiner Mitarbeiter in sein Büro, weil sie nicht genug verkauft hatten. Der

Manager schrieb die Namen auf zehn Zettel, ließ dann einen Angestellten einen einzelnen Zettel ziehen. Der Mitarbeiter, dessen Name auf dem Papier stand, wurde fristlos gefeuert.

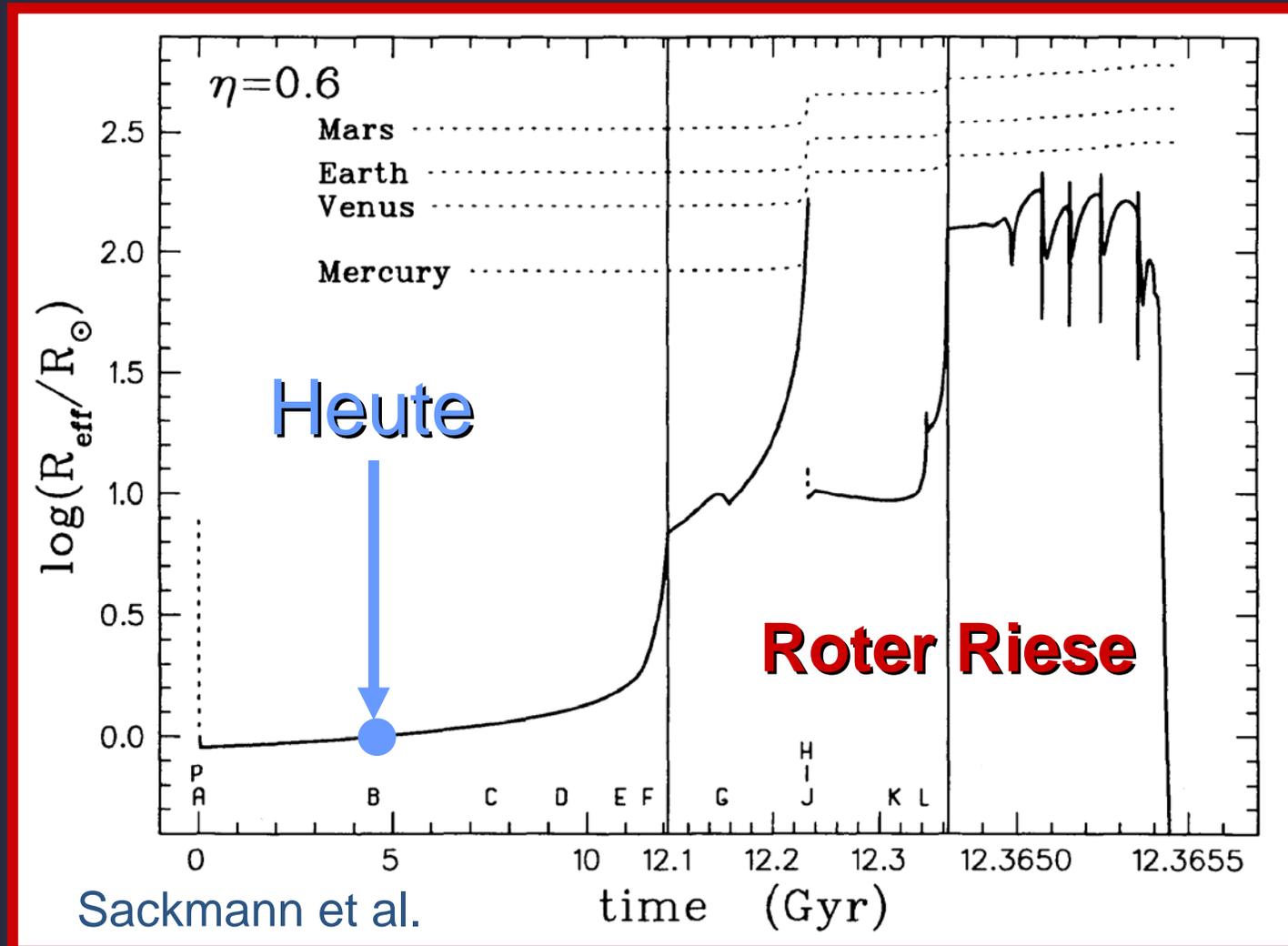
Mafia tötet sechs Knast-Aufseher

Mexico-City – Die Drogenmafia schlug blutig zurück: In der mexikanischen Grenzstadt Matamoros wurden in einem Geländewagen sechs ermordete Aufseher eines Hochsicherheits-

gefängnisses gefunden. Erst in der letzten Woche hatte die mexikanische Bundespolizei die Kontrollen in dem Gefängnis verschärft: Jahrelang hatten Insassen dort Aufseher geschmiert.

Wird die Sonne ihre Planeten einmal schlucken?

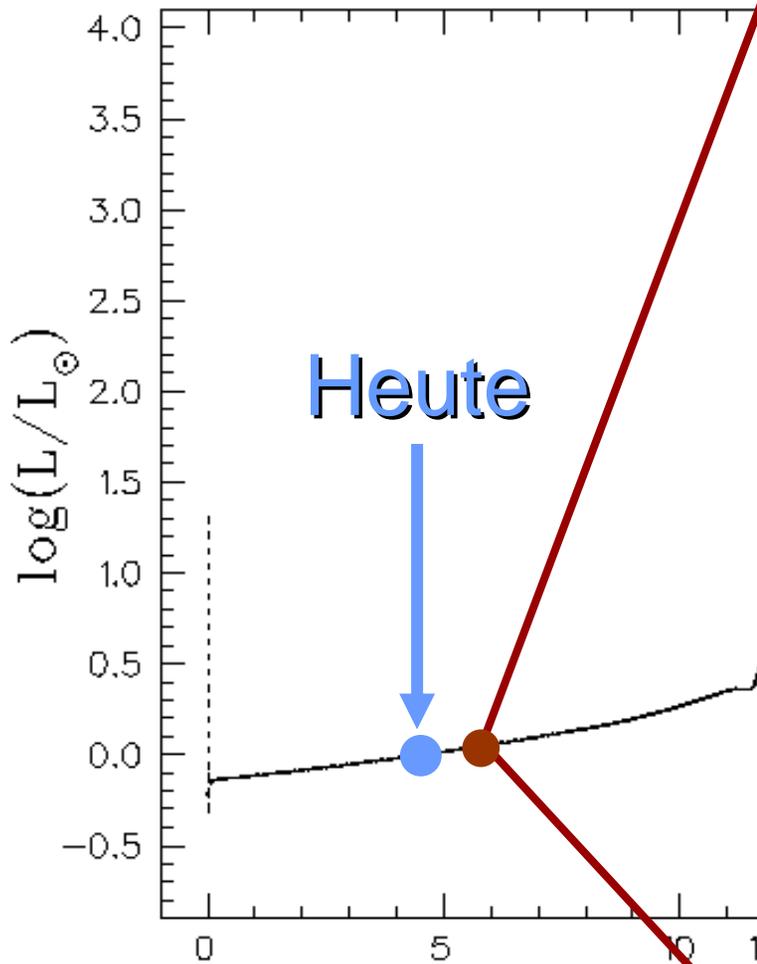
Die Sonne wird mit der Zeit heller & grösser, und fängt an ihre Kinder zu schlucken. Sie erreicht schliesslich die heutige Erdbahn



Kommt die Erde tatsächlich davon?

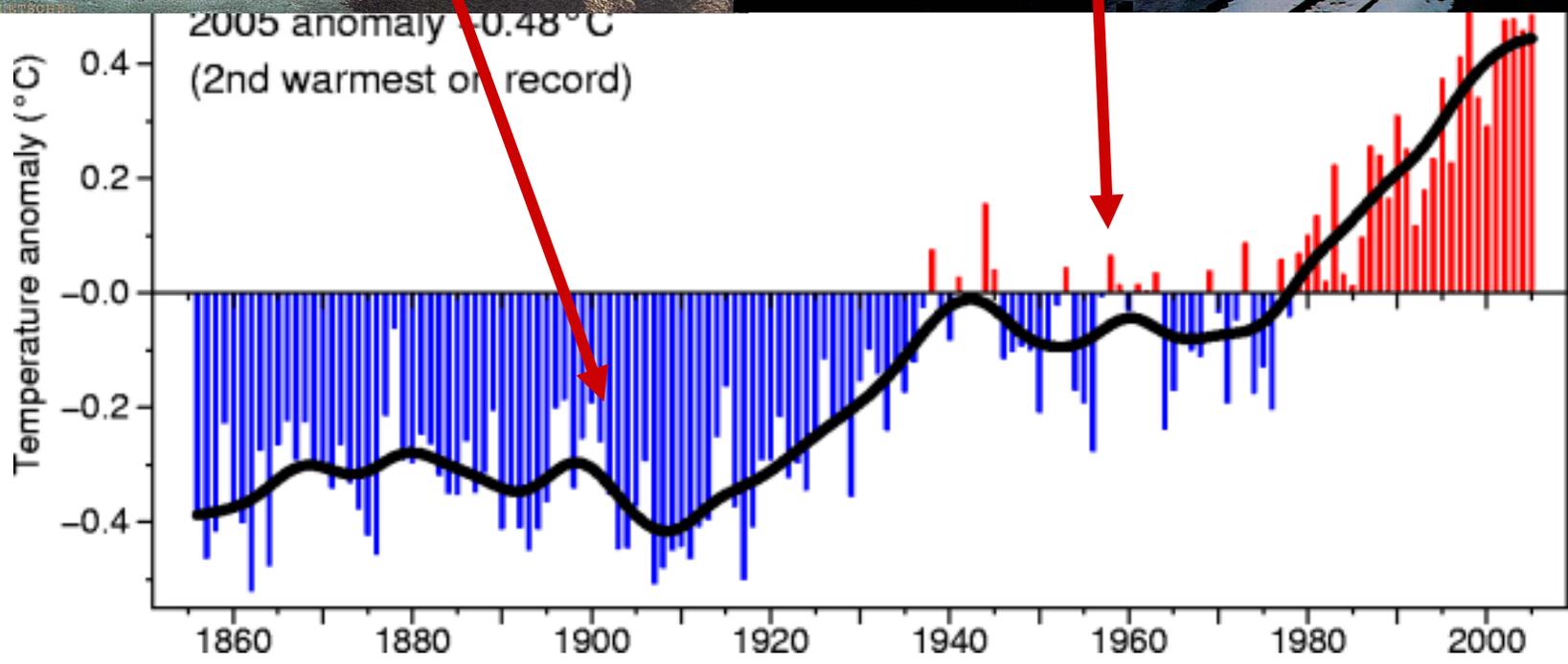


...und was macht die Leuchtkraft?



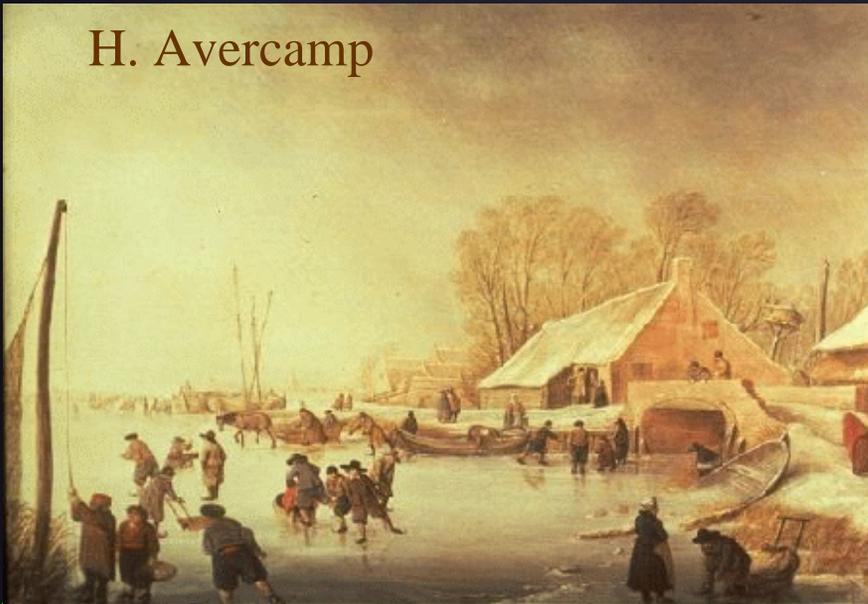
Sackmann et al.



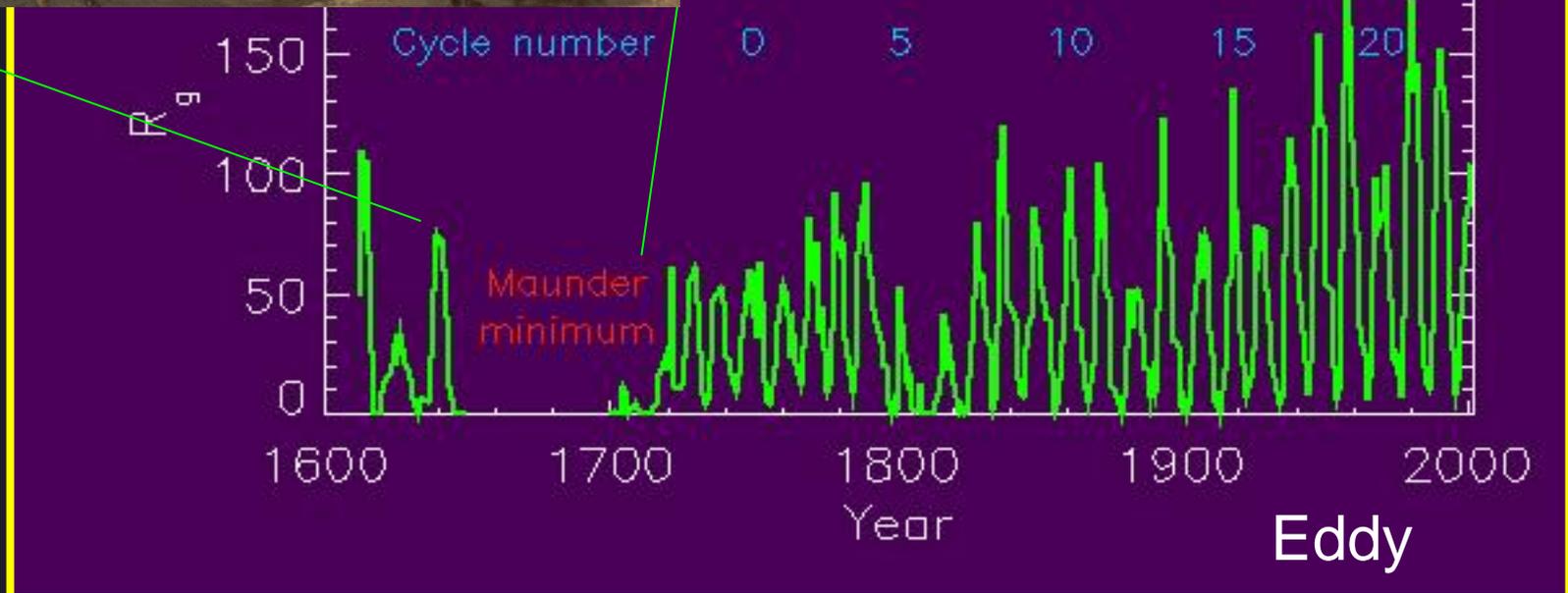


Maunder Minimum & kleine Eiszeit

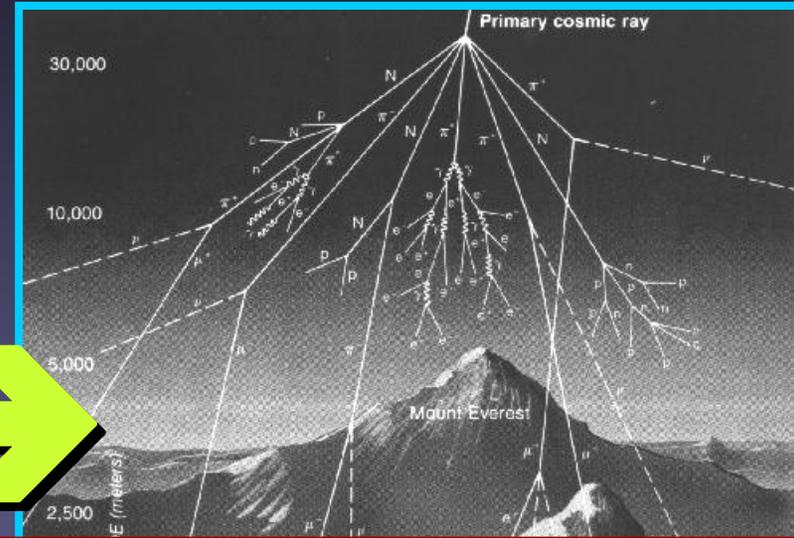
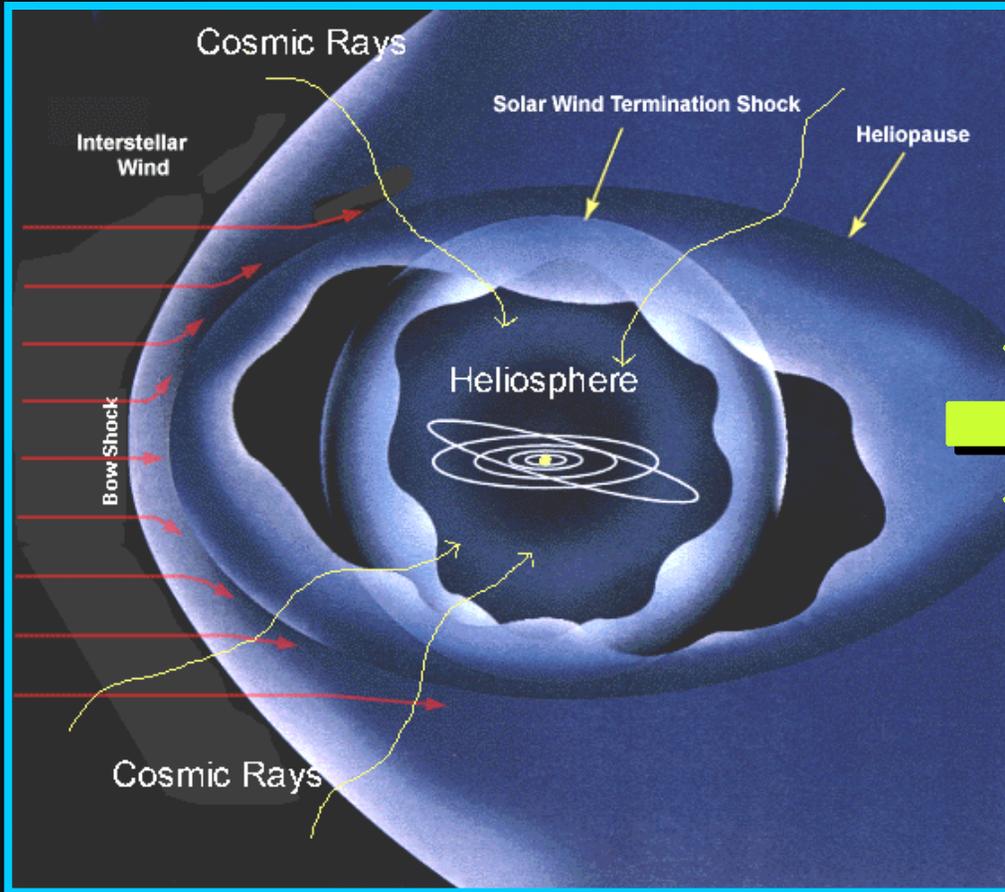
H. Avercamp



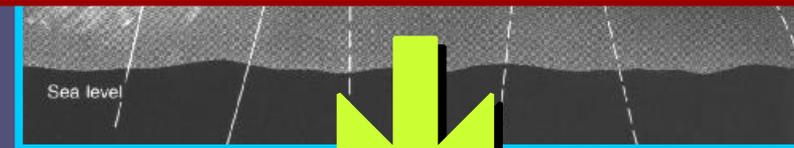
Das Maunder Minimum fällt mit Teil der kleinen Eiszeit zusammen: Besteht ein Zusammenhang?



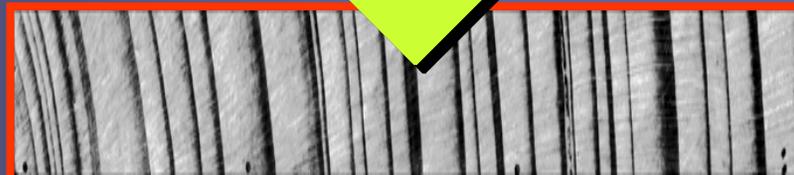
Kosmische Strahlung, Sonne und Baumringe



Produktion kosmogener Isotope, wie ^{14}C

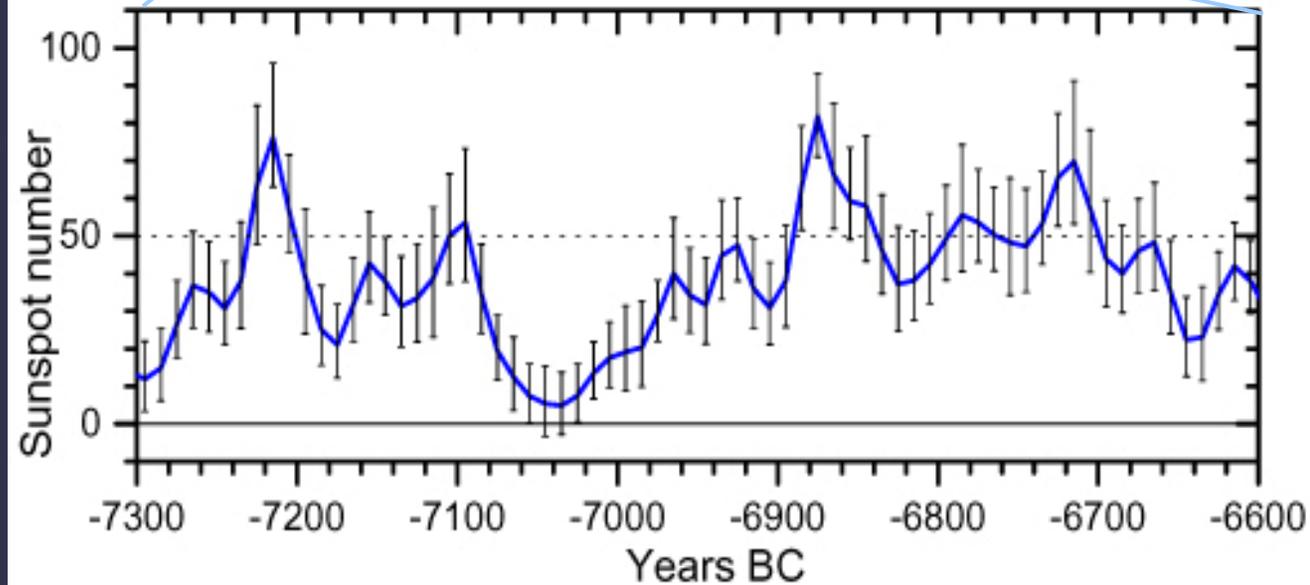
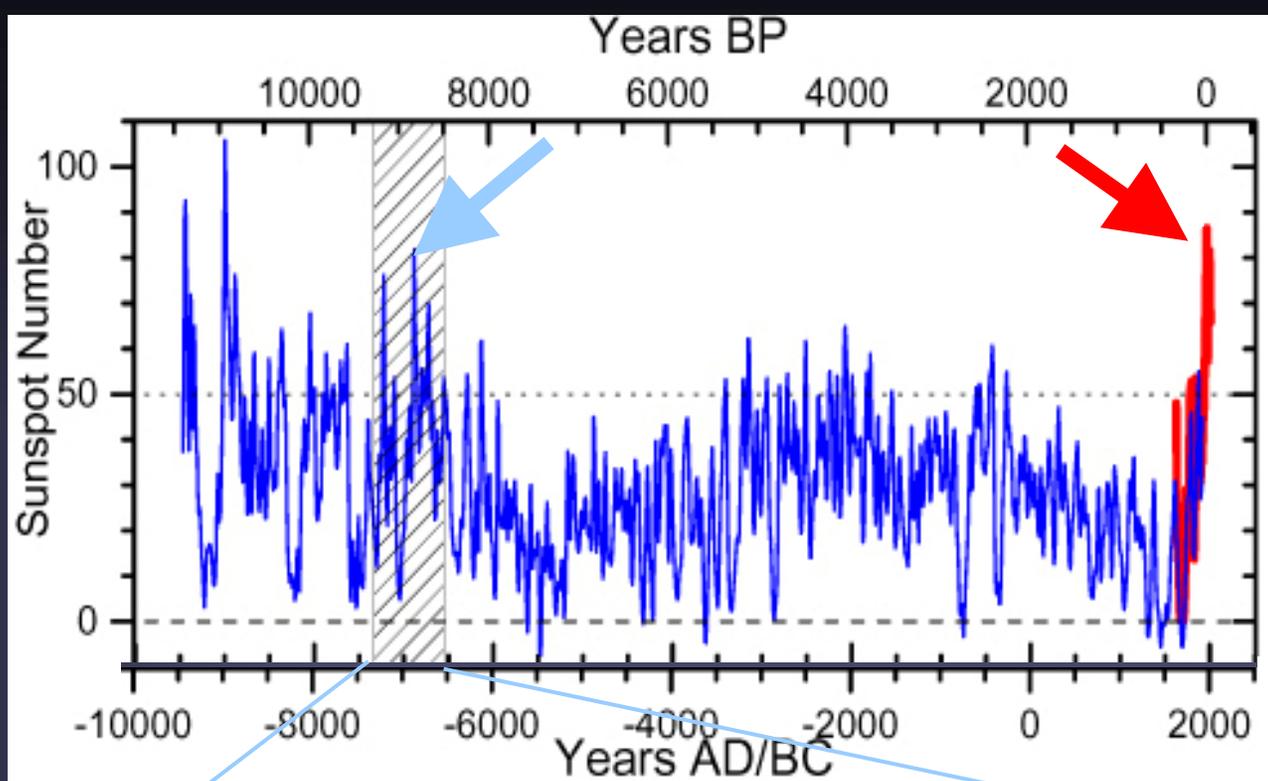


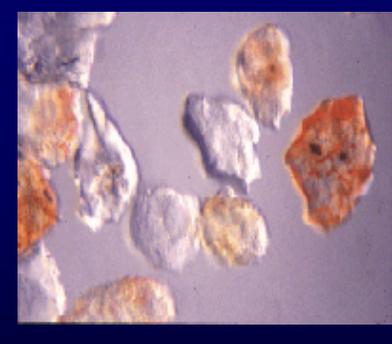
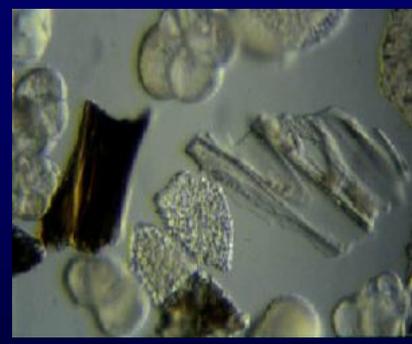
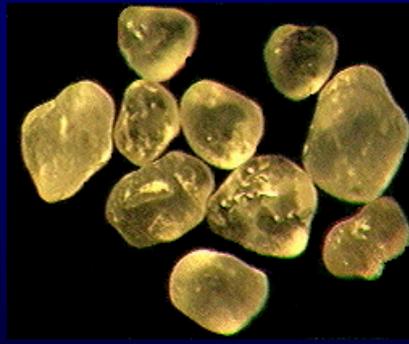
Fluss der kosmischen Strahlung wird von Sonnenaktivität verändert



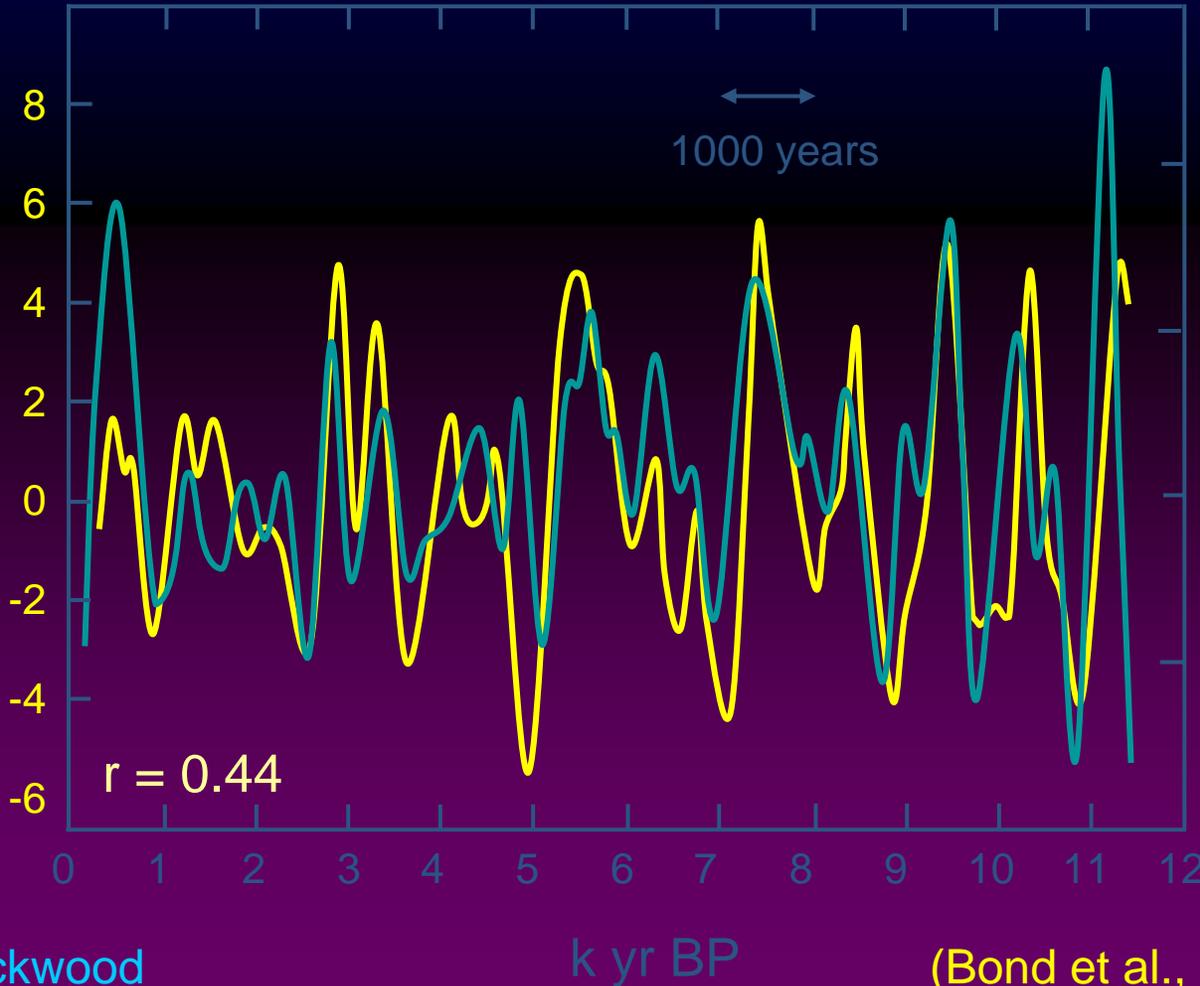
Wie hat sich die Sonne seit der Eiszeit verhalten?

Zahl der Sonnenflecken über 11400 J rekonstruiert aus ^{14}C in Baumringen
→ Sonne ist **heute** sehr aktiv im Vergleich zu den letzten 11000 J.





Ice-rafted debris abundance (%)



^{14}C production rate (atoms $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)

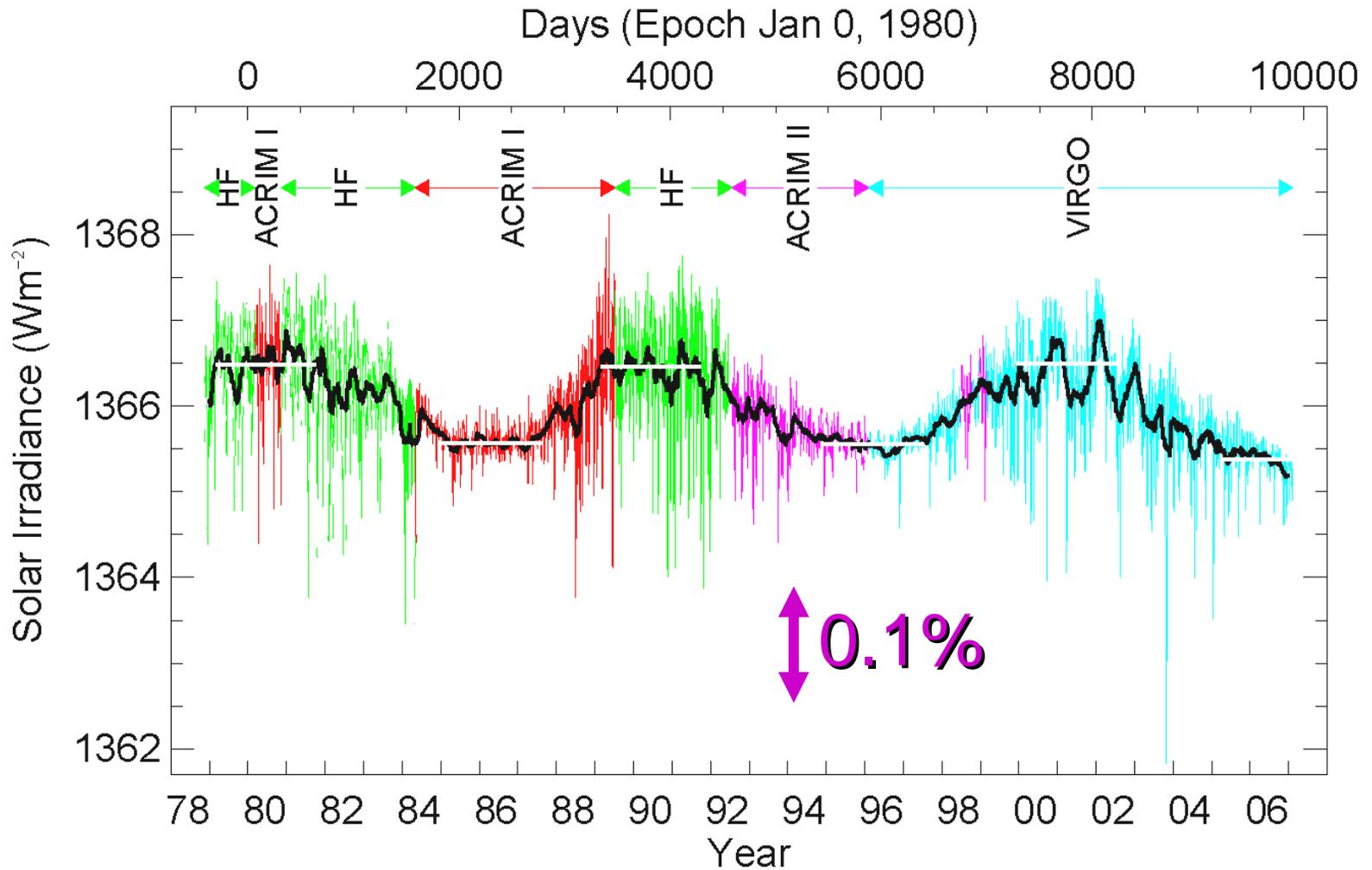


Figur: M. Lockwood

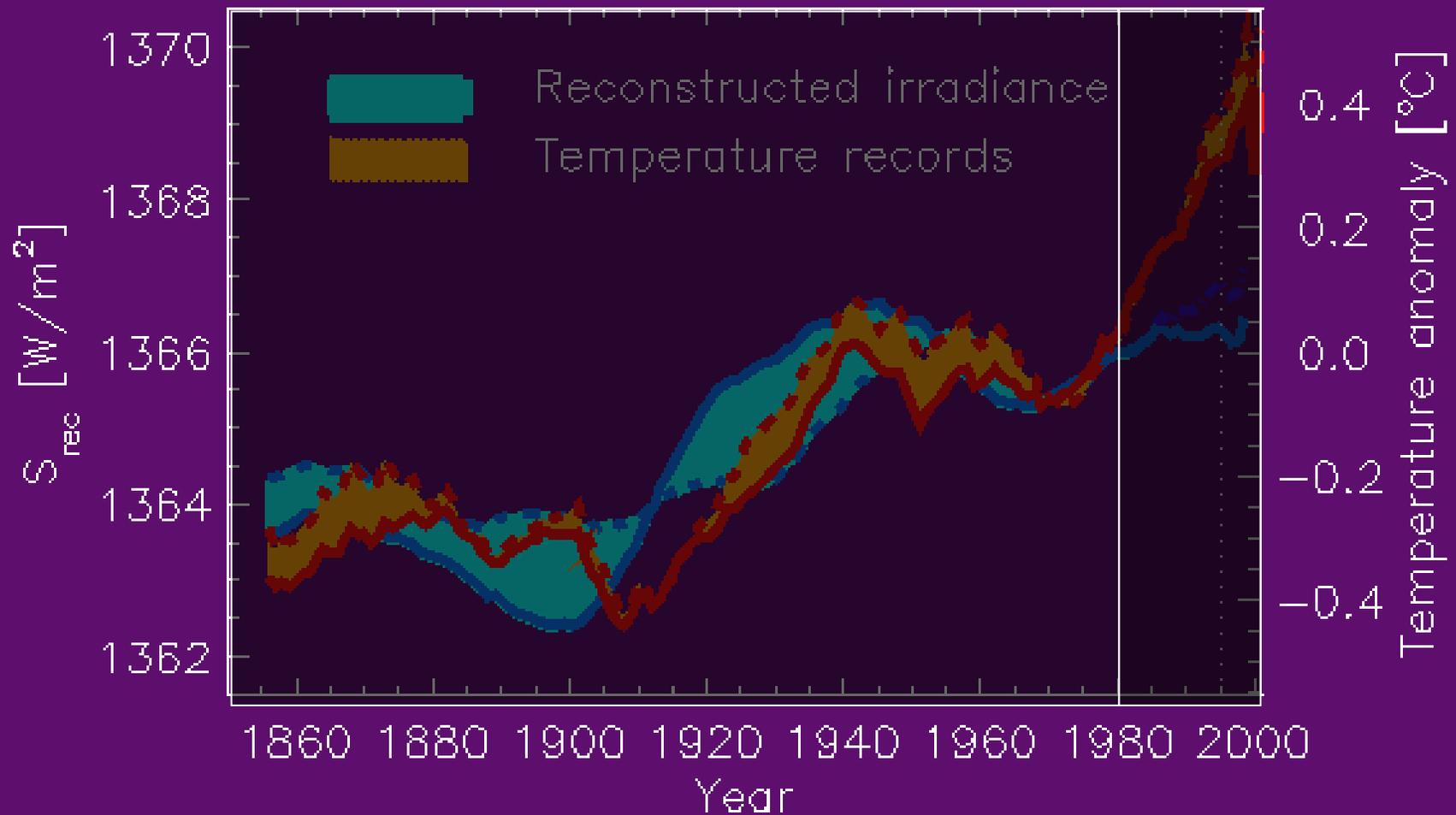
k yr BP

(Bond et al., Science, 2001)

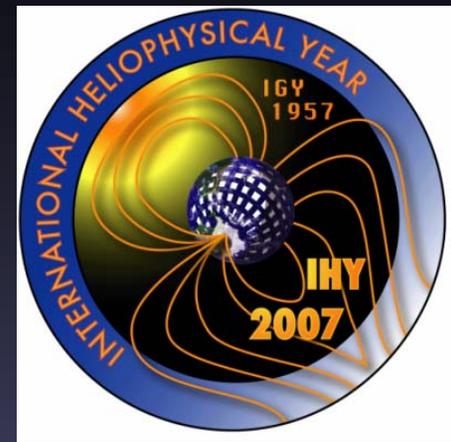
Gemessene Sonnenhelligkeit



Solare Helligkeit und Klima



Das internationale heliophysikalische Jahr



- Einige der Aktivitäten zum internationalen heliophysikalischen Jahr finden Sie auf den folgenden Webseiten:
- Weltweit: <http://ihy2007.org/>
- In Europa: <http://www.lesia.obspm.fr/IHY/>
- In Deutschland: <http://www.ieap.uni-kiel.de/et/ag-heber/ihy2007/>