Solares Umfeld

Philip von Doetinchem

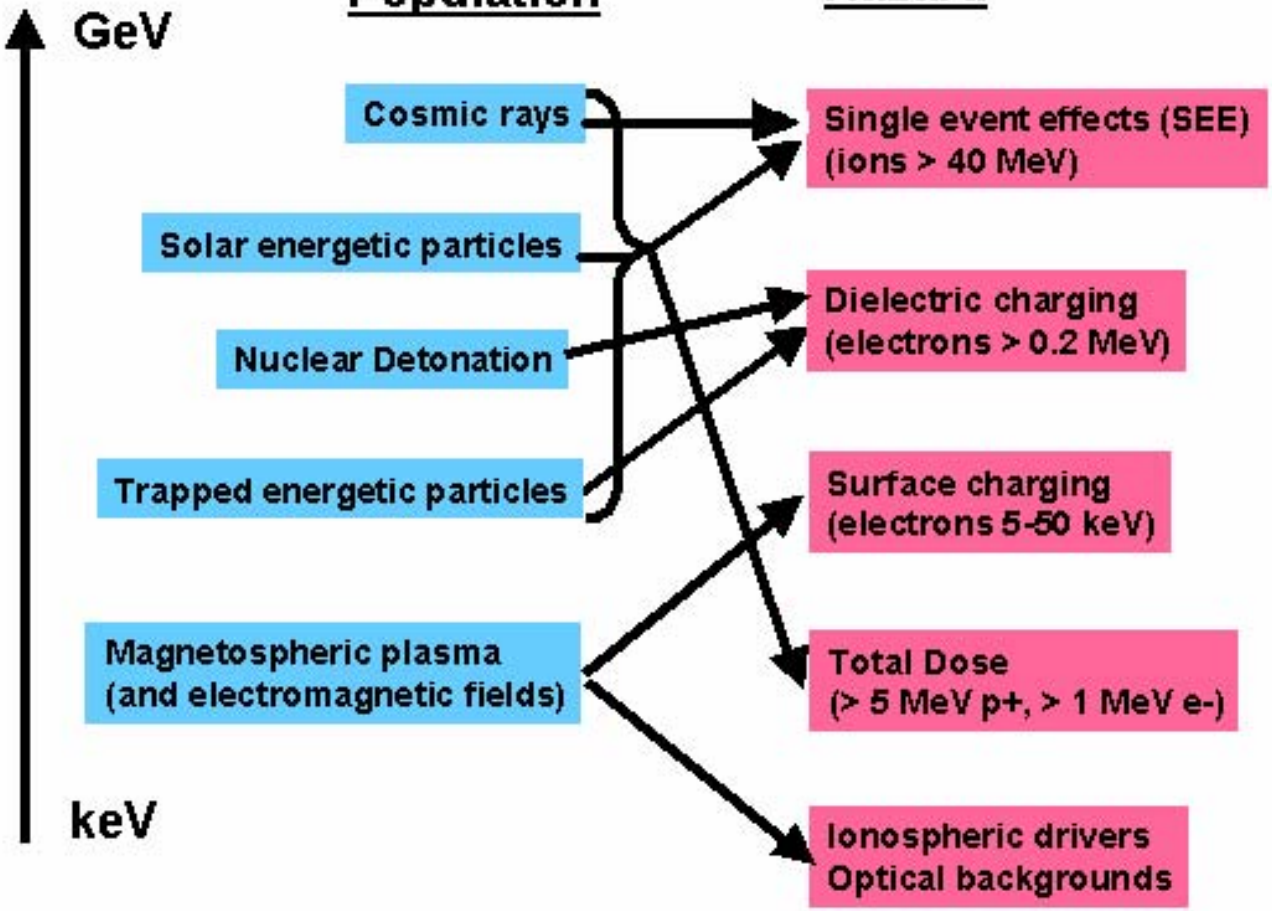
10.5.2006

Übersicht

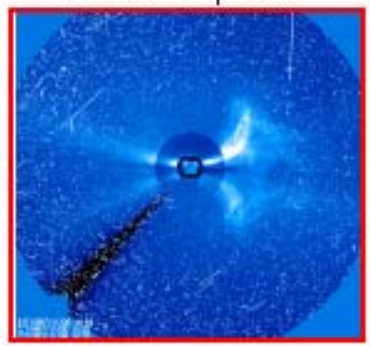
Einfluss der verschiedenen Umgebungen auf Weltrauminstrumente:

- Erdatmosphäre
- Magnetfelder der Erde und Sonne
- Sonnenplasma
- Kosmische Strahlung

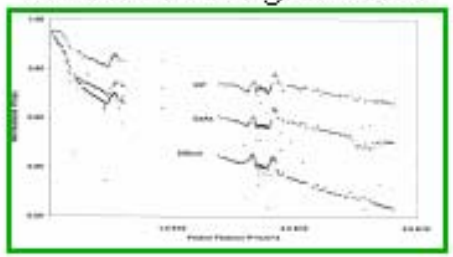
SPACE RADIATION HAZARDS



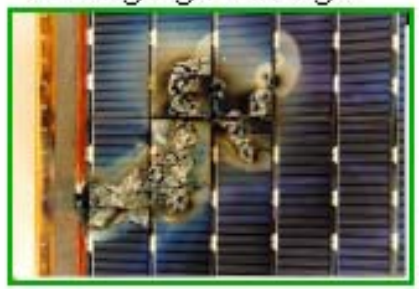
Solar Eruption



Solar Cell Degradation



Charging Damage



Erdatmosphaere

Temperaturverlauf:

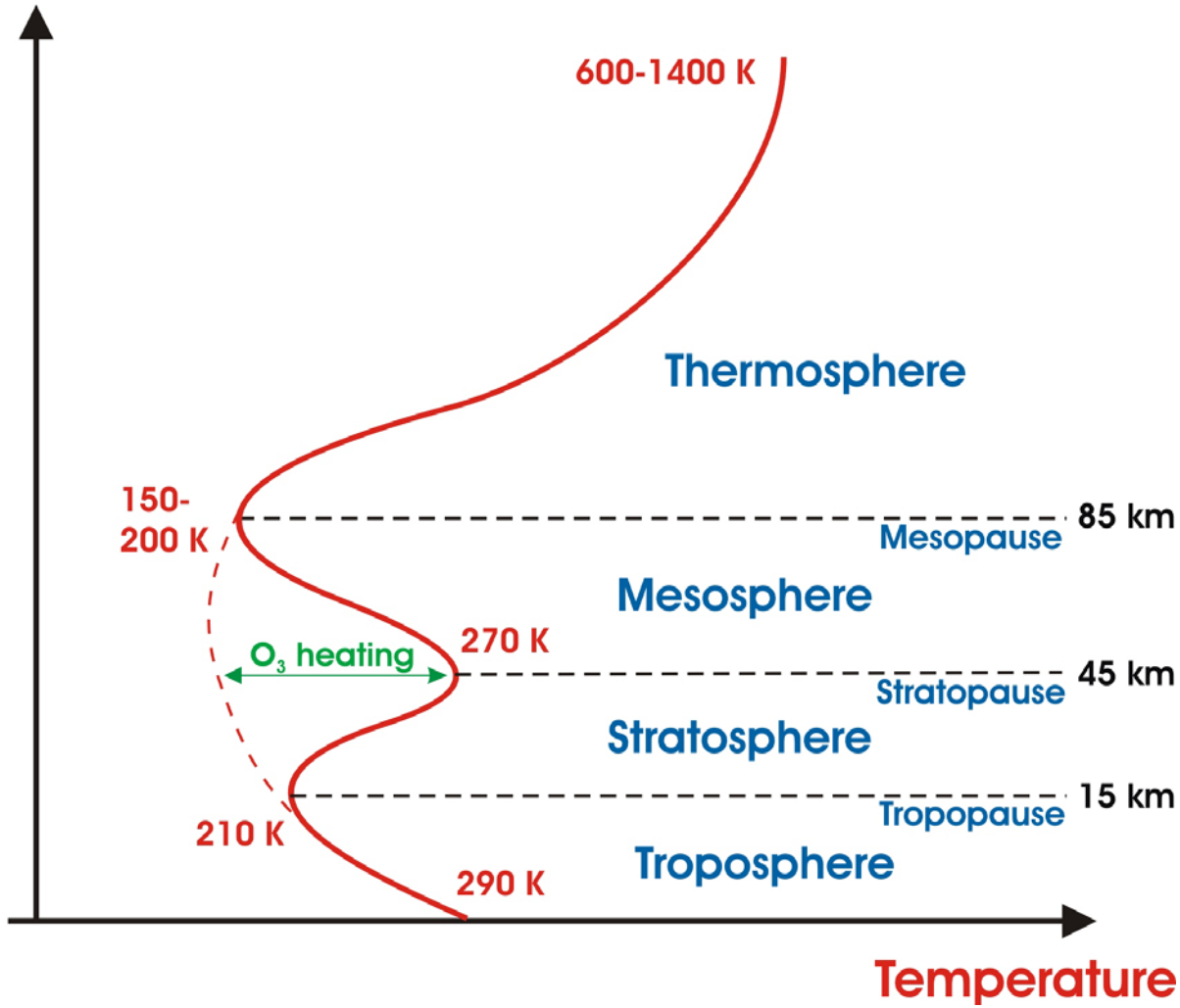
Tropo
(Greek: tropos);
“change”
Lots of weather

Strato
(Latin: stratum);
Layered

Meso
(Greek: messos);
Middle

Thermo
(Greek: thermes);
Heat

Exo
(greek: exo);
outside



Bedeutung der Temperatur

- Temperatur ist die kinetische Energie.
- für ideales Gas im Gleichgewicht mit Geschwindigkeit:

$$\frac{dN\big|_{c}^{c+dc}}{N} = 4\pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{mc^2}{2kT}} c^2\, dc$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung

Eigenschaften der Schichten

Mesosphaere:

- **Quellen:**
  - etwas UV Absorption von O_3 in niedrigeren Regionen,
  - ein Teil der Wärme aus der Thermosphäre wird nach unten transportiert.
- **Senken:**
  - Infrarot-Strahlung von CO_2, O_3, H_2O, OH

Stratosphere

- **Quellen:**
  - Starke Absorption von UV (2,000 - 3000 Å) durch O_3 sorgt für Maximum in Temperatur (Stratopause)

Eigenschaften der Schichten

Troposphäre:

- **Quellen:**
  - Absoprtion durch Planetenoberfläche von infraroter und sichtbarer Strahlung, Leitung zur Erde
  - atmosphärische Absorption von IR
  - Freisetzen latenter Wärme aus Wasser
- **Senken:**
  - IR Strahlung der Oberfläche
  - Verdampfen von Wasser
  - Wärmetransport durch Konvektion dominant

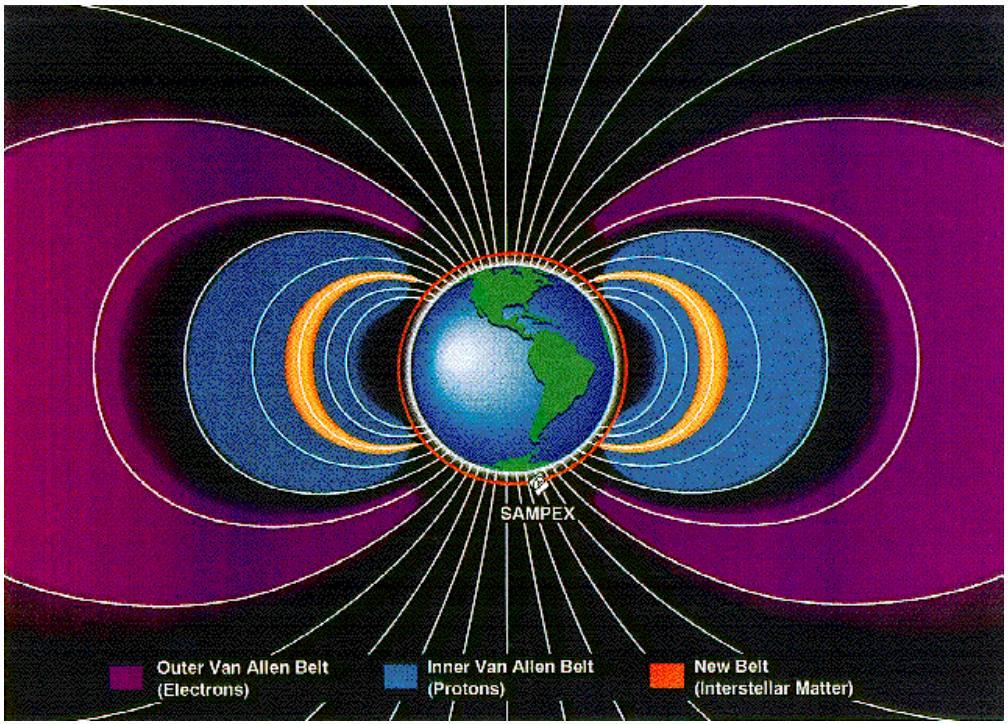
Effekte der Atmosphäre

- Mechanische Wechselwirkungen
  - Luftwiderstand
  - Kathodenzerstäubung (Sputtern): (Edelgas-)Ionen lösen Atome aus Festkörper bei Auftreffen aus.
- Chemische Wechselwirkungen
  - atomarer Sauerstoff (AO): Oxidation
  - Raumschiff-Glühen: komplizierte Reaktionskette mit AO führt zu Strahlung

Lösungen:

- aerodynamische Form
- Materialen: widerstandsfähig gegen AO, kein helles Glühen, entsprechende Sputter-Grenzen
- oxidierte Schichten durch Thermozyklen entfernen
- Schutzbeschichtungen für Oberflächen

Erdmagnetfeld



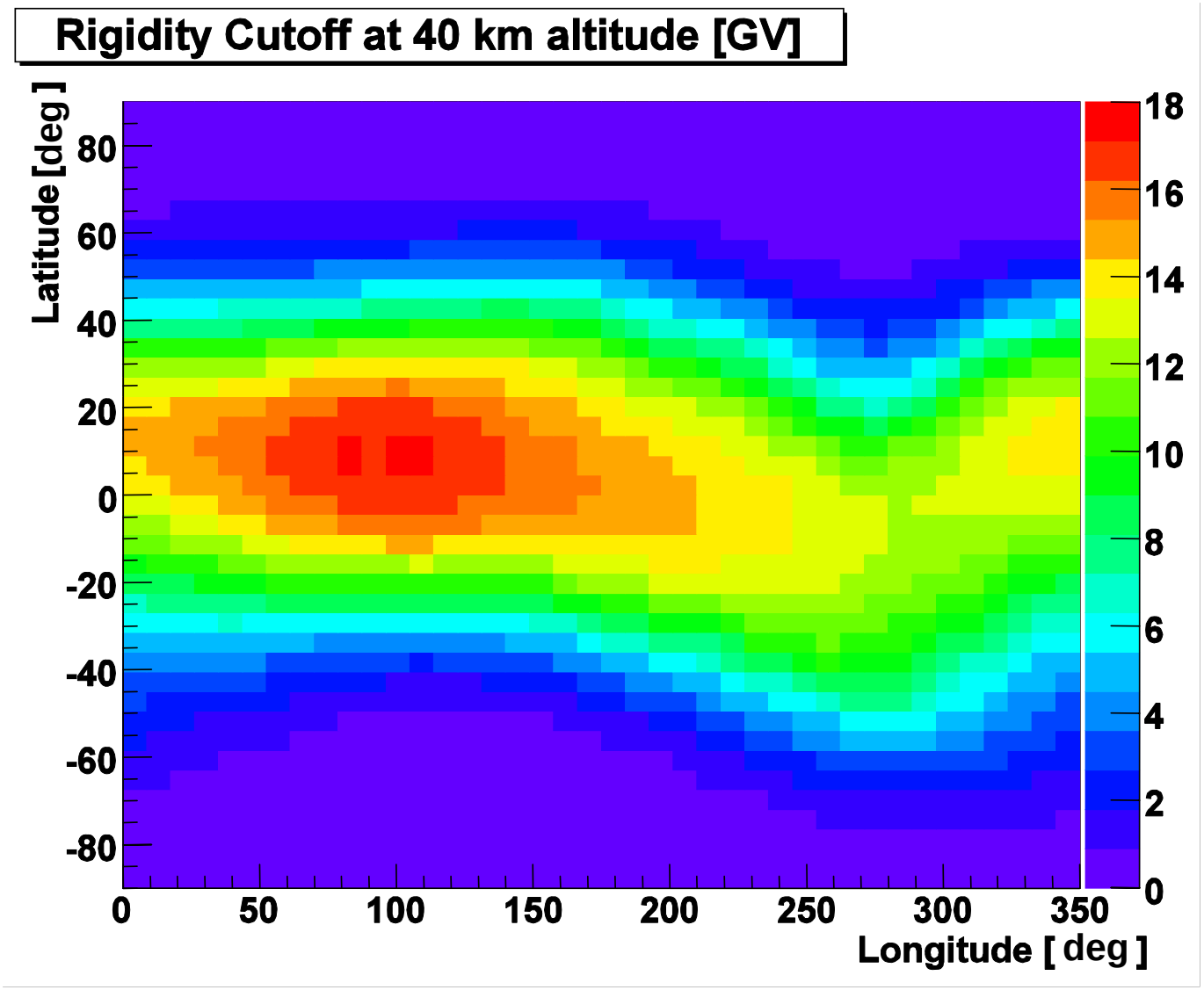
- Erdmagnetfeld ist näherungsweise ein leicht gekipptes Dipolfeld
- alle 5 Jahre Update des aktuellen Feldes

(momentan: IGRF 2005)

Dipol als magnetische Flasche:

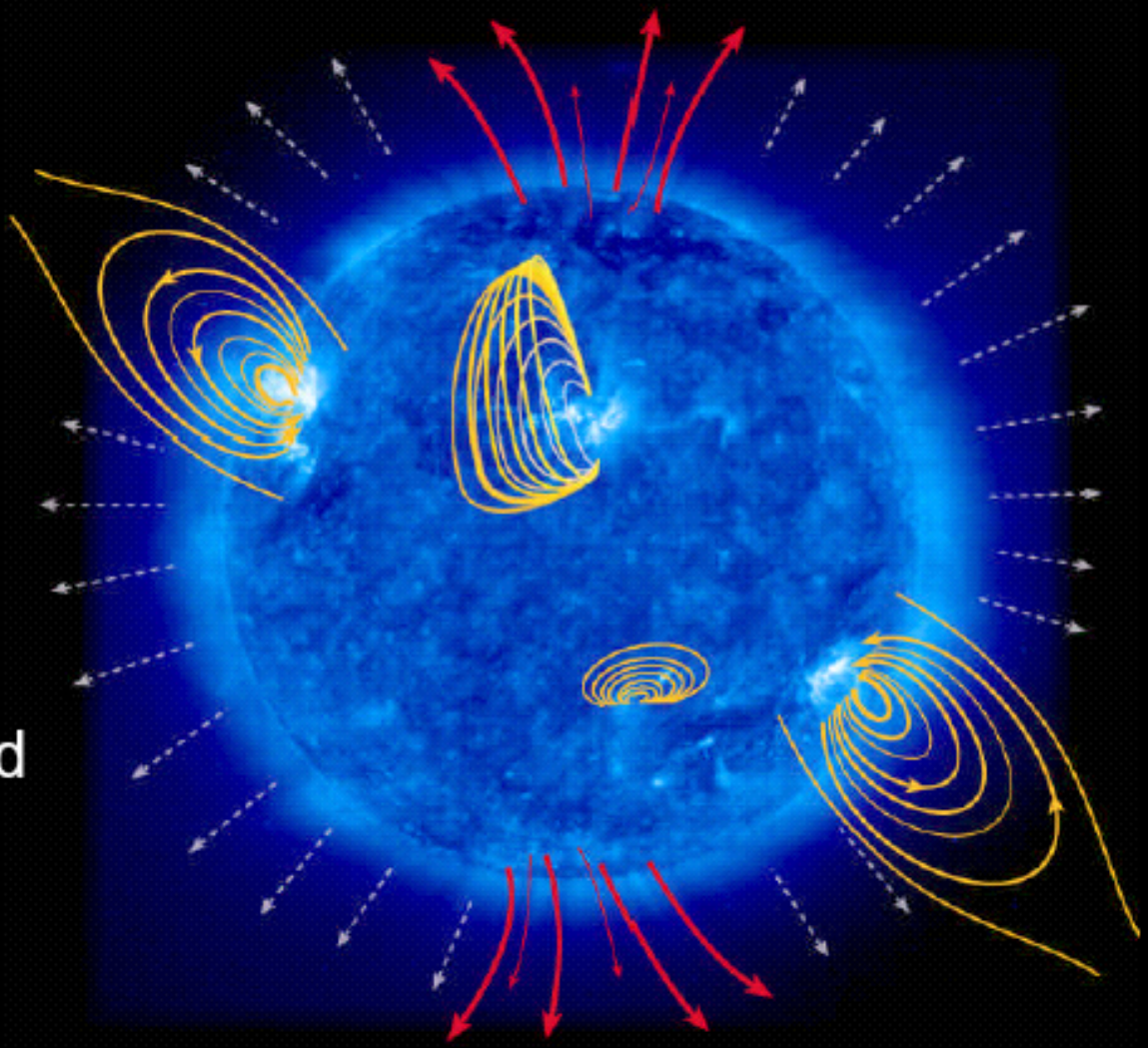
- blau: innerer Gürtel: >100MeV Protonen, (recht stabil)
- violett: äusserer Gürtel: MeV Electronen und Ionen (unstabil)
- gelb: ACRs (Erklärung später), stabil
- weiss: Erdmagnetfeldlinien

Abschirmung durch Magnetfeld der Erde



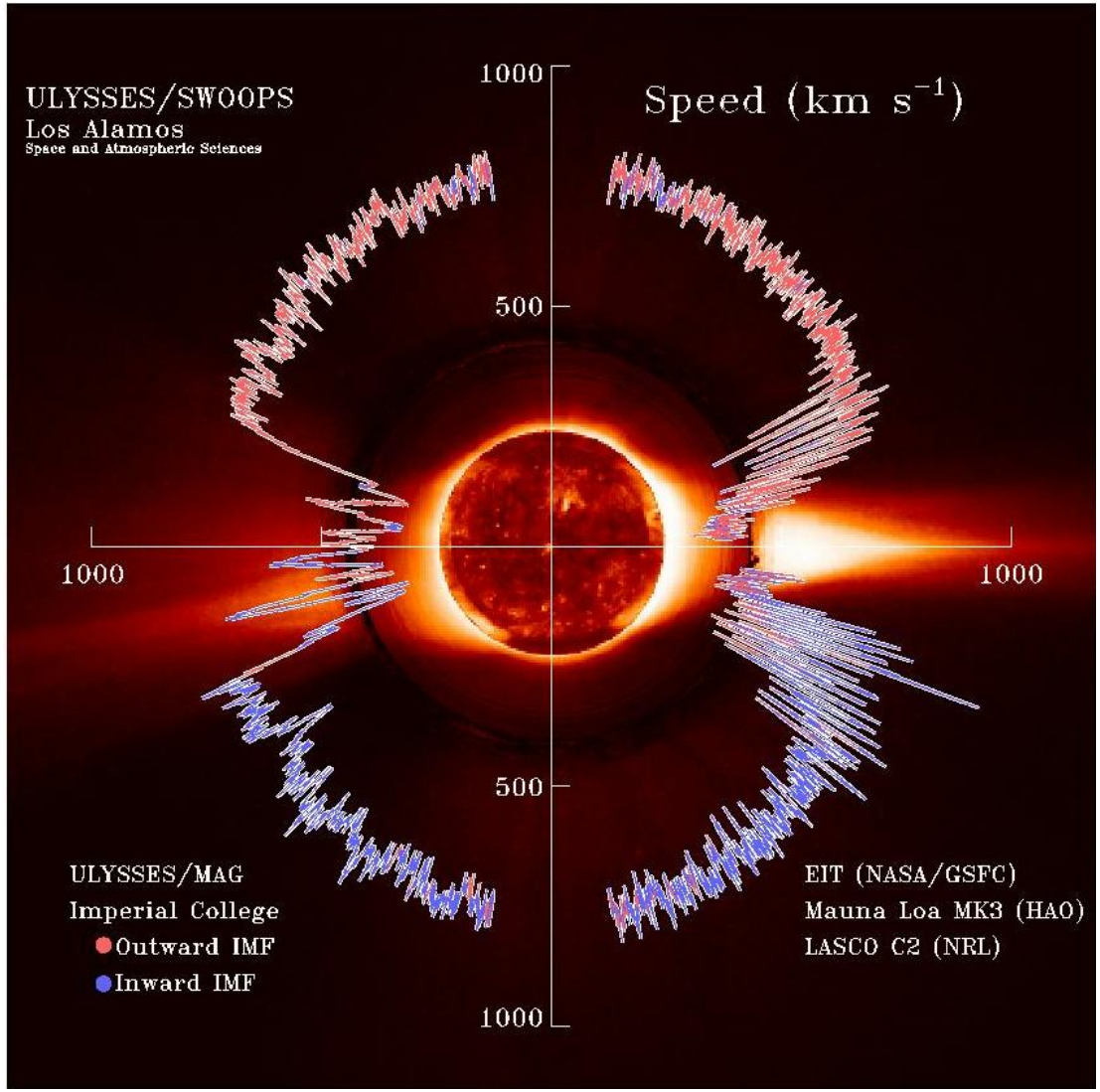
Magnetfeld der Sonne

The Sun is strongly affected by magnetic forces. The **red arrows** show open magnetic field lines emerging from the poles. The **gray arrows** represent solar wind particles which carry field lines with it. The bright active regions have closed magnetic field lines **(orange)**.



Sonnenwind

- Sonne emittiert fortwährend geladene Teilchen in alle Richtungen
- Sonnenwind besteht hauptsächlich aus ionisiertem Gas (Protonen und Elektronen) mit einer mittleren Geschwindigkeit von 400km/s und einer Dichte von 5/cm^3
- Geschwindigkeit und Dichte ändern sich mit der Sonnenaktivität.
- Der Sonnenwind hat einen starken Einfluss auf den Betrieb von Geräten im Weltraum.



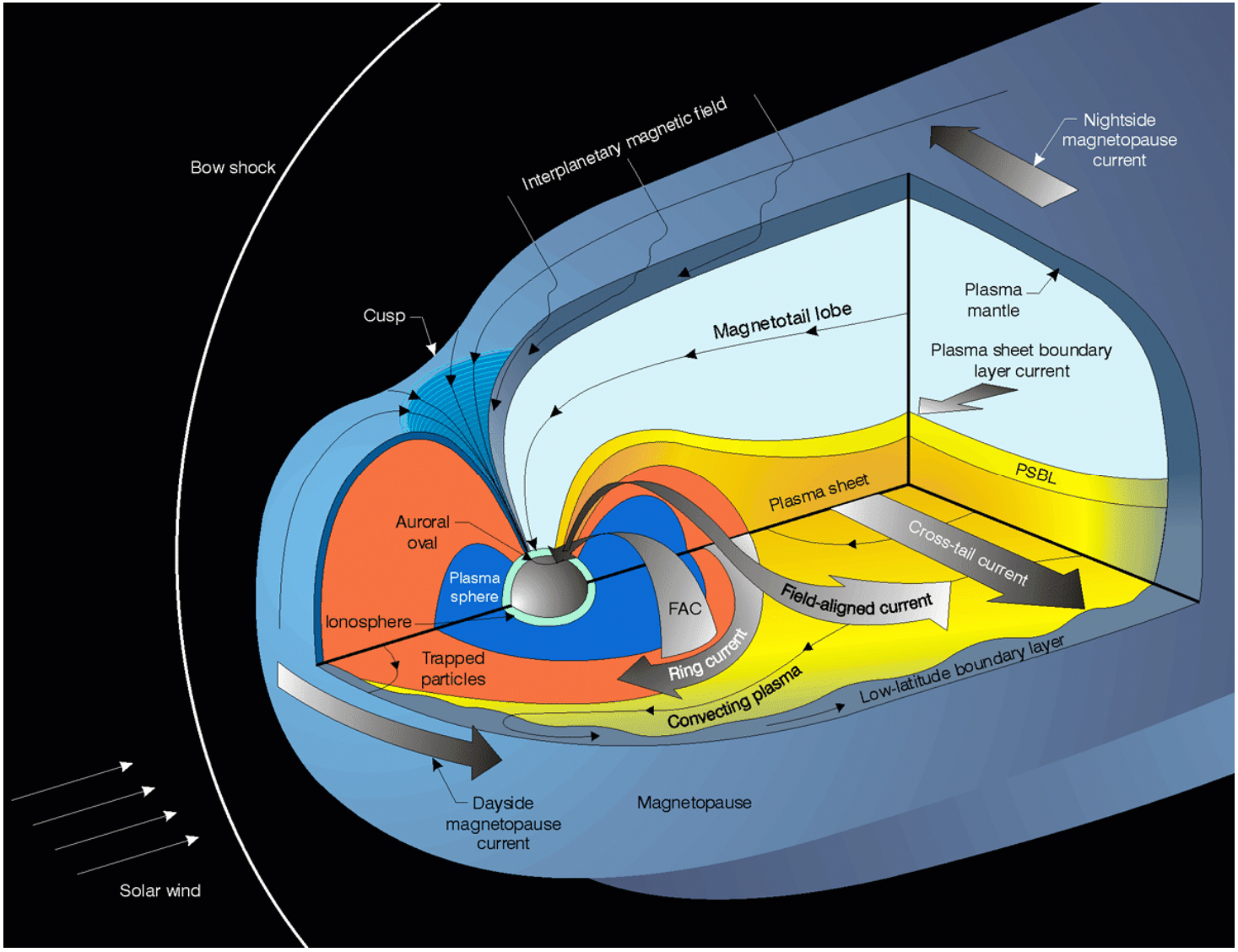
Sonnenwind

Der Sonnenwind ist die Ausdehnung der Sonnencorona bis auf große heliozentrische Distanzen.

Eigenschaften des Sonnenwindes

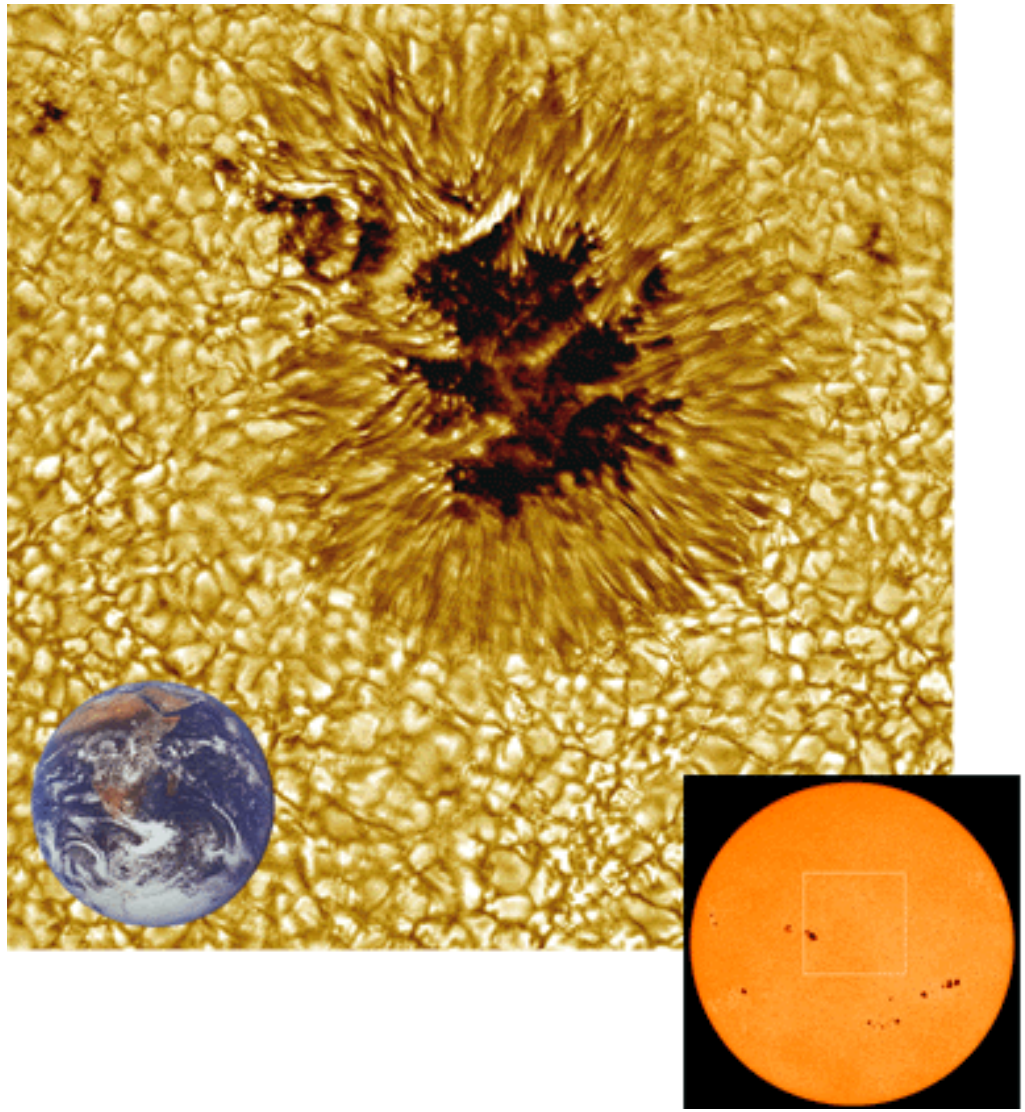
Elektrondichte	7.1 cm^{-3}	Protondichte	6.6 cm^{-3}
He^{2+}-Dichte	0.25 cm^{-3}	Flussgeschw.	425 kms^{-1}
Magnetfeld	6.0 nT	Proton-Temperatur	1.2 $x10^5$ K
Elektron-Temperatur	1.4 $x10^5$ K	dynamischer Druck	P_d = 2 nPa
magnetischer Druck	P_B = 14 pPa	p-p Kollisionszeit	4 x 10^6 s
e-e Kollisionszeit	3 x 10^5 s	Zeit fuer 1 AU	~4 Tage

Sonnenwind und Erdmagnetfeld

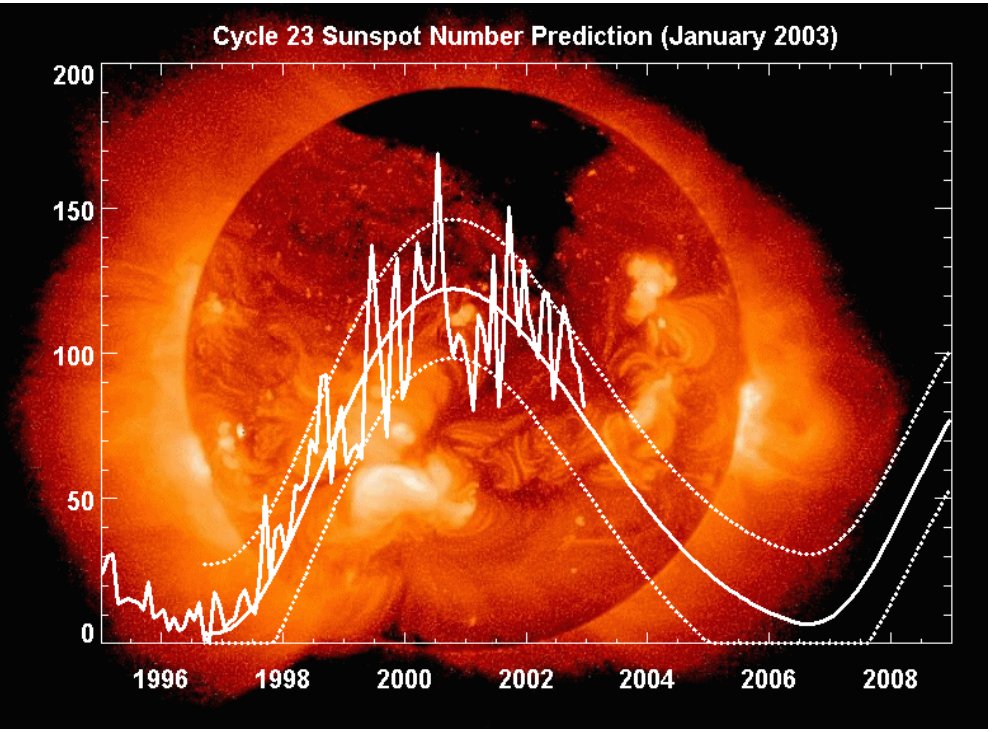


Sonnenflecken

- Sonnenflecken haben ein starkes Magnetfeld
- Sie wirken dunkler, weil sie kälter sind. (4000°C verglichen mit der restlichen Oberfläche 6000°C).
- stärkeres Magnetfeld an diesen Flecken verhindert Konvektion.



Sonnenzyklen



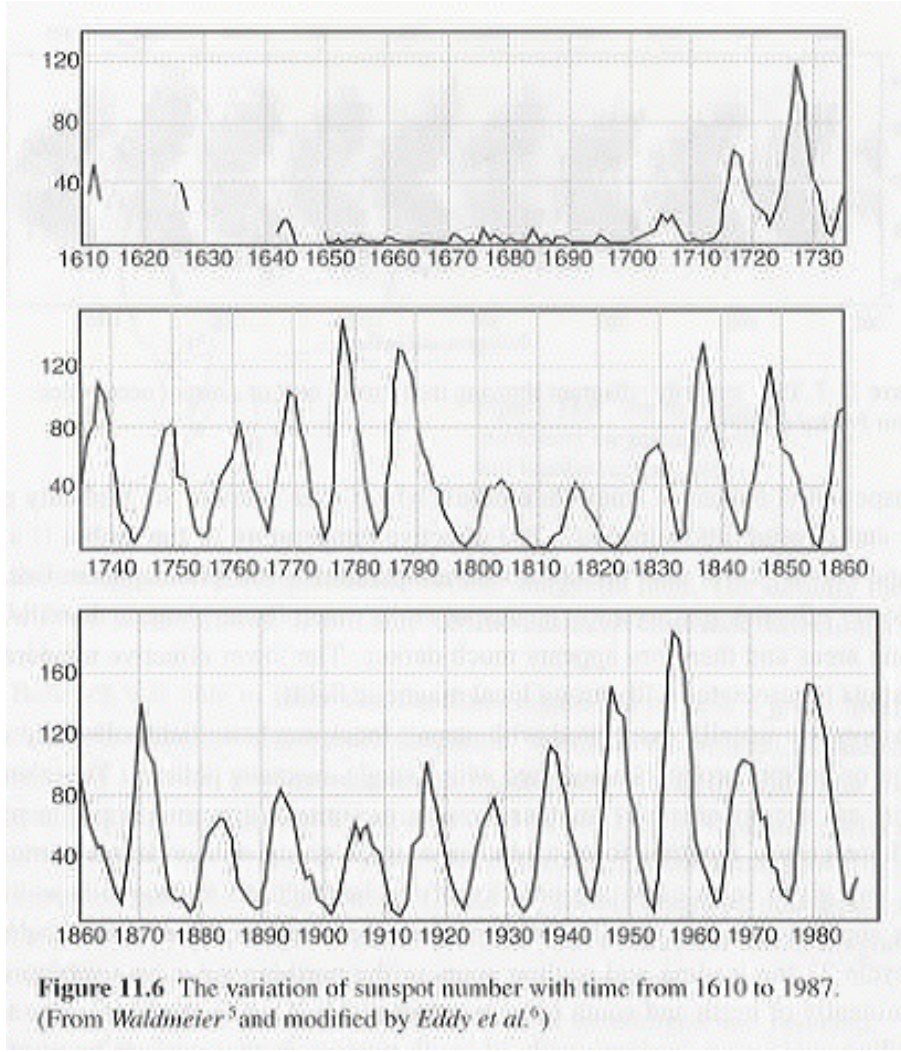
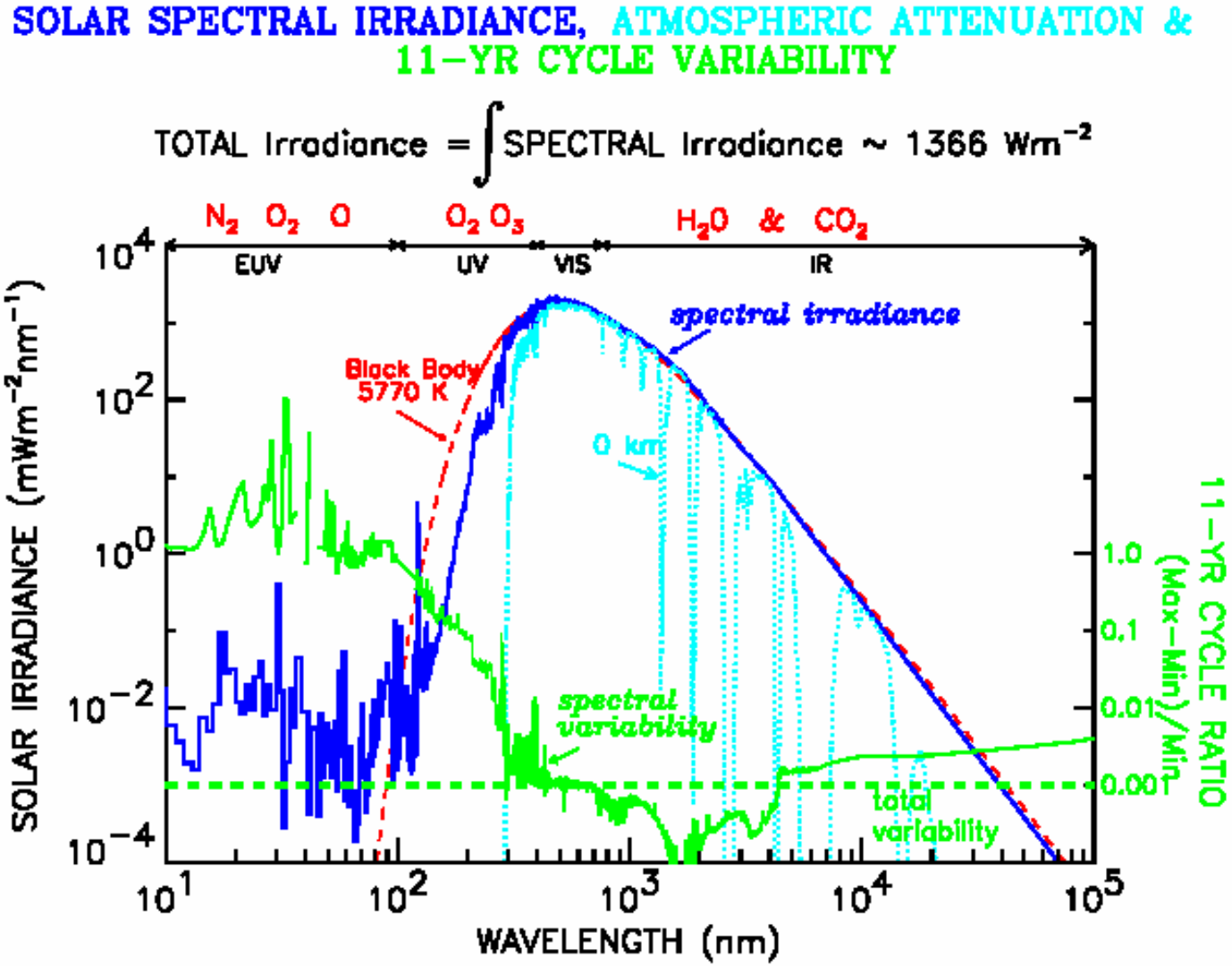


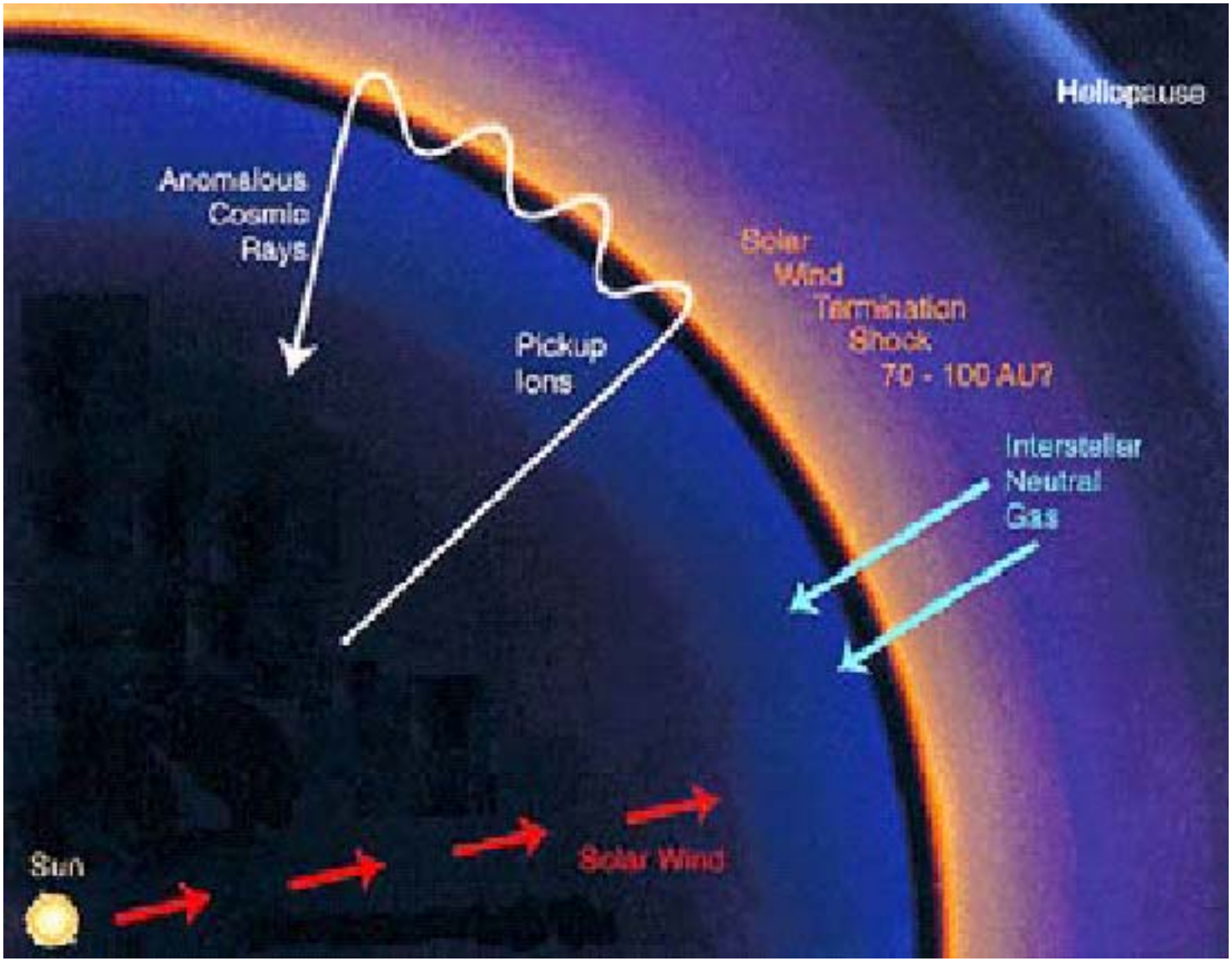
Figure 11.6 The variation of sunspot number with time from 1610 to 1987. (From *Waldmeier*[5] and modified by *Eddy et al.*[6])

- Anzahl der Sonnenflecken korreliert mit der Magnetfeldstärke
- Regelmässige 11 jährige Zyklen, allerdings 22 Jahre für gleiche Polarität!

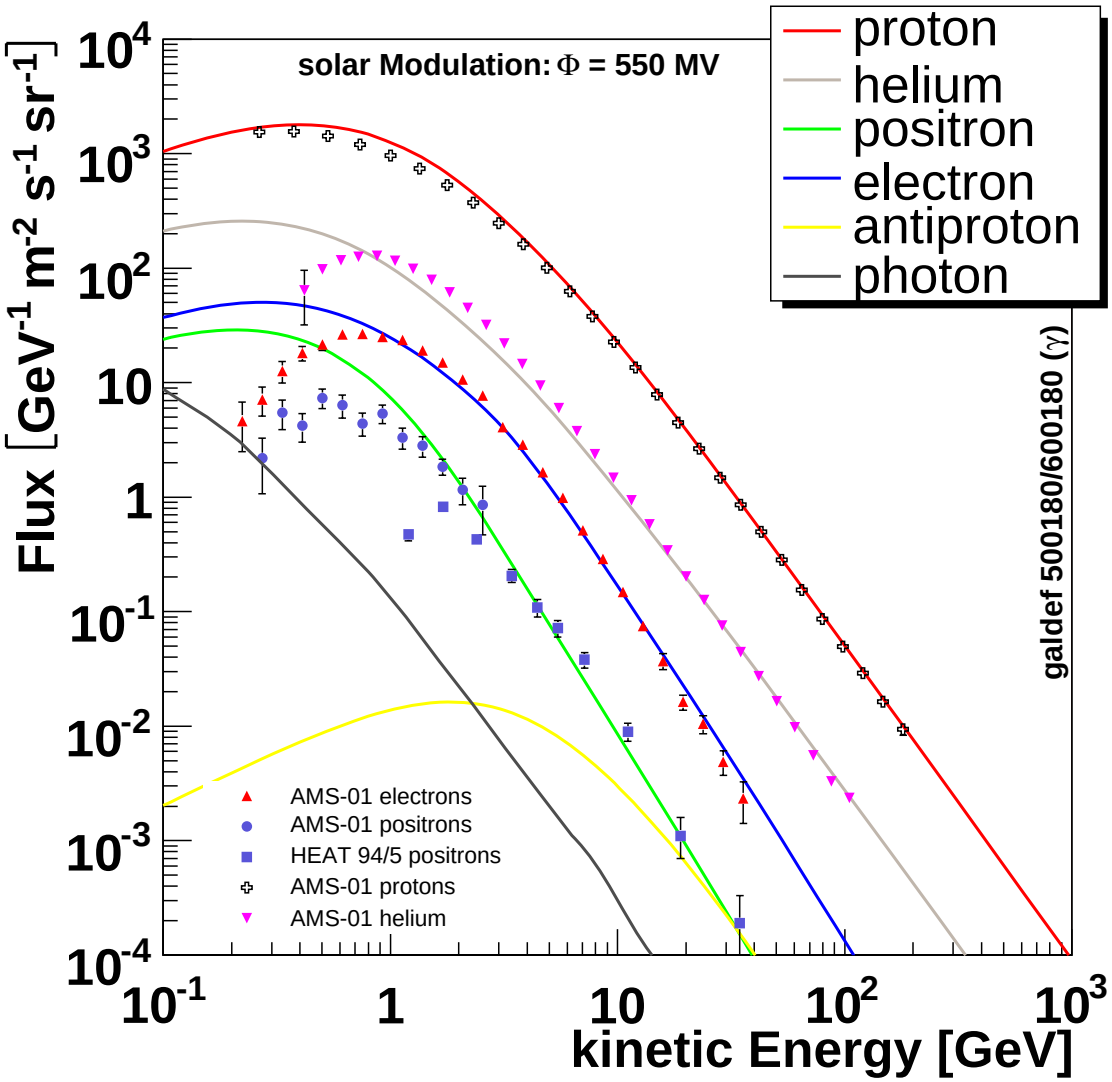
Photonen von der Sonne



Anomale kosmische Strahlung

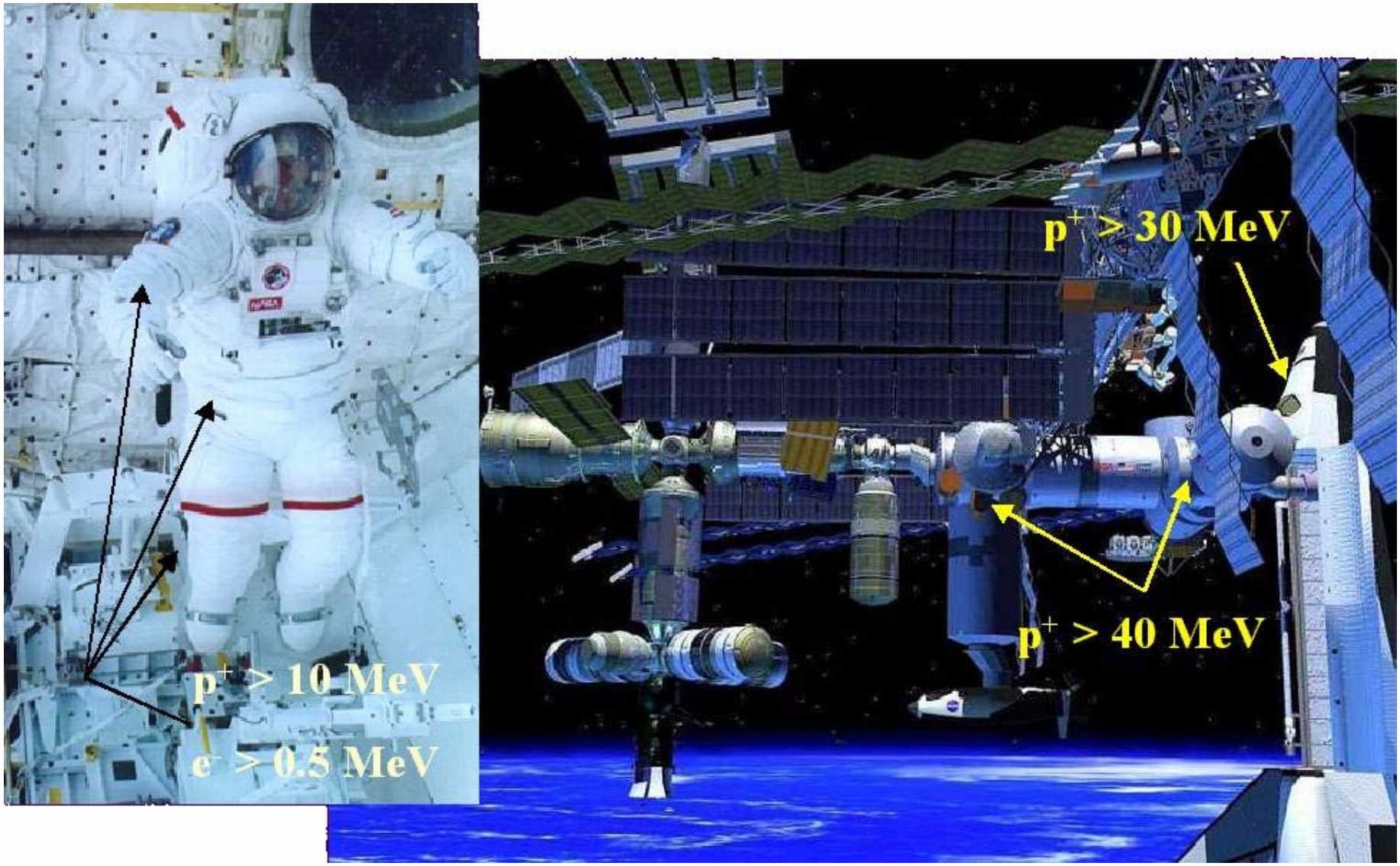


Galaktische kosmische Strahlung



Beschleunigung z.B. in Supernovae, Pulsare, …

Teilchenenergien von Interesse



Effekte durch Plasma (Teilchen)

- Raumschiffaufladung
  - Oberflächenladung
  - Interne Aufladung (Electronic Boards, …)
- Lichtbogenbildung

Lösungen:

- gleichmäßige Leitfähigkeit für Aussenmaterialien
- universelle Erdung, elektromagnetische Abschirmung an jeder Elektronik
- effektiver Plasmaschild ist noch problematisch

Effekte durch Strahlung

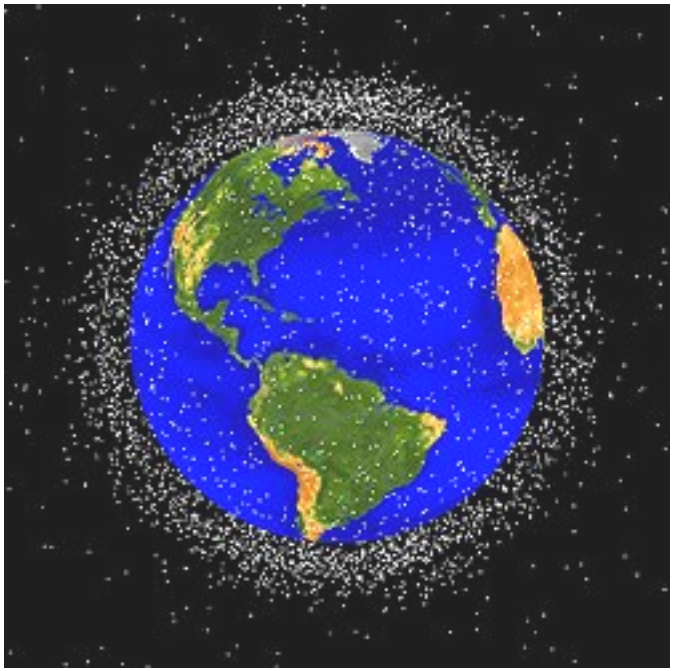
- Ionisierung
- Zerstörung der Gitterstruktur von Halbleitern
- Überschreitung von Strahlungsdosen
  - z.B.: Solarzellenverschlechterung
  - Menschen
- Störung von HF Kommunikation

Lösungen:

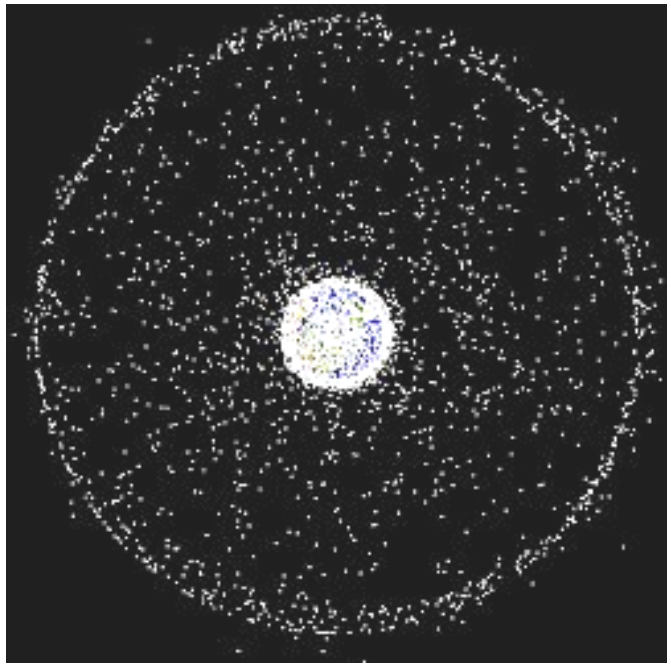
- Schutz vor Überdosen an kritischer Elektronik
- größere Solarpanele als Reserve bei Ausfall
- möglichst strahlenharte Bauteile

Trümmergürtel

- **Teleskopbeobachtungen von der Erde**:
  - Klumpen > 1 cm unter 2000 km
  - > 10 cm über 2000 km
- Instrumenten-Oberflächen/Fenster können beschädigt werden in LEOs
- z.B.: **1cm Alumniumball mit 35000km/h ist wie ein 180 kg Safe mit ca. 100km/h**



LEO



GEO