
Extraterrestrische Strahlung

Franz Daschil | 13. April 2014

franz.daschil@fh-ooe.at

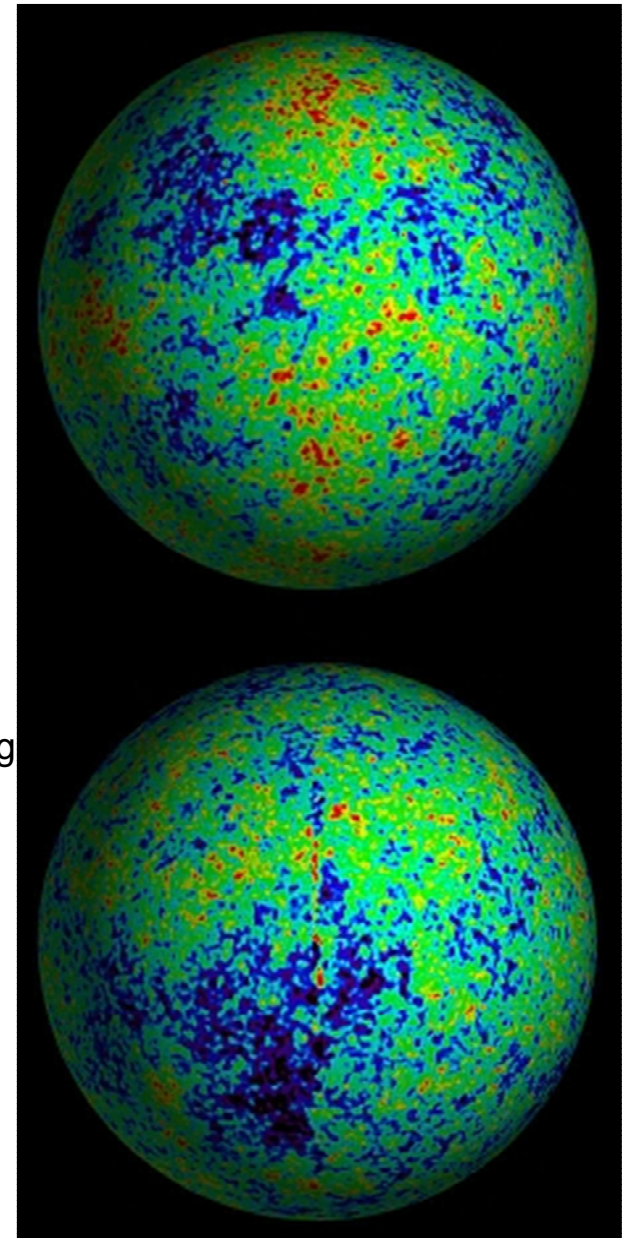
HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA

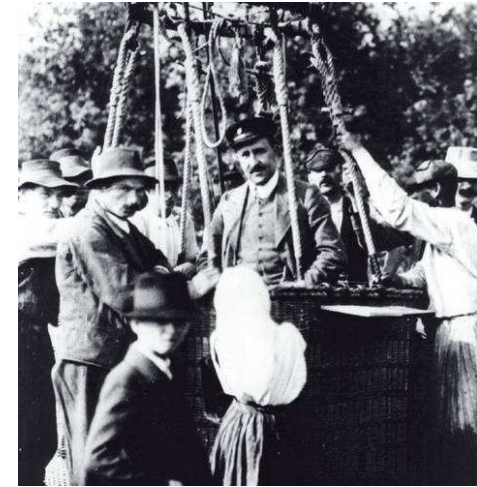
Themen

- **Arten von Strahlung / Geschichte / Messung**
 - > Kosmische Strahlung, Spektren
 - > Infrarotstrahlung -> Herschel
 - > Höhenstrahlung -> Hess
 - > Radioastronomie -> Jansky
 - > UV-Strahlung
 - > Röntgenstrahlung / Gammastrahlung
 - > Myonen und Neutrinos
 - > Galaktische und Extragalaktische Radiokontinuumsstrahlung
- **Beobachtung und Effekte**
 - > Solare Effekte
 - > Weltall“wetter“
 - > Durchlässigkeit der Atmosphäre -> Opazität
 - > „Strahlungsphänomene in der Atmosphäre
- **Strahlungseffekte**
 - > Dosimetrie
 - > Der Flug zum Mars



Geschichte der „non-visible“ Astronomie

- Um 1800 entdeckte **Herschel** die Infrarotstrahlung der Sonne. Er spaltete das Licht der Sonne mit einem Prisma auf und legte ein Thermometer an das obere Ende des sichtbaren Lichtes.
- 1912 entdeckte der österreichische Physiker **Victor Franz Hess** die sogenannte kosmische Strahlung entdeckte. Dabei handelt es sich um elektrisch geladene Teilchen (Protonen, Elektronen und Atomkerne), die mit extrem hohen Energien durch den Kosmos rasen und beim Aufprall auf die Erdatmosphäre dort große Teilchenlawinen auslösen.
- In den 30er-Jahren stieß der amerikanische **Physiker und Radioingenieur Karl Guthrie Jansky** völlig überraschend ein zweites atmosphärisches Fenster zum Universum auf: Im Wellenlängenbereich zwischen einigen Millimetern und etlichen Metern ist die irdische Atmosphäre ebenfalls durchlässig.
Mit seiner eher an das **Drahtgerüst einer Doppeldecker-Tragfläche erinnernden Funkantenne** registrierte er eine Radiostrahlung, die offenbar vom Himmel stammte und schließlich mit dem Zentrum der Milchstraße in Verbindung gebracht werden konnte.



Kosmische Strahlung

- **Höhenstrahlung**, Ultrastrahlung = sehr energiereiche Korpuskularstrahlung mit einer Teilchenenergie zwischen etwa 10^6 und 10^{20} eV
- **primäre kosmische Höhenstrahlung** = die aus dem Weltraum von allen Seiten auf die Erde einfallende u. tief in die Erdkruste eindringende sehr energiereiche Strahlung aus Elementarteilchen (ca. **87 % Protonen, 12 % α -Teilchen, den Rest bilden schwerere Atomkerne**). Neben der Nukleonen-existiert eine Leptonenkomponente aus **freien Elektronen und Positronen**.
- Die durch Kernreaktionen in der Erdatmosphäre zusätzlich entstehende **sekundäre kosmische Höhenstrahlung** setzt sich aus **Pionen, Myonen, Elektronen u. Gamma-Quanten** zusammen.
- Die **kosmische Hintergrundstrahlung** ist eine nichtkorpuskulare Strahlung im Millimeterwellenbereich.

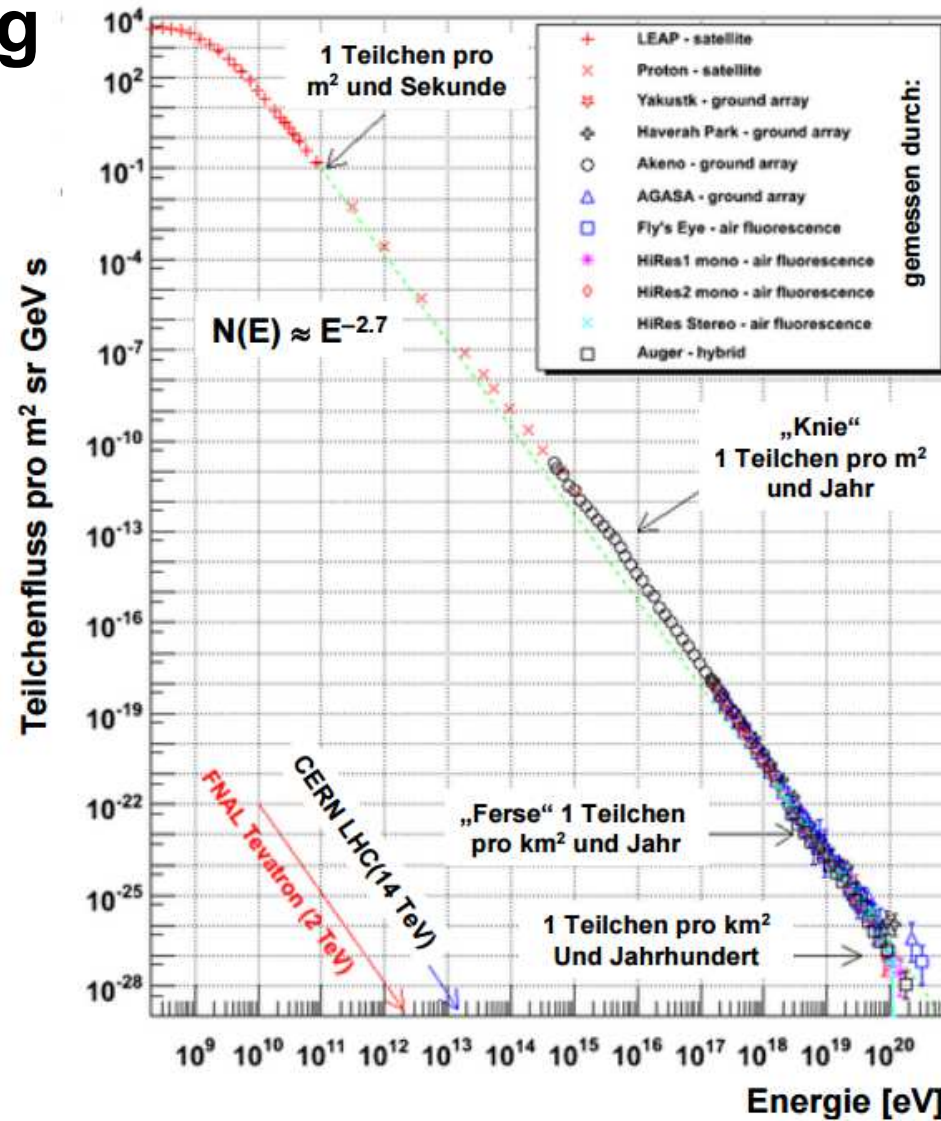
eV („Elektronvolt) als Maß der (Strahlungs)energie

- meV (Millielektronenvolt). Beispiel: ein freies Teilchen hat bei Raumtemperatur eine thermische Energie von knapp 40 meV
- keV (Kiloelektronenvolt). Beispiel: ein Photon der Röntgenstrahlung hat etwa 1–250 keV
- MeV (Megaelektronenvolt). Beispiel: die Ruheenergie eines Elektrons ist etwa 0,511 MeV
- GeV (Gigaelektronenvolt). Beispiel: die Ruheenergie eines Protons ist etwa 0,94 GeV
- TeV (Teraelektronenvolt). Beispiel: Protonen im LHC haben eine maximale kinetische Energie von 6,5 TeV
 - > Ein typisches Molekül in der Erdatmosphäre hat eine Bewegungsenergie (thermische Energie) von etwa 0,03 eV.
 - > Ein Photon von sichtbarem Licht (rot) hat eine Energie von etwa 2 eV.
 - > Die bei der Spaltung eines Uran-Atomkerns freigesetzten Spaltfragmente haben eine kinetische Energie von zusammen etwa 167 MeV.

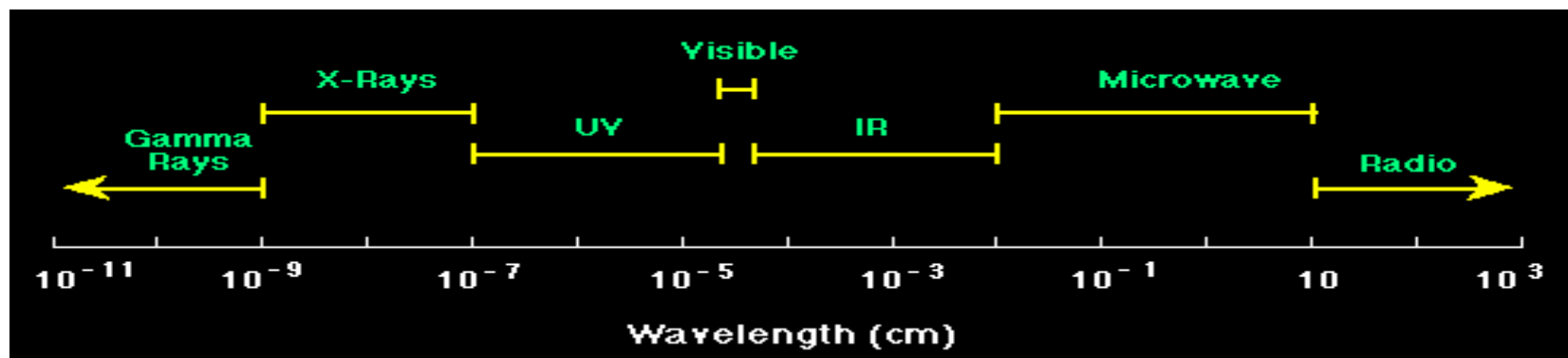
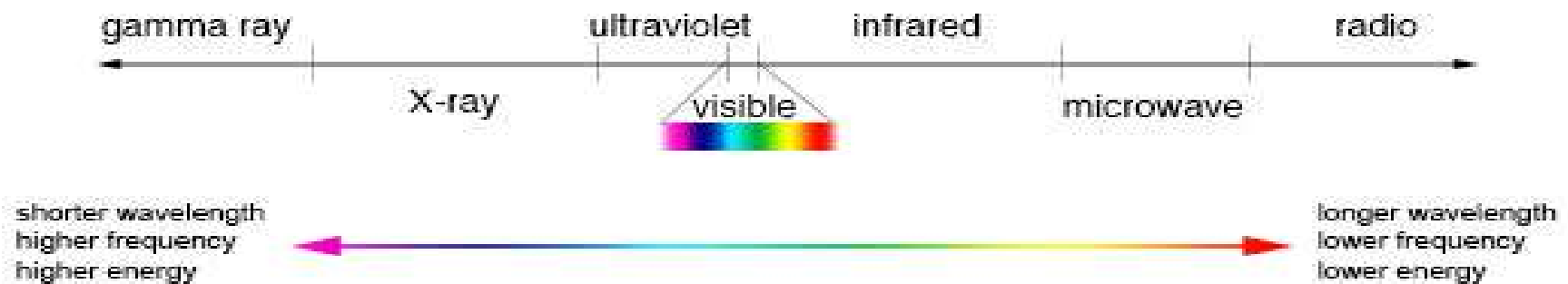
Kosmische Strahlung: Teilchen und deren Herkunft

Strahlung		Geschwindigkeit (v) Energie (E)	Teilchenfluss (Φ)	Bemerkungen
Sonnenwind	p, e ⁻ , α und + wenig schwerere Kerne	Zwei Komponenten: - v \approx 400 km/s - v \approx 800-900 km/s E_p \approx 10³ eV (Elektronen bis 10 eV)	$\Phi \approx 10^7/\text{cm}^2\text{s}$ Dichte $\approx 5/\text{cm}^3$ Massenverlust der Sonne 10 ⁶ Tonnen/s $\approx 1.3 \times 10^{36}$ Teilchen/s	Wird nicht zur kosmischen Strahlung gerechnet: Energie der Teilchen zu niedrig; keinen Dosisbeitrag auf der Erde. Moduliert mit dem 11jährigen Sonnenzyklus, dieser beeinflusst das Eindringen der kosmischen Strahlung
Kosmische Strahlung (p, e ⁻ , α + wenig schwerere Kerne)	Sonnen- flares und CME (Coro- nal Mass Ejection)	v bis über 3000 km/s E_p bis $\approx 10^8$ eV	$\Phi \approx 10^8\text{-}10^{10}/\text{cm}^2\text{s}$ Dichte bis 50/cm ³ Massenverlust der Sonne 10 ⁹ Tonnen pro Ereignis	Häufigkeit: - Solar Maximum: 5 - 6/Tag - Solar Minimum: < 1/Tag - Dauer Stunden – Tage - nächstes Maximum ca. 2012-14
	anomale + SEP (Solar Energetic Particles)	E_p bis einige 10⁹ eV	Im Mittel 1 Ereignis/Jahr; bisher stärkstes am 29.9.1989. Beschleunigung an Schockfront der Heliosphäre durch Wech- selwirkung Sonnenwindes mit lokaler interstellarer Materie	
	galaktisch	E_p $\approx 10^8$ bis 10¹⁸ eV	Fluss nimmt stark mit zunehmender Energie ab; Beschleu- nigung durch Schockfronten von Supernovae-Explosionen sowie aus schwarzen Löcher oder Pulsaren	
	extra- galaktisch	E_p > 10¹⁹ eV	Teilchen mit Höchstenergien; durch GZK-Cutoff auf E $\approx 6 \cdot 10^{19}$ eV begrenzt; Flussdichten unter $\Phi \approx 10^{-20}/\text{m}^2\text{s}$ Quellen vermutlich andere Galaxien und Quasare	

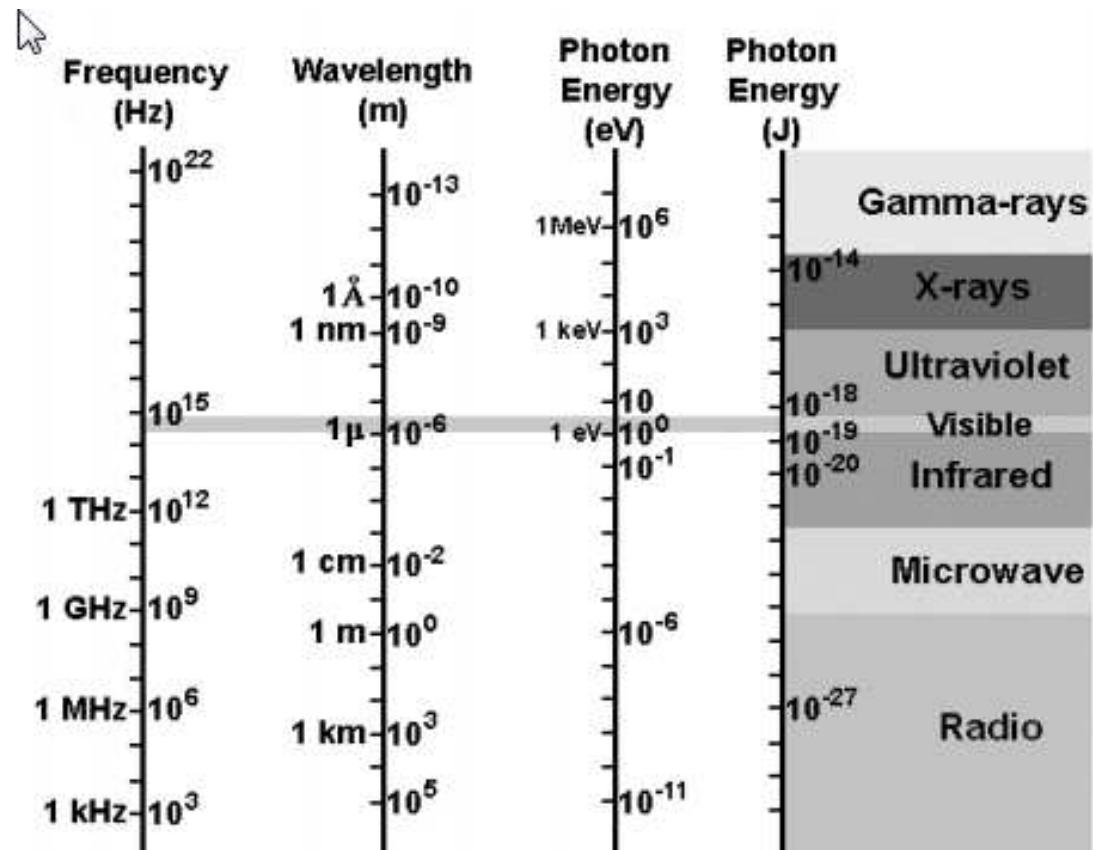
Energieverteilung der primären kosmischen Strahlung



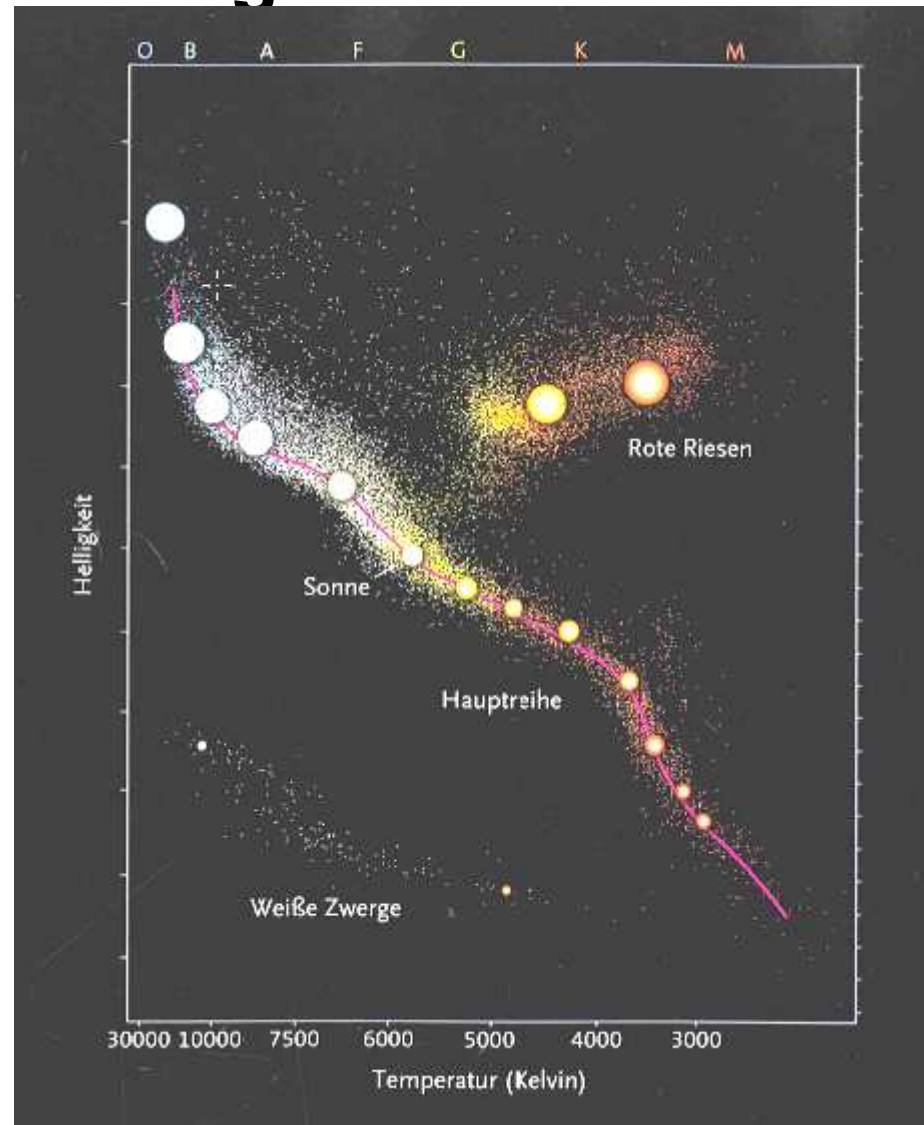
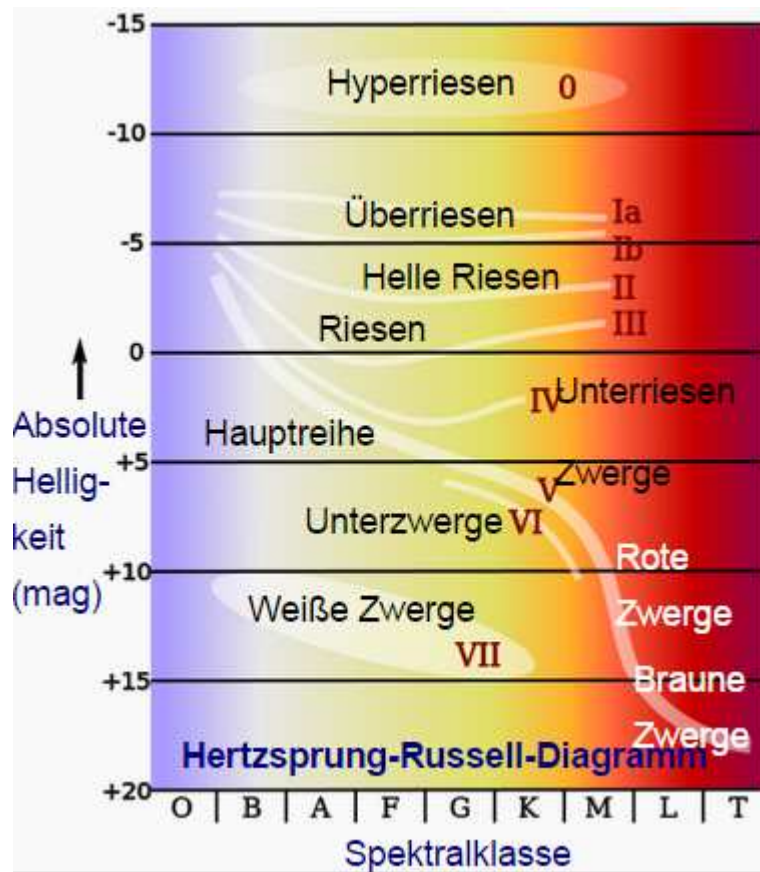
Elektromagnetisches Spektrum



Elektromagnetische Strahlung



Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)



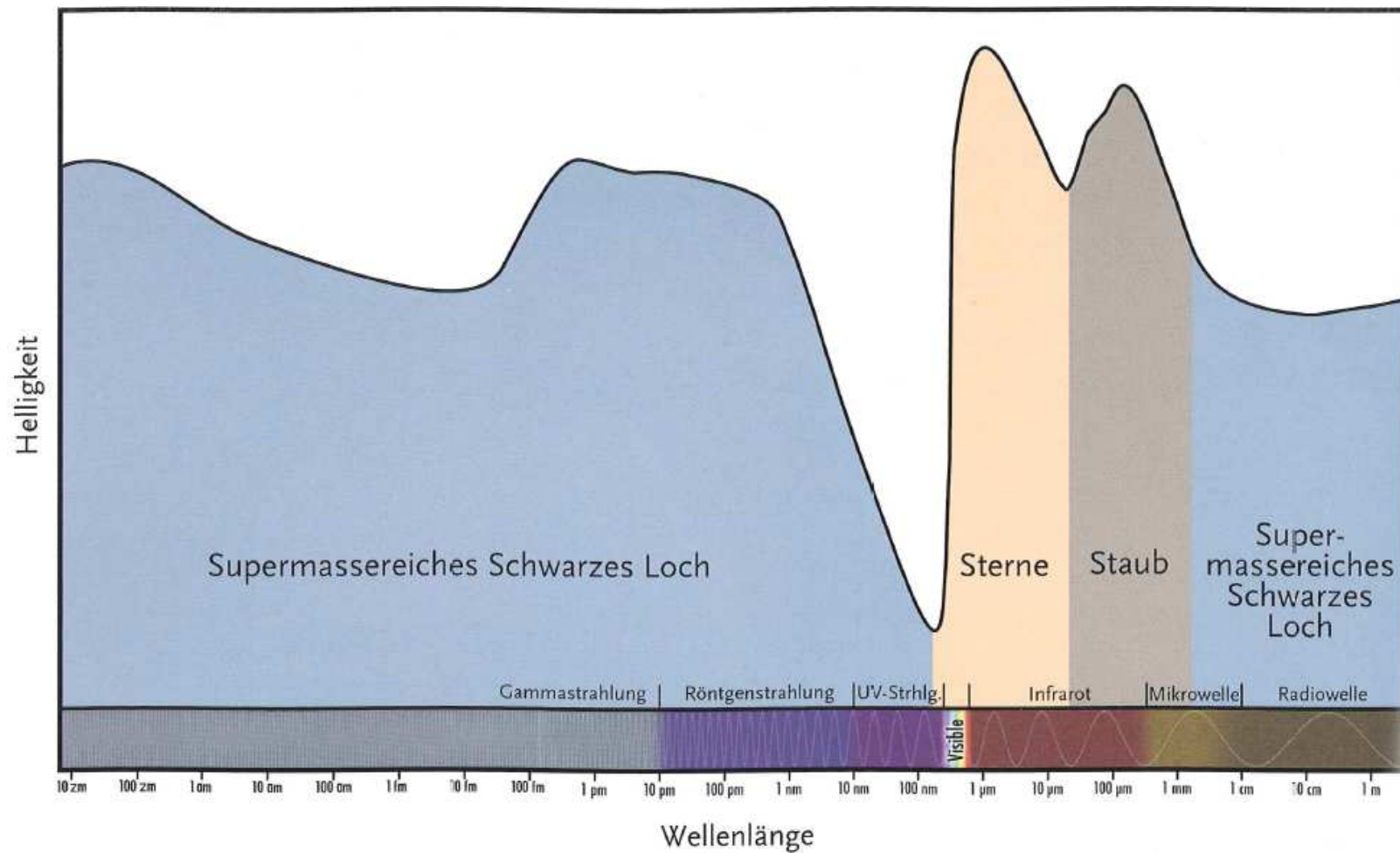
Temperatur / Strahlungsart – Beziehung

Temperatur des Objektes	Objekt produziert hauptsächlich
> 100 Mio Kelvin	Gamma-Strahlung
1 Million - 100 Millionen Kelvin	Röntgen-Licht
10000 - 1 Million Kelvin	Ultraviolett-Licht
1000 - 10000 Kelvin	Visuelles Licht
10 - 1000 Kelvin	Infrarotes Licht
< 10 Kelvin	Radio-Wellen

Temperaturstrahlung verschiedener Objekte

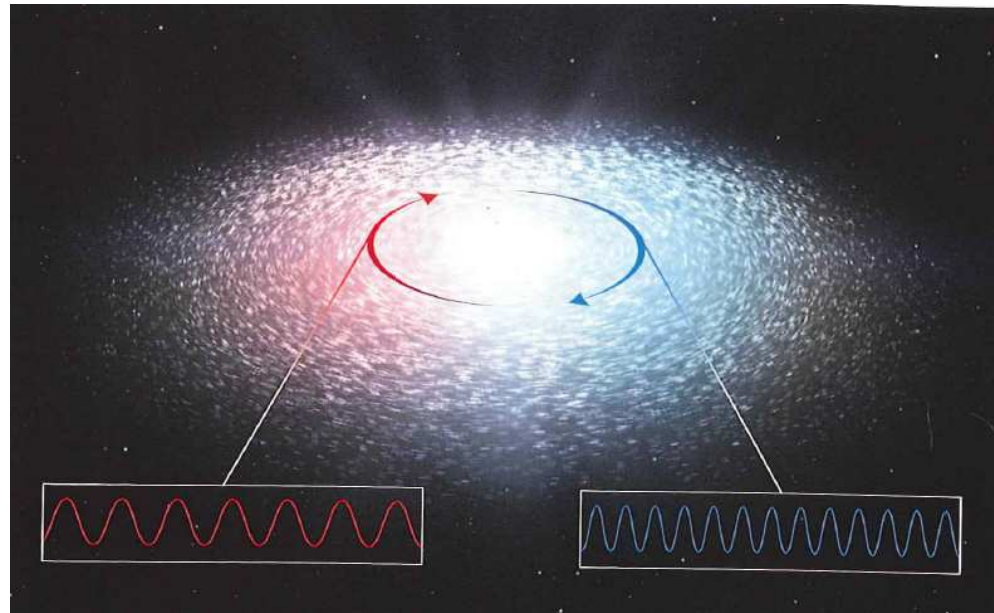
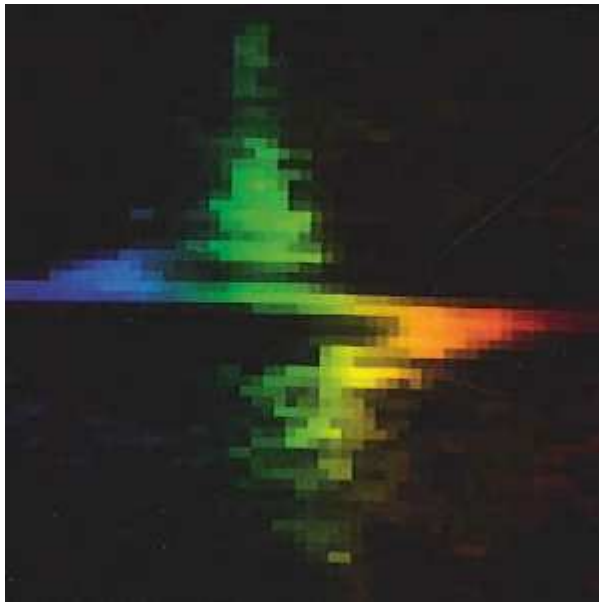
Temperaturstrahlung verschiedener Objekte			
Objekt	Temperatur (K)	maximale Wellenlänge	Bereich
kosmische Hintergrund-strahlung	3	1 mm	Mikrowellen (IR-Radio)
Molekülwolke	10	300 μm	Infrarot
Tiefkühlkost	273	10,615 μm	IR
Menschen, Körpertemperatur	310	9,7 μm	Infrarot
Eisen, hellglühend	1700 K	1,705 μm	IR/sichtbar
Glühbirne	3000	1 μm	IR/sichtbar
Sonne	6000	500 nm	sichtbar
heißer Stern	30,000	10 nm	Ultraviolett
Gaswolken in Galaxien	10^8	0.3 Å	Röntgenstrahlung

Wellenlänge / Helligkeit



Strahlung schwarzer Löcher

- Mit dem Hubble-Teleskop wurden 1997 „Materiescheiben“ im Zentrum der Galaxie „Messier 87“ festgestellt -> Spektrum (Dopplereffekt) zeigt spiralförmige Bewegung = Hinweis auf schwarzes Loch



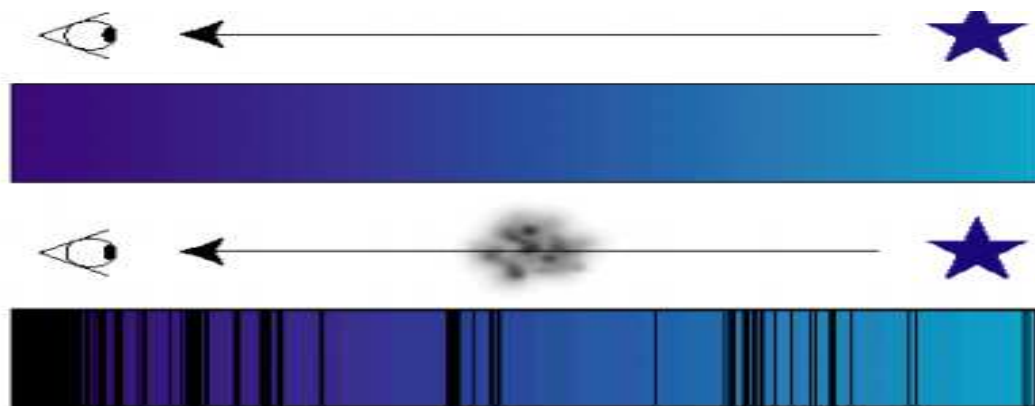
Infrarot

- Infrarotstrahlung wird **von der Erdatmosphäre sehr stark absorbiert** nur unterhalb 1 μm und in einigen kleinen Fenstern bis etwa 40 μm ist eine Beobachtung mit erdgebundenen Teleskopen möglich.
- Schwarzkörperstrahlung und Infrarot
 - > heiße Sterne emittieren den größten Teil der Schwarzkörperstrahlung im sichtbaren Bereich.
 - > Die Schwarzkörperstrahlung der wesentlich zahlreicheren **kühleren Sterne erreicht im Infrarotbereich ihr Maximum.**
 - > Z.B.: Staub, der von Sternen in seiner Umgebung auf -170°C (100 K) erwärmt wird, erstrahlt am Hellsten im mittleren Infrarotbereich.
- **Der Schwerpunkt der Infrarotastronomie liegt bei kühlen Objekten** ($< 1000\text{ K}$) die sich in anderen Spektralbereichen kaum beobachten lassen.
- Die meisten **chemischen Elemente und Verbindungen** haben sehr viele Strahlungsübergänge im infraroten Bereich!!!



Ultraviolett

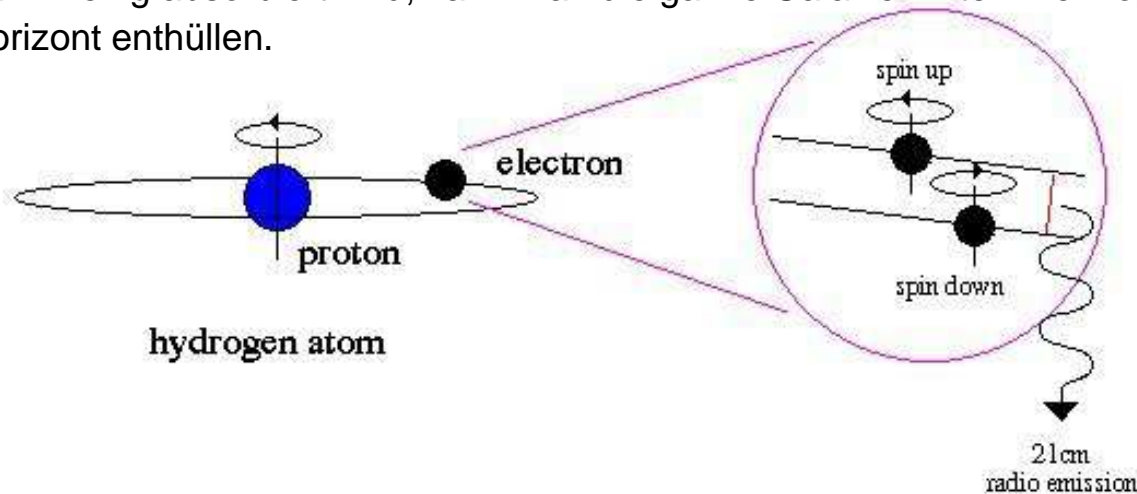
- Heiße Sterne z.B. ein Stern (20fache Sonnenmasse) strahlt 20.000x so hell
- Absorption in der Atmosphäre (Wechselwirkung mit O₂-Molekülen) ab ca. 300 nm
- Wasserstoff und Helium weisen wichtige Übergänge in diesem Teil des Spektrums auf (Absorption und Emission als Indikator)
- Auch zur Erforschung von Magnetfeldern (ultraviolette Spektrallinien von Eisen in der äußeren Sonnenatmosphäre und Korona)



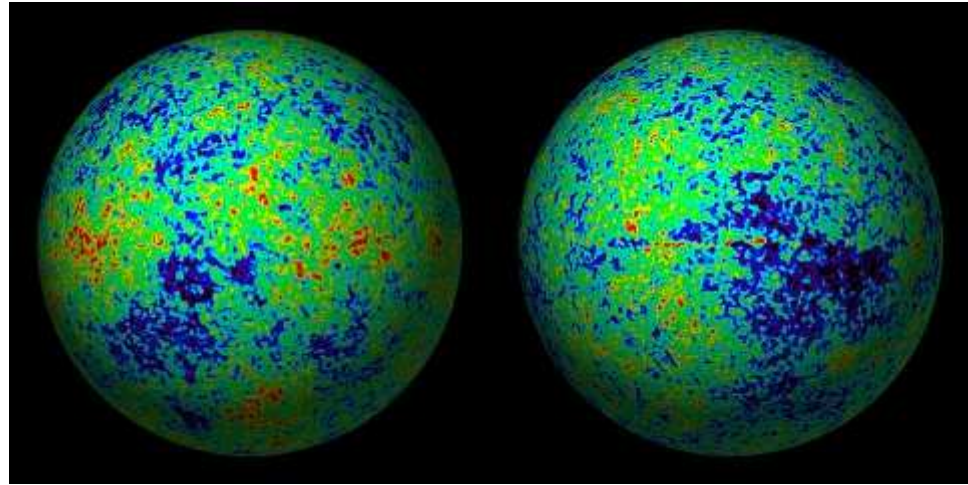
Dies ist ein Teil eines hochaufgelösten Spektrums eines Stern, in dem man die Vielzahl der Absorptionslinien des molekularen Wasserstoffs erkennen kann, der sich in einer Gaswolke zwischen dem Stern und der Erde befindet.

21 cm Strahlung und HI-Himmel

- Ein Wasserstoffatom besteht aus einem Proton als Kern und einem um dieses kreisenden Elektron. Das Elektron rotiert aber auch um seine eigene Achse (es hat einen Drehimpuls (Spin)). Aber im Unterschied zu Planetensystemen kann dieser Spin 2 Einstellungen aufweisen, zwischen denen das Elektron manchmal hin und her springt und dabei das Energieniveau ändert. Kurz gesagt bedeutet das, dass der Drehimpuls des Elektrons sich plötzlich umkehren kann. Bei diesem Übergang wird dann ein kleiner Energiebetrag frei, der mit einer Strahlung von 21 cm Wellenlänge identisch ist.
- Wegen der "Allgegenwärtigkeit" des neutralen Wasserstoffs sowie dem Umstand, dass das interstellare Medium bei 21 cm Wellenlänge "transparent" ist, also nicht oder nur ganz wenig absorbiert wird, kann man die ganze Galaxie hinter ihrem optischen Horizont enthüllen.



Hintergrundstrahlung



- Die kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung (engl. cosmic microwave background radiation, CMBR) wurde sehr genau vermessen
- Dabei stellte sich heraus, dass sie geringfügige Anisotropien auf der Skala von Mikrokkelvin (10^{-6} Kelvin) aufweist.
- Kosmologen nehmen an, dass diese Fluktuationen bereits von den ersten jungen Galaxien aufgeprägt wurden.
- Denn durch die damit verbundenen geringen Über- und Unterdichten in der Materieverteilung werden die Hintergrundphotonen beeinflusst.
- --- >>> **'Babyfoto des Universums'**

Röntgenastronomie

- In der Astronomie wird unter Röntgenstrahlung meist der Bereich elektromagnetischer Strahlung zwischen Energien von etwa 0,1 bis 500 keV, d. h. Wellenlängen zwischen etwa **12 nm und 2,5 pm**, verstanden.
- Da die **Erdatmosphäre für Röntgenstrahlung undurchlässig** ist, wurde Röntgenastronomie erst nach dem Zweiten Weltkrieg mit Forschungsraketen und Satelliten möglich
- Normale für sichtbares Licht verwendete Teleskope sind für Röntgenstrahlung unbrauchbar, da ihre **Spiegel das Röntgenlicht nicht zurückwerfen**.
- Im Bereich bis etwa 10 keV sind heute Wolterteleskope gebräuchlich. Sie beruhen auf der Totalreflexion von Röntgenlicht bei sehr flachem, streifendem Einfall auf eine Metallfläche.

Gamma

- Gammastrahlen sind die energiereichsten elektromagnetischen Wellen
- Das Gammateleskop der Zukunft
 - > Das Prinzip der Gammateleskope: Treffen hochenergetische Gammastrahlen auf die Lufthülle der Erde, lösen sie dort eine regelrechte Teilchenlawine aus. Diese wiederum ruft charakteristische blaue Lichtblitze hervor. Riesige Spiegelsysteme fokussieren das atmosphärische Leuchten auf extrem schnelle Kameras. Aus den Messdaten lässt sich dann rekonstruieren, woher ein Gammaquant kam und welche Energie in ihm steckte.
 - > Heutige Gammateleskope bestehen aus maximal fünf Einzelteleskopen, bei CTA sollen es rund 100 sein. Um den gesamten Himmel im Auge zu haben, sind zwei Standorte geplant – ein kleinerer auf der Nordhalbkugel mit 20 bis 30 Teleskopen auf einer Fläche von einem Quadratkilometer, und ein größerer auf der Südhalbkugel mit 70 bis 100 Teleskopen auf etwa zehn Quadratkilometern.

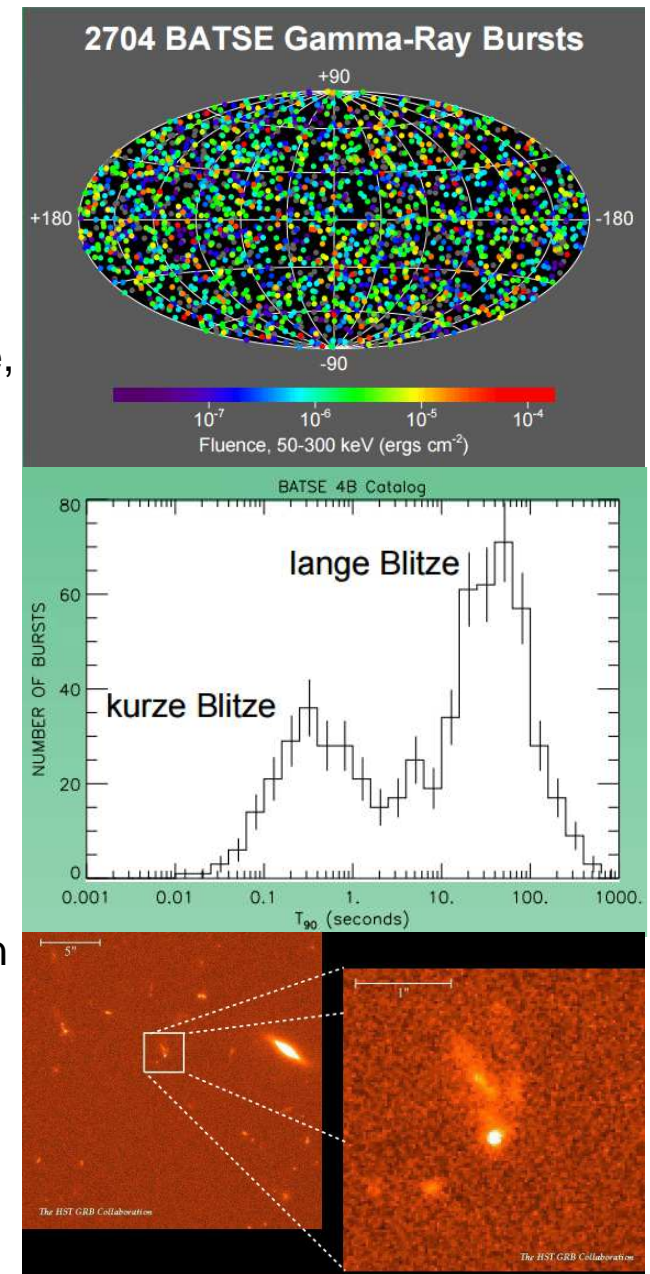
Hochenergie

- Objekte des Universums erzeugen nicht nur Photonen im GeV-Bereich, sondern sogar Photonen mit Energien von 100 GeV bis zu einigen TeV.
- Solche Ereignisse sind sehr selten.
- Diese Photonen lösen Teilchenschauer aus, wenn sie auf die Erdatmosphäre treffen.
- Die entsprechenden relativistischen Elektronen erzeugen dann Cherenkov-Strahlung in der Atmosphäre, die als optische Photonen "
- mit geeigneten Teleskopen, sog. Cherenkov Teleskopen in mondlosen Nächten detektiert werden können (Magic in La Palma, Veritas in USA, H.E.S.S. in Namibia und Cangaroo in Australien).



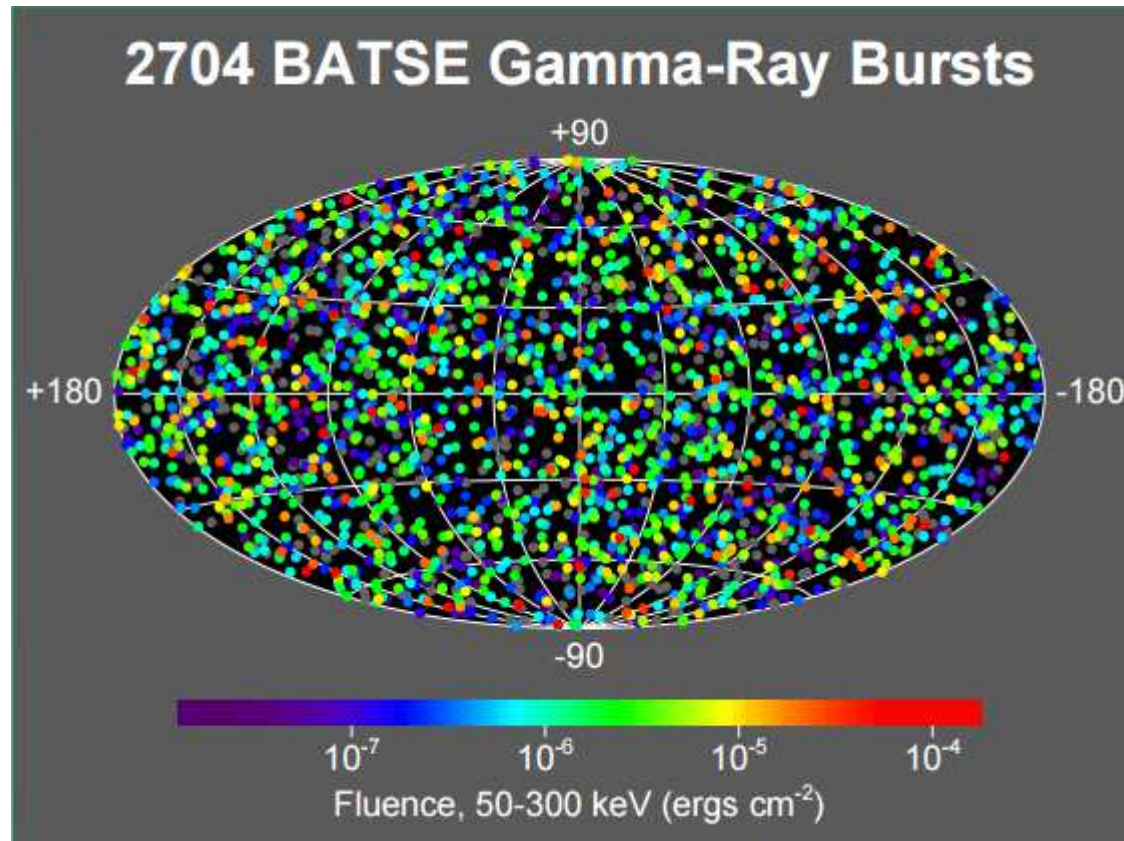
Gammablitze

- Kosmische Gammablitze sind die hellsten Strahlungsausbrüche, die wir kennen. Sie können für einige Sekunden so hell leuchten, wie alle Sterne im Universum zusammen.
- Die energiereiche Gammastrahlung stammt von Quellen in fernen Galaxien. Daher sind die gemessenen Gammablitze gleichmäßig am Himmel verteilt.
- Theoretische Überlegungen führen zur Vermutung, dass sie gleichsam als "Geburtswehen" bei der Bildung Schwarzer Löcher entstehen. Dies geschieht, wenn zwei kompakte Sterne in einem Doppelsystem verschmelzen.
- Während ein solches Ereignis zu einem kurzen Gammablitz von weniger als zwei Sekunden Dauer führen könnte, kommt es zu einem langen Blitz, wenn das Innere eines sehr massereichen Sterns zu einem Schwarzen Loch zusammenstürzt.
- Der bisher hellste Gammablitz ereignete sich am 23. Januar 1999 (GRB 990123) und war mit dem Feldstecher zu sehen

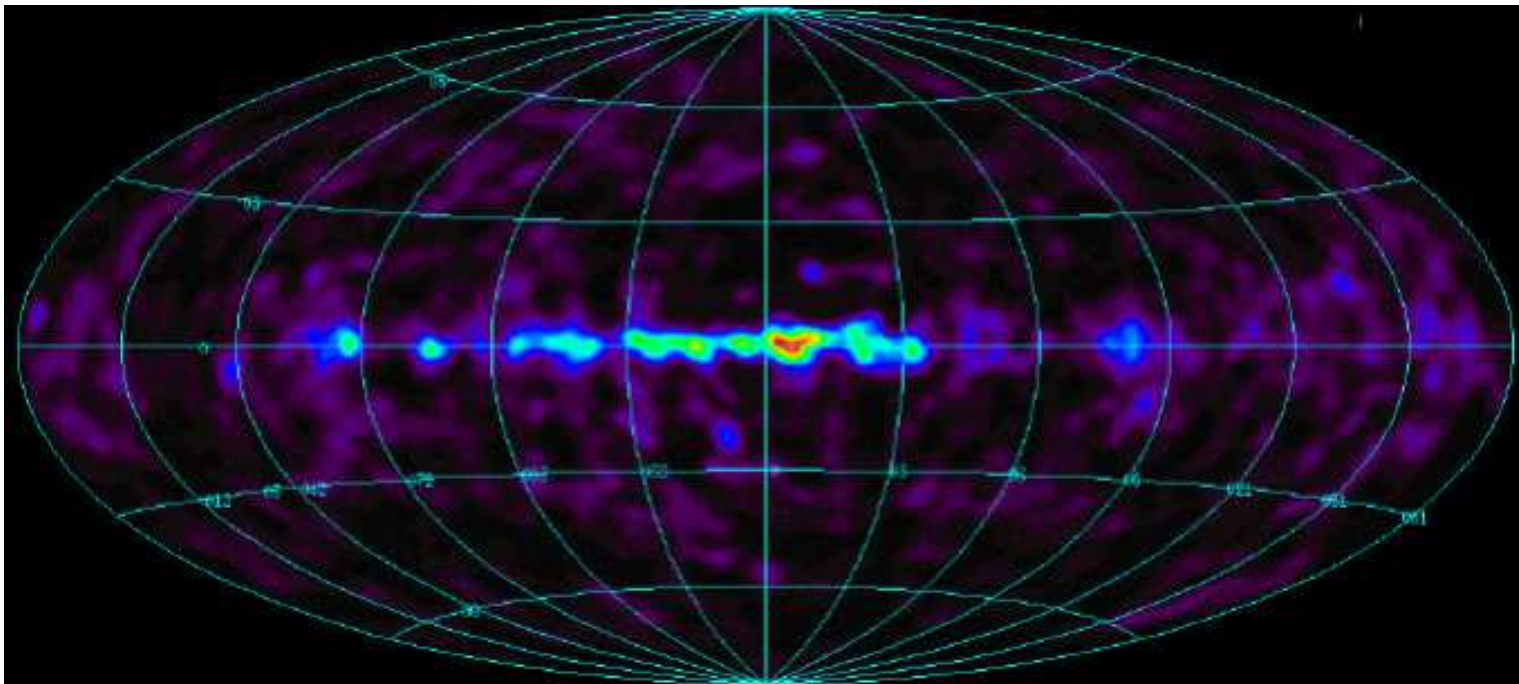
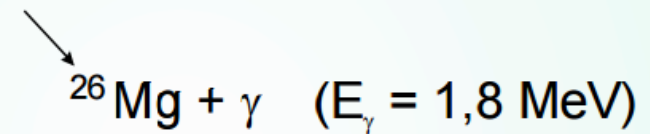
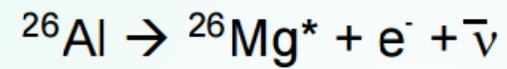


Gammablitze

Verteilung der Gammablitze am Himmel. Es zeigt sich keinerlei geordnete Struktur, genau wie man es erwartet, wenn sich die Quellen der Blitze sich im weit entfernten Universum befinden.

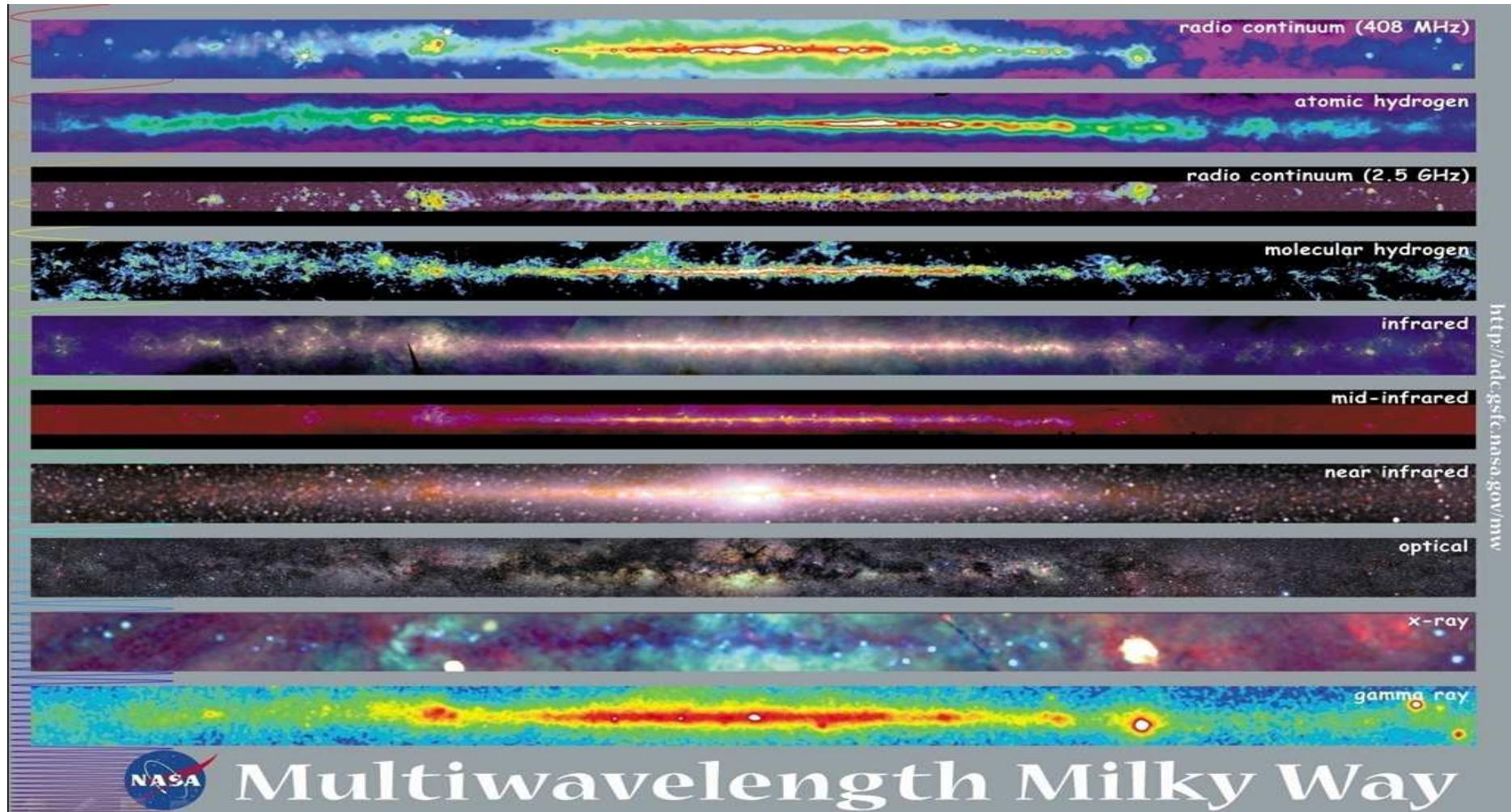


Beobachtung von γ -Strahlung aus dem Weltall



Himmelskarte der 1,8 MeV -Strahlung COMPTEL Teleskop

Multiwavelength Milky Way



Tscherenkow-Strahlung

- bläuliche Leuchterscheinung, die beim Durchgang schneller, geladener Teilchen (z. B. Elektronen) durch Wasser hervorgerufen wird.
- Die schnellen Elektronen sind hier teils durch Betastrahlung, teils durch Stoßprozesse von Neutronen und Gammaquanten aus Atomhüllen freigesetzt.

Cherenkov-Effekt

Cherenkov-Effekt

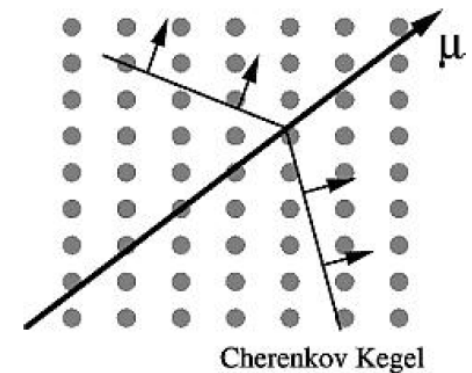
Der Cherenkov-Effekt entsteht, wenn die Geschwindigkeit eines Teilchens grösser als die Lichtgeschwindigkeit im Medium ist. Dann erzeugt das Teilchen das sogenannte Cherenkov-Licht, das sich gemäss:

$$\cos(\theta) = \frac{1}{n \cdot \beta}$$

verbreitet (Abb. 11), wobei n gleich der Brechungsindex des Mediums ist. Die in diesen Fällen am häufigsten verwendete Cherenkov-Materie ist Wasser (Eis oder Meereswasser), dessen Brechungsindex $n \approx 1.3$ zu einem Wert $\theta \approx 41^\circ$ führt. D.h. die Analyse der durch Cherenkov-Licht registrierten Ereignisse ermöglicht eine dreidimensionale Rekonstruktion der Bahn der Myonen (und deswegen auch der Neutrinos). Außerdem ergibt die Formel

$$\frac{d^2N}{d\lambda dx} = 2\pi \cdot \alpha \cdot \sin^2\left(\frac{\theta}{\lambda^2}\right)$$

die Anzahl der emittierten Photonen.



Neutrino Teleskope

- Neutrinos sind elektrisch neutral, praktisch masselos und reagieren mit Materie nur durch Schwache Wechselwirkung. Deshalb ist ihr Nachweis schwierig. Im Antares-Experiment werden sie über die Tscherenkow-Strahlung nachgewiesen, die die geladenen Reaktionsprodukte der Neutrinos im Wasser erzeugen, ähnlich wie im IceCube-Detektor. Um genügend viele Teilchensignale für statistisch signifikante Aussagen zu ergeben, muss das Detektorvolumen groß sein, und es müssen jahrelang Daten gesammelt werden.

Nachweis von Neutrinos

Seit 1967 haben Raymond Davis Jr. (Nobelpreis 2002 zusammen mit M. Koshiba und R. Giacconi) und seine Kollegen versucht, solare Neutrinos mit 100000 Gallonen C_2Cl_4 (Tetrachloroäthylen, einer Reinigungsflüssigkeit) in der Homestake-Mine South Dakota über die Reaktion



nachzuweisen (Abb. (50)).

Dabei wird ca. 1 radioaktives Argon-Atom pro Tag produziert, das mit einer Halbwertszeit von 35 Tagen zerfällt. Die Reaktion ist nur für B und Be-Neutrinos sensitiv.

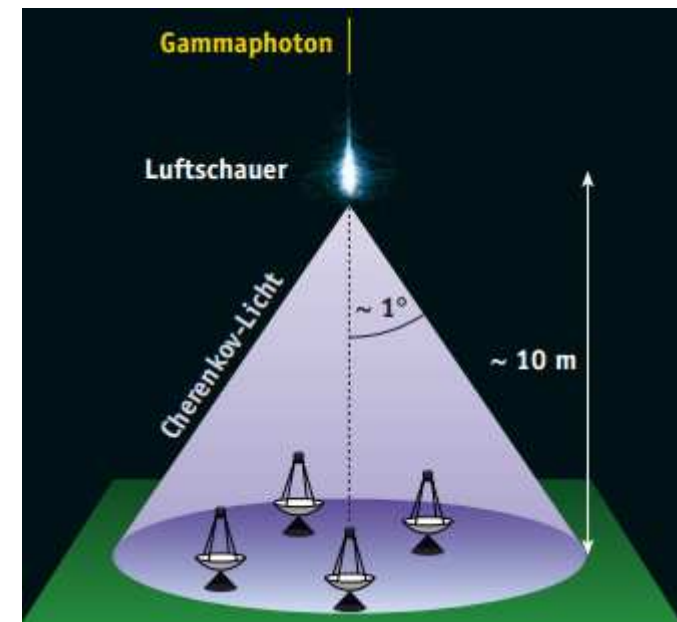
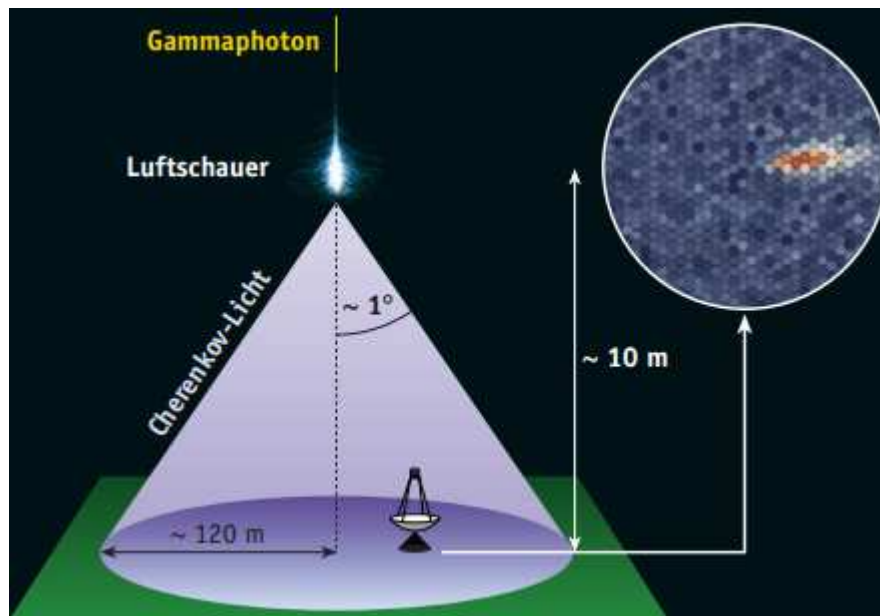
Das Ergebnis war überraschend: es wurden zwar eindeutig Neutrinos nachgewiesen, aber nur mit ca. einem Drittel der vorhergesagten Rate.

Die Lösung konnte entweder in Problemen mit dem Sonnenmodell liegen, oder in einer neuen Eigenschaft von Neutrinos, der bereits postulierten **Neutrino-Oszillationen**. Besonders wichtig: letztere setzen eine nichtverschwindende Ruhemasse der Neutrinos voraus.

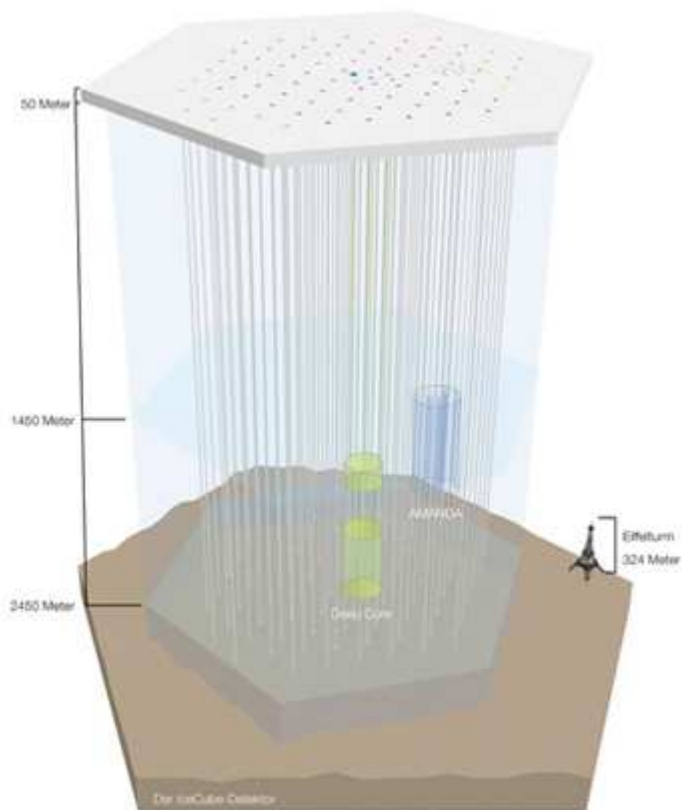
Es folgten weitere Neutrino-Experimente: Kamiokande (japanischer Cherenkov-Detektor, Abb. (51)), GALLEX (europäisches ${}^{71}_{31}\text{Ga}(\nu_e, e^-){}^{71}_{32}\text{Ge}$ -Experiment im Gran Sasso-Tunnel), SAGE (Russland, gleiche Reaktion) und Super-Kamiokande (Cherenkov), mit dem 1998 erstmals Neutrino-Oszillationen in der Erdatmosphäre nachgewiesen wurden.

1999 wurde das Sudbury Neutrino Observatory (${}^{\text{SNO}}$) in Ontario, Kanada in Betrieb genommen (mit “geliehenen” 1000 Tonnen schwerem Wasser), mit dem erstmals auch ν_μ und ν_τ nachgewiesen werden konnten. Im Juni 2001 wurden die ersten Ergebnisse veröffentlicht, die eine Lösung des solaren Neutrinoproblems durch Oszillationen nahelegten. Sie wurden im April 2002 bestätigt, damit gilt das Problem als gelöst.

Cherenkov - Messung

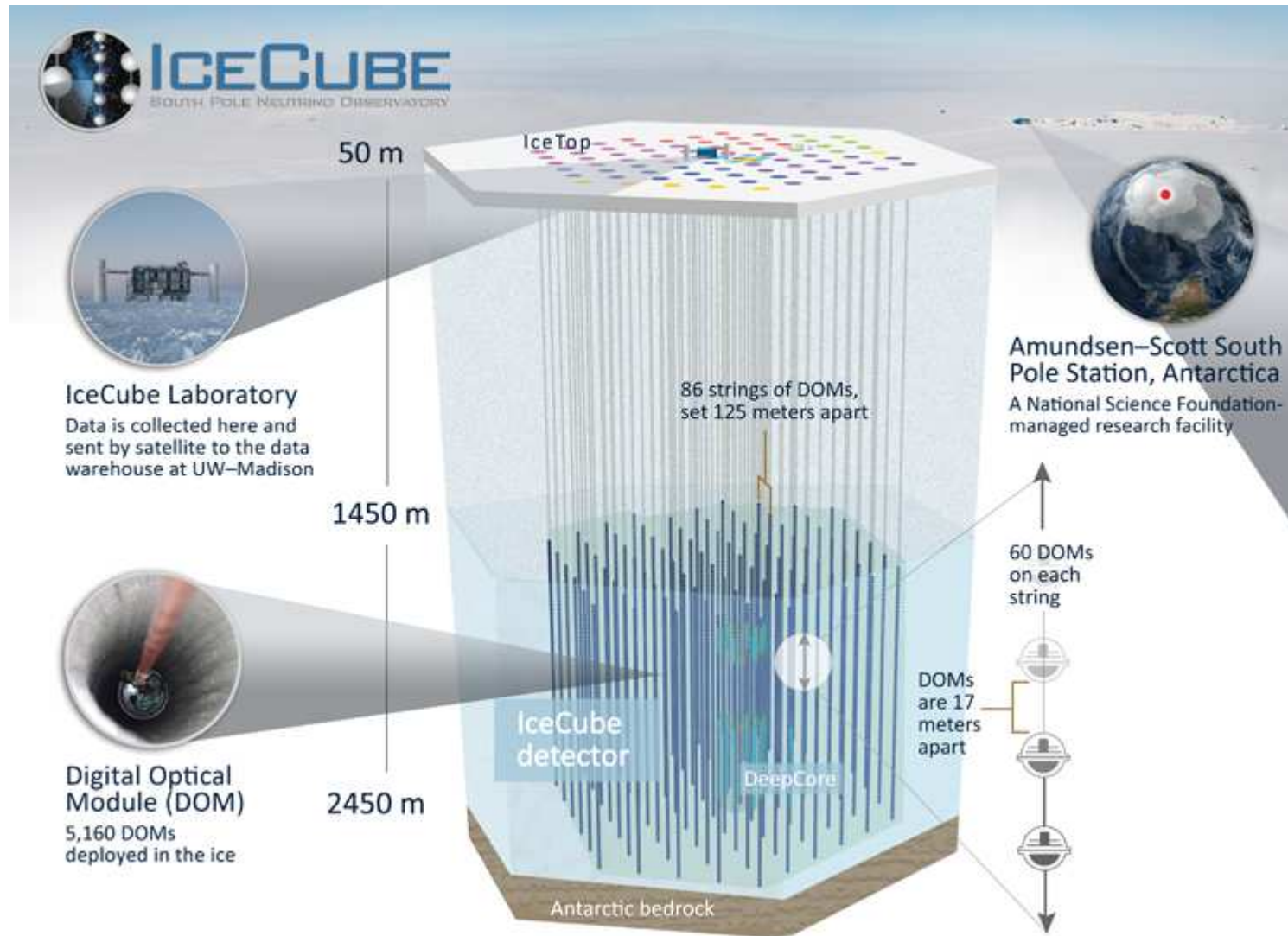


Neutrino teleskop

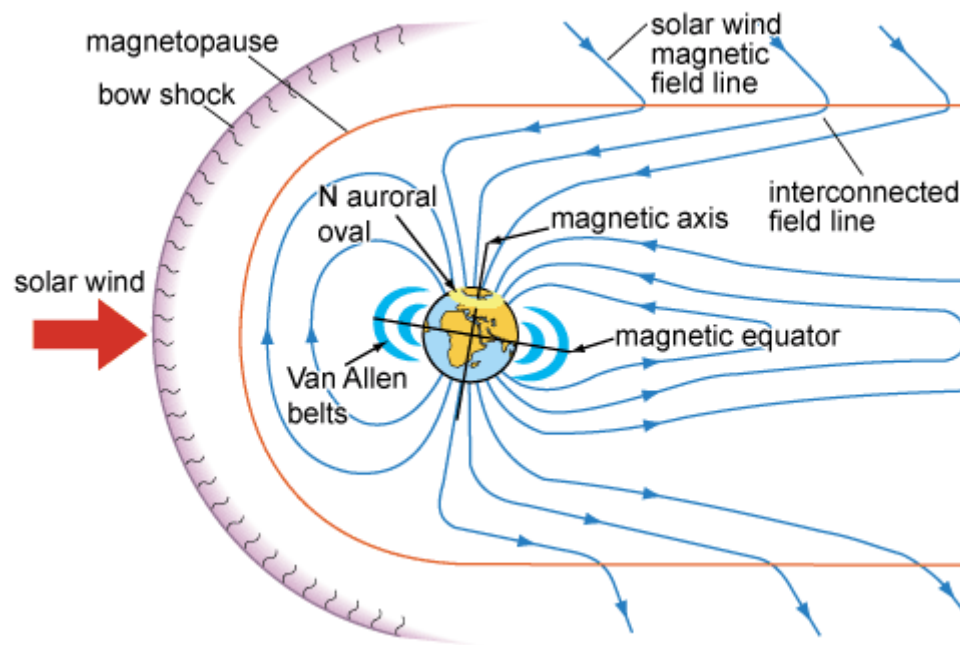


- IceCube ist ein Neutrino teleskop der Superlative, installiert im Eis der Antarktis am Südpol. In einem Volumen der Größe eines Kubikkilometers weisen 5160 Lichtsensoren Myonen oder andere geladene Teilchen nach, die den Detektor von unten durchfliegen. Sie werden bei der Wechselwirkung hochenergetischer Neutrinos mit den Eismolekülen erzeugt. IceCube ist der weltweit größte Teilchendetektor, mit dem Neutrinos von galaktischen oder extragalaktischen Objekten nachgewiesen werden sollen. Obwohl der Südpol als Ort für eine Hochtechnologie-Anlage zunächst befremdlich erscheint, gibt es ganz entscheidende Vorteile: Das Eis ist dort 3 km tief, es ist höchst transparent und die Amundsen-Scott Station bietet die erforderliche Infrastruktur.

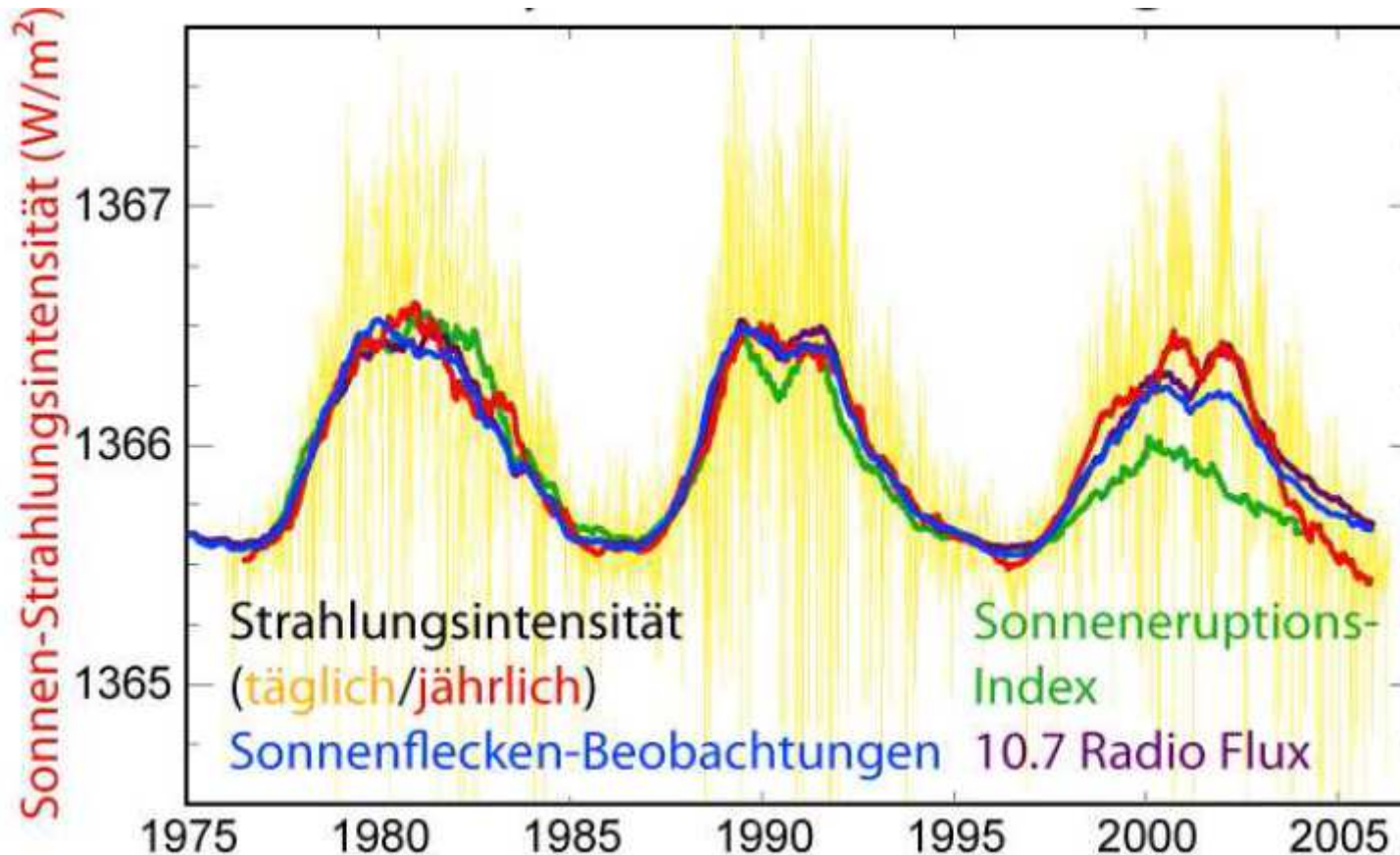
IceCube



Sonnenwind und dessen Einfluss auf die Magnetosphäre der Erde



Solarzyklus-Veränderungen



Sonnenflecken

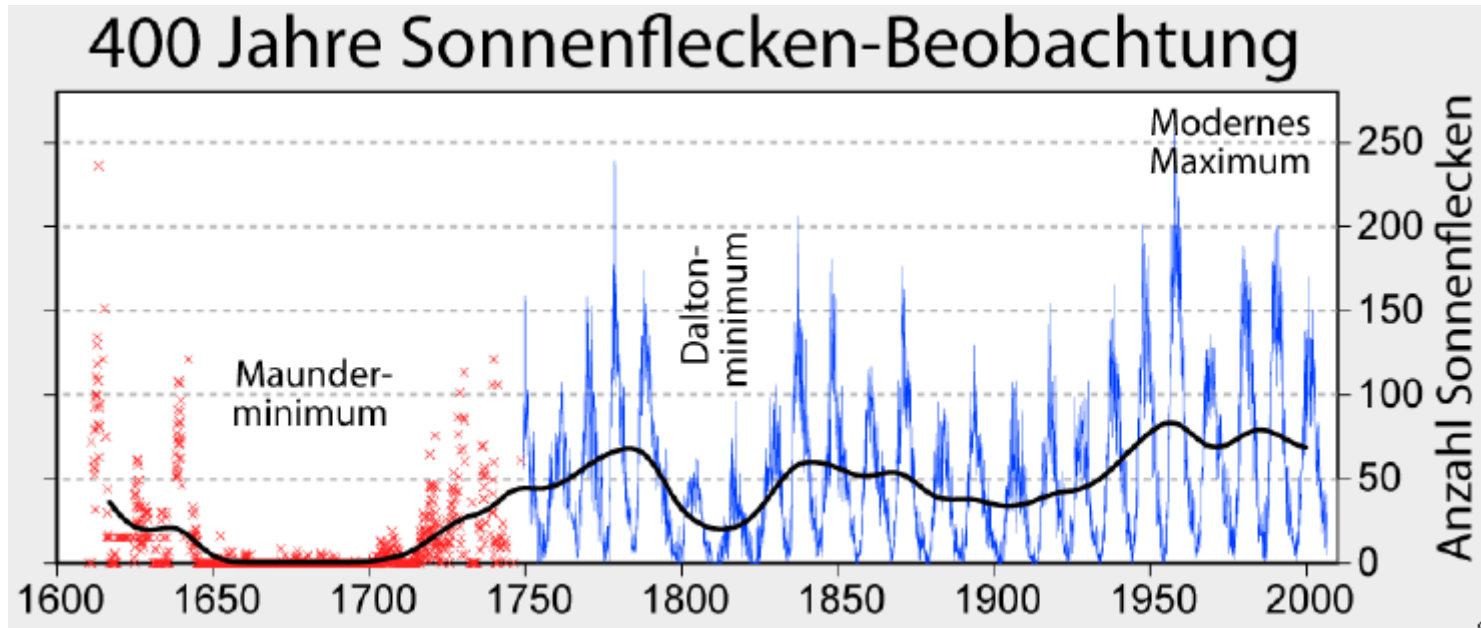
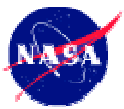
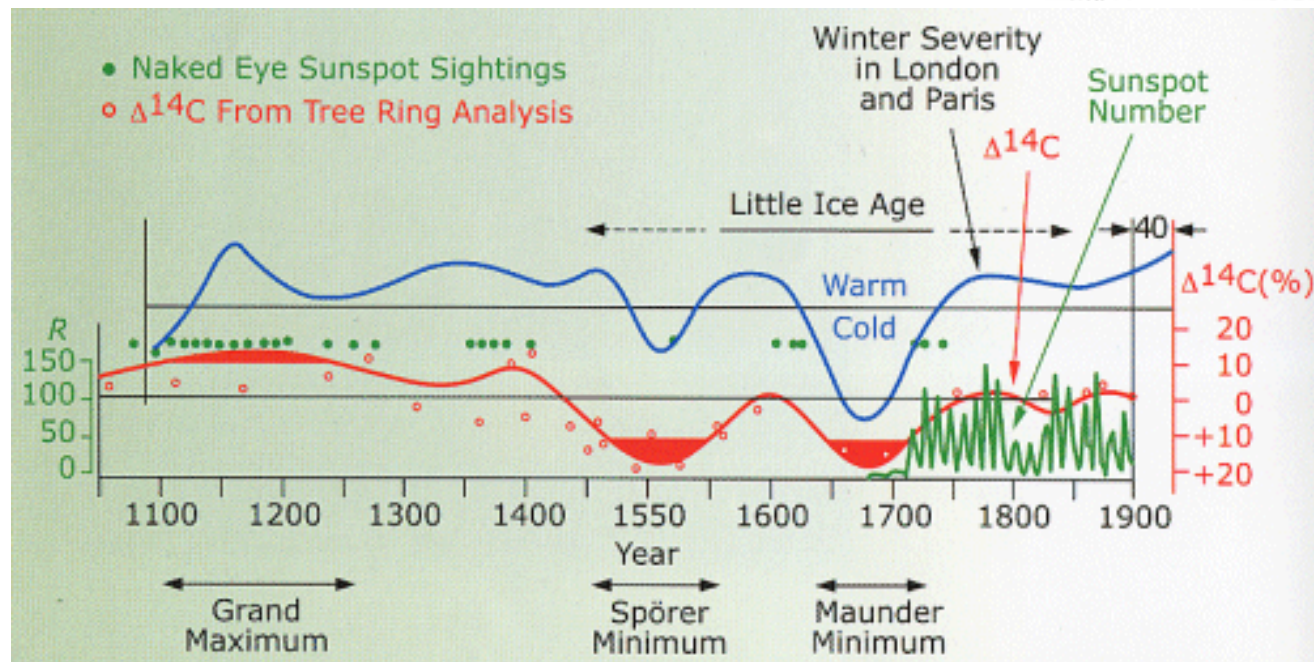
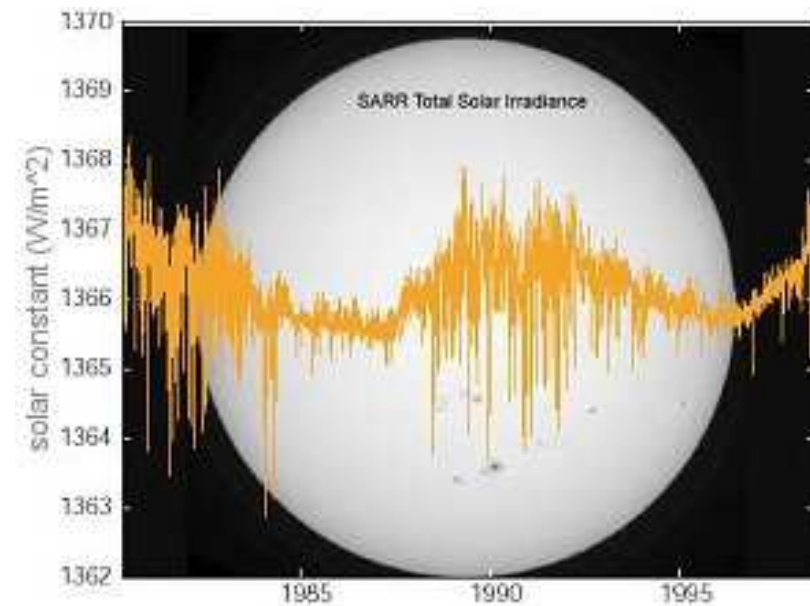


Abbildung 7.27: Sonnenflecken und Maunder Minimum. Als Maunderminimum wird eine Periode stark verringerter Sonnenfleckenaktivität in den Jahren zwischen 1645 und 1715 bezeichnet. Das Maunderminimum fiel mit den kältesten Jahren der Kleinen Eiszeit zusammen, während der in Europa, Nordamerika und China viele sehr kalte Winter auftraten. Aufzeichnungen aus anderen Teilen der Welt sind leider nicht detailliert genug, um diese Aussage zu verallgemeinern.

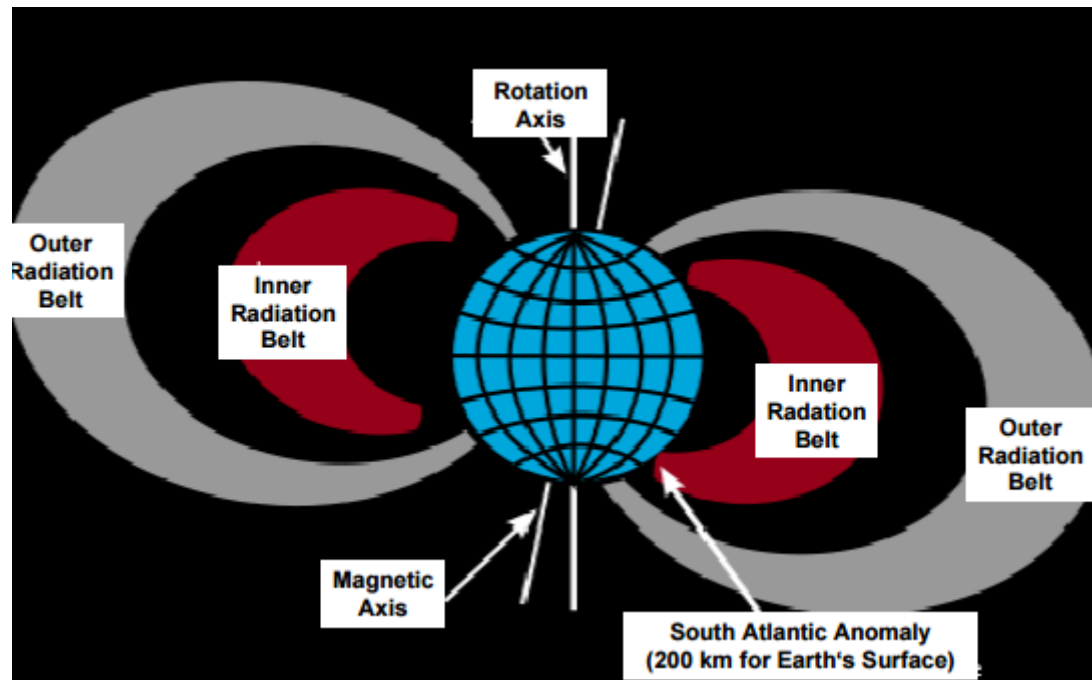


Die Solarkonstante ist nicht konstant

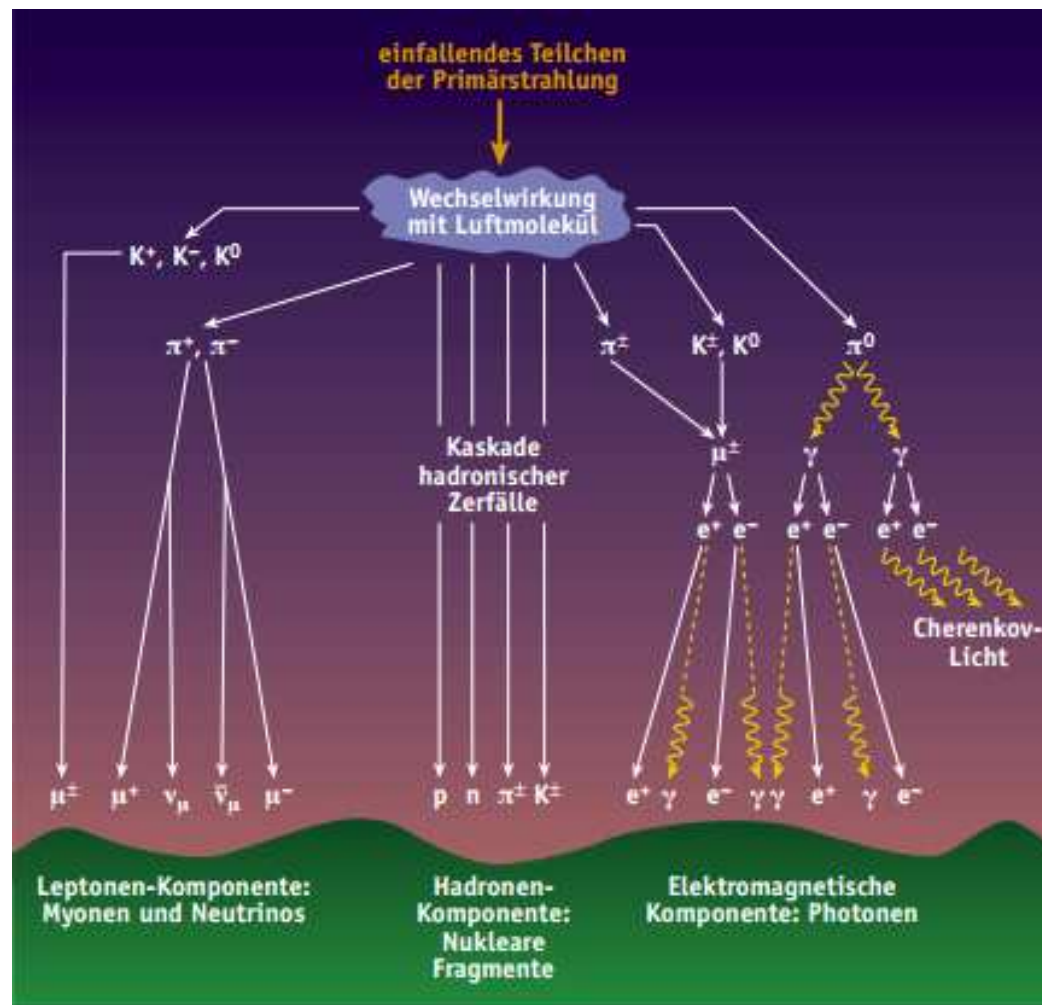
The total energy coming from the Sun only varies by about 0.1% over each 11-year cycle. For a long time scientists didn't notice it either, which is why the Sun's intensity is called, ironically, the "solar constant."



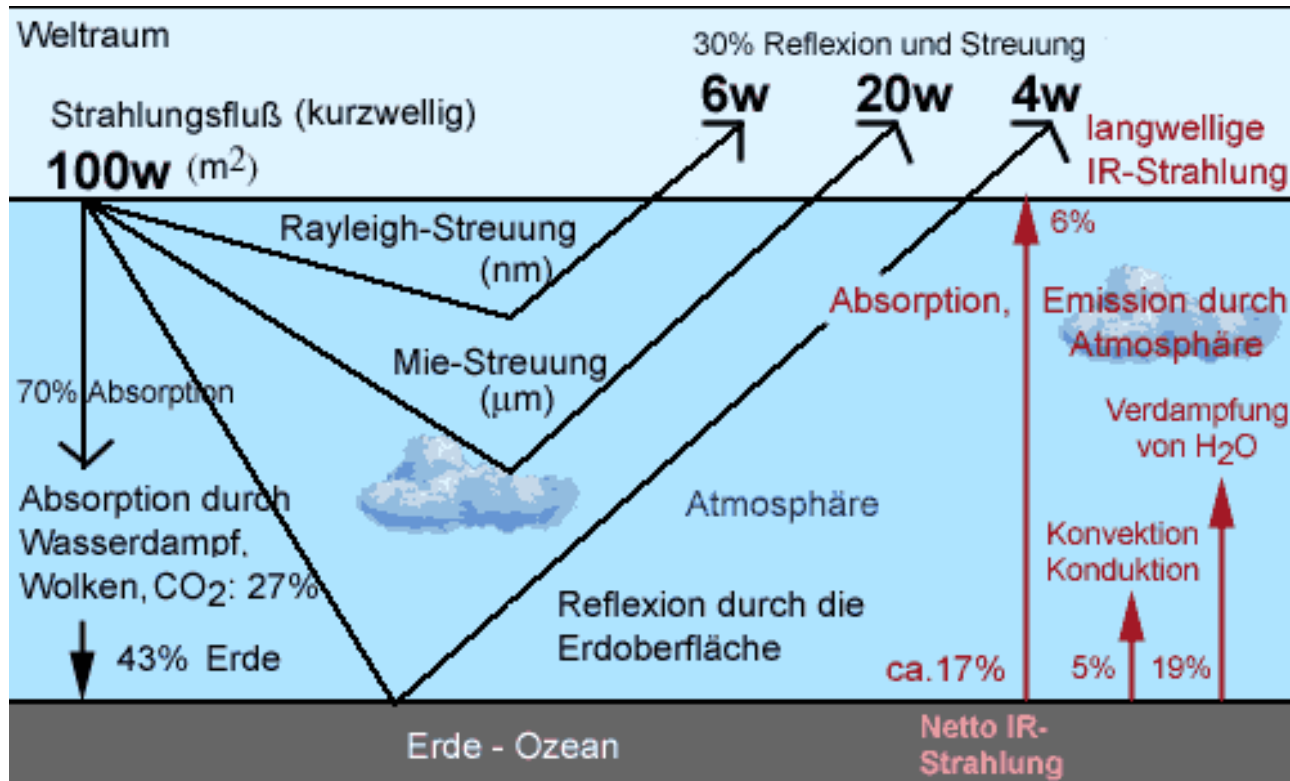
Radiation Belt



Primärstrahlung / Wechselwirkung

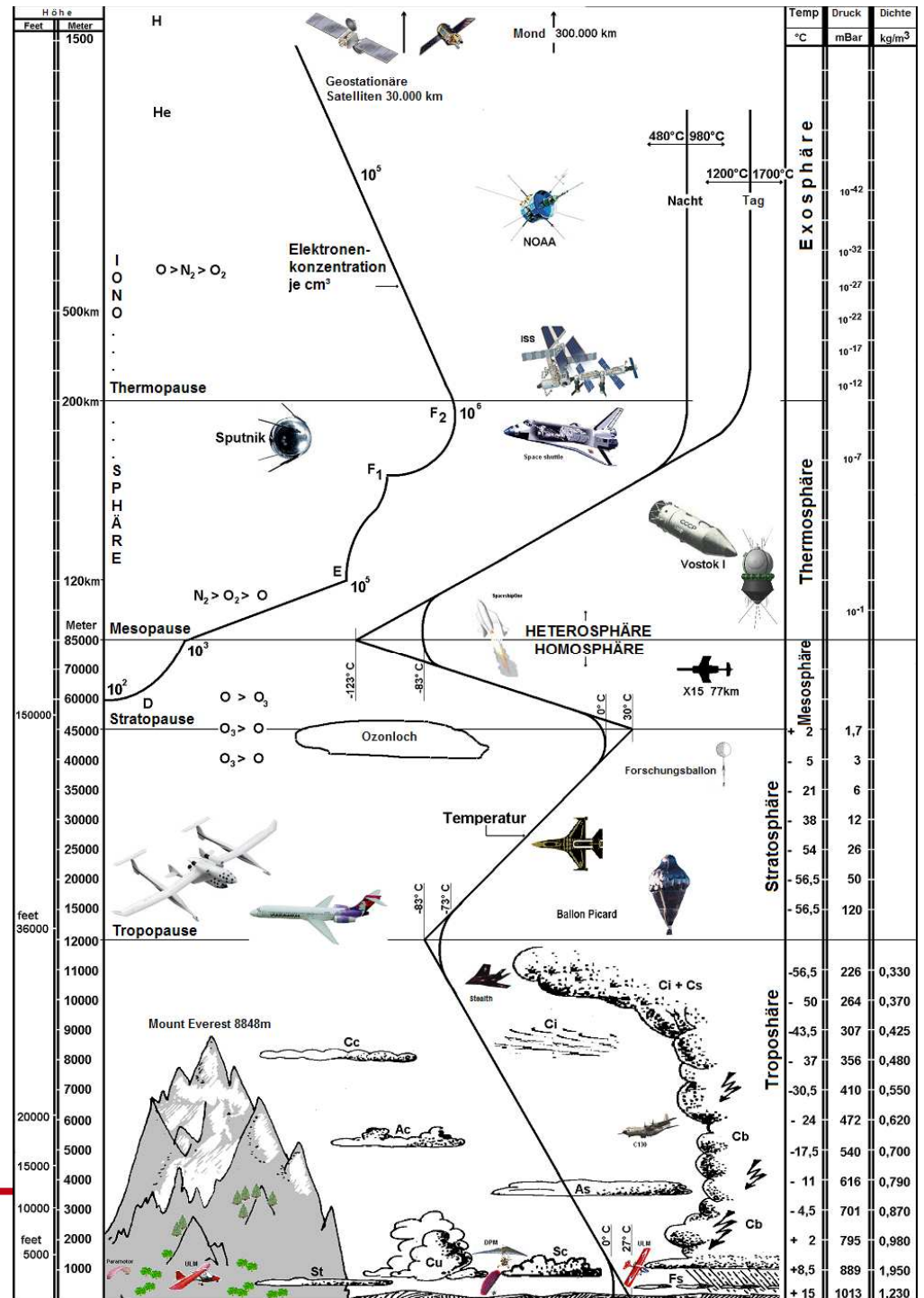
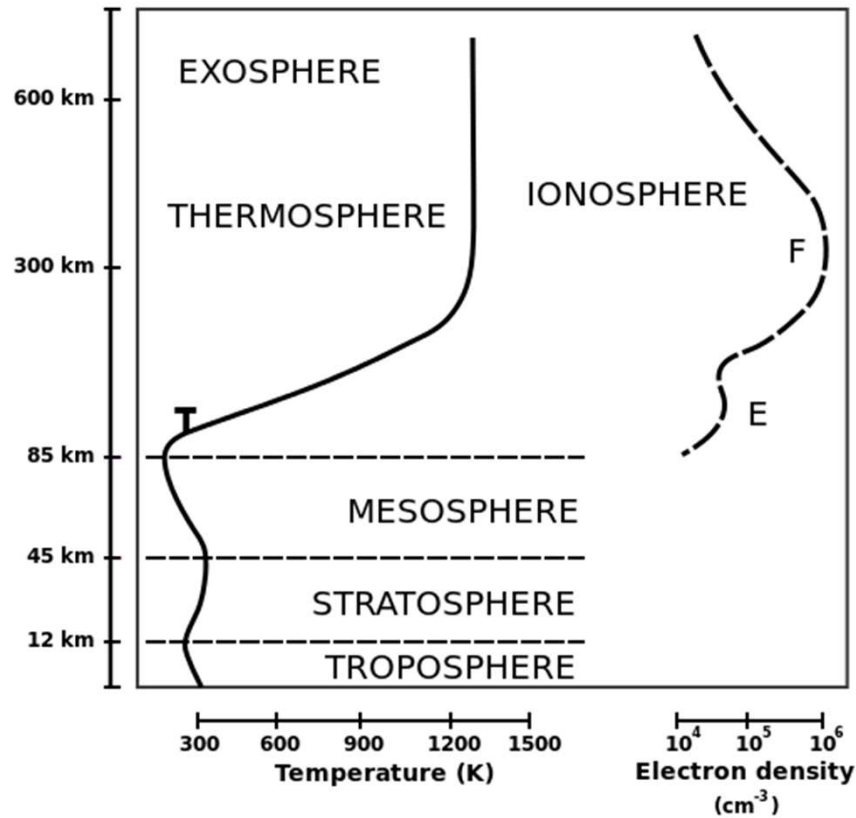


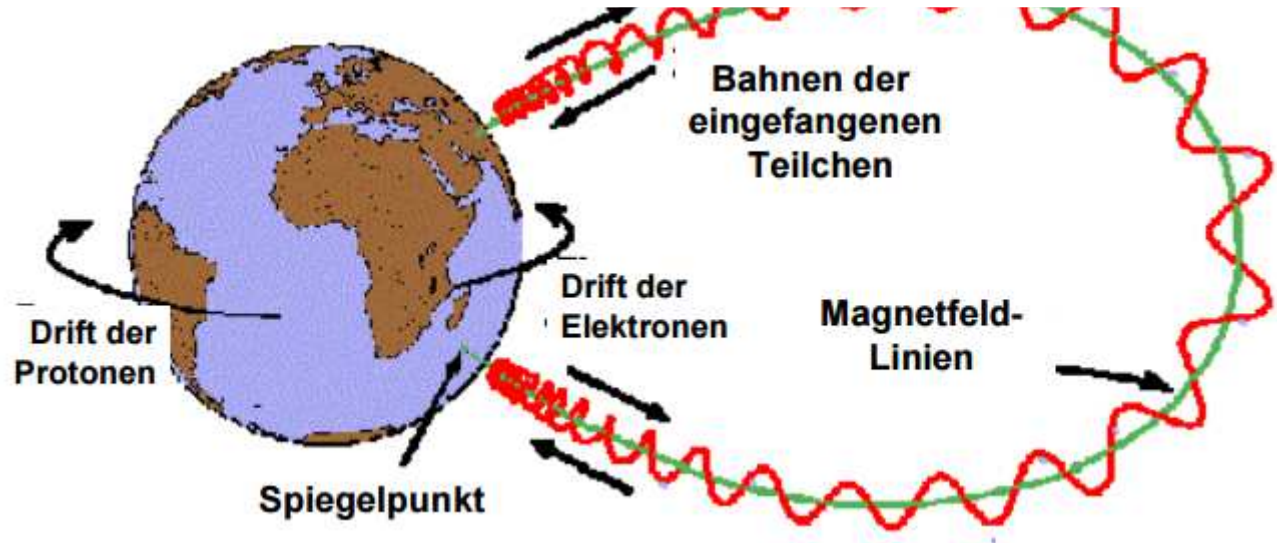
Strahlungsfluss (Absorption / Reflexion)



Quelle: <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Rayonnement/Cours/intro.htm#table>
aktualisiert egb 1/03

Atmosphären- Aufbau





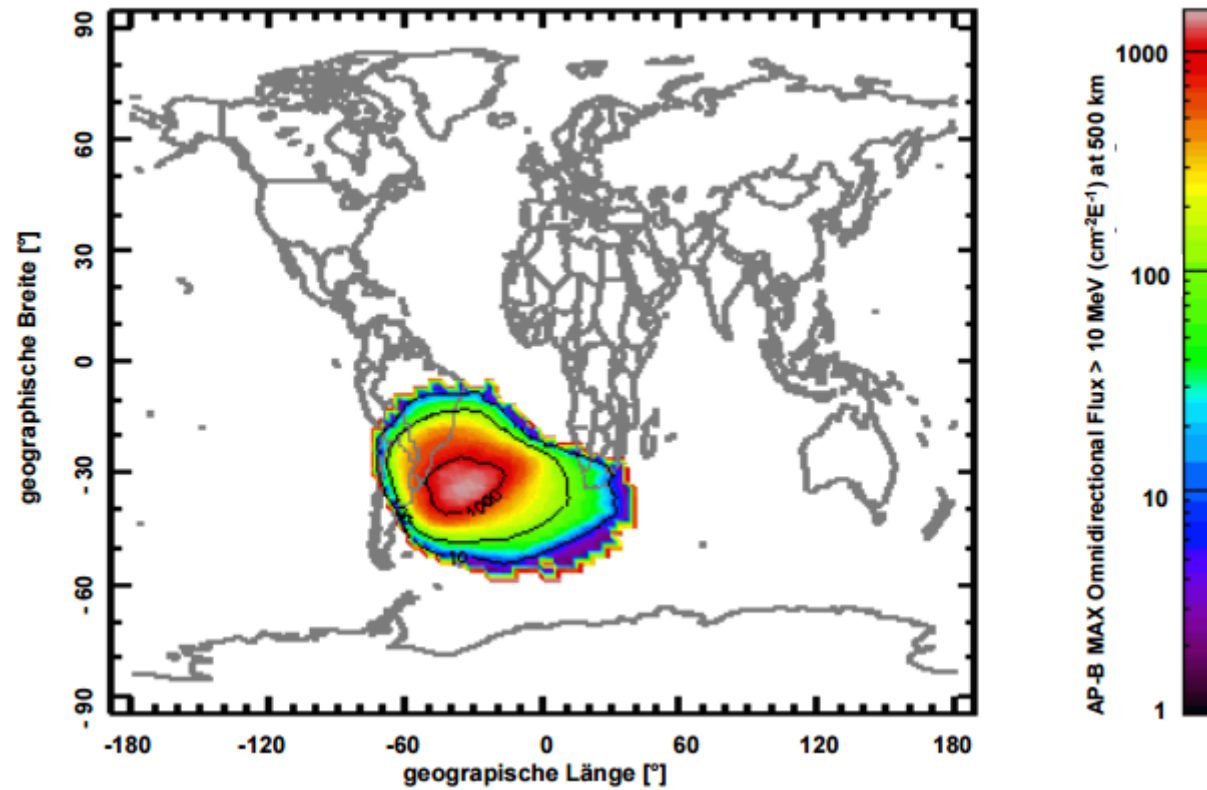
Lorentzkraft = Zentripetalkraft

$$|\vec{F}_{\text{Lorentz}}| = e|\vec{v} * \vec{B}| = \frac{m|\vec{v}|^2}{r} \rightarrow r = \frac{m|\vec{v}|}{eB}; \text{ Rotationsfrequenz: } \nu \propto B \left(\frac{e}{m} \right).$$

- Gegen die Pole nimmt die Feldstärke zu – die Feldlinien liegen näher beieinander – wodurch die Teilchen, nach dem Prinzip der magnetischen Flasche, eine rücktreibende Kraft spüren, was dazu führt, dass sie zwischen den Polen hin- und herpendeln. Da die Magnetfeldlinien gegen die Pole senkrecht auf die Erdoberfläche auftreffen, können die Teilchen dort in die Erdatmosphäre eindringen und Moleküle und Atome der Luft anregen.
- Dies hat ein Fluoreszenzlicht zur Folge. Polarlichter haben verschiedene Farben: An Sauerstoffatomen in 100 km Höhe entsteht grünes Fluoreszenzlicht, an Sauerstoffatomen in 200 km Höhe rotes, an Stickstoffatomen violett bis blaues. Außerhalb der Polarregionen können die Teilchen nur selten tief in die Atmosphäre eindringen. Deshalb sind Polarlichter in den gemäßigten Zonen, also auch in Europa, eher selten und dann vor allem rot

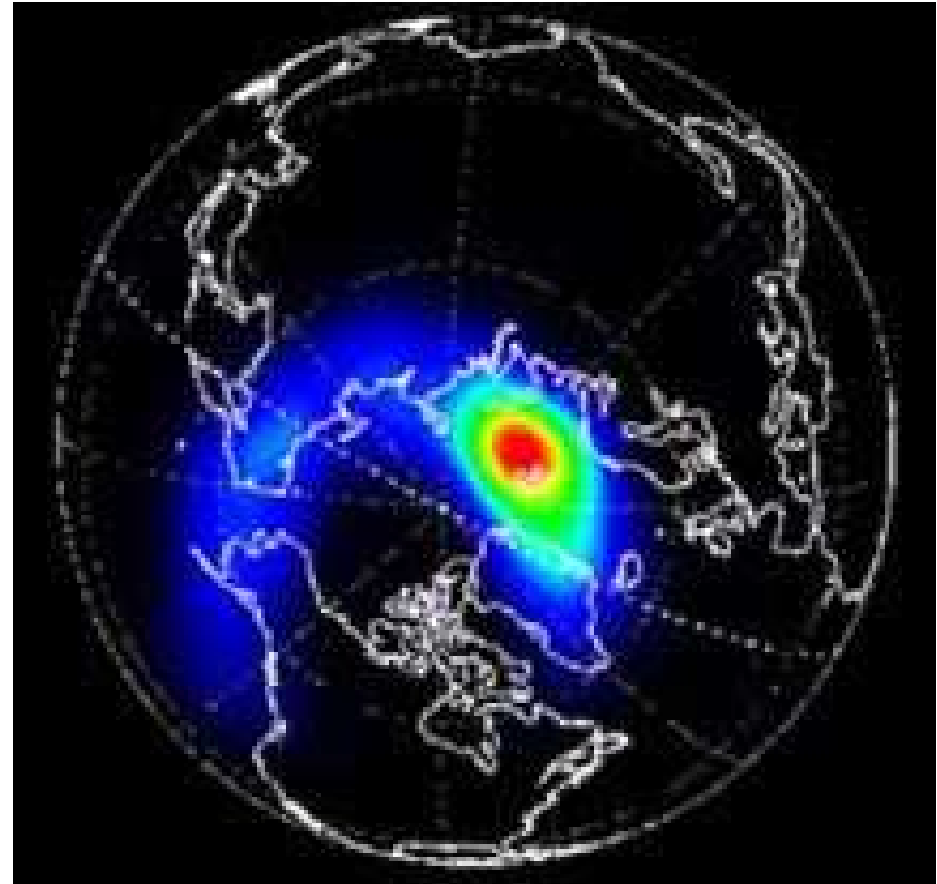
The South Atlantic Anomaly:

Teilchenfluss / $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1} > 1000 \text{ MeV}$ in 500 km

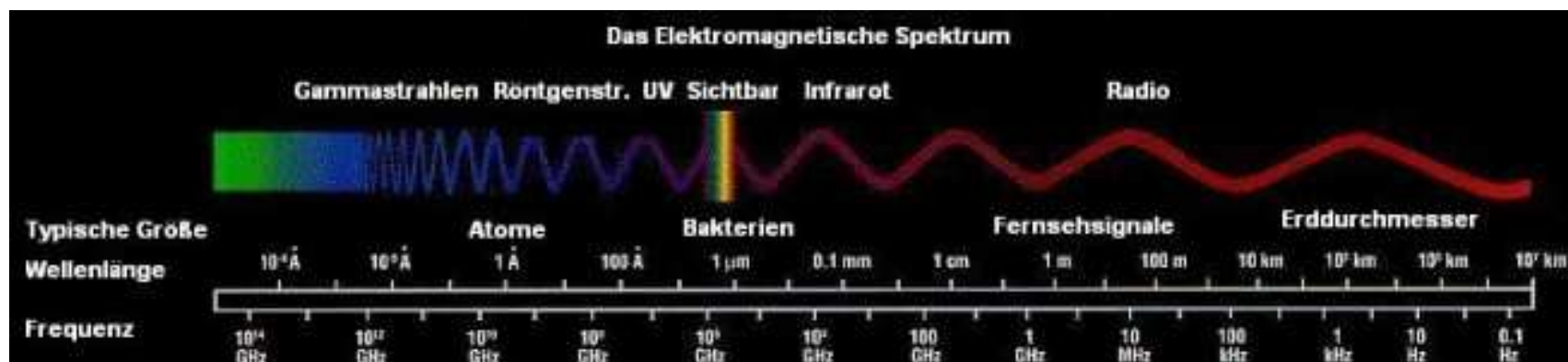
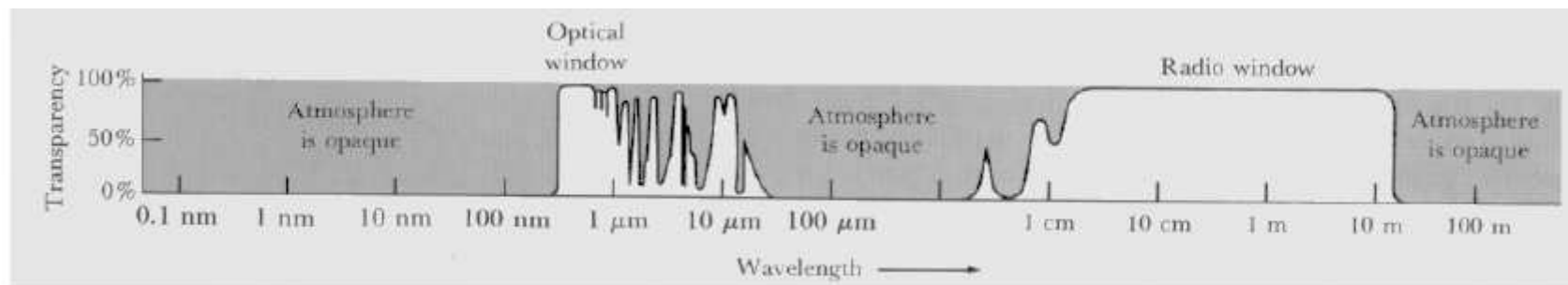


Röntgenbild der Erde

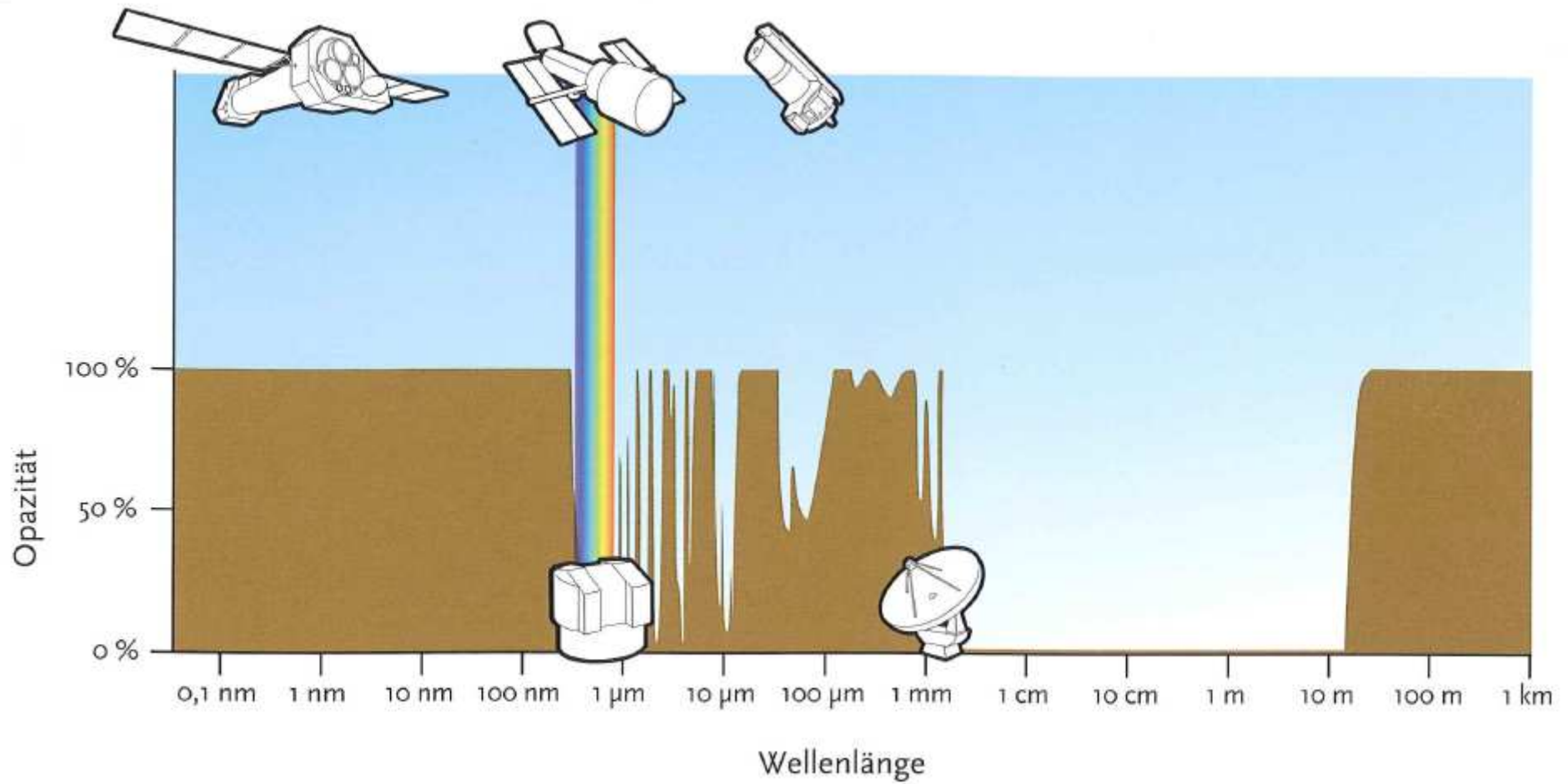
- Ein Röntgenbild unserer Erde zeigt deutlich starke Röntgenemission im Polarbereich. Diese stammt von Röntgenstrahlung, die beim Eintreten der das Polarlicht verursachenden von der Sonne kommenden schnellen Protonen und Elektronen in der Ionosphäre entsteht. Dass dies nur in den Polarregionen geschieht hängt mit der abschirmenden Wirkung des Erdmagnetfeldes zusammen. Diese Röntgenstrahlung ist für uns nicht gefährlich, da sie von tieferen Luftschichten der Atmosphäre absorbiert wird.



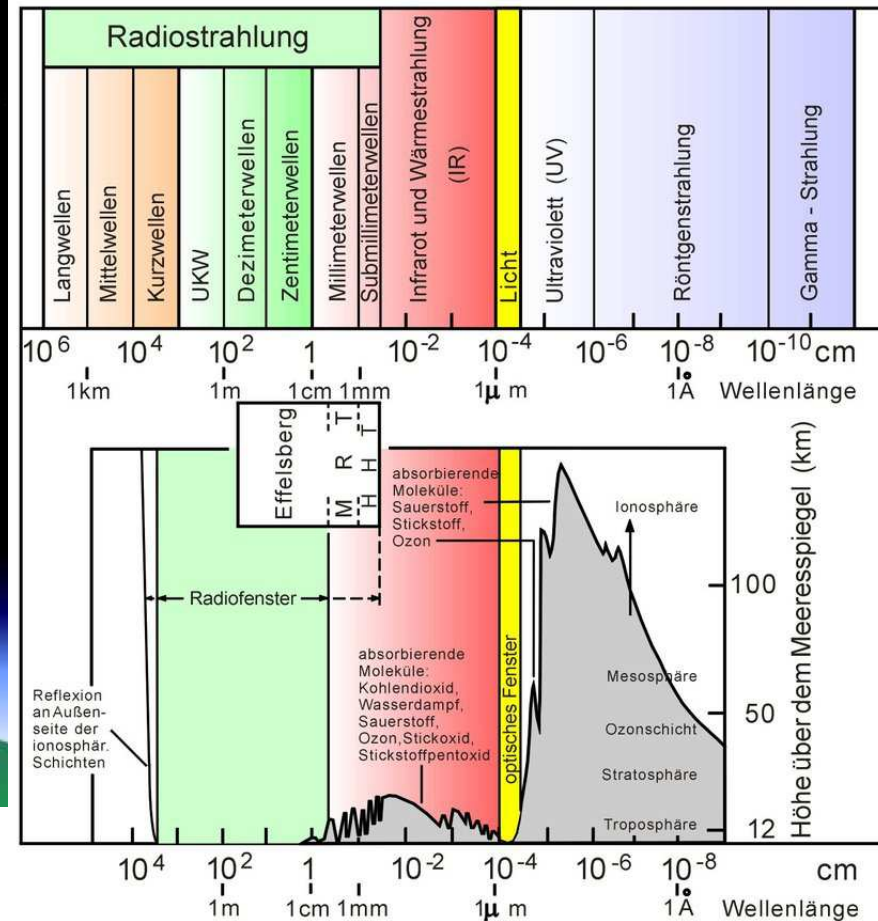
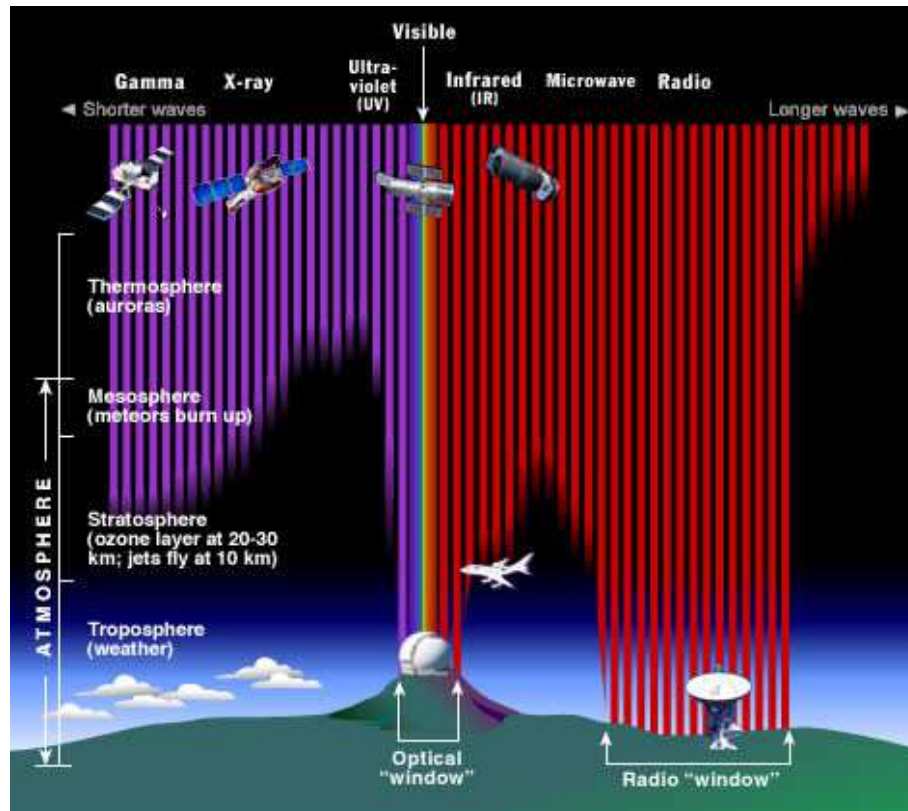
Durchlässigkeit der Atmosphäre für EM Strahlung



Opazität der Atmosphäre

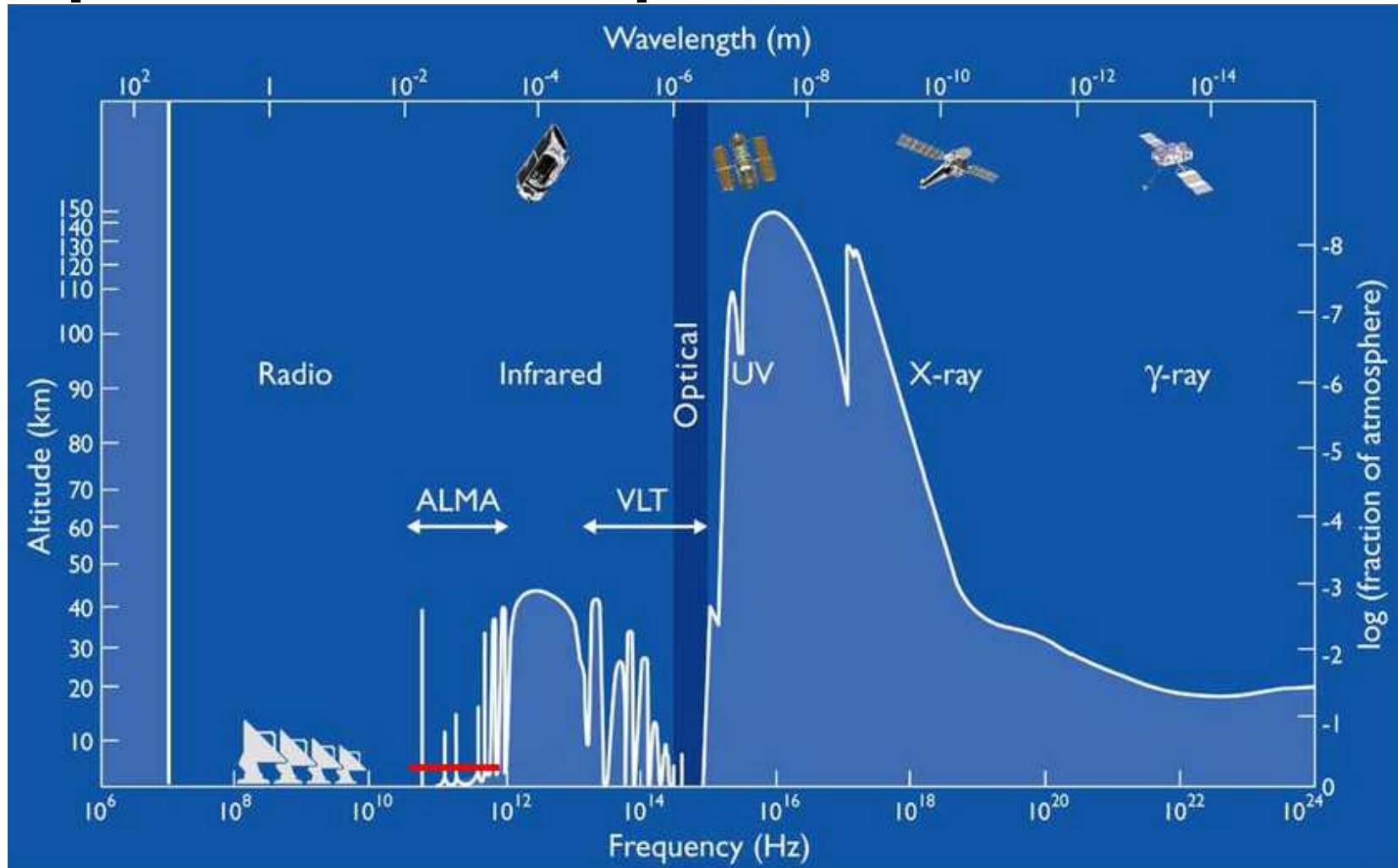


Opazität der Atmosphäre



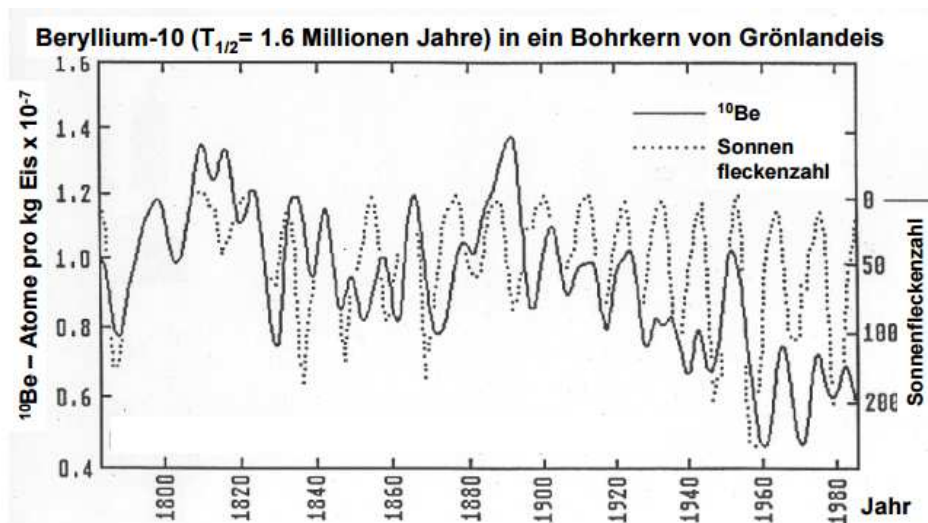
© MPIfR Bonn 1998

Opazität der Atmosphäre



Kosmogene Radionuklide

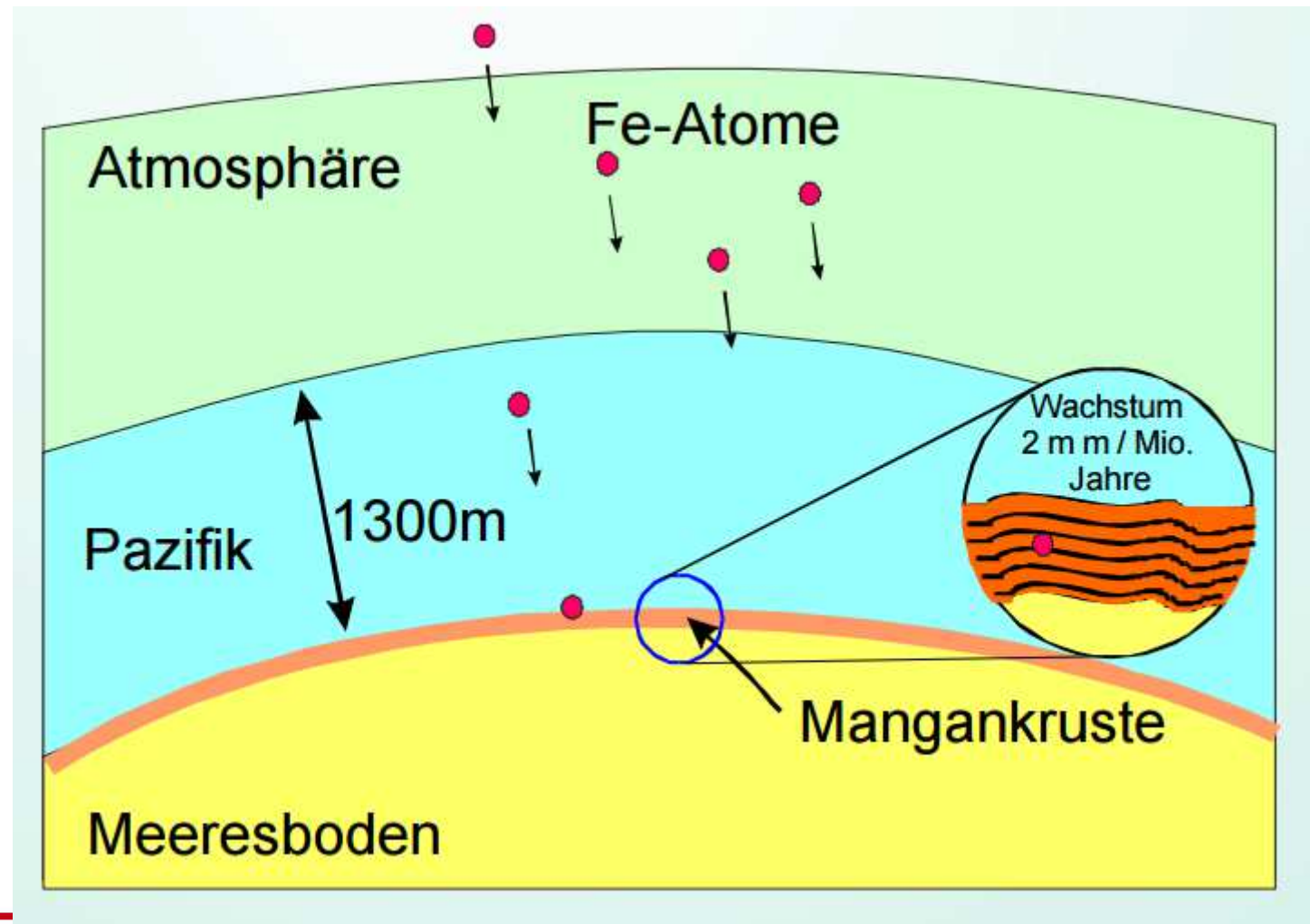
Isotop	physikalische Halbwertszeit	Produktion [Atome/m ² s]	Gleichgewichts-Inventar
Tritium (³ H)	12.3 Jahre	2600	≈ 4 kg
⁷ Be	53 Tage	260	≈ 0.1 kg
¹⁰ Be	1.6·10 ⁶ Jahre	263	≈ 120 Tonnen
¹⁴ C	5730 Jahre	19'000	≈ 60 Tonnen
³⁶ Cl	300'000 Jahre	14	≈ 6 Tonnen



Nachweis ^{60}Fe (aus Supernova-Explosion) auf der Erde

^{60}Fe wird nur in Supernova Explosionen erzeugt
HWZ = 1,5 Mio. Jahre
Supernova Explosion in der Nähe der Erde
(Abstand 100 Lichtjahre)
vor ca 5 Mio. Jahre

20 Atome in 100g Gestein nachgewiesen

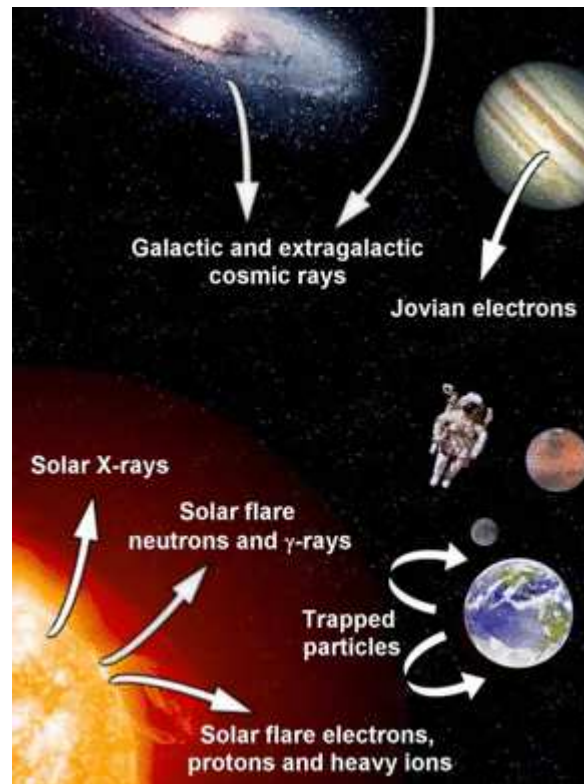


Astronaut's risk from space radiation

Getting ready for the manned mission to Mars: the astronauts' risk from space radiation

Christine E. Hellweg · Christa Baumstark-Khan

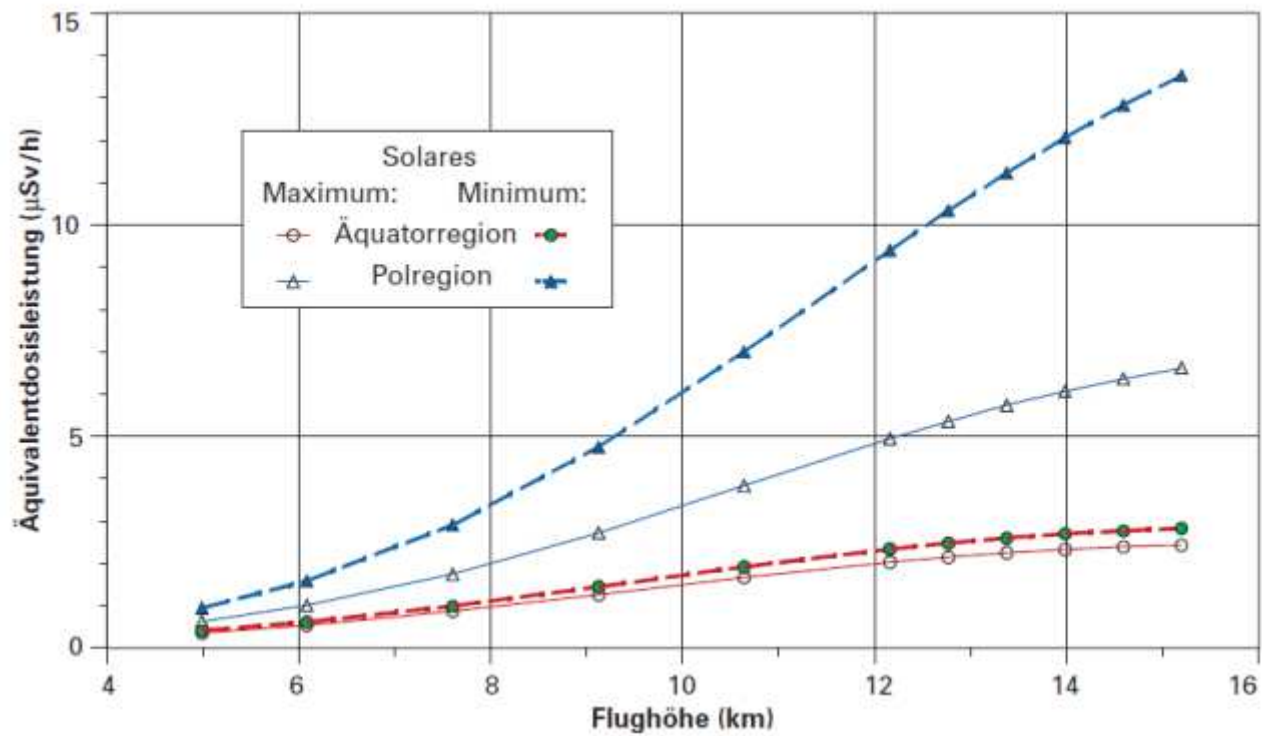
Naturwissenschaften (2007) 94:517–526
DOI 10.1007/s00114-006-0204-0



Krebsrisiko - Strahlung

Dosis	Risiko	Risiko
0,5 mSv	Jährliche Strahlendosis aus dem All	
1,5 mSv	Tägliche Dosis für Astronauten im erdnahen Weltall -> 1 Jahr ca. 500 mSv ->	2,5 %
1 mSv	Jahresdosis – Grenzwert für nicht-natürliche Strahlenexposition der Gesamtbevölkerung	
20 mSv	Jahresdosis – Grenzwert für strahlenexponierte Personen -> 400 mSv pro Lebensarbeitszeit	0,1 %
200 mSv	Spitzenwert der stündlichen Dosis im Zentrum des inneren Strahlungsgürtels (Van-Allen)	1 %
1 Sv	Bestrahlt man also 100 Personen mit einer Dosis von 1 Sv, sterben 5 davon im Laufe ihres Lebens wahrscheinlich an Krebs.	5 %
2 Sv		20 %
4 Sv		50 %
7 Sv	Tödliche Dosis	100 %

Strahlendosis / Flughöhe



How much radiation exposure do astronauts get in space?

Mission.....	Dose
— Gemini 3	23 millirads
— Gemini 4	46 millirads
— Gemini 5	176 millirads
— Gemini 7	164 millirads
— Skylab	2500 millirads
— Apollo 11	173 millirads
— Shuttle (Average Skin Dose)	~433 mrem/mission
— Apollo 14 (Highest Skin Dose)	1,400 mrem / mission
— Skylab 4 (Highest Skin Dose)	17,800 mrem/mission
— Shuttle (Highest Skin Dose)	7,864 mrem/mission

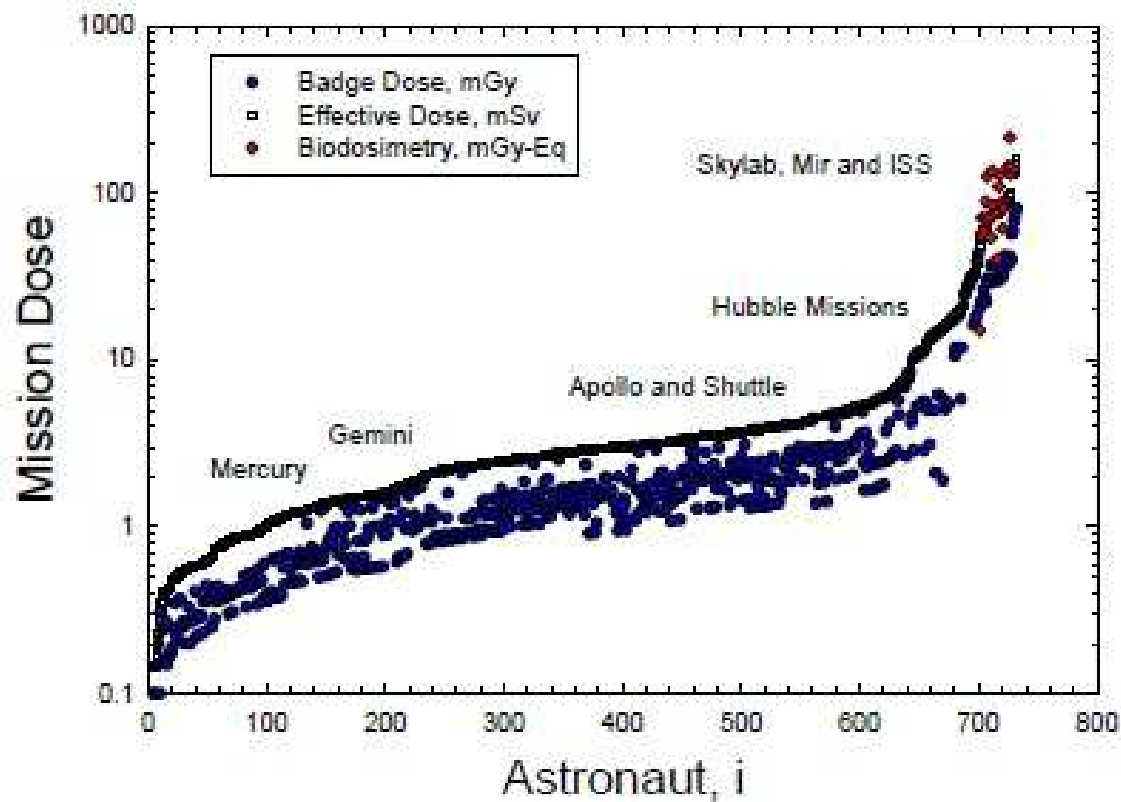
How much radiation exposure do astronauts get in space?

- For orbits at **250 - 300 km** at 65 degree inclinations to the equator you get about **10 millirads/day**. These numbers are from Volume II of the "Foundations of Space Biology and Medicine" NASA SP-374 published in 1975. Passes through the **Van Allen radiation belts give you 10 - 20 rads/hour** but most manned flights avoid them, and passages through them last about 10 - 20 minutes.
- Here is a comparison to other common sources of radiation:

> Airline Flight Crew	200 mrem/year
> CT Scan (Chest)	700 mrem/event
> Barium Enema	400 mrem/event
> Houston Background	100 mrem/year
> Gas Cooking Range	0.02 mrem/year
> Dental Prosthesis	0.02 mrem/year

Radiation carcinogenesis in past space missions

- Figure 4-7. Summary of mission personnel dosimetry from all past NASA crews.[11] Effective dose and population average biological dose-equivalent for astronauts on all NASA space missions, including Mercury, Gemini, Apollo, Skylab, Apollo-Soyuz, space shuttle, shuttle-Mir, and ISS missions.



Career Dose Limits (in Sv) Corresponding to a 3% Excess Mortality for 10-year Careers as a Function of Age and Sex, as Recommended by the NCRP

Age, year	NCRP Report No. 98		NCRP Report No. 132	
	Male (Sv)	Female (Sv)	Male (Sv)	Female (Sv)
25	1.5	1.00	0.7	0.4
35	2.5	1.75	1.0	0.6
45	3.2	2.50	1.5	0.9
55	4.0	3.00	3.0	1.7

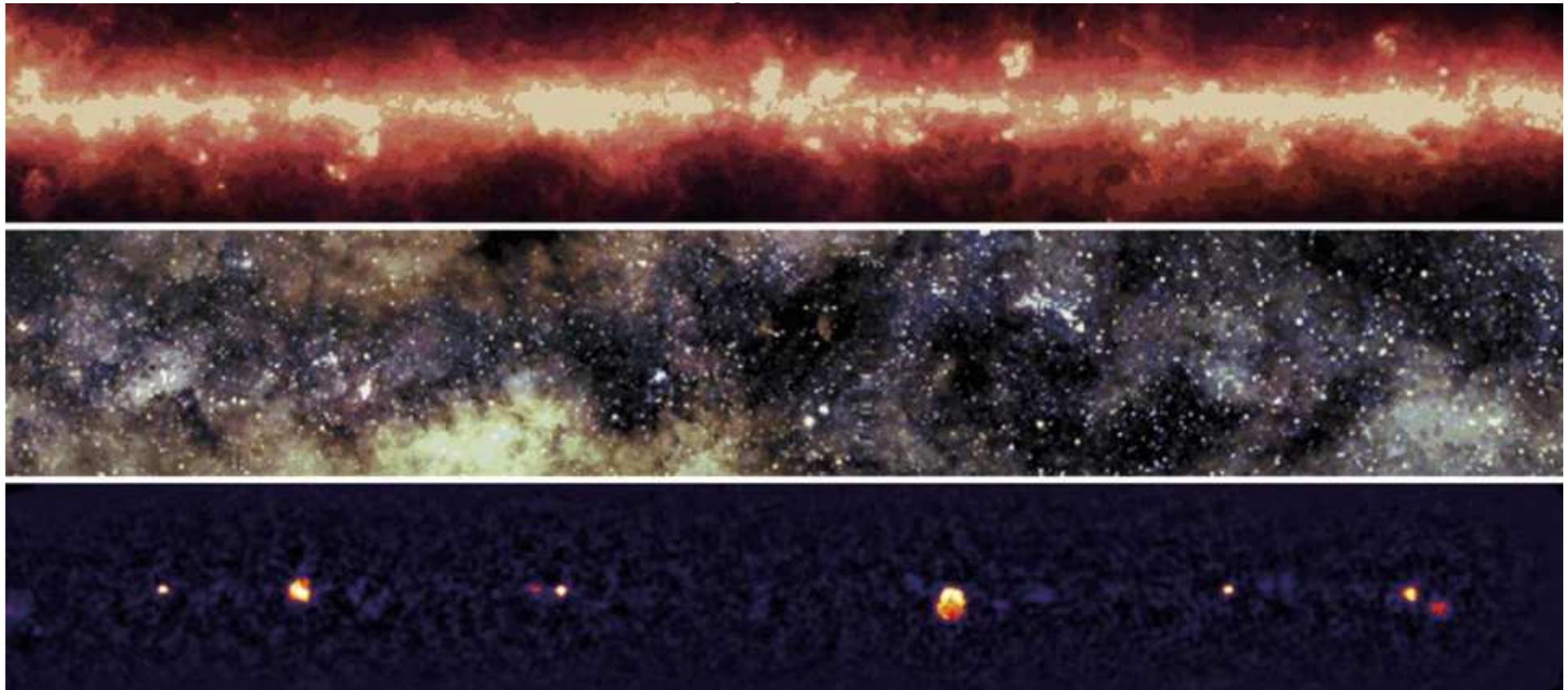
Reise zum Mars - Dosis

- Eine Reise zum Mars wäre für Astronauten ein großes Gesundheitsrisiko – aber sie ist möglich. Zu diesem Schluss kommt ein Team aus amerikanischen und deutschen Forschern, das die Strahlenbelastung im All bei einem Flug zum Roten Planeten gemessen hat. In einem Beitrag der US-Fachzeitschrift "Science" berechnen sie für Hin- und Rückreise insgesamt etwa **0,66 Sievert**.
- Die Zeit des Astronauten auf der Marsoberfläche ist nicht berücksichtigt. "Das heißt: Es ist nicht unmöglich, aber es verkompliziert die Angelegenheit,,
- Die US-Raumfahrtbehörde Nasa hat für Astronauten **1 Sievert als Maximum** bezogen auf die gesamte berufliche Laufbahn festgelegt.
- Ein Sievert entspreche etwa einem **fünf Prozent höherem Risiko**, an **Krebs** zu sterben.
- Zu schaffen machen den Raumfahrern **die galaktische Strahlung und Sonnenstürme**. Pro Strecke gehen die Forscher von 180 Tagen Reise aus.

Zum Abschluss:

Darstellung der Milchstrasse in 3 verschiedenen Wellenlängenbereichen

- Die galaktische Ebene in verschiedenen Wellenlängen. Der dargestellte Ausschnitt reicht von $+35^\circ$ bis -35° galaktischer Länge und von $+4^\circ$ bis -4° in galaktischer Breite. Das obere Band zeigt die Milchstraße im Infrarotlicht, gemessen mit dem Satelliten IRAS.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

