

Messen und Präsentieren im Ausstellungsbereich der Archenhold-Sternwarte



Koinzidenz-Zählteleskop, ein witterungsunabhängiges Registriergerät für die ionisierende Umgebungsstrahlung einschließlich der Komponenten sekundärkosmischer Strahlung. Bei dieser Messmethode werden zeitgleich registrierte Zählimpulse von hintereinander angeordneten und voneinander unabhängigen Geiger-Müller-Zählstellen ausgewertet. Durch die Bewegung der Montageschiene kann die Höhenwinkelabhängigkeit des Auftreffens der Partikel erfasst werden, die durch Effekte der atmosphärischen Streubündelung und Ausrichtung entlang des Erdmagnetfeldes verursacht ist. (messtechnologisch bedingt: Aufbau seit 1996 unverändert belassen)

Was bedeutet „Radioaktivität“?

- spontaner Zerfall bestimmter Atomkerne, meist unter Aussendung von Alpha-, Beta- und/oder Gammastrahlung,
- solche instabilen Atomkerne (sog. Radionuklide) kommen natürlich vor oder werden künstlich durch Kernreaktionen erzeugt,
- die Umwandlung erfolgt in sog. Zerfallsreihen, bis ein stabiles Endprodukt entsteht (Halbwertzeiten in Sekundenbruchteilen bis 1010 Jahre),
- ionisierende und energetische Wechselwirkung auf die Umgebung.

Umwandlung radioaktiver Atomkerne unter Aussendung von α -, β - und Gammastrahlung*)

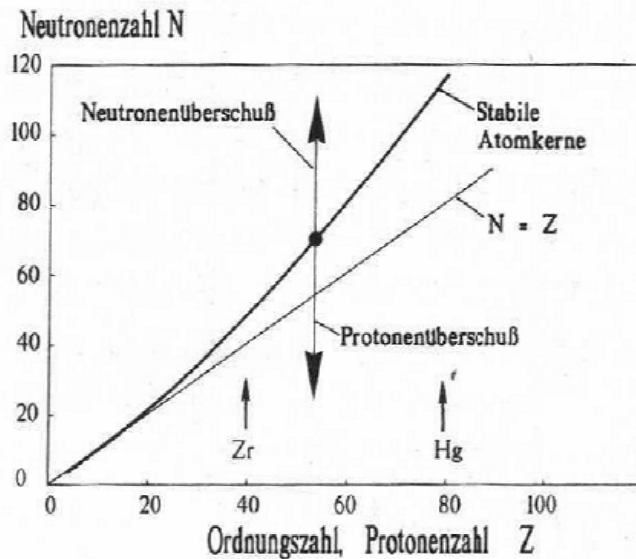


Abb. 2.2: Nukliddiagramm

Dargestellt ist die Anzahl N der Neutronen im Kern als Funktion der Protonenzahl (Ordnungszahl) Z für stabile Atomkerne.

*) bei $N+Z = 170$ Emission von α -Teilchen Kernumwandlungen / Folgekerne, diskrete Anregungszustände: Abgabe von Gammastrahlung (Photonen)

Tabelle 4.2: Radionuklide natürlicher Herkunft in Boden, Wasser und Luft und in der Nahrung des Menschen (Angegeben sind Mittelwerte für die Aktivitätskonzentration, die bei einer aktuellen Messung erheblich abweichen können. Bei Wasser: R = Regenwasser; F = Flußwasser [Trinkwasser]; M = Meerwasser.)

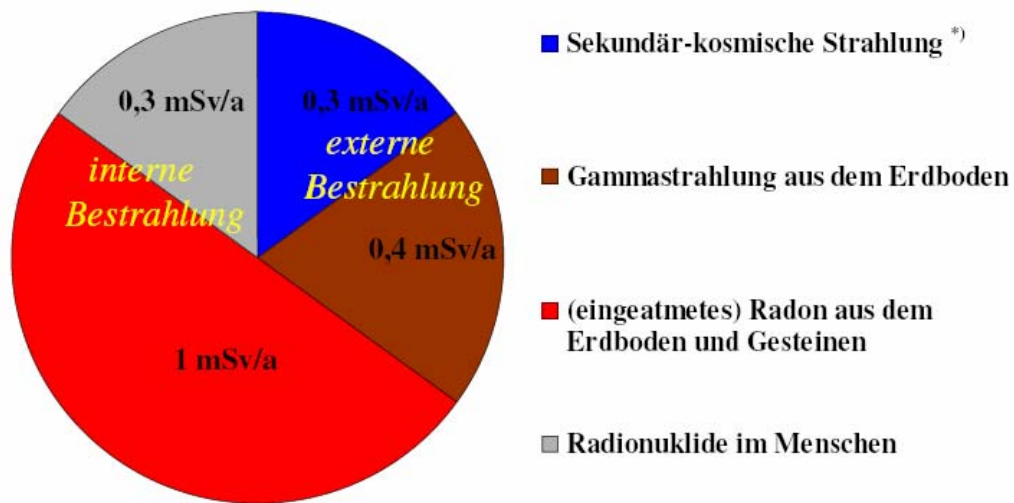
Radionuklide, produziert durch Kosmische Strahlung

Nuklid	$t_{1/2}$	Strahlung (MeV)	Boden Bq/kg	Wasser Bq/kg	Luft Bq/m ³	Nahrung Bq/kg
³ H	12,3 a	β (0,018)	—	R: 1 F: 0,5 M: 0,001	0,1	0,5
⁷ Be	54 d	γ (0,477)	—	R: 0,4	0,004	4
¹⁴ C	5730 a	β (0,156)	0,02	R: 0,004	—	0,05

Radionuklide und Folgeprodukte aus der Kosmogense

Nuklid	$t_{1/2}$	Strahlung (MeV)	Boden Bq/kg	Wasser Bq/kg	Luft Bq/m ³	Nahrung Bq/kg
⁴⁰ K	1·10 ⁹ a	β (1,32) γ (1,46)	500	R: 0,2 F: 0,2 M: 20	—	4
²⁰⁸ Tl	3 min	β, γ (2,62)	5	—	—	0,5
²¹⁴ Bi	20 min	α, β, γ (1,76)	50	—	—	0,5
²²² Rn	3,8 d	α, β	50	R: 100 F: 1 M: 0,1	50	—
²²⁶ Ra	1620 a	α, β, γ	50	—	—	0,1
²³⁸ U	5·10 ⁹ a	α	40	R: — F: 0,004 M: 0,04	—	0,05

Gemittelte jährliche natürliche Strahlenbelastung: Hauptkomponenten der Umweltradioaktivität



*) auf Meeresniveau: Myonen, Hadronen, Elektronen, Photonen

Quellen primärer kosmischer Strahlung

- Kerne aktiver Galaxien Energiebereich: » 10²⁰ eV
- Quasare
- Pulsare :
- Supernovae-Explosionen » 10¹⁴ eV
- Sonne (in Abhängigkeit vom Aktivitätszyklus) » 10⁸ eV

Energieverteilung:

... 10¹⁴ eV: relative Isotropie und Homogenität (< 0,5%),
Verlust der Richtungsinformation durch homogene
und irreguläre kosmische Magnetfelder
... 10¹⁸ eV: Diskontinuität,
Beispiel: Cygnus-Region in der Milchstraße

1912 V. Hess: Ballonflüge - Nachweisung ionisierter Kerne mit Ereignisraten von $1000 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

1937 Entdeckung des Myon (elektrische Ladung = Elektron, Masse ca. $200 \cdot \{ \text{Masse v. Elektron} \}$, Lebensdauer im ps-Bereich)

Primärmessungen

1946 S. E. Forbush: Entdeckung der Eruptions- (Flare-) Beschleunigung auf $E_{\text{kin}} \text{ in } \text{min.} \leq 8 \cdot 10^6 \text{ eV}$
E. Fermi: Spiegel-/Stoßfront-Beschleunigung

A. Ehmert; J. A. Simpson; P. Meyer: Theoretische Basis für die Ausbreitung im interplanetaren Plasma- und Magnetfeld sowie für magnetisierte Plasmen der Sonnenchromosphäre und -Korona auf Werte im Bereich $E_{kin.} = 1 \text{ GeV} \dots 10 \text{ GeV}$

- 1983 JACEE-Experiment (Ladungsmessung im energetisch bremsenden Target mit anschließender Spurkammer-Aufzeichnung, $E_{kin.} < 100 \text{ TeV}$)
- 1982 Chicagoer "Ei" (Gas-Cerenkov-Detektion bei Dielektrikum-Übergangsstrahlungen im Röntgenbereich) Sekundärprodukte und Schauer
- 1947 Entdeckung des p-Meson (Wechselwirkungsprodukt aus kosm. Strahlung und $O_2; N_2$ der Erdatmosphäre)
- 1989 CASA-MIA - Luftschaer-Array (Utah, Großflächen-Szintillationszählung), HEGRA (zusätzlich: Cerenkov-Zählung, sog. Extended Air Showers, EAS)
- 1989 "Fly's Eye" - Detektoren (Fluoreszenzstrahlungsmessung)
- 1990 KASCADE (Ausdehnung für $E_{kin.} > 3 \cdot 10^{15} \text{ eV}$)
- 1995 Auger-Projekt (Fluoreszenzstrahlung und Zählteleskope auf Flächen oberhalb von 3000 km^2 - Ausdehnung, auf der Nord- und Südhalbkugel)
-

-> Die theoretischen Ansätze und Meßverfahren entspreche-
nender
Hochenergie-Kernphysik.
Übersicht 2: Kosmische Strahlung - wesentl. Übersicht 1: che Erkenntnisstufen

Energie-Vergleich:

- Energie der kosmischen Strahlung z. B. 10^{20} eV *)
- »
- Energie eines 500 g schweren Apfels nach freiem Fall aus einer Höhe von 30 m
- größte irdische Beschleuniger » $8 \cdot 10^{11} \text{ eV}$

*) Im Falle von Elementarteilchen (z. B. Protonen, $m \approx 10^{-27} \text{ kg}$) ist diese Energie allerdings auf einen unvorstellbar kleinen Raum (Durchmesser $< 10\text{-}15 \text{ m}$) konzentriert !

Space Weather - Was ist das?

Phänomen: Strahlung und atomare Teilchen von den Sternen verursachen optische (z. B. Polarlicht), elektronische (z. B. Ausfall statischer Halbleiterspeicher - SRAM), elektrische (z. B. Sättigung, Zerstörung von Hochspannungstransformatoren und Pipelines durch GICs - Geomagnetically Induced Current), elektrostatische (z. B. Aufladung von Satelliten) und wahrscheinlich meteorologische sowie gesundheitliche Erscheinungen und lösen Schäden aus.

Phänomenologie:

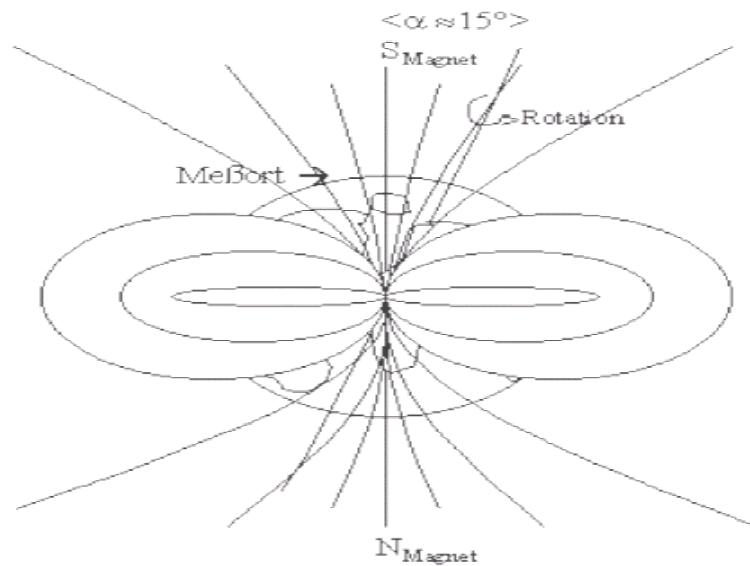
· Weltraum - "Klima" galaktische und extragalaktische Strahlung und (nahezu beständiger) Stromenergiereicher Partikel
· Weltraum - "Wetter" zeitlich, energetisch und räumlich variierende solare Strahlung und Partikelströme in Richtung Erde

In Abhängigkeit von verschiedenen solaren Aktivitäten wird das "Klima moduliert" ® zusammengefasst: Space Weather.

Experimentelle Hochenergie-Astrophysik

Im Vergleich zu optischen Instrumenten: ® wesentlich komplexerer Aufbau von Teleskopen für kosmische Strahlung, da

- sie ein extrem großes Durchdringungsvermögen besitzt, weder reflektiert noch gebündelt werden kann und sehr hohe Energien gemessen werden müssen,
- aufgrund extrem niedriger Teilchenflüsse sehr große Detektorflächen (zum Teil km²) benötigt werden,
- sie aus unterschiedlichen, aber zu selektierenden Teilchen besteht (Ruhemasse, Ladung, Spin usw.).



The dipole-electromagnetic earth field

The figure does not illustrate the obliquity but the deviation α of angular correlation between axis of rotation and rectangular coordinate on magnetic equator.

Die Berechnung des örtlich definierten Radianten maximaler Zählraten (d. h. Impulse pro Zeitintervall) in Funktion zur Zenitdistanz z für einen bestimmten Messort der geomagnetischen Koordinate j_{Mag} - bzw. wegen des Winkels α für den geografischen Ort der Breite j_{Geo} - erfolgt wegen des elektrodynamischen Antriebs auf elektrische Komponenten unter Verwendung der Definitionsgleichung für die Inklination b :

$$\tan b = E^{\wedge} / E = 2 \cdot \tan |j_{\text{Mag}}| = 2 \cdot \tan (|j_{\text{Geo}}| + 15^\circ) \quad (1)$$

$$b = \arctan \{ 2 \cdot \tan (|j_{\text{Geo}}| + 15^\circ) \}$$

$E^{\wedge}, E =$: vertikaler bzw. horizontaler Feldvektor

Für den Messort Berlin folgt daraus für den Ort maximaler Zählraten wegen der Ausrichtung entlang der Feldlinien für die Zenitdistanz $z \gg 11,1^\circ$ bzw. für die Erhebung über den Messhorizont $d \gg 78,9^\circ$.

Zusammengefasst wird die Bahn eindringender elektrisch beeinflussbarer Teilchen durch drei Bewegungskomponenten charakterisiert:

- Drehung um die magnetischen Feldlinien auf Bahnen mit dem Radius r_L (Larmor-Radius),
- fortschreitende Bewegung entlang der magnetischen Feldlinien,
- tangentielle Drift im Erdmagnetfeld.

Die Zenitwinkelabhängigkeit des Radianten maximaler Zählraten für Partikel sekundärer Ereignisse wird weiterhin durch deren Verweilzeit, Eindringtiefe und Folgeprodukte aus den ursächlich primären Teilchen in die Atmosphäre bestimmt. Mit zunehmender Eindringtiefe folgen in abnehmender Häufigkeit Zusammenstöße mit Kernen der Luftmoleküle in Zenitnähe. Aus dem Schrotkugel-Modell folgt daraus eine horizontwinkelabhängige Streu-Bündelung der Partikel.

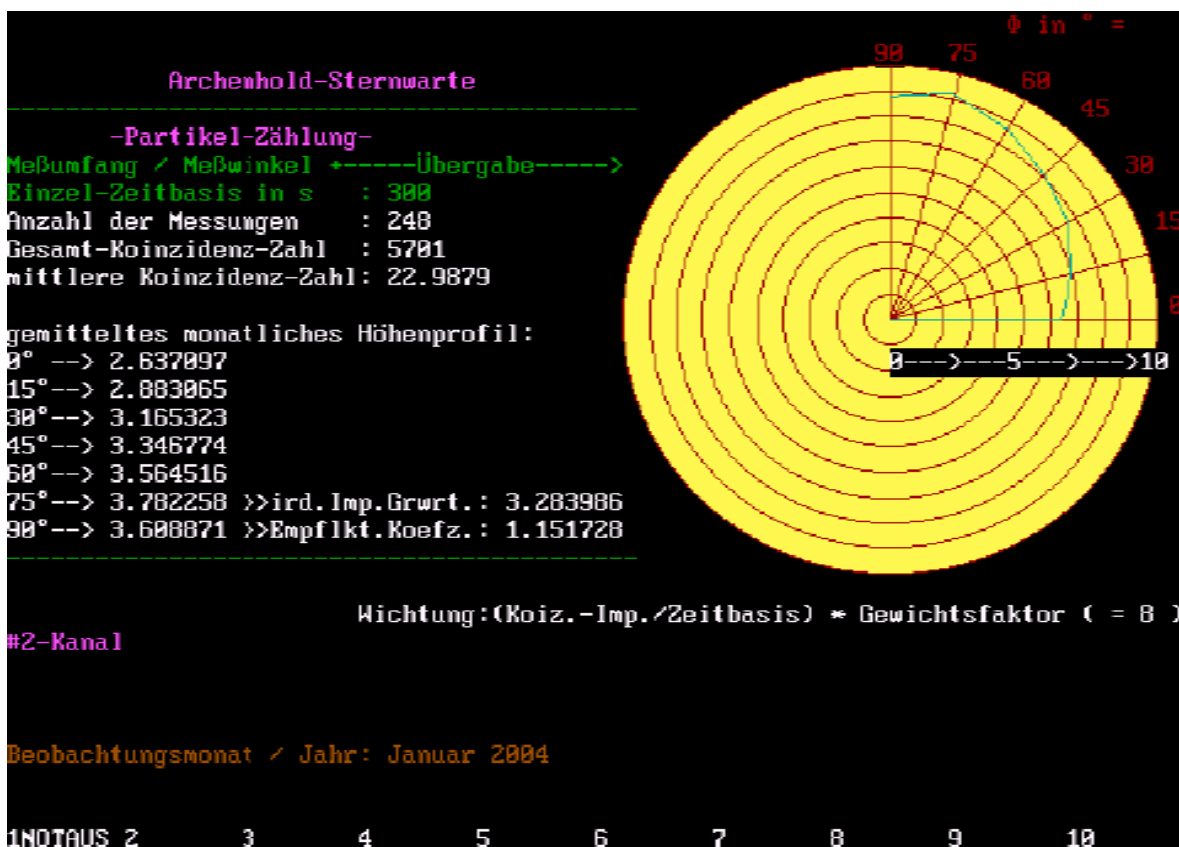
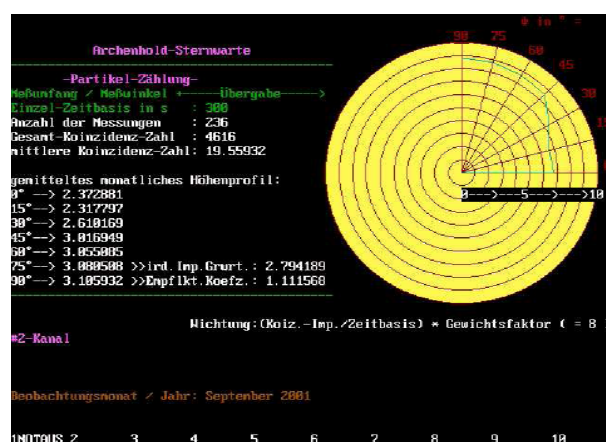
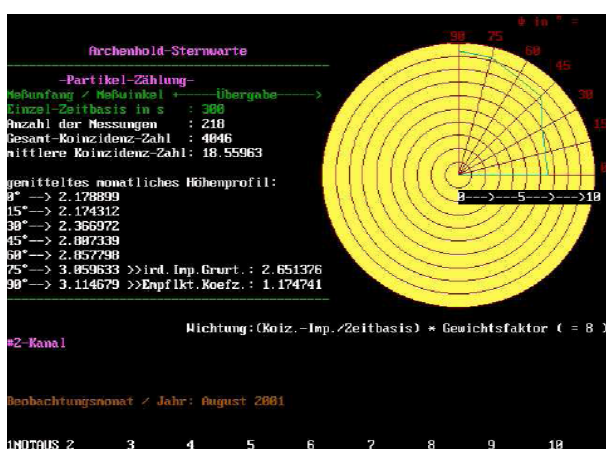
*) vergl. Anzeige des auf dem Rechnergehäuse aufgestellten Inklinatoriums

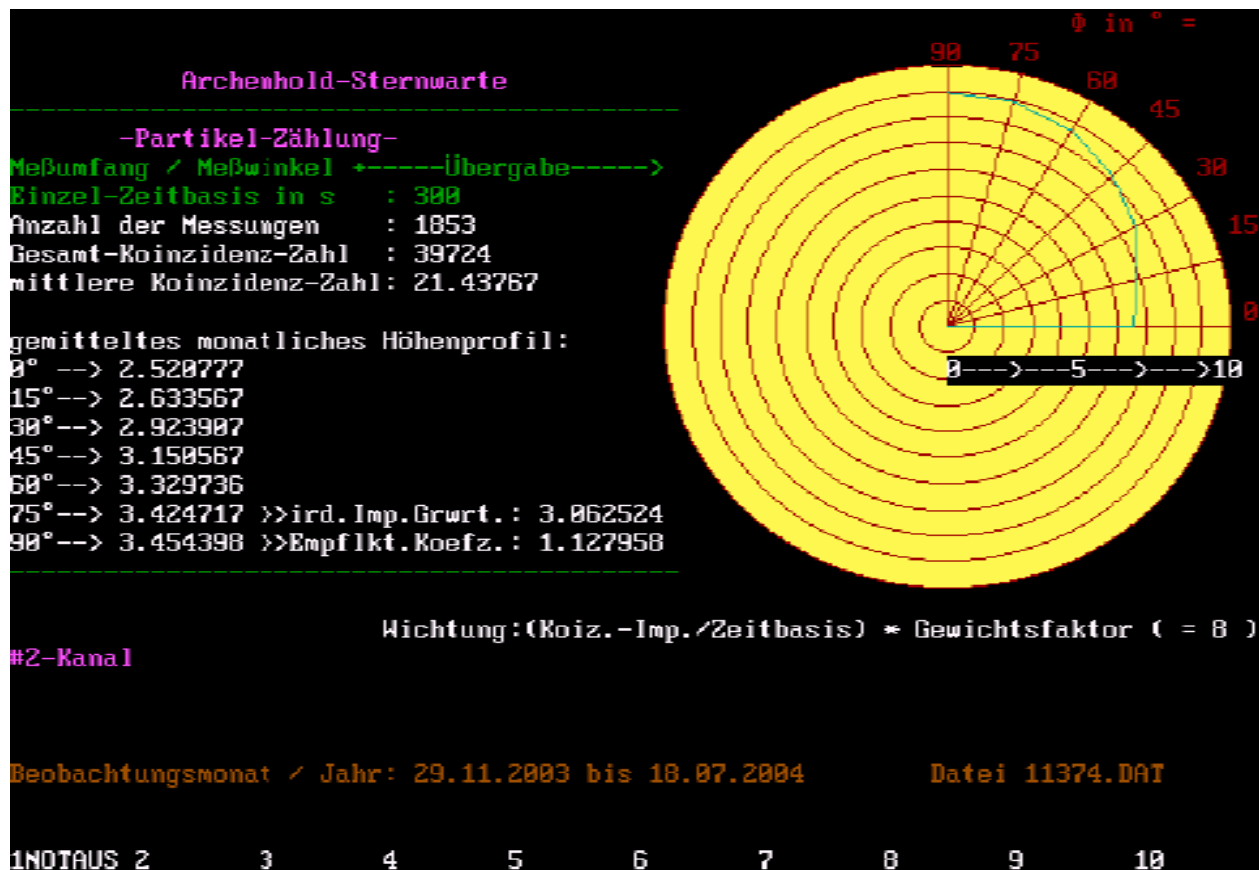
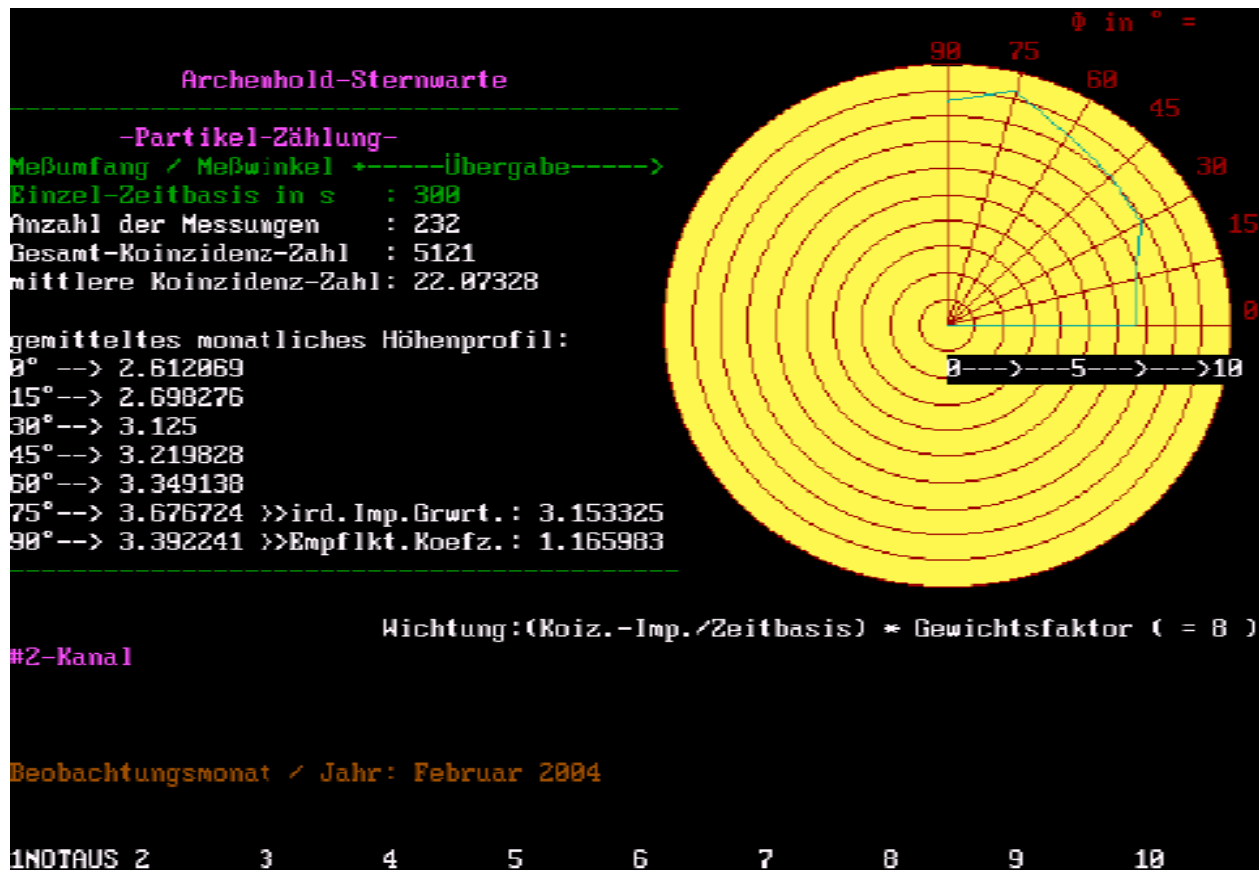
Abfolge monatlich gebildeter Höhenprofile

Vorgehensweise: Summierung der jeweils unter gleichen Zenitdistanzen detektierten Koinzidenz-Zählimpulse (unter öffentlicher Beobachtung, konstante Messdauer: 5 Minuten pro Winkelerhebung, wegen „Besuchergeduld“), akkumuliert zur Anzahl der im monatlichen Berichtszeitraum ermittelten winkelaufgelösten Einzelereignisse.

sowie: Ausweitung auf Jahres-Berichtszeiträume

Gemittelte jährliche natürliche Strahlenbelastung:
Hauptkomponenten der Umweltradioaktivität





Untersuchungen zum Aktivitätsverlauf der Umweltradioaktivität unter dem Einfluss von Sonnenfleckzyklen

Examinations to the activity course of the environmental radioactivity under the influence of Sunspot Cycles

Dr. Jürgen Rose, Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow

Auf Meeresniveau können jahreszeit- und sonnenaktivitätsbedingte Einflüsse auf die zeitliche Aktivität von

Komponenten der natürlichen radioaktiven Umgebungsstrahlung durch Partikelratenzählung untersucht werden.

Seit 1996 detektiert hierzu das im Eigenbau entstandene automatisierte Koinzidenz-Zählteleskop der Archenhold-Sternwarte deren Impulsraten und gestattet die Darstellung der gegenläufigen Entwicklung zwischen dem 23. Sonnenfleckzyklus und der lokalen Ausbildung der Umweltradioaktivität unter Einschluss sekundärer Komponenten der kosmischen Strahlung. Bedingt durch eine repetierende Quadrantenabtastung des Himmels in goniometrischer Bewegung aufeinander ausgerichteter Zählrohre entstanden zusätzlich Profilaufnahmen zur Höhenwinkelabhängigkeit der Strahlung. Im Beitrag wird gezeigt, dass neben den bekannten jahreszeitabhängigen Schwankungen der Partikelstrahlung die Variationsbreite relativer Extrema ebenfalls gegenläufig zur Sonnenfleckzyklusentwicklung verläuft.

Abstract

On sea level the seasonable and sun activity caused influences on the temporal activity of components of the natural environmental radiation can be determined by counting of particle rates. Since 1996 the hand maded coincidence counting telescope of the Archenhold-Sternwarte detects their impulse rates and allows the representation of the opposite development between the 23. sunspot cycle and the local development of the environmental radio-activity including secondary components of the cosmic radiation. Caused by repeating scans across the heaven by gonoimetric separeted motions of aligned counters the profile receptions originate the dependence of the radiation against the elevation additionally.

In this contribution one shows that the variation spread of the relative extreme proceedings beside the known seasonable fluctuations of the particle radiation also opposites to the development of the sunspot cycle.

Thesen zur Auswertung der Messergebnisse

juergen.rose@PTB.de 2005-03-08

1. Im Jahresverlauf variiert die Zenitdistanz des Auftretens maximaler Teilchenraten bis zu 10 °.
2. Der Jahresgang detektierter Teilchenraten zeigt relative Maxima meist im Januar und relative Minima im Juli bis August.
3. Weitere relative Extrema treten im Zeitraum März und September auf.
4. Sonnenfleck- bzw. Aktivitätszyklus und Teilchenrate verlaufen gegenläufig zueinander (Forbush-Ereignisse).
5. Die Variationsbreite der relativen Sommer-Winterextrema besitzt im

Zeitraum des Sonnenfleckmaximums ein relatives Minimum und verläuft anschließend zunächst gegenläufig zur Zyklusentwicklung der Sonne (ab Mitte 2004 allerdings unter Abnahme der Variationsbreite).