

CosMO und Kamiokannen

Kosmische Teilchen erforschen





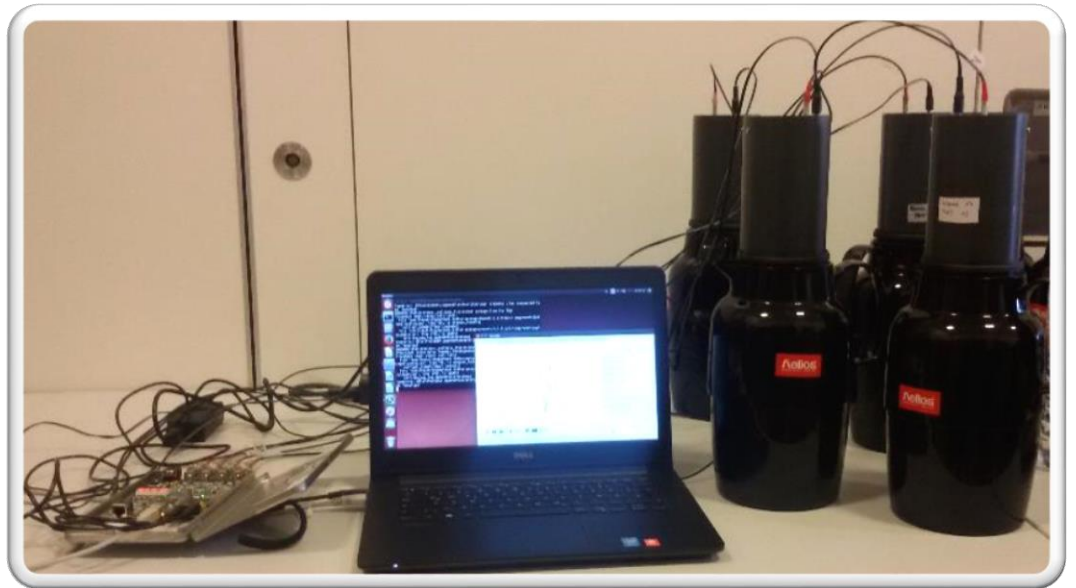
Das Unsichtbare erforschen

Experimente zur Untersuchung
kosmischer Teilchen

CosMO



Kamiokannen



Das Unsichtbare erforschen

Grundlegendes Messprinzip



Detektor

kosmisches Teilchen regt Detektormaterial an, Photomultiplier sieht Anregung und wandelt diese Information in ein elektronisches Signal um



Datenverarbeitung

DAQ verknüpft elektronisches Signal mit Zeitdaten und GPS-Koordinaten, Datenfilterung



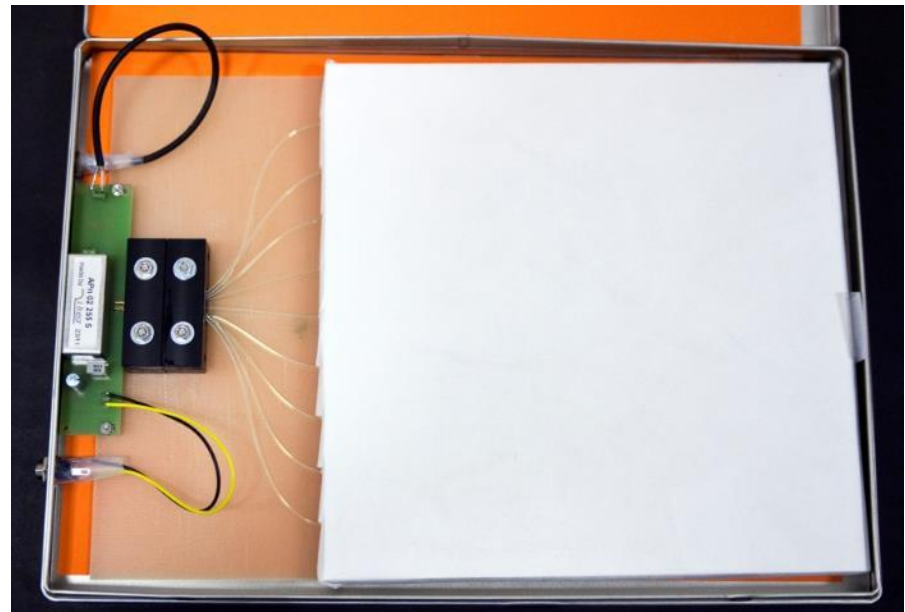
Datenauslese

Datenbearbeitung mit Computer und geeigneten Programmen

Das Unsichtbare erforschen

CosMO

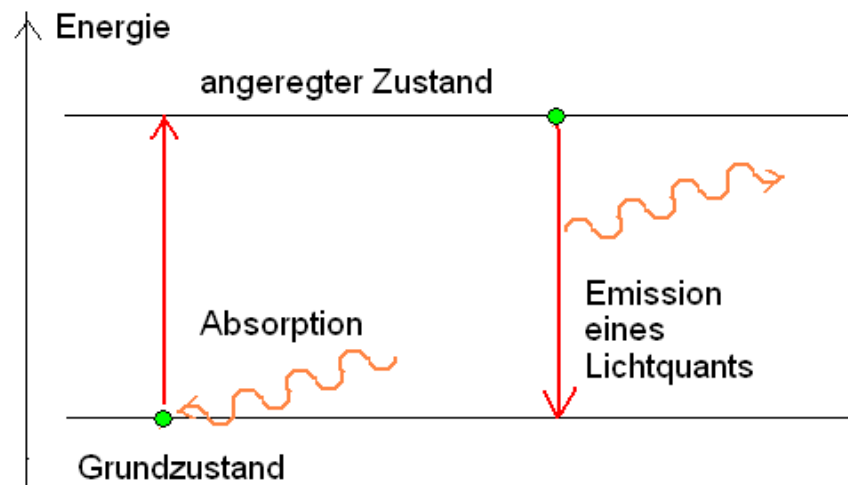
- beim Durchgang eines geladenen Teilchens wird Szintillator angeregt und Szintillationslicht emittiert
- Szintillator wird über Lichtleiter ausgelesen → Totalreflexion
- Umwandlung des schwachen Lichtsignals in ein elektronisches Signal



Szintillator

Szintillationslicht:

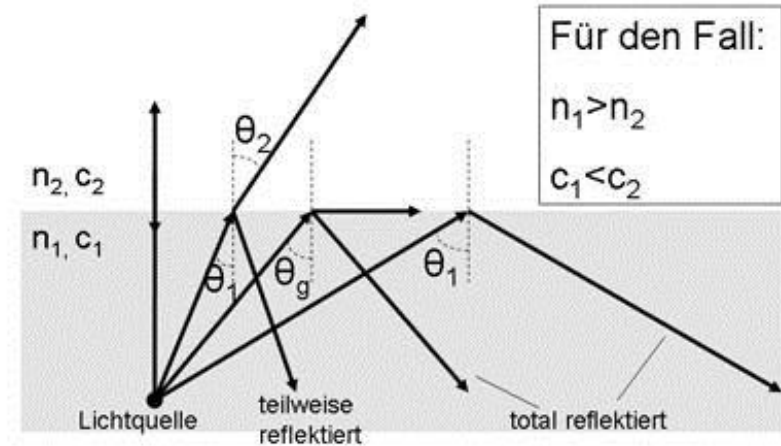
- El. geladene Teilchen regt Atome im Szintillatormaterial an
- bei Abregung wird Licht emittiert



Lichtleiter



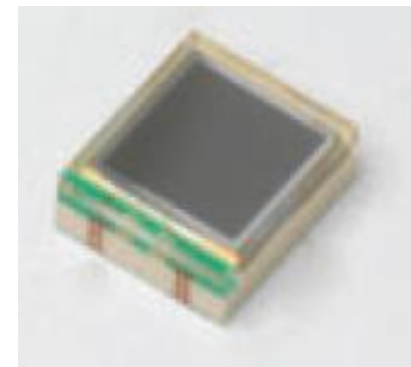
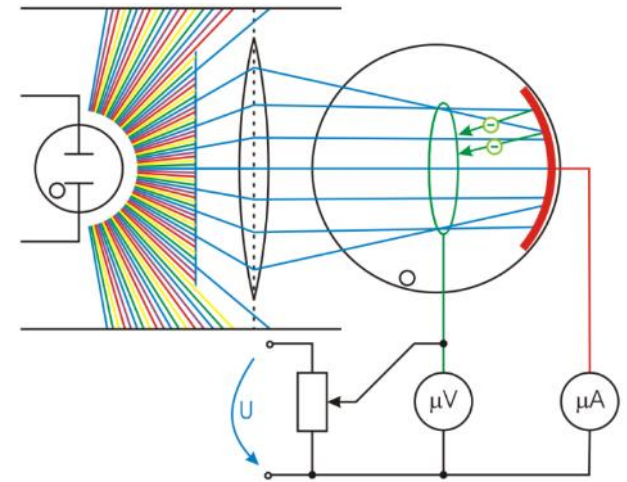
- nutzt den Effekt der Totalreflexion



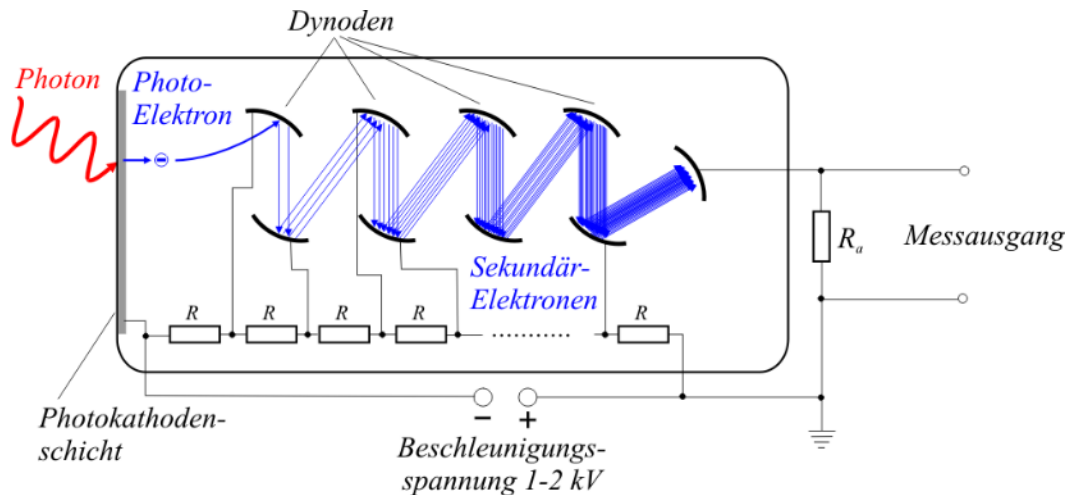
- eine Totalreflexion tritt ein, wenn Licht von einem optisch dichteren Medium (n_1) unter einem Winkel größer oder gleich dem Grenzwinkel der Totalreflexion auf die Grenzfläche zu einem optisch dünneren Medium (n_2) fällt
- Grenzwinkel der Totalreflexion: $\sin\theta_g = \frac{n_2}{n_1}$

Der Photomultiplier

- Photoeffekt wird genutzt (Einstein lieferte Erklärung)
- Photon erzeugt an Photokathode ein Elektron, dieses wird im PMT/MPPC vervielfacht und es entsteht eine messbare Spannung



Multi Pixel Photon Counter MPPC



Photomultiplier PMT

Das Unsichtbare erforschen

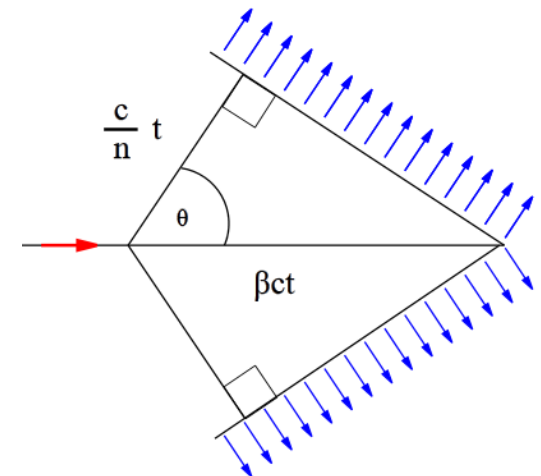
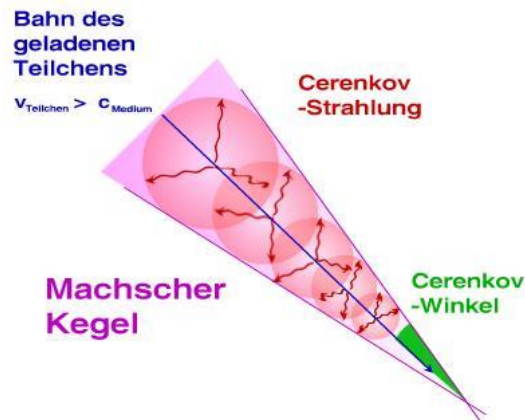
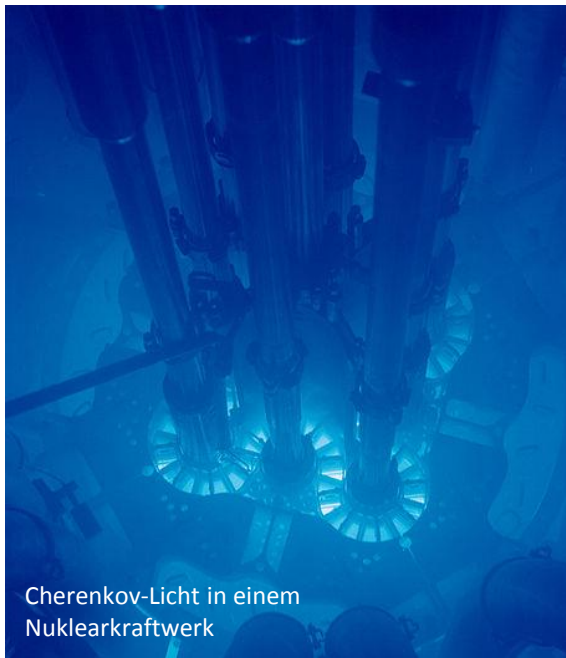
Kamiokannen

- wassergefüllte Thermoskanne
- Photomultiplier (PMT) schaut in Kanne
- beim Durchgang eines kosmischen Teilchens wird Cherenkov-Licht emittiert
- PMT wandelt Info des schwachen Lichtsignals in ein elektronisches Signal um



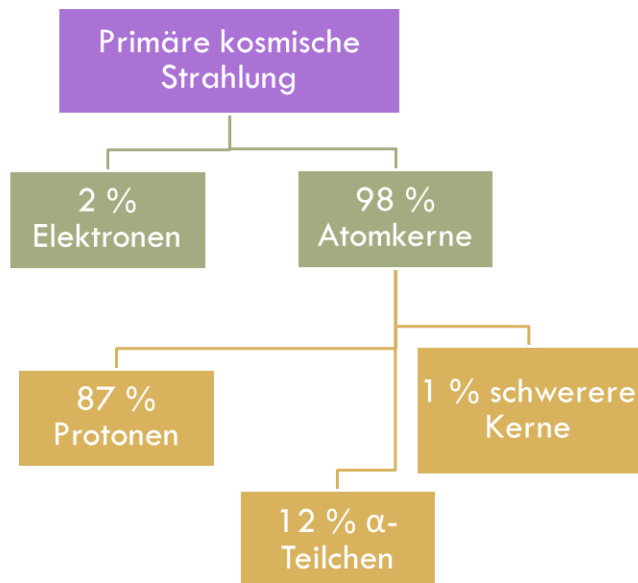
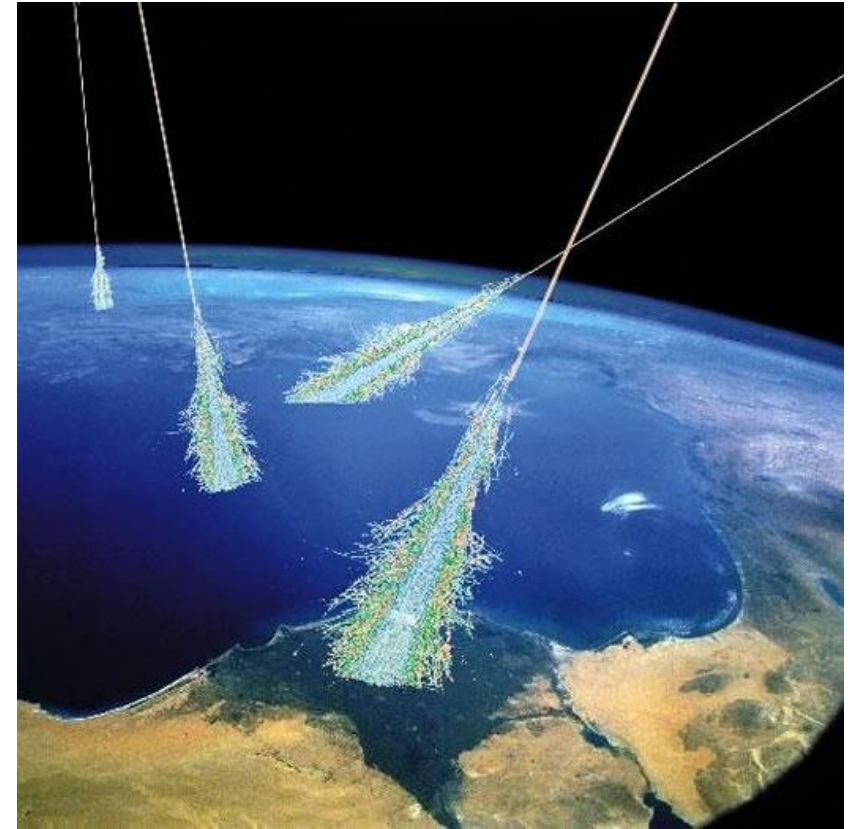
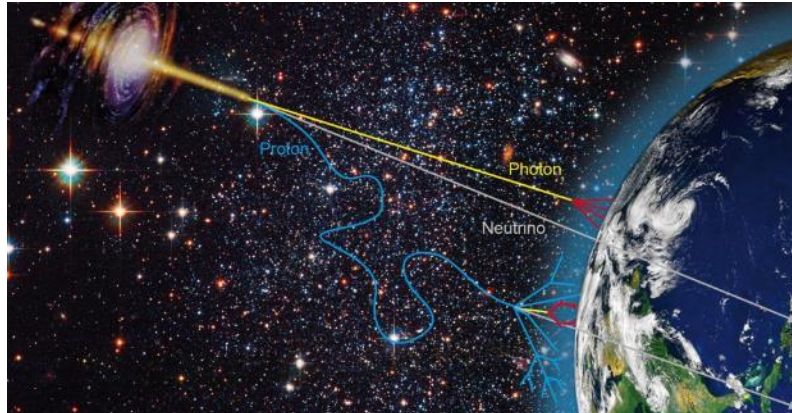
Cherenkov-Licht

- entsteht, wenn sich ein geladenes Teilchen schneller als die Lichtgeschwindigkeit in dem jeweiligen Medium bewegt
- dadurch entsteht ein Lichtkegel (ähnlich Überschallknall in Luft)



- in Wasser, Eis oder Luft möglich

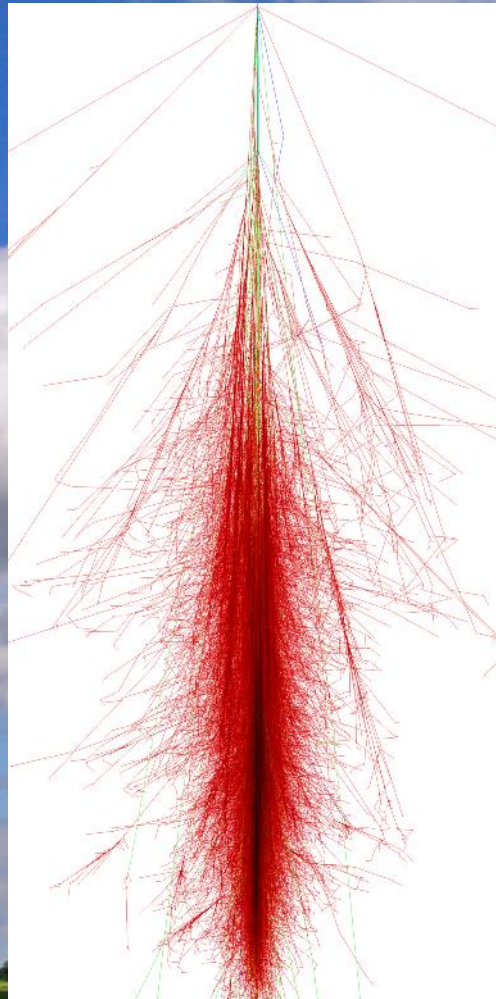
Kosmische Strahlung



primäre und sekundäre kosmische Strahlung

Bombardement aus dem All

ca. 1000 Teilchen pro Sekunde
und Meter² erreichen äußere
Erdatmosphäre



bis zu 10^{11}
Sekundärteilchen je
Primärteilchen entstehen
in Atmosphäre

ca. 1 Teilchen pro
Minute und
Zentimeter²
erreichen Erdboden

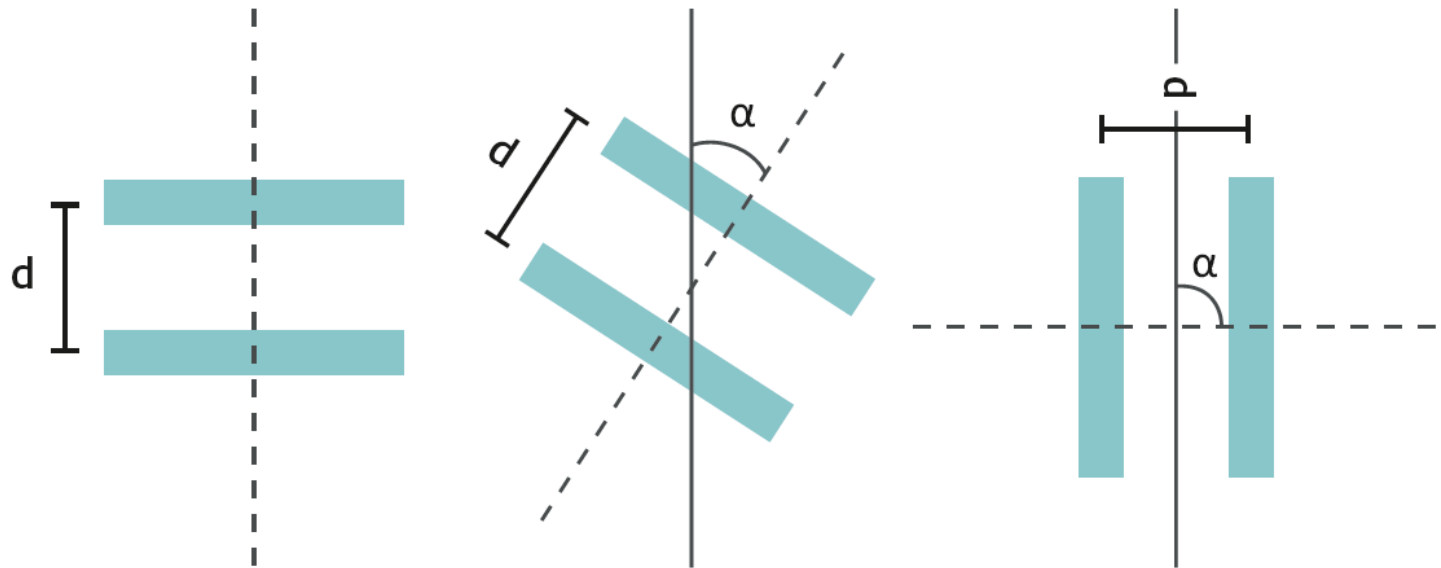
Bombardement aus dem All

- bei Kollision von Proton mit Atomkern der Luft entstehen Pionen, Kaonen und Nukleonen
- aus Umwandlung von Pionen und Kaonen entstehen Photonen, Myonen und Neutrinos
- 80% der geladenen Teilchen auf Meereshöhe sind Myonen



Bestimmung der Ankunftsrichtung von Myonen

- zwei Detektoren im Abstand von etwa 30cm übereinander positionieren



■ Detektorplatten

Bestimmung der Ankunftsrichtung von Myonen

- Zenitwinkel von 0° vertikal einfallende und bei einem Zenitwinkel von 90° horizontal einfallende Myonen gemessen

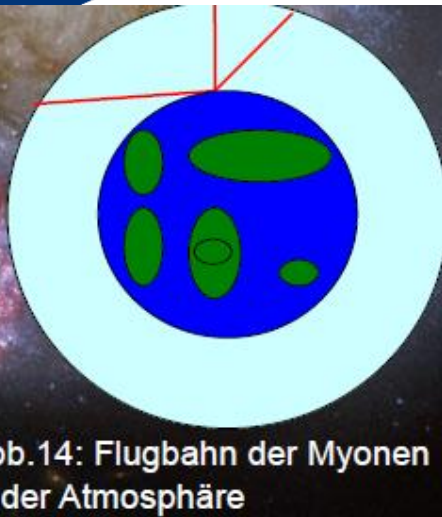
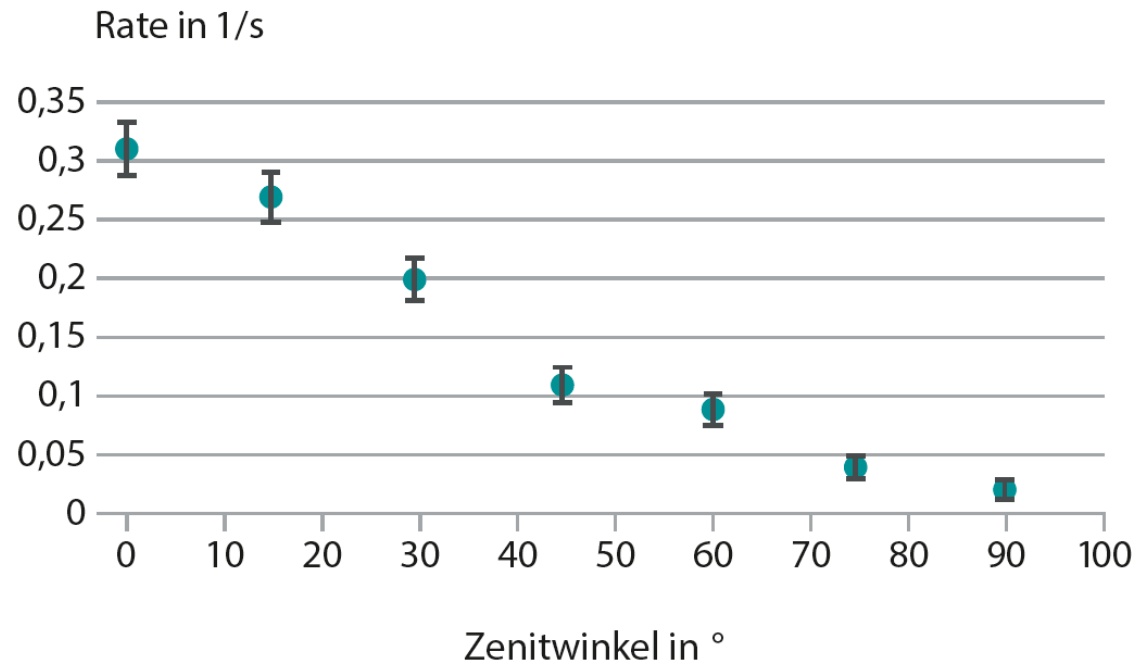
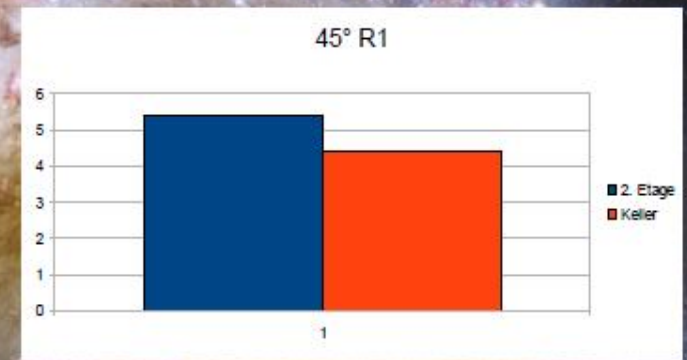
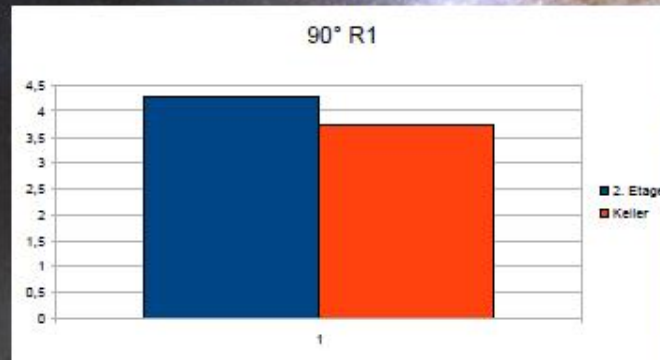


Abb. 14: Flugbahn der Myonen der Atmosphäre



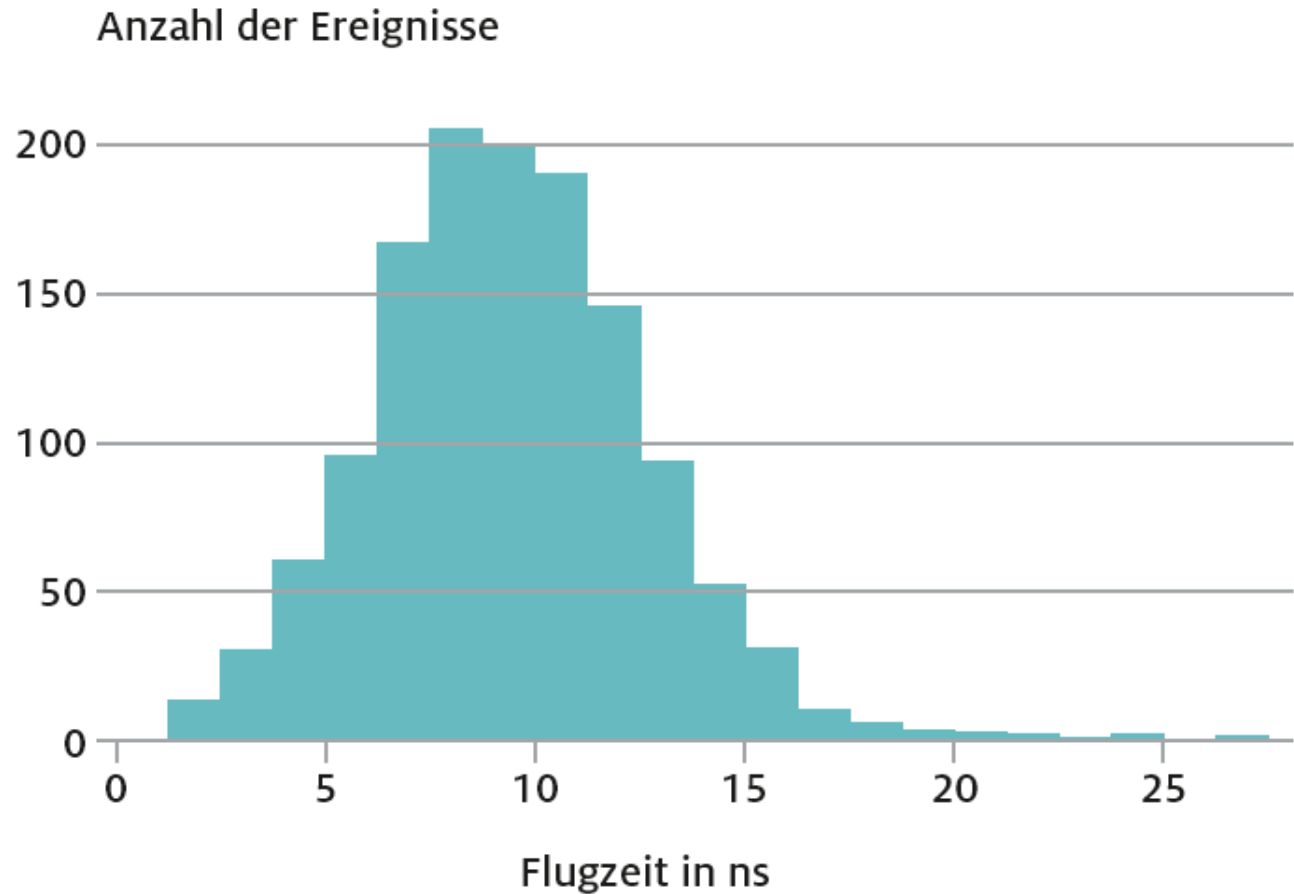
- Es wird eine \cos^2 -Abhängigkeit erwartet
(Quelle: <http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-cosmic-rays.pdf>)

11. Abhängigkeit vom Ort



- Die Teilchen werden im Keller durch die Wände, Böden etc. abgeschirmt. Dadurch ist die Rate geringer als in der 2. Etage.

Flugrichtung & Geschwindigkeit von Myonen



Abstand Detektoren 2,8m

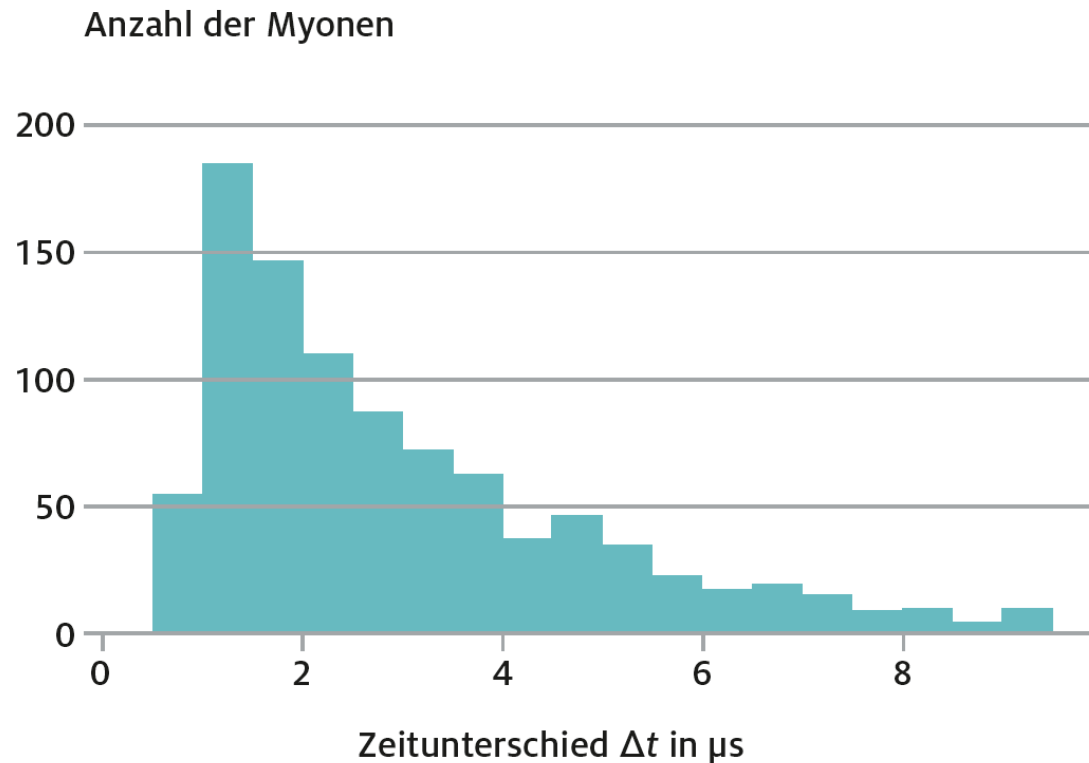
Lebensdauer von Myonen

- Umwandlung im Detektor
- Bestimmte Struktur in Signatur notwendig, um sicher sagen zu können, dass es ein Myon war

	A	B	C	D
Detektor 1	1 Signal	2 Signale	1 Signal	1 Signal
Detektor 2	1 Signal	kein Signal	2 Signale	1 Signal
Detektor 3	1 Signal	kein Signal	kein Signal	2 Signale
Vorgang	Myon durchquert alle 3 Detektoren	Myonumwandlung oder zwei andere Teilchen	Myon durchquert 1. Detektor und wandelt sich im 2. Detektor um	Myon durchquert 1. und 2. Detektor und wandelt sich im 3. Detektor um oder Fall A + Signal von anderem Teilchen
Deutung	Myon, aber keine Umwandlung	keine Identifikation des Teilchens möglich	Myonumwandlung	Myon, aber nicht sicher von Fall A unterscheidbar

Lebensdauer von Myonen

- Umwandlung im Detektor
- Bestimmte Struktur in Signatur notwendig, um sicher sagen zu können, dass es ein Myon war



COSMIC@WEB

Das Webinterface von physik.begreifen in Zeuthen



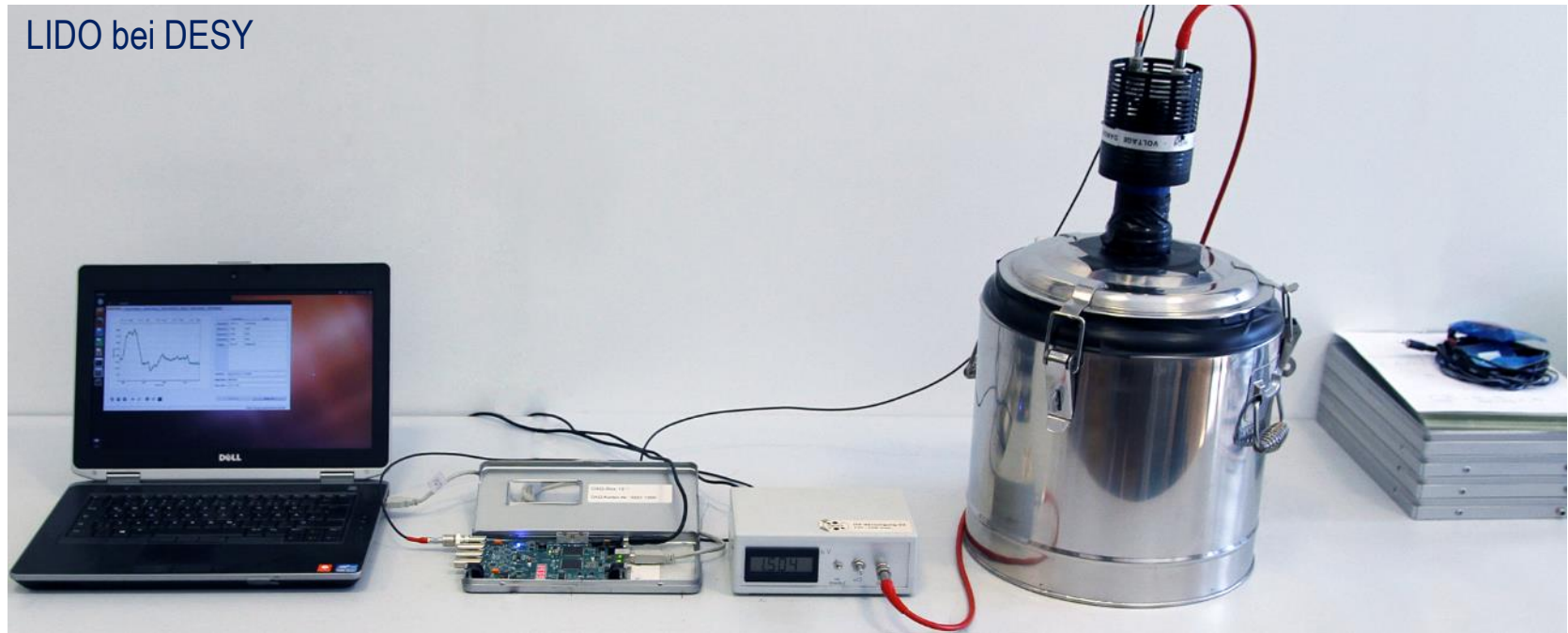
[http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische teilchen/cosmicweb](http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/cosmicweb)



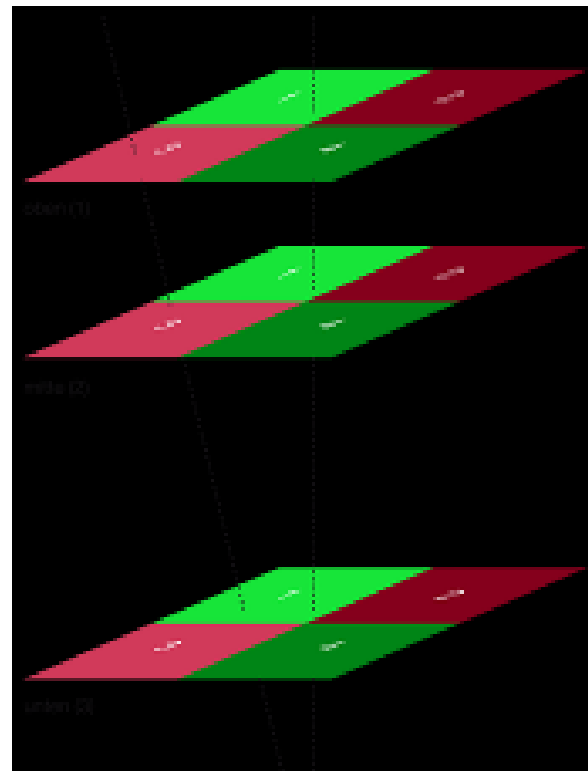
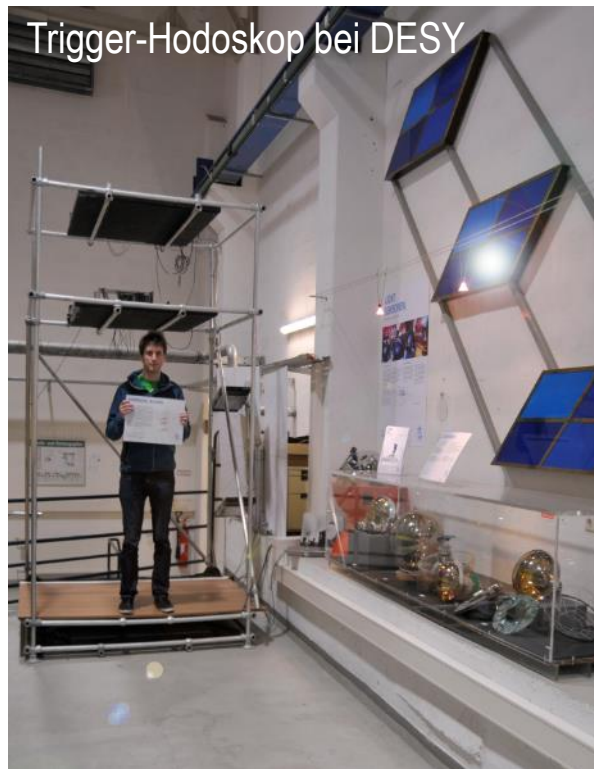
Ein Webinterface zur Datenauswertung

- ▶ Daten verschiedener Experimente auswerten und vergleichen
- ▶ einfacher Zugriff auf große Datenmenge
 - kontinuierlich über langen Zeitraum, mit unterschiedlichen Experimenten, an unterschiedlichen Orten gemessen
- ▶ Experimente und Orte
 - Trigger-Hodoskop, CosMO-Mühle und LIDO bei DESY in Zeuthen
 - Szintillationszähler und Neutronenmonitor auf Forschungsschiff “Polarstern” und Südpolstation Neumayer III
- ▶ kosmische Strahlung in Abhängigkeit von anderen Parametern
 - z.B. Luftdruck, Umgebungstemperatur
 - oder Teilchenraten in Abhängigkeit von Schiffsposition

Die Experimente



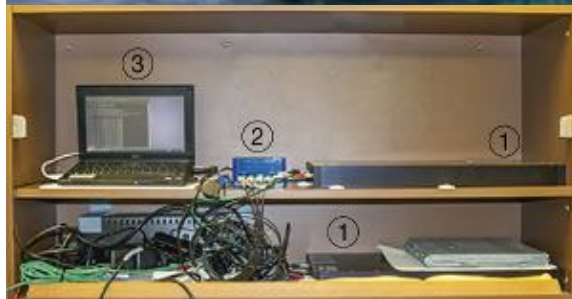
Die Experimente



Die Experimente

Szintillationszähler auf Polarstern

Foto: AWI

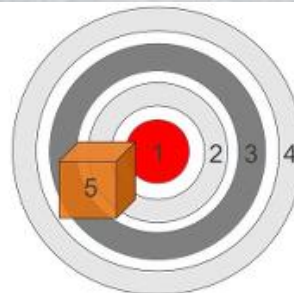
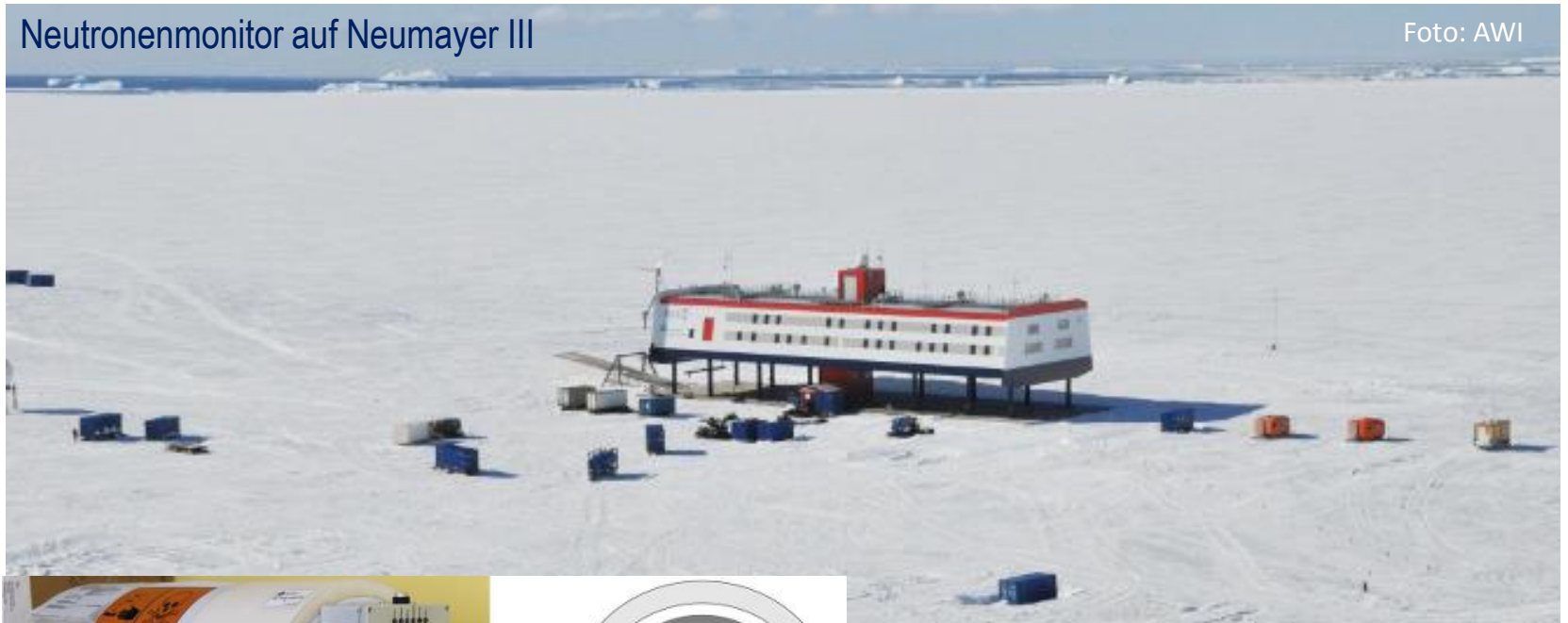


1. zwei Szintillationszähler-Detektoren
2. eine Datenauslesekarte (DAQ-Karte)
3. ein Netbook

Die Experimente

Neutronenmonitor auf Neumayer III

Foto: AWI



- Neutronenmonitor auf Polarstern und Neumayer-Station
- Zusammenarbeit mit Uni Kiel, B. Heber



Zusätzliche Informationen

- ▶ Anleitung zu Cosmic@Web
- ▶ Hilfe für Einsteiger beim Arbeiten mit den Daten
- ▶ Informationen, um eigenständig den Einstieg in das Thema zu bekommen
 - zu den Experimenten (Versuchsaufbau, Beschreibung der Bauteile, weiterführende links, etc.)
 - zur Datenstruktur
 - mögliche Aufgabenstellungen
- ▶ Service-email bei Fragen

<http://cosmicatweb.desy.de/>

COSMIC@WEB

Das Webinterface von physik.begreifen in Zeuthen



EINSTELLUNGEN

DIAGRAMM

GESPEICHERTE DIAGRAMME

Das Webinterface funktioniert nur mit den Browsern Mozilla und Chrome, nicht mit Internet Explorer und Safari !

Eine Anleitung für cosmic@web findet sich [hier](#)

Diagramm-Einstellungen

globale Einstellungen

Detail-Level Diagramm-Titel

Diagramm 1

Experiment ✘

Datensatz

Diagramm-Typ

Achsen und Variablen

x-Variable



Eigenständig Arbeiten mit Daten

- ▶ von Zuhause bzw. im Klassenzimmer mit echten Daten arbeiten
- ▶ auch für Jugendliche und Lehrkräfte, die keinen Zugang zu den Astroteilchen-Experimenten über das NTW haben
- ▶ geeignet für Projektwochen, Besondere Lernleistungen (BELL), 5. Prüfungskomponente zum Abitur, Jugend-Forscht Beiträge Seminar-/Fach- und Forschungsarbeiten,
- ▶ in Kombination mit den entwickelten Unterrichtsmaterialien zur Kosmischen Strahlung einsetzbar

Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

November 02 | 2016

Scientists worldwide are committed to school projects in order to give students insights into their research and answer questions like:

What are cosmic particles?
Where do they come from?
How can they be measured?

Become a Scientist for a Day
Discover the world of cosmic rays like
an astroparticle physicist.

© ESO/WFI (Optical), MPIR/ESO/APEX/IA-Weiss et al. (Submillimetre),
NASA/CXC/CIA/R.Kraft et al. (X-ray)

More Information:

<http://icd.desy.de>





Alle Informationen und Kontakte...

www.teilchenwelt.de

www.forum.teilchenwelt.de

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen

Netzwerk Teilchenwelt: mail@teilchenwelt.de

Astroteilchen-Projekte: carolin.schwerdt@desy.de