

# Messung der kosmischen Strahlung

## 1. Die kosmische Strahlung:

1.1. Geschichte

1.2. Entstehungsorte

1.3. Bestandteile

## 2. Versuchsaufbau/-durchführung:

2.1. Der Szintillations - Detektor

2.2. Der Photomultiplier

2.3. Versuchsdurchführung

## 3. Messergebnisse:

3.1. Messergebnisse mit verschiedenen Photo –  
multipliern bei verschiedene Bedingungen

3.2. Messungen mit den Quarknet – Detektoren  
unterschiede zum Kamiokannen - Experiment

## 4. Das Pierre - Auger - Observatorium :

4.1. Pierre Victor Auger

4.2. Aufbau und Geschichte des Projekts

4.3. Erste Messungsergebnisse

## 5. Quellen:

5.1. Wikipedia

5.2. DESY

5.3. Weitere

# 1. Die kosmischen Strahlung

## 1.1. Die Geschichte

- die kosmische Strahlung wurde zu Beginn für eine von der Erdoberfläche selbst verursachte natürliche Radioaktivität gehalten
- 1912 jedoch entdeckte Victor Franz Hess bei seinem Experiment bei dem er die zunächst als Höhenstrahlung bezeichnete kosmische Strahlung in einem Ballon in verschiedenen Höhen maß, dass diese umso weiter er sich vom Erdboden entfernte anstieg
- für diese Entdeckung erhielt er 1936 den Nobelpreis
- beim Eintritt der Teilchen der kosmische Strahlung in die Erdatmosphäre entstehen so genannten Sekundarteilchen
- diese bestehen aus Myonen, Positronen und weiteren Teilchen
- diese wurden erstmalig 1927 von Dimitri Skobelzyn durch die Entwicklung einer Nebelkammer fotografiert
- 1950 gelang es die ersten Teilchenbeschleuniger zu entwickeln, was die Erforschung der kosmischen Strahlung stark vereinfachte

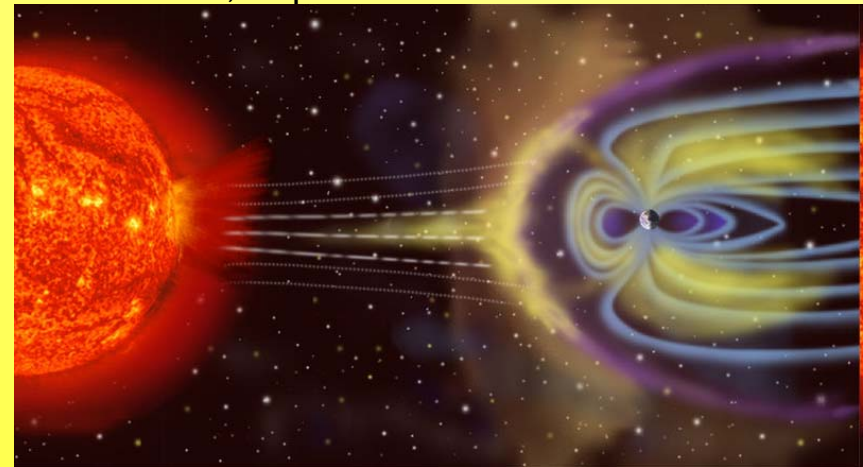


Victor Franz Hess in seinem Heißluftballon

- Walter Bothe und Werner Kolhörster gelang es nachzuweisen, dass sich die Sekundärstrahlung aus elektrisch geladenen Teilchen ´zusammensetzt
- der Versuch der ursprünglich zum Ziel gehabt hatte die kosmische Strahlung als Gammastrahlung einzuordnen widerlegte eben dies
- stattdessen wurde klar, dass sie sich Teilweise aus elektrisch geladenen Teilchen zusammensetzt die eine außergewöhnliche hohe Durchdringungskraft aufweisen

## 1.2. Entstehungsorte

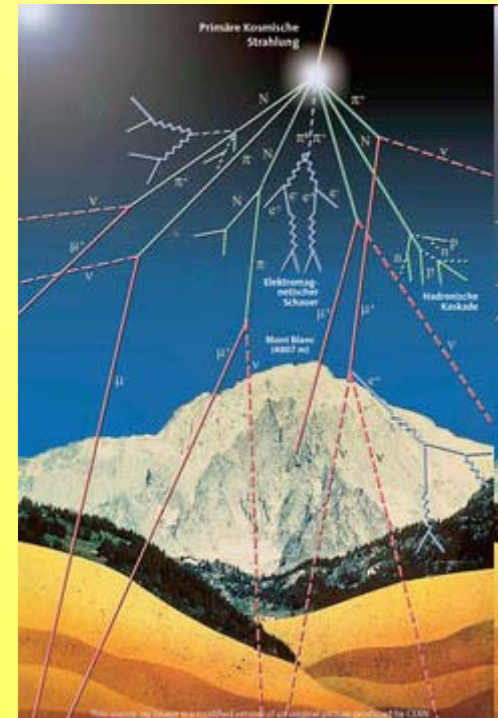
- kosmische Strahlung die auf der Erde gemessen wird entsteht hauptsächlich auf der Sonne
- so setzen Sonnenwinde die auf der Oberfläche des Gestirns entstehen große Mengen Energie frei
- andere Ursprünge kosmischer Strahlung können schwarze Löcher, Supernovae und Kerne von Galaxien darstellen



Ein Sonnensturm trifft auf das Magnetfeld der Erde

## 1.3. Bestandteile:

- der größte Teil der kosmischen Strahlung besteht aus Protonen mit ca. 87 %
- den zweitgrößten Anteil haben Alpha - Teilchen mit 12 %
- der restliche 1% verfällt auf schwere Atomkerne und Elektronen und Neutrinos
- wenn die kosmische Strahlung auf die Erdatmosphäre trifft bilden sich Myonen, sie sind also ein Teil der Sekundärstrahlung
- wenn die Teilchen der kosmischen Strahlung auf die Teilchen der Erdatmosphäre treffen entstehen Pionen und Kaonen
- diese zerfallen nach sehr kurzer Zeit und bilden dann Myonen
- diese entstehenden Teilchen können dann auf der Erde mithilfe spezieller Messgeräte wie z. B. dem Fotomultiplier oder dem Quarknet Detektor empfangen und ausgewertet werden



Der Zerfall der kosmischen Strahlung beim Auftreffen auf die Erdatmosphäre

## 2. Versuchsaufbau/-durchführung

### 2.1. Szintillations Detektor

- der Szintillations Detektor basiert auf dem System der Fluoreszenz
- diese beschreibt die Emission von Licht beim Übergang von einem elektrisch angeregten System in einen energieärmeren Zustand
- die kosmische Strahlung wird von im Szintillations Detektor angebrachten Kristallen absorbiert
- dabei wird Energie in Form von Licht freigesetzt, dieses wird vom Photomultiplier registriert

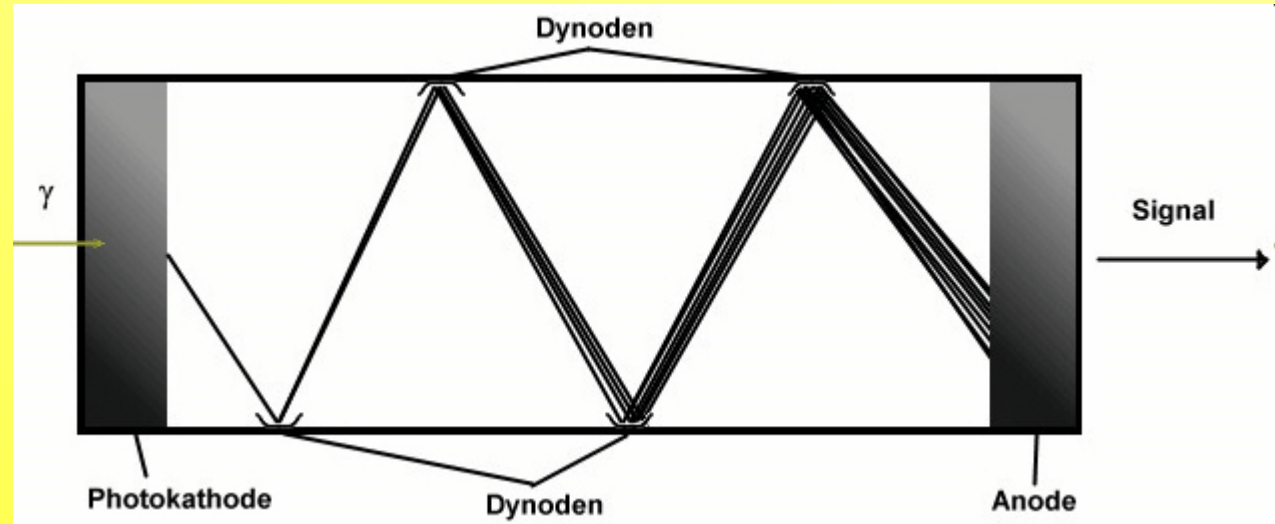
### 2.2. Der Photomultiplier

- die Hauptaufgabe des Photomultipliers ist die Lichtimpulse in elektrische Signale umzuwandeln oder bereits vorhandene zu verstärken
- die Kamiokanne die für Raten - und Lebensdauermessungen von Myonen verwendet wird setzt sich aus vier Hauptbestandteilen zusammen
- 1. der Verstärkerplatte
- 2. die Versorgung für die Kamiokanne bzw. den Photomultiplier
- 3. die Dynoden, die die Aufgabe haben ankommende Elektronen nachzuahmen und so den Strom zu verstärken
- 4. der Hohlraum im inneren der Kanne der mit Wasser gefüllt ist





- Photonen werden in Elektronen umgewandelt, dies geschieht in der so genannten Photokathode
- die Elektronen treffen dann auf die Dynoden, wo sie weitere Sekundärelektronen lösen
- von Dynode zu Dynode wird der elektrische Impuls so verstärkt das er gemessen werden kann

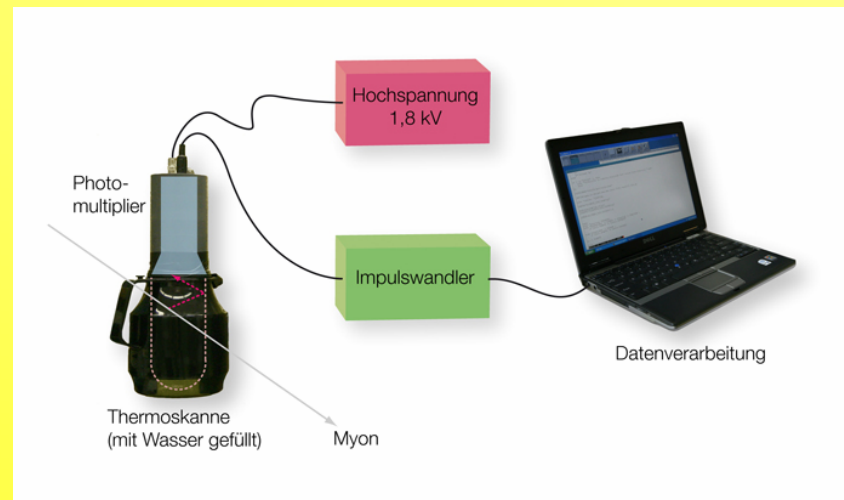


Das ankommende Photon wird in ein Elektron umgewandelt und der elektrische Impuls wird durch die Dynoden verstärkt

- allerdings müssen damit der Prozess funktioniert die Dynoden zunehmend positiver geladen sein, um dies zu gewährleisten wird die Hochspannung mit Hilfe einer Spannungsteilerkette zunehmend heruntergeregelt
- wenn die Elektronen auf die Anode treffen entsteht ein Spannungsabfall ausgelöst durch einen speziellen Widerstand
- diese Spannung dient als Ausgangssignal

## 2.3.Versuchsdurchführung:

- an den Photomultiplier muss eine angemessene Hochspannung angelegt werden, im Beispiel 1,8kV
- zwischen dem Computer und dem Photomultiplier muss die Triggerbox geschaltet werden
- mit dem entsprechenden Programm kann, nach Einstellen der Schwellenspannung an der Triggerbox, die erste Ratenmessung durchgeführt werden

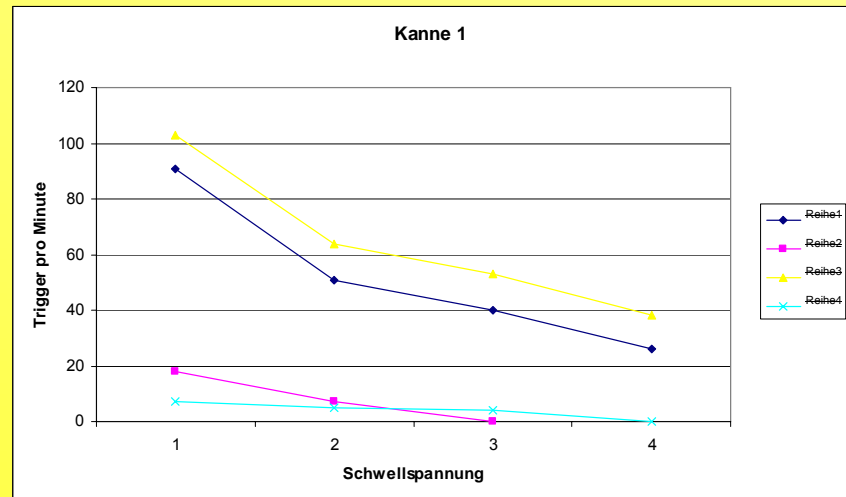


- hierbei werden die Trigger, also die Teilchen die durch den Photomultiplier gehen angezeigt
- Die Messergebnisse werden dann in einen eigens angelegten Ordner gespeichert und können wieder abgerufen werden
- sollten mehrere Ereignisse in einer Sekunde aufgezeichnet werden können diese anschließend vom Endergebnis abgezogen werden, da dies auf Fehler bei der Messung schließen lässt
- So kann das Anschalten einer Lampe schon zu einem Anstieg von ca. 60 Triggern führen

# 3. Messergebnisse

## 3.1. Messungen mit verschiedenen Photomultipliern bei Verschiedenen Bedingungen

- Aufgrund des anderen Winkels des Fotomultipliers ist die Zahl der Myonen die ihn passieren deutlich geringer wenn die Kanne sich in horizontale Lage befindet
- um so geringer der Winkel wird umso stärker sinkt auch die Zahl der Teilchen, die den Photomultiplier passieren



Messergebnisse bei Kanne 1 horizontal ohne Wasser (grün), horizontal mit Wasser (gelb), vertikal ohne Wasser (violett), vertikal mit (blau)



- Aus den Messergebnissen lässt sich der Wert ermitteln wie viele kosmische Teilchen pro Minute einen Quadratcentimeter durchqueren
- Bei einer Schwellspannung von 2,8 V wurden für die gesamte Oberfläche der Kanne 142 Trigger gemessen
- Bei einem Flächeninhalt von ca. 94, 2 cm<sup>2</sup> entspricht das einer Menge von 1,5 Triggern auf einem Quadratcentimeter in einer Minute
- Dies entspricht den Werten einer vertikalen Messung mit Wasser
- Mit den selben Voraussetzungen allerdings in horizontaler Position wurden 131 Trigger gemessen
- Dies entspricht also einem Wert von 1,39 Triggern pro Minute auf einem Quadratcentimeter
- Da die Grundfläche in der Horizontalen allerdings größer ist (ca. 138,2cm<sup>2</sup>) entspricht der Wert nur ca. 0,948 Triggern pro Minute, woran ein deutlicher Abfall der Anzahl der Trigger mit geringeren Winkel zu erkennen ist

### 3.2. Messungen mit den Quarknet - Detektoren, Unterschiede zum Kamiokannen - Experiment

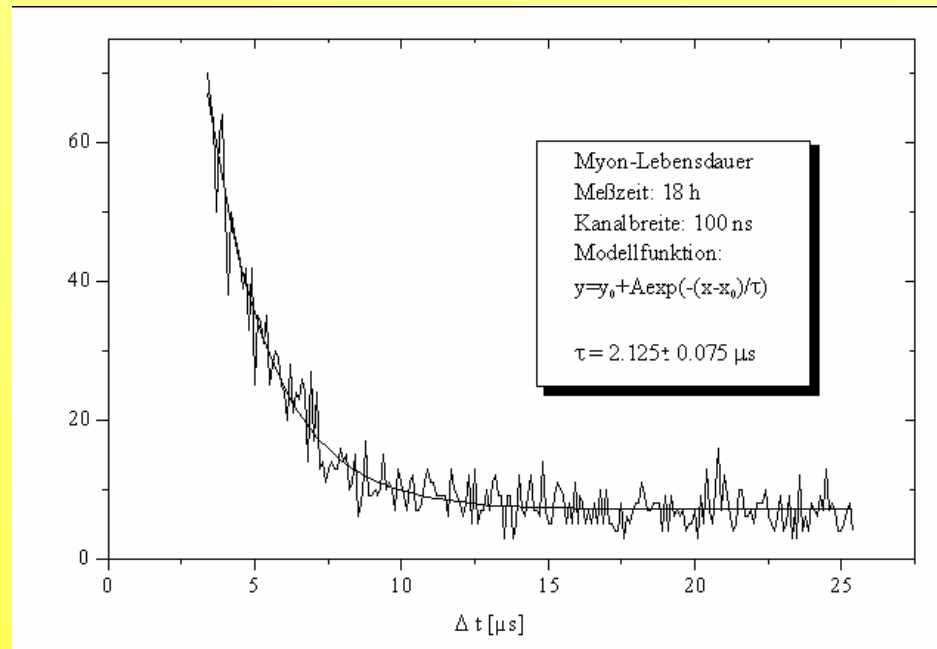
- der Versuchsaufbau des zweiten Experiments entspricht weitestgehend dem vorherigen allerdings werden anstatt der Kamiokannen Quarknet – Detektoren verwendet
- Auch benötigt man ein anderes Programm zum Auswerten der Daten
- mit dem neuen Versuchsaufbau werden ebenfalls die verschiedenen Winkelmessungen durchgeführt, so kann der Genauigkeit der Messungen überprüft werden

- So wurden in einem Zeitraum von ca. 2 Stunden insgesamt 13132 Trigger gemessen, was ungefähr 109,4 Triggern pro Minute entspricht
- was in anbetracht der Grundfläche einem Wert entspricht der sich mit dem im vorherigen Experiment ermittelten Daten deckt
- Der Quarknet – Detektor wurde am FermiLab in den USA entwickelt
- Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory) ist ein Forschungszentrum für Teilchenphysik, das westlich von Chicago liegt
- Es wurde 1968 von Robert R. Wilson gegründet
- Der Hauptbestandteil des Quarknet - Detektors ist ein Szintillator
- Wenn energiereiche Teilchen oder Photonen den Szintillator passieren wandelt dieser sie in Lichtimpulse um
- Dieser Vorgang gab ihm seinen Namen (Szintillation vom lat. Scintillare: „funkeln“)
- Bei dieser Form der Messung wird durch den Photomultiplier die Intensität und Stärke des Lichts ermittelt
- Die Zusammensetzung aus Photomultiplier und Szintillator wird als Szintillationszähler bezeichnet



Der Versuchsaufbau bei der Arbeit mit dem Quarknet - Detektor

- Der Quarknet - Detektor ermöglicht es verschiedene Messungen durchzuführen, um so Fluss - , Performance - und Schauerstudien aufzustellen, sowie die Lebensdauer der Teilchen der kosmischen Strahlung zu ermitteln
- Für die jeweiligen Messungen können beim Starten des Programms zur Auswertung der Daten entsprechende Einstellungen getroffen werden
- Im Allgemeinen werden Lebensdauerermessungen in Form einer Parabel ausgewertet
- Die mittlere Lebensdauer eines Myons beträgt  $2,2 \times 10^{-6}$
- Bei Schauerstudien müssen die Detektoren flächig aufgebaut werden
- Wenn die Detektoren in Koinzidenz aufgebaut sind kann mit Hilfe der Schauerstudie die Richtung aus der die Myonen kommen bestimmt werden
- Flussstudien werden durchgeführt, wenn man ermitteln will, wie viele Myonen zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Orten auftreten, sie werden meist mit einem einzelnen Detektor gemessen

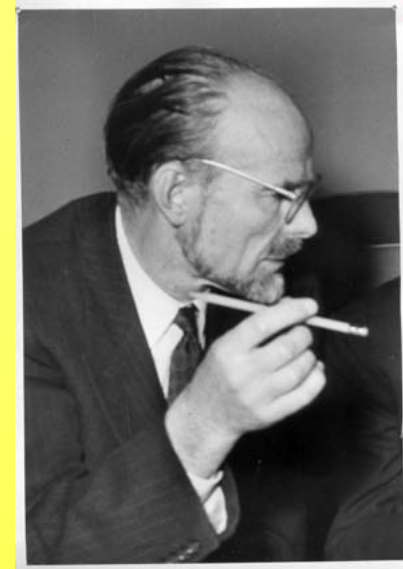


Die typische Form bei der Auswertung einer Lebensdauerermessung

# 4. Das Pierre Auger Observatorium

## 4.1. Pierre Victor Auger

- er wurde am 14. Mai 1889 in Paris geboren
- Auger beschäftigte sich hauptsächlich mit der Kern - und Atomphysik
- sein Spezialgebiet war hierbei die kosmische Strahlung
- mit einem Experiment in der Schweiz gelang es ihm 1938 die Richtung aus der die Teilchen kamen zu ermitteln
- hierzu brachte er auf dem Jungfrauenjoch in der Schweiz in einer Höhe von 3500 Metern mit Abständen von 300 Metern Messgeräte an
- wenn nun in nebeneinander liegenden Detektoren gleichzeitig ein Ereignis stattfand konnte er die Richtung aus der die Teilchen kamen festlegen
- 1926 entdeckte Pierre Auger den nach ihm benannten Auger - Effekt dieser bezeichnet den Strahlungsfreien Übergang eines Elektrons in der Elektronenhülle eines Atoms
- da dieser Effekt jedoch schon vier Jahre zuvor von Lise Meitner entdeckt worden war wird teilweise auch vom Auger - Meitner - Effekt gesprochen
- 1937 wurde er zum Professor an der Sorbonne - Universität in Paris
- 1962 - 67 fungierte es als Generaldirektor der European Space Research Organisation
- nach ihm wurde auch das Pierre - Auger - Projekt in der argentinischen Pampa benannt



Pierre Victor Auger



## 4.2. Aufbau und Geschichte des Projekts

- den Entwurf für das Projekt lieferten 1992 Jim Cronin und Alan Watson
- Ziel ist es auf der Nord und Südhalbkugel jeweils ein Observatorium zu bauen
- das südliche Observatorium in der argentinischen Pampa wurde in Anwesenheit von Jim Cronin in Betrieb genommen, nachdem es 2005 eingeweiht wurde
- es nimmt eine Fläche von 3000km<sup>2</sup> und besteht aus 1600 Wasser - Tscherenkow - Detektoren die im Abstand von 1,5km aufgebaut wurden
- diese sind mit 12 Tonnen ultrareinen Wasser gefüllt und haben eine Grundfläche von 12m<sup>2</sup>
- Lichtschauer lösen im Wasser kurze Lichtblitze aus, die von drei Photomultipliern aufgenommen werden, die Detektoren werden mit Solarenergie betrieben und sind so vom Stromnetz unabhängig



Funktionsprinzip des Observatoriums

- Information werden über Mikrowellen an die Zentrale übermittelt
- die Detektoren sollen für ungefähr 10 Jahre Daten sammeln
- an vier verschiedenen Punkten an den Rändern der Fläche befinden sich insgesamt 24 Teleskope, deren Aufgabe es ist in klaren Nächten den Himmel über dem Gebiet zu beobachten
- mit Hilfe dieser Teleskops ist es möglich die Größe der Teilchenzahl in der Atmosphäre nachzuvollziehen



### 4.3. Erste Messergebnisse

- schon bevor das Observatorium fertig gestellt war wurden erste Messungen durchgeführt
- so wurde nach den Quellen kosmische Strahlung gesucht
- erste Beobachtungen lassen vermuten, dass die schwarzen Löcher in den Zentren von Galaxien eine der Hauptquellen der kosmischen Strahlung sind
- auch wurden neue Teilchen mit ultra hohen Energien entdeckt über deren Herkunft es verschiedenste Theorien gibt
- so vermuten einige Forscher, dass die Teilchen außerhalb der Galaxien beim Zerfall dunkler Materie entstehen



# 5. Quellen

## 5.1. Wikipedia:

Suchbegriff: Kosmische Strahlung

Suchbegriff: Myon

Suchbegriff: Sonnenwind

Suchbegriff: Pierre Victor Auger

Suchbegriff: Auger – Effekt

Suchbegriff: Pierre-Auger-Observatorium

Suchbegriff: Photomultiplier

Suchbegriff: Szintillator

Suchbegriff: Szintillationszähler

## 5.2. DESY:

Messung kosmischer Strahlung

Kamiokanne

## 5.3. Weitere:

Sonnensturm

Kamiokanne

Kosmische Strahlung