

Astroteilchenphysik im Unterricht

Schülerexperimente zur Messung kosmischer Teilchen

Experimente bei DESY

Kamiokannen

QNet-Detektor

Trigger-Hodoskop

QNet-Detektor auf Weltreise

Zukünftige Internet-Experimente

Arbeitsthemen

Physik

Astrophysik

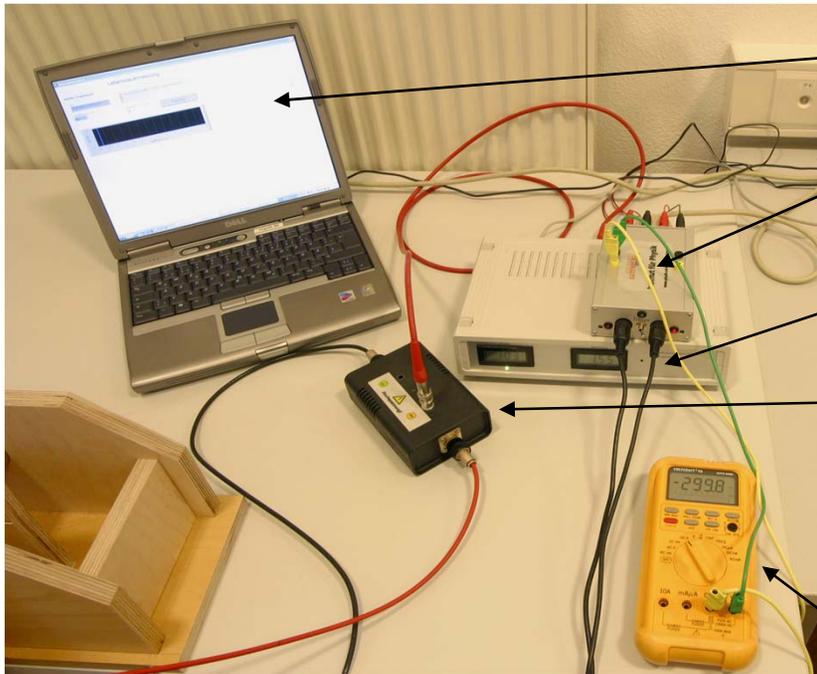
Statistik

Informatik

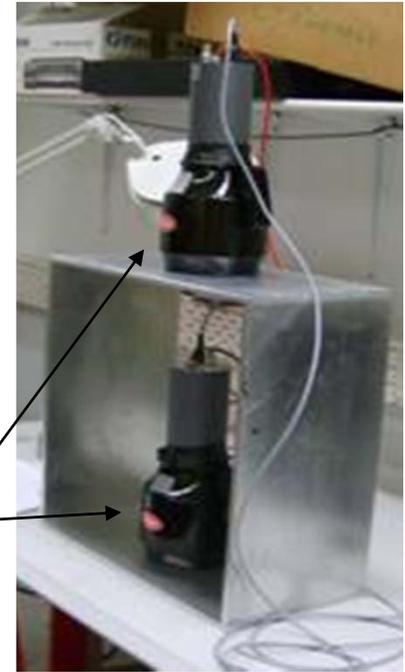
Geschichte



- **Entwickelt:** Uni Mainz
- **Detektor:** Thermoskanne mit Wasser & Photomultiplier
- **Nachweis:** Cherenkov-Licht, relativistische geladene Teilchen erzeugen in transparentem Medium blaues Licht.
- **Photomultiplier (PMT):** Photoeffekt, Photon \rightarrow Photoelektron, Verstärkung Faktor $\sim 10^6$, \rightarrow meßbares Signal
- **Koinzidenz 2 Kannen:** Teilchenrichtung



- Notebook: **Datennahme & Auswertung**
- Triggerboard: **Signalverarbeitung**
- Hochspannungsversorgung
- HV – Verteiler
- 2 Kamiokannen in Koinzidenz
- Messung Schwellenspannung

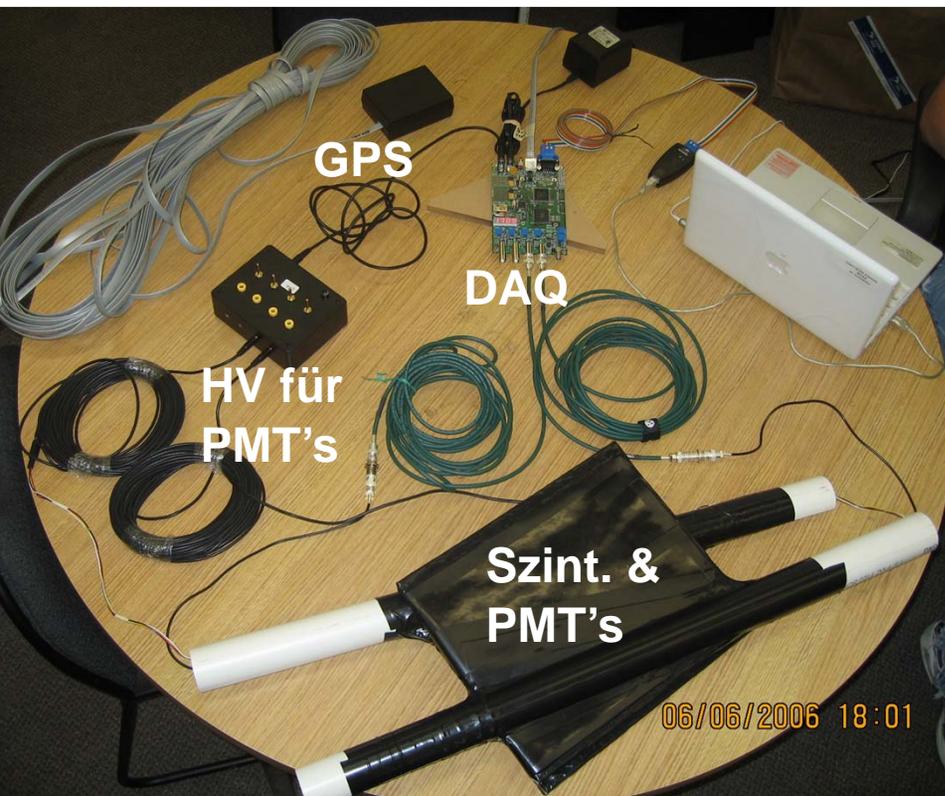


- **Messungen:**

- **Eichung** (Rate in Abh. von Hoch- u. Signalschwellenspannung)
- **Rate** in Abh. vom Winkel und vom Material zwischen Detektoren
- **Lebensdauer** des Myons (allerdings ungenau)

- **Auswertung:** **Excel Tabellen**

- **Ausleihe:** ~14 Tage an Schulen möglich



- **Entwickelt:** Fermilab/USA
- **Detektor:** Szintillatoren & Photomultiplier
- **Nachweis:** Szintillations-Licht, geladene Teilchen regen spezielle Moleküle an, die in transparentem Kunststoff eingelagert sind, Szint.-Licht in < 10 nsec

- **Datennahme-Elektronik (DAQ):** Verknüpfung von max. 4 PMT Signalen, Setzen der Signalschwellen und Triggerzeiten, Signalverstärkung & Digitalisierung
- **GPS:** Zeit- und Position
- **Software:** Python-Programm

- **Messungen:**

- Eichmessungen

- Teilchenrate

- Teilchenschauer

- Lebensdauer Myon

- **Auswertung:**

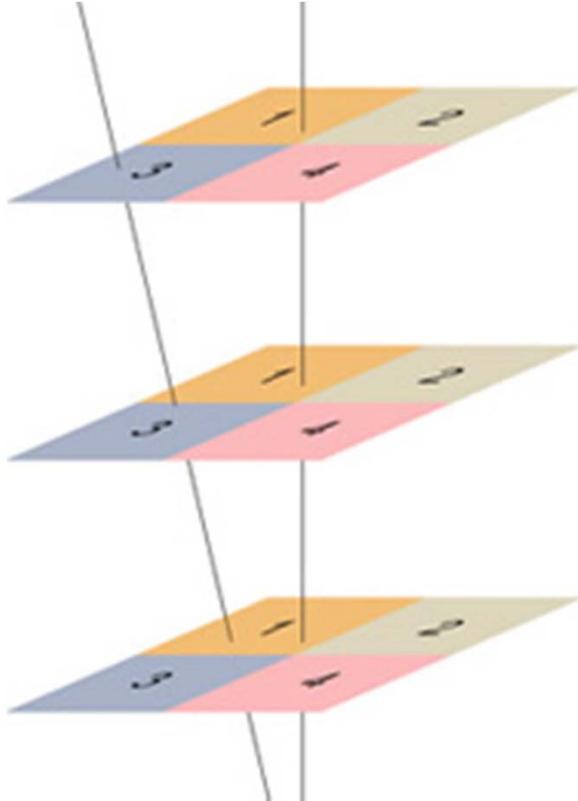
- Excel

- Python Programm

- Fermilab Webseite:

- <http://www18.i2u2.org/elab/cosmic/home/project.jsp>

Trigger - Hodoskop

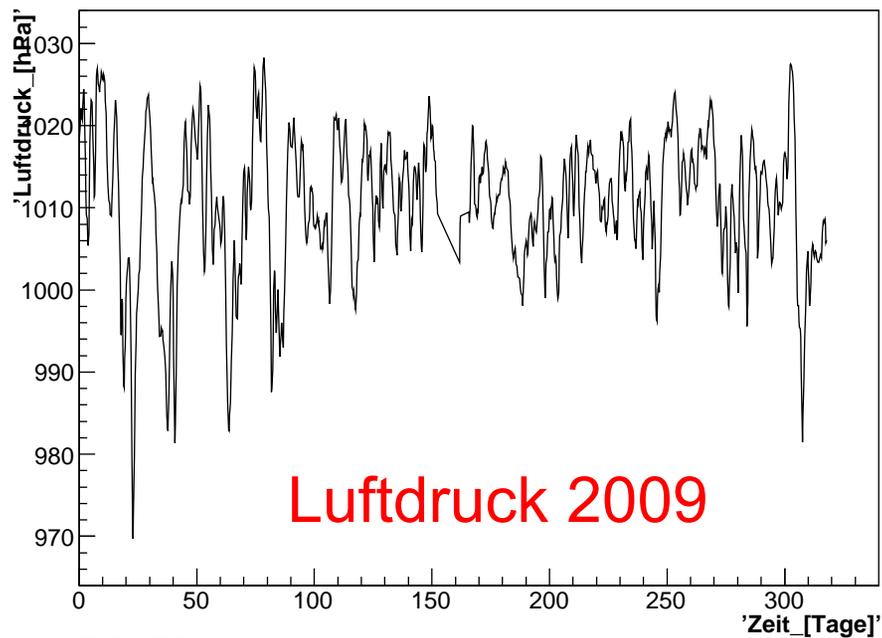


- **Detektor:**
3 Ebenen Szint.Zähler
jede Ebene 4 Segmente
- **Trigger-Bedingung:**
in jeder Ebene ≥ 1 Segment
- **Datennahme:**
seit 2004
- **Messungen:**
Teilchenrate
Teilchenschauer
Abhängigkeit vom Wetter
zeitliche Schwankungen
Sonnen-Eruptionen
Sonnen-Zyklus

- **Auswertung:** über Internetseite:

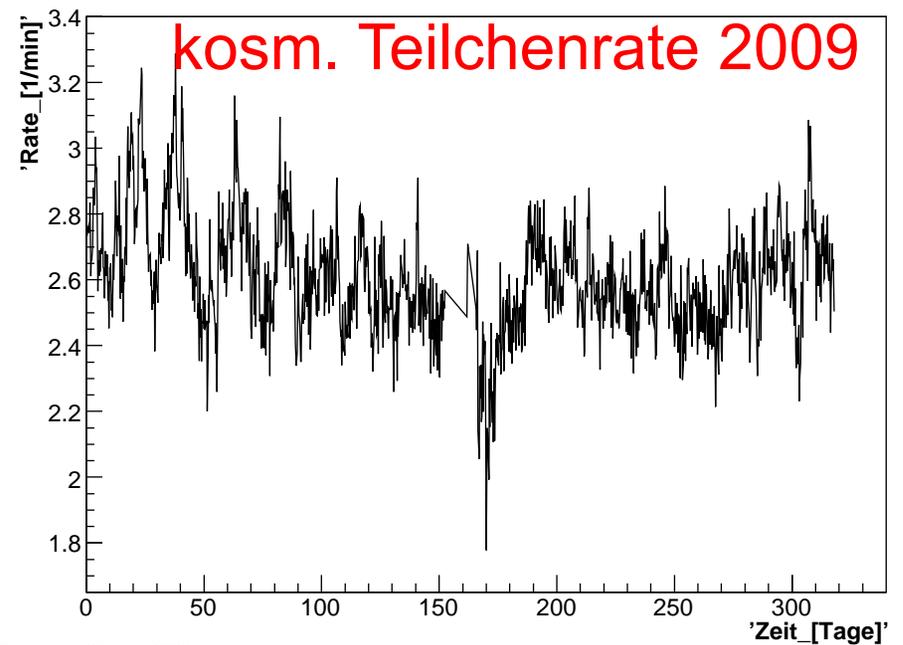
<http://schlab.ifh.de/trigger>

pressure:time



Sun Nov 15 20:50:27 2009

rate:time



Sun Nov 15 20:57:59 2009

Exp. bei DESY: **Qnet - Detektor auf Weltreise**

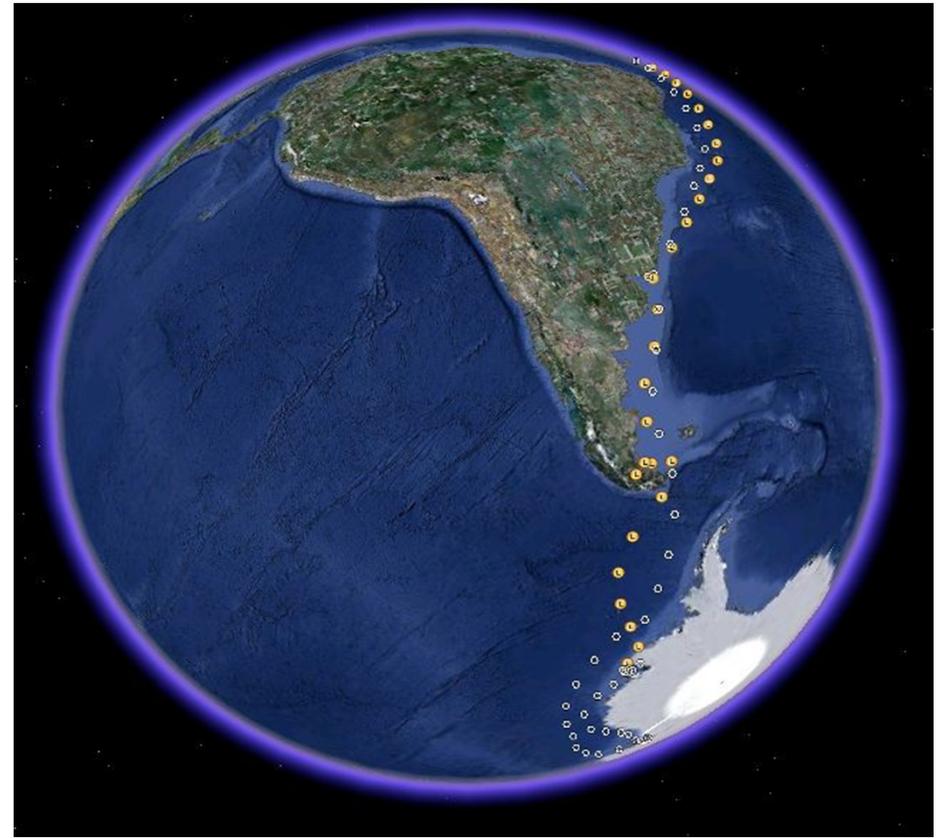


- **Detektor:**
2 Szintillations – Zähler
- **Installation:**
auf Forschungsschiff “Polarstern”,
Okt. 2010 Bremerhaven → Antarktis
→ Ende Mai 2011 zurück
Im Sommer Arktis
Messungen bis 2017
- **Datennahme:**
Teilchenrate,
GPS - Zeit, - Koordinaten,
Luftdruck, Temperatur,
Neigungswinkel Detektor
- **Speicher:**
SD-Karte, Memory⁸-Stick, 32 GB

Exp. bei DESY: **Qnet - Detektor auf Weltreise**

Mögliche Messungen:

- **geomagnetischer Effekt:**
Abnahme Rate niederenergetischer kosmischer Teilchen am Äquator,
Zunahme zu den Polen hin (Erdmagnetfeld)
- **Sonneneruptionen**
- **Geschwindigkeit der Polarstern**
- **Wetter entlang der Route**
- **Schiffsneigung (Wellengang)**



Elementarteilchen:

- Komponenten der kosmischen Strahlung:
Proton, leichte Kerne, Elektron, Positron,
Myon, Pion, Kaon (Teilchen-Zerfälle)

Physikalische Effekte – Detektoren:

- Ionisation von Atomen (Nebelkammer, Geiger-Müller Zähler)
- Photo-Effekt (Photomultiplier)
- Szintillations-Licht (schnelle Teilchen-Detektoren)
- Cherenkov-Effekt (Nachweis geladener Teilchen
in Wasser, Eis, Luft, Gas)

Spezielle Relativitätstheorie:

- Messung Lebensdauer Myon
- Funktion von GPS

Moderne Experimente in Astroteilchenphysik:

- Auger (höchstenergetische Protonen, Kerne)
- H.E.S.S. & MAGIC (hochenergetische Gammastrahlung)
- IceCube (hochenergetische Neutrinos)

Durchführung / Auswertung der Schüler-Exp.:

- Beschreibung, Auswertung der Ergebnisse
- Darstellung: Präsentation, Facharbeit, Webseite, Poster

Quellen kosmischer Strahlung (niederenergetisch)

- Sonne:
Photonen, Protonen, Neutrinos
Sonnenwind, Sonneneruptionen, Sonnenwetter
geomagnetischer Cut-off
- Supernovae:
Neutrinos

Hochenergetische kosmische Beschleuniger:

- Pulsare
- Supernovaresten
- aktive galaktische Kerne
- Messung verschiedener Botenteilchen
Licht, Gammastrahlung, geladene Teilchen, Neutrinos

Statistische Methoden:

- Auswertung der Messungen:
Mittelwerte, statistische & systematische Fehler
- Excel Programm
- ROOT Programm (CERN)

Informatik / Programmierung:

- Einführung und Programmierung mit C++
- “ “ “ “ Python
- Einlesen, Bearbeiten von Datenfiles

Entdeckung der kosmischen Strahlung:

6.-8. August 2012 Konferenz „100 Jahre kosm. Strahlung“

Kosmische Teilchen – Elementarteilchen:

Detektoren / Experimente zur Messung kosmischer Teilchen

Nobelpreise:

- zu kosmischen Teilchen
- zu Elementarteilchen-Physik
- zu Astrophysik

Projektarbeiten bei DESY

Praktika:

- 14 Tage, in einigen Fällen 6 Wochen
- optimal 2 Schüler zusammen (ab 9. Kl.)
- 2010: 23 Schüler,
- Kennenlernen: Werkstätten, Rechenzentrum, PITZ- Beschleuniger

5. Prüfungskomponente / Besondere Lernleistung:

- 1 – 4 Schüler,
- Oktober – May, 1 Woche bei DESY, monatliche Konsultation
- Beurteilung der Abschlussarbeit durch DESY,
- Verteidigung (Präsentation) in der Schule

Beispiele Projektarbeiten:

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_strahlung/projektarbeiten/index_ger.html