

# Kosmische Teilchen erforschen

## Astroteilchen- Detektorprojekte



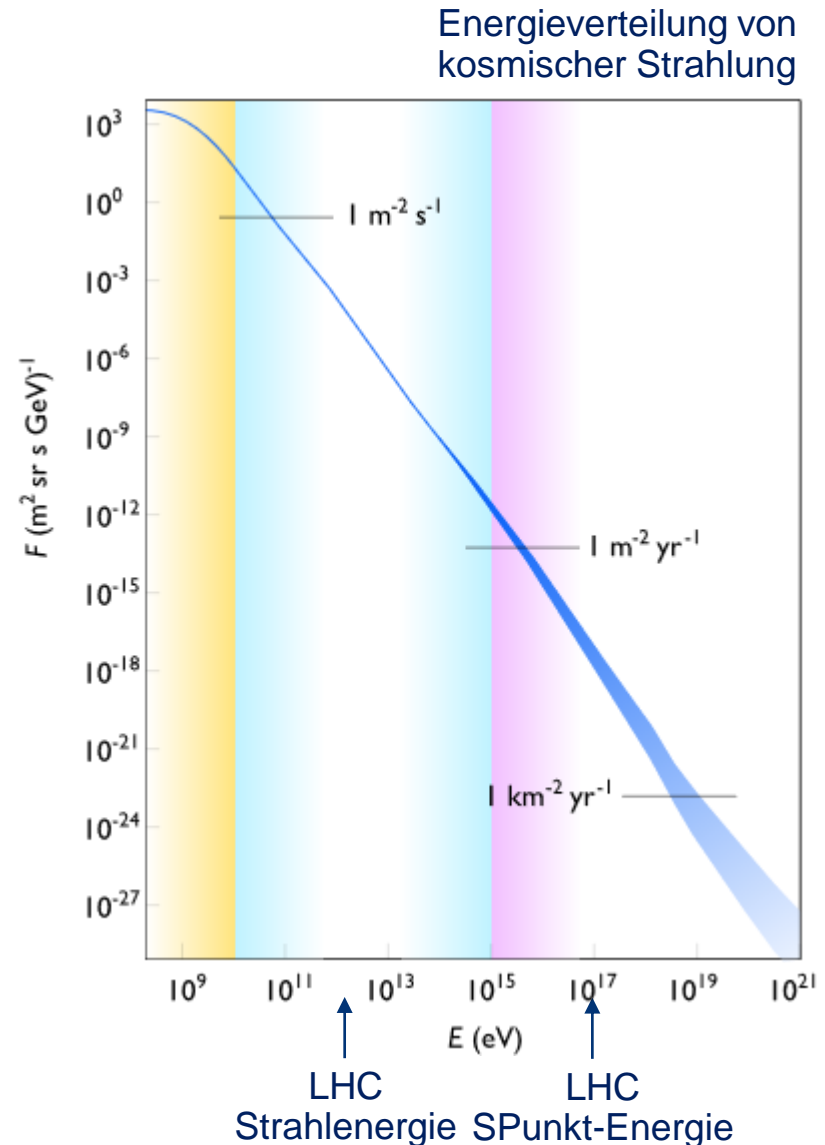


# Astroteilchenphysik?

- ▶ Auch Prozesse der Astrophysik lassen sich auf fundamentale Wechselwirkungen zurückführen
- ▶ Die Kombination ist attraktiv obwohl (oder gerade weil)
  - Verschiedenste Größenordnung beschrieben werden (Subnuklear vs. galaktische Dimensionen)
  - Viele „Science-Fiction“ Begriffe erklärt werden können (Neutronen Stern)

# Kosmische Strahlung

- ▶ Primäre Strahlung: Teilchen stammend von
  - Sonne (gelb)
  - Milchstraße (blau)
  - Extragalaktisch (pink)
- ▶ Kollision mit Atomkern der Atmosphäre. Es entstehen Teilchen
  - Pionen ( $\pi^+$ :  $\bar{d}u$ ,  $\pi^-$ :  $\bar{u}d$ )
  - Kaonen ( $K^+$ :  $\bar{s}u$ ,  $K^-$ :  $\bar{u}s$ )
  - Nukleonen (p,n)



# Kosmische Strahlung

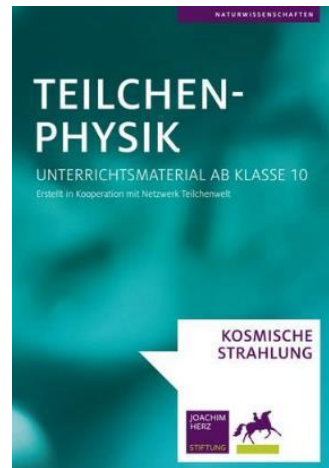
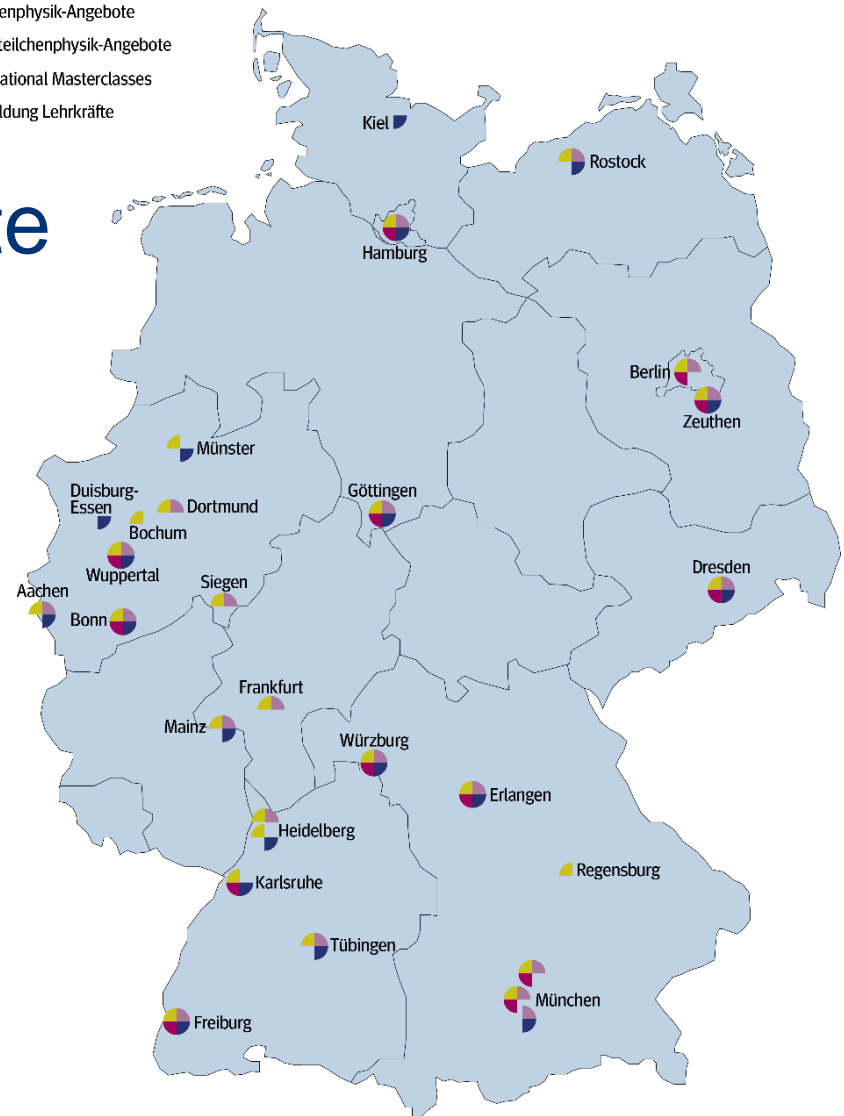
- ▶ Pionen und Kaonen
  - Photonen
  - Myonen
  - Neutrinos
- ▶ 80% der el. geladenen Teilchen auf Meereshöhe sind Myonen
- ▶ In den Astroteilchen Projekten werden diese studiert



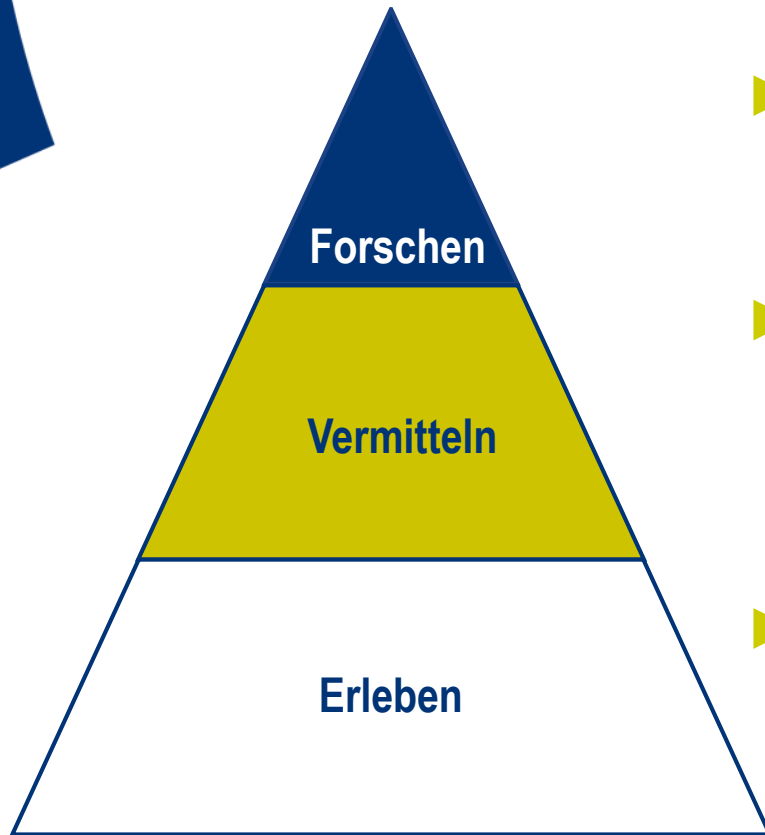
- ▶ Teilchenphysik-Angebote
- ▶ Astroteilchenphysik-Angebote
- ▶ International Masterclasses
- ▶ Fortbildung Lehrkräfte

# Astroteilchen-Projekte

- ▶ Standorte sind über unsere Website zu finden
- ▶ Band 3 dient als Ergänzung



# Das Konzept: Stufenprogramm



- ▶ **Vertiefungsprogramm**
  - Cosmic @ Web
  
- ▶ **Qualifizierungsprogramm**
  - Kamiokannen
  - CosMO
  - Cosmic @ Web
  
- ▶ **Basisprogramm**
  - Astroteilchen Masterclass
  - Nebelkammer

# Basisprogramm:

- ▶ Astroteilchen - Masterclass
  - Analoges Konzept zu Teilchenphysik Masterclass
- ▶ Nebelkammer - Sets



Astroteilchen - Masterclass



Nebelkammer

# Astroteilchen Masterclass

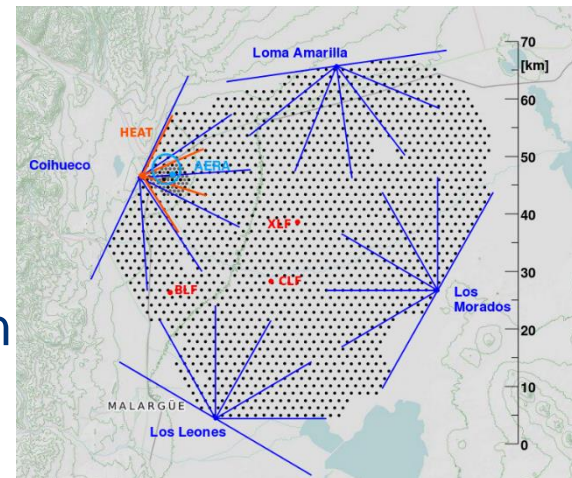
- ▶ Eintägige Veranstaltung in Schulen
  - Durchgeführt von Nachwuchswissenschaftler/inne/n
  - Einführungsvorträge
  - Eigene Auswertung von Daten
    - der LHC-Experimente
    - **des Pierre Auger Observatoriums**
    - **des IceCube Experiments**
- ▶ Auch als Lehrerfortbildung
- ▶ Über 700 Masterclasses wurden bisher durchgeführt





# Pierre Auger Observatorium

- ▶ Versuchsanlage besteht aus
  - Oberflächendetektor (1660 Stationen)
  - dem Fluoreszenzdetektor (27 Teleskope)
  - Radioantennen (150 Antennen)
  - Myonen-Detektoren
- ▶ Fläche Insgesamt 3000 km<sup>2</sup>
- ▶ Lage: Pamas, Argentinien
- ▶ Messung von Schauern, die von kosmischen Protonen hervorgerufen wurden
  - mit Energien von:  
 $10^{17}$  eV bis  $10^{20}$  eV



# Pierre Auger Observatorium



# IceCube

## ► Versuchsanlage besteht aus

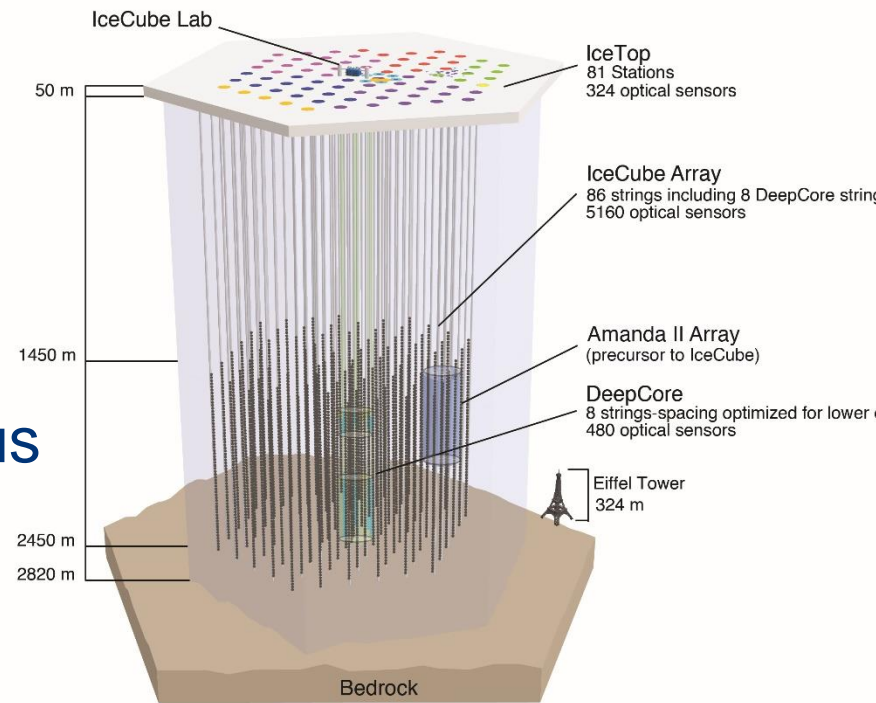
- insgesamt 5160 Sensoren
- An 86 Kabelsträngen
- In 1450 -2450 Metern tiefe

## ► Fläche Insgesamt 1000 m<sup>3</sup>

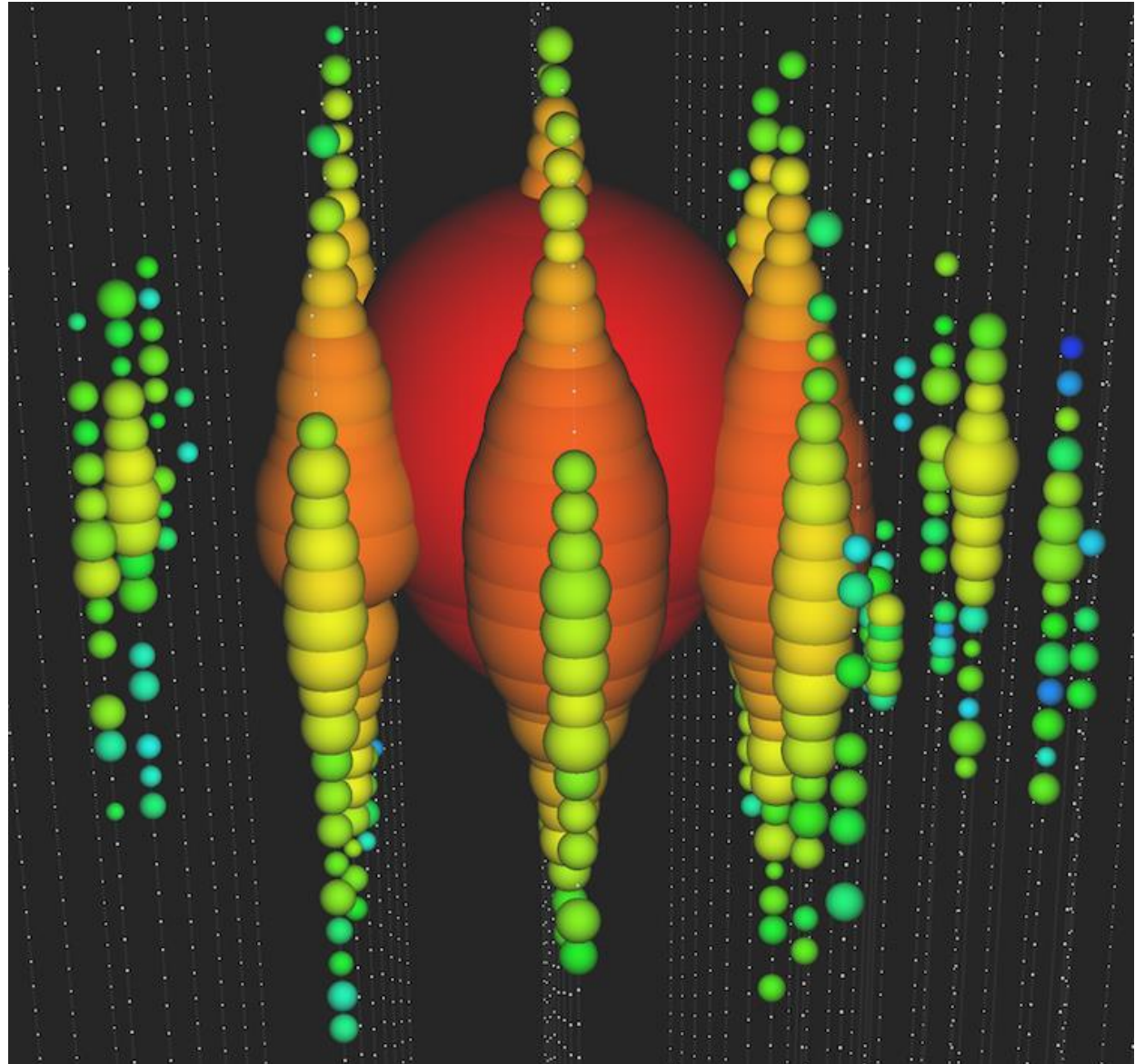
## ► Lage: Amundsen-Scott-Südpolstation

## ► Messung von Neutrinos

- mit Energien von:  
 $10^{12}$  eV bis  $10^{14}$  eV



# IceCube



# Einsteiger Set: Die Nebelkammer



# Inhalt eines Experimentiersets

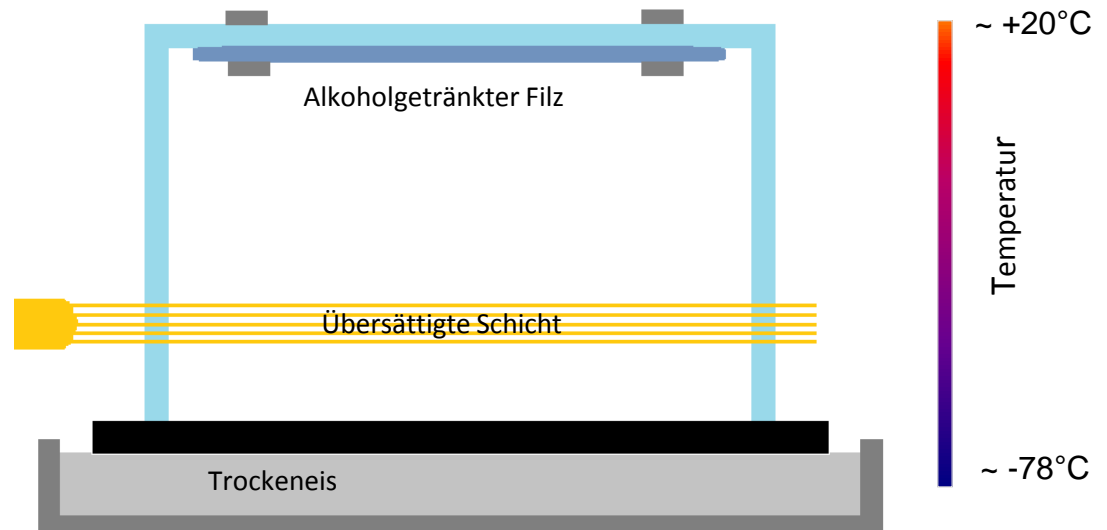
- ▶ Material für 10 Nebelkammern
- ▶ 10 Bauanleitungen
- ▶ Hinweise und Kopiervorlagen
  
- ▶ nicht enthalten sind Verbrauchsmaterialien: Isopropanol und Trockeneis

- ① durchsichtige Plexiglasboxen
- ② schwarz eloxierte Metallplatten
- ③ Holzkisten mit Styroporauskleidung
- ④ Magnete
- ⑤ Filz
- ⑥ Taschenlampen



# Funktionsweise Nebelkammer

- ▶ Alkohol verdampft bei Raumtemperatur bis zur Sättigung
- ▶ Alkoholdampf sinkt aufgrund Gravitation nach unten und kühlt dabei ab
- ▶ Oberhalb der Metallplatte ist Luft durch Alkoholdampf übersättigt
- ▶ Elektrische geladene Teilchen ionisieren Atome und erzeugen Kondensationskeime im übersättigten Medium
- ▶ an diesen kondensieren Alkoholmoleküle zu Tröpfchen



# Experimentieren mit einer Nebelkammer

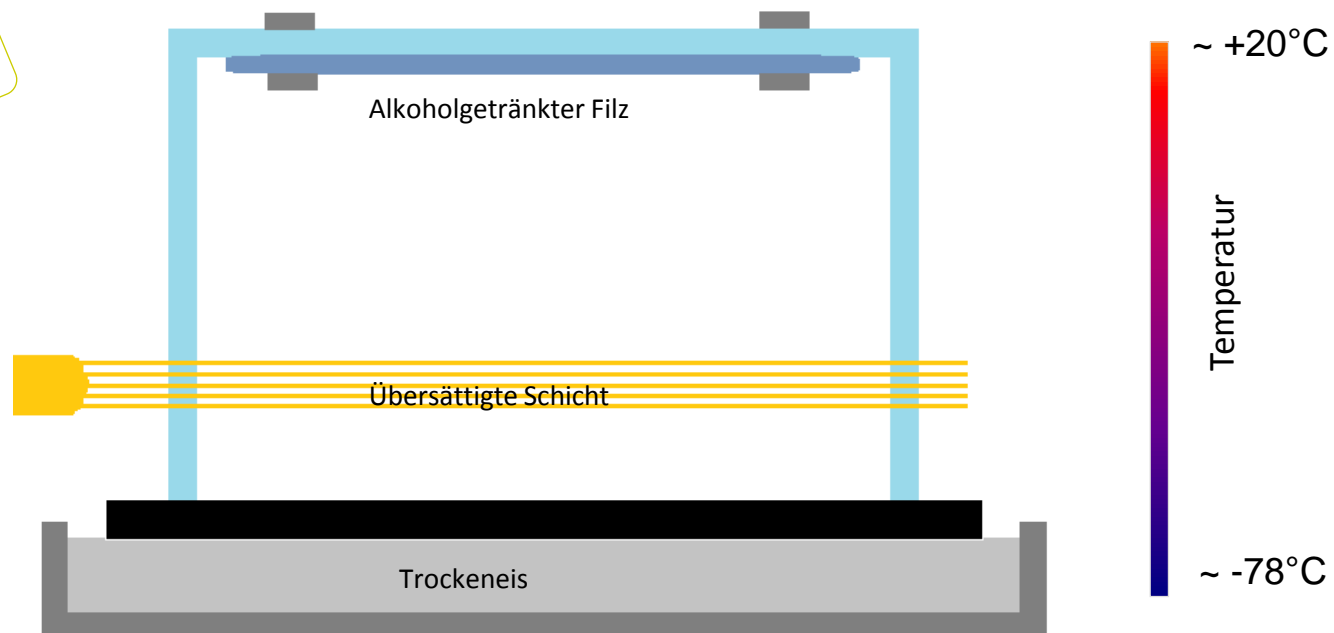
Spuren beobachten

Spuren filmen

Spuren zählen

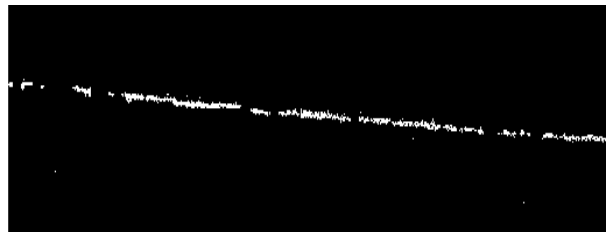
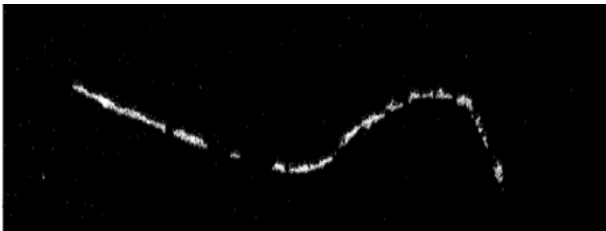
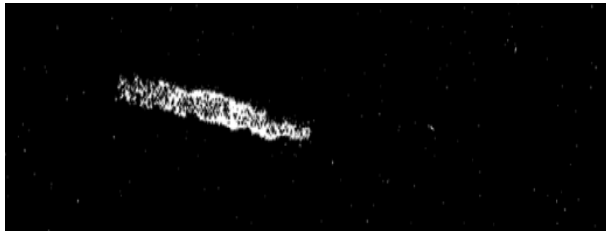
Spuren erzeugen

Spuren identifizieren





# Spuren in der Nebelkammer auswerten



- ▶ Dicke, kurze Spuren
  - $\alpha$ -Teilchen (Helium-Kern)
  - aus Zerfall von Radon
- ▶ Dünne, krumme Spuren
  - niederenergetische Elektronen oder Positronen
  - aus  $\beta$ -Strahlung oder kosmischen Strahlung
- ▶ Dünne, lange, gerade Spuren
  - hochenergetische  $e^+$ ,  $e^-$  oder Myonen aus kosmischen Strahlung

# Qualifizierungsprogramm: Astroteilchen-Projekte

- ▶ Szintillator-Experiment „CosMO“ und „Kamiokanne“-Experiment
  - Zur Ausleihe nach vorheriger Fortbildung
  - Geeignet für kleinere Gruppen in allen Programmstufen
  - Verschiedene Messungen  
(Winkel, Lebensdauer, Abschirmung)



Kamiokannen



Szintillationszähler

# Grundlegendes Messprinzip

## ▶ Detektor

- kosmisches Teilchen erzeugt im Detektormaterial Photonen
- Photomultiplier vervielfacht diese und erzeugt ein elektronisches Signal

## ▶ Datenverarbeitung

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

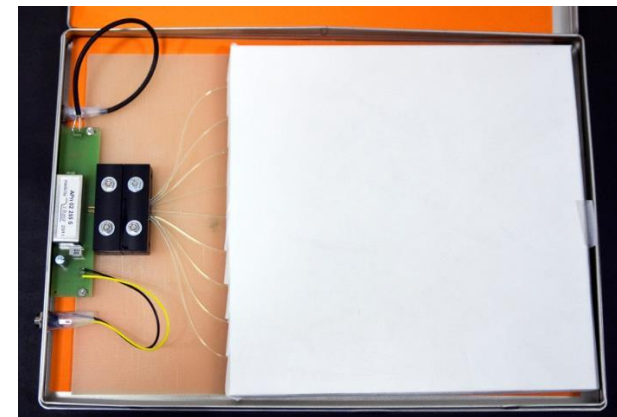
## ▶ Datenauslese

- Datenbearbeitung mit Computer und geeigneten Programmen

## ▶ Alle Sets beinhalten diese Bestandteile

# CosMO

- ▶ beim Durchgang eines elektrisch geladenen Teilchens wird Szintillator angeregt und Szintillationslicht emittiert
- ▶ Szintillator wird über Lichtleiter ausgelesen → Totalreflexion als Lehrplanbezug
- ▶ Umwandlung des schwachen Lichtsignals in ein elektronisches Signal
  - Mögliche Messungen: Winkel, Abschirmung, und vieles mehr



# Kamiokannen

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



# 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

# Die Experimente

- ▶ kosmische Strahlung in Abhängigkeit von anderen Parametern
  - z.B. Luftdruck
  - Umgebungstemperatur



LIDO bei DESY



Trigger-Hodoskop bei DESY



# Die Experimente

- ▶ kosmische Strahlung in Abhängigkeit von anderen Parametern
  - in Abhängigkeit von Schiffsposition
- ▶ Szintillationszähler auf Polarstern
- ▶ Neutronenzähler auf der 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

# 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 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



## Alle Informationen und Kontakte...

- ▶ [http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische\\_teilchen](http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen)
- ▶ Netzwerk Teilchenwelt: [mail@teilchenwelt.de](mailto:mail@teilchenwelt.de)
- ▶ Astroteilchen-Projekte: [carolin.schwerdt@desy.de](mailto:carolin.schwerdt@desy.de)

Discover Cosmic Rays

# INTERNATIONAL COSMIC DAY

November 30 | 2017

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.

More information:

<http://icd.desy.de>

<https://www.facebook.com/InternationalCosmicDay>



[www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de)

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG



[www.facebook.de/teilchenwelt/](http://www.facebook.de/teilchenwelt/)



NETZWERK  
TEILCHENWELT