

# Kosmische Teilchen erforschen

Astroteilchen-Detektorprojekte



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

Philipp Lindenau, Sebastian Fabianski, Dr. Claudia Behnke  
Bielefeld | 13./14.02.2019



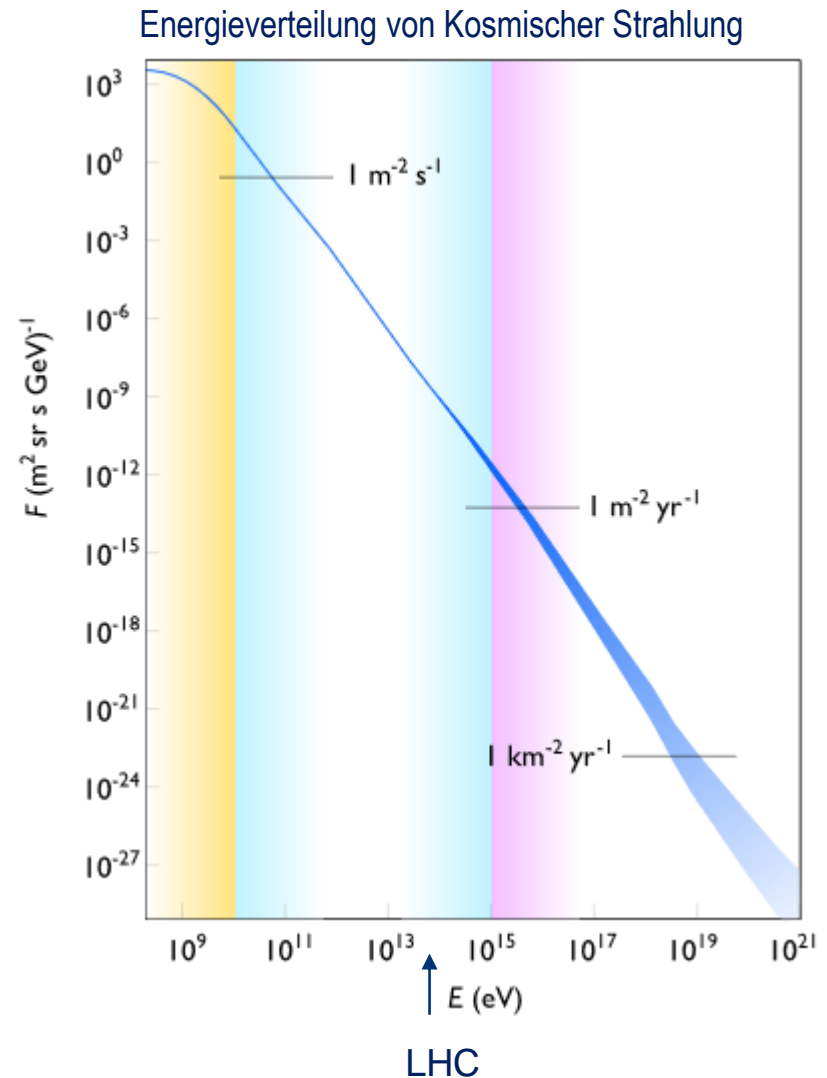
NETZWERK  
TEILCHENWELT

# Astroteilchenphysik?

- ▶ Auch Prozesse der Astrophysik lassen sich auf fundamentale Wechselwirkungen zurückföhren
- ▶ 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)
  - Beide eine große Faszination erzeugen (hoffentlich ;-)) (Urknall, Warum sind wir hier...)

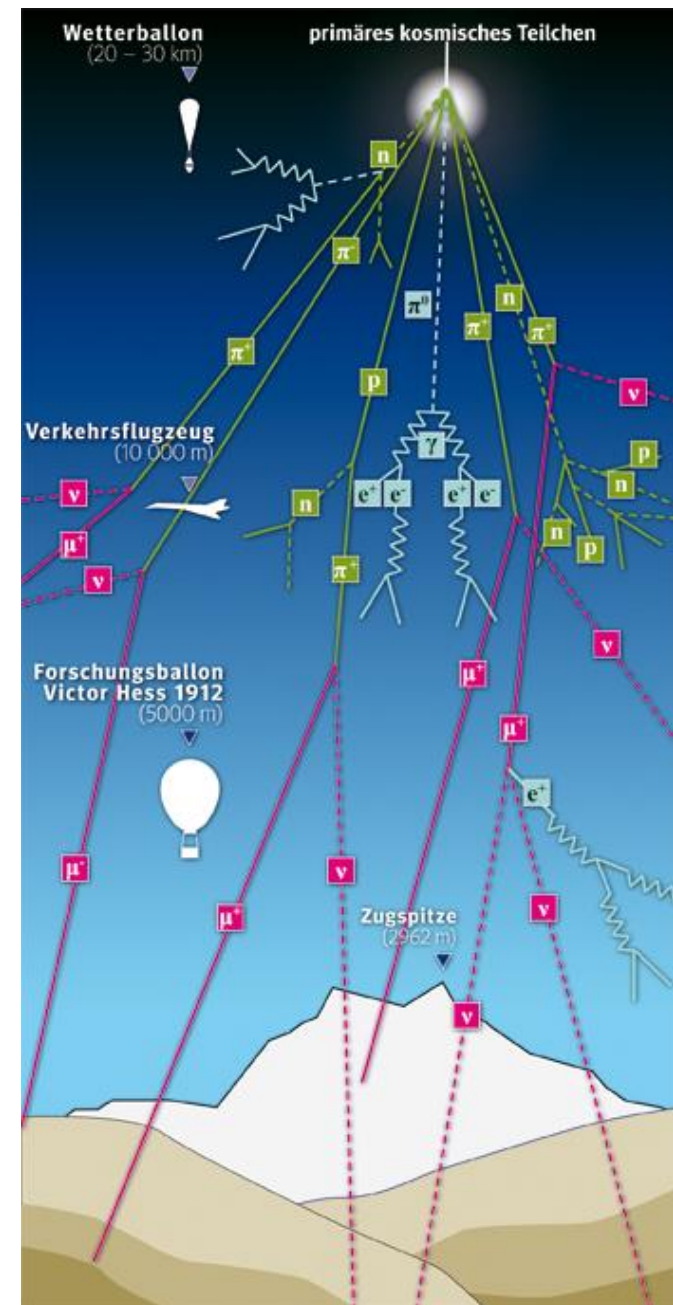
# Kosmische Strahlung

- ▶ Primäre Strahlung: Teilchen stammend von
  - Sonne (gelb)
  - Milchstraße (blau)
  - Extragalaktisch (pink)
- ▶ Kollision mit Atomkern der Atmosphäre. Es entstehen Teilchen
  - Pionen
  - Kaonen
  - Nukleonen



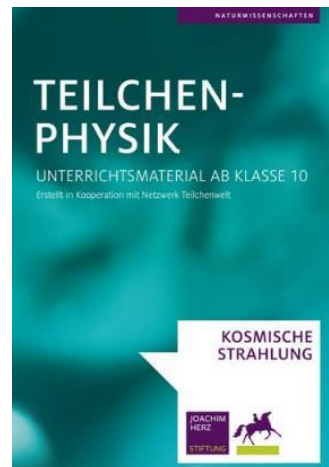
# Kosmische Strahlung

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

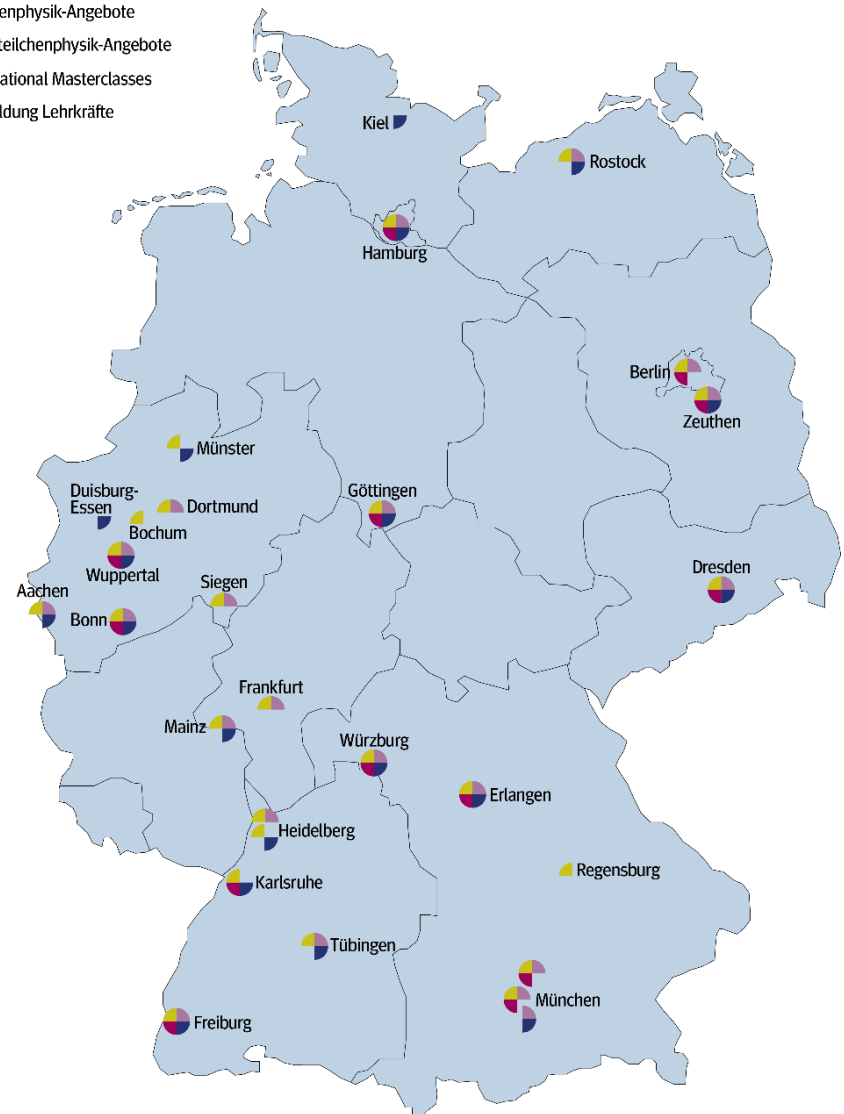


# Astroteilchen-Projekte

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

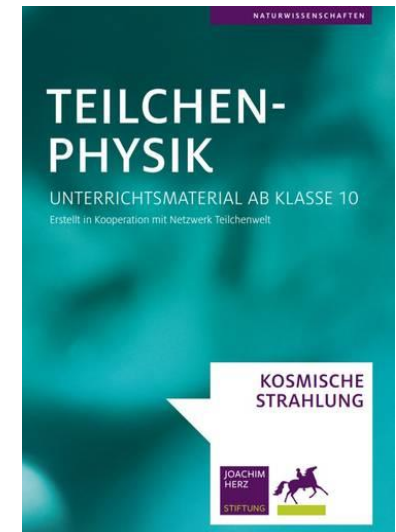


- ▶ Teilchenphysik-Angebote
- ▶ Astroteilchenphysik-Angebote
- ▶ International Masterclasses
- ▶ Fortbildung Lehrkräfte



# Band 3: Kosmische Strahlung

- ▶ 32 Seiten
- ▶ Fokus: Untersuchung von Myonen
- ▶ Hintergrundinfos für Lehrkräfte
- ▶ Fachtext für Schüler/innen
- ▶ Aktivitäten, Aufgaben und Lösungen



### 2 INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

**2.1 THEMALE ZIEL ANWENDELPUNKTE IM LERNZIEL**

2.2 VORBEREITUNGSARBEIT

**2.3 ERWARTETE LEHRKRÄFTE**

### 3.1 VORHER KOMMEN EIN MYONEN

3.2 Myonen sind Teil der kosmischen Strahlung und werden durch die Erdatmosphäre erzeugt.

3.3 Myonen sind Teil der kosmischen Strahlung und werden durch die Erdatmosphäre erzeugt.

### AUFGABEN

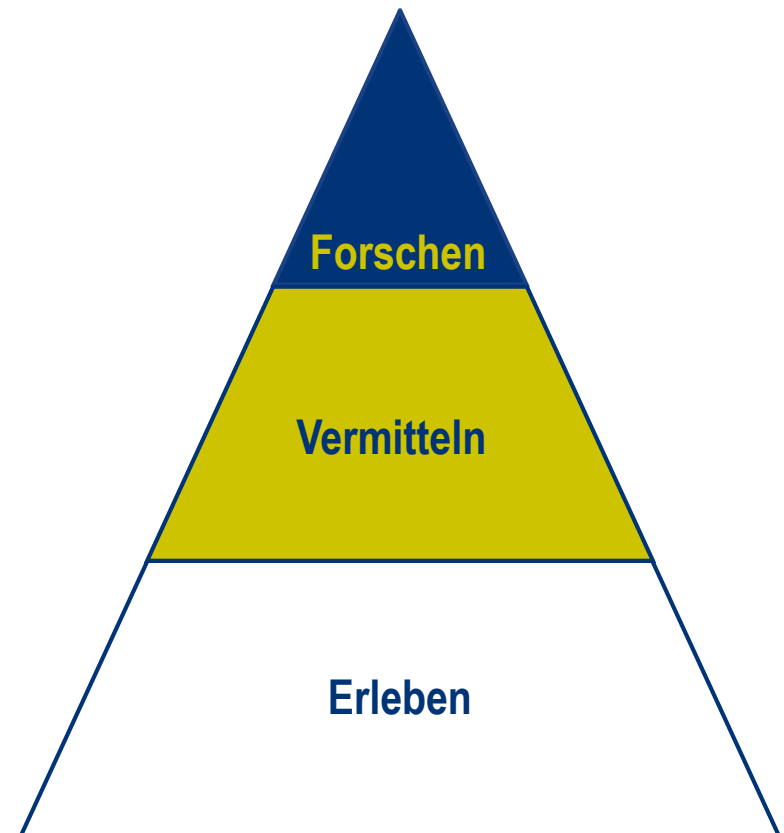
1. EXPERIMENTELLE ERMITTLUNG DER MYONENLEBENSZEIT

2. BEWERTUNG DER ERWARTUNGEN

3. MYONENLEBENSZEIT

# 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



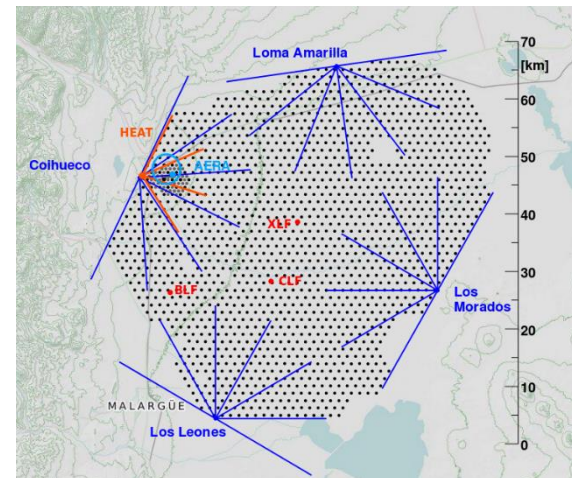
# Astroteilchen Masterclass

- ▶ 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

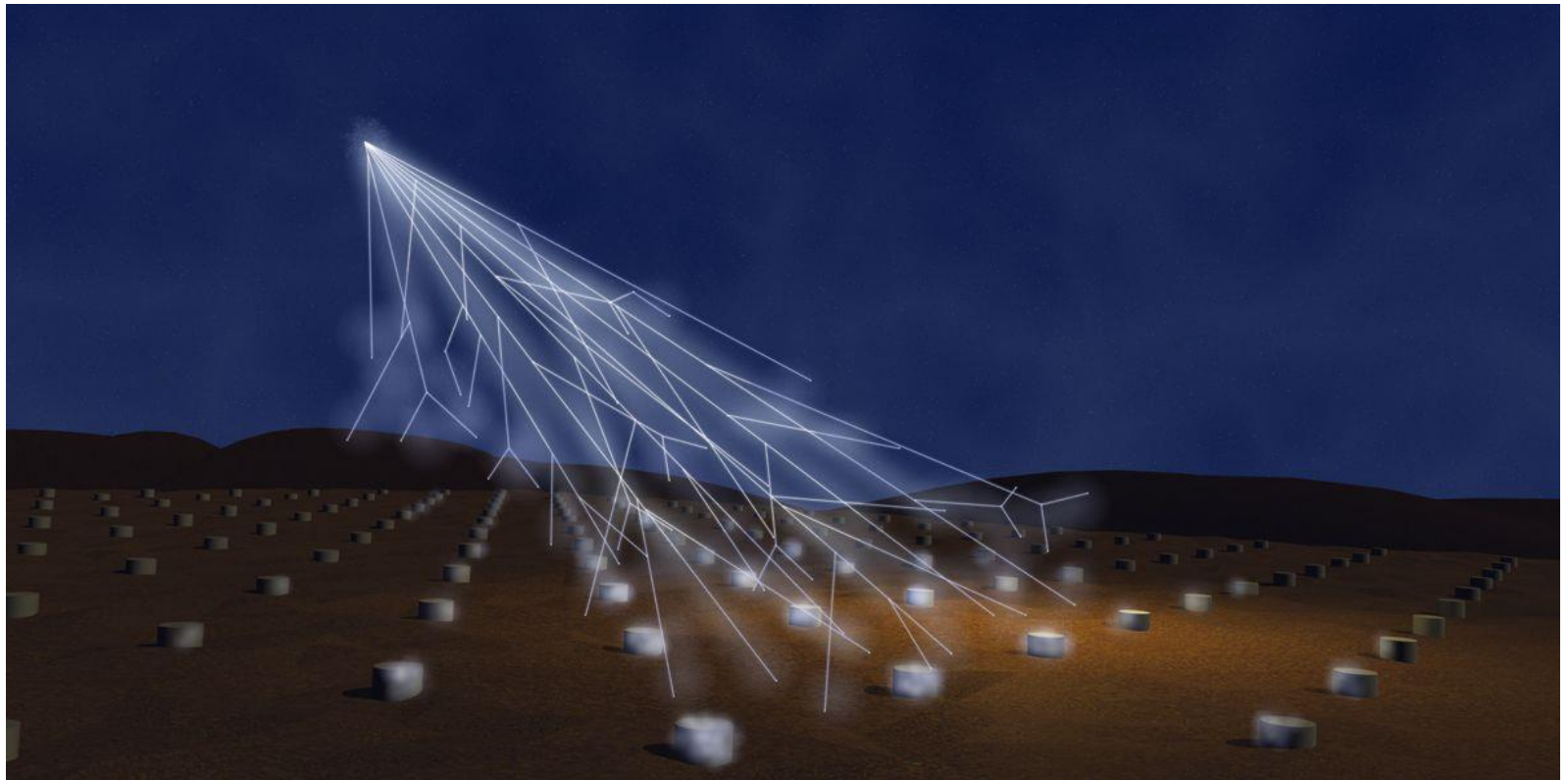


# Pierre Auger Observatorium

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

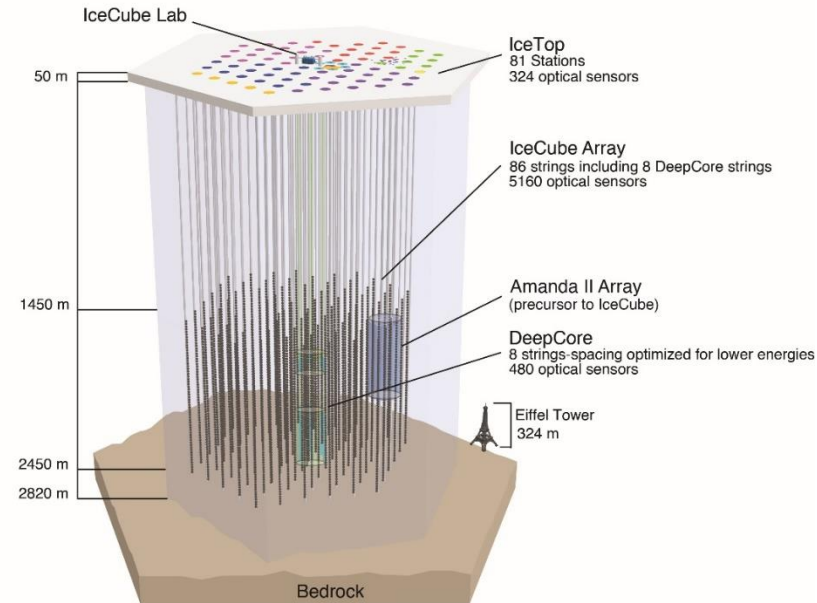


# Pierre Auger Observatorium

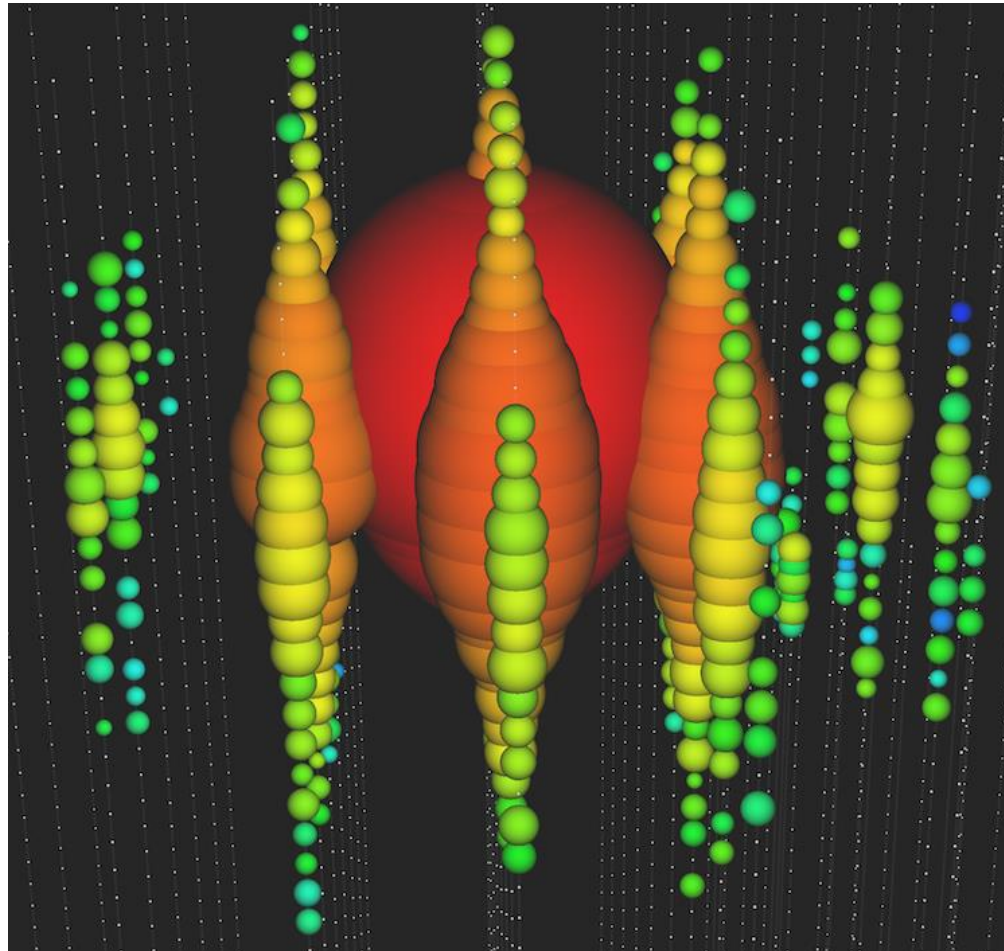


# IceCube

- ▶ Versuchsanlage besteht aus
  - insgesamt 5160 Sensoren
  - An 86 Kabelsträngen
  - In 1450 -2450 Metern tiefe
  
- ▶ Volumen insgesamt 1 km<sup>3</sup>
- ▶ Lage: Amundsen-Scott-Südpolstation
- ▶ Messung von Neutrinos
  - mit Energien von:  
 $10^{12}$  eV bis  $10^{14}$  eV

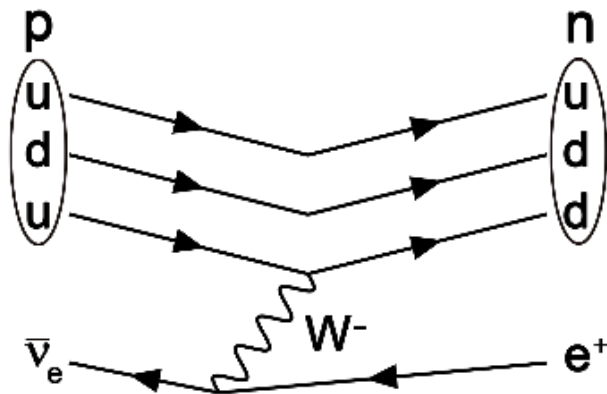


# IceCube



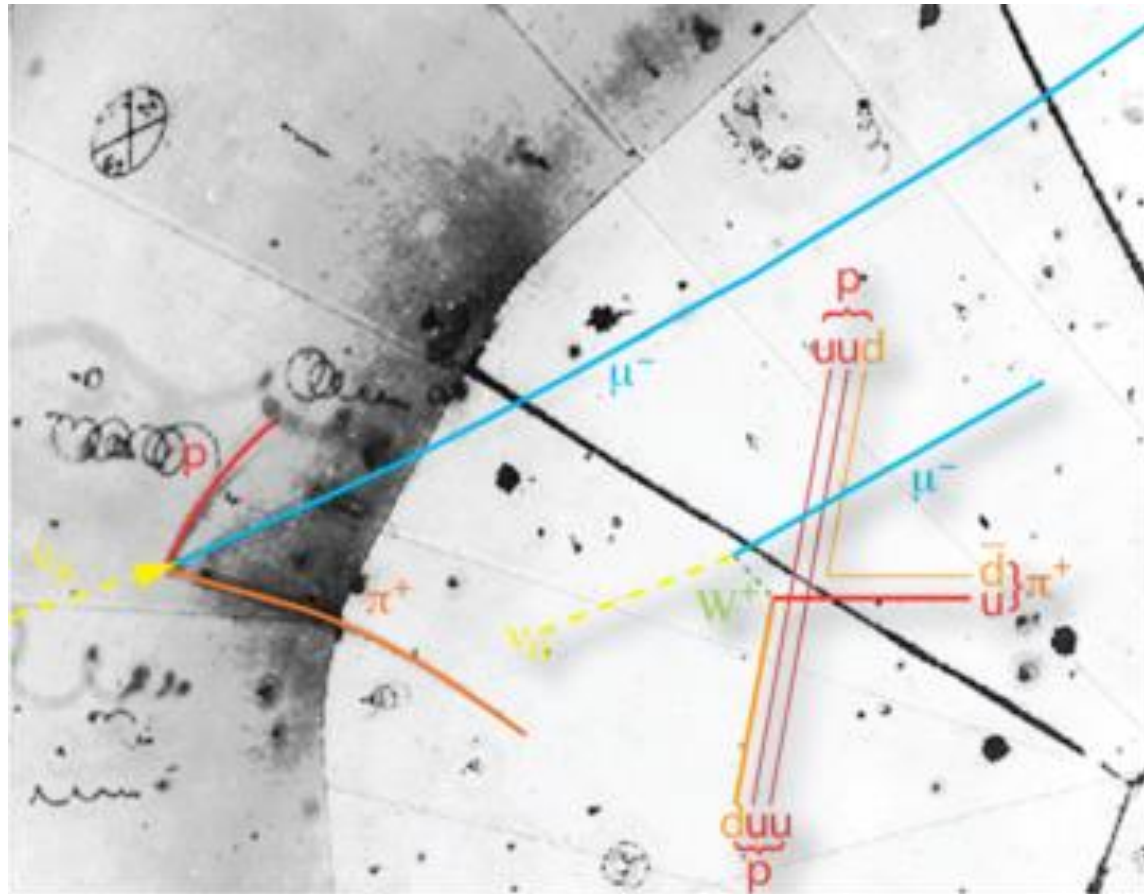
# Neutrino Messung

- ▶ Reines und Cowan 1956
- ▶ Neutrinos aus Kernreaktor Interaktion mit Proton



- ▶ Nachweis des Neutrons:  
 $n + {}^{113}\text{Cd} \rightarrow {}^{114}\text{Cd} + \gamma$
- ▶ Nachweis des Positrons  
 $e^+ + e^- \rightarrow \gamma \gamma$

# Neutrino Messung



# 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





# 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 des Volumens
- ▶ Alkoholdampf sinkt aufgrund Gravitation nach unten und kühlt dabei ab
- ▶ Oberhalb der Metallplatte geht der Alkoholdampf in einen übersättigten Zustand über
- ▶ Geladene Teilchen ionisieren Atome und erzeugen Kondensationskeime im übersättigten Medium an diesen kondensieren Alkoholmoleküle zu Tröpfchen



# Experimentieren mit einer Nebelkammer

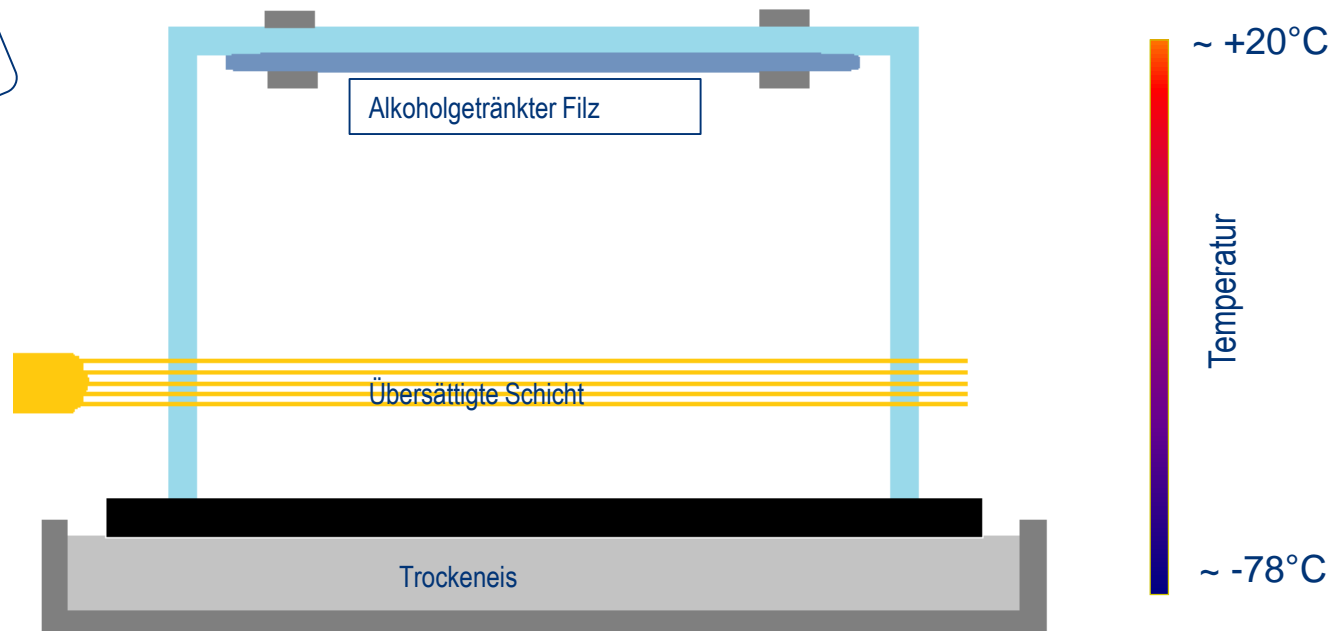
Spuren beobachten

Spuren filmen

Spuren zählen

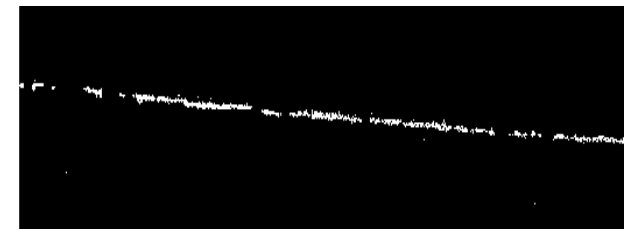
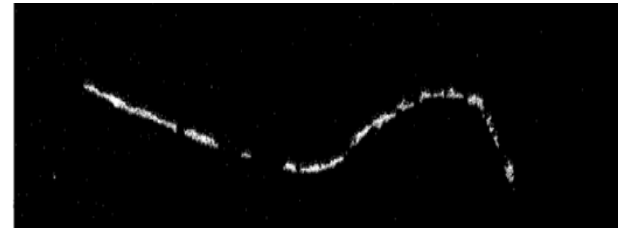
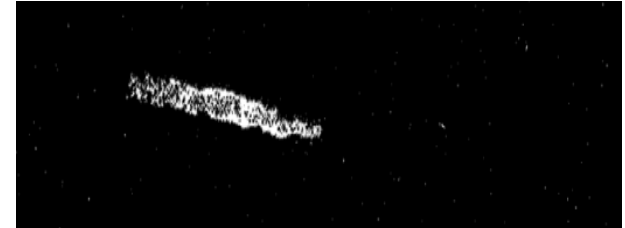
Spuren erzeugen

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 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

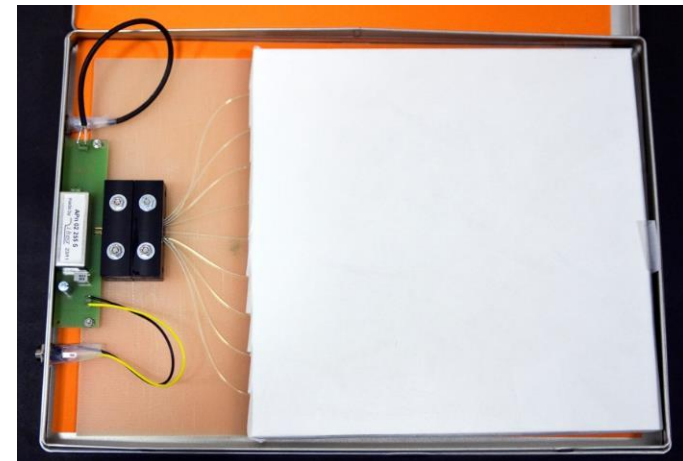
- Datenbearbeitung mit Computer und geeigneten Programmen

## ▶ Alle Sets beinhalten diese Bestandteile

# 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
  - 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 Info des schwachen Lichtsignals in ein elektronisches Signal um



# COSMIC@WEB



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

# Ein Webinterface zur Datenauswertung

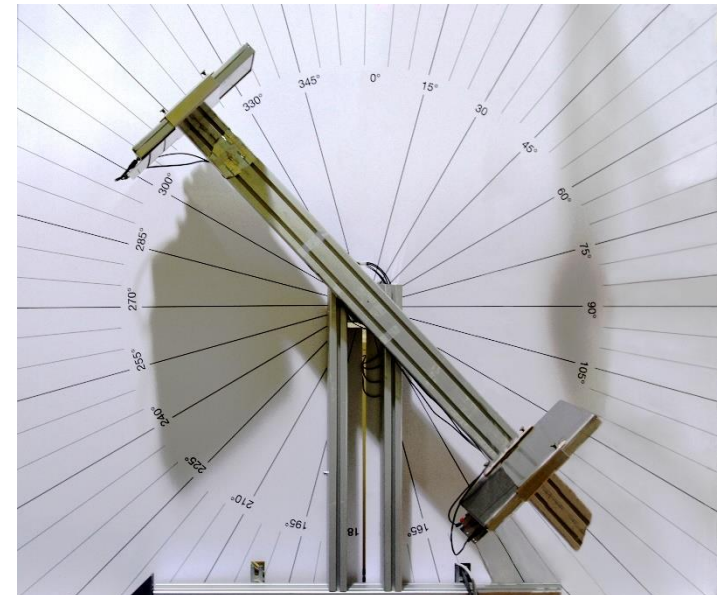
- ▶ Daten verschiedener Experimente auswerten und vergleichen
- ▶ einfacher Zugriff auf große Datenmenge
  - kontinuierlich über langen Zeitraum, mit unterschiedlichen Experimenten, an unterschiedlichen Orten gemessen
- ▶ Experimente und Orte
  - Trigger-Hodoskop, CosMO-Mühle und LIDO bei DESY in Zeuthen
  - Szintillationszähler und Neutronenmonitor auf Forschungsschiff “Polarstern” und Südpolstation Neumayer III

# Die Experimente

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



LIDO bei DESY



Cosmo Mühle 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 29 | 2018

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.

Image Credit: DESY, Science Communication Lab

More Information:

<http://icd.desy.de>

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

14.02.2019



34

[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