

Kosmische Teilchen erforschen

Astroteilchen-Detektorprojekte



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

Philipp Lindenau, Dr. Claudia Behnke
Gars am Inn | 18. – 21.12.2018



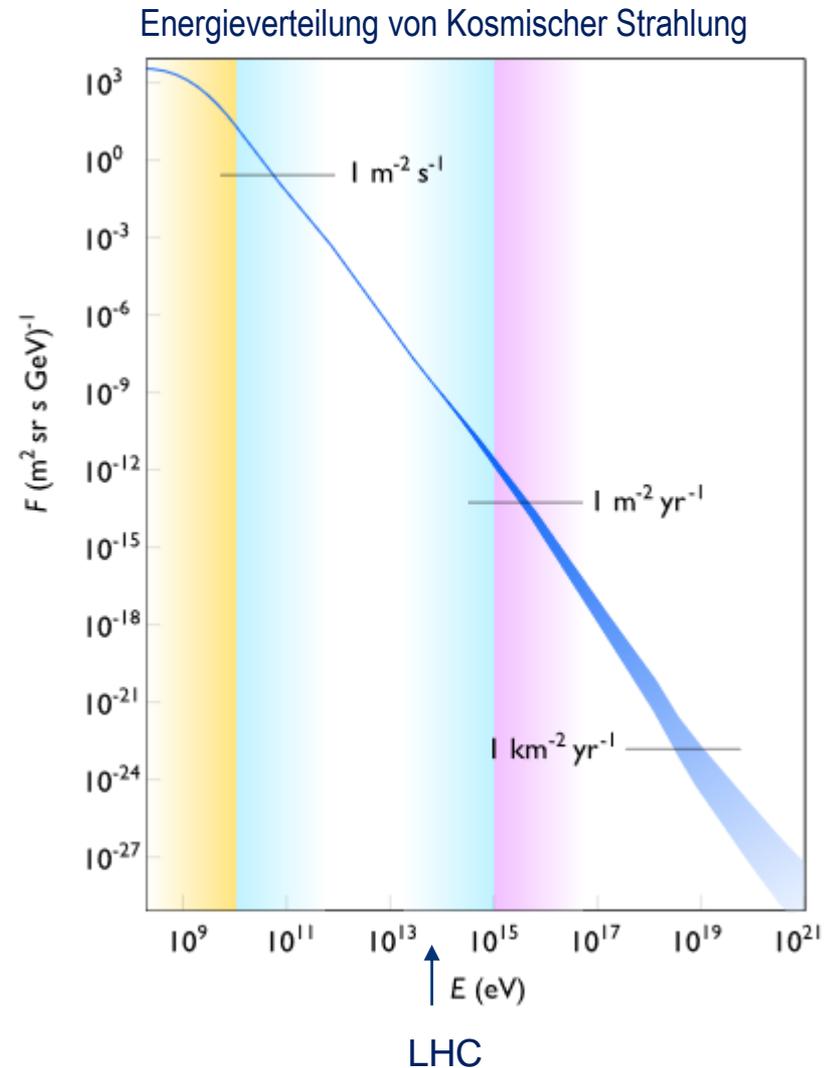
NETZWERK
TEILCHENWELT

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)
 - Beide eine große Faszination erzeugen (hoffentlich ;-)) (Urknall, Warum sind wir hier...)

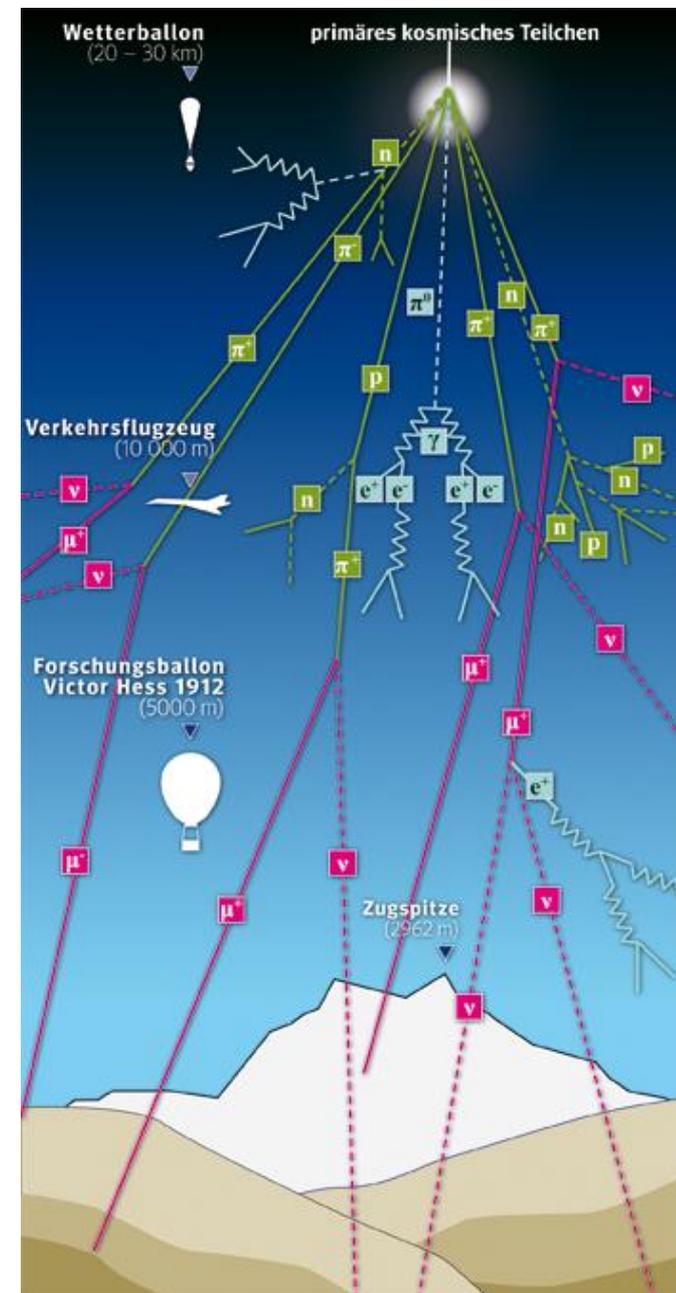
Kosmische Strahlung

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



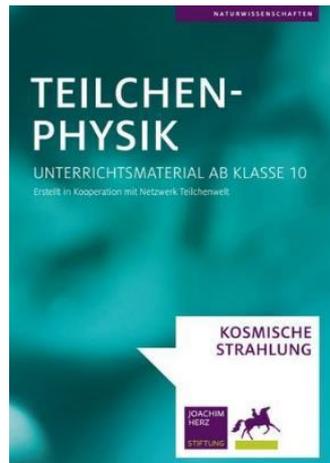
Kosmische Strahlung

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

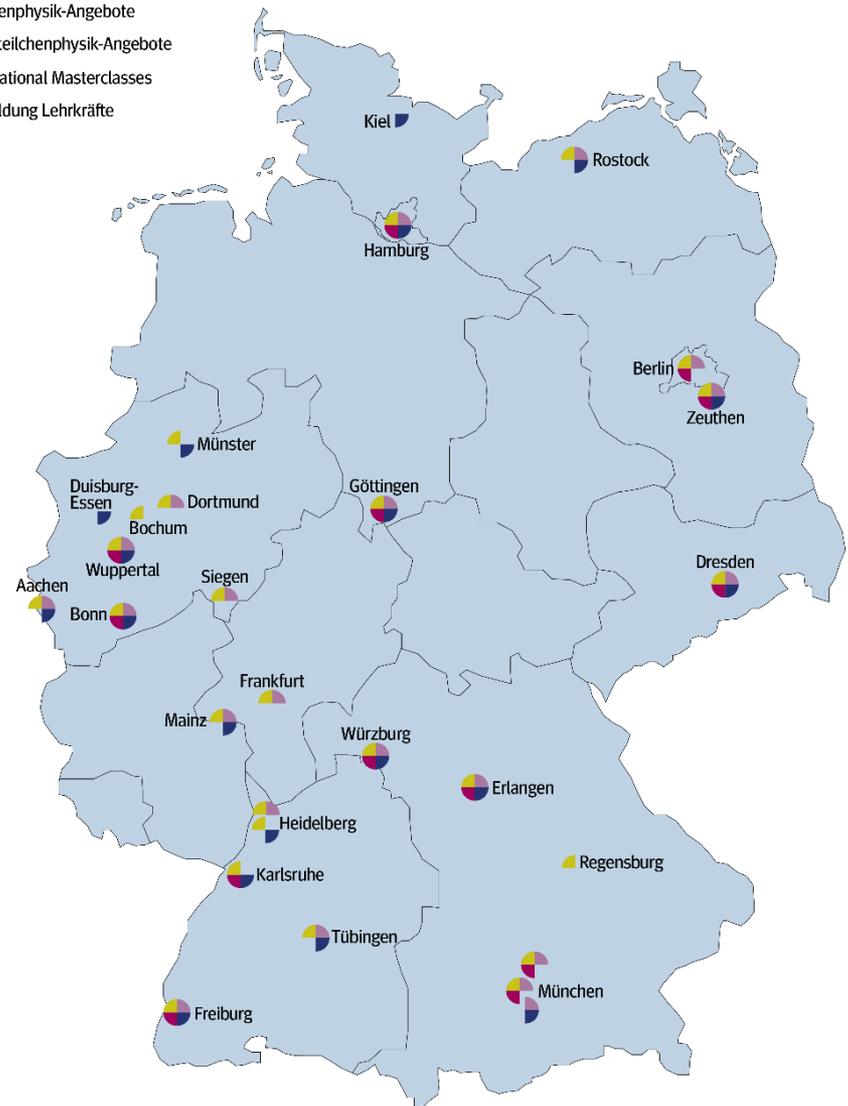


Astroteilchen-Projekte

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

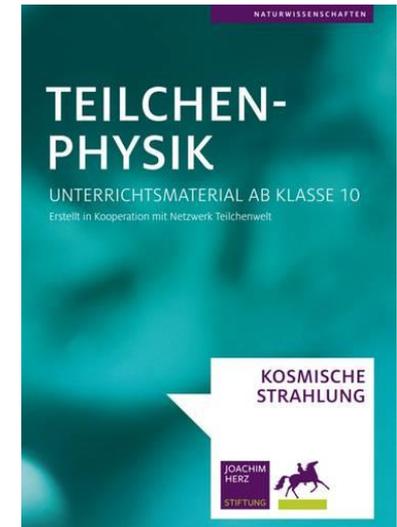


- ▶ Teilchenphysik-Angebote
- ▶ Astroteilchenphysik-Angebote
- ▶ International Masterclasses
- ▶ Fortbildung Lehrkräfte



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 VORBEREITUNGSARBEITEN

2.3 ERWARTETE LEHRKRÄFTE

3.1 VORHER KOMMENDE ERWISSEN

3.2 THEMALE ZIEL ANWENDELPUNKTE IM LERNZIEL

3.3 ERWARTETE LEHRKRÄFTE

AUFGABEN

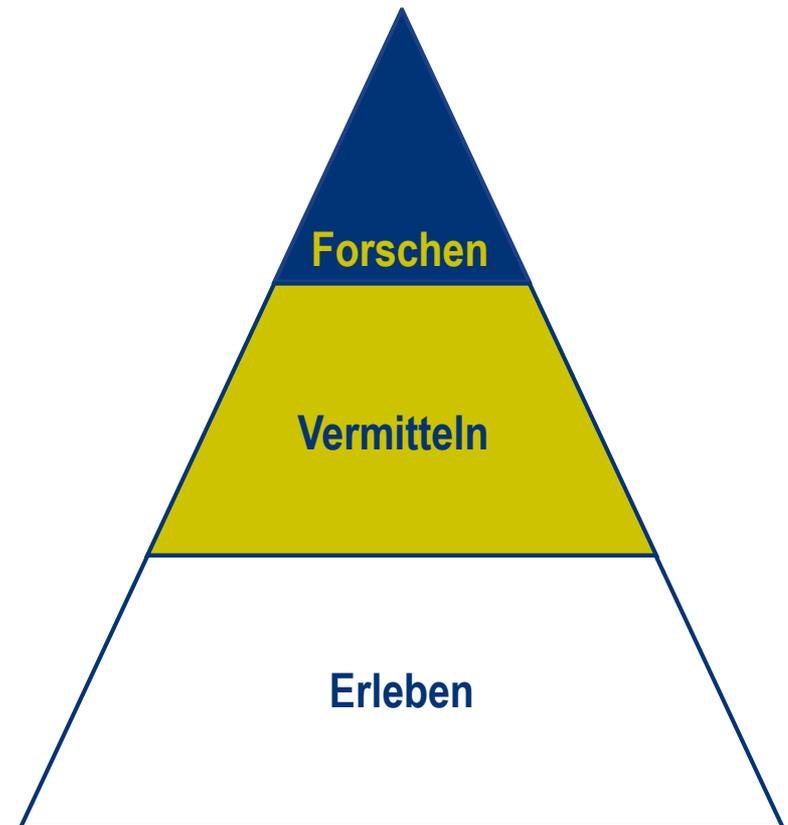
1. EXPERIMENTELLE ERMITTLUNG DER MYONENLEBENSZEIT

2. BEWERTUNG DER LEHRKRÄFTE

3. ERWARTETE LEHRKRÄFTE

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

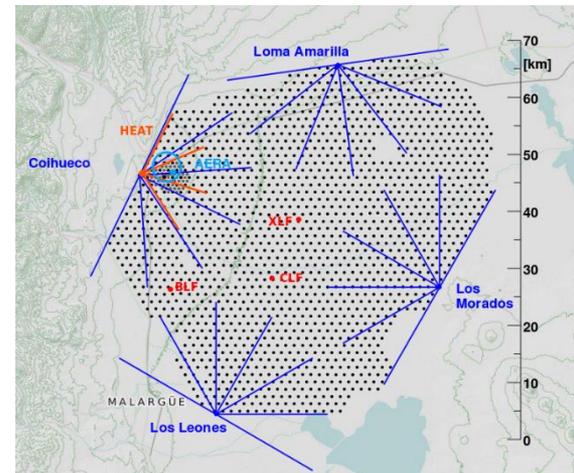
Astroteilchen Masterclass

- ▶ 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

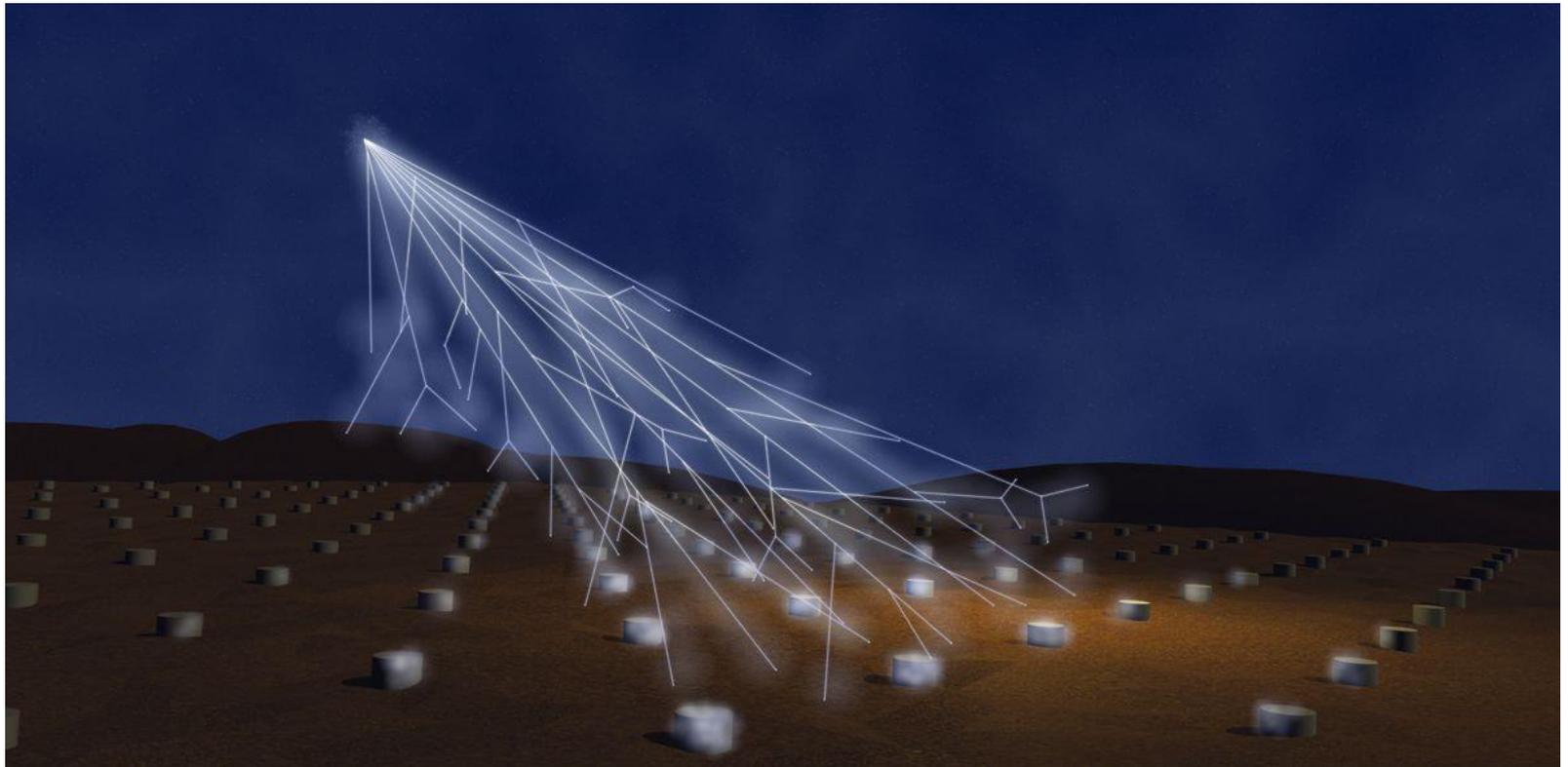


Pierre Auger Observatorium

- ▶ Versuchsanlage besteht aus
 - Oberflächendetektor (1660 Stationen)
 - dem Fluoreszenzdetektor (27 Teleskope)
 - Radioantennen (150 Antennen)
 - Myonen-Detektoren
- ▶ Fläche Insgesamt 3000 km²
- ▶ Lage: Pampas, Argentinien
- ▶ Messung von Protonen
 - mit Energien von:
 10^{17} eV bis 10^{20} eV



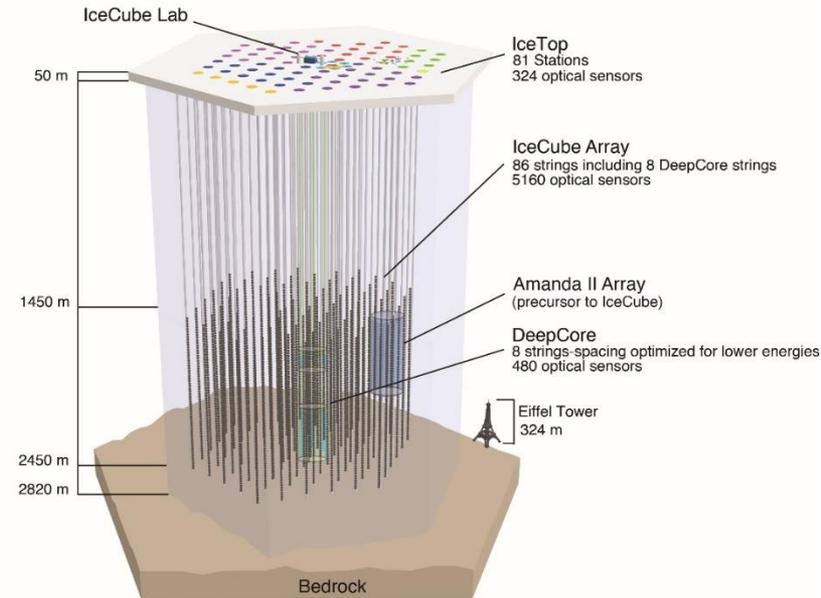
Pierre Auger Observatorium



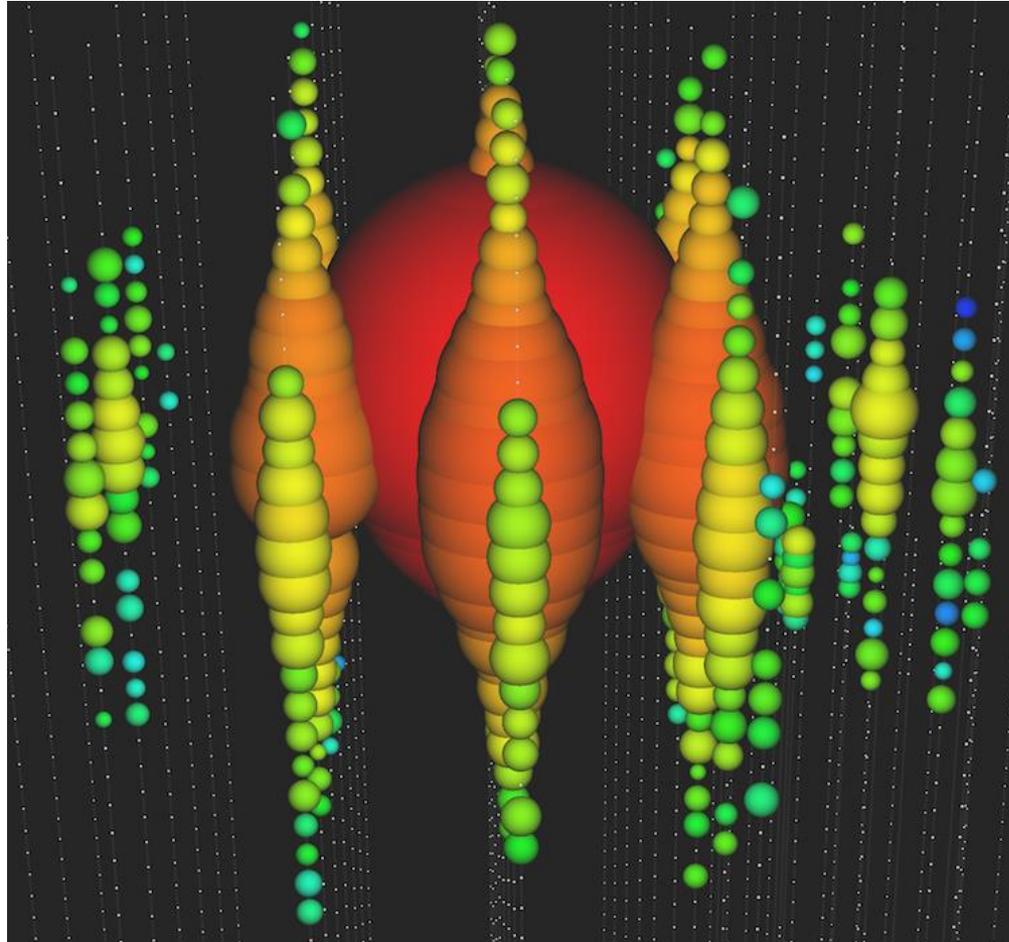
IceCube

- ▶ Versuchsanlage besteht aus
 - insgesamt 5160 Sensoren
 - An 86 Kabelsträngen
 - In 1450 -2450 Metern tiefe

- ▶ Fläche Insgesamt 1000 m³
- ▶ Lage: Amundsen-Scott-Südpolstation
- ▶ Messung von Neutrinos
 - mit Energien von:
 10^{12} eV bis 10^{14} eV

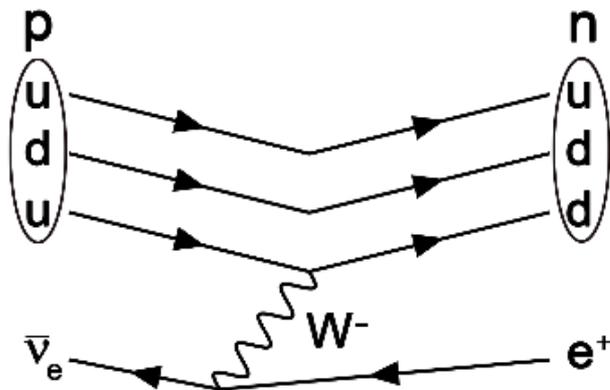


IceCube



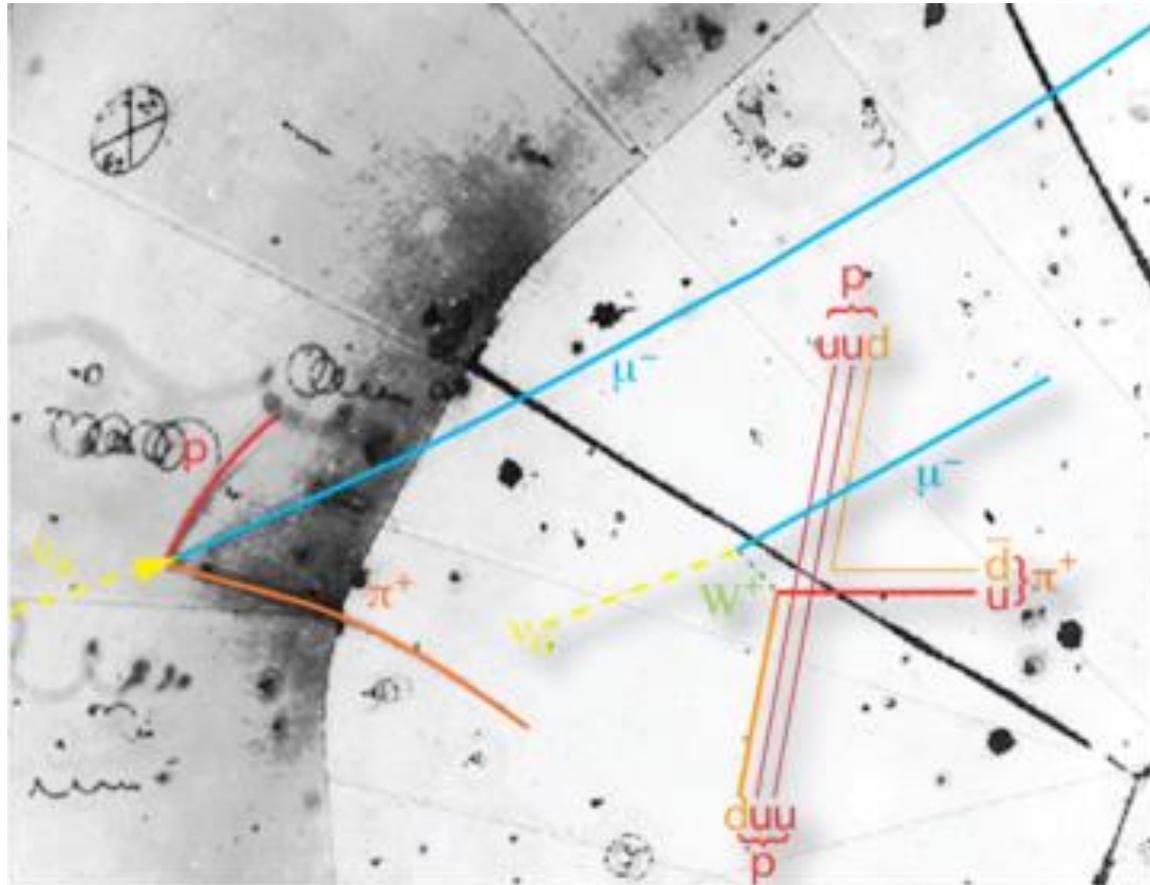
Neutrino Messung

- ▶ 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

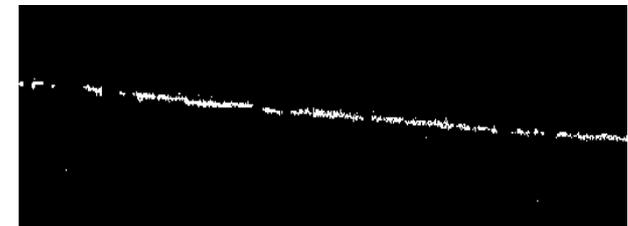
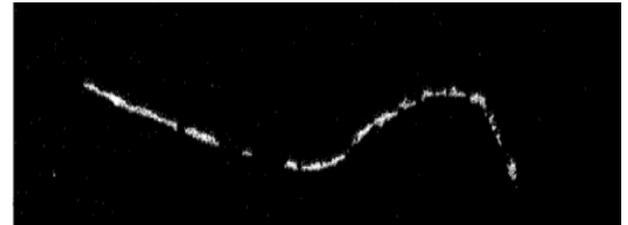
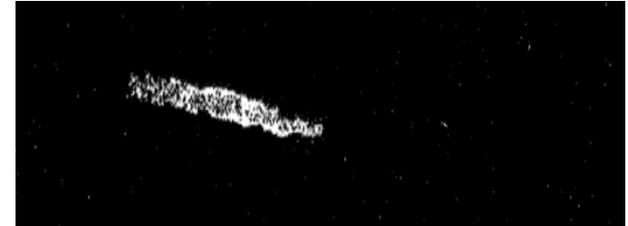
Spuren erzeugen

Spuren identifizieren



Spuren in der Nebelkammer auswerten

- ▶ Dicke, kurze Spuren
 - α -Teilchen (Helium-Kern)
 - aus Zerfall von Radon
- ▶ Dünne, krumme Spuren
 - niederenergetische Elektronen oder Positronen
 - aus β -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

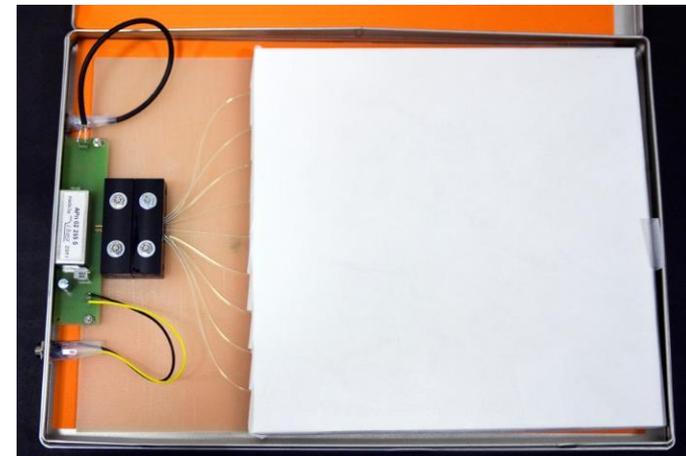
- Datenbearbeitung mit Computer und geeigneten Programmen

▶ 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

Ein Webinterface zur Datenauswertung

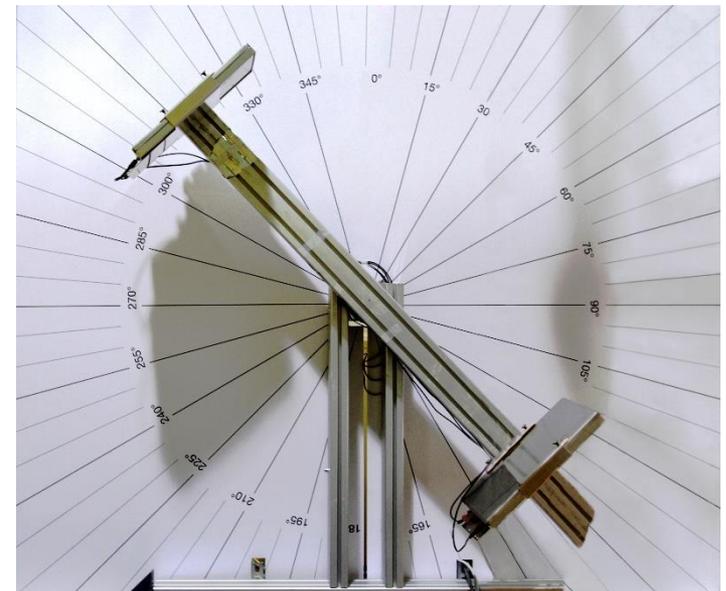
- ▶ Daten verschiedener Experimente auswerten und vergleichen
- ▶ einfacher Zugriff auf große Datenmenge
 - kontinuierlich über langen Zeitraum, mit unterschiedlichen Experimenten, an unterschiedlichen Orten gemessen
- ▶ Experimente und Orte
 - Trigger-Hodoskop, CosMO-Mühle und LIDO bei DESY in Zeuthen
 - 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
- ▶ Netzwerk Teilchenwelt: mail@teilchenwelt.de
- ▶ Astroteilchen-Projekte: 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>

20.12.2018



www.teilchenwelt.de

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG



www.facebook.de/teilchenwelt/



NETZWERK
TEILCHENWELT