

Kosmische Teilchen erforschen

Astroteilchen-Detektorprojekte



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

Philipp Lindenau, Sebastian Fabianski, Moritz Springer
Neudietendorf | 03./04.12.2019



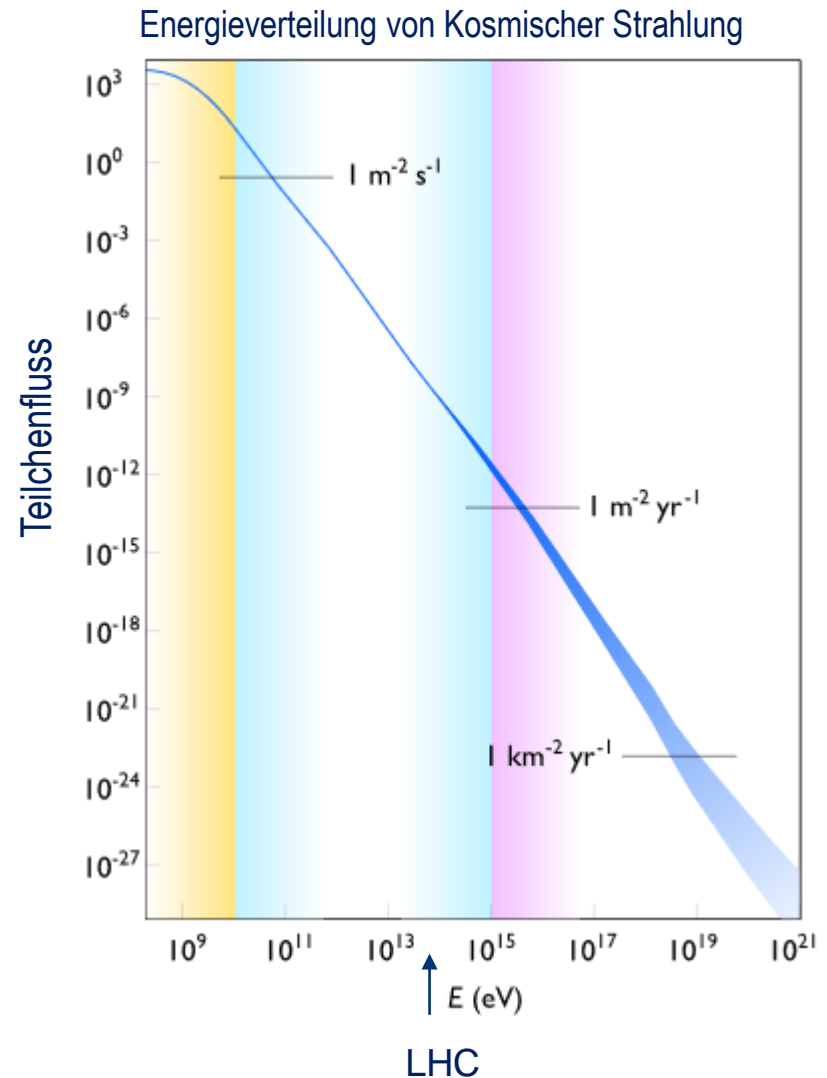
NETZWERK
TEILCHENWELT

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...)

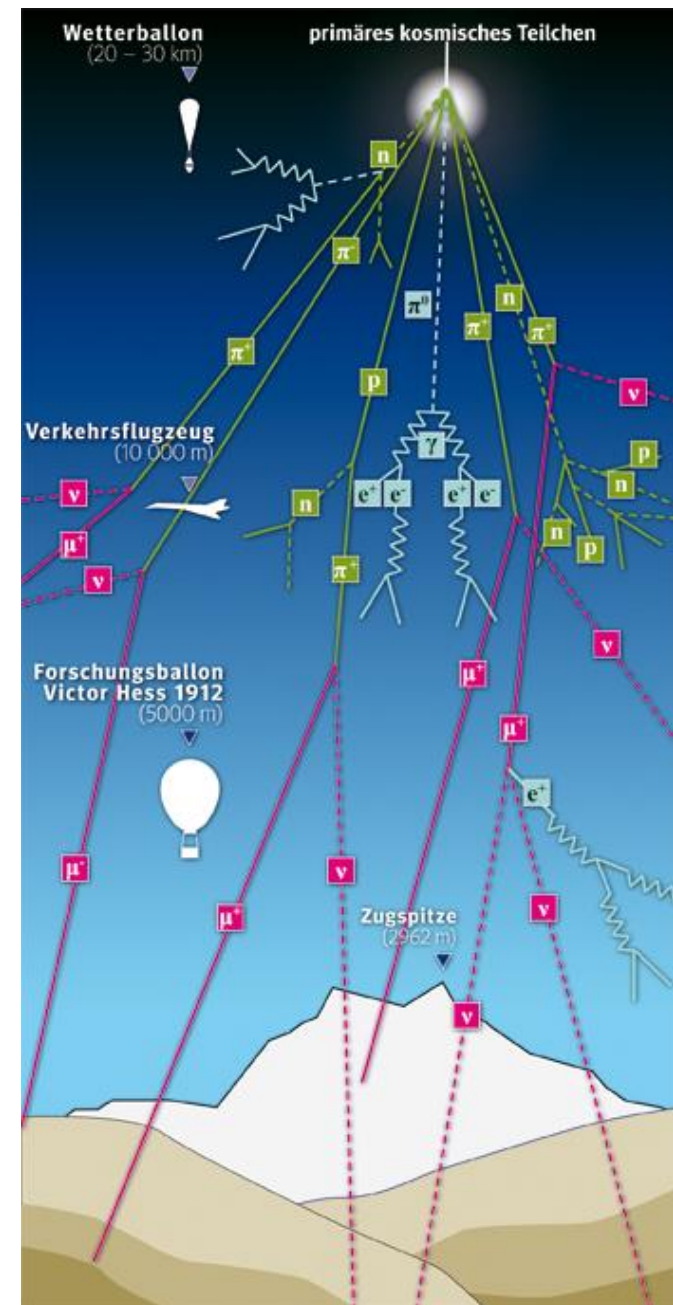
Kosmische Strahlung

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



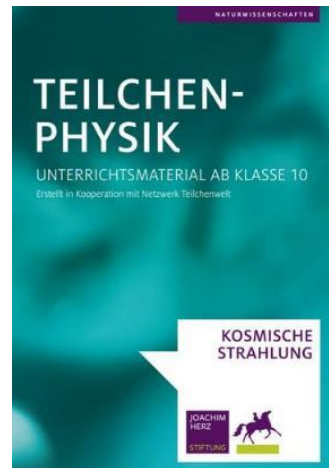
Kosmische Strahlung

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

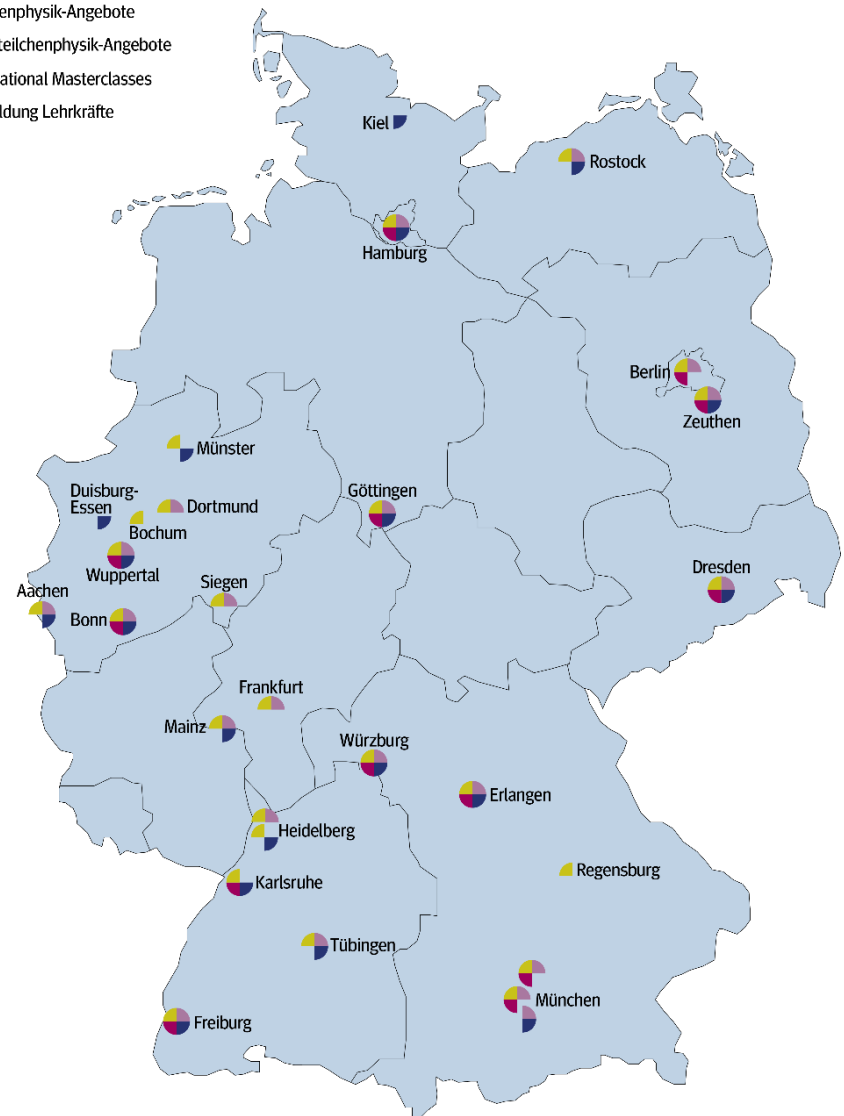


Astroteilchen-Projekte

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

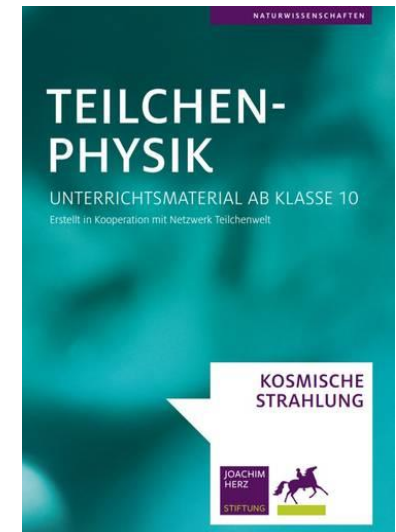


- ▶ Teilchenphysik-Angebote
- ▶ Astroteilchenphysik-Angebote
- ▶ International Masterclasses
- ▶ Fortbildung Lehrkräfte



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 ANWENDEPUNKTE IM LERNPROZESS

2.2 VORBEREITUNGSARBEIT

2.3 ERWARTETE LEHRERINFORMATIONEN

3.1 WOHIN KOMMEN DIE MYONEN?

3.2 Myonen sind Teil der kosmischen Strahlung und entstehen durch die Wechselwirkung von hochenergetischen Teilchen mit der Atmosphäre.

3.3 Myonen sind Teil der kosmischen Strahlung und entstehen durch die Wechselwirkung von hochenergetischen Teilchen mit der Atmosphäre.

3.4 Myonen sind Teil der kosmischen Strahlung und entstehen durch die Wechselwirkung von hochenergetischen Teilchen mit der Atmosphäre.

AUFGABEN

1. EXPERIMENTELLE ERMITTLUNG DER MYONENLEBENSZEIT

2. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

3. MYONENLEBENSZEIT

4. MYONENLEBENSZEIT

Das Konzept: Stufenprogramm

▶ Vertiefungsprogramm

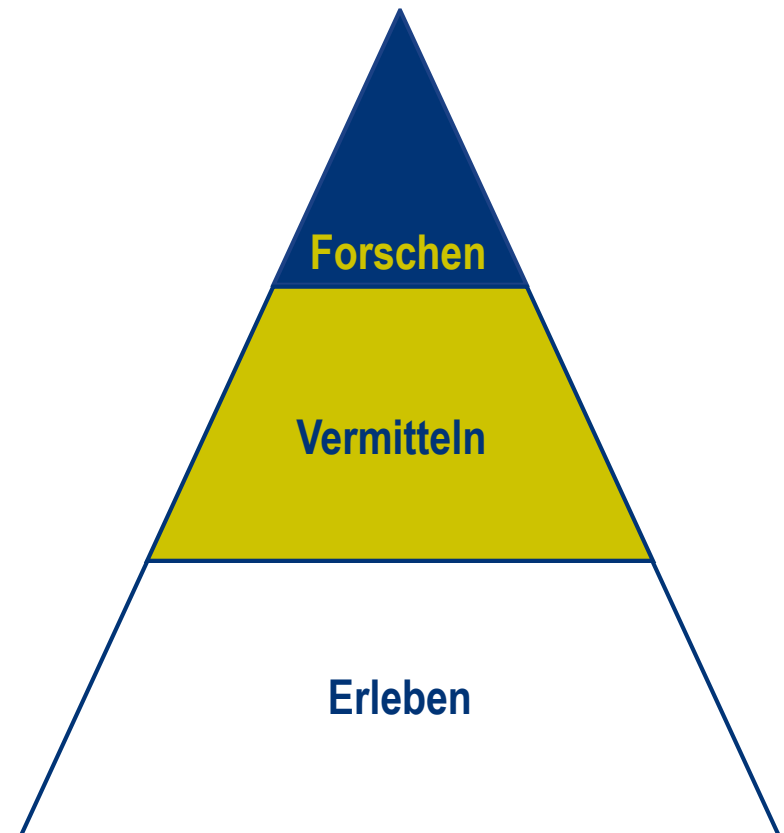
- Cosmic@Web

▶ Qualifizierungsprogramm

- Kamiokannen
- CosMO
- Cosmic@Web

▶ Basisprogramm

- Astroteilchen-Masterclasses
- Nebelkammer



Basisprogramm:

- ▶ Astroteilchen-Masterclass
 - Analoges Konzept zu Teilchenphysik-Masterclass
- ▶ Nebelkammern



Astroteilchen-Masterclass



Nebelkammer

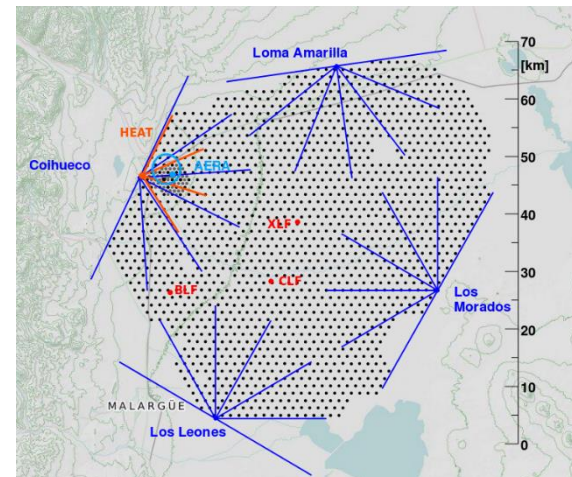
Astroteilchen Masterclass

- ▶ Eintägige Veranstaltung in Schulen
 - Durchgeführt von Nachwuchswissenschaftler/innen
 - Einführungsvorträge
 - Eigene Auswertung von Daten
 - der LHC-Experimente
 - **des Pierre Auger Observatoriums**
 - **des IceCube Experiments**

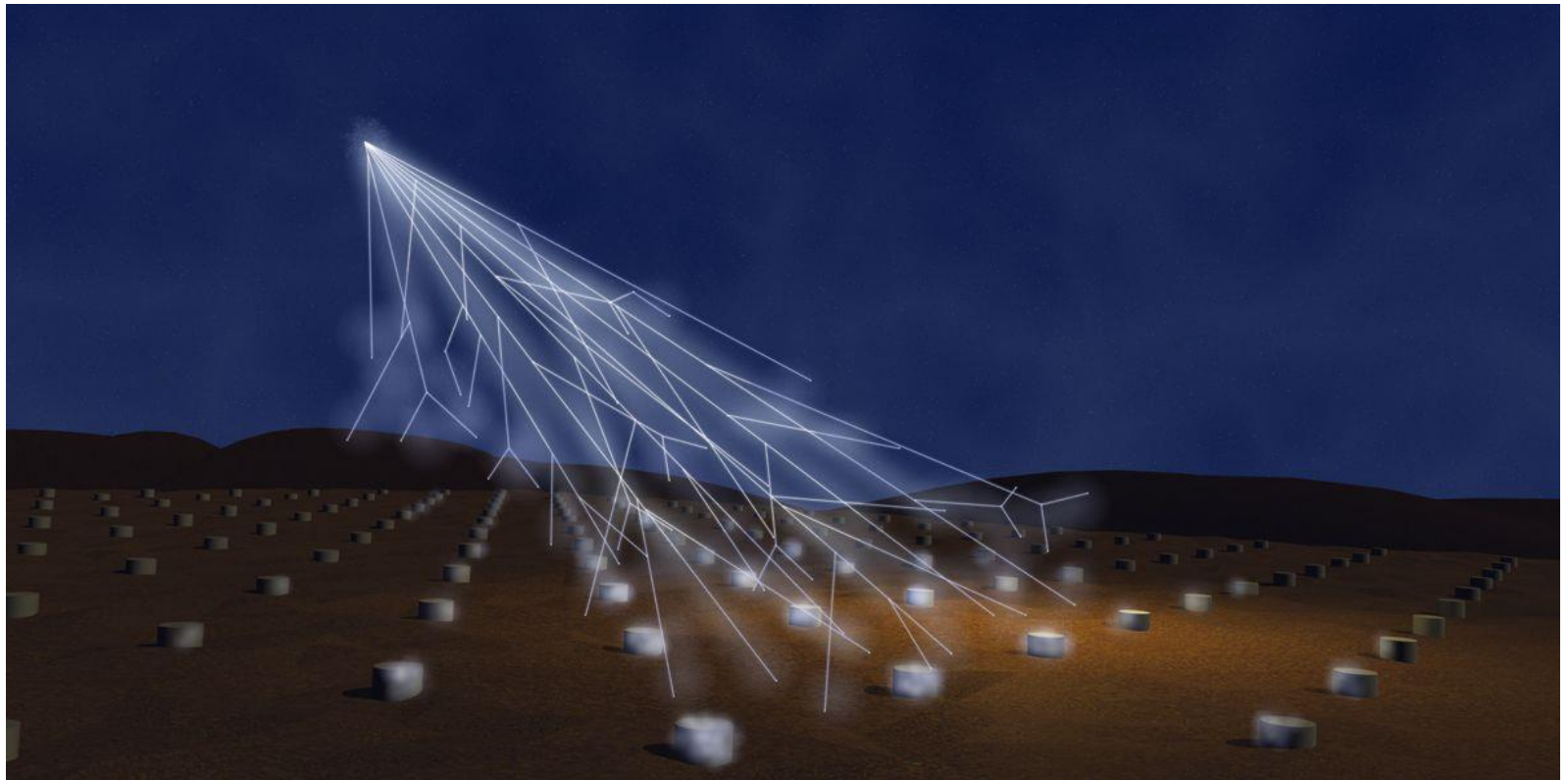


Pierre Auger Observatorium

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



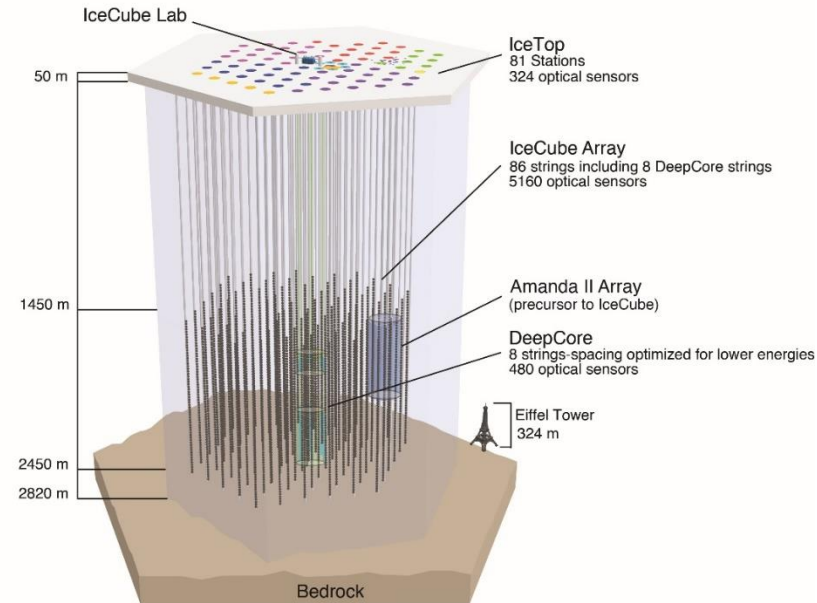
Pierre Auger Observatorium



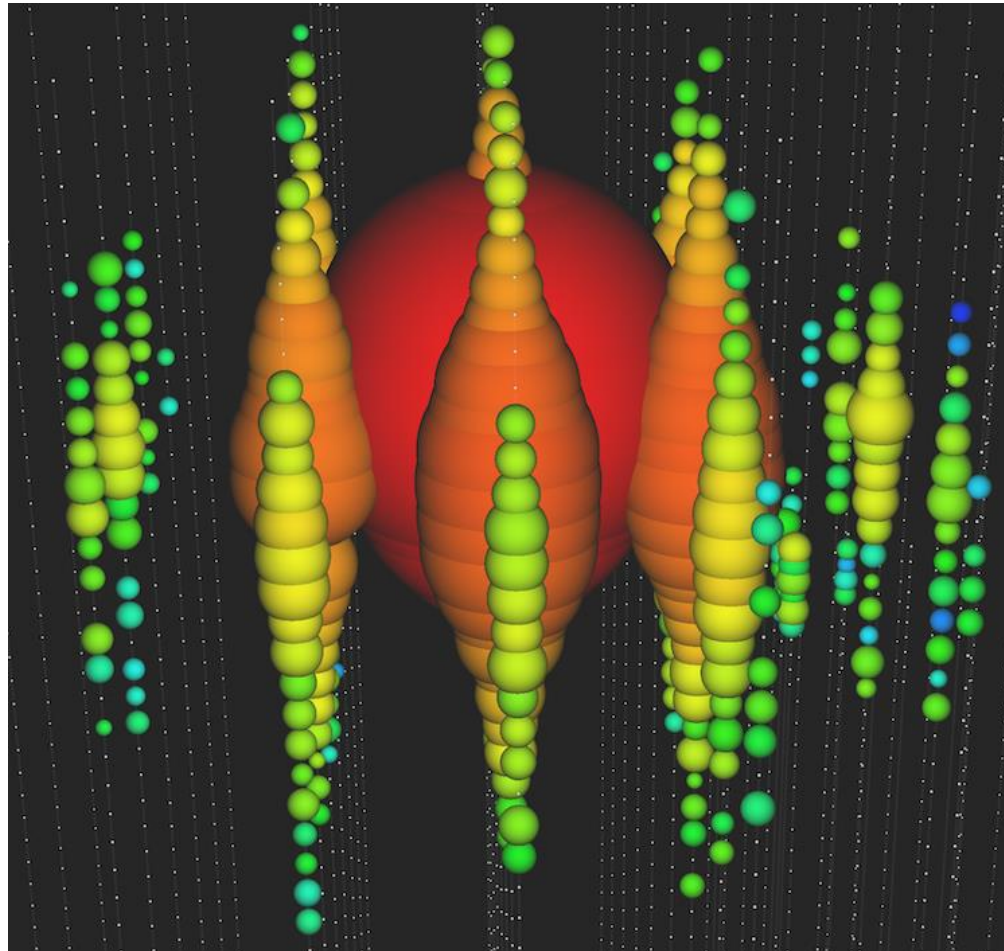
IceCube

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

- ▶ Volumen: Insgesamt 1 km³
- ▶ 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

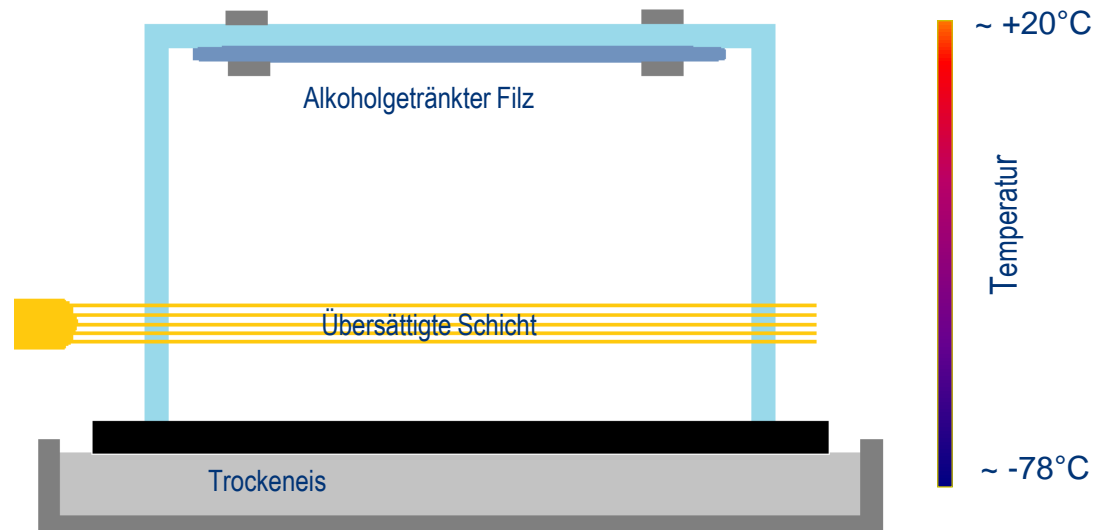
- ▶ nicht enthalten sind Verbrauchsmaterialien: Isopropanol und Trockeneis

- 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 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

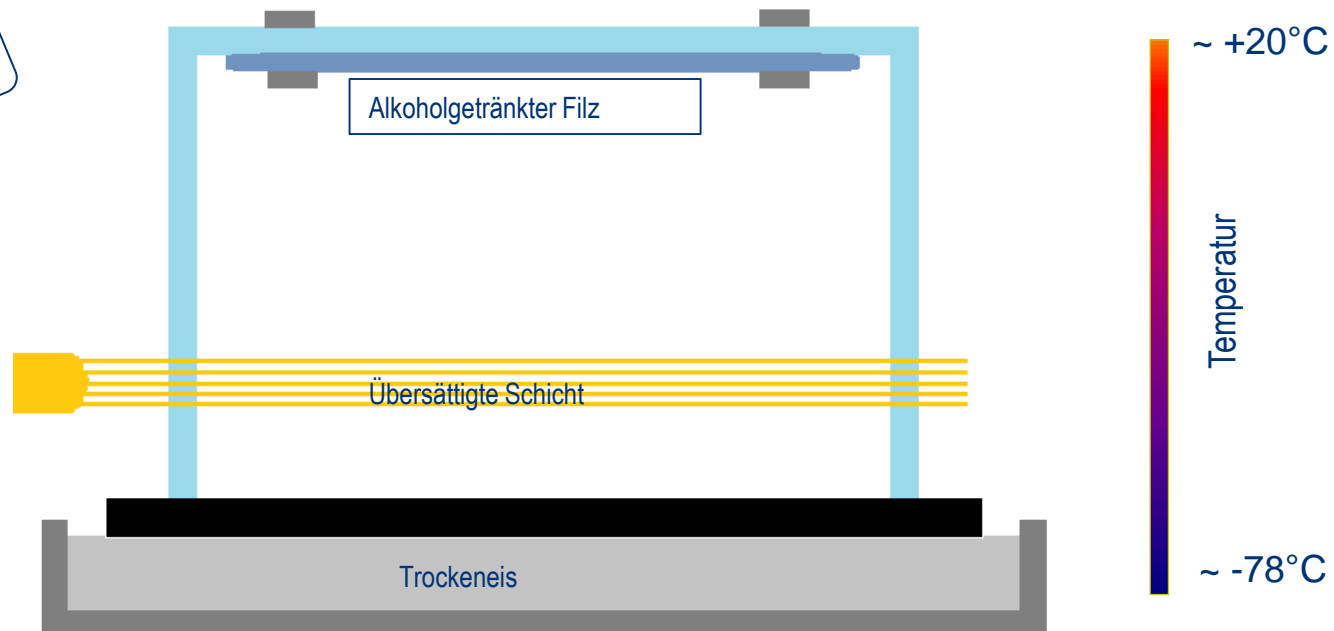
Spuren beobachten

Spuren filmen

Spuren zählen

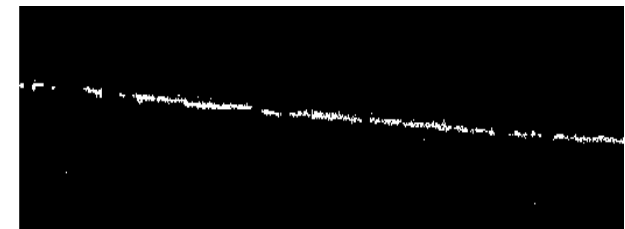
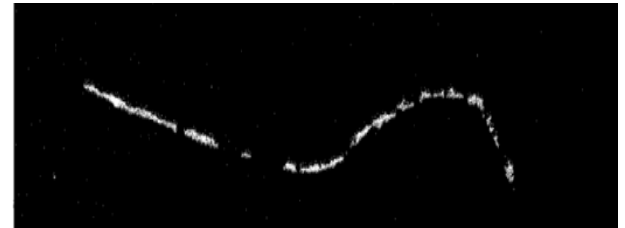
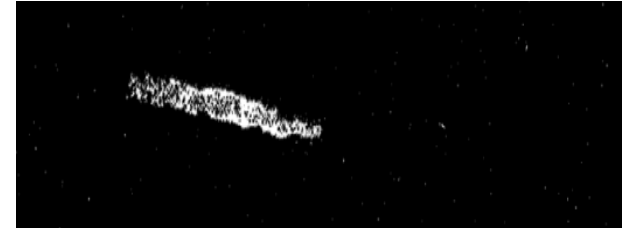
Spuren erzeugen

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

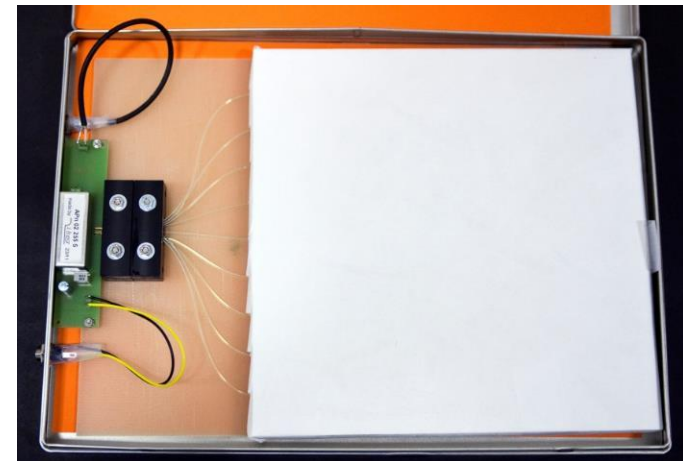
▶ Datenauslese

- Datenbearbeitung mit Computer und geeigneten Programmen

▶ Alle Sets beinhalten diese Bestandteile

CosMO

- ▶ beim Durchgang eines el. geladenen Teilchens wird Szintillator angeregt und Licht 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
- ▶ beim Durchgang eines kosmischen Teilchens wird Cherenkov-Licht emittiert
- ▶ Photomultiplier wandelt schwaches Lichtsignals in elektronisches Signal um



COSMIC@WEB



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

Ein Webinterface zur Datenauswertung

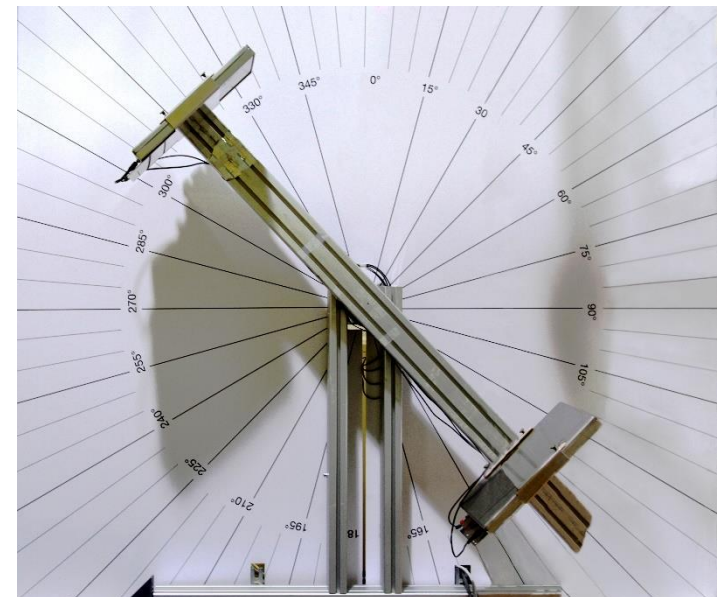
- ▶ Daten verschiedener Experimente auswerten und vergleichen
- ▶ einfacher Zugriff auf große Datenmenge
 - kontinuierlich über langen Zeitraum, mit unterschiedlichen Experimenten, an unterschiedlichen Orten gemessen
- ▶ Experimente und Orte:
 - Trigger-Hodoskop, CosMO-Mühle und LIDO bei DESY in Zeuthen
 - 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



Zusätzliche Informationen

- ▶ Anleitung zu Cosmic@Web
- ▶ Tutorial 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

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

Alle Informationen und Kontakte...

- ▶ http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/cosmicweb
- ▶ 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>

11/14/2019



31

www.teilchenwelt.de

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG



www.facebook.de/teilchenwelt/



NETZWERK
TEILCHENWELT