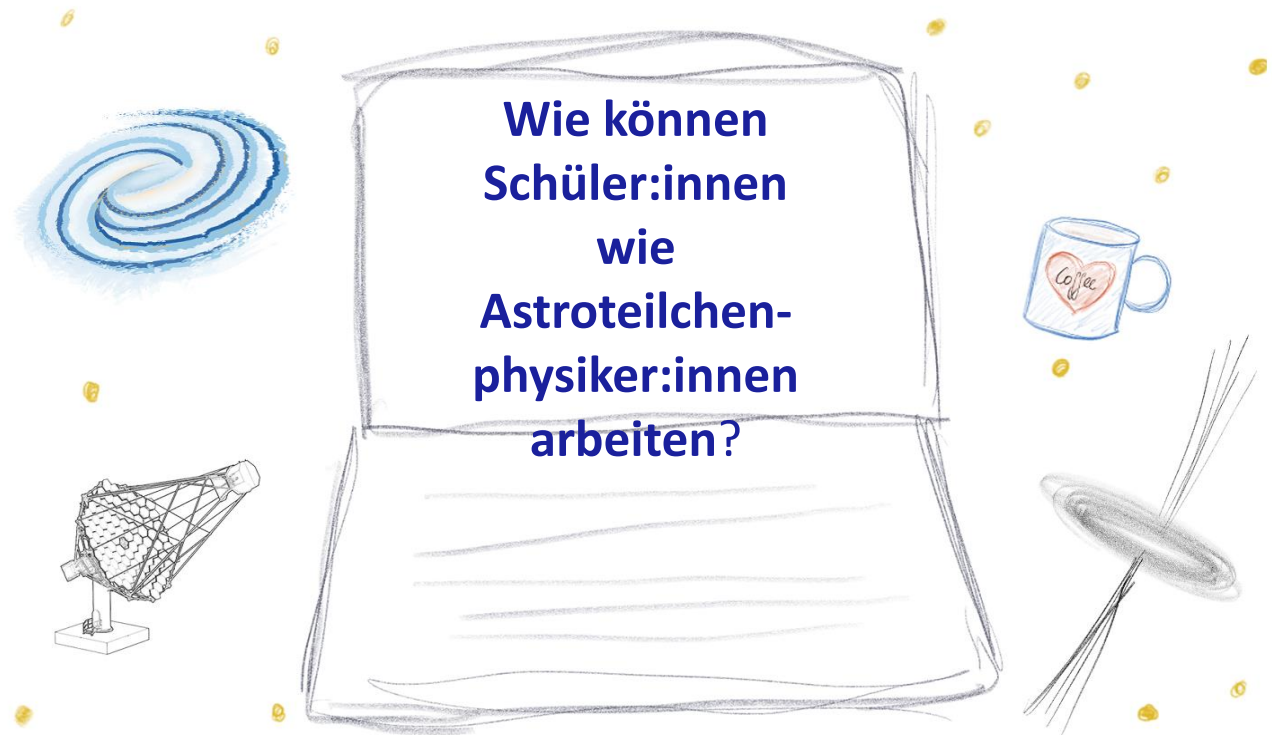


Cosmic@Web

Eine Online-Lernplattform zur Astroteilchenphysik

Niklas Herff, Philipp Lindenau
Forschung trifft Schule @home
27.09.2022



Ungeahnte Anwendung der Astroteilchenphysik

News
02.11.2017
Lesedauer ca. 1
Minute
Drucken
Teilen

CHEOPS-PYRAMIDE

Kosmische Strahlung zeigt unbekannte Kammer

Mit Hilfe von Myonen aus der oberen Atmosphäre durchleuchtet eine Arbeitsgruppe die Große Pyramide von Giseh - und findet einen Hohlraum.

von Lars Fischer

<https://www.spektrum.de/news/kosmische-strahlung-zeigt-unbekannte-kammer/1515253>

Astroteilchenphysik

Teilchenphysik

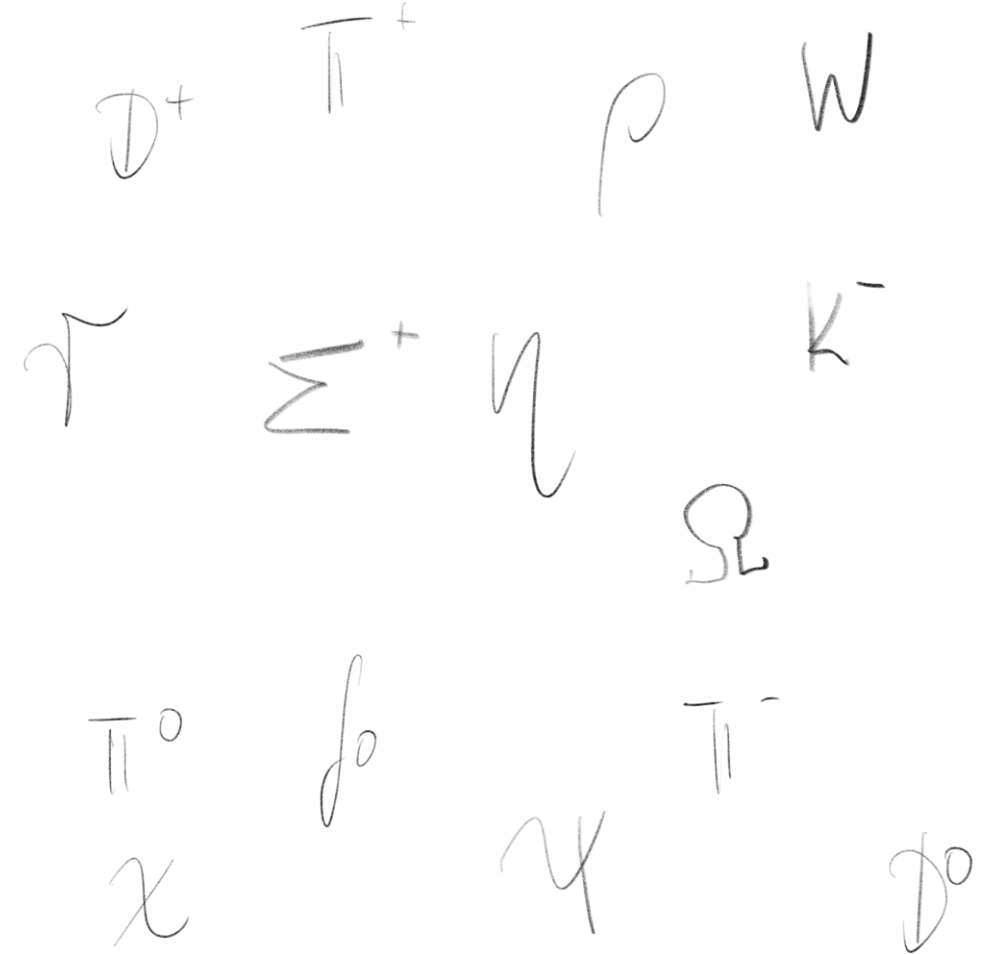
Bausteine der Welt und ihre Wechselwirkungen

- 1930 kannte man drei Teilchen: Protonen, Neutronen & Elektronen
- Mit Entdeckung der kosmischen Strahlung und später bei Experimenten an Beschleunigern hunderte neuer Teilchen entdeckt

Über Beobachtungen der durchdringenden Strahlung bei sieben Freiballonfahrten

Von V. F. Hess

(Physik. Zeitschr. 14, 1084, 1912)



Mehr dazu in der „Bibel der Teilchenphysik“, dem P
<https://pdg.lbl.gov/2020/download/db2020.pdf>

Standardmodell der Teilchenphysik

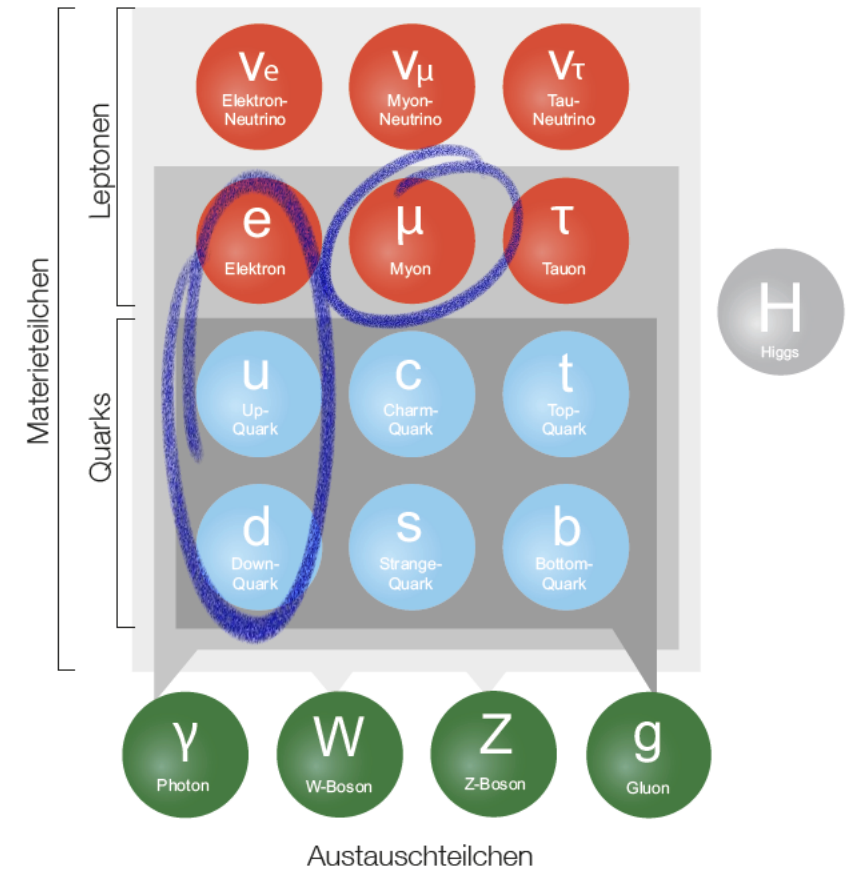
Bausteine der Welt und ihre Wechselwirkungen

Heute: Standardmodell der Teilchenphysik

- alle bisher beobachteten subatomaren Vorgänge entsprechen den Vorhersagen des Standardmodells
- tiefste Erkenntnis, die die Naturwissenschaft über Entstehung, Aufbau und Verhalten der Materie in unserem Universum hervorgebracht hat
- es beschreibt, wie die elementaren (unzerteilbaren) Teilchen miteinander in Wechselwirkung treten (über Austauschteilchen)

Zwei Auszüge:

- Elektronen, Up- und Down-Quarks bilden die gesamte stabile Materie, die wir um uns herum kennen
- ein Myon schießt gerade durch uns hindurch (mehr dazu später)



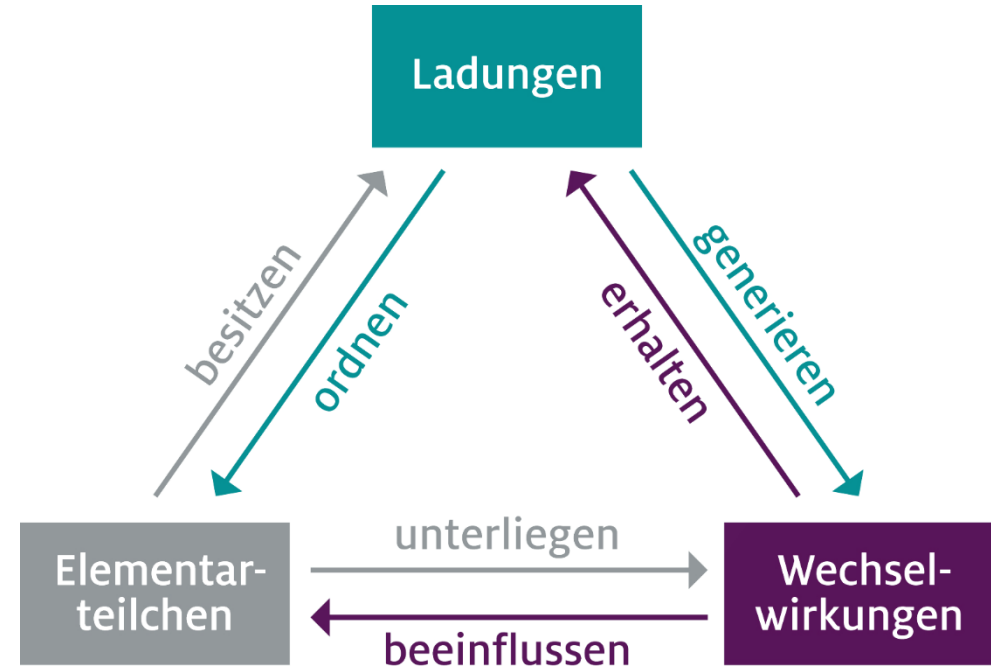
Mehr zum Standardmodell:
<https://www.leifiphysik.de/kern-physik/teilchenphysik/grundwissen/das-standardmodell-der-teilchenphysik>

Standardmodell der Teilchenphysik

Basiskonzepte

Heute: Standardmodell der Teilchenphysik

- alle bisher beobachteten subatomaren Vorgänge entsprechen den Vorhersagen des Standardmodells
- tiefste Erkenntnis, die die Naturwissenschaft über Entstehung, Aufbau und Verhalten der Materie in unserem Universum hervorgebracht hat
- es beschreibt, wie die elementaren (unzerteilbaren) Teilchen miteinander in Wechselwirkung treten (über Austauschteilchen)



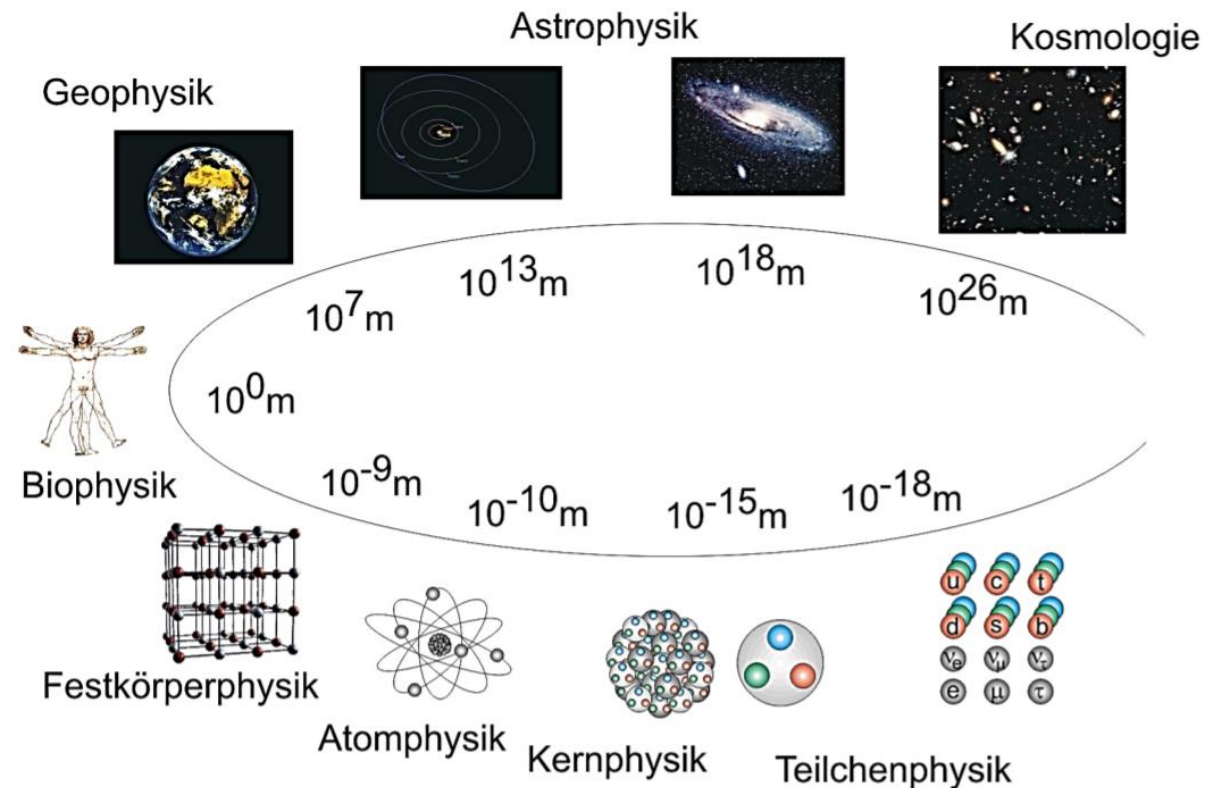
Siehe Unterrichtsmaterialien von Netzwerk Teilchenwelt, Band 1: Ladungen, Wechselwirkungen und Teilchen

<https://www.teilchenwelt.de/material/band1>

Astroteilchenphysik

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...)



© Lutz Feld, RWTH

Kosmische Strahlung

- **Primäre Strahlung:**

Teilchen stammend von...

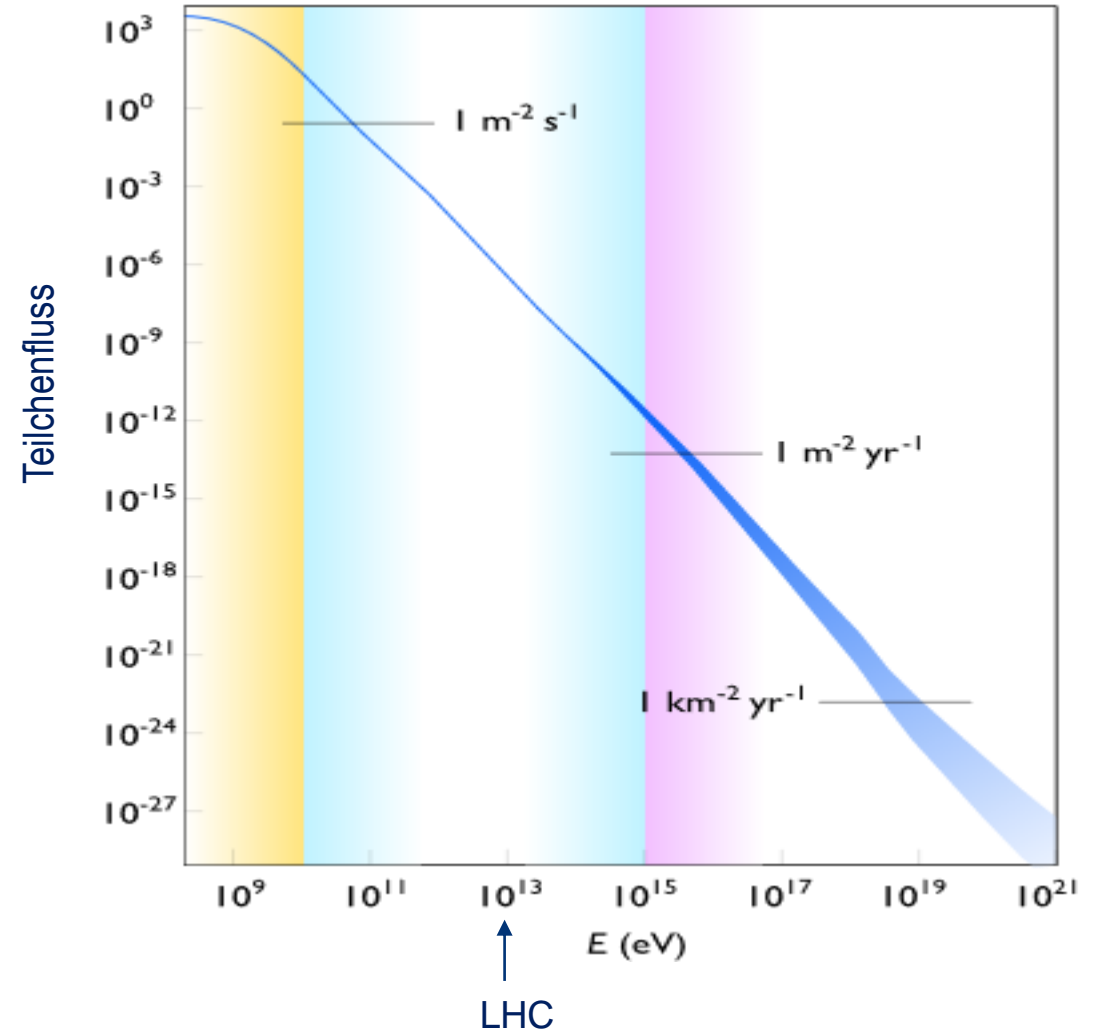
- Sonne (gelb)
- Milchstraße (blau)
- Extragalaktisch (pink)

- **Kollision** mit Atomkern der Atmosphäre,

es entstehen Teilchen:

- Pionen
- Kaonen
- Nukleonen

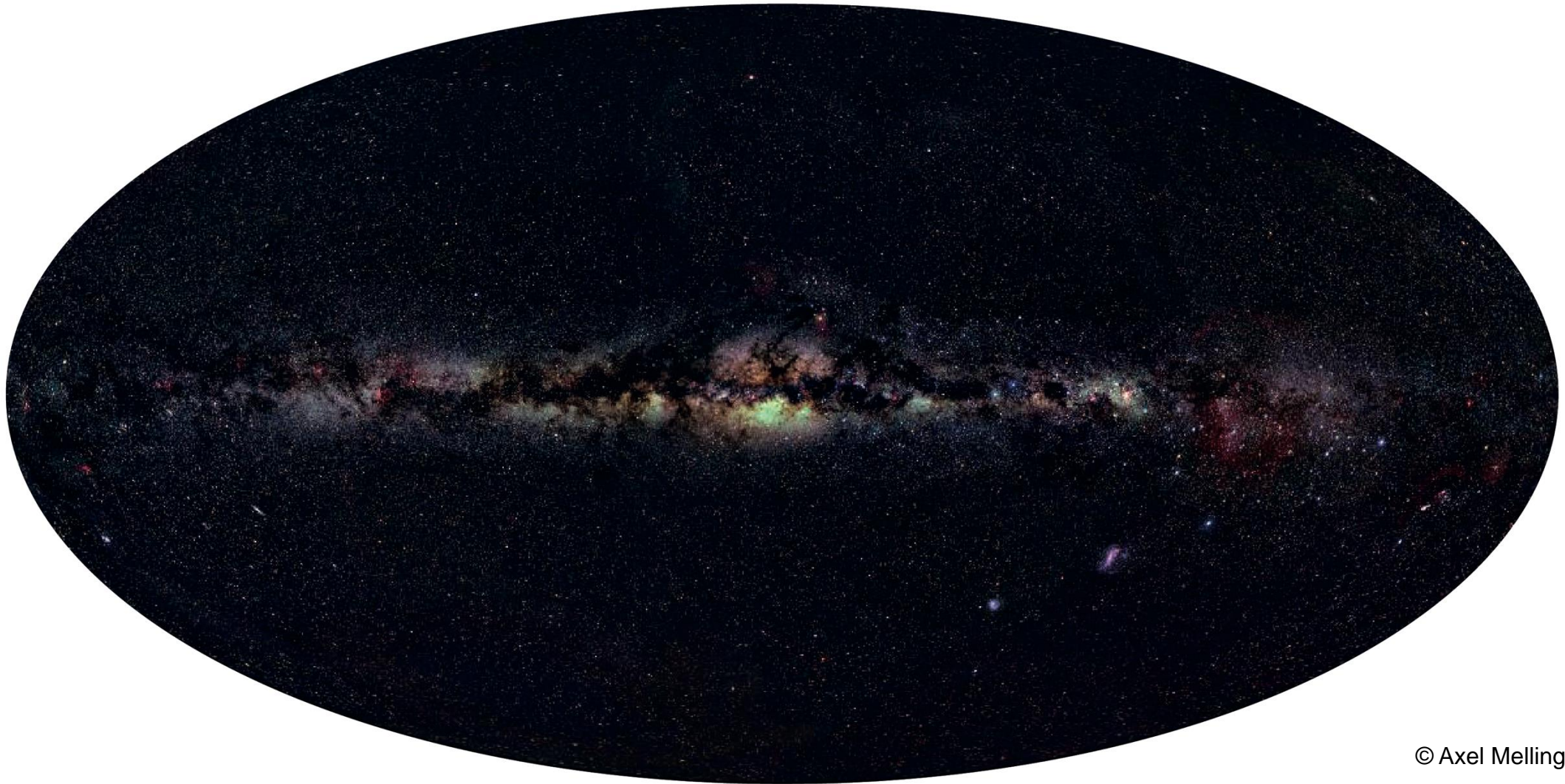
Energieverteilung von Kosmischer Strahlung



© Lutz Feld, RWTH

Unser Universum

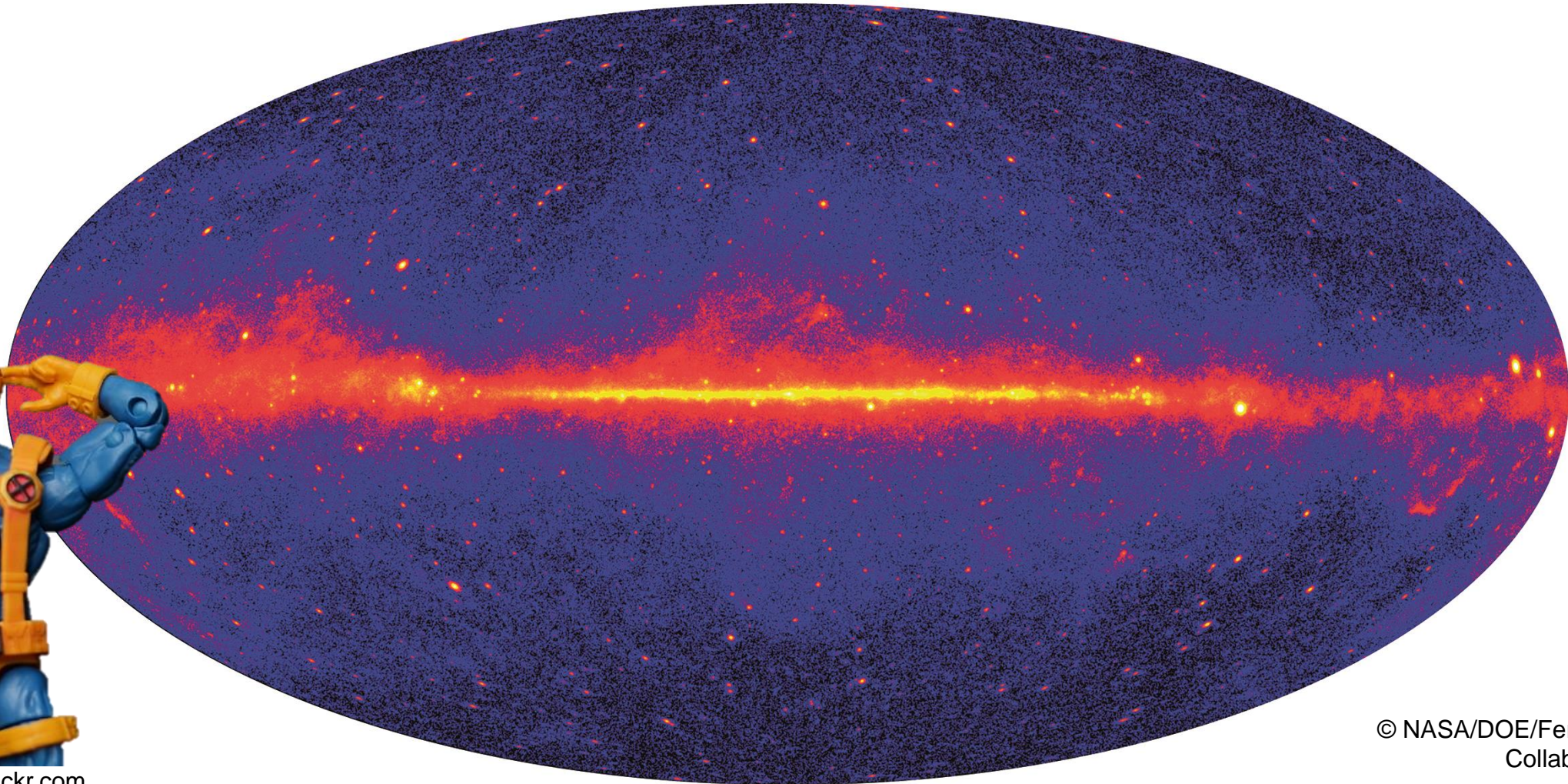
Landkarte des nächtlichen Himmels (optischer Bereich, ~ 1 eV)



© Axel Mellinger, 2000

Unser Universum

Im Licht von Gammastrahlen ($\sim 10^9$ eV)



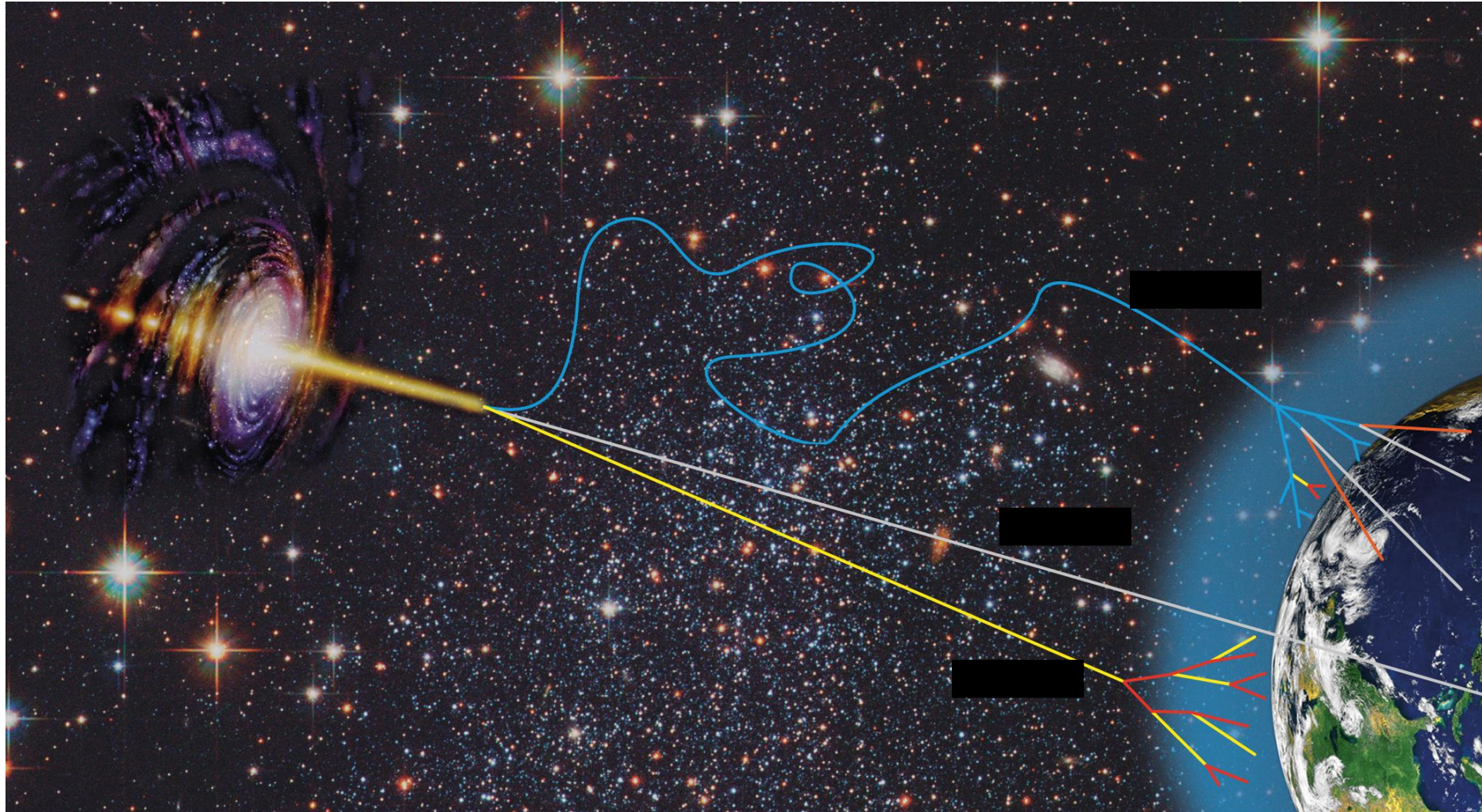
© NASA/DOE/Fermi LAT
Collaboration

© Hannaford, flickr.com

Astroteilchenphysik

Astroteilchenphysik

Kosmische Boten helfen die Objekte im Universum zu erforschen



Quiz

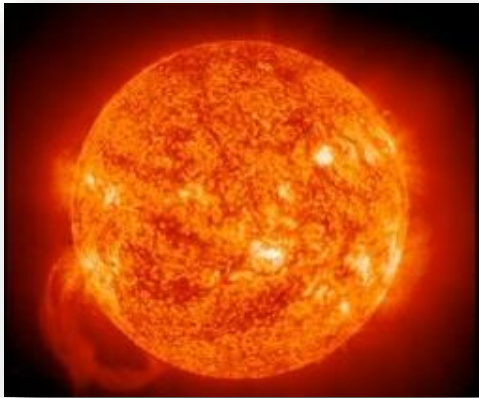
Welches
Teilchen passt
zu welcher
Linie?

- Blau

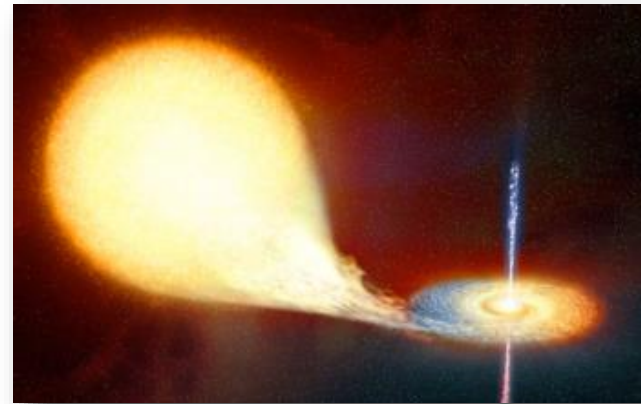
Quellen von Kosmischen Teilchen

Galaktische Quellen und extragalaktische Quellen

Sonne



Doppelsternsysteme
(künstlerische Darstellung)



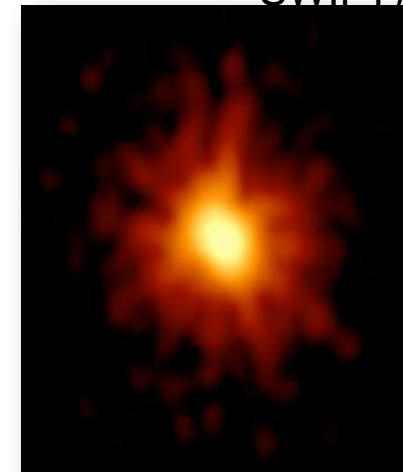
Supernovaüberreste
(SN1006, optisch, Radio, Röntgen)



Aktive Galaxienkerne
(künstlerische Darstellung)



Gamma-Ray
Bursts
(GRB 080319B,
Röntgen,
SWIFT)



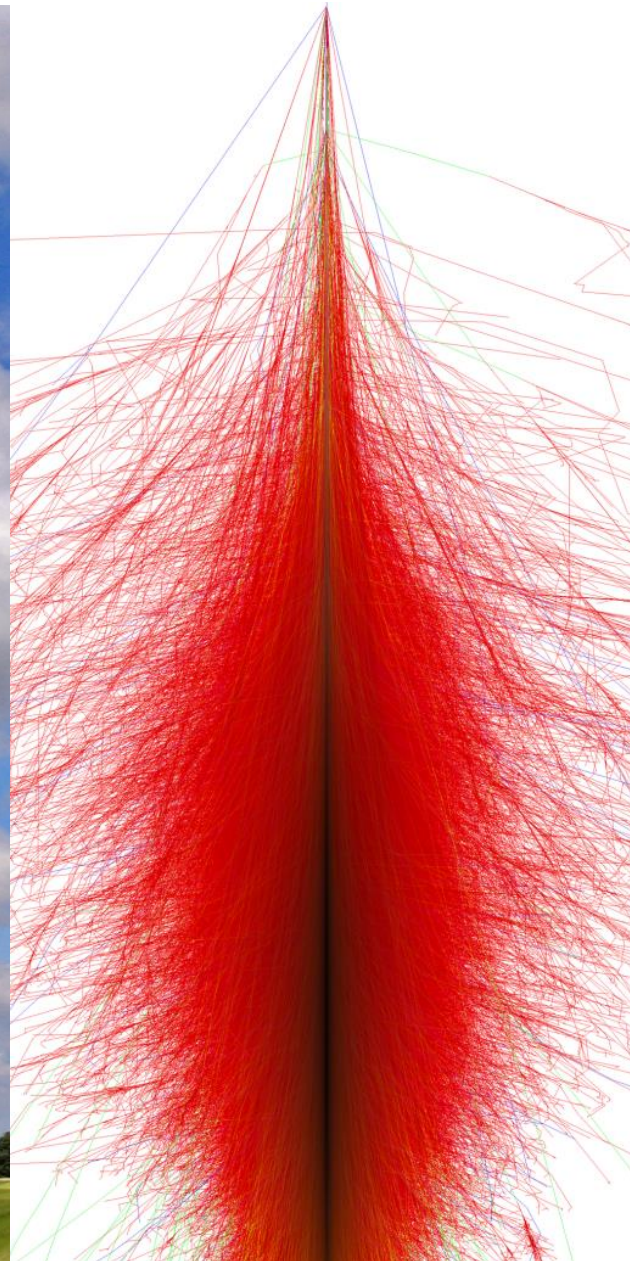
Kosmische Teilchen

Sekundäre kosmische Strahlung

ca. 1000
hochenergetische Teilchen pro
Sekunde und Meter² erreichen
äußere Erdatmosphäre

ca. 1 Teilchen pro Minute
und Zentimeter² erreicht
Erdboden

Proton

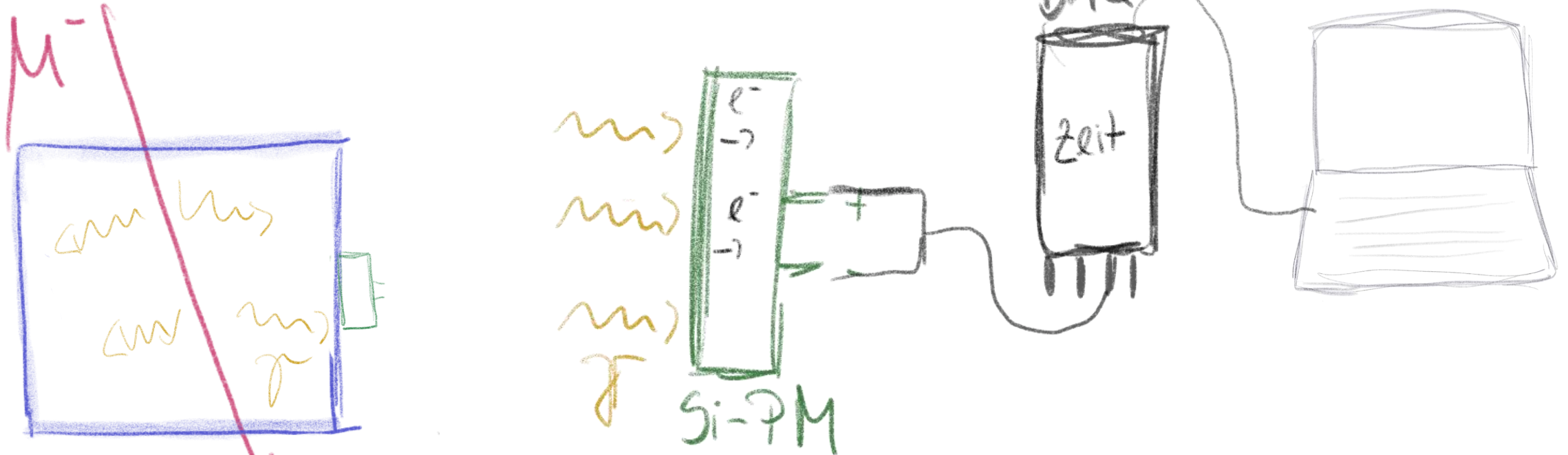


bis zu 10^{11} Sekundärteilchen
je Primärteilchen entstehen
in Atmosphäre

Messung kosmischer Teilchen

Messung von kosmischer Strahlung

Grundsätzlicher Aufbau eines Astroteilchen-Experimentes



Eis | Wasser | Szintillator

Mehr zu Astroteilchen-Experimenten:

<https://www.teilchenwelt.de/angebote/astroteilchen-experimente/>

Ausleihbare Experimente von NTW

- ✓ **CosMO-Detektoren** und **Kamiokannen** von Netzwerk Teilchenwelt
 - zur Ausleihe nach vorheriger Unterweisung
 - Messung von Myonen
 - verschiedene Messaufgaben möglich (Winkel, Lebensdauer, Abschirmung)



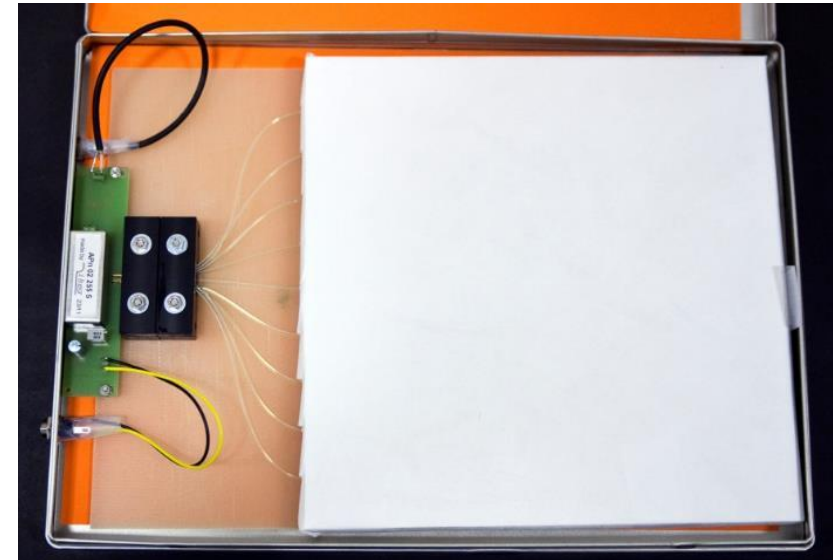
Messung von kosmischer Strahlung

Grundsätzlicher Aufbau eines Astroteilchen-Experimentes

Anknüpfungspunkte Schulunterricht:

- Szintillation: Atome werden durch geladene Teilchen angeregt, Abstrahlung von Licht
- Lichtleitung über Totalreflexion (im Szintillator und Lichtleitfasern)
- Nachweis durch äußeren Photoeffekt im Sensor

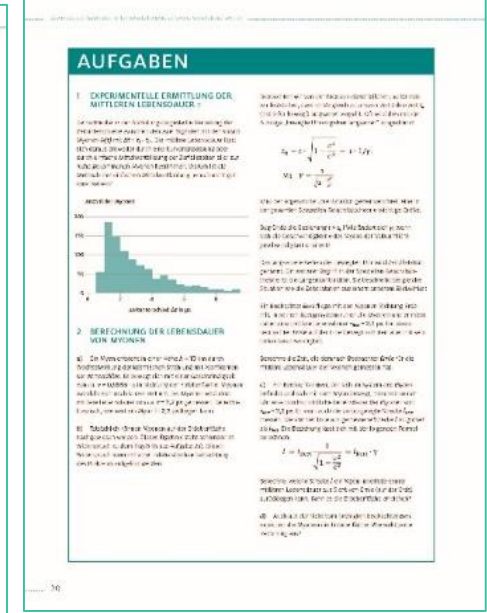
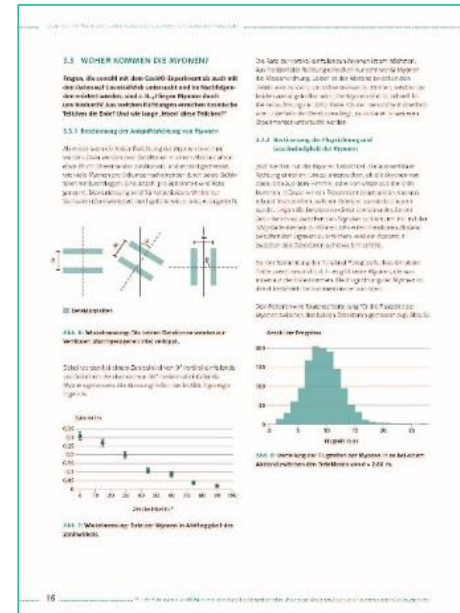
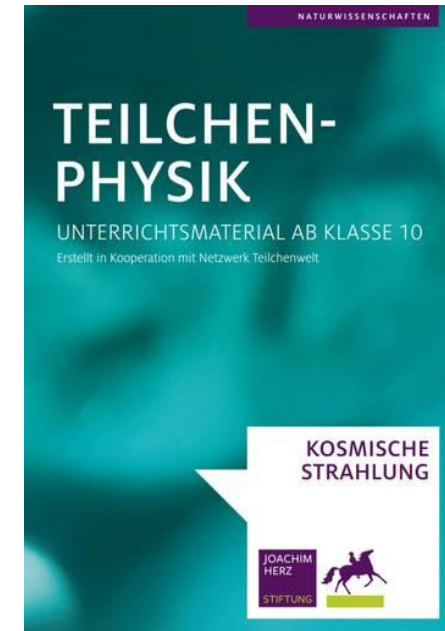
CosMO-Detektor von außen und innen



Unterstützendes Unterrichtsmaterial

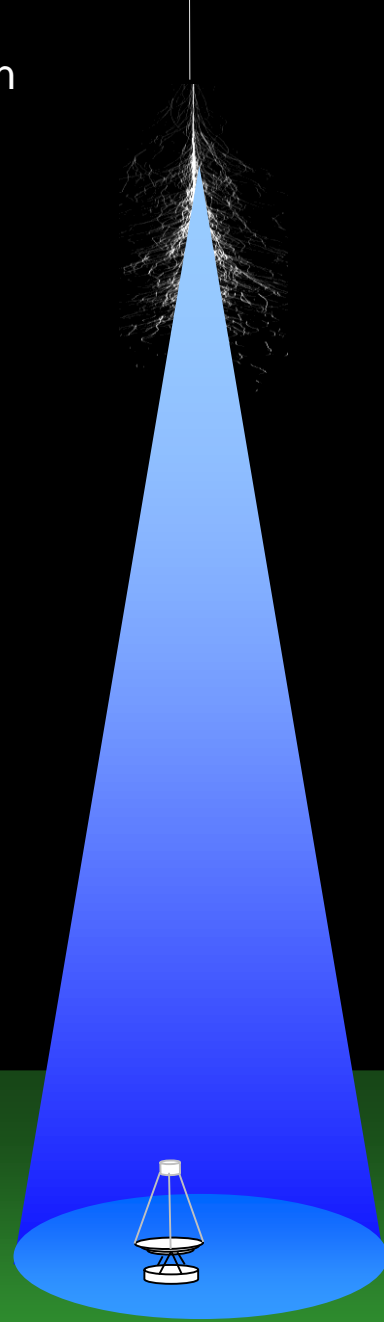
Netzwerk Teilchenwelt, Band 3: Kosmische Strahlung

- 32 Seiten
- Fokus: Untersuchung von Myonen
- Hintergrundinfos für Lehrkräfte
- Fachtext für Schüler/innen
- Aktivitäten, Aufgaben und Lösungen
- <https://www.teilchenwelt.de/material/band3/>



Messung von Gammastrahlung mit Hilfe von Cherenkov-Licht

Photon

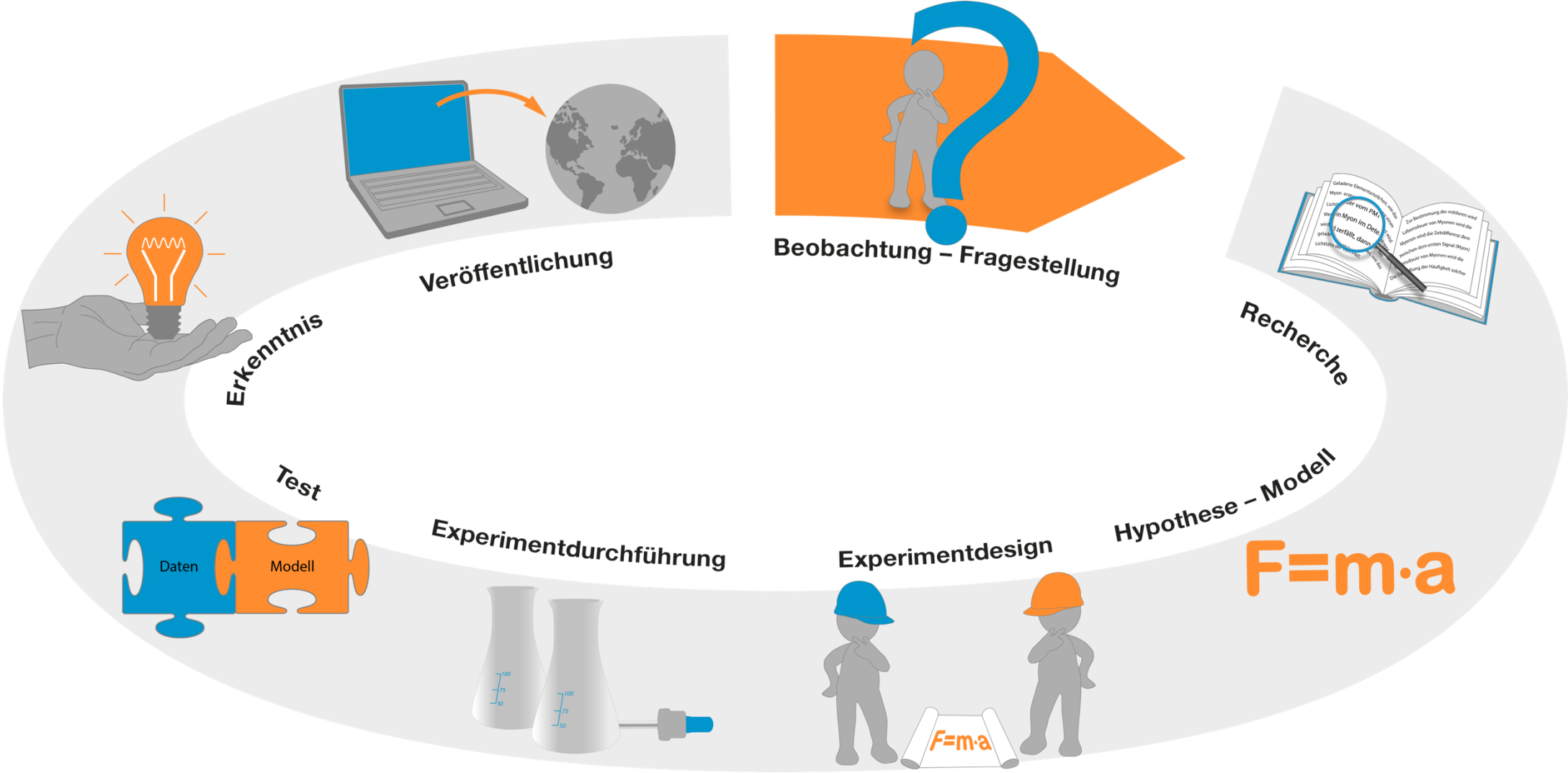


Animation:
Christian
Stegmann

Wie arbeiten Wissenschaftler:innen?

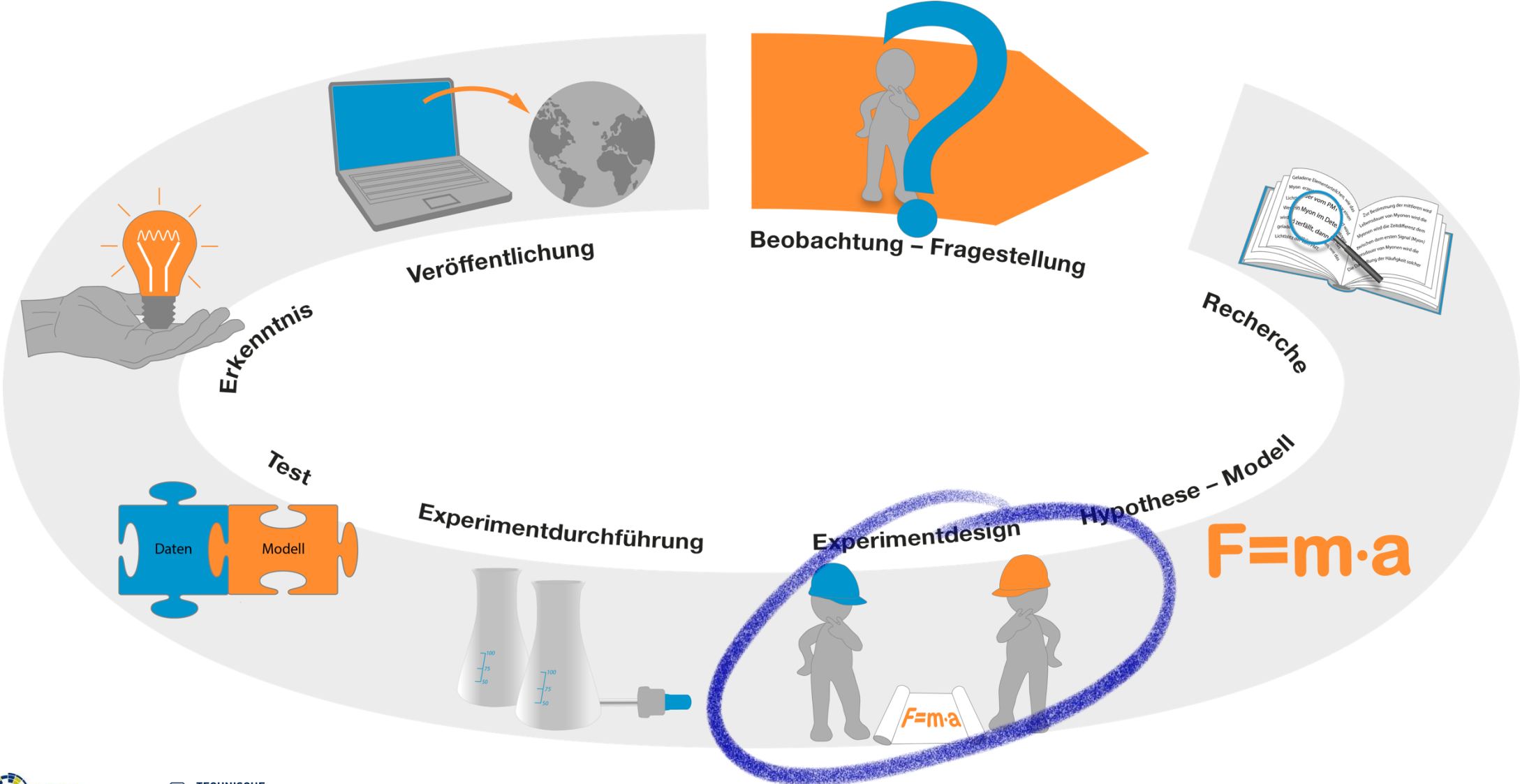
Wissenschaftliche Methodik

Kreislauf der Erkenntnis

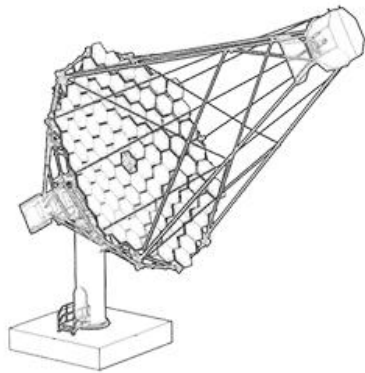
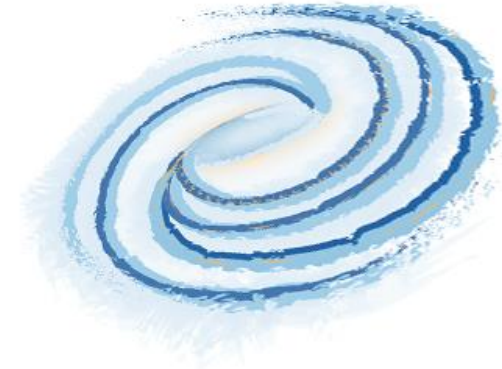


Wissenschaftliche Methodik

Kreislauf der Erkenntnis



Experimente



Die Erforschung des Unbekannten

Weltweit verteilte Experimente

Pierre Auger Observatorium (Argentinien)



CTA – Cherenkov Teleskop Array
(Chile und La Palma, in Planung)



Fermi Gamma-Ray Space Telescope (Weltraum)



ICE-Cube Experiment (Antarktis)



H.E.S.S. – High Energy Stereoscopic System (Namibia)

Die Erforschung des Unbekannten

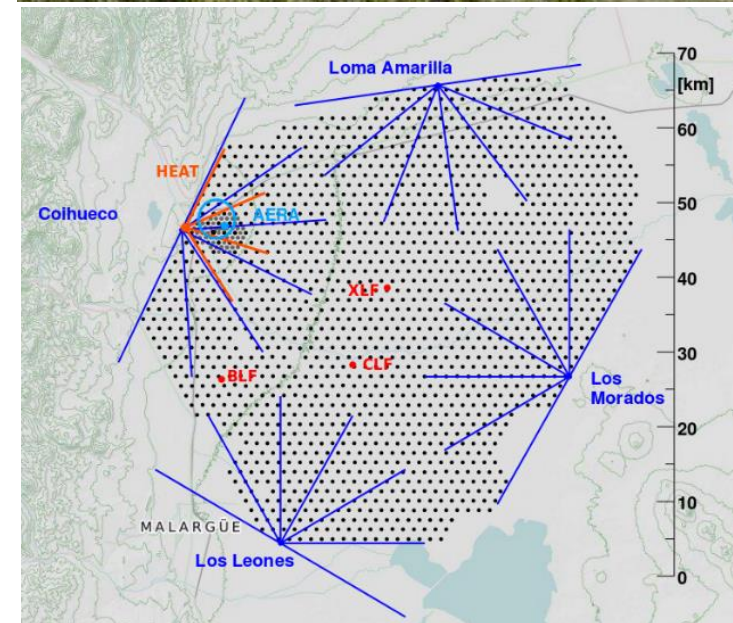
Und noch mehr weltweit verteilte Arbeitsplätze



2 Beeindruckende Experimente

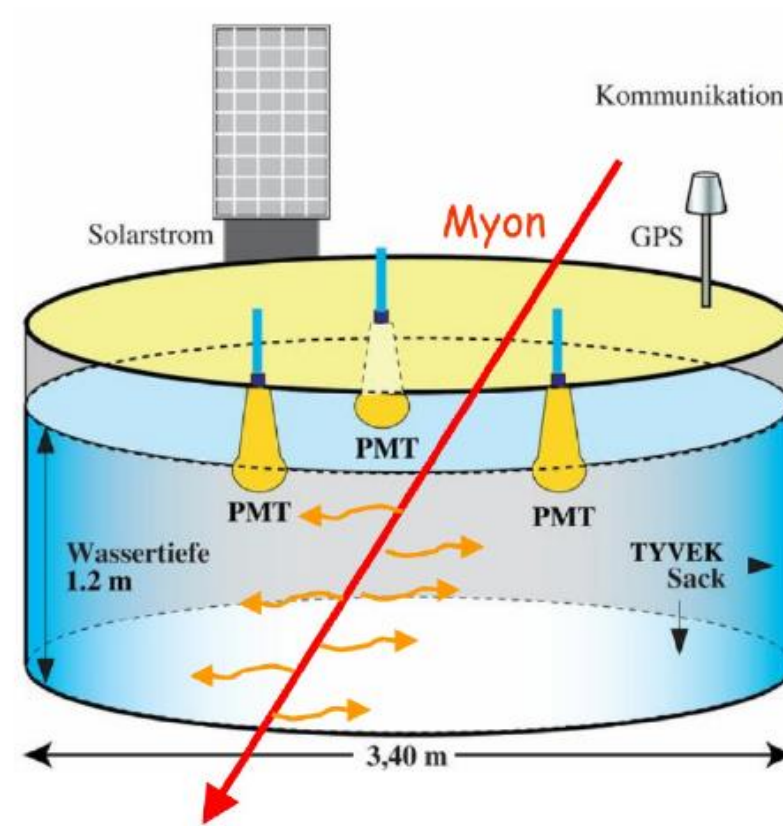
Pierre Auger Observatorium

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



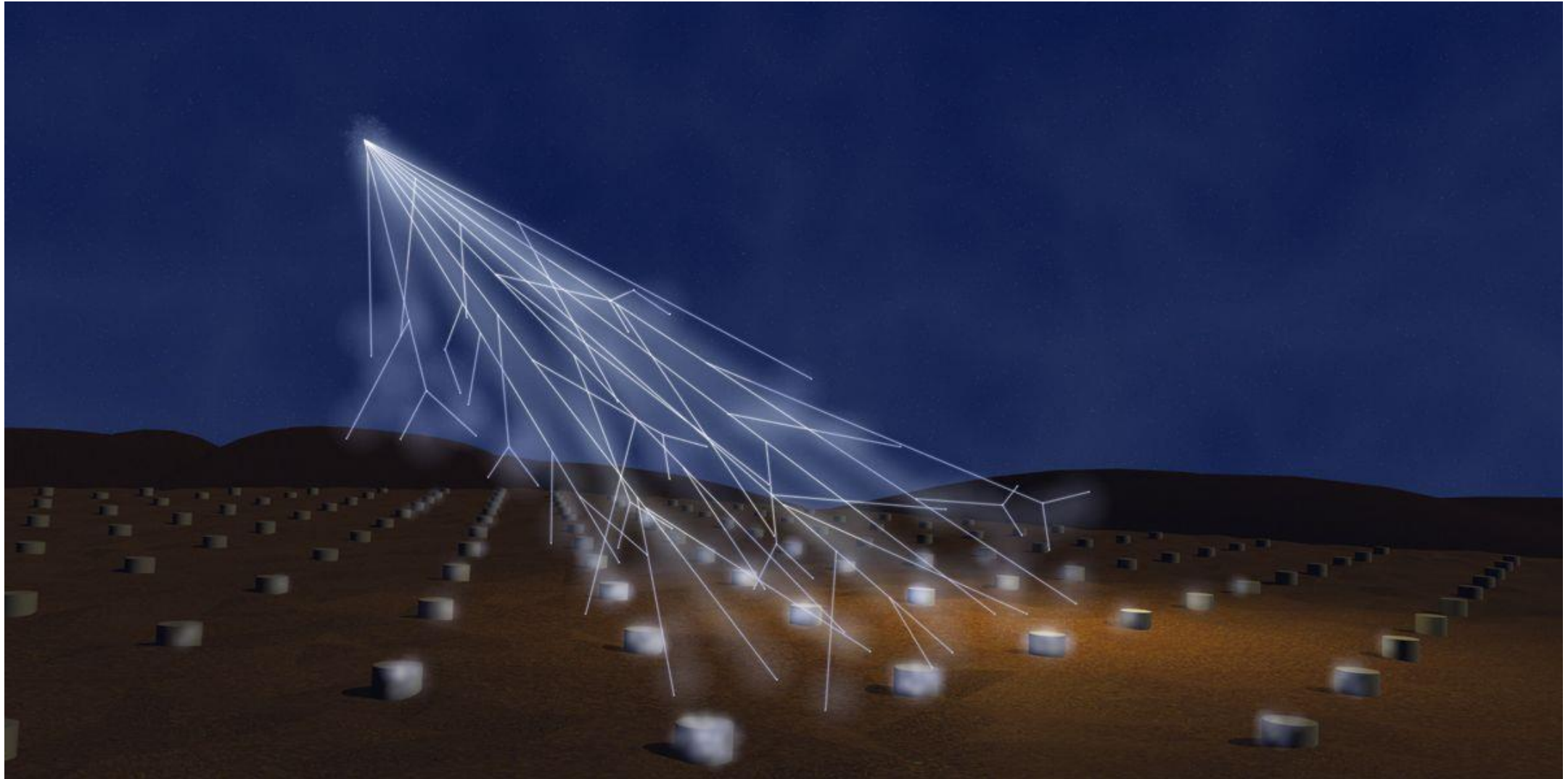
Pierre Auger Observatorium

- autarke Versorgung der Wassertanks mittels Solar-Strom
- enge Zusammenarbeit mit der örtlichen Bevölkerung
- Nachweis von Myonen über Cherenkov-Effekt in Wasser



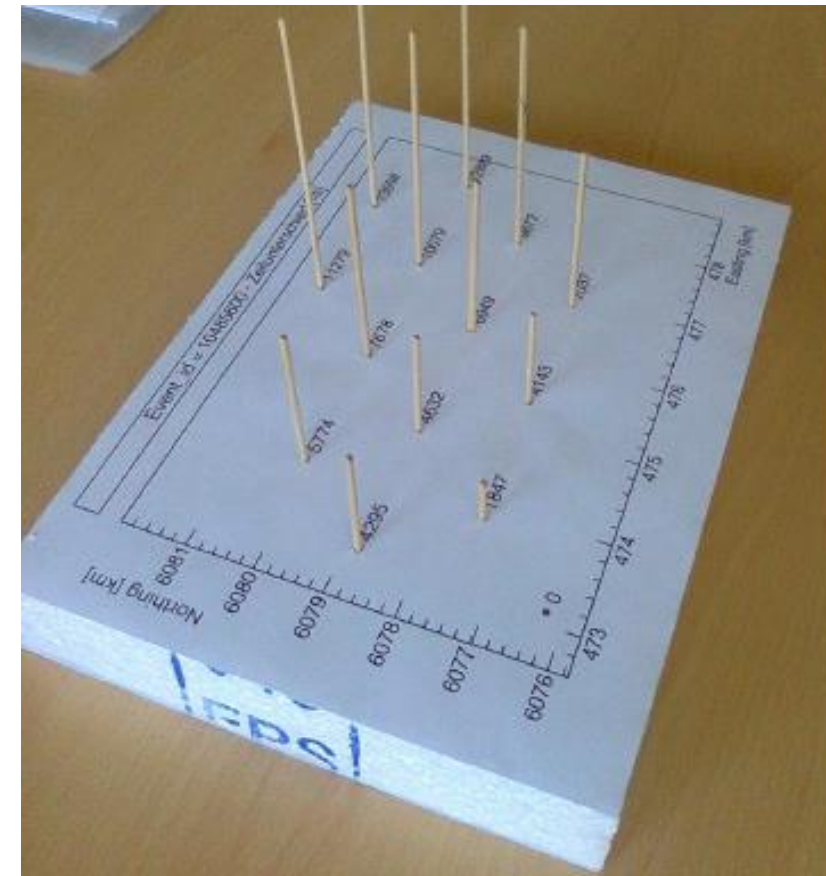
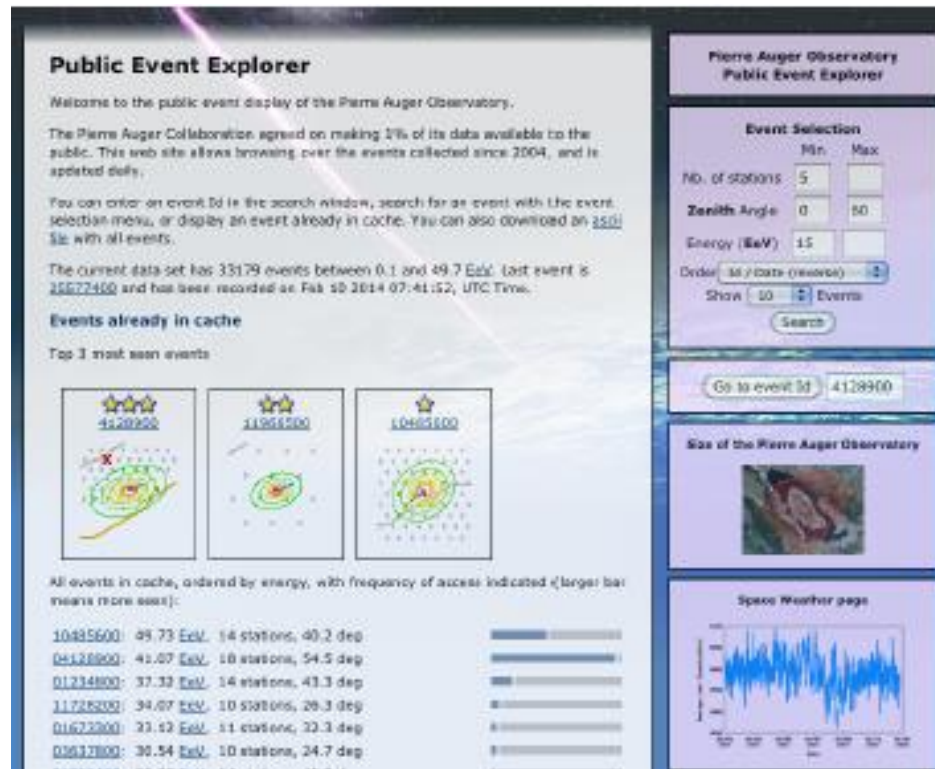
schematische Darstellung eines Wasser-Cherenkov-Detektors

Pierre Auger Observatorium



Auger-Masterclasses

- Auswertung von online zur Verfügung stehenden Daten unter Nutzung von Microsoft Excel
- Selbstbau eines Modells einer Schauerfront (rechts)



IceCube

Neutrinos Messen am Südpol

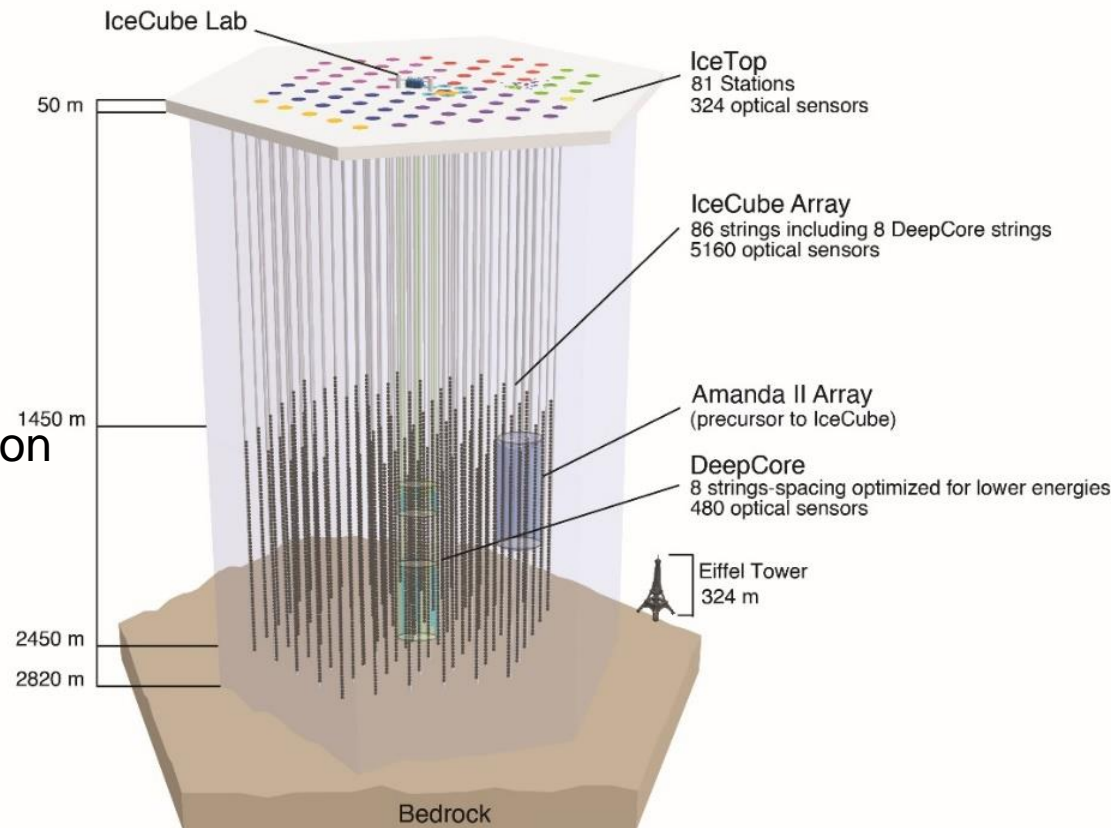
- Versuchsanlage besteht aus
 - insgesamt 5160 Sensoren (Bild rechts)
 - An 86 Kabelsträngen
 - In 1450 -2450 Metern tiefe

▶ Volumen: 1 km³

▶ Lage: Amundsen-Scott-Südpolstation

▶ Messung von Neutrinos (indirekt)

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



IceCube

Neutrinos Messen am Südpol

- Versuchsanlage besteht aus
 - insgesamt 5160 Sensoren
 - An 86 Kabelsträngen
 - In 1450 -2450 Metern tiefe
- ▶ Volumen: 1 km³
- ▶ Lage: Amundsen-Scott-Südpolstatio
- ▶ Messung von Neutrinos
 - mit Energien von:
10¹² eV bis 10¹⁴ eV

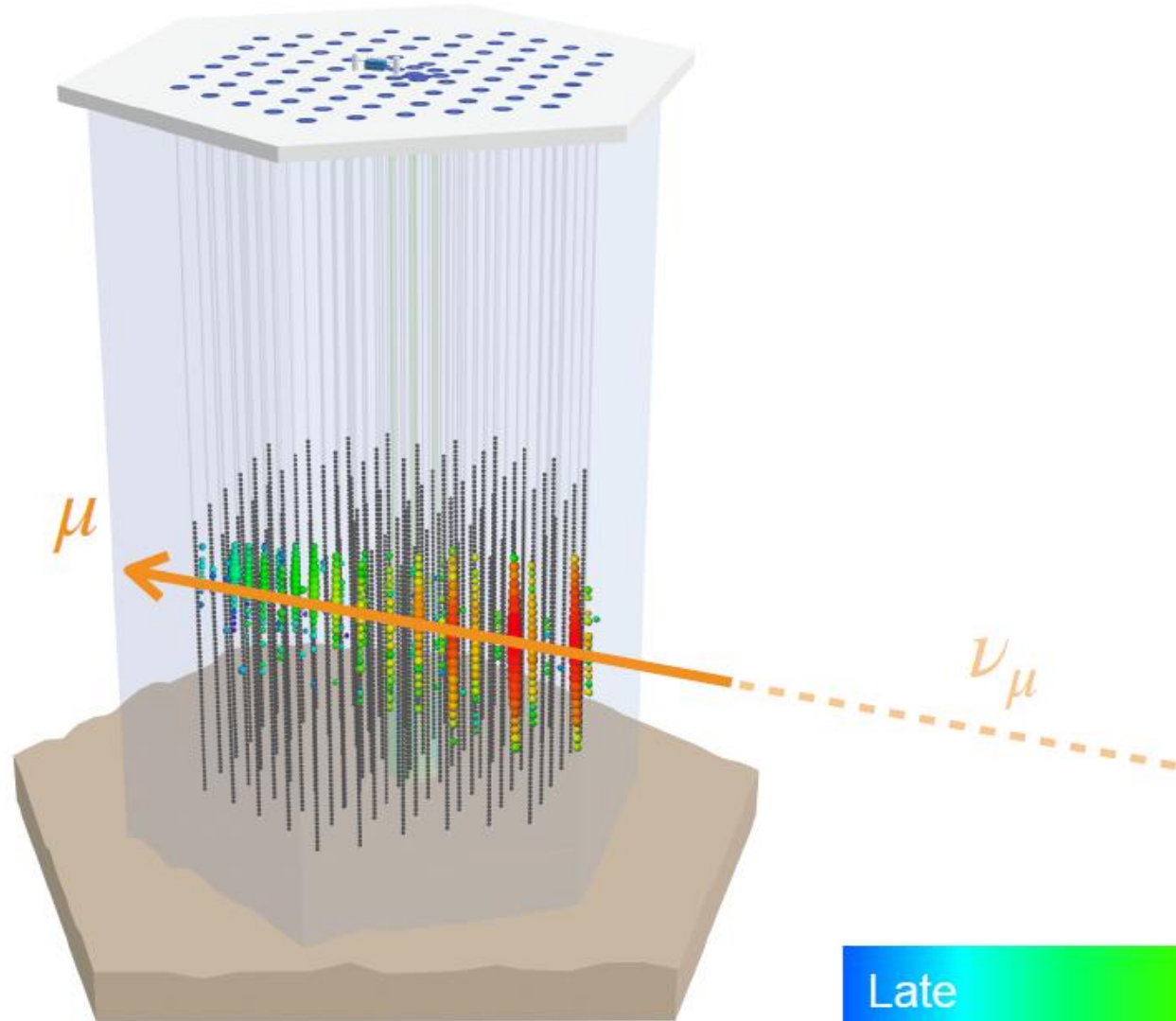
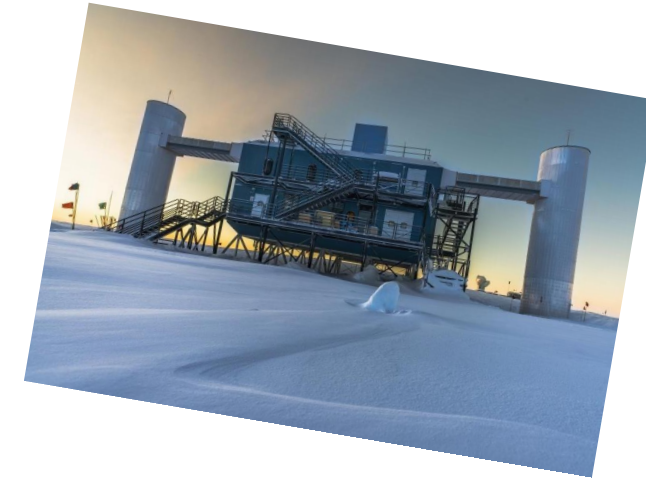
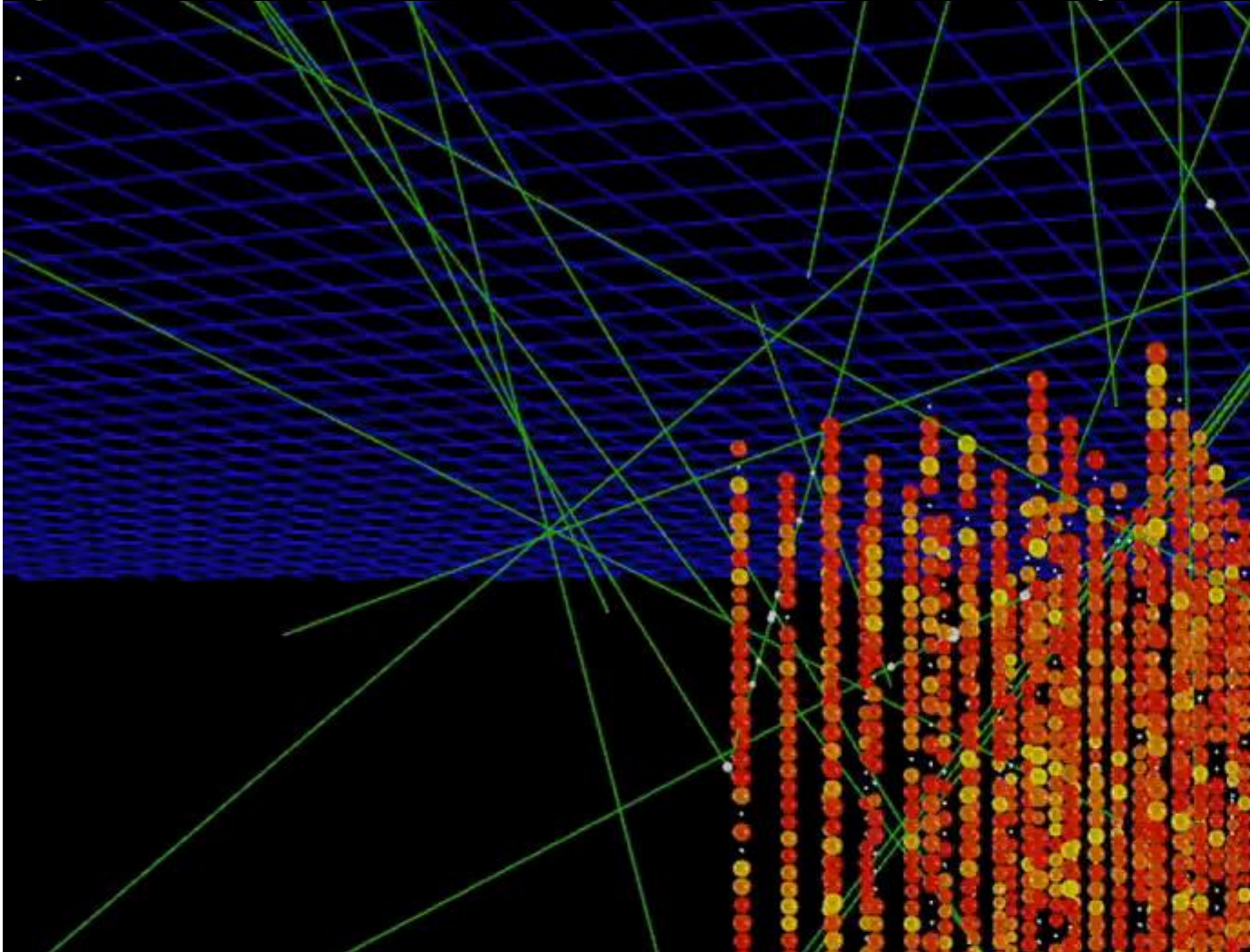


Abb.: Cristina Lagunas Gualda,
<https://arxiv.org/abs/1612.05093>

IceCube

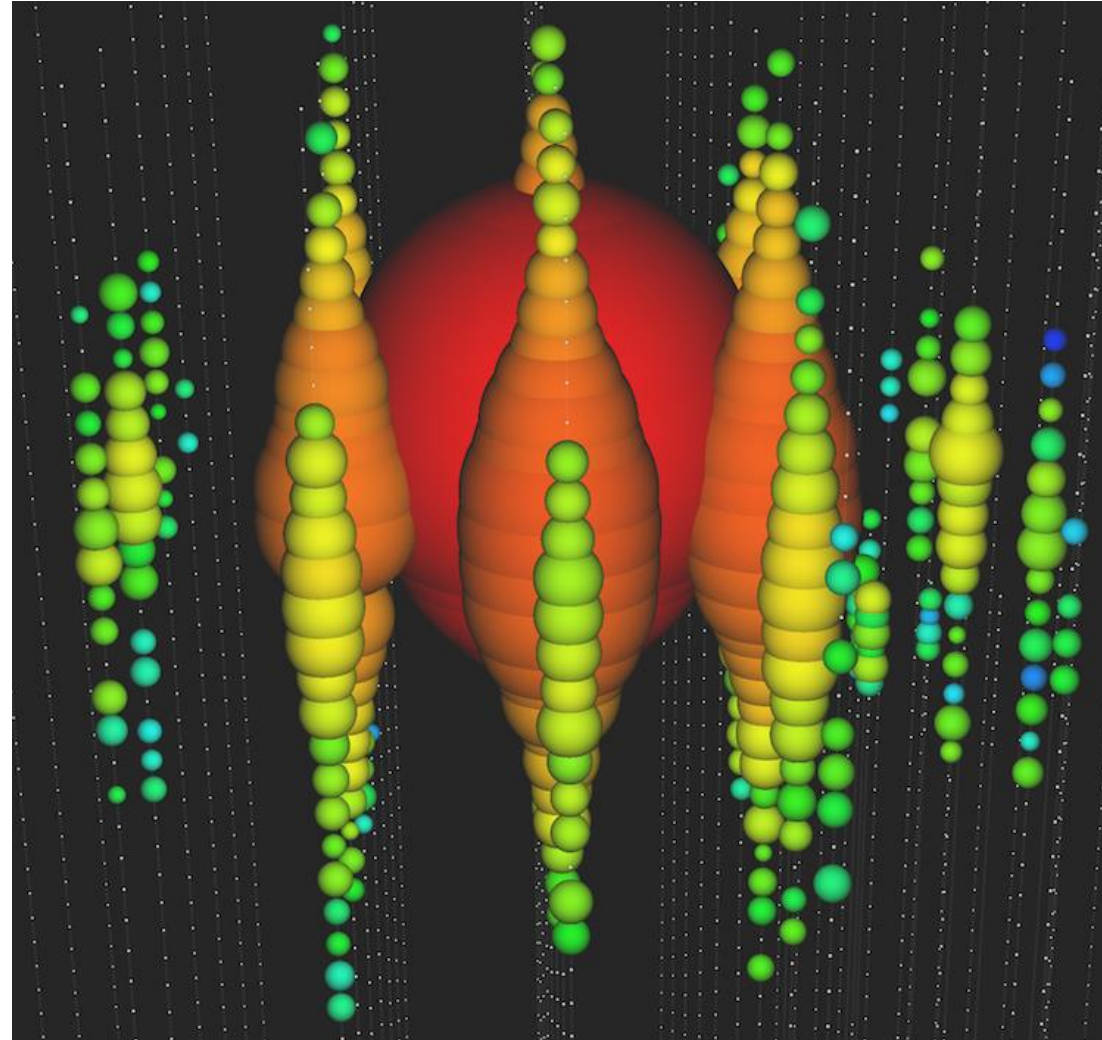
0.01 Sekunden Daten (Ungefiltert)



Mehr zu IceCube:
<https://icecube.wisc.edu>

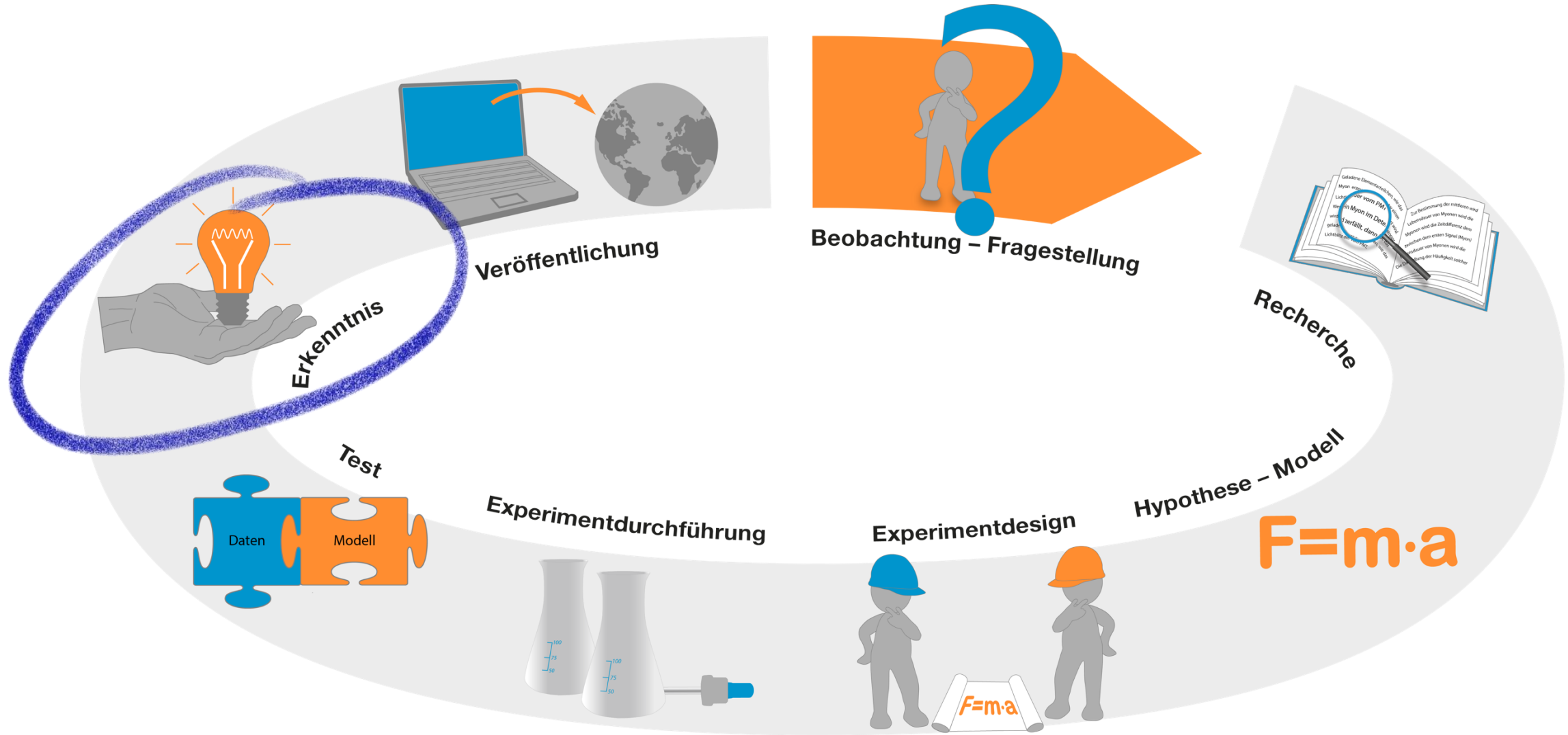
IceCube

Ein Ereignis



Wissenschaftlich arbeiten

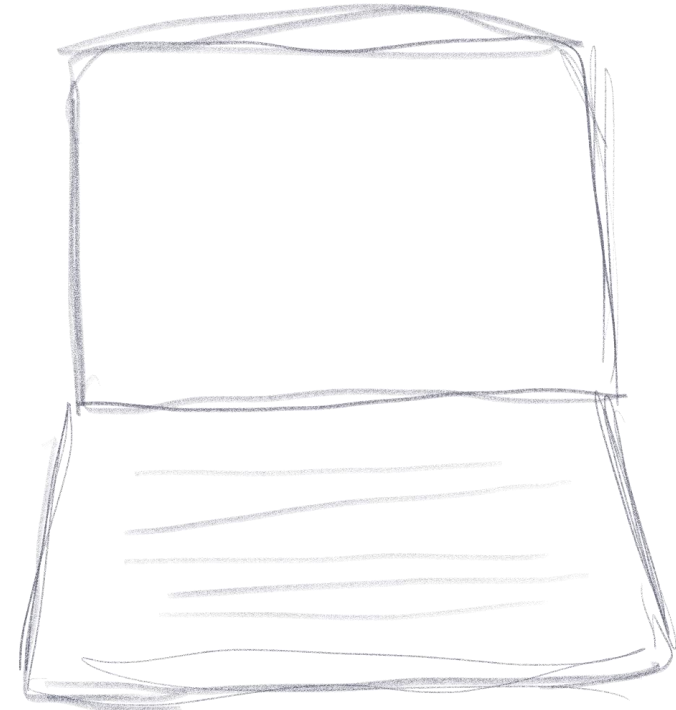
Von der Fragestellung zur Veröffentlichung



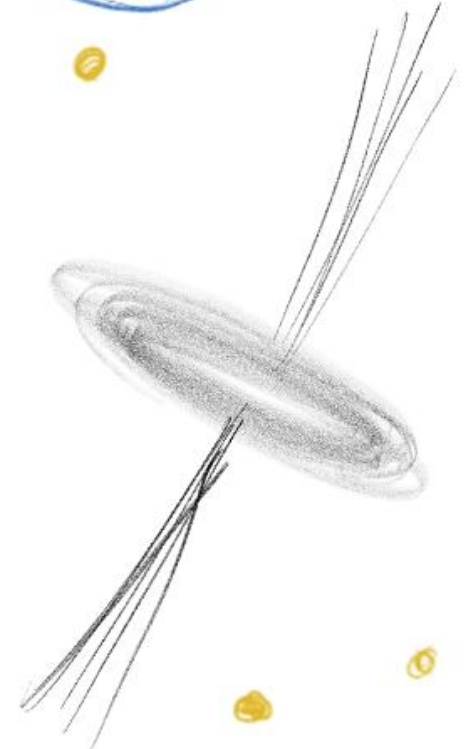
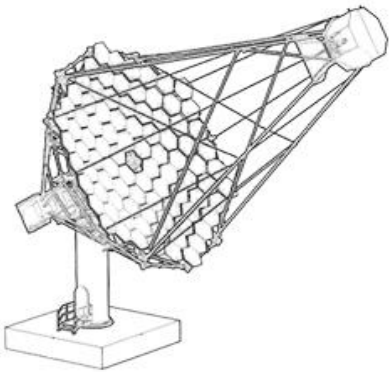
Datenauswertung

Viel Arbeit am Computer

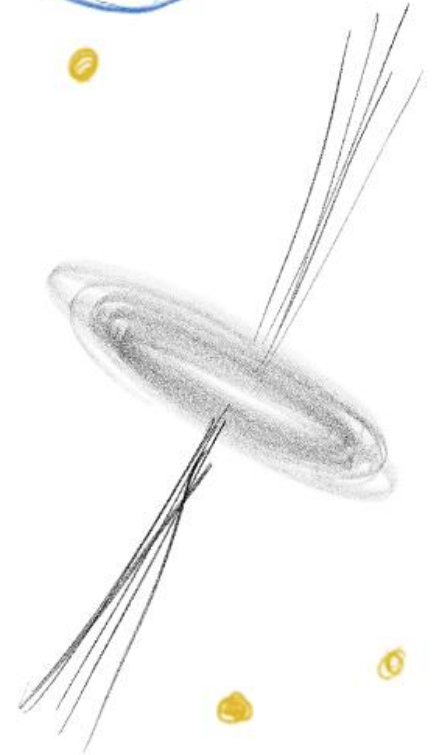
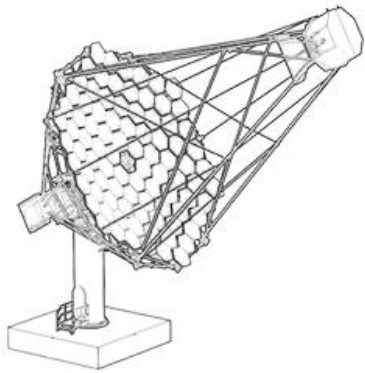
- Programmierkenntnisse sind erforderlich: Python und C++
- Die Datenstruktur muss verstanden werden
- Man muss sich in Teams beraten und austauschen
- Die Datenanalyse und der dazugehörige Code müssen gut dokumentieren werden, damit auch andere damit arbeiten können



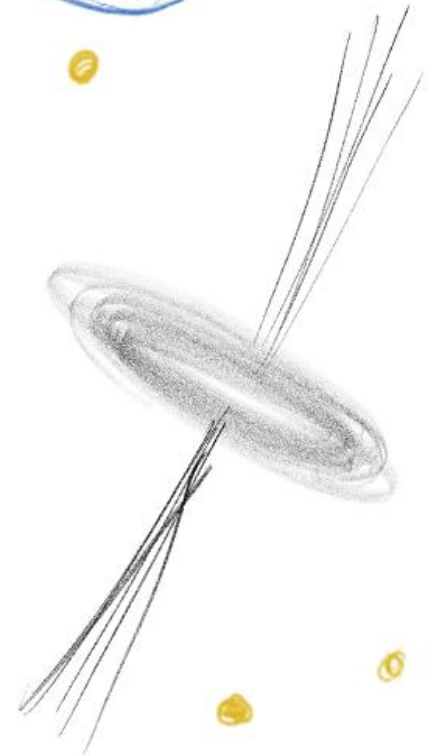
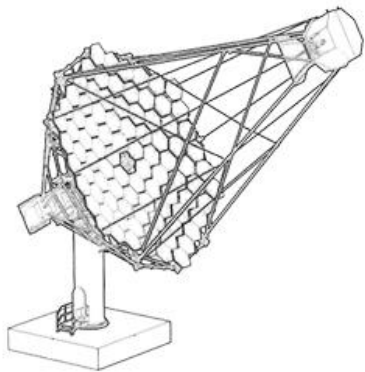
**Wie können
Schüler:innen
wie
Astroteilchen-
physiker:innen
arbeiten?**



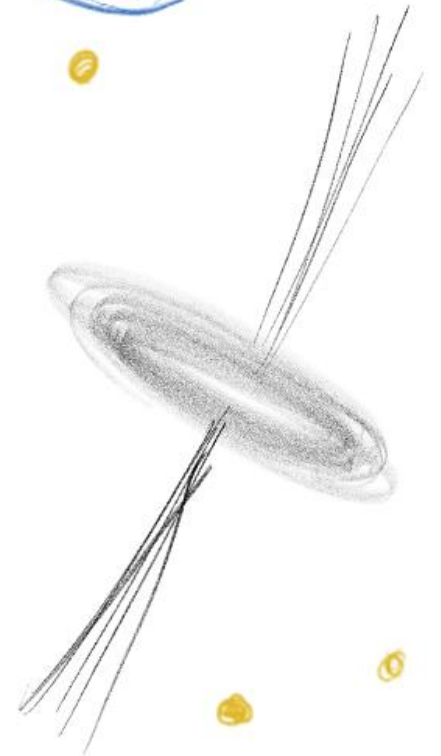
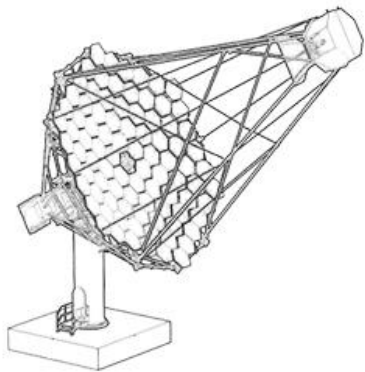
Cosmic@Web - Tools zur Online-Analyse



**Ohne
Programmierkenntnisse
und trotzdem mit
den meisten
essenziellen
Möglichkeiten zur
Datenanalyse**



**Aber auch
programmier-
begeisterte
Schüler:innen kommen
auf Ihre Kosten, z. B. bei
der Weiterentwicklung
von Cosmic@Web**

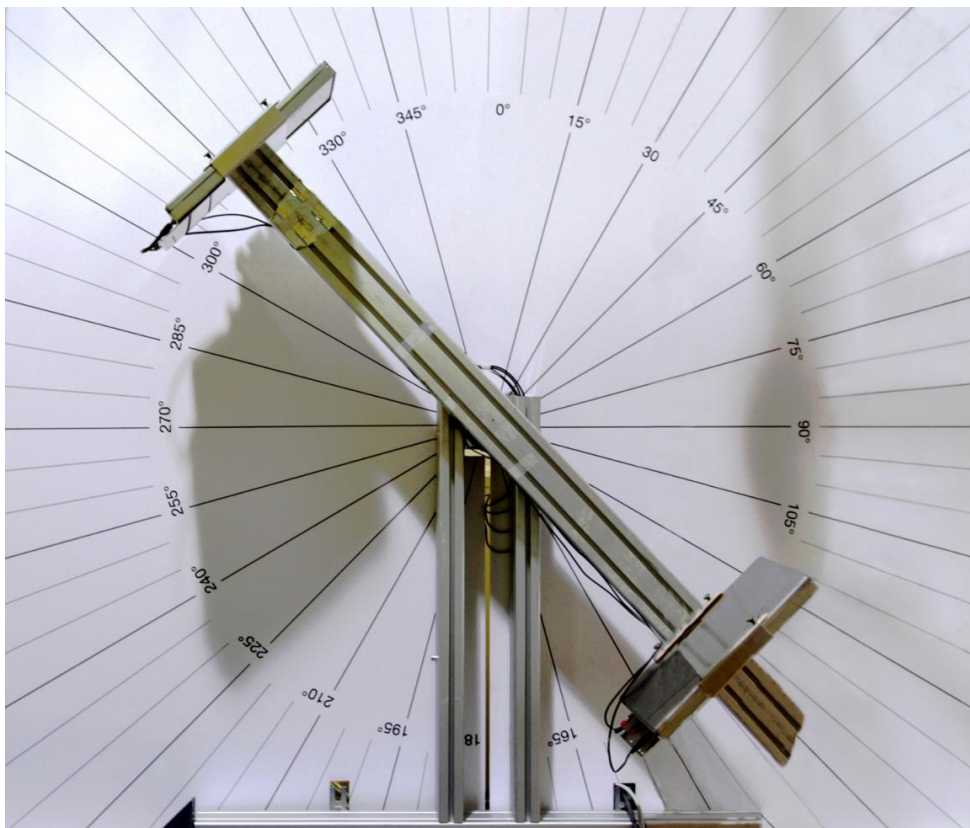


Cosmic@Web

Kosmische Teilchen messen

9 Experimente zur Untersuchung von kosmischen Teilchen, u. a.:

- Lebensdauer von Myonen
- Abhängigkeiten der Myonenrate von unterschiedlichen Faktoren



CosMO-Mühle (Zeuthen)



Neumayer III Station (Antarktis)



Forschungsschiff Polarstern

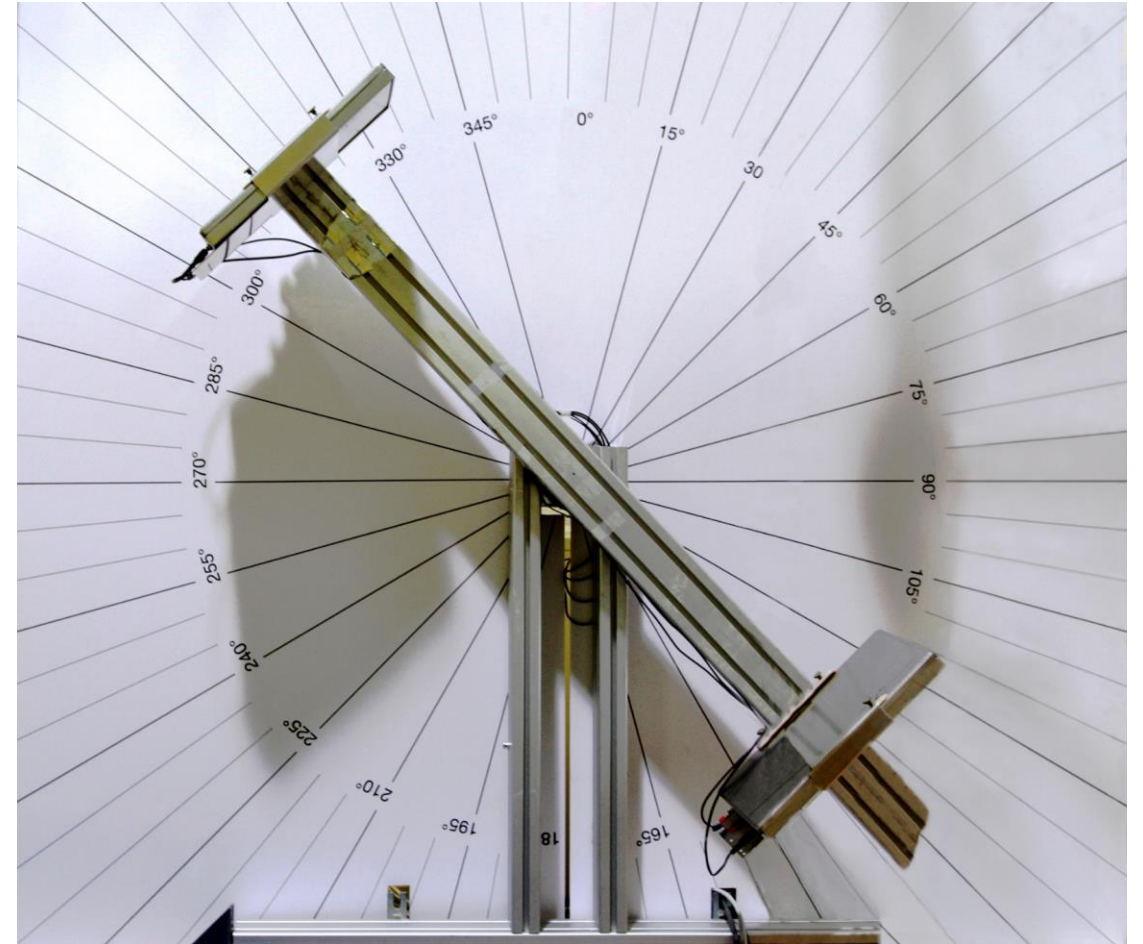
Experimente in Cosmic@Web

Mit **CoSMO**-Detektoren aufgenommene Daten sind auch in Cosmic@Web zugänglich.

Hier aber insbesondere zur Bestimmung der Abhängigkeit der Myonenrate vom Einfallswinkel.

Bezug zu:

- Wechselwirkung kosmischer Strahlung mit Materie
- Anwendung: „Röntgen mit Myonen“



Experimente in Cosmic@Web

- „Myonenzerfall“

Zur Bestimmung der Lebensdauer von Myonen dient in Cosmic@Web das LiDO-Experiment.
(**L**iquid **S**cintillation **M**uon **D**ecay **O**bserver)

Bezug zu:

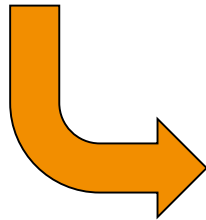
- Spezielle Relativitätstheorie (Zeitdilatation)
- Zerfallsgesetz
- Regressionsanalyse



Aktualität und Interesse

Multimessenger-Astronomie

- In der Vergangenheit war die Higgs-Suche und -Entdeckung öffentlichkeitswirksam und hat Interesse bei Jugendlichen und der Gesellschaft erzeugt.
- In jüngster Vergangenheit waren es eher astrophysikalische Themen: Gravitationswellen, Multimessenger-Astronomie, „Foto“ vom schwarzen Loch.
- Gerade in der Multimessenger-Astronomie sind in der Zukunft bahnbrechende Beobachtungen zu erwarten.



Studium eines kosmischen Objektes durch verschiedene kosmische Boten und durch Wissenschaftler:innen aus unterschiedlichen Disziplinen der Astronomie wie Astrophysik, Kosmologie und Astroteilchenphysik.

Aktualität und Interesse

Multimessenger-Astronomie

- Interesse von Jugendlichen an astrophysikalischen Themen und offenen Fragen ist hoch.
(z. B. ROSE-Studie, siehe auch Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant. *Plus Lucis*, 3(2007), 2-8.)

→ Astroteilchenphysikalische Forschung ist also ein guter Kontext für den Schulunterricht

- Tools zur Online-Analyse
- Datensätze verschiedener Experimente die Kosmische Strahlung 24h|7d messen
- Freies, wissenschaftliches Arbeiten für Jugendliche

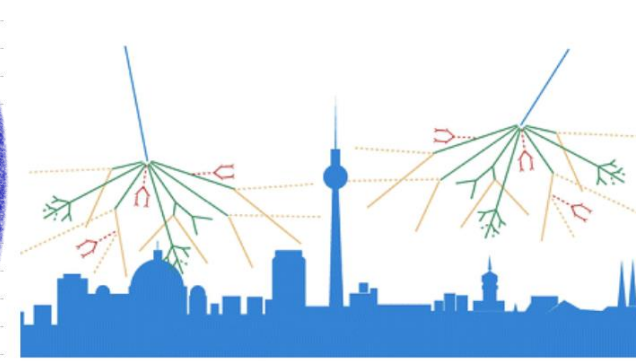


- HOME
- DESY-TOUR
- SCHÜLERLABORE
 - Standort Hamburg
 - Standort Zeuthen
 - Aktuelles
 - Luft und Vakuum
 - Kosmische Teilchen
 - Grundlagen
 - Experimente
 - Cosmic@Web
 - > Tools zur Online Analyse
 - > Dokumentation
 - > Datensatzbeschreibungen
 - Wissenschaftlich Arbeiten
 - Glossar
 - Materialien und Links
 - Lehrerfortbildung
 - Erklärvideos
 - Unterrichtsmaterialien
 - Studentenjobs
 - Mitarbeiter
 - Anfahrt
- LEHRERFORTBILDUNG
- BETRIEBSPRAKTIKUM
- ÖFFENTLICHE VORTRÄGE
- MINT FÜR MÄDCHEN
- SPECIAL EVENTS
- PARTNER UND NETZWERKE
- MEHR WISSEN



Home / Schülerlabore / Standort Zeuthen / Kosmische Teilchen / Cosmic@Web

Cosmic@Web - Tools zur Online-Analyse



Ganz ohne Programmierkenntnisse und bequem vom heimischen Laptop aus können nun auch Schülerinnen und Schüler wie ein Astroteilchenphysiker arbeiten. Daten von vereinfachten Experimenten zur Messung kosmischer Teilchen, die zum Großteil am DESY in Zeuthen betrieben werden, fließen in Cosmic@Web ein und bieten so einen einfachen Zugriff auf reale Langzeitmessungen.

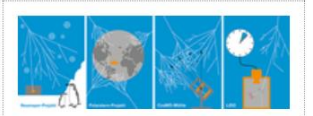
Sowohl in der Wissenschaft als auch an Schulen ist es nicht immer möglich, das Experiment, mit dem man forschen möchte, vor Ort zu haben. Vor allem Großexperimente in der Teilchen- und Astroteilchenphysik sind so komplex und teuer, dass sie jeweils nur einmal gebaut werden und dafür alle beteiligten Forschungsgruppen zusammenarbeiten. Beispiele für die Beteiligung von DESY an solchen Projekten sind das IceCube-Experiment in der Antarktis, die Experimente am Large Hadron Collider (LHC) am CERN und das geplante Cherenkov Telescope Array (CTA). Bei Astroteilchenexperimenten gibt es außerdem zusätzliche Einschränkungen für die Standortwahl. Faktoren wie z.B. Platzbedarf, vorhandene Infrastruktur, jährliche Wetterbedingungen oder der Einfluss von Streulicht spielen dabei eine entscheidende Rolle. Oft liegen dadurch mehrere Stunden Flug- und Reisezeit zwischen Büro und Forschungsstation. Allerdings ist es auch nicht immer notwendig, seinen Arbeitsplatz neben dem Experiment zu haben. Für die Betrachtung und Erforschung der kosmischen Teilchen sind insbesondere Langzeitmessungen erforderlich, um eine geeignete Statistik zu erhalten.



Erklärvideo
In diesem Video erklären wir, was Astroteilchenphysik ist und wie du mit Cosmic@Web arbeiten kannst.

COSMIC@WEB
Tool zur Online-Analyse von Daten kosmischer Teilchen

Datenauswertung



Dokumentation

Fragen zur Nutzung?
Dann schreib uns!



Myonenmessung auf der Polarstern

Erste Schritte in Cosmic@Web



Aufgabe

Tutorial

- Öffnet die Webseite **cosmicatweb.desy.de** mit **Mozilla Firefox** oder **Google Chrome**.
- Führt individuell das **Tutorial** aus.

COSMIC@WEB

Tool zur Online-Analyse von Daten kosmischer Teilchen



EINSTELLUNGEN

DIAGRAMM

GESPEICHERTE DIAGRAMME

Language: [English](#) / **German**

Cosmic@Web ist ein Tool zur Online-Analyse von Daten aus einem globalen Netzwerk von **Detektoren** zur Messung kosmischer Teilchen. Eine Beschreibung der einzelnen Tools findet sich in der [Dokumentation](#). Wie man mit einer Analyse beginnen kann zeigt ein [Tutorial](#). Einführendes Material zum Thema [kosmische Teilchen](#) und Beschreibung der [Experimente](#) findest du auf den Webseiten. [Arbeite wie ein echter Wissenschaftler](#) und mache deine eigene Forschung in der Astroteilchenphysik!

Einstellungen für das Diagramm

Einstellungsmodi

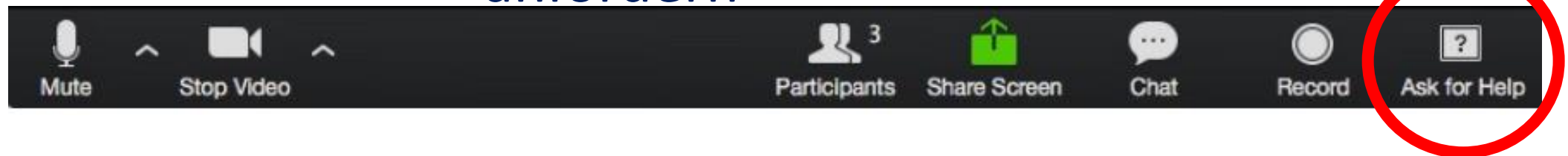
Erweitert

Aufgabe 2

Tutorial

- Öffnet die Webseite **cosmicatweb.desy.de** mit **Mozilla Firefox** oder **Google Chrome**.
- Führt individuell das **Tutorial** aus.
- Diskussion in **3er-Teams**, darüber was im Diagramm dargestellt ist und wie das Diagramm zu interpretieren ist

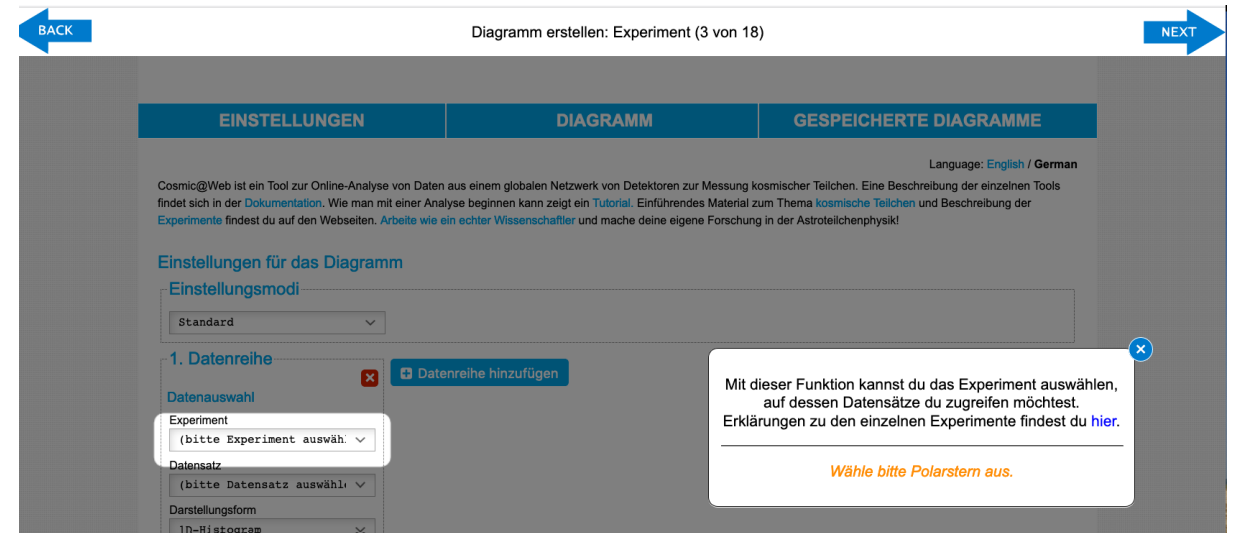
Hilfe im Breakout-Raum anfordern



Aufgabe

Tutorial

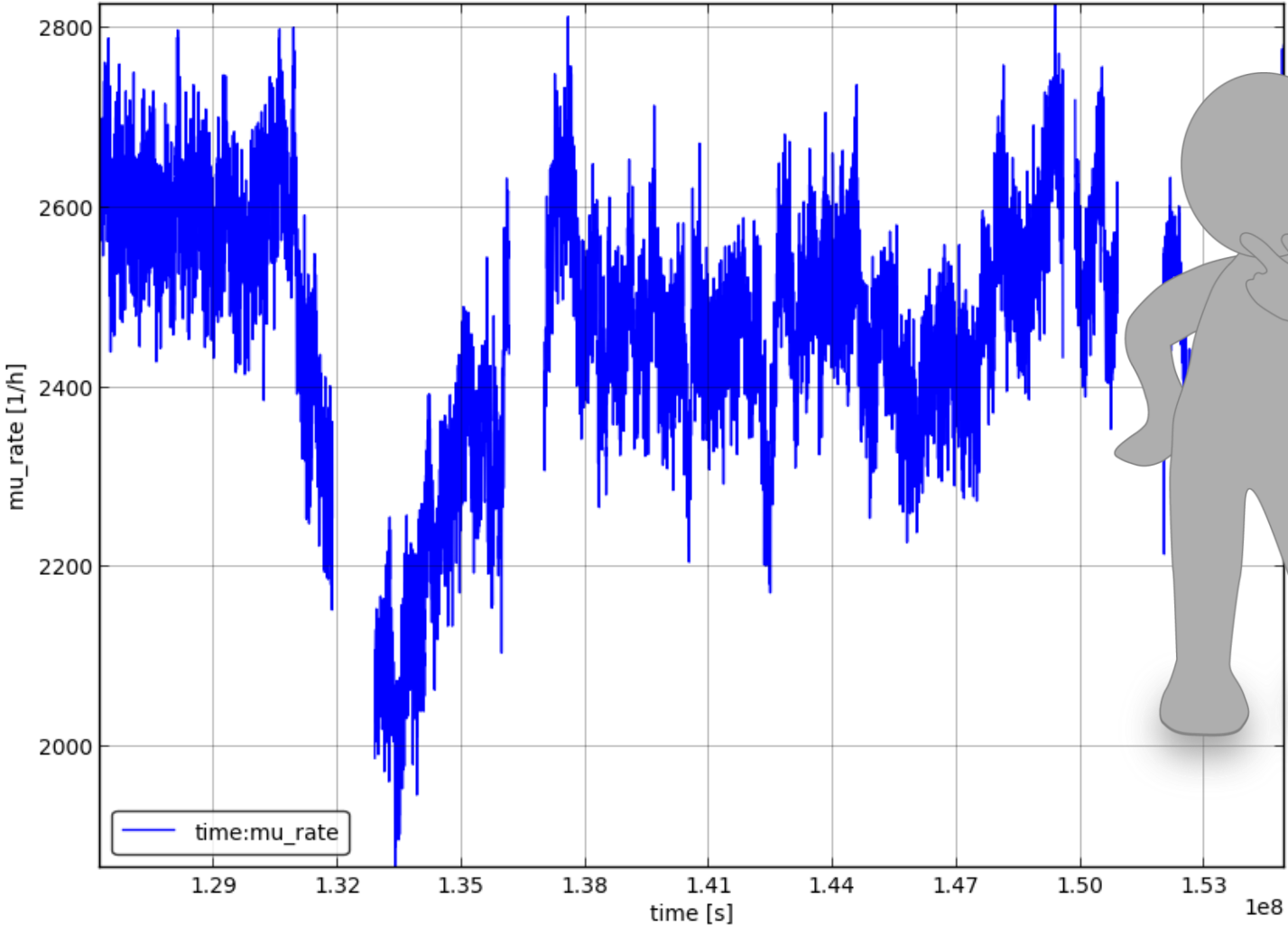
- Öffnet die Webseite **cosmicatweb.desy.de** mit **Mozilla Firefox** oder **Google Chrome**.
- Führt individuell das **Tutorial** aus.
- Diskussion in **3er-Teams**, darüber was im Diagramm dargestellt ist und wie das Diagramm zu interpretiert werden kann
- Notiert Fragen zur Darstellung.
- Zeit **15 Minuten**



Formuliert eine Hypothese, wie ein interessanter Aspekt der Datenverteilung erklärt werden könnte.

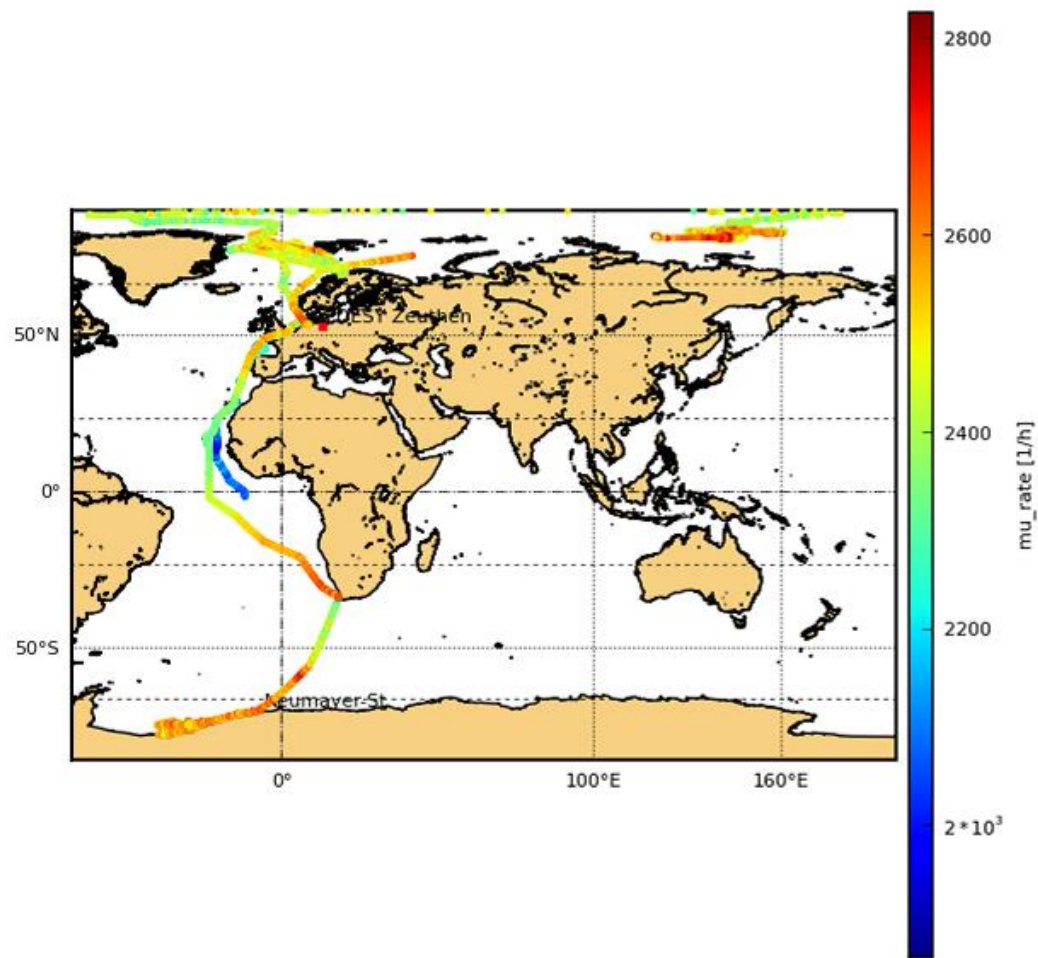
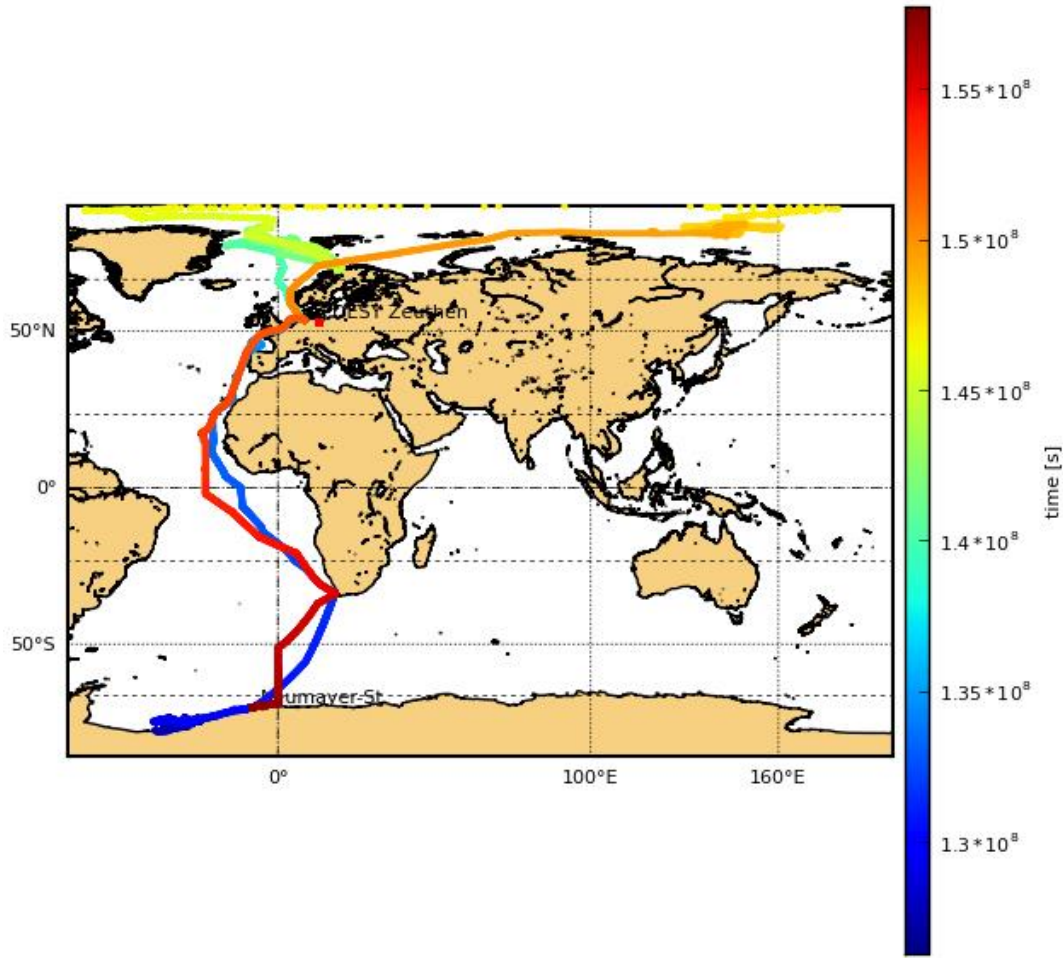
Diagramm aus dem Tutorial

Daten der Polarstern: Myonenrate (Anzahl pro Stunde) in Abhängigkeit des Messzeitpunktes



Daten der Polarstern

Aufenthaltort der Polarstern, Zeit bzw. Myonenrate als z-Achse



Beispiele für Einsatzmöglichkeiten von C@W in der Schule

- Gemeinsame Hypothesengenerierung und Überprüfung im Unterrichtsgespräch und Kleingruppen analog zum Vorgehen heute
 - Auswertung und Vergleich verschiedener Datensätze eines Experiments durch verschiedenen Gruppen
 - Bearbeitung gleicher Fragestellungen mit Daten unterschiedlicher Experimente und anschließender Vergleich
 - Umfassende Auseinandersetzung mit einer oder mehreren Fragestellungen durch einzelne Schüler:innen
- Unterrichtsvortrag, Besondere Lernleistung, Jugend Forscht Arbeit

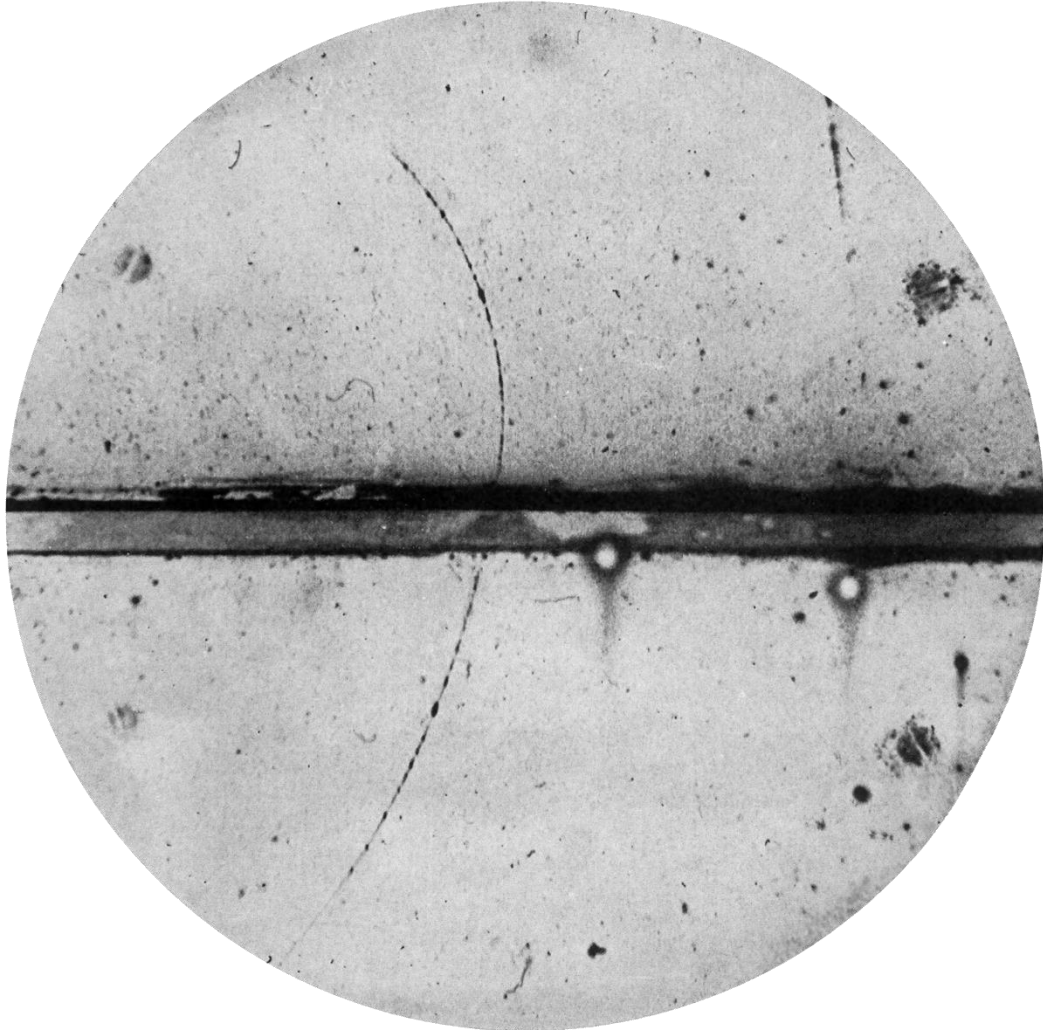
Beispiel-Diagramm als Inspiration unter Session-IDs

Experimentiererset: Nebelkammern



Die Nebelkammer

Entdeckung des Positrons



- einer der ersten Teilchenspurdetektoren überhaupt
- Nobelpreis Auszeichnung 1927 an C.T. Wilson für die Entwicklung der sog. Expansionsnebelkammer
- Entdeckung verschiedener Teilchen (e^+ , μ^-) und Nachweis dieser in der kosmischen Strahlung (Nobelpreis 1936 an C. Anderson)

Experimentiererset: Nebelkammern

- Material für 10 Nebelkammern
- 10 Bauanleitungen
- Hinweise und Kopiervorlagen

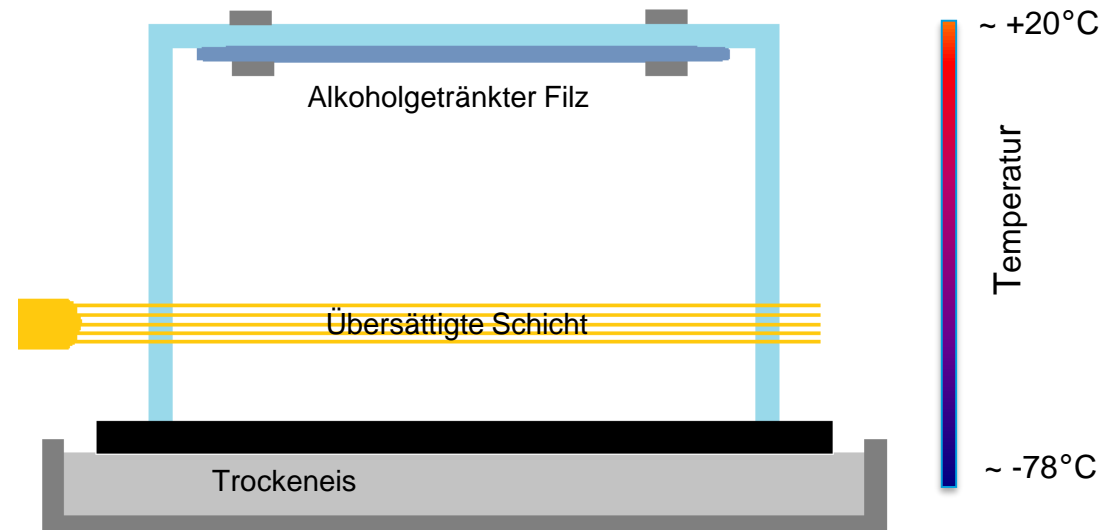
- nicht enthalten sind Verbrauchsmaterialien: Isopropanol und Trockeneis

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

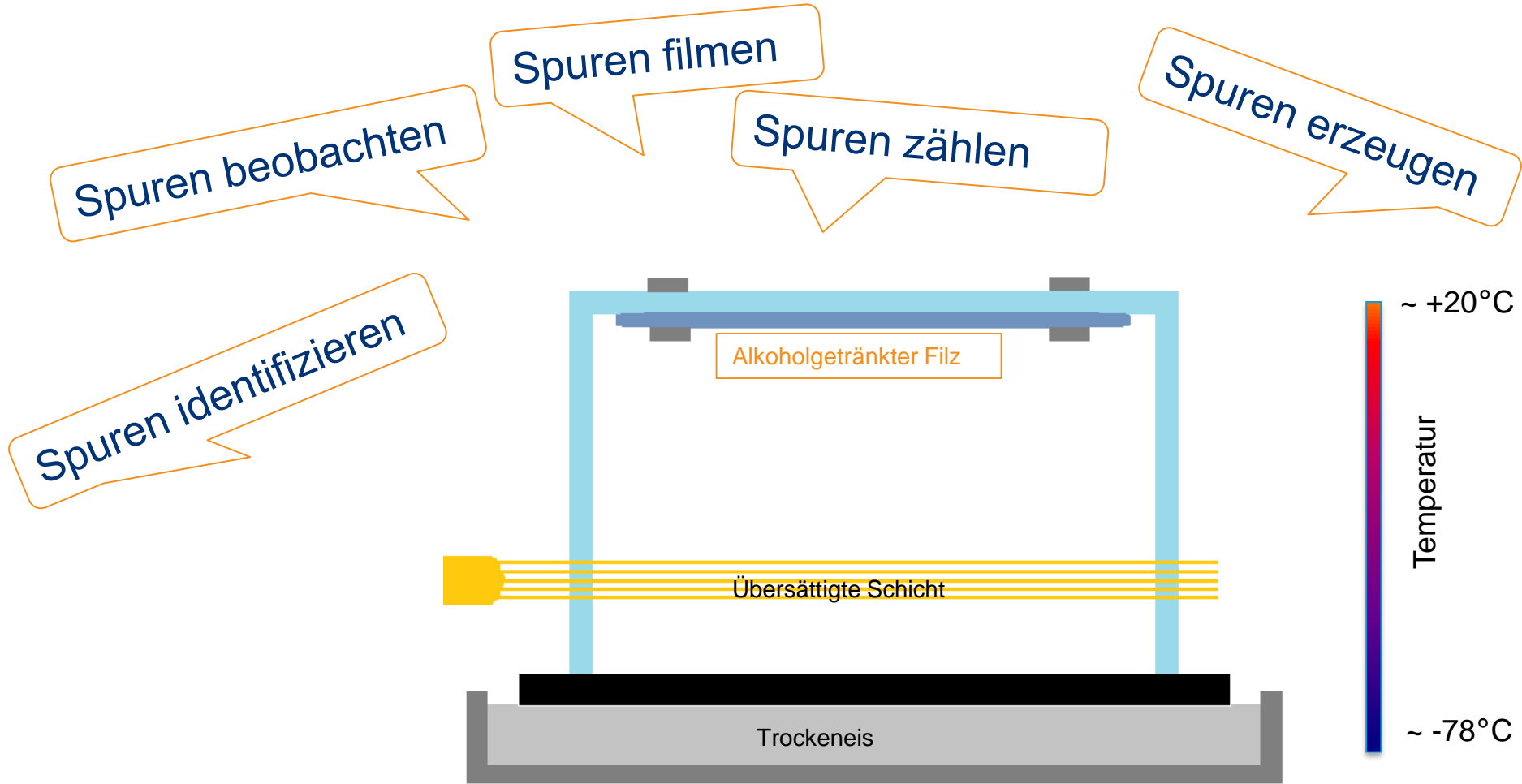


Funktionsweise Nebelkammern

- 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

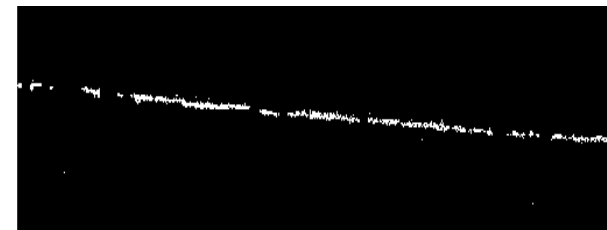
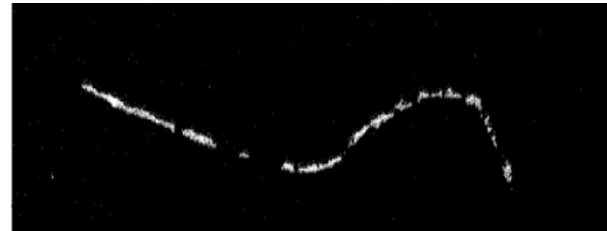
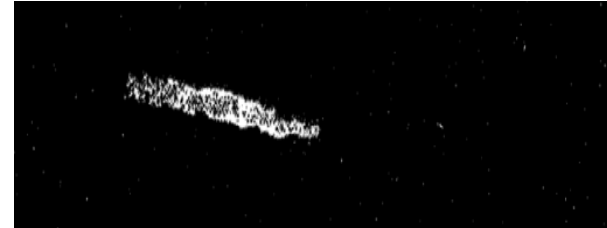


Mögliche Experimentieraufgaben



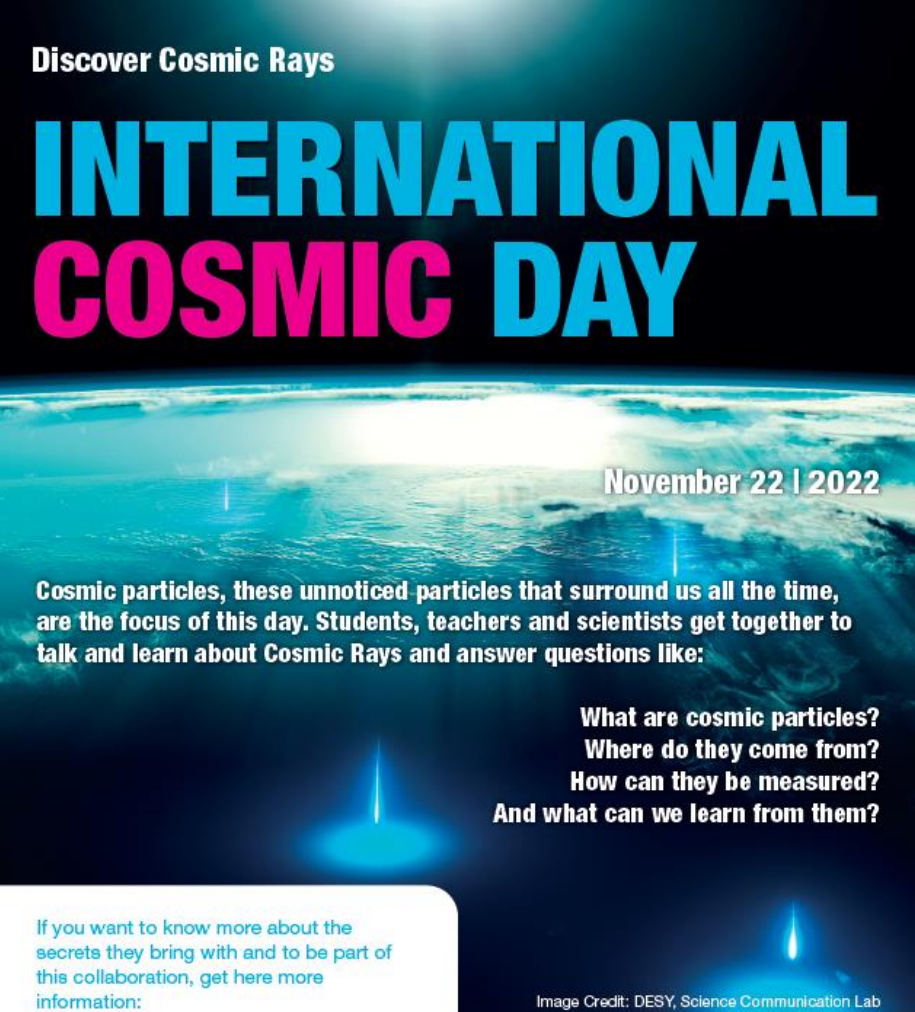
Mögliche Experimentieraufgaben: Spuren identifizieren

- 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



International Cosmic Day

- eintägige Veranstaltung, einmal im Jahr
- Ziel: Jugendliche arbeiten wie Wissenschaftler:innen in einer internationalen Kollaboration zusammen
- organisiert von DESY in Zusammenarbeit mit Netzwerk Teilchenwelt, IPPOG, QuarkNet, Fermilab und nationalen Partnern
- <http://icd.desy.de>



Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

November 22 | 2022

Cosmic particles, these unnoticed particles that surround us all the time, are the focus of this day. Students, teachers and scientists get together to talk and learn about Cosmic Rays and answer questions like:

**What are cosmic particles?
Where do they come from?
How can they be measured?
And what can we learn from them?**

If you want to know more about the secrets they bring with and to be part of this collaboration, get here more information:

Image Credit: DESY, Science Communication Lab

<https://icd.desy.de>
<https://www.facebook.com/InternationalCosmicDay>

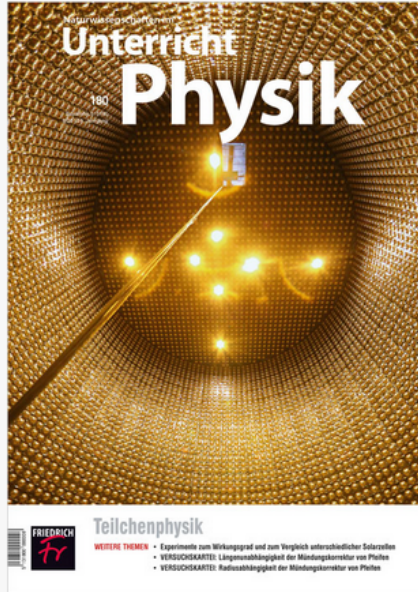


In cooperation with
many networks and partners:



Arikel zu Cosmic@Web

Inkl. Beschreibung einer Lehrkraft zu den Erfahrungen im Unterricht



Teilchenphysik

Unterricht Physik | Ausgabe Nr. 180/2020

Elementarteilchen – ein Thema, das viele Menschen fasziniert. Die Fragen nach dem Woher und Wohin des Universums sowie nach den elementaren Bausteinen und Wechselwirkungen der Materie sind die Triebfeder für aufwendige Experimente. Die Erforschung der Elementarteilchen bedeutet, zum Aller kleinsten vorzudringen, zugleich Einblick in die Vergangenheit des Universums zu gewinnen sowie heutige Boten aus dem Weltall zu vermessen. Dennoch bleiben ungeklärte Fragen, welche die Elementarteilchenphysik zu einem dankbaren Thema machen, um die Neugier der Jugendlichen anzuregen und ihnen neue Welten zu eröffnen.

Dieses Heft liefert Ihnen Fachinformationen und Ideen, um Aspekte der Teilchenphysik im Unterricht kompetent und interessant zu unterrichten

<https://www.friedrich-verlag.de/physik/unterricht-physik-digital/teilchenphysik-4905>

<https://www.friedrich-verlag.de/physik/astrophysik-relativitaetstheorie/cosmicweb-7483>

Evaluation

Euer Feedback hilft uns, diese Workshops weiter zu verbessern

<https://indico.cern.ch/event/1191443/surveys/3621>



Vielen Dank!



NETZWERK
TEILCHENWELT

Kontakt

DESY. Deutsches
Elektronen-Synchrotron

www.desy.de

Carolin Schwerdt

Schülerlabor physik.begreifen | Netzwerk Teilchenwelt

carolin.schwerdt@desy.de

Telefon: +49 33762 7-7264

Philipp Lindenau

Technische Universität Dresden | Netzwerk Teilchenwelt

philipp.lindenau@tu-dresden.de

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

Vielen Dank!



NETZWERK
TEILCHENWELT

Auf dem Laufenden bleiben durch unsere Newsletter:

<https://www.teilchenwelt.de/aktuelles/newsletter/>

Kontakt

DESY. Deutsches
Elektronen-Synchrotron

www.desy.de

Carolin Schwerdt

Schülerlabor physik.begreifen | Netzwerk Teilchenwelt

carolin.schwerdt@desy.de

Telefon: +49 33762 7-7264

Philipp Lindenau

Technische Universität Dresden | Netzwerk Teilchenwelt

philipp.lindenau@tu-dresden.de

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

DESY.

