

# Cosmic@Web

## Eine Online-Lernplattform zur Astroteilchenphysik



Kristof Schmieden, Niklas Herff

Forschung trifft Schule - Lehrpersonenfortbildung Teilchenphysik – Bad Honnef

13.-14.04.2023



# Aufgabe 1

## Begriffssammlung

Was fällt Euch zum Wort „**Astroteilchenphysik**“ ein? Welche **Begriffe** oder **Phänomene** verbinden Ihr damit?

<https://www.menti.com/>

Code: 2463 5266



# 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.

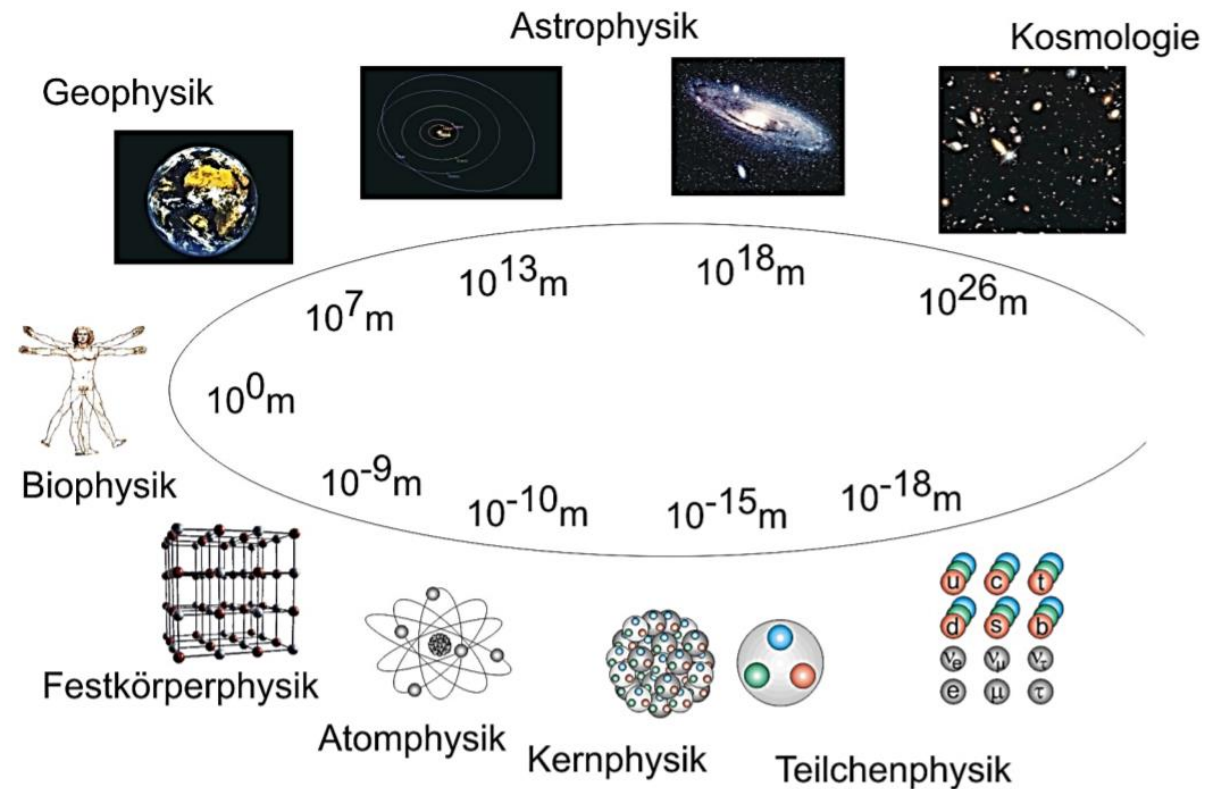
von Lars Fischer

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

# ASTROTEILCHENPHYSIK

# 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...

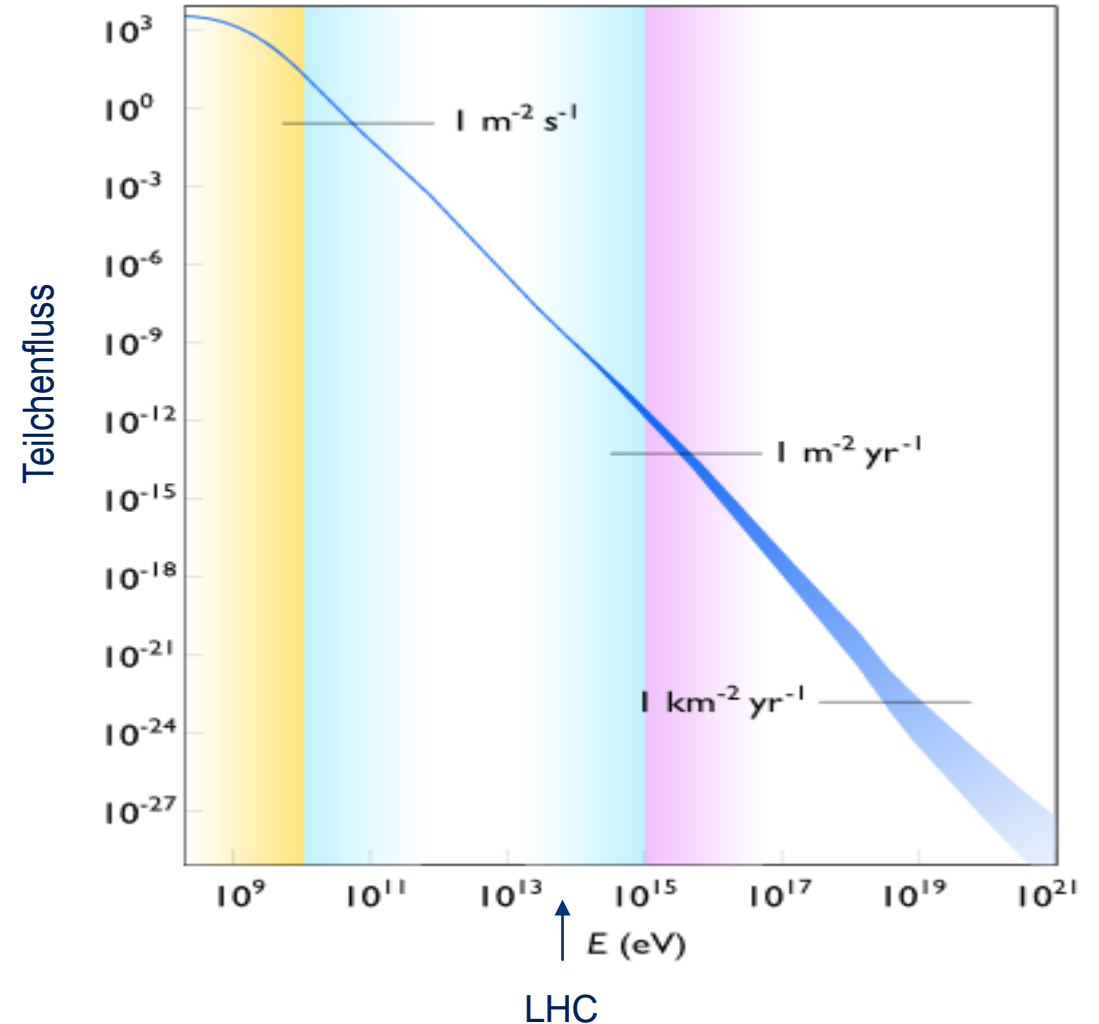
- Sonne (gelb)
- Milchstraße (blau)
- Extragalaktisch (pink)

- **Kollision** mit Atomkern der Atmosphäre,

es entstehen Teilchen:

- Pionen
- Kaonen
- Nukleonen

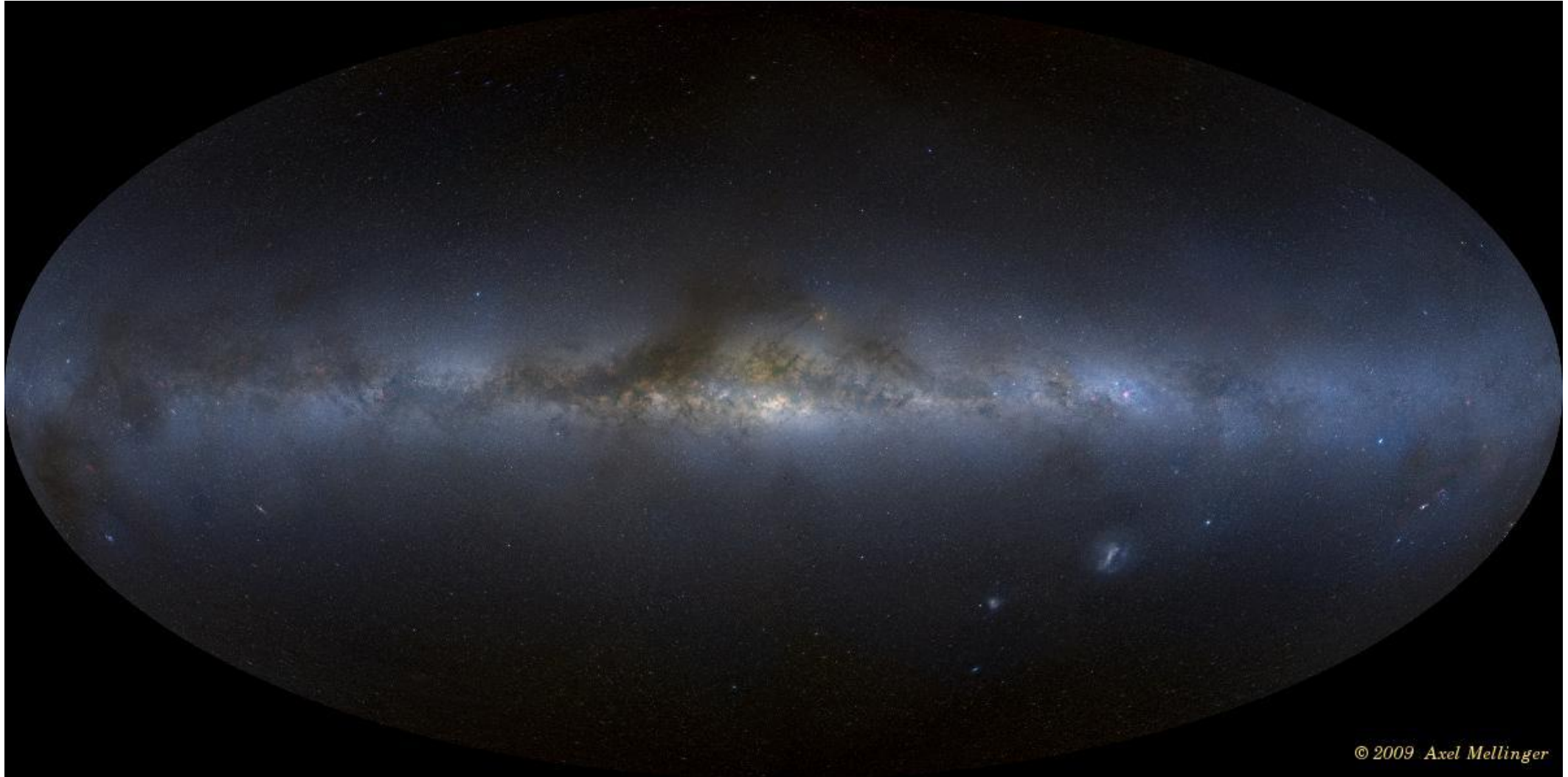
Energieverteilung von Kosmischer Strahlung



© Lutz Feld, RWTH

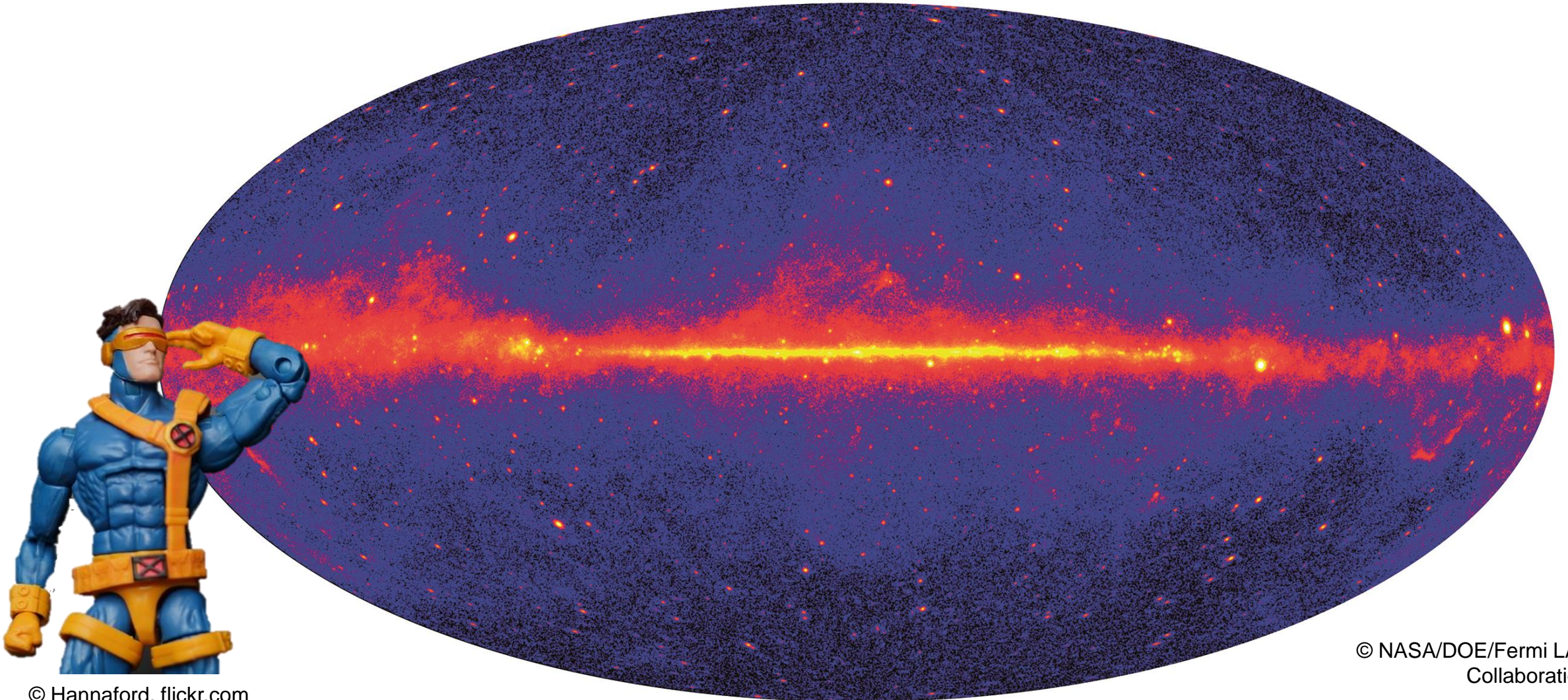
# Unser Universum

Foto des nächtlichen Himmels



# Unser Universum

Im Licht im Gammabereich (hochenergetische Photonen)



© Hannaford, flickr.com

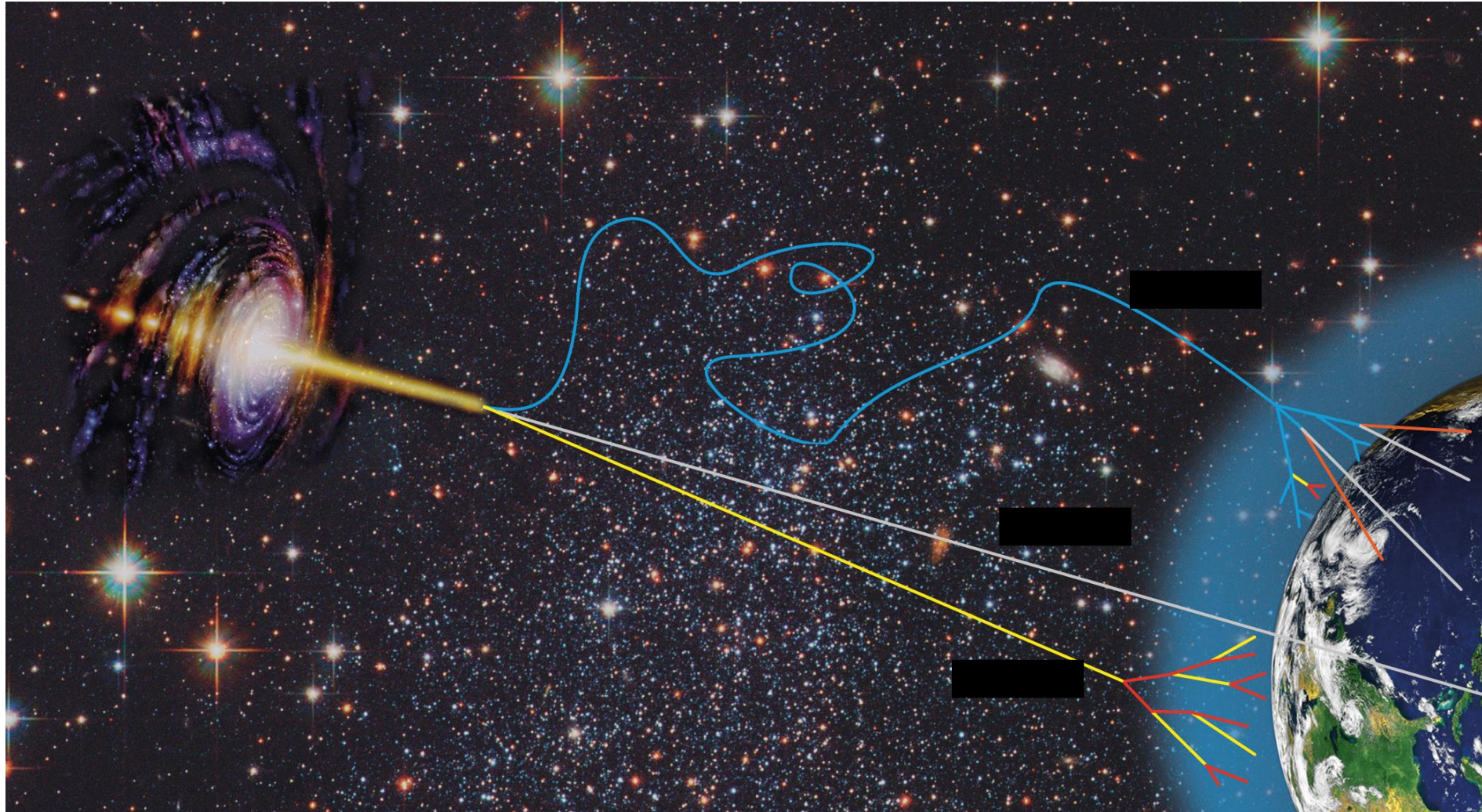
© NASA/DOE/Fermi LAT  
Collaboration



# ASTROTEILCHENPHYSIK

# Astroteilchenphysik

Kosmische Boten helfen die Objekte im Universum zu erforschen



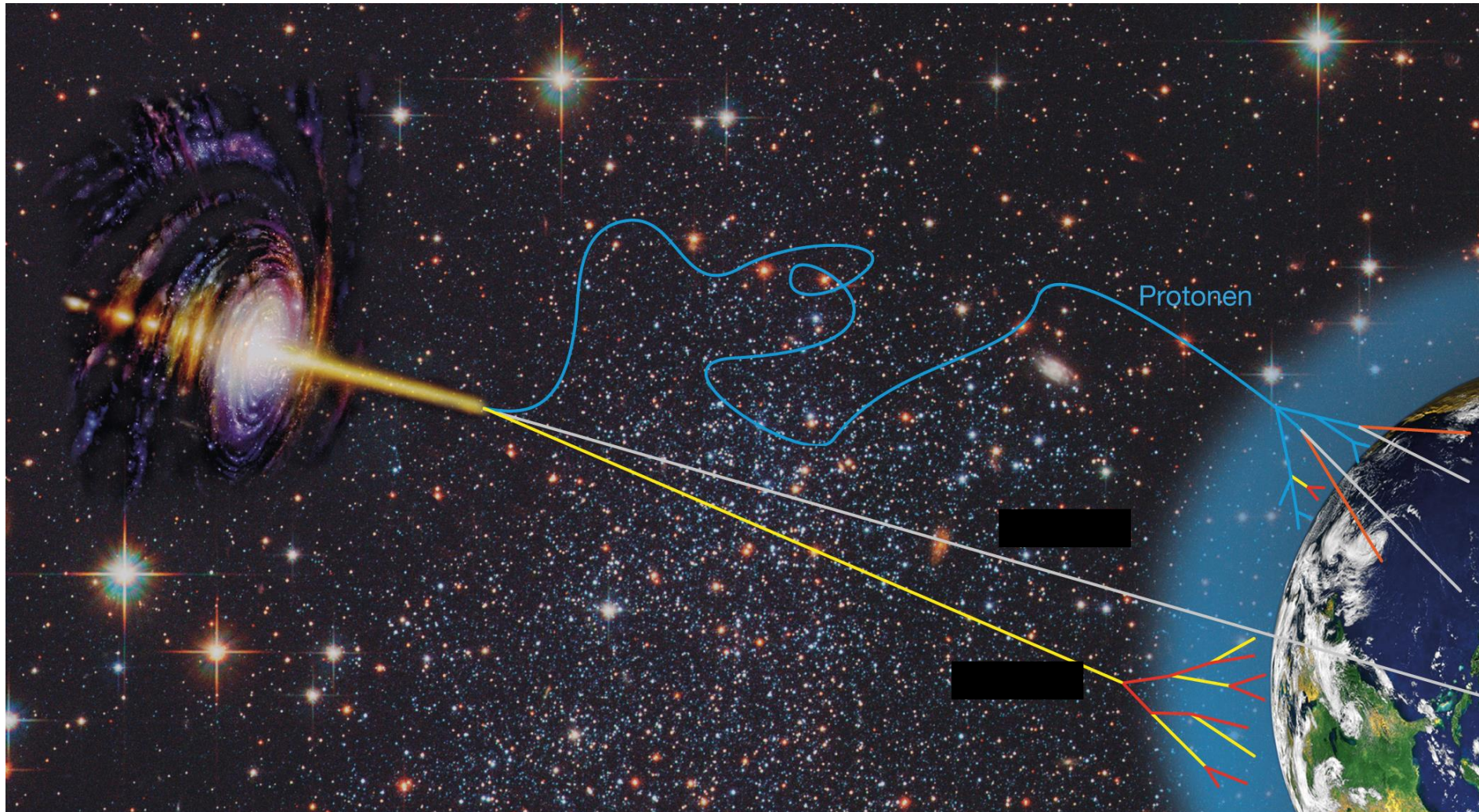
## Quiz

Welches Teilchen passt zu welcher Linie?

- Proton
- Up-Quark
- Photon
- Neutrino

# Astroteilchenphysik

Kosmische Boten helfen die Objekte im Universum zu erforschen



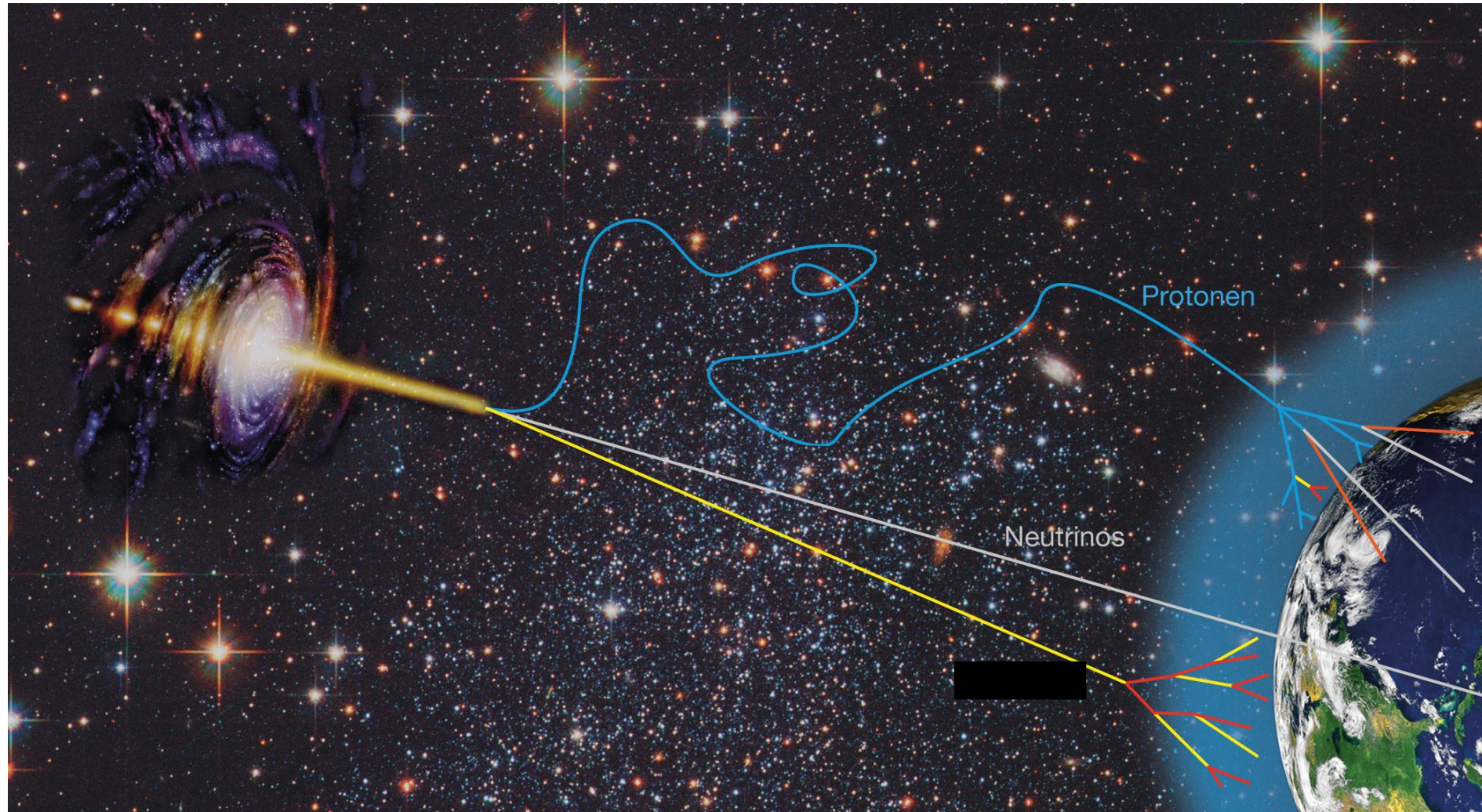
## Quiz

Welches Teilchen passt zu welcher Linie?

- ~~Proton~~
- Up-Quark
- Photon
- Neutrino

# Astroteilchenphysik

Kosmische Boten helfen die Objekte im Universum zu erforschen



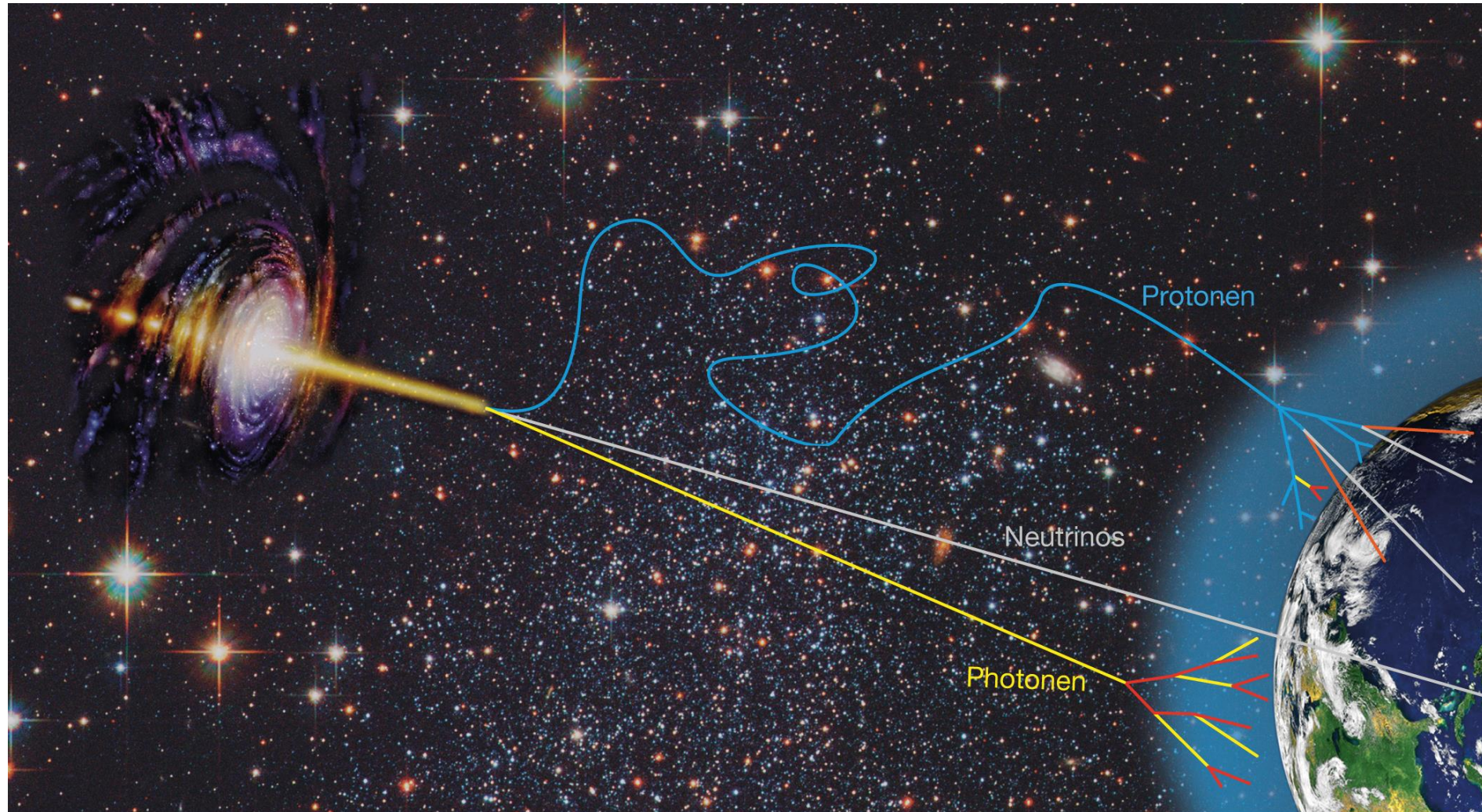
## Quiz

Welches Teilchen passt zu welcher Linie?

- ~~Proton~~
- Up-Quark
- Photon
- ~~Neutrino~~

# Astroteilchenphysik

Kosmische Boten helfen die Objekte im Universum zu erforschen



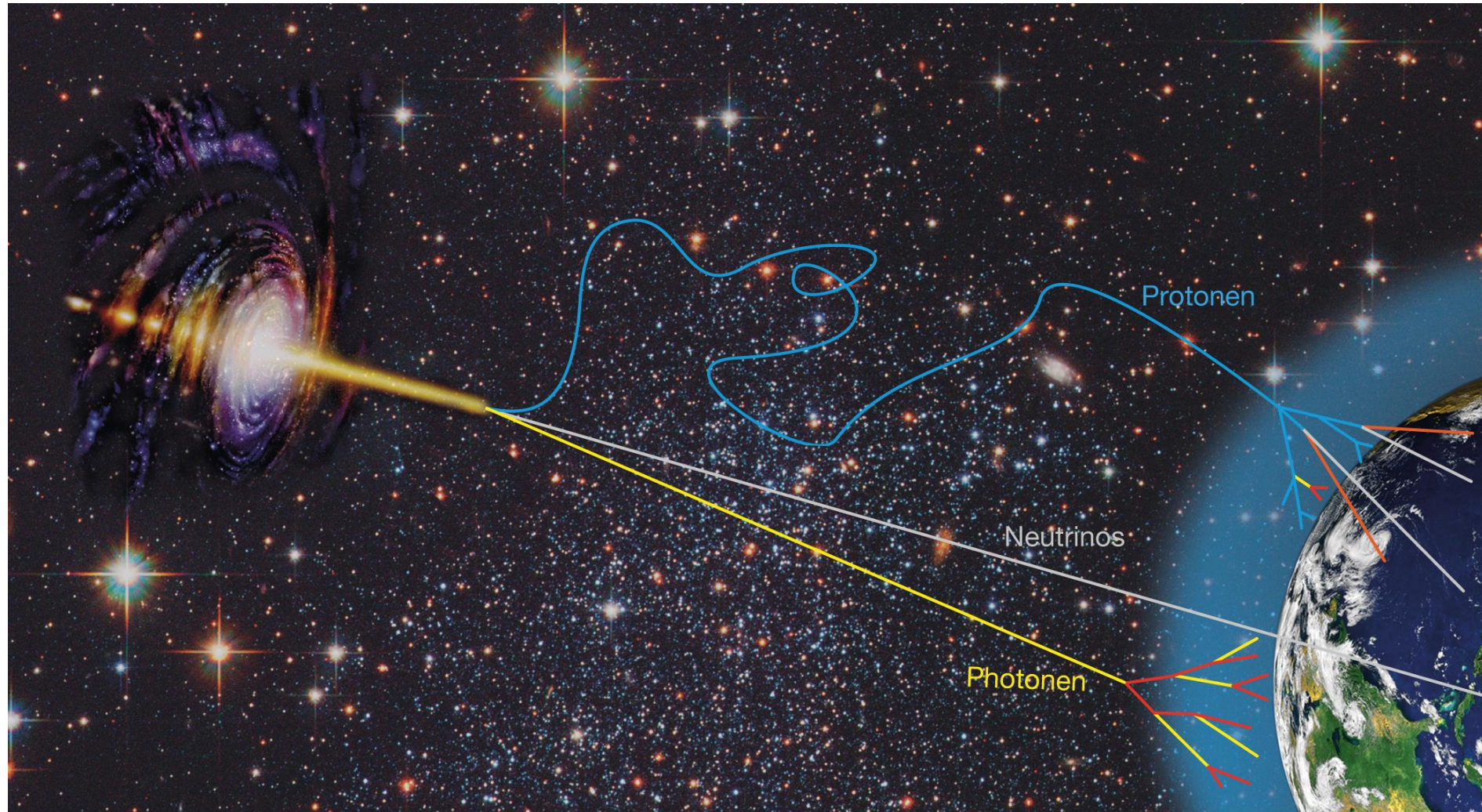
## Quiz

Welches Teilchen passt zu welcher Linie?

- ~~Proton~~
- Up-Quark
- ~~Photon~~
- ~~Neutrino~~

# Astroteilchenphysik

Kosmische Boten helfen die Objekte im Universum zu erforschen

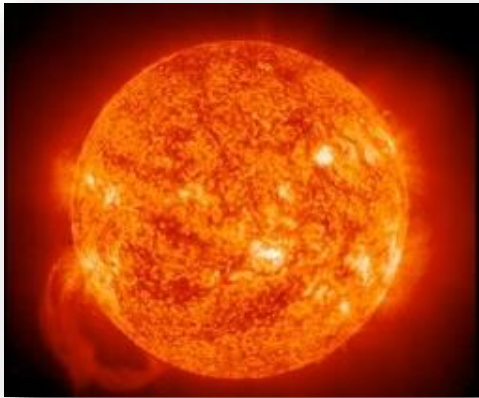


Quarks bewegen sich niemals einzeln durch das Universum sondern immer mit anderen Quarks als zusammengesetzte Teilchen (Confinement)

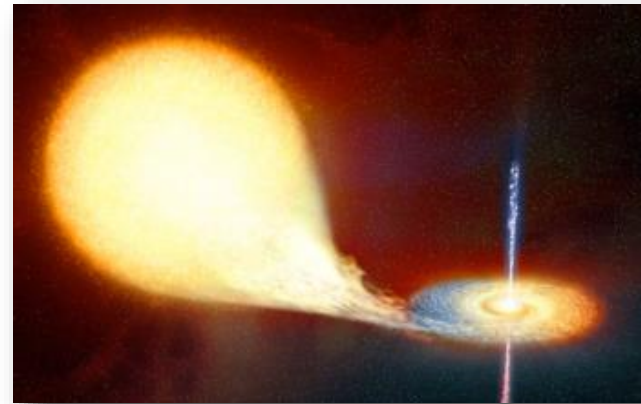
# (Mögliche) Quellen von Kosmischen Teilchen

## Galaktische Quellen und extragalaktische Quellen

Sonne



Doppelsternsysteme  
(künstlerische Darstellung)



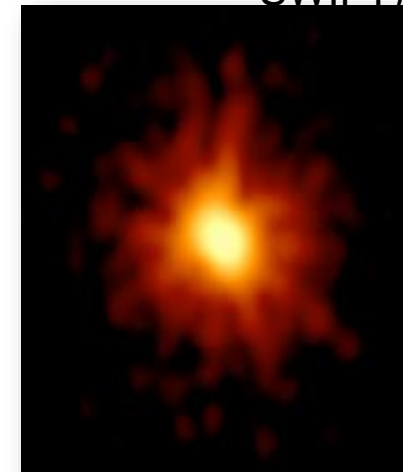
Supernovaüberreste  
(SN1006, optisch, Radio, Röntgen)



Aktive Galaxienkerne  
(künstlerische Darstellung)



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



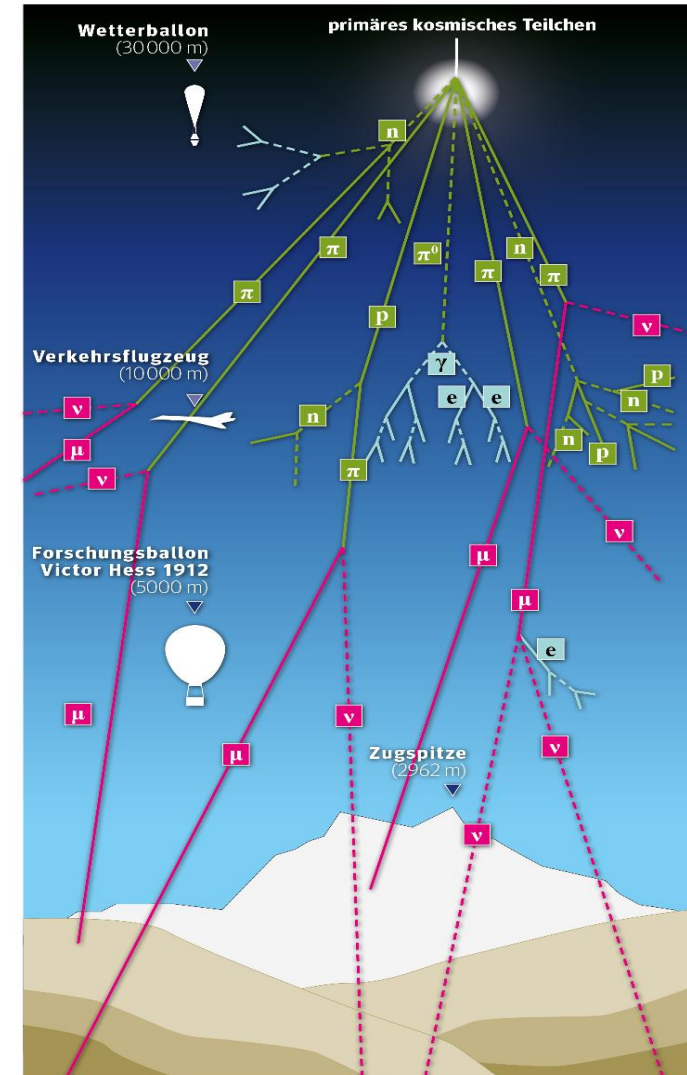
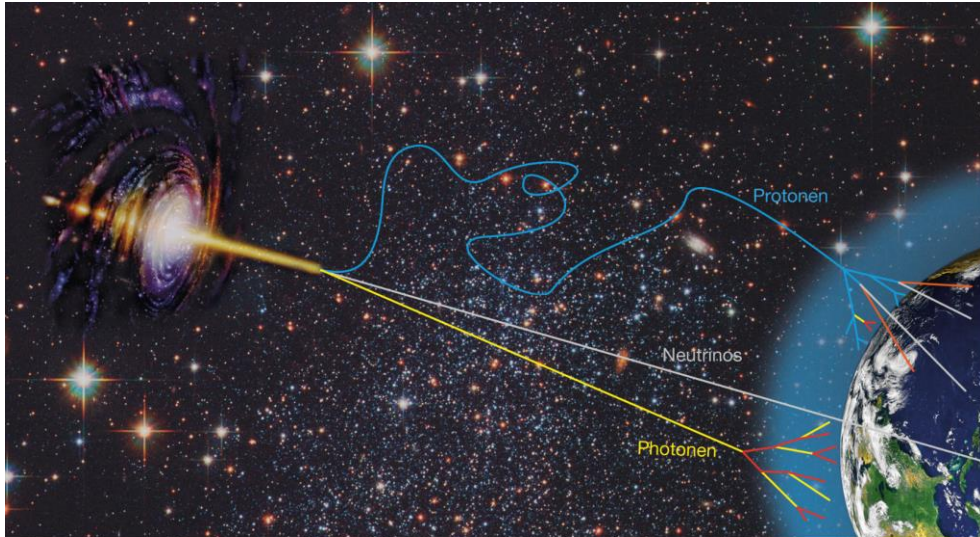
# KOSMISCHE TEILCHEN



# Kosmische Strahlung

## Entstehung von Teilchenschauern in der Atmosphäre

- aus Kollision von Proton mit Atomkern der Luft entstehen Pionen, Kaonen und Nukleonen
- diese wechselwirken weiter oder wandeln sich um und erreichen zu meist Myonen und Neutrinos die Erdoberfläche



Mehr zu Kosmischen Teilchen:

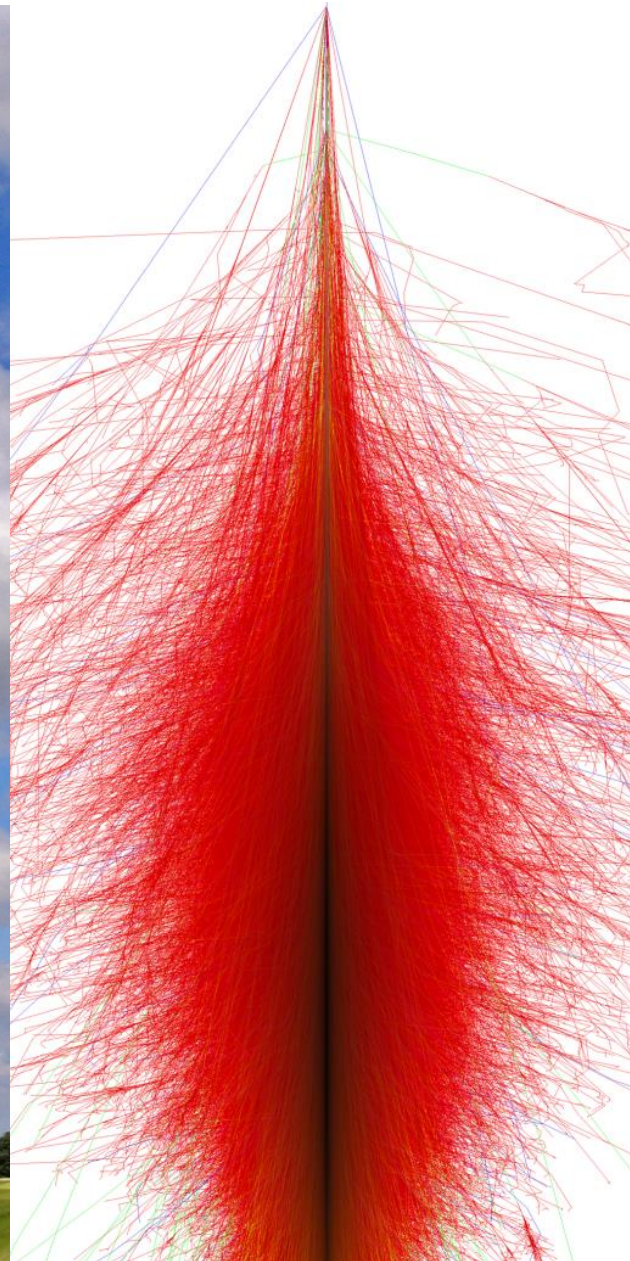
[https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/standort\\_zeuthen/kosmische\\_teilchen/grundlagen/einfuehrung](https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/standort_zeuthen/kosmische_teilchen/grundlagen/einfuehrung)

# Sekundäre kosmische Strahlung

ca. 1000  
hochenergetische Teilchen pro  
Sekunde und Meter<sup>2</sup> erreichen  
äußere Erdatmosphäre

ca. 1 Teilchen pro Minute  
und Zentimeter<sup>2</sup> erreicht  
Erdboden

Proton

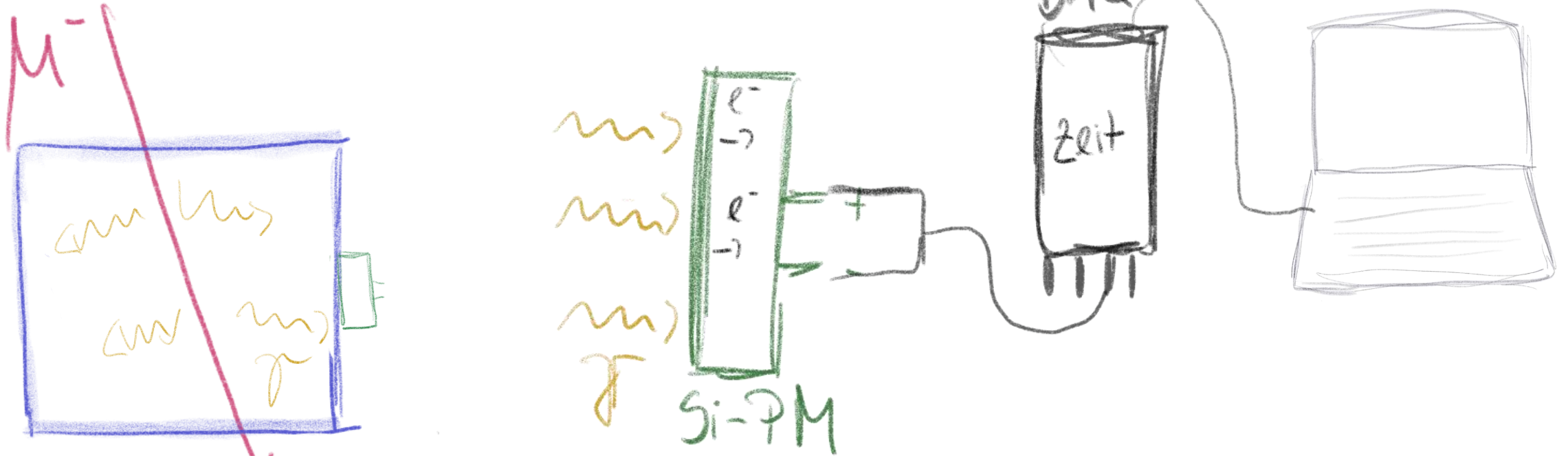


bis zu  $10^{11}$  Sekundärteilchen  
je Primärteilchen entstehen  
in Atmosphäre

# 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/](https://www.teilchenwelt.de/angebote/astroteilchen-experimente/)

# Messung von kosmischer Strahlung

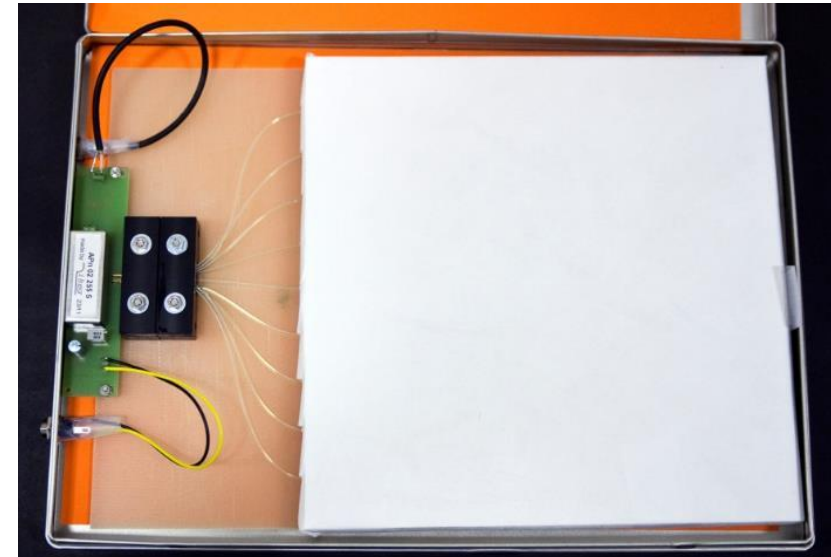
## Grundsätzlicher Aufbau eines Astroteilchen-Experimentes

Anknüpfungspunkte Schulunterricht:

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



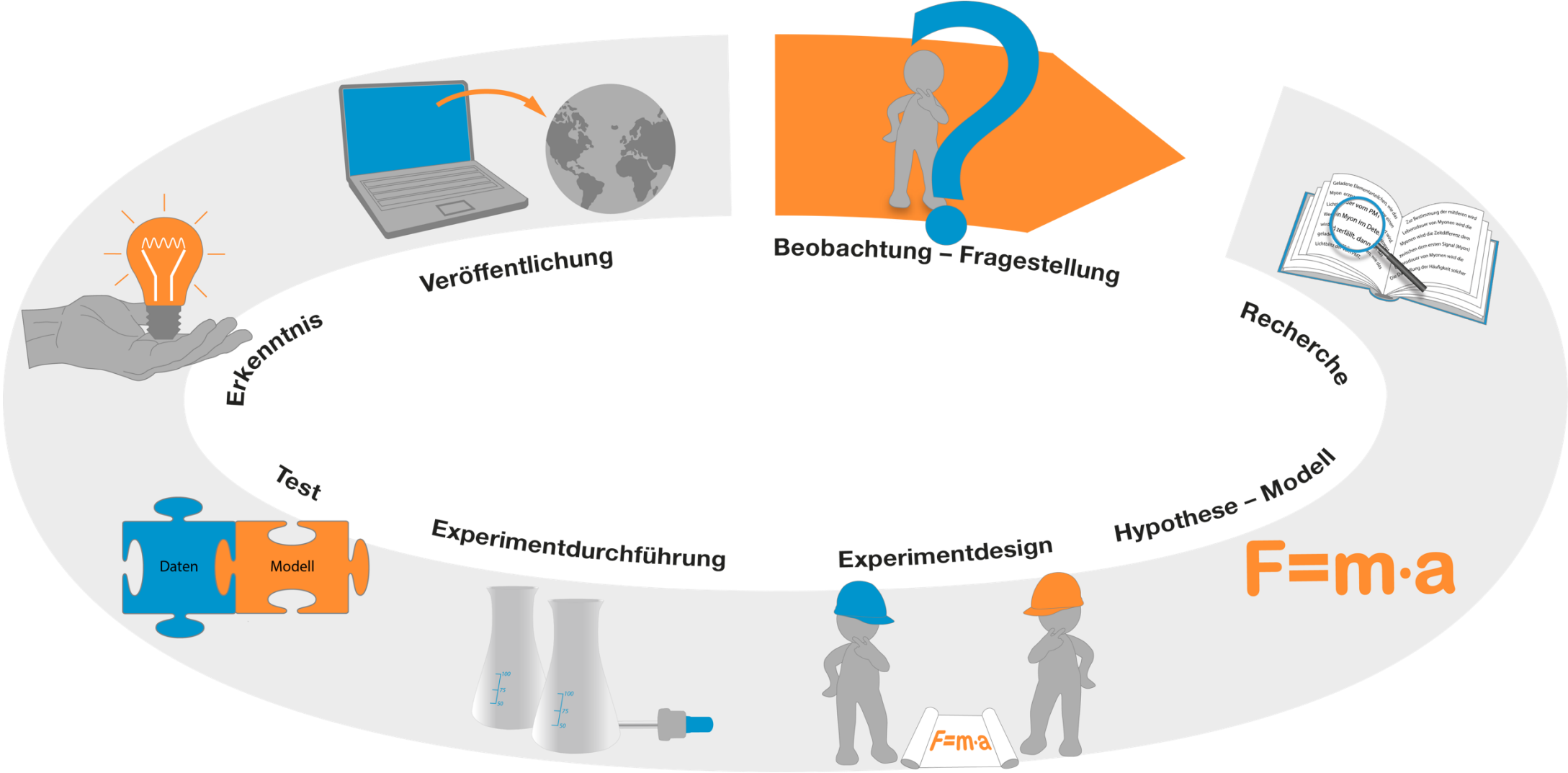
CosMO-Detektor von außen und innen



# WIE ARBEITEN WISSENSCHAFTLER:INNEN?

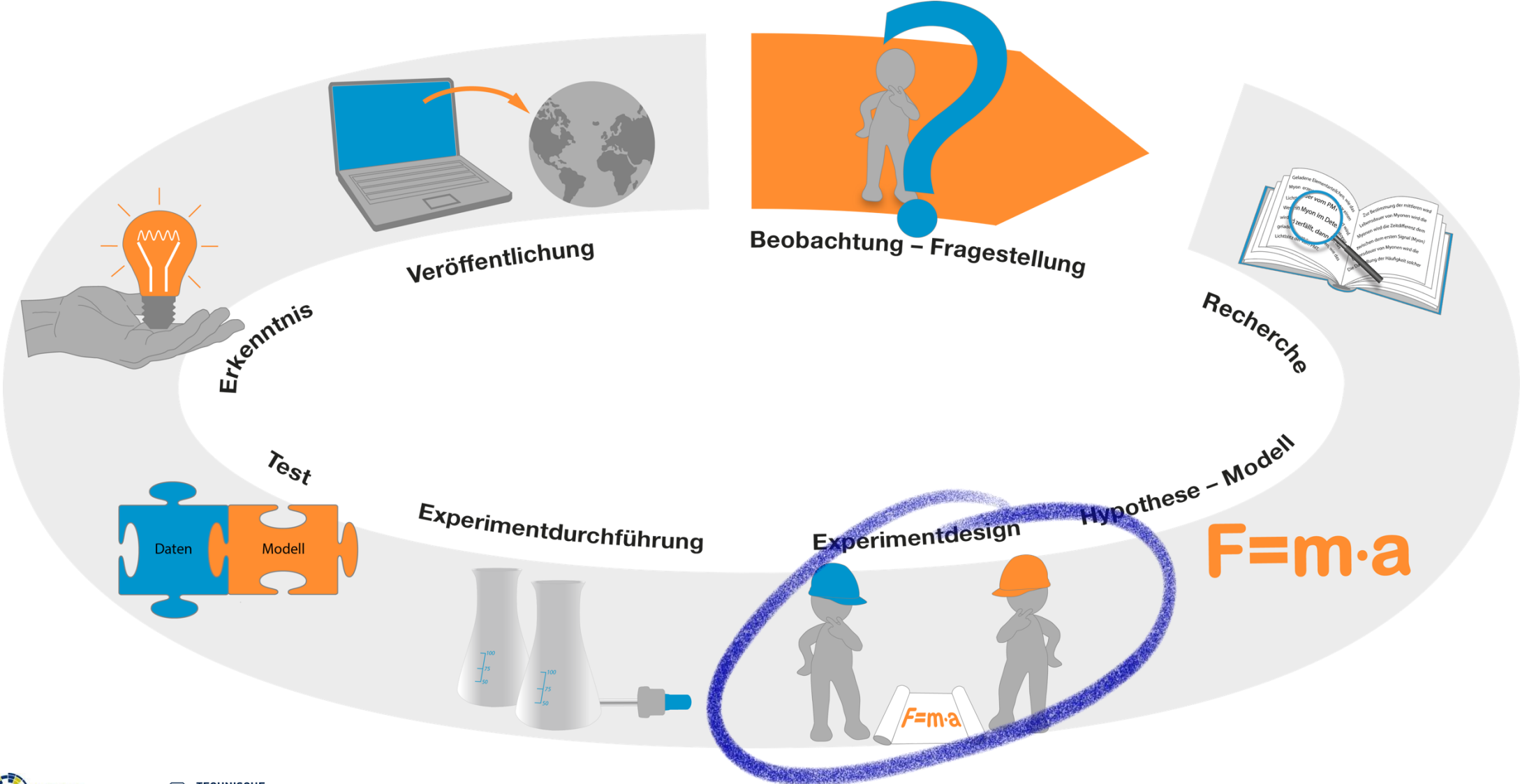
# Wissenschaftliche Methodik

## Kreislauf der Erkenntnis



# Wissenschaftliche Methodik

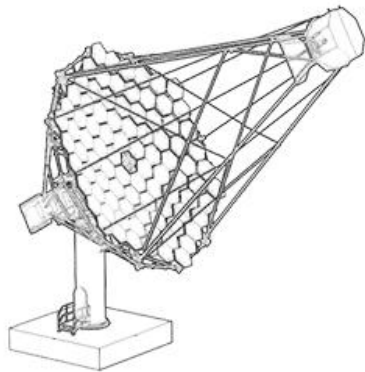
## Kreislauf der Erkenntnis







# INSTRUMENTE



# Die Erforschung des Unbekannten

## Weltweit verteilte Experimente

Pierre Auger Observatorium (Argentinien)



CTA – Cherenkov Teleskop Array (Chile, 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

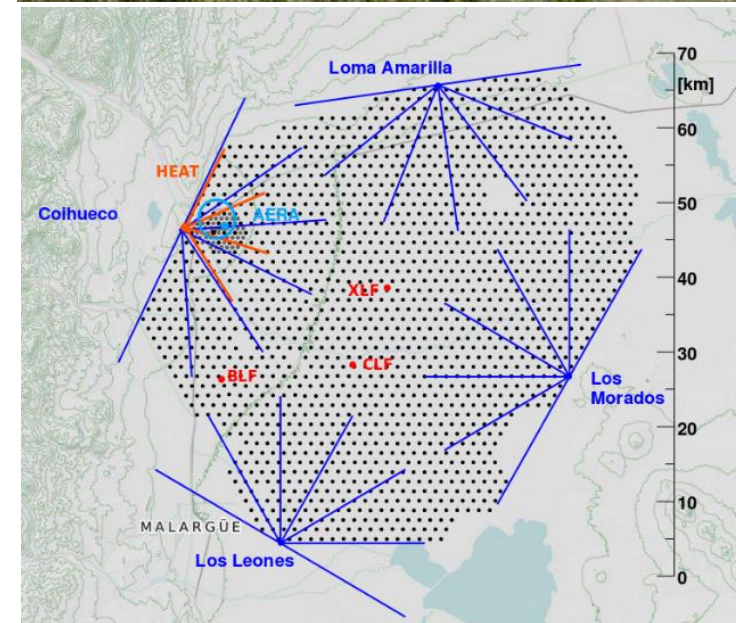
Und noch mehr weltweit verteilte Arbeitsplätze



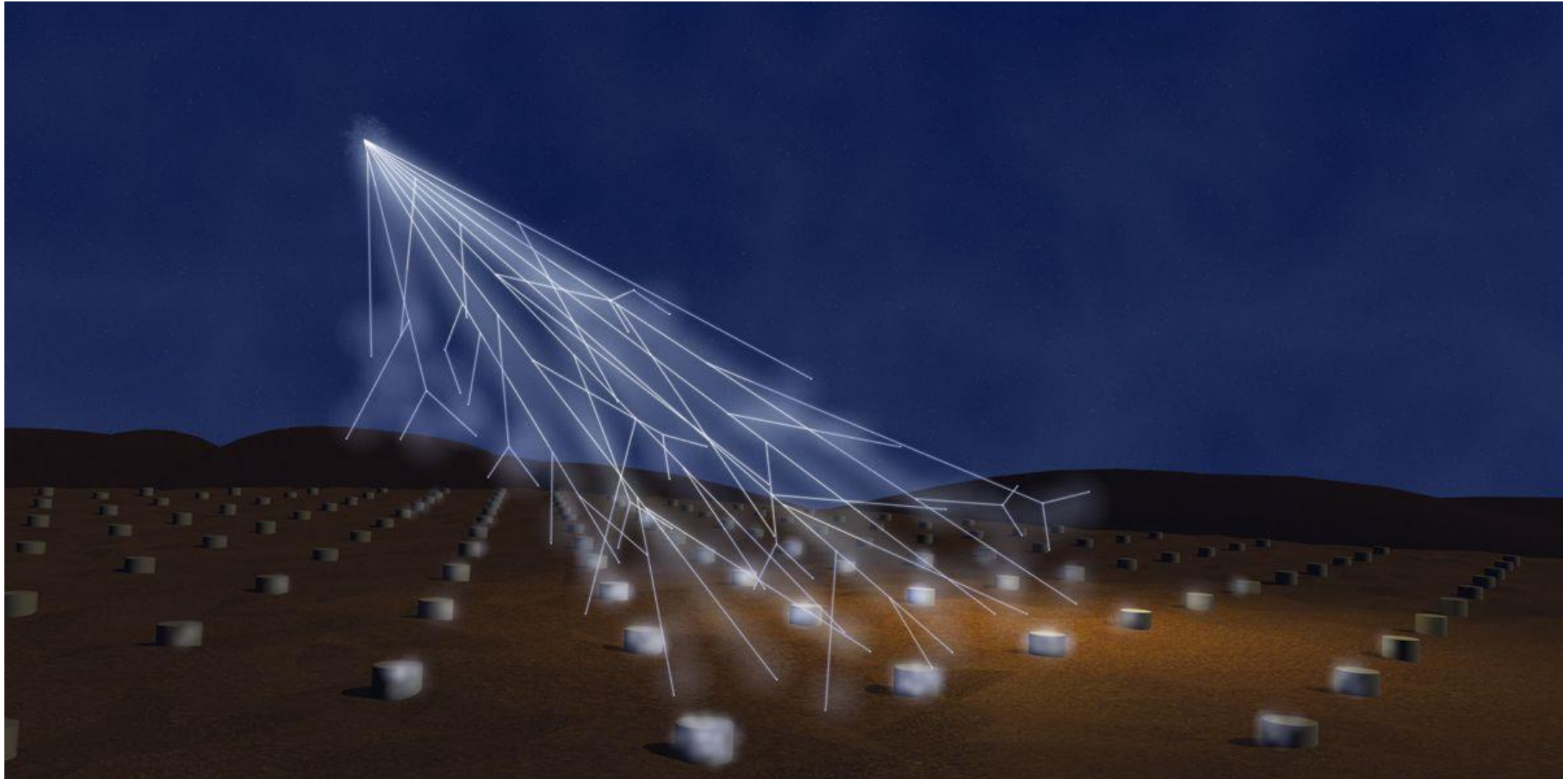
# BEEINDRUCKENDE EXPERIMENTE

# 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: Argentinien, Pampa
- (Indirekte) Messung von Protonen mit Energien von  $10^{17}$  eV bis  $10^{20}$  eV



# Pierre Auger Observatorium





# IceCube

## Neutrinos Messen am Südpol

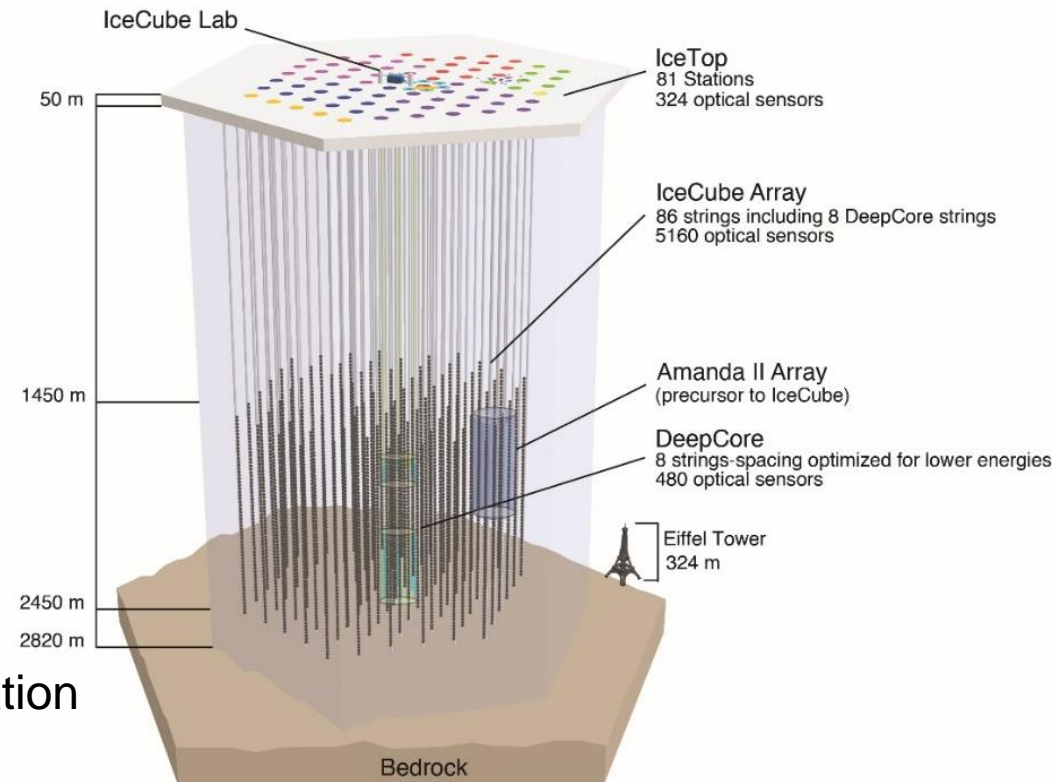
- Versuchsanlage besteht aus
  - insgesamt 5160 Sensoren
  - An 86 Kabelsträngen
  - In 1450 -2450 Metern tiefe

► Volumen: 1 km<sup>3</sup>

► Lage: Amundsen-Scott-Südpolstation

► Messung von Neutrinos

- 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 km<sup>3</sup>
- ▶ Lage: Amundsen-Scott-Südpolstatio
- ▶ Messung von Neutrinos
  - mit Energien von:  
10<sup>12</sup> eV bis 10<sup>14</sup> eV

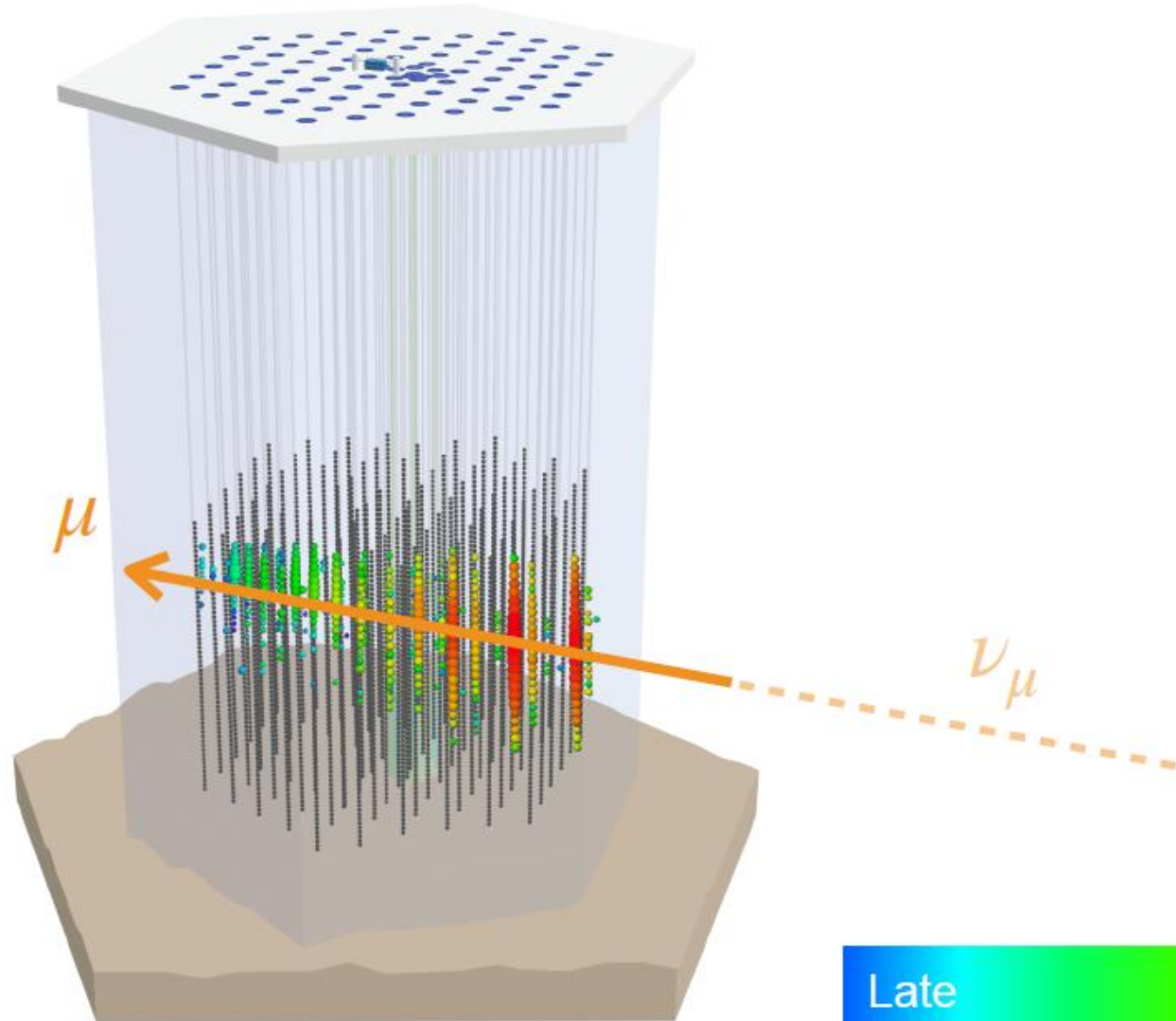
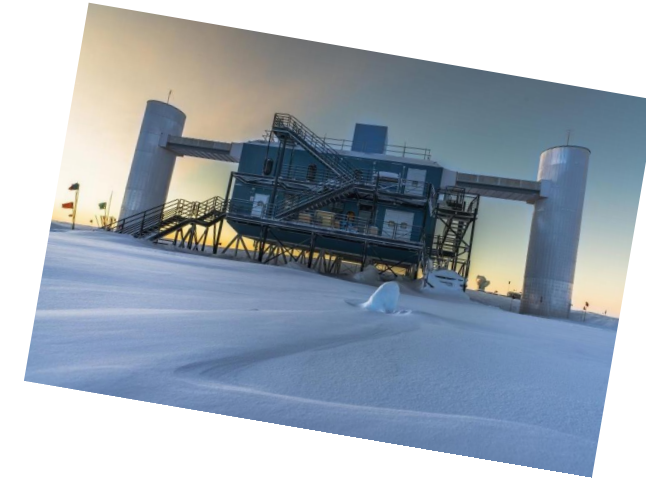
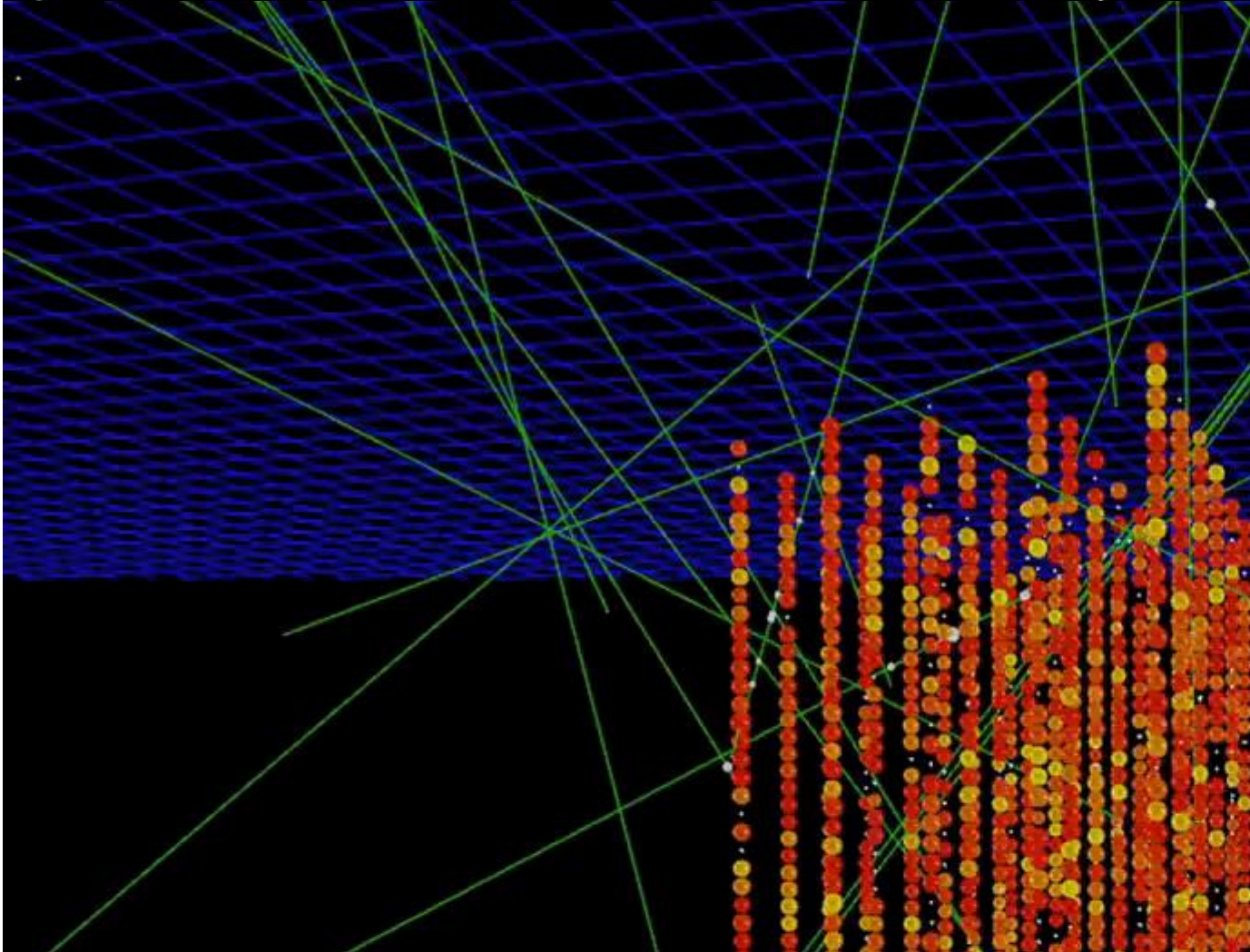


Abb.: Cristina Lagunas Gualda,  
<https://arxiv.org/abs/1612.05093>

# IceCube

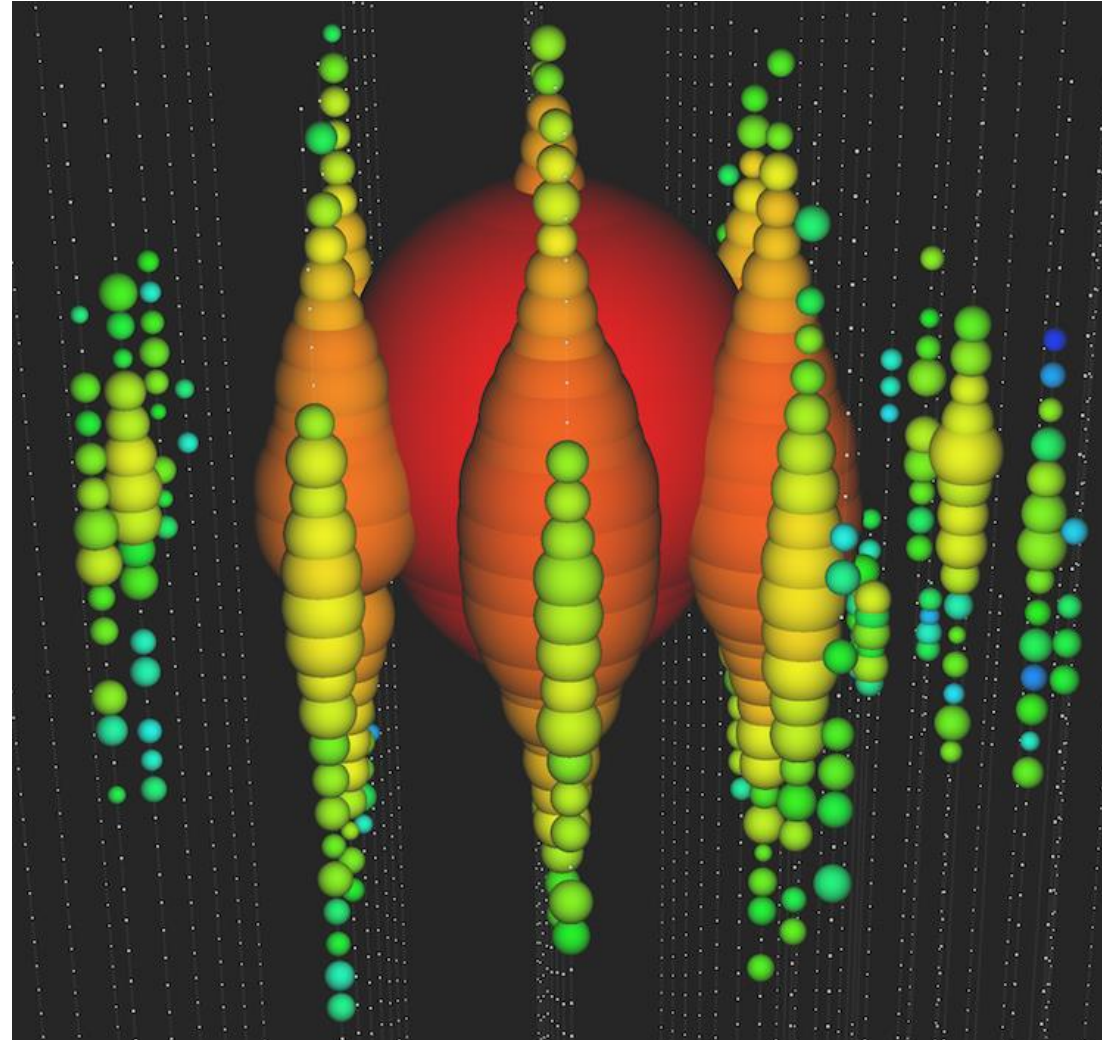
0.01 Sekunden Daten (Ungefiltert)



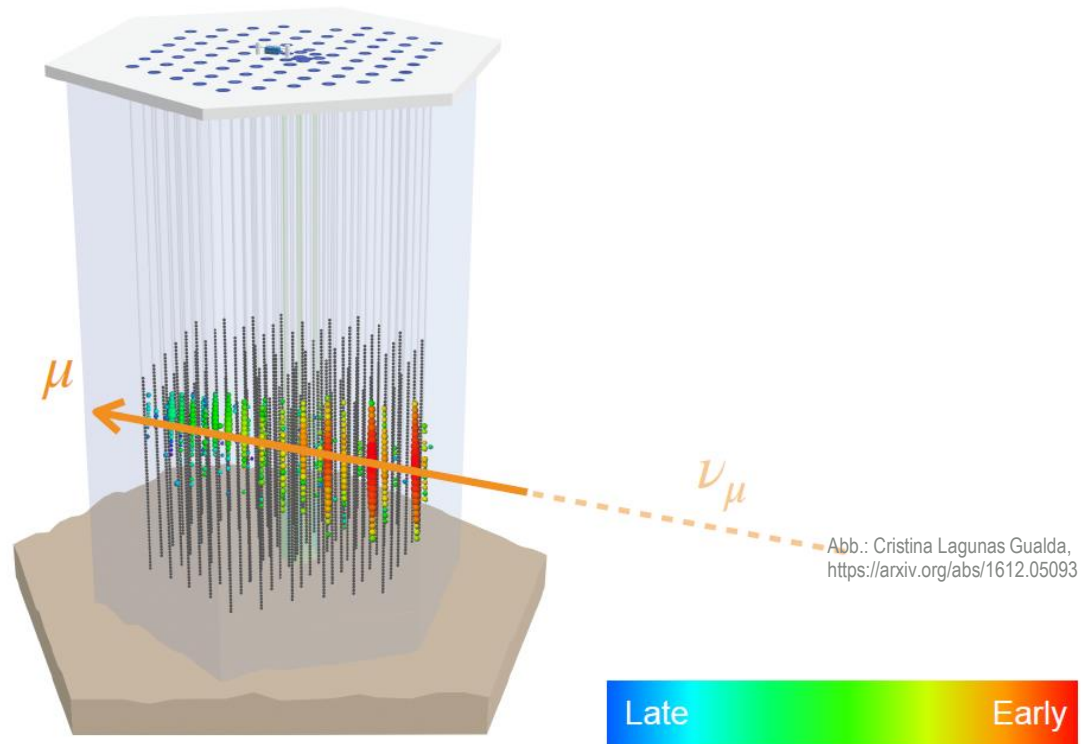
MEHR ZU ICECUBE:  
[HTTPS://ICECUBE.WISC.EDU](https://icecube.wisc.edu)

# IceCube

## Ein Ereignis

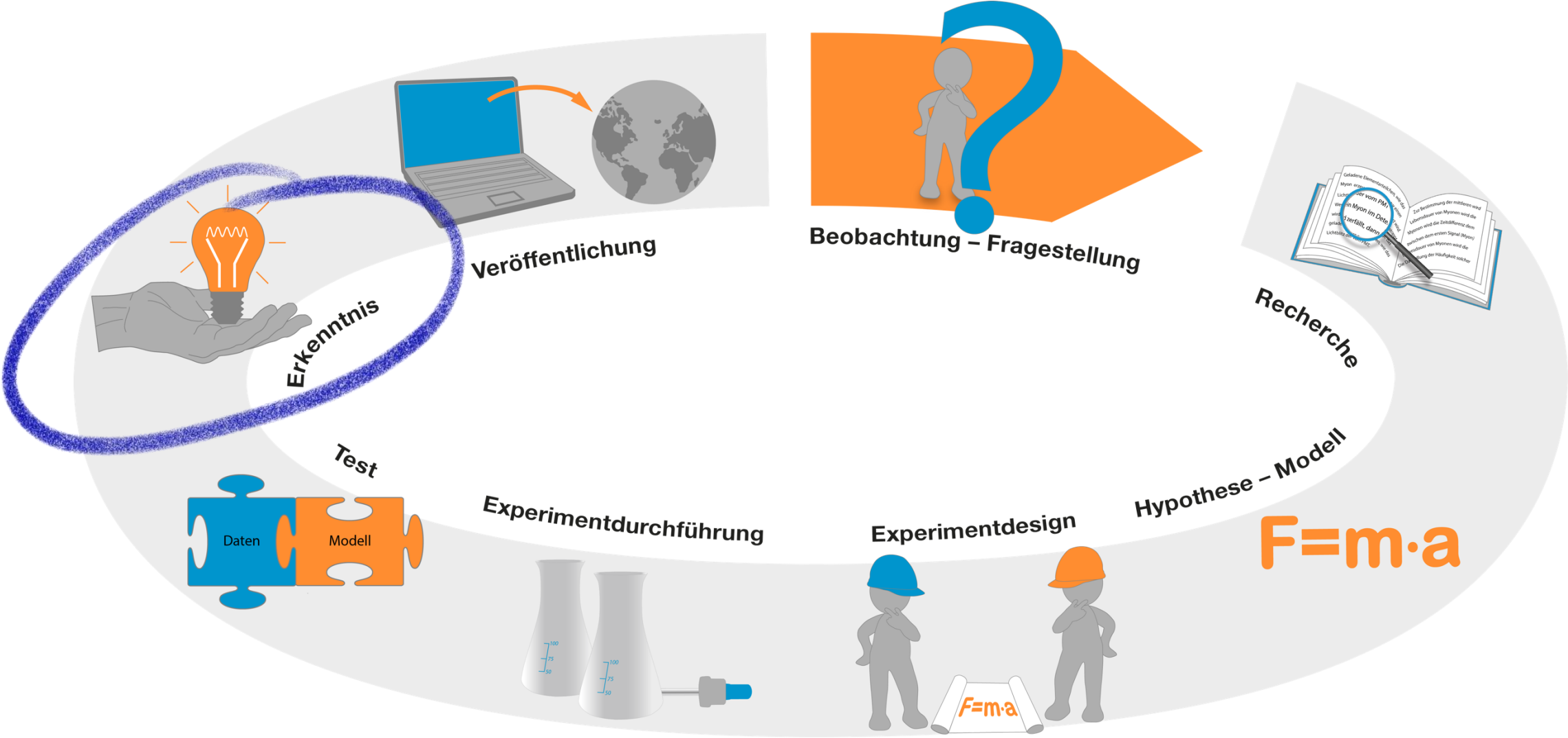


# IceCube



# Wissenschaftlich arbeiten

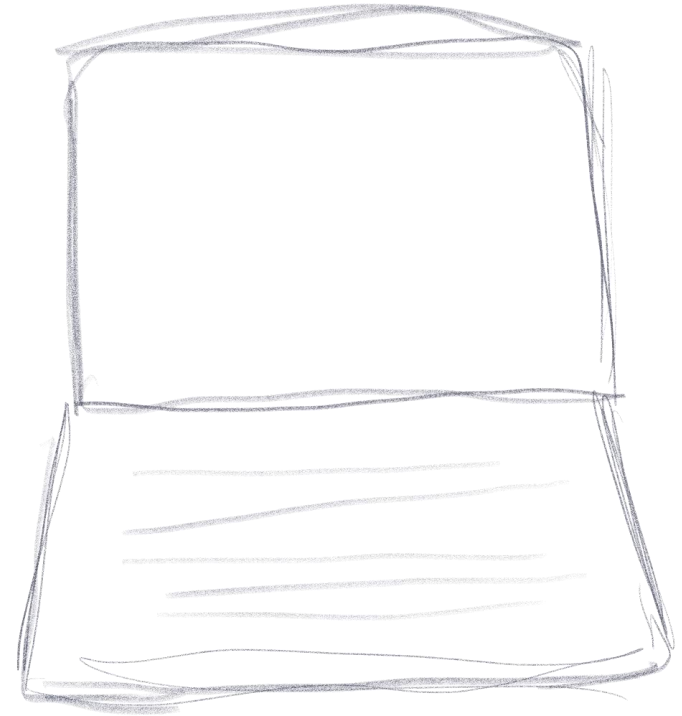
Von der Fragestellung zur Veröffentlichung



# 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



# Anknüpfungspunkte an Curriculumsinhalte

✓ „Myonenerfall“

Mögliches **Realexperimente**: **CosMO**-Detektoren und **Kamiokannen** von Netzwerk Teilchenwelt

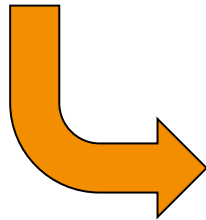
- zur Ausleihe nach vorheriger Fortbildung
- geeignet für kleinere Gruppen in allen Programmstufen
- verschiedene Messungen  
(Winkel, Lebensdauer, Abschirmung)



# 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.**



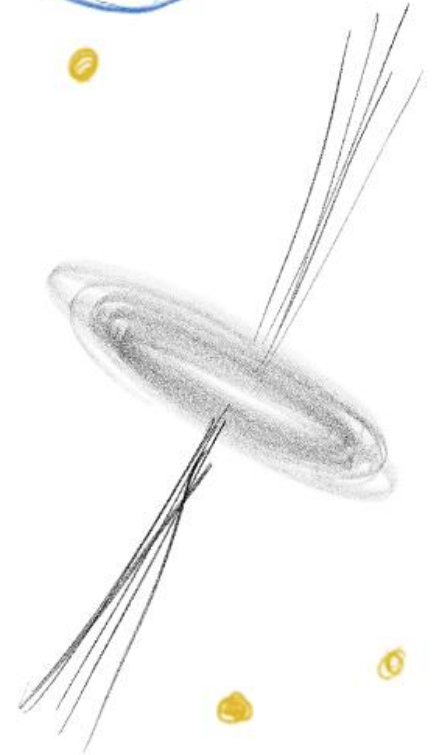
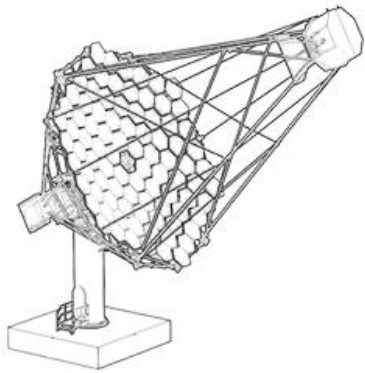
# Aktualität und Interesse

## Multimessenger-Astronomie

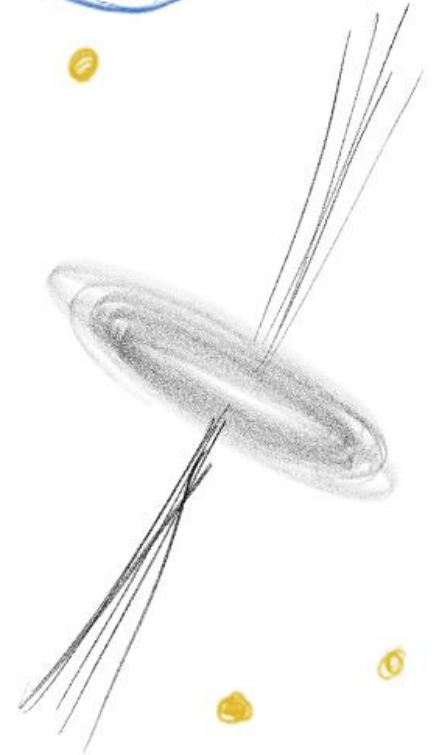
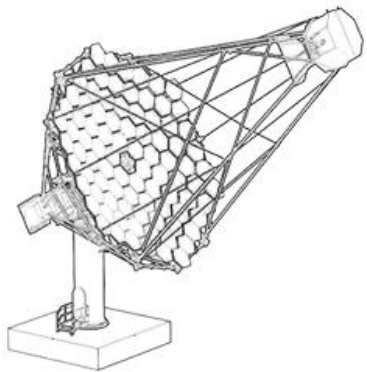
- Interesse von Jugendlichen an astrophysikalischen Themen und offenen Fragen ist hoch.  
(z. B. ROSE-Studie, siehe auch Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant. *Plus Lucis*, 3(2007), 2-8.)

**→ Astroteilchenphysikalische Forschung ist also ein guter Kontext für den Schulunterricht**

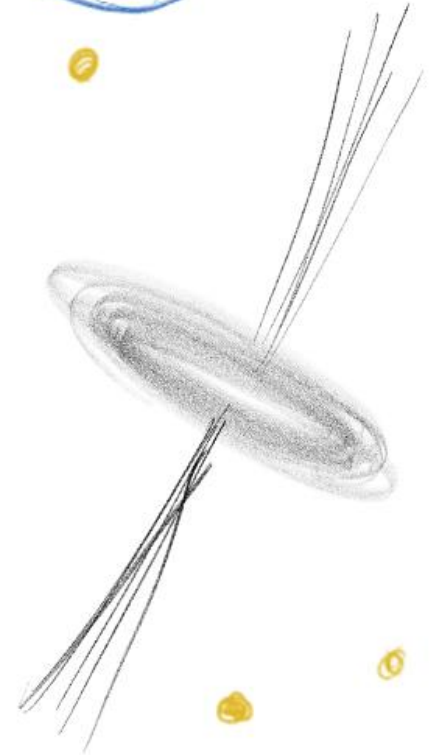
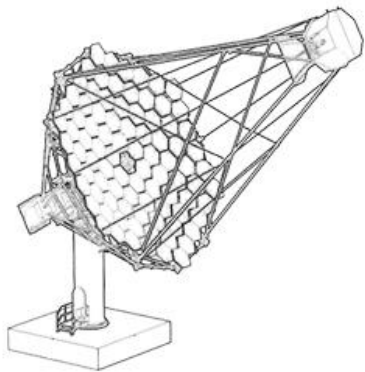
# Cosmic@Web - Tools zur Online-Analyse



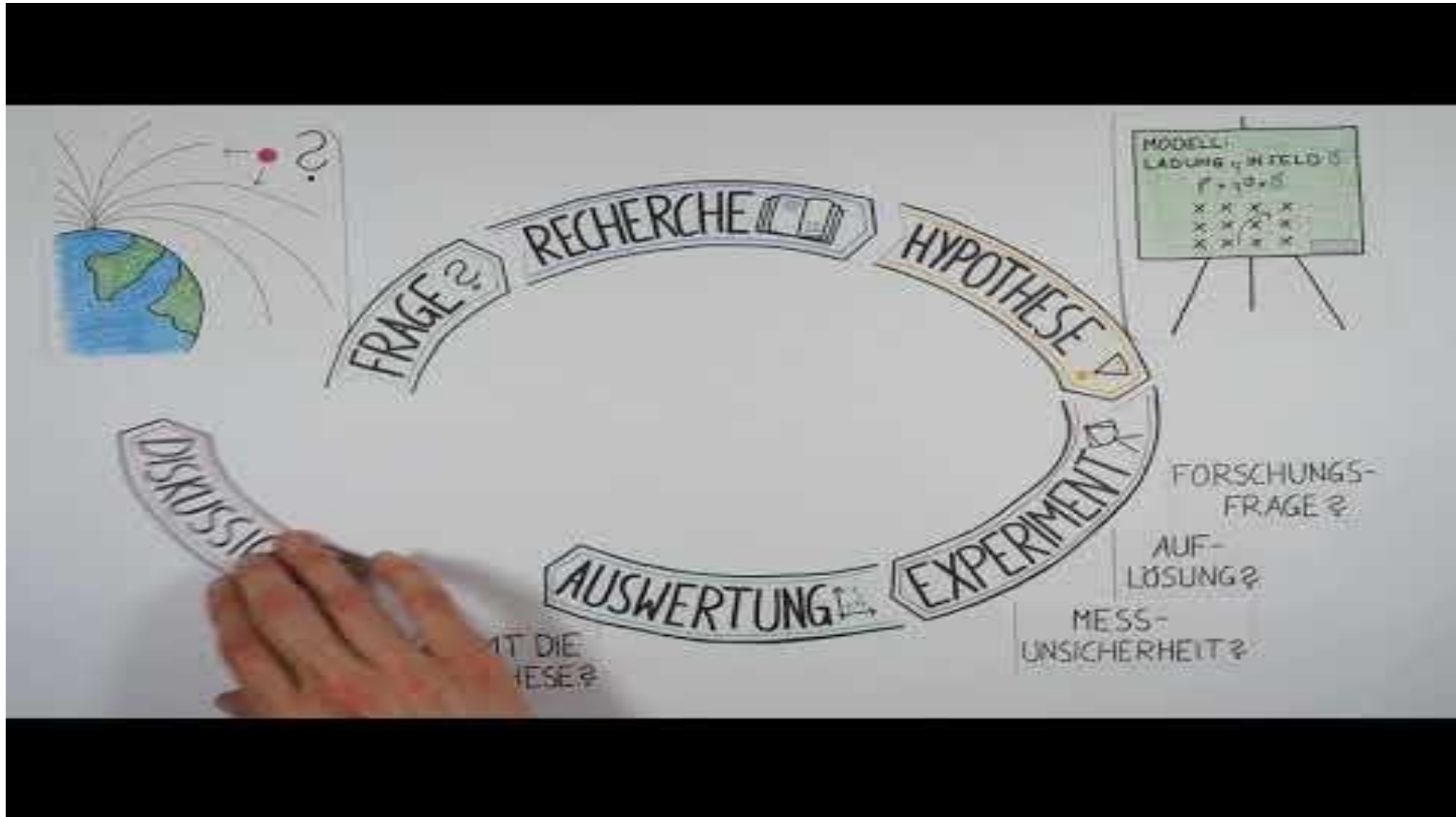
OHNE PROGRAMMIERKENNTNISSE UND  
TROTZDEM MIT  
DEN MEISTEN ESSENZIELLEN  
MÖGLICHKEITEN ZUR DATENANALYSE



ABER AUCH PROGRAMMIER-  
BEGEISTERTE SCHÜLER:INNEN  
KOMMEN AUF IHRE KOSTEN, Z. B. BEI  
DER WEITERENTWICKLUNG VON  
COSMIC@WEB

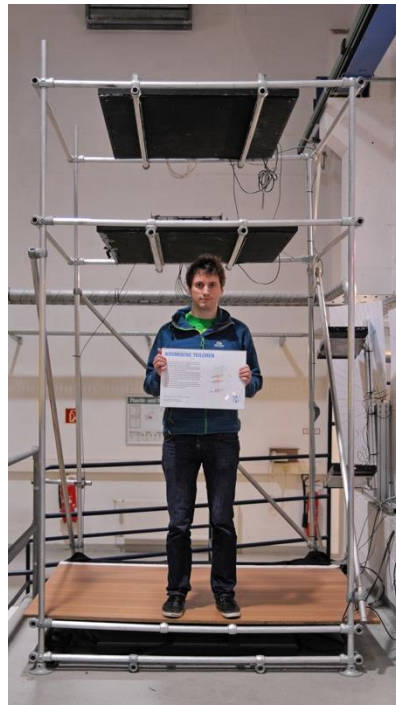


# Was ist Cosmic@Web?



# Cosmic@Web

## Kosmische Teilchen messen



Experimentelle Daten zur Untersuchung von kosmischen Teilchen, u. a.:

- Lebensdauer von Myonen
- Abhängigkeiten der Myonenrate von unterschiedlichen Faktoren



# 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/>

NATURWISSENSCHAFTEN

# TEILCHEN-PHYSIK

UNTERRICHTSMATERIAL AB KLASSE 10

Erstellt in Kooperation mit Netzwerk Teilchenwelt

## KOSMISCHE STRALUNG

JOACHIM HERZ STIFTUNG

## 2 INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

**2.1 INHALTLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE UND LEHRPLÄNE**

Das Material ist in der Reihe 'Teilchenphysik' enthalten, die in der 10. Klasse im Physikunterricht unterrichtet wird. Es ist ein Teil des Lehrplans für die 10. Klasse im Fach Physik.

**2.2 VORBEREITUNGSARBEITEN**

Die Schüler sollten sich mit den Grundlagen der Teilchenphysik auseinandersetzen, bevor sie das Material bearbeiten. Dies kann durch die Bearbeitung von Aufgaben und die Lektüre von Texten geschehen.

**2.3 LEHRPLÄNE**

Das Material ist in der Reihe 'Teilchenphysik' enthalten, die in der 10. Klasse im Physikunterricht unterrichtet wird. Es ist ein Teil des Lehrplans für die 10. Klasse im Fach Physik.

## 3.3 WOHIN KOMMEN DIE MYONEN?

Myonen sind Teilchen, die durch die Wechselwirkung von kosmischer Strahlung mit der Erdatmosphäre entstehen. Sie sind in der Lage, große Entfernungen zu durchqueren, bevor sie zerfallen.

**3.3.1 Bestimmung der Myonenlebensdauer**

Die Lebensdauer eines Myons ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt. Diese Lebensdauer ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt.

**3.3.2 Bestimmung der Myonenlebensdauer**

Die Lebensdauer eines Myons ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt. Diese Lebensdauer ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt.

## AUFGABEN

**1. EXPERIMENTELLE ERMITTLUNG DER MITTLEREN LEBENSDAUER**

Die Lebensdauer eines Myons ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt. Diese Lebensdauer ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt.

**2. BERECHNUNG DER LEBENSDAUER VON MYONEN**

Die Lebensdauer eines Myons ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt. Diese Lebensdauer ist durch die Zeitdauer bestimmt, die es zwischen seiner Entstehung und seinem Zerfall verbringt.

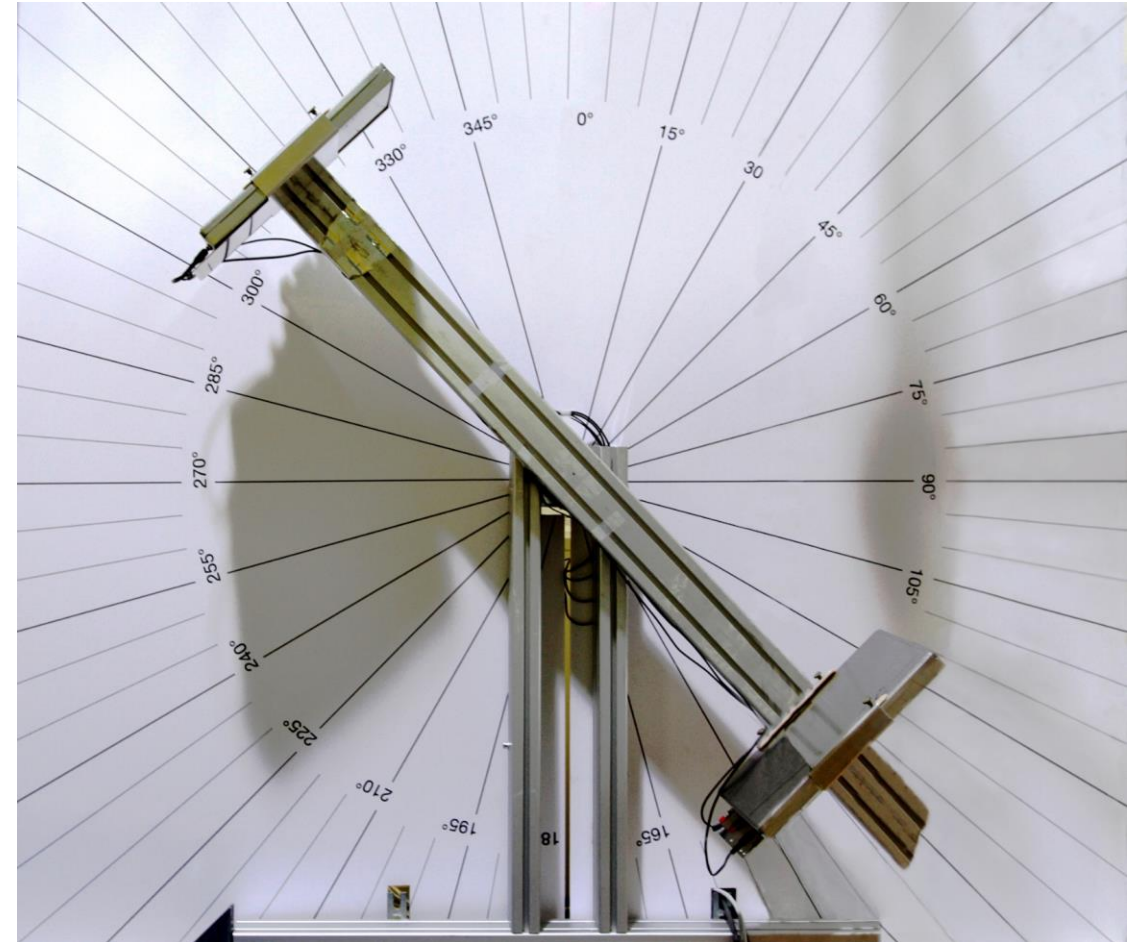
# Anknüpfungspunkte an Curriculumsinhalte

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“





# Anknüpfungspunkte an Curriculumsinhalte

- „Myonenzerfall“

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

Bezug zu:

- Spezielle Relativitätstheorie (Zeitdilatation)
- Zerfallsgesetz
- Regressionsanalyse



# Cosmic@Web

www.desy.de

(cosmicatweb.desy.de)

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



Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY  
Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

Suche:



[DESY HOME](#) | [FORSCHUNG](#) | [AKTUELLES](#) | [ÜBER DESY](#) | [KARRIERE](#) | [KONTAKT](#)



- 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

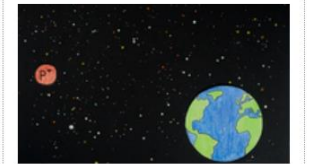

Home / Schülerlabore / Standort Zeuthen / Kosmische Teilchen / Cosmic@Web

## 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.

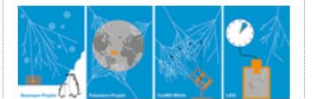
Sowohl in der Wissenschaft als auch an Schulen ist es nicht immer möglich, das Experiment, mit dem man forschen möchte, vor Ort zu haben. Vor allem Großexperimente in der Teilchen- und Astroteilchenphysik sind so komplex und teuer, dass sie jeweils nur einmal gebaut werden und dafür alle beteiligten 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 oder paarweise 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

## Tutorial

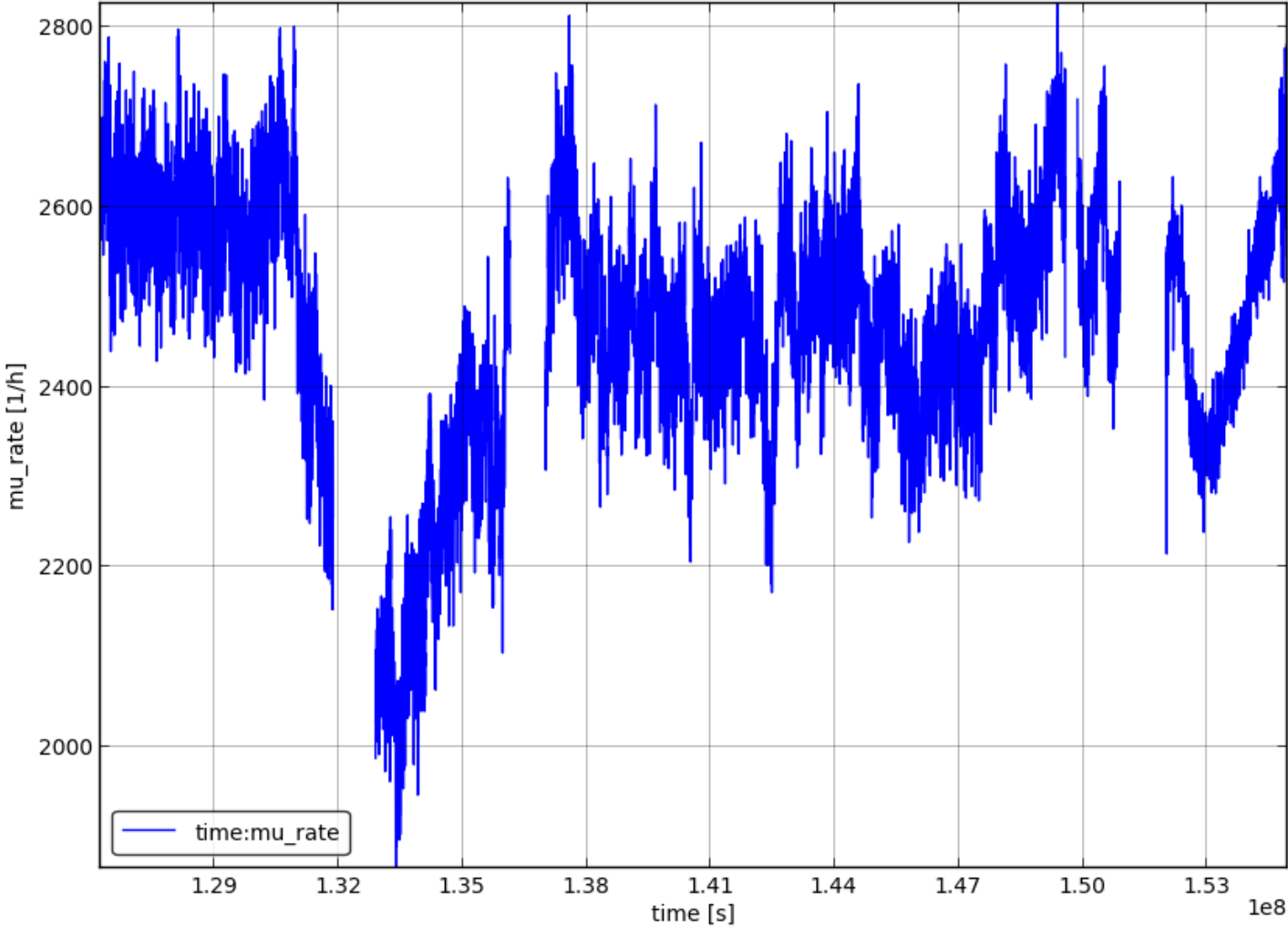
- Öffnet die Webseite **cosmicatweb.desy.de** mit **Mozilla Firefox** oder **Google Chrome**.
- Führt individuell das **Tutorial** aus.
- Diskutiert in **Partnerarbeit** darüber, was im Diagramm dargestellt ist und wie das Diagramm interpretiert werden kann.
- Notiert Fragen zur Darstellung.
- Zeit **15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



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

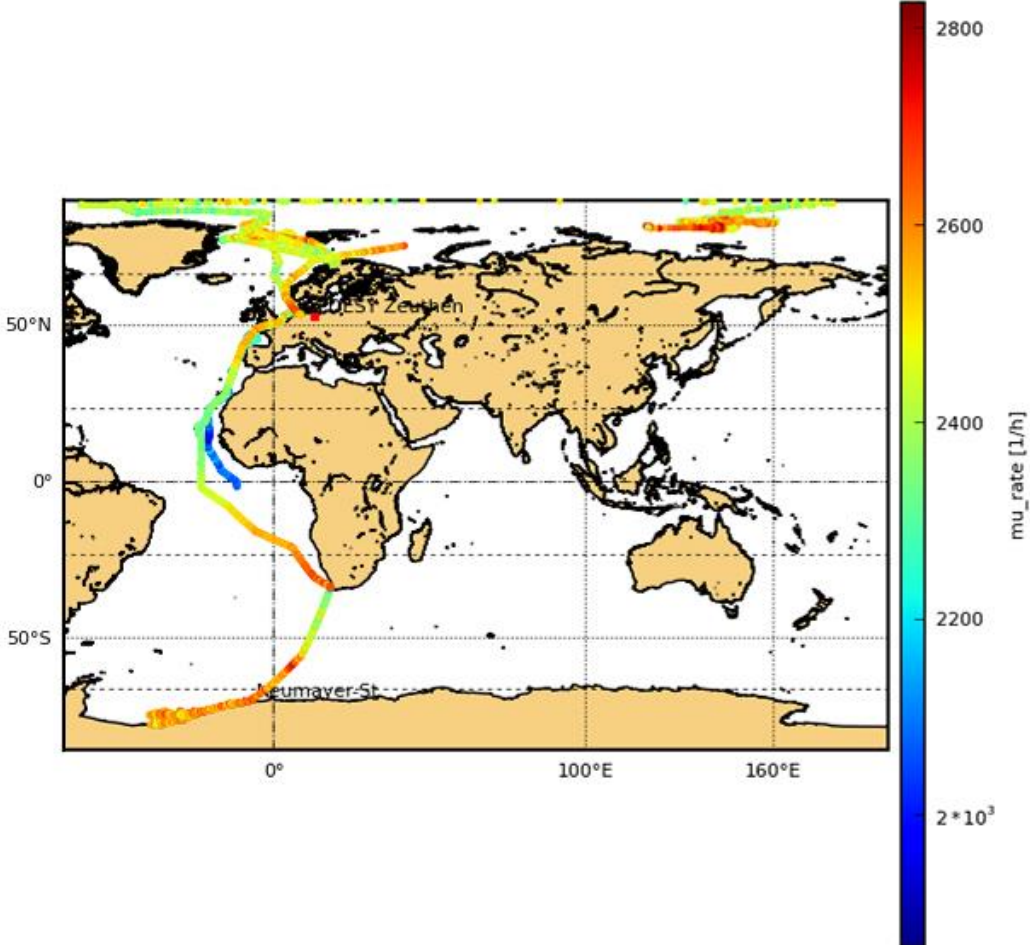
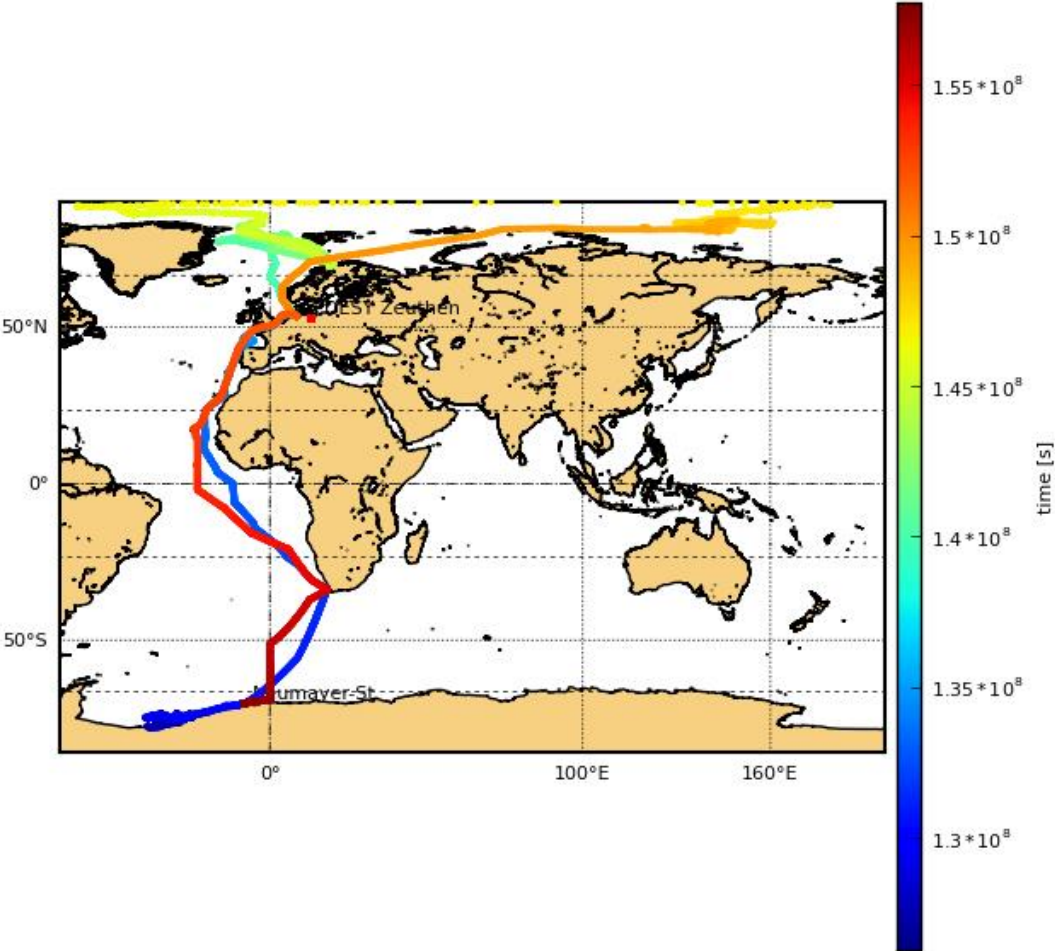
# Diagramm aus dem Tutorial

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



# Daten der Polarstern

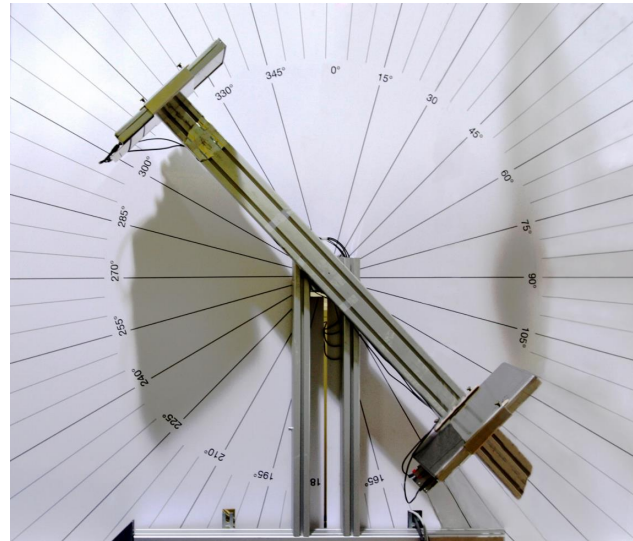
Aufenthaltort der Polarstern, Zeit bzw. Myonenrate als z-Achse



# Aufgabenstellung Cosmo-Mühle

## Myonen bei DESY in Zeuthen

- Informiert euch in der „Dokumentation“ unter dem Punkt „Experimente“ über den Versuchsaufbau der CosMO-Mühle
- Versucht in Cosmic@Web die Auswertung der Daten analog zu eurer eigenen Myonenmessung durchzuführen. Wähle dafür einen beliebigen verfügbaren Datensatz.
- Entscheidet, welche Variablen ihr verwenden wollt und welcher Diagrammtyp geeignet sein könnte.
- Interpretiert die dargestellten Daten.





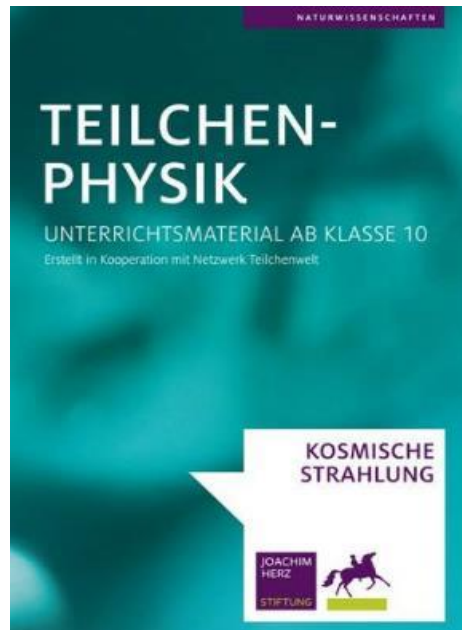
# Beispiele für Einsatzmöglichkeiten von C@W in der Schule

- 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

# Astroteilchen-Projekte

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



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



# Selbstbau von Nebelkammern



# Nebelkammersets zum Ausleihen

Jedes Set beinhaltet Material für den Bau von 10 Nebelkammern:

- ① 10 durchsichtige Plexiglasboxen
- ② 10 schwarz eloxierte Metallplatten mit Rille
- ③ 10 Holzkisten mit Styroporauskleidung
- ④ 100 Neodym-Magnete (8 mm x 3 mm)\*
- ⑤ 10 Stück Filz\*
- ⑥ 10 LED Taschenlampen (mit Batterien)\*  
\* in Holzkiste

Eine Mappe mit:

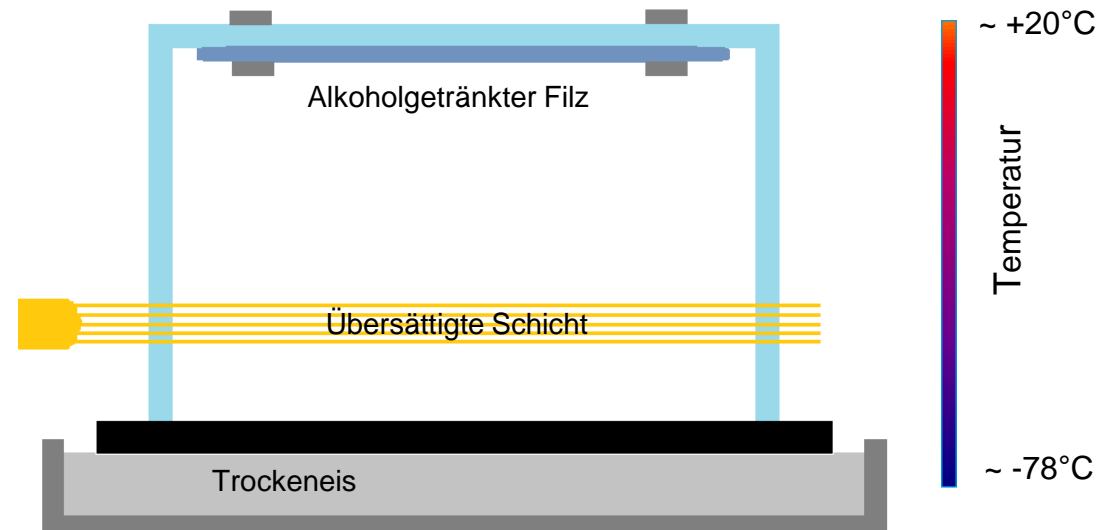
- ▶ 10 laminierten Anleitungen
- ▶ Hinweisen und Kopiervorlagen



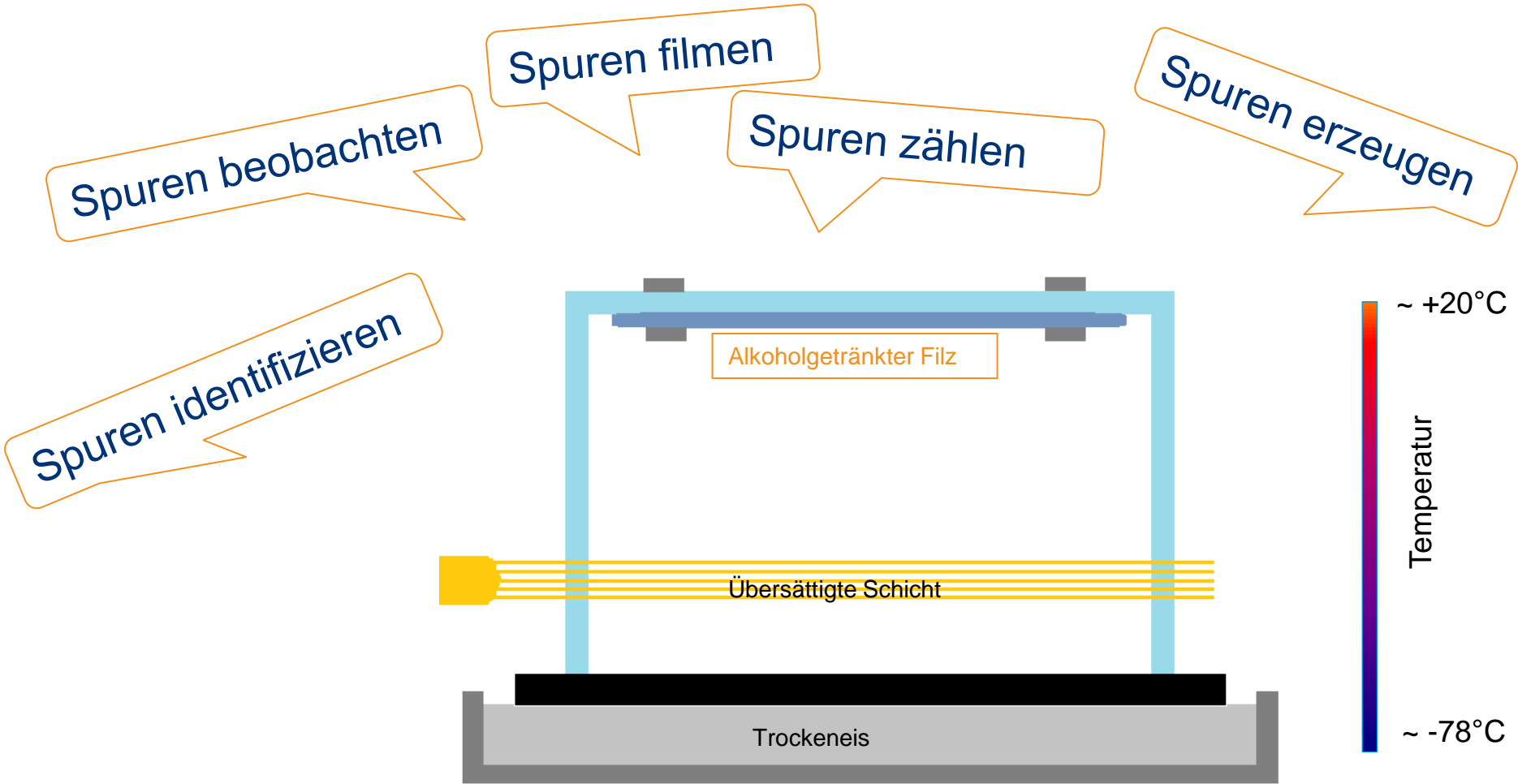
Anleitung mit Kopiervorlagen, Hintergrundwissen, weiterführenden Links

# 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



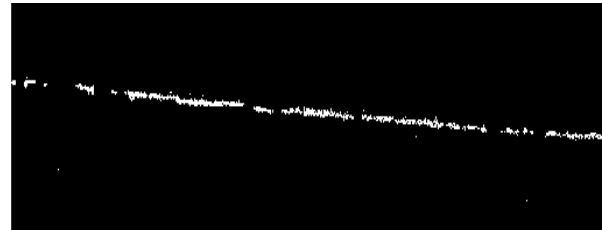
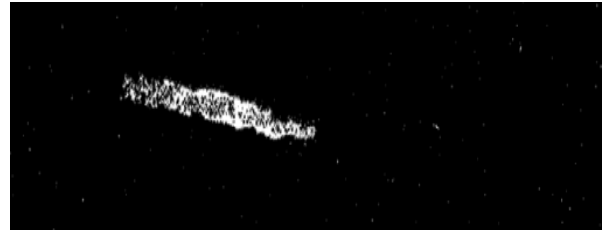
# Experimentieren mit einer Nebelkammer



# Experimentieren mit einer Nebelkammer

## Identifikation von Teilchenspuren

- 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





# 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 4 | 2020

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 day, get here more information:

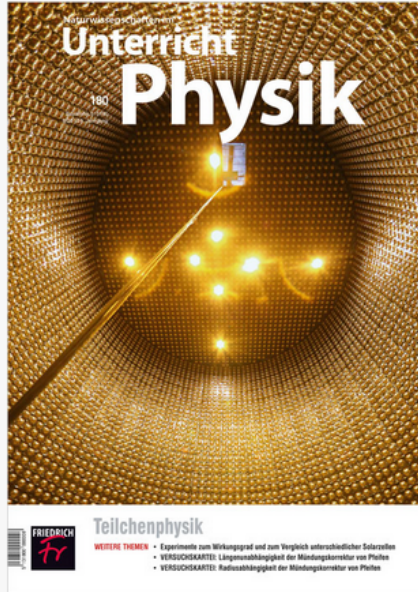
<http://icd.desy.de>  
<https://www.facebook.com/InternationalCosmicDay>

Image Credit: DESY, Science Communication Lab

Logos at the bottom: IPPOG (International Particle Physics Outreach Group), Netzwerk Teilchenwelt (with 'Woche der Teilchenwelt' text), DESY, Fermilab, and QuarkNet.

# 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>

# Feedback von Jugendlichen

## Zu einem ähnlichen Cosmic@Web Workshop

10. Die Datenanalyse mit Cosmic@Web hat mir Spaß gemacht.

Answered: 25

A. trifft ganz genau zu: 15 (60.00%)

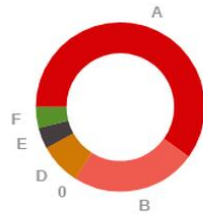
B. trifft eher zu: 6 (24.00%)

C. trifft teilweise zu und teilweise nicht: 0 (0.00%)

D. trifft eher nicht zu: 2 (8.00%)

E. trifft gar nicht zu: 1 (4.00%)

F. No selection: 1 (4.00%)



11. Die Datenanalyse mit Cosmic@Web war für mich interessant.

Answered: 25

A. trifft ganz genau zu: 18 (72.00%)

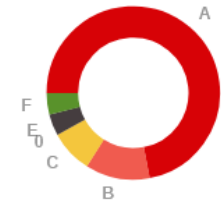
B. trifft eher zu: 3 (12.00%)

C. trifft teilweise zu und teilweise nicht: 2 (8.00%)

D. trifft eher nicht zu: 0 (0.00%)

E. trifft gar nicht zu: 1 (4.00%)

F. No selection: 1 (4.00%)



# Feedback von Jugendlichen

## Zu einem ähnlichen Cosmic@Web Workshop

16. Ich möchte nach dem Workshop selbständig weitere Forschungsfragen mit Cosmic@Web untersuchen. Answered : 25

A. trifft ganz genau zu: 7 (28.00%)

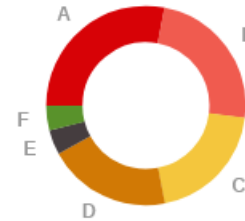
B. trifft eher zu: 6 (24.00%)

C. trifft teilweise zu und teilweise nicht: 5 (20.00%)

D. trifft eher nicht zu: 5 (20.00%)

E. trifft gar nicht zu: 1 (4.00%)

F. No selection: 1 (4.00%)



# Vielen Dank!



NETZWERK  
TEILCHENWELT

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

## Kontakt

**DESY.** Deutsches  
Elektronen-Synchrotron

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

Carolin Schwerdt

Schülerlabor physik.begreifen | Netzwerk Teilchenwelt

[carolin.schwerdt@desy.de](mailto:carolin.schwerdt@desy.de)

Telefon: +49 33762 7-7264

Philipp Lindenau

Technische Universität Dresden | Netzwerk Teilchenwelt

[philipp.lindenau@tu-dresden.de](mailto:philipp.lindenau@tu-dresden.de)

DESY.

