



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# Netzwerk Teilchenwelt

Die Tür zur Welt der kleinsten Teilchen  
für Jugendliche und Lehrkräfte

Philipp Lindenau; Niklas Herff

*Forschung trifft Schule @home - Astrophysik*

27.09.2022



NETZWERK  
TEILCHENWELT



# Übersicht

- ▶ Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?
- ▶ Aktivitäten für Jugendliche
- ▶ Aktivitäten für Lehrkräfte
- ▶ Unterrichtsmaterialien
- ▶ Weitere Angebote



# Übersicht

- ▶ **Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?**
- ▶ Aktivitäten für Jugendliche
- ▶ Aktivitäten für Lehrkräfte
- ▶ Unterrichtsmaterialien
- ▶ Weitere Angebote

# Netzwerk Teilchenwelt



- ▶ **30 Standorte** (Unis / MPIs / KIT / DESY / ...) + CERN
- ▶ ~ 150 Vermittler:innen (engagierte junge Wissenschaftler:innen)
- ▶ ~ 4.000 Jugendliche und Lehrkräfte nehmen pro Jahr an unseren Veranstaltungen teil
- ▶ Seit 2010 Teilchen- und Astroteilchenphysik, seit 2020 auch Hadronen- und Kernphysik
- ▶ **Gemeinsames Ziel: Forschung erlebbar machen!**





# Übersicht

- ▶ Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?
- ▶ **Aktivitäten für Jugendliche**
- ▶ Aktivitäten für Lehrkräfte
- ▶ Unterrichtsmaterialien
- ▶ Weitere Angebote

# Stufenprogramm für Jugendliche



© Juliana Socher

Masterclasses in Schulen,  
Lernorten oder online



© Netzwerk Teilchenwelt

Eigenes Engagement,  
Detektor-Projekte, ...



© Netzwerk Teilchenwelt

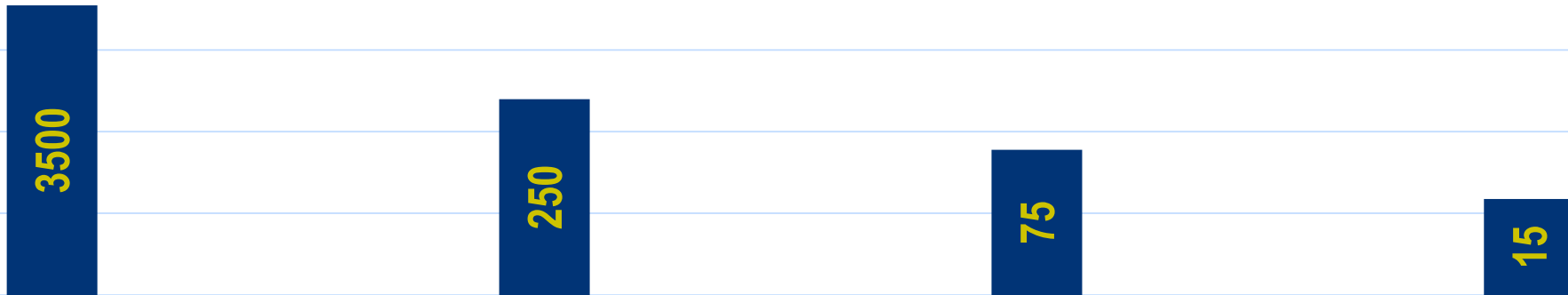
Mehrtägige Workshops  
z. B. CERN u. Mainz



© Michael Hoch

Forschungs-  
projekte (Standorte/CERN)

Anzahl  
Jugendliche/Jahr



# Stufenprogramm für Jugendliche



© Juliana Socher

Masterclasses in Schulen,  
Lernorten oder online



© Netzwerk Teilchenwelt

Eigenes Engagement,  
Detektor-Projekte, ...

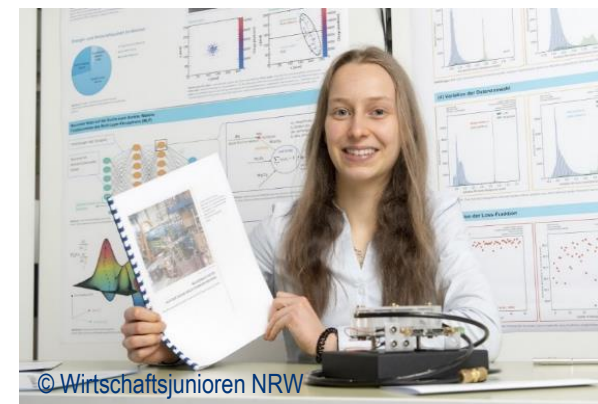


© Netzwerk Teilchenwelt

Mehrtägige Workshops  
z. B. CERN u. Mainz

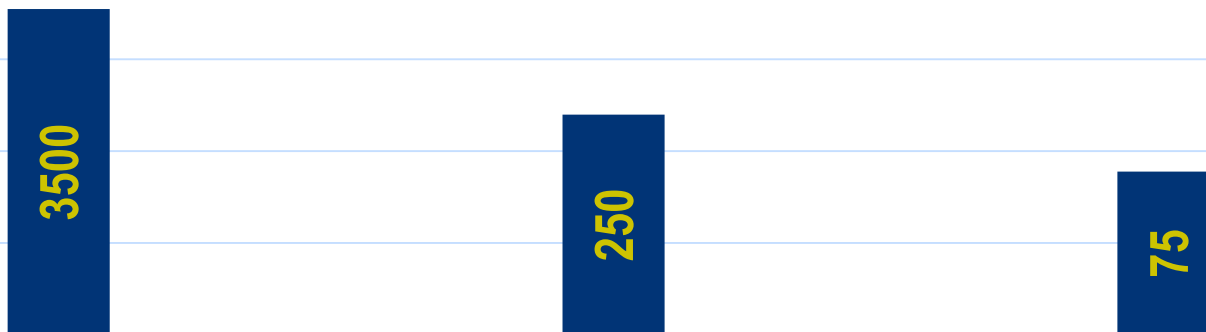


© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach



© Wirtschaftsjunioren NRW

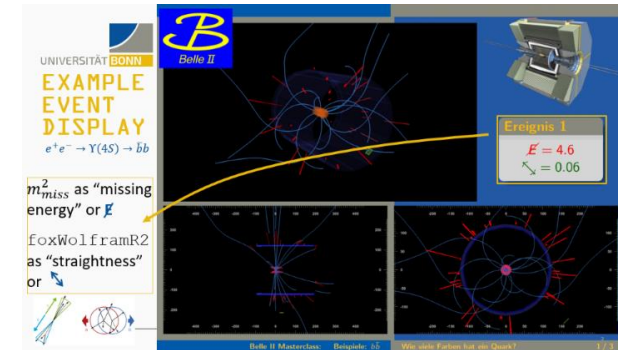
Anzahl  
Jugendliche/Jahr



# Aktivitäten für Jugendliche

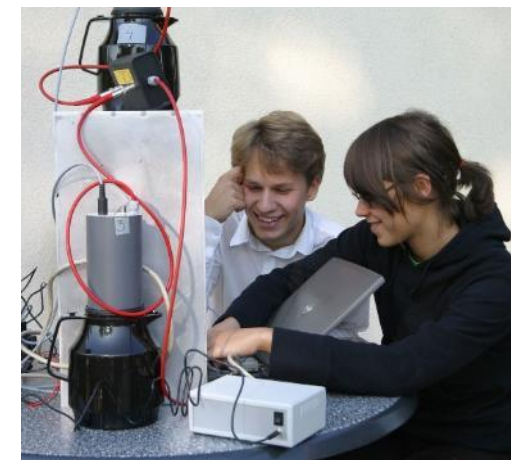
## Basisprogramm: Masterclasses

- ▶ Eintägig, an Schulen, Unis, Schülerlaboren, Museen etc.
- ▶ Einführende Vorträge
- ▶ Analyse von Originaldaten
  - Teilchenphysik (z. B. LHC, Belle II)
  - Astroteilchenphysik (z. B. IceCube, Pierre-Auger-Observatorium)
  - Kern- und Hadronenphysik (z. B. ALICE, Hadronentherapie)
- ▶ Ergebnis bringt Erkenntnisgewinn oder beantwortet eine anfangs gestellten Forschungsfrage
- ▶ Jugendliche treffen role models
- ▶ In Präsenz oder online als Masterclass@home
  - Anmeldung als ganze Klassen/Kurse oder einzeln (ab 15 Jahren)
- ▶ > 160 Masterclasses in 2019





# Aktivitäten für Jugendliche



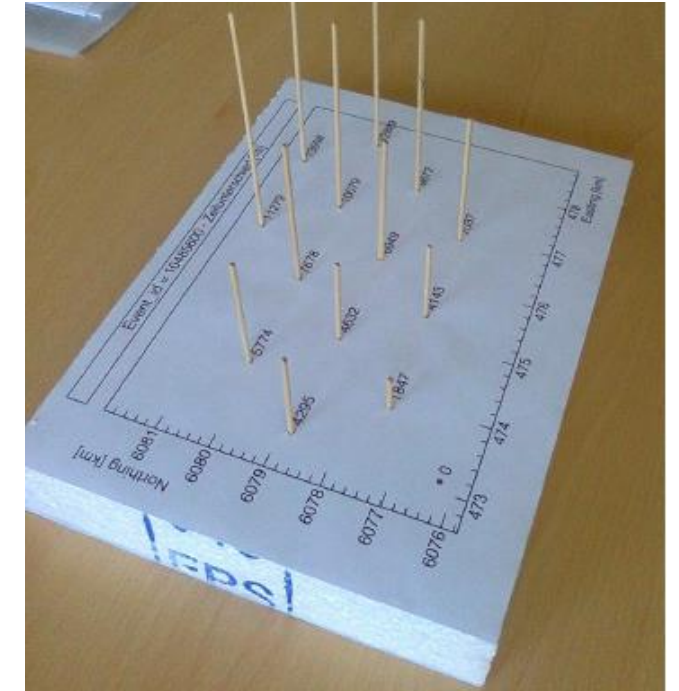
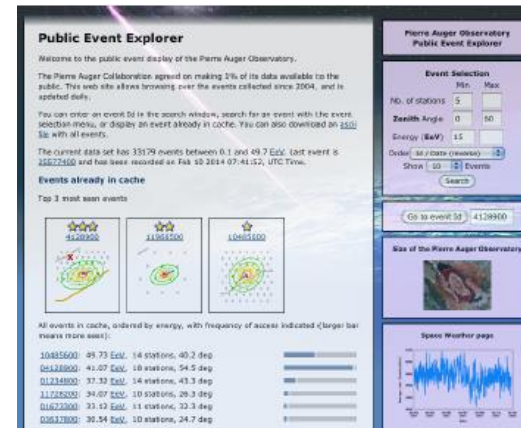
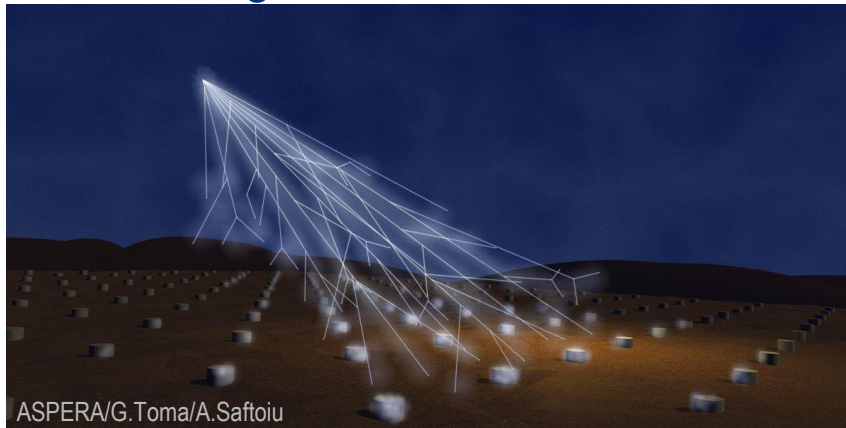
Fotos: Netzwerk Teilchenwelt

# Aktivitäten für Jugendliche – Beispiel Masterclass

09:00	→ 09:30	Begrüßung	
09:30	→ 10:00	Einführung in die Teilchenphysik - Teil 1	
10:00	→ 10:45	Arbeitsblatt R-Wert	
10:45	→ 11:00	Pause	🕒 15m
11:00	→ 11:30	Einführung in die Teilchenphysik - Teil 2	
11:30	→ 12:30	Der Belle II-Detektor	
	11:30	Der Belle II-Detektor	🕒 45m
	12:15	Virtueller Rundgang durch den Belle II-Detektor	🕒 15m
12:30	→ 13:15	Mittagspause	🕒 45m
13:15	→ 14:45	Datenanalyse	
	13:15	Einführung in die Datenanalyse	🕒 20m
	13:35	Datenanalyse	🕒 55m
	14:30	Diskussion der Ergebnisse	🕒 15m
14:45	→ 15:00	Pause	🕒 15m
15:00	→ 16:00	Liveschaltung zum Forschungszentrum in Japan	
16:00	→ 16:20	Feedback und Ende der Veranstaltung	

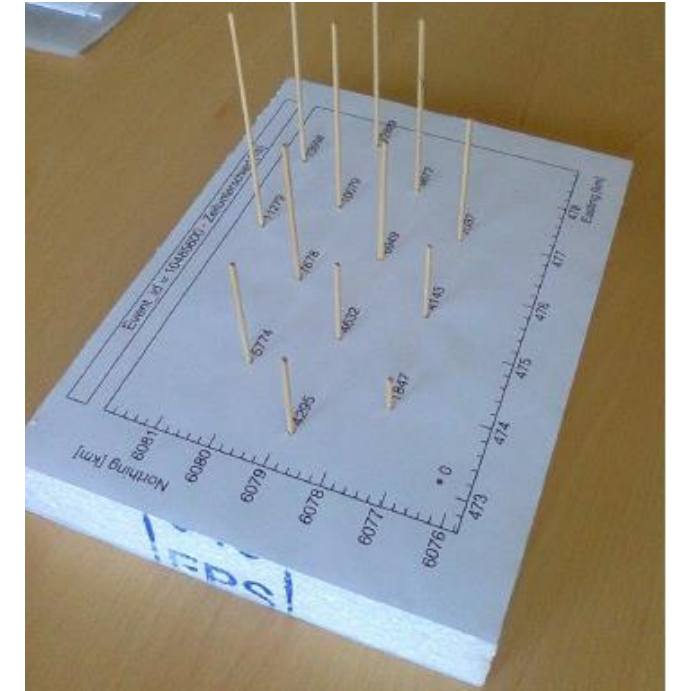
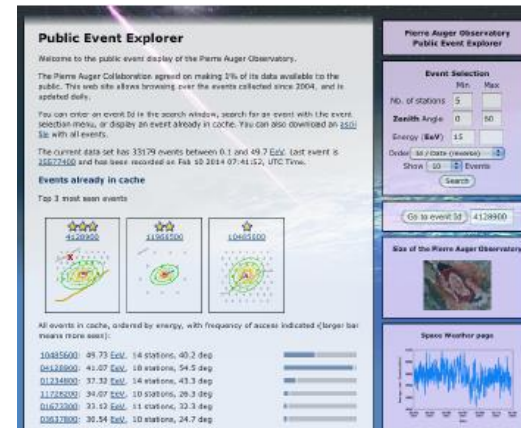
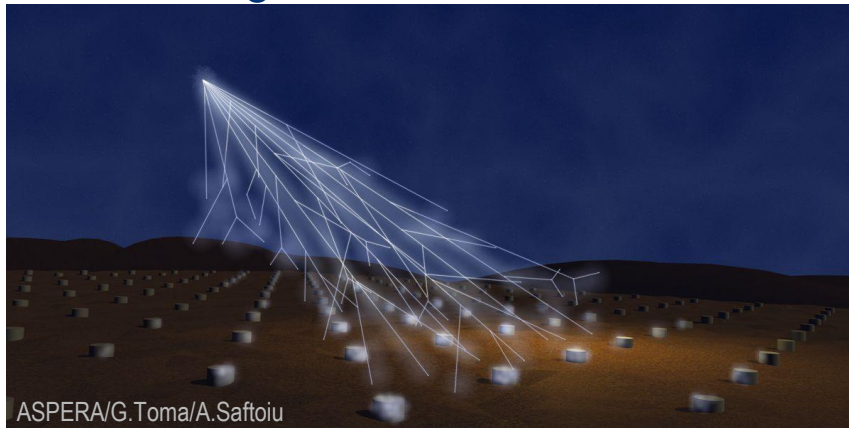
# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



## ► IceCube

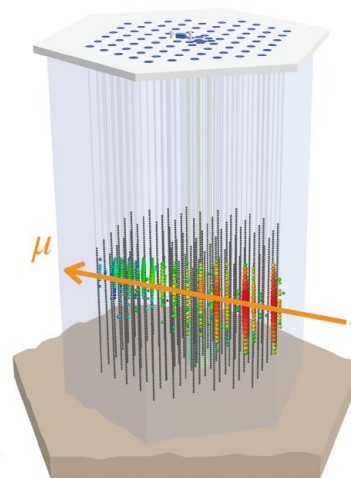
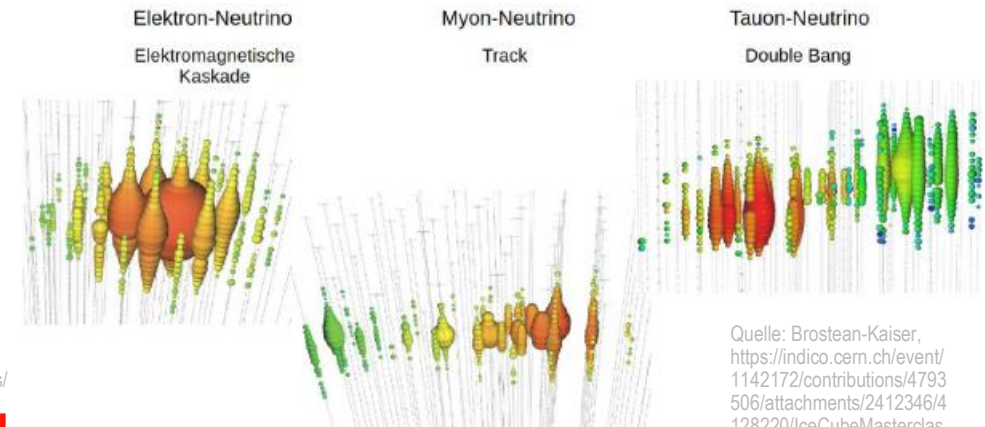


Abb.: Cristina Lagunas Gualda, <https://arxiv.org/abs/1612.05093>

Late Early



Quelle: Brostean-Kaiser, <https://indico.cern.ch/event/1142172/contributions/4793506/attachments/2412346/4128220/IceCubeMasterclasses-EinOnlinekonzept.pdf>

# Astroteilchen-Angebote: Detektoren

- ▶ Detektoren für Jugendliche
  - Szintillations-Detektoren (CosMO)



# Astroteilchen-Angebote: Detektoren

- ▶ Detektoren für Jugendliche
  - Szintillations-Detektoren (CosMO)



- Cherenkov-Detektoren (Kamiokannen)



# Astroteilchen-Angebote: Detektoren

## ► Detektoren für Jugendliche

### ■ Szintillations-Detektoren (CosMO)



### ■ Cherenkov-Detektoren (Kamiokannen)



- Ausleihbar an NTW Standorten
- Gut geeignet für Forschungswochen und Projektarbeiten
- Verschiedene Messungen (Winkel, Lebensdauer, Abschirmung)

# Astroteilchen-Angebote: Cosmic@Web

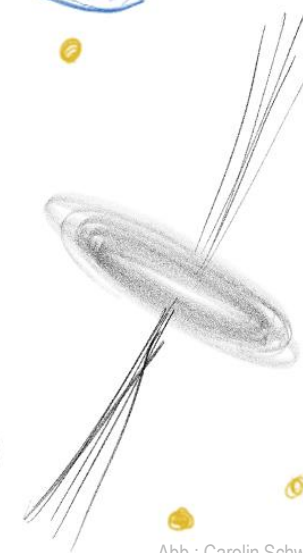
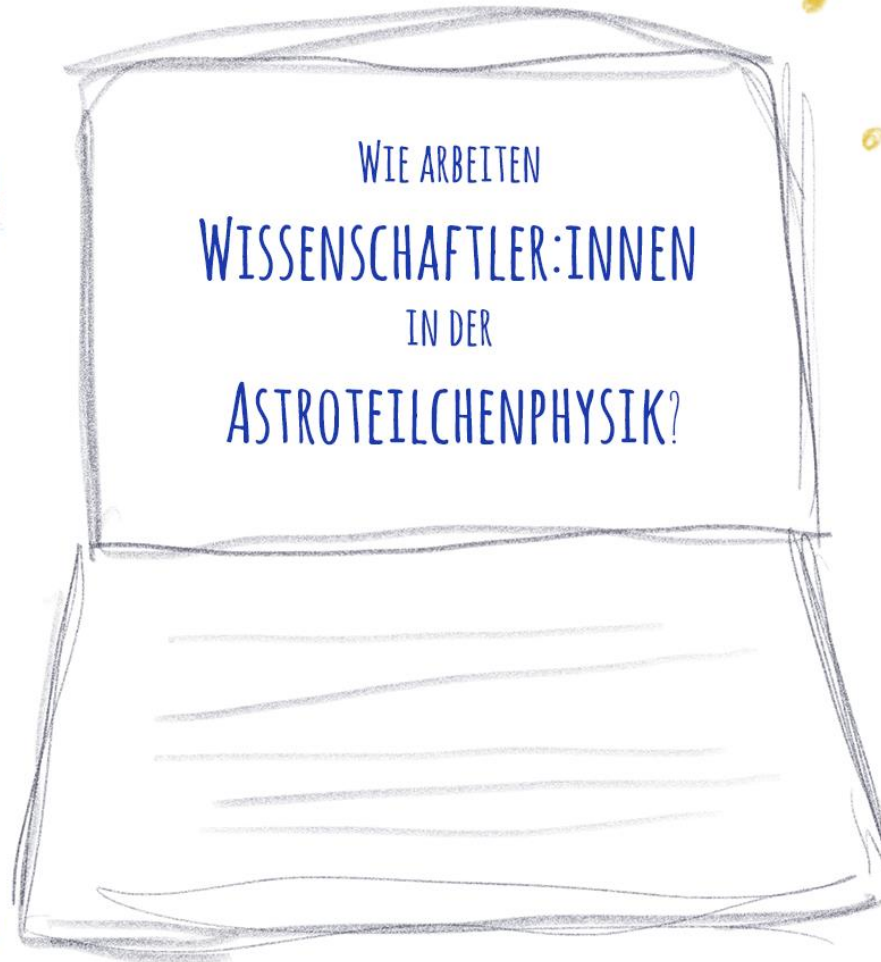
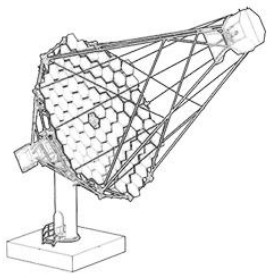


Abb.: Carolin Schwerdt

Cosmic@Web  
Grundlagenwissen  
Experimentbeschreibung  
Bedienungsanleitung  
Glossar Literaturhinweise  
ausführliche Analysen  
Datenfilter

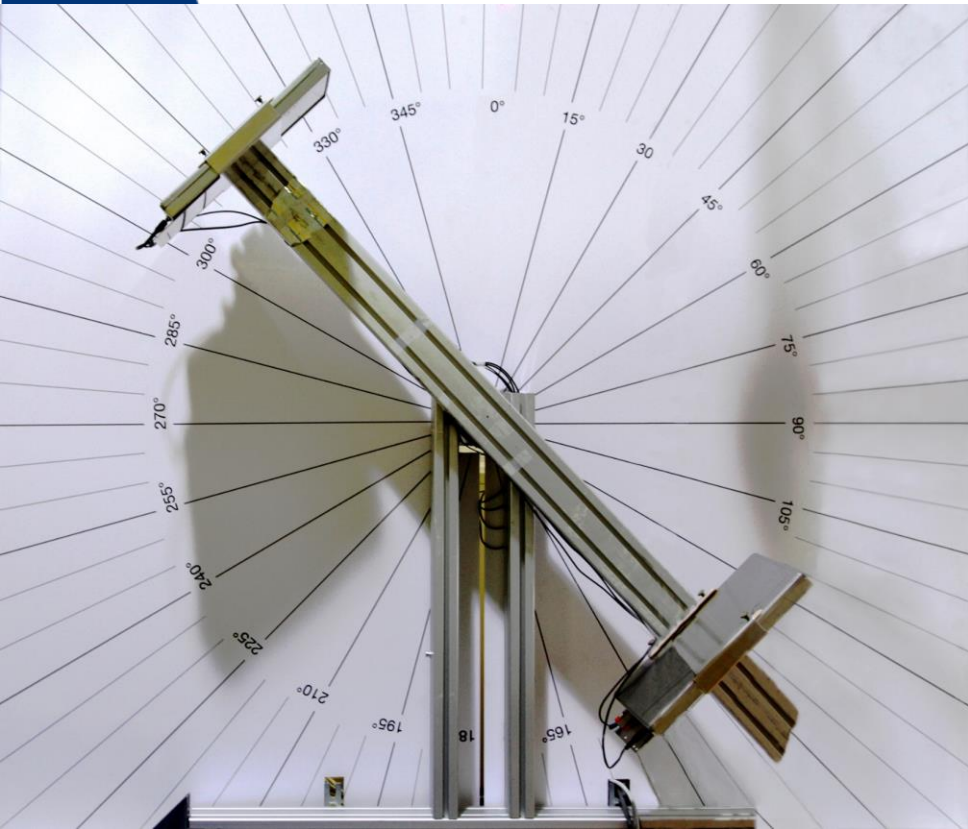
Regelmäßig digitale  
Workshops für Jugendliche  
und Lehrkräfte (2h)



# Astroteilchen-Angebote: Cosmic@Web

Experimentelle Daten 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

## Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern



# Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

► 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



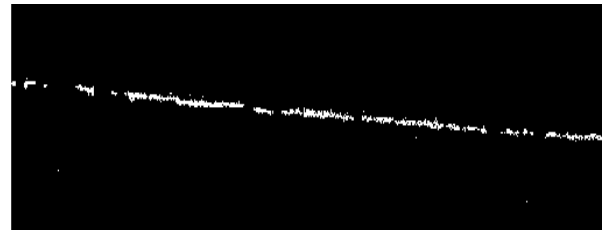
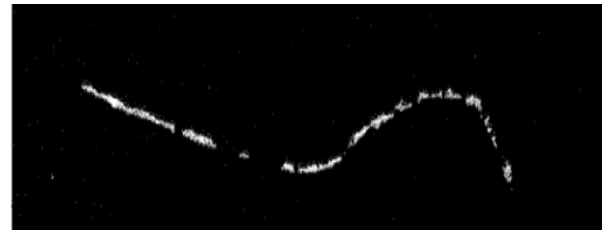
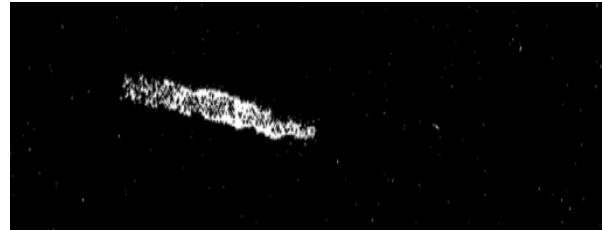
► Anleitung mit Kopiervorlagen, Hintergrundwissen, weiterführenden Links

► Nicht enthalten sind Verbrauchsmaterialien (Isopropanol, Trockeneis) und Schutzausrüstung (Schutzbrillen, Handschuhe)

# Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

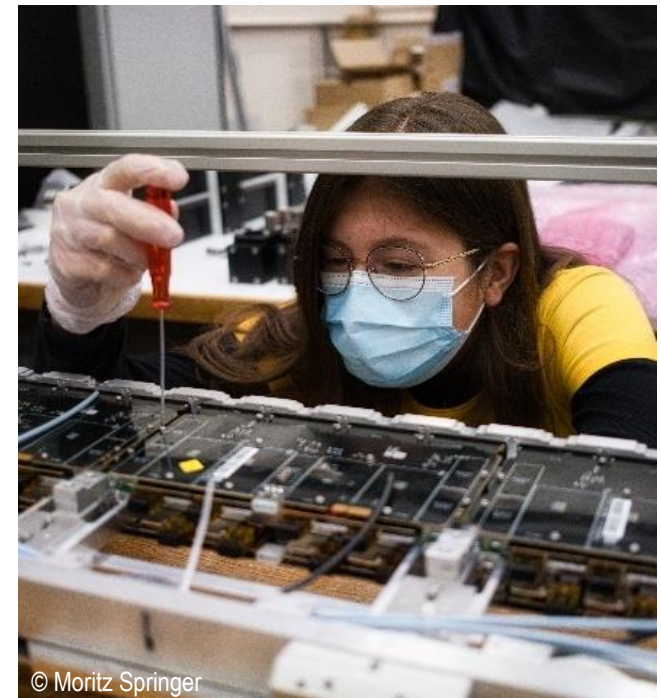
## Identifikation von Teilchenspuren

- 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



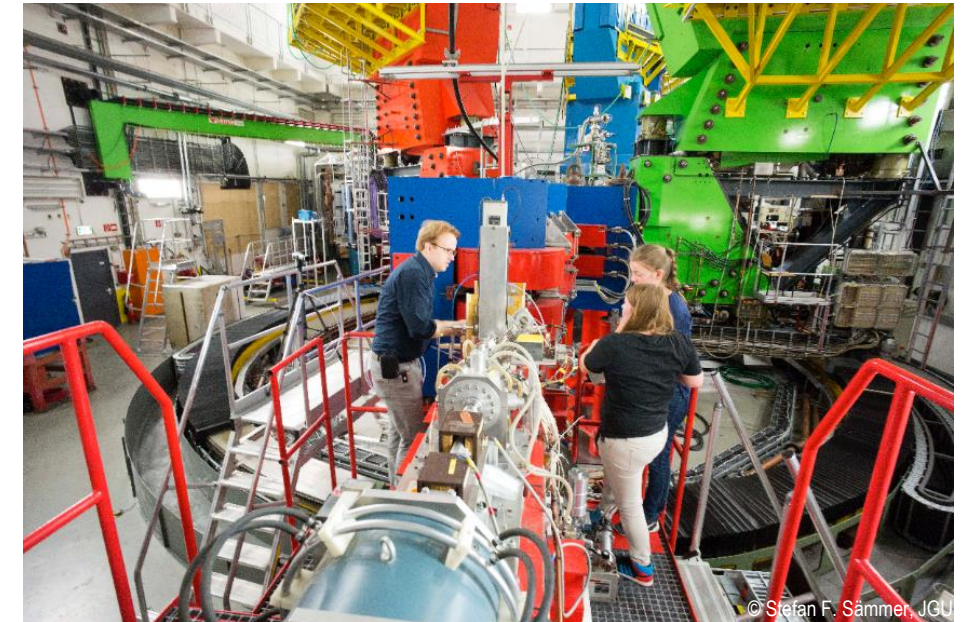
# Vertiefungsprogramme am CERN

- ▶ 60 Jugendliche pro Jahr bei CERN-Workshops (4 Tage)
  - Führungen, Vorträge, Treffen mit Forschenden
- ▶ COVID-Variante: CERN-Workshop@home
  - online-Führungen, Fachvorträgen, Q&A, Escape-Game
- ▶ 10 Jugendliche pro Jahr zu CERN-Projektwochen (2 Wochen)
  - Arbeit am eigenen Forschungsprojekt
  - Für Besondere Lernleistung, 5. Prüfungskomponente, Jugend-forscht, o.ä.
  - Vor- und Nachbereitung am Standort
  - Besondere Führungen



# Vertiefungsprogramm am Knotenpunkt Mainz

- ▶ Teilchenphysik-Akademie
- ▶ 12-20 Jugendlichen pro Jahr
- ▶ 5-10 Tage
- ▶ 2022: 08.08. – 18.08., Bewerbung offen bis 15.05.
- ▶ Vorlesungen und Besichtigungen
  - Nature of Science
- ▶ Experimente in Kleingruppen
  - Flüssigszintillatoren
  - Gasbasierte Detektoren
  - Datenanalyse und Simulation
- ▶ Präsentation der Ergebnisse



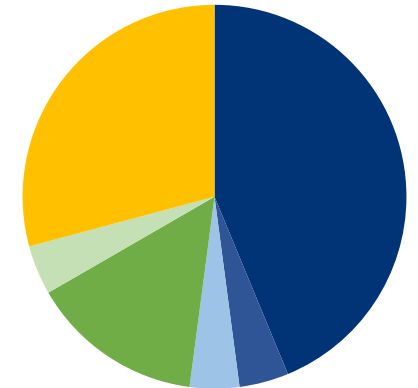
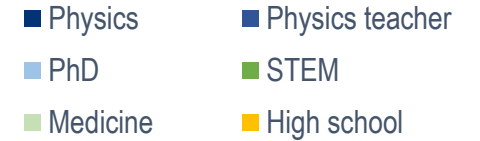
© Stefan F. Sämmer, JGU

# Und danach...?



## ► **Fellows:** junge Physik-Studierende, z.T. noch Schüler:innen

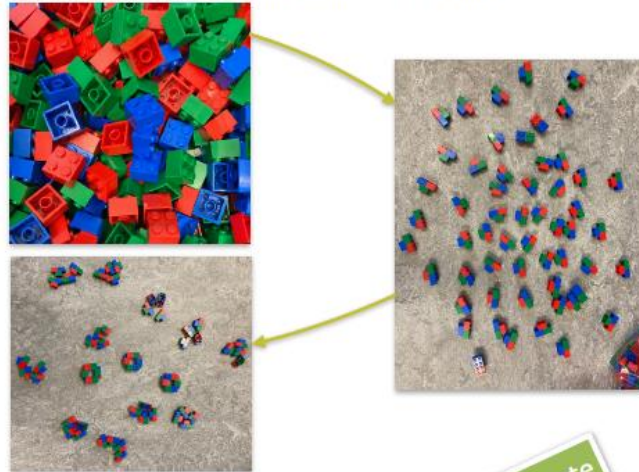
- Ca. 200 Fellows, 50% weiblich
- Alumni von CERN-Workshops und Teilchenphysik-Akademie
- Lokale Angebote: Praktikum, Exkursion, Seminar, Stammtisch, Outreach Veranstaltungen etc.
- Frühzeitig Anbindung an Forschungsgruppen
- Weiterbildungsangebote wie Fellow-Schule



# Angebote für U15

- ▶ CERN@home – Nachmittag für Zielgruppe 14 - 17 Jahre
- ▶ Aktivitäten am Knotenpunkt Münster
  - Lego-Projekte
  - Kernphysik-Workshops mit Nebelkammern

Primordiale Nukleosynthese: Vom QGP zum n/p Verhältnis und heutigem H/He Massenverhältnis



**Baue Dir Dein Universum**  
STEIN FÜR STEIN

- 1. Viel weniger als 0,1 Sekunden alt...**  
Die Urmaterie ist eine sehr heiße und sehr dichte Suppe verschiedener Teilchen, darunter Elektronen und farbige Quarks.
- 2. Weniger als 1 Sekunde alt...**  
Zwei dieser Quarks bilden Dreiergruppen, um Protonen und Neutronen zu bilden.
- 3. Eine Minute alt...**  
Protonen und Neutronen verbinden sich zu Atomkernen neuer chemischer Elemente, verschiedenen Kernen des Wasserstoff und Helium.
- 4. 380.000 Jahre alt...**  
Die Urmaterie ist soweit abgekühlt, dass die positiven Wasserstoff- und Heliumkerne negative Elektronen anlocken und stabile elektrisch neutrale Atome bilden können.
- 5. 100 Millionen Jahre alt...**  
Große Gaswolken ziehen sich zusammen und bilden die ersten Sterne, die Wasserstoff und Helium verbrennen lassen.

Logo: PARTICLE PHYSICS BRICK BY BRICK

**Du bist zwischen**  
14 und 17 Jahren alt...

... und willst wissen  
**was am CERN so passiert?**

Foto: CERN

**CERN@home**  
Ein Nachmittag virtuell am CERN  
Donnerstag, 29. April

**JETZT ANMELDEN**

Foto: CERN





# Übersicht

- ▶ Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?
- ▶ Aktivitäten für Jugendliche
- ▶ **Aktivitäten für Lehrkräfte**
- ▶ Unterrichtsmaterialien
- ▶ Weitere Angebote

# Forschung trifft Schule

in Kooperation mit  
Dr. Hans Riegel-Stiftung

- ▶ Basisprogramm:
  - 2 tägige Fortbildung
- ▶ Qualifizierungsprogramm:
  - Multiplikatoren Schulung
- ▶ Vertiefungsprogramm:
  - Jährlich: CERN Summer School
  - Eine Woche im Juli
- ▶ Digitale Fortbildungen:
  - Von der Kollision zur Entdeckung
  - Cosmic@Web Workshops
  - Mehrwöchige Veranstaltungsreihen



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# CERN Summerschool

- ▶ **24.07-30.07.22**
- ▶ <https://indico.cern.ch/event/1131641/>
- ▶ Bewerbung ab 01.04. bis Ende April möglich
- ▶ Voraussetzung: Teilnahme an einer einführenden NTW Fortbildung



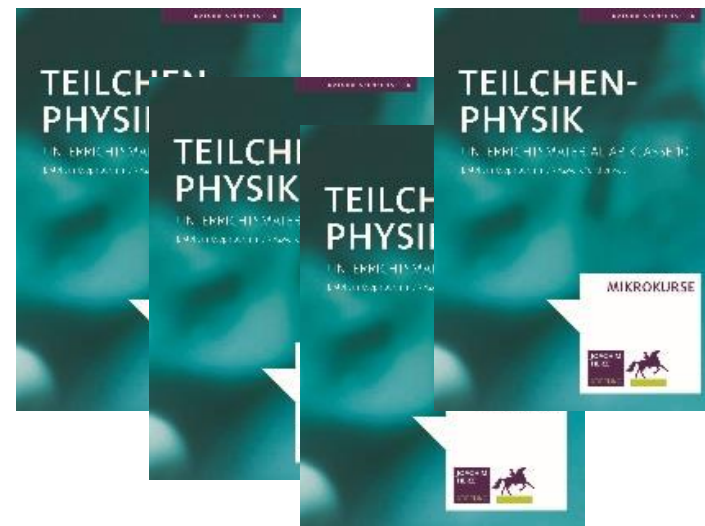


# Übersicht

- ▶ Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?
- ▶ Aktivitäten für Jugendliche
- ▶ Aktivitäten für Lehrkräfte
- ▶ **Unterrichtsmaterialien**
- ▶ Weitere Angebote

# Unterrichtsmaterial Teilchenphysik

- ▶ Gefördert durch die Joachim Herz Stiftung
- ▶ enge Kooperation mit Lehrkräften
- ▶ modulare Sammlung von Handreichungen für Lehrkräfte
- ▶ 4 Bände
- ▶ Kostenfrei erhältlich
  - Online [www.teilchenwelt.de/tp](http://www.teilchenwelt.de/tp)
  - Druckexemplar bei Netzwerk Teilchenwelt

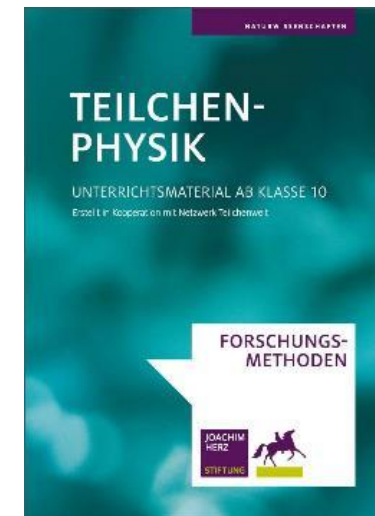
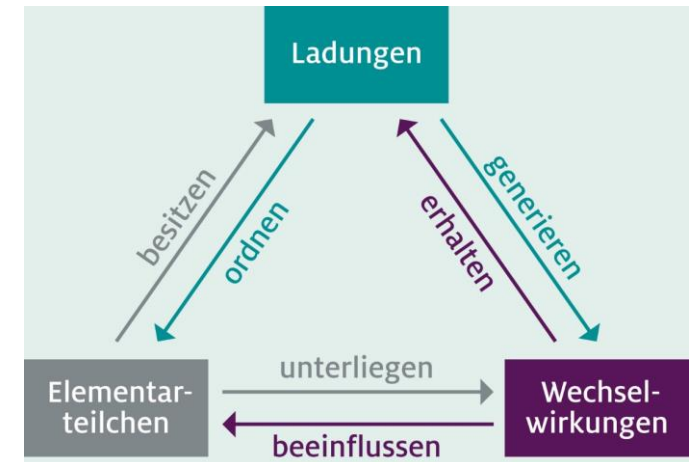


# Band 1: Ladungen, Wechselwirkungen u. Teilchen

- ▶ Ca. 100 Seiten Hintergrundinformationen
- ▶ Einführung in das Standardmodell
- ▶ Spiralcurriculum, didaktische u. fachliche Hinweise
- ▶ Anknüpfungspunkte an typische Lehrplaninhalte
- ▶ Konsistente und schulgeeignete Begriffsbildung

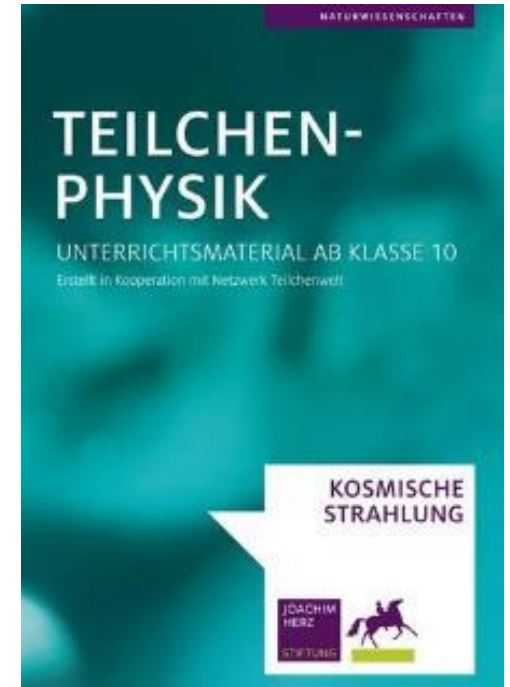
## Band 2: Forschungsmethoden

- ▶ Forschungsziele
- ▶ Beschleuniger & Detektoren
- ▶ Zahlreiche Aufgaben



# Band 3: Kosmische Strahlung

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



### 2 INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

**2.1 THEORETISCHE ANHANGSPUNKTE MIT FOLGENDE:**

Die Schülerinnen und Schüler sollen in der Lage sein, die folgenden Punkte zu erläutern:

- Die Bedeutung der kosmischen Strahlung für die Menschheit und die Umwelt.
- Die Zusammensetzung der kosmischen Strahlung.
- Die Entstehung der kosmischen Strahlung.
- Die Messung der kosmischen Strahlung.
- Die Bedeutung der kosmischen Strahlung für die Forschung.

**2.2 VORBEREITUNG:**

Die Lehrkräfte sollen die folgenden Punkte berücksichtigen:

- Die Auswahl der Aufgabenstellungen.
- Die Bereitstellung der notwendigen Materialien.
- Die Einbindung der Schülerinnen und Schüler in den Lernprozess.
- Die Sicherstellung der Sicherheit bei den Experimenten.

**2.3 ERGÄNZUNG:**

Zusätzliche Informationen und Materialien sind im Anhang des Buches zu finden.

### AUFGABEN

**1. FORMALELLE ERMITTLUNG DER MYONEN ENERGIEN**

Die Myonenenergien  $E$  sind durch die Gleichung  $E = \gamma m_0 c^2$  gegeben, wobei  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$  die Lorentz-Faktor ist und  $\beta = \frac{v}{c}$  das Verhältnis von Myonengeschwindigkeit  $v$  zur Lichtgeschwindigkeit  $c$  ist. Die Myonenenergien  $E$  sind durch die Gleichung  $E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$  gegeben.

**2. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Myonenenergie $E$ [GeV]	Anzahl $N$
0.1	100
0.2	50
0.3	30
0.4	20
0.5	15
0.6	10
0.7	8
0.8	6
0.9	5
1.0	4

**3. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Myonenenergie $E$ [GeV]	Anzahl $N$
0.1	100
0.2	50
0.3	30
0.4	20
0.5	15
0.6	10
0.7	8
0.8	6
0.9	5
1.0	4

**1.1 MYONEN ENERGIEN BEI KOSMISCHER STRAHLUNG**

Die Myonenenergien  $E$  sind durch die Gleichung  $E = \gamma m_0 c^2$  gegeben, wobei  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$  die Lorentz-Faktor ist und  $\beta = \frac{v}{c}$  das Verhältnis von Myonengeschwindigkeit  $v$  zur Lichtgeschwindigkeit  $c$  ist. Die Myonenenergien  $E$  sind durch die Gleichung  $E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$  gegeben.

**1.2 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Myonenenergie $E$ [GeV]	Anzahl $N$
0.1	100
0.2	50
0.3	30
0.4	20
0.5	15
0.6	10
0.7	8
0.8	6
0.9	5
1.0	4

**1.3 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Myonenenergie $E$ [GeV]	Anzahl $N$
0.1	100
0.2	50
0.3	30
0.4	20
0.5	15
0.6	10
0.7	8
0.8	6
0.9	5
1.0	4

# Band 4: Mikrokurse

- ▶ 4 Kurse
- ▶ Zeitbedarf jeweils 1-2 Unterrichtsstunden
- ▶ Anknüpfung an klassische Lehrplanthemen, z.B. waagerechter Wurf mit Anti-Wasserstoff
- ▶ mit Aufgaben und Lösungen

## 2 DAS AEGIS EXPERIMENT

**2.1 EINSTIEGSGESCHICHTE / ANKNUPFUNGSPUNKTE**

Die Aegis-Kampagne ist eine der bekanntesten und erfolgreichsten Werbekampagnen der Welt. Sie wurde von der britischen Werbeagentur Ogilvy & Mather entwickelt und ist ein Paradebeispiel für die Verbindung von Kreativität und Wissenschaft.

**2.2 WAAGRECHTER WURF MIT ANTI-WASSERSTOFF – DAS AEGIS-EXPERIMENT AM GRENZ**

Das Aegis-Experiment ist ein klassisches Experiment der Physik, das die Bewegung eines Körpers in einem Magnetfeld untersucht. Es zeigt, wie die Lorentz-Kraft die Flugbahn eines geladenen Teilchens beeinflusst.

**INFORMELLE AUFGABENLISTE**

**Ausgangspunkt: Video zum Aegis-Experiment**

- [Video zum Aegis-Experiment](#) (YouTube)
- [Aufgabe 1 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 2 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 3 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 4 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 5 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)

## AUFGABEN



**1. Berechnung der Lorentz-Kraft**

Ein geladenes Teilchen mit der Ladung  $q$  bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v$  in einem Magnetfeld  $B$ . Berechnen Sie die Lorentz-Kraft  $F_L$  auf das Teilchen.

**2. Berechnung der Bahngeschwindigkeit**

Ein geladenes Teilchen mit der Masse  $m$  und der Ladung  $q$  bewegt sich in einem Magnetfeld  $B$ . Berechnen Sie die Bahngeschwindigkeit  $v$  des Teilchens.

**3. Berechnung der Bahnradius**

Ein geladenes Teilchen mit der Masse  $m$  und der Ladung  $q$  bewegt sich in einem Magnetfeld  $B$ . Berechnen Sie den Bahnradius  $r$  des Teilchens.

**4. Berechnung der Umlaufzeit**

Ein geladenes Teilchen mit der Masse  $m$  und der Ladung  $q$  bewegt sich in einem Magnetfeld  $B$ . Berechnen Sie die Umlaufzeit  $T$  des Teilchens.

**INFORMELLE AUFGABENLISTE**

**Ausgangspunkt: Video zum Aegis-Experiment**

- [Video zum Aegis-Experiment](#) (YouTube)
- [Aufgabe 1 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 2 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 3 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 4 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)
- [Aufgabe 5 \(PDF\)](#) (Lernaktivitäten)



## Kapitel zur Teilchenphysik

Grundwissen | **Versuche** | Aufgaben | Ausblick | Geschichte | Downloads | Weblinks

- > Kurzer Überblick: Was ist Teilchenphysik?
- > Die vier fundamentalen Wechselwirkungen
- > Ladungen
- > Elementarteilchen
- > Schwache Wechselwirkung

● Weniger anzeigen

elektromagnetische zwischen den bekannten Elementarteilchen beschreibt.

Hinweise: [CERN](#) bietet einen gut verständlichen Kurzfilm zum Standardmodell an (Download)

### Die Elementarteilchen der Materie

	1. Generation	2. Generation	3. Generation	
elektrisch neutrale Leptonen	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	schwache Wechselwirkung ( $W^+, W^-, Z^0$ )
elektrisch geladene Leptonen	$e^-$	$\mu^-$	$\tau^-$	
Quarks	$u, u, u$	$c, c, c$	$t, t, t$	starke Wechselwirkung (Gluonen)
	$d, d, d$	$s, s, s$	$b, b, b$	

Abbildung 3: Übersicht über die 3 Generationen der Elementarteilchen der Materie

Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Schwache Wechselwirkung	Elektromagnetische Wechselwirkung	Gravitation
Beispiele für Wirkung	Zusammenhalt des Protons	Betazerfall: Ein Proton wandelt sich in ein Neutron um (oder umgekehrt). Kernfusion: In der Sonne verschmelzen vier Protonen zu einem Heliumkern	Magnetismus, Licht, ... Chemische Bindungen, Photoeffekt	Anziehung zwischen Massen: Schwerkraft, Umlauf der Planeten um
Reichweite	$10^{-15} \text{ m}$ (Protonendurchmesser)	$10^{-16} \text{ m}$ ( $\frac{1}{300}$ Protonendurchmesser)	unbegrenzt	unbegrenzt
Botenteilchen	Gluonen	$W^+, W^-, Z^0$	Photon	
Ladung	Starke Ladung (Farbladung)	Schwache Ladung	Elektrische Ladung	
Kopplungsstärke/ konstante	$\alpha_s = \frac{1}{8}$	$\alpha_W = \frac{1}{30}$	$\alpha_{em} = \frac{1}{137}$	$\alpha_G \sim 10^{-44}$

### Photon - das Botenteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung



Das Botenteilchen der **elektromagnetischen Wechselwirkung** ist das **Photon**.

Die folgende Animation soll die elektromagnetische Wechselwirkung zwischen zwei geladenen Elementarteilchen durch den Austausch von Photonen darstellen.

# Teilchensteckbriefe

- ▶ 61 Karten: Materie- und Antimaterieteilchen, Austausch-teilchen, Higgs-Boson
- ▶ Ordnen, diskutieren, vertraut werden
- ▶ Handreichung mit methodischen Anregungen

BOTENTEILCHEN UND HIGGS-TEILCHEN

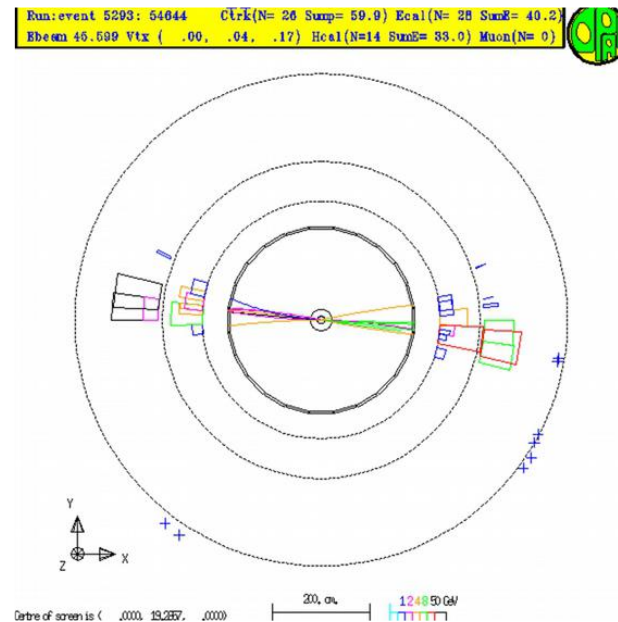
<b>Z-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983  BOTENTEILCHEN	<b>W<sup>+</sup>-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983  BOTENTEILCHEN	<b>W<sup>-</sup>-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983  BOTENTEILCHEN
Masse: $-91200 \frac{MeV}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: 0 Mittlere Lebensdauer: $3 \cdot 10^{-25} s$ Mittlere Reichweite: $10^{-16} m$	Masse: $-80400 \frac{MeV}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: +1 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: +1 Mittlere Lebensdauer: $3 \cdot 10^{-25} s$ Mittlere Reichweite: $10^{-16} m$	Masse: $-80400 \frac{MeV}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: -1 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: -1 Mittlere Lebensdauer: $3 \cdot 10^{-25} s$ Mittlere Reichweite: $10^{-16} m$
<b>PHOTON</b> NACHWEIS: 1905  BOTENTEILCHEN	<b>HIGGS-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 2012  BOTENTEILCHEN	
Masse: $0 \frac{MeV}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: 0 Mittlere Lebensdauer: unbegrenzt Mittlere Reichweite: unbegrenzt	Masse: $-125000 \frac{MeV}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: $-\frac{1}{2}$ Mittlere Lebensdauer: $2 \cdot 10^{-22} s$	


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



# Arbeitsblätter: Teilchenidentifikation mit Detektoren

- ▶ Originaldaten vom OPAL Experiment (LEP)
- ▶ Identifikation von Teilchen/Anti-Teilchen
- ▶ Umwandlungen des Z-Teilchens



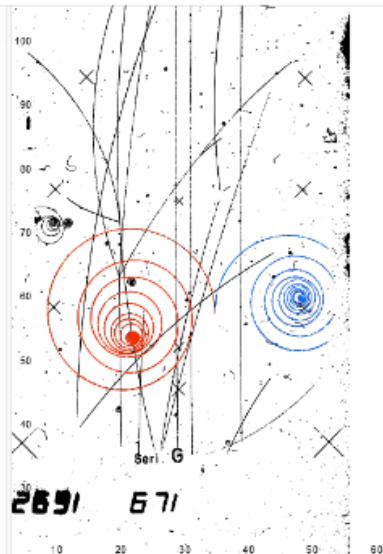
# Blasenkammeraufnahmen / GeoGebra

- ▶ 2 Abschlussarbeiten von Lehramt-Studierenden
- ▶ Grundlegendes und erhöhtes Anforderungsniveau
- ▶ GeoGebra Applets, Arbeitsblätter und Handreichung

## 3. AB2691 - Impulsbestimmung von neutralen Teilchen

Autor: Netzwerk Teilchenwelt

### 3. AB2691 - Impulsbestimmung von neutralen Teilchen



Dies ist eine Übung zur Blasenkammeraufnahme 2691, auf welcher zwei Spuren vom gleichen Vertex farblich hervorgehoben sind.

Die Blasenkammeraufnahme stammt von der 2 m Blasenkammer am CERN. Die Strahlteilchen bewegen sich auf der Aufnahme vom unteren zum oberen Bildrand. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

In dieser Übung sollen die Geschwindigkeiten zweier Teilchen verglichen werden. Dazu findet zunächst eine Teilchenidentifikation sowie eine Analyse des Prozesses am Vertex statt. Weiterhin wird der Impulserhalt im Vertex betrachtet.

Mit dem Knopf "Weiter" unten rechts gelangst du zur ersten Aufgabe.

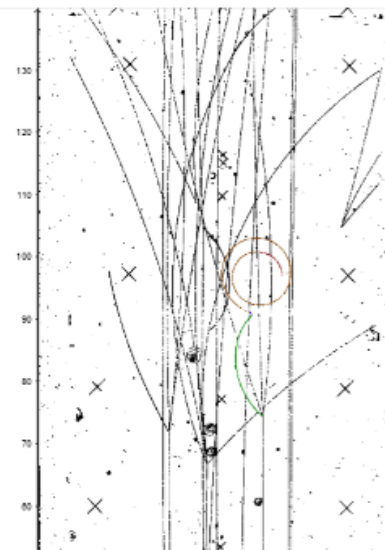
Viel Erfolg!



## 2. AB2806 - Die Umwandlung des Pions

Autor: Netzwerk Teilchenwelt

### 2. AB2806 - Die Umwandlung des Pions



### 1. Aufgabe - Identifikation des Teilchens

Die grün hervorgehobene Spur wurde von einem Pion erzeugt. Entscheide, um welches Pion es sich gehandelt hat. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

$\pi^0$    $\pi^+$    $\pi^-$



# Materialsammlung

- ▶ Hintergrundinformationen und Arbeitsblätter zu
  - Teilchenphysik - Forschung und Anwendungen
  - ATLAS-Detektor
- ▶ Erhältlich als...
  - Gedruckte Version
  - Download



**ANWENDUNGEN DER TEILCHENPHYSIK**  
MEDIZIN

**Positronen-Emissions-Tomographie (PET)**  
Die PET ist eine Diagnosemethode, mit der sich unter anderem Tumore sichtbar machen lassen. Hierfür wird dem Patienten eine Flüssigkeit gespritzt, die Positronen aussendet (ein Beta-Plus-Strahler). Dabei handelt es sich meist um eine spezielle Zuckerklösung, in der Fluor-Atome durch das radioaktive Isotop  $^{18}\text{F}$  ersetzt wurden (Fluor-Desoxyglucose). Da Tumorzellen mehr Zucker verbrauchen als gesunde Zellen, sammelt er sich insbesondere in Tumorgewebe.

**Tumorthherapie mit Hadronen**  
Heute werden hauptsächlich drei Methoden verwendet, um Krebs zu behandeln: Operation, Chemotherapie und Strahlentherapie. Bei der herkömmlichen Strahlentherapie werden Tumore mit hochenergetischen Photonen oder Elektronen bestrahlt. Diese ionisieren auf ihrem Weg durch den Körper Moleküle in den Zellen, was wiederum chemische Reaktionen auslöst, welche die Zellen abtöten oder sie an der Teilung hindern. Obwohl die Strahlung möglichst stark auf den Tumor fokussiert wird, schädigt die Behandlung auch gesunde Zellen – insbesondere, wenn der Tumor tief unter der Haut liegt. Eine neuartige Form der Strahlentherapie, die am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH in Darmstadt entwickelt wurde, verwendet Hadronen (Protonen oder andere Ionen). Hierbei lässt sich gezielt einstellen, wie tief die Teilchen ins Gewebe eindringen sollen, bevor sie den Großteil ihrer Energie abgeben. So kann gesundes Gewebe geschont werden.

Labels in the diagram: Detektoren, Signalverarbeitung, Beta-Plus-Strahler, Bildrekonstruktion.

• Abb. 1: Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

NETZWERK  
TEILCHENWELT

## MATERIALSAMMLUNG

KONTEXTMATERIALIEN FÜR LEHRKRÄFTE

Dieser Bestand enthält gedruckte Materialien von Netzwerk Teilchenwelt für Lehrkräfte, die zur Einführung in die Teilchenphysik verwendet werden können. Sie eignen sich insbesondere zur Vor- und Nachbereitung von Masterclasses, können aber auch unabhängig davon eingesetzt werden. Alle Materialien stehen unter [www.netzwerk-welt.de](http://www.netzwerk-welt.de) zum kostenlosen Download zur Verfügung.

MEMBER

MEMBER

MEMBER

MEMBER

# Feynman-Rhombino

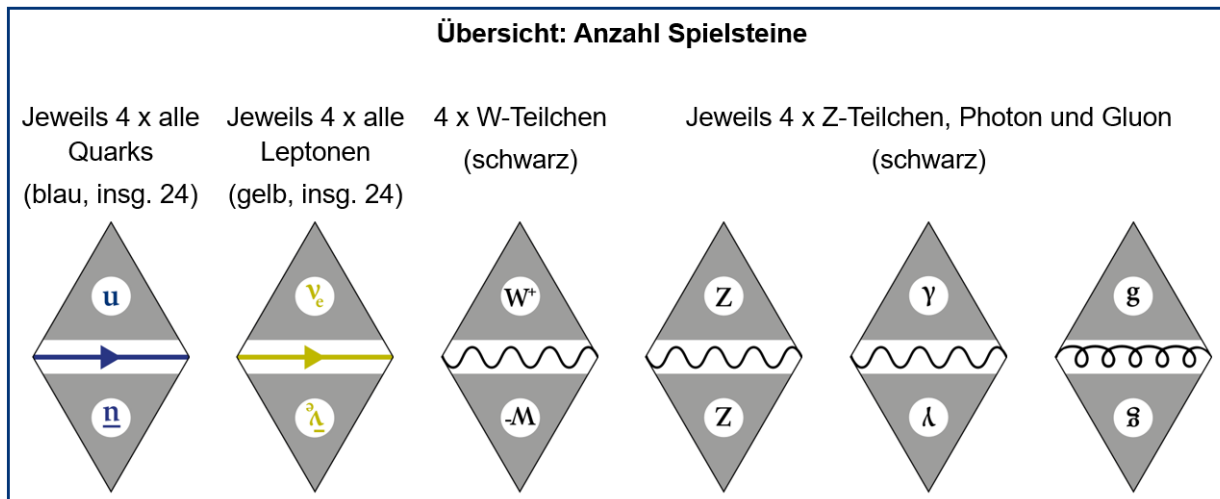


Foto: Philipp Lindenau

# Feynman-Rhombino

[Download  
Spielmaterial und  
Anleitung](#)

- ▶ dominoartiges Spiel
- ▶ Spielsteine = Rhombinos, nach den Regeln für Feynman-Diagramme zusammenfügen
- ▶ Entstanden aus Idee bei unserer CERN Summer School 2017
- ▶ Vertiefende Infos: [Unterricht Physik Nr. 180/2020](#)



# Escape Radon – Eine Escape-Story zum Radonproblem

- ▶ Staatsexamensarbeit @ TU Dresden
- ▶ <http://escape-radon.bplaced.net/>
- ▶ Kontext: Kernphysik und Strahlenbiologie
- ▶ Spieldauer: ca. 120 min
- ▶ DPG-Vortrag dazu [hier](#).
- ▶ Weitere Escape-Stories in Arbeit

ESCAPE RADON !

KAPITEL I: DIE UMWANDLUNG VON RADON

"Berechne die drei nachfolgenden Umwandlungsprodukte von Radon-222."

UMWANDLUNGSPRODUKT 1    UMWANDLUNGSPRODUKT 2    UMWANDLUNGSPRODUKT 3

z.B. Rn-222    z.B. Rn-222    z.B. Rn-222

ABSCHICKEN

INVENTAR

Tipp: Neu hinzugefügte Gegenstände werden grün markiert.



# Escape Radon – Eine Escape-Story zum Radonproblem

- ▶ Staatsexamensarbeit @ TU Dresden
- ▶ <http://escape-radon.bplaced.net/>
- ▶ Kontext: Kernphysik und Strahlenbiologie
- ▶ Spieldauer: ca. 120 min
- ▶ DPG-Vortrag dazu [hier](#).
- ▶ Weitere Escape-Stories in Arbeit

***„Rundum eine sehr gelungene Sache, die meiner Meinung nach hervorragend im Unterricht eingesetzt werden kann.“***



# Übersicht

- ▶ Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?
- ▶ Aktivitäten für Jugendliche
- ▶ Aktivitäten für Lehrkräfte
- ▶ Unterrichtsmaterialien
- ▶ **Weitere Angebote**

# URKNALL UNTERWEGS

- Interaktive mobile Ausstellung zur Teilchenphysik, seit Mitte 2021 auf Tour



Quark-Tower

# URKNALL UNTERWEGS

- ▶ Interaktive mobile Ausstellung zur Teilchenphysik, seit Mitte 2021 auf Tour



Quark-Tower

## Chat-Aktion



wissenschaft • im dialog

- ▶ Spannende Fragen zu Forschung, Arbeitsalltag und Berufsperspektiven

### ? Kürzlich gestellte Fragen

Konnten sie bei einem Durchbruch in ihrem Themengebiet beitragen?

tram6wed

Wann und woraus entstand Licht, Zeit, und Raum?

hima

Wir stellen uns ja vor, dass unser Universum durch den Urknall entstand. Aber was war eigentlich vor dem Urknall?

JohannM

Was lieben sie an der Physik am meisten?

LeonieM

# International Masterclasses and International Cosmic Day

- ▶ Internationale Aktionstage mit Forschungsaktivitäten für Schüler:innen
- ▶ Gemeinsame Videokonferenz mit Forschungsinstituten



- ▶ Website
- ▶ Koordiniert aus  
Dresden und USA  
(QuarkNet)



- ▶ Website
- ▶ Organisiert von  
DESY



# Auf dem Laufenden bleiben

- ▶ Newsletter/Magazin „teilchenwelten“ (ca. 3 x pro Jahr)  
<https://www.teilchenwelt.de/aktuelles/magazin-teilchenwelten/>
- ▶ Zusätzlicher Email-Verteiler (ca. 6 x pro Jahr)
  - Informationen zu überregionalen Angeboten für Ihre Schülerinnen und Schüler (z.B. CERN-Workshops, -Projektwochen, überregionale Angebote)
  - Informationen zu Materialien für Lehrkräfte für den Unterricht (Neuerscheinungen, Nachdrucke, ...)
  - Informationen zum überregionalen Fortbildungsprogramm des Projekts „Forschung trifft Schule“
- ▶ Hier können Sie sich anmelden und auswählen, welche Informationen Sie erhalten möchten.

Sie sind hier: Aktuelles > Anmelden

### Newsletter

Hier können Sie den Newsletter „TEILCHENWELTEN“ bestellen, der dreimal jährlich erscheint. Mehr zu unserem Newsletter sowie die bisherigen Ausgaben finden Sie hier. Zusätzlich informieren wir Jugendliche, Lehrkräfte und Projektleiter auf Wunsch gerne per Mail über aktuelle Veranstaltungen und Angebote von Netzwerk Teilchenwelt.

Mit dem Abonnement bestätigen Sie, dass Sie die Hinweise zum Datenschutz gelesen haben und damit einverstanden sind. Eine Abbestellung des Newsletters per Mail an info@teilchenwelt.de ist jederzeit möglich.

E-Mail:

Ich möchte zusätzlich per Mail Informationen für Jugendliche erhalten (z.B. zu CERN-Workshops, Projektwochen, Wettbewerbe etc.)

Ich möchte zusätzlich per Mail Informationen für Lehrkräfte und Projektleiter erhalten (z.B. zu CERN-Workshops, Fortbildungen etc.)

### Kontakt

Projektkoordination Dresden  
Netzwerk Teilchenwelt  
TU Dresden  
Institut für Kern- und Teilchenphysik  
Zeilischer Weg 99  
01069 Dresden  
Germany  
Telefon: +49 (0)351 463 33780  
Fax: +49 (0)351 463 33114  
mail@teilchenwelt.de

### Mitmachen

Wie im Netzwerk als Forscher\*in oder Mitarbeiter\*in aktiv werden möchte, kann sich hier anmelden. Wir informieren Sie Euch dann über Möglichkeiten, sich im Netzwerk zu qualifizieren, zum Beispiel durch die Organisation oder Umgehung von Masterclasses sowie Projekten zur Teilchen- oder Astroteilchenphysik.



# Kontakt aufnehmen

- ▶ Nahegelegenen Standort suchen
- ▶ Angebote des Standorts erfragen oder eigene Idee einbringen
- ▶ Mail: [\[Stadt\]@teilchenwelt.de](mailto:[Stadt]@teilchenwelt.de)

Sie sind hier: Aktuelles > Standorte

## Standorte: Im Netzwerk aktive Institute

Die folgenden Institute haben sich im Netzwerk Teilchenwelt zusammengeschlossen, um Astro-/Teilchenphysik für Jugendliche, Lehrkräfte und Projektleiter zu vermitteln und erlebbar zu machen:

### Max-Planck-Institut für Physik (Werner-Heisenberg-Institut)

**Kategorie:** Teilchenphysik-Angebote, International Masterclasses, Fortbildung  
Lehrkräfte/Projektleiter



In Zusammenarbeit der LMU München und des Max-Planck-Instituts für Physik (Werner-Heisenberg-Institut) werden angeboten:

**Teilchenphysik-Angebote**, bei denen NachwuchswissenschaftlerInnen in Schulen oder anderen Einrichtungen eine Einführung in die Teilchenphysik geben und Jugendliche echte Daten vom CERN analysieren.

**International-Masterclasses**, zu denen jedes Jahr im März über 200 Forschungseinrichtungen aus aller Welt einladen: Jugendliche messen echte Daten vom CERN und diskutieren ihre Ergebnisse bei einer internationalen Videokonferenz.

**Teilchenphysik-Fortbildungen** für Lehrkräfte und Projektleiter, die es den TeilnehmerInnen ermöglichen, mehr über aktuelle Forschung in der Teilchenphysik zu erfahren und Teilchenphysik-Masterclass zu erproben, die sie an der eigenen Schule oder Einrichtung organisieren können.

**Straße:** Fohringer Ring 6

**PLZ/Ort:** 80805 München

**Telefon:** 0 89 - 32 35 42 92

**Website:** <https://www.mpp.mpg.de/physik-fuer-alle/schulprogramm/>

**E-Mail:** [muenchen@teilchenwelt.de](mailto:muenchen@teilchenwelt.de)

**Ansprechpartner:** Barbara Wankel



Hinweis: Bei Klick auf die Karte gelangen Sie zu Google Maps.



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

[mail@teilchenwelt.de](mailto:mail@teilchenwelt.de)



PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG