



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# Netzwerk Teilchenwelt

Die Tür zur Welt der kleinsten Teilchen  
für Jugendliche und Lehrkräfte

Philipp Lindenau

Kristof Schmieden

*Forschung trifft Schule Bad Honnef*

23.-24.01.2025



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

- ▶ **Mehr als 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!**



Genf  
●

● Projektleitung, Teilprojekte, Knotenpunkte  
● Standort  
● neuer Standort



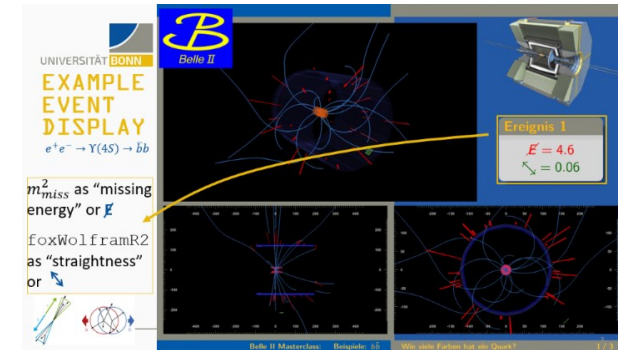
# Übersicht

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

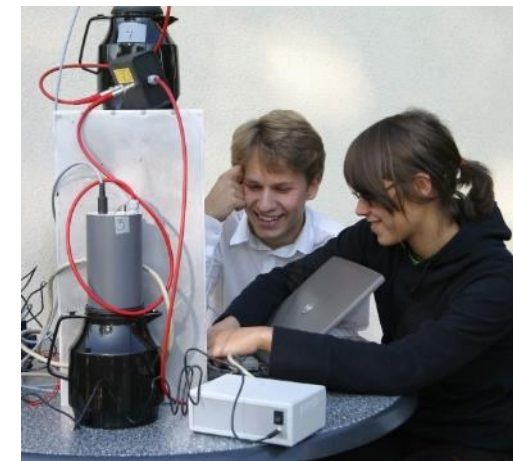
# Aktivitäten für Jugendliche

## 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

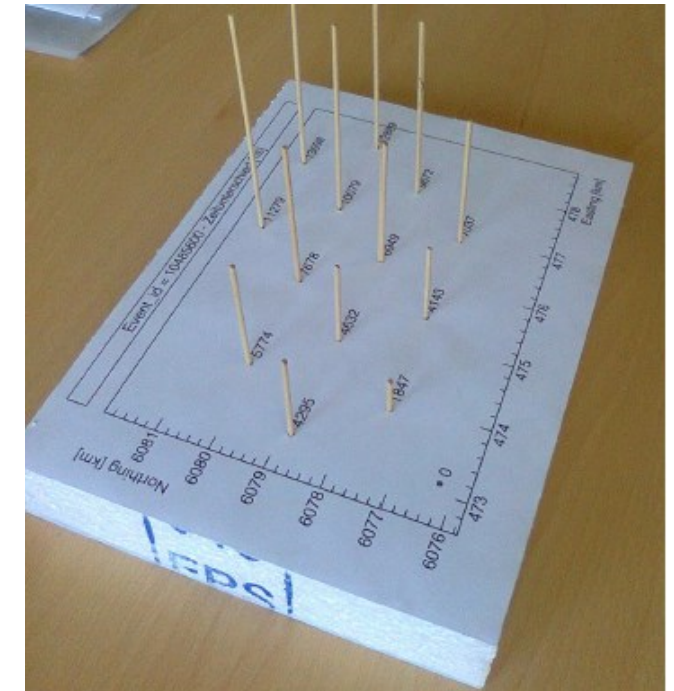
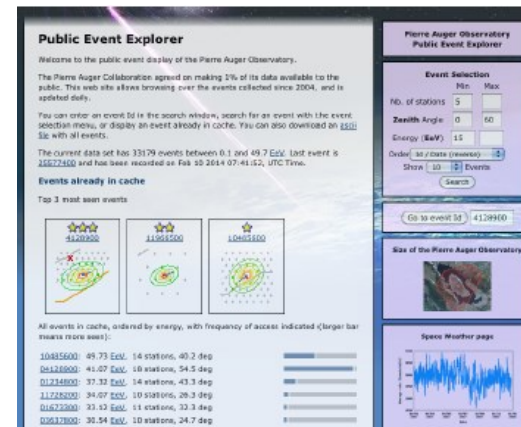
# Aktivitäten für Jugendliche – Beispiel Masterclass

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	



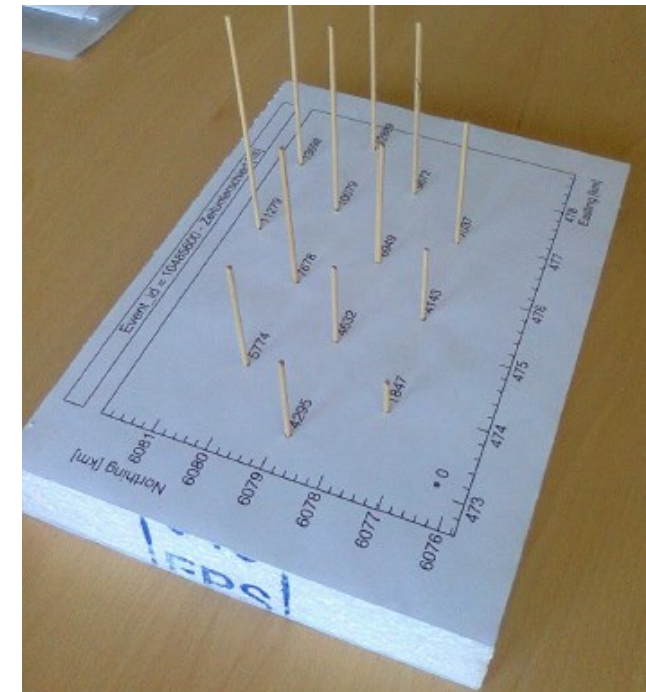
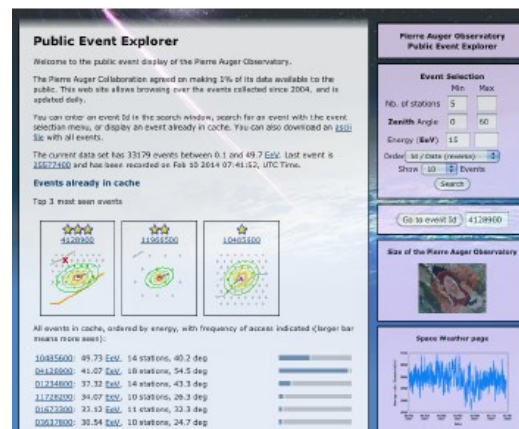
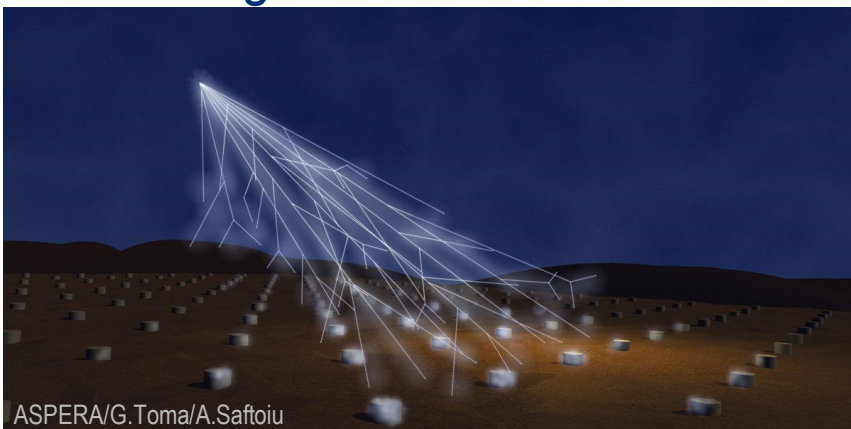
# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



## ► IceCube

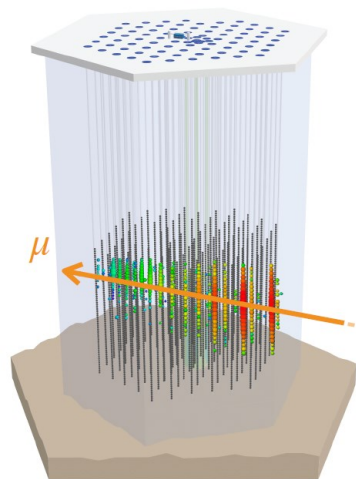
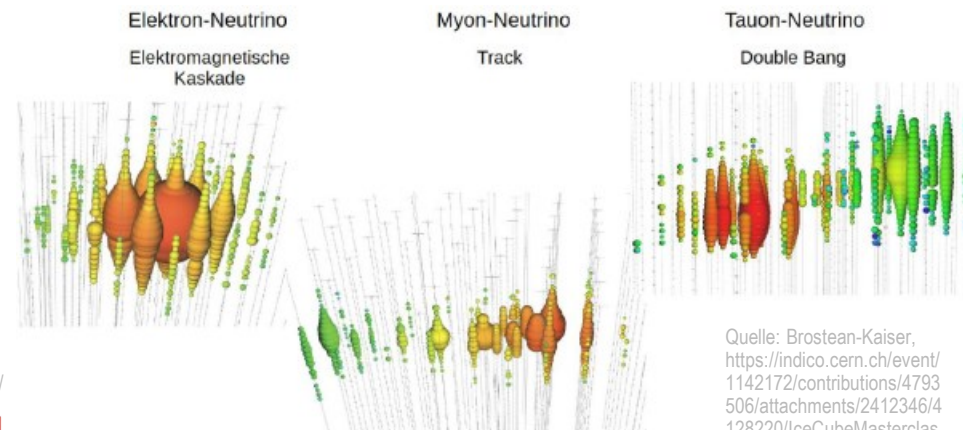


Abb.: Cristina Lagunas Gualda, <https://arxiv.org/abs/1612.05093>

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

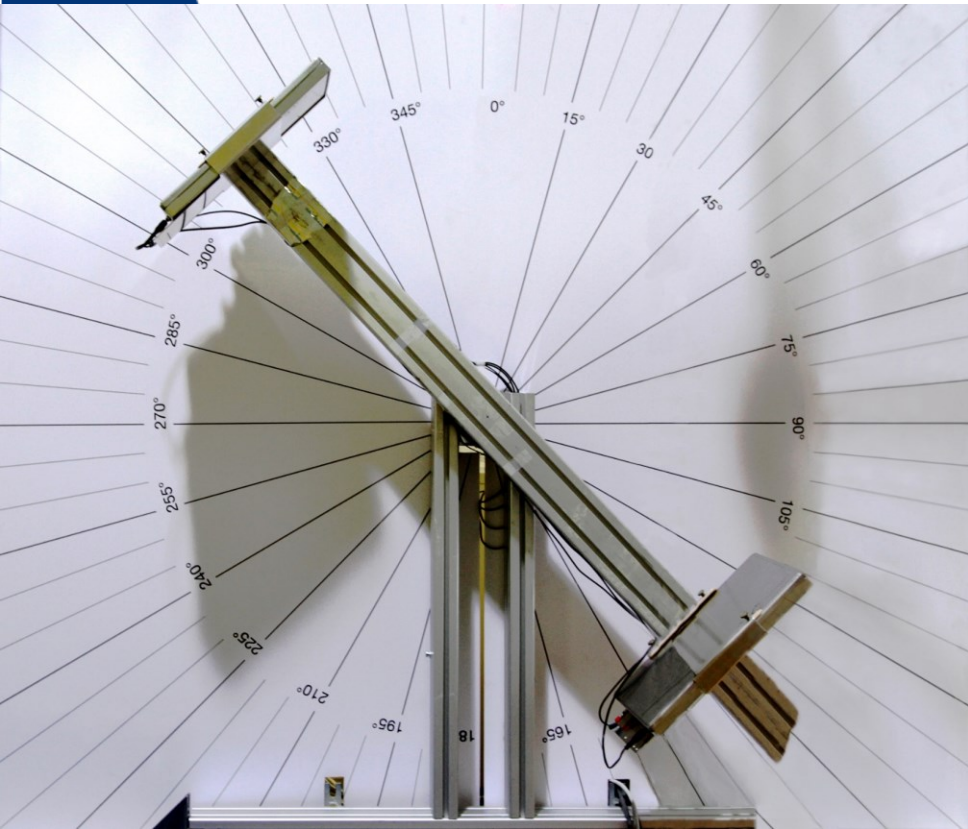


Abb.: Carolin Schwerdt

# 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



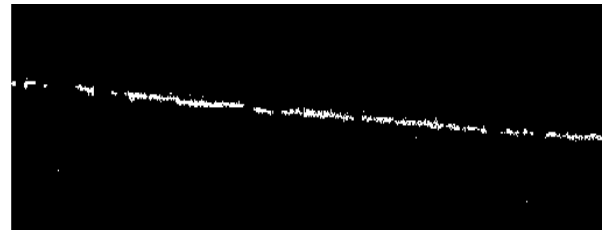
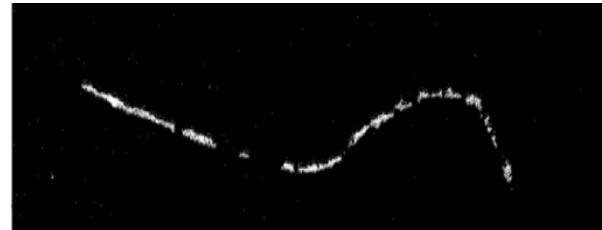
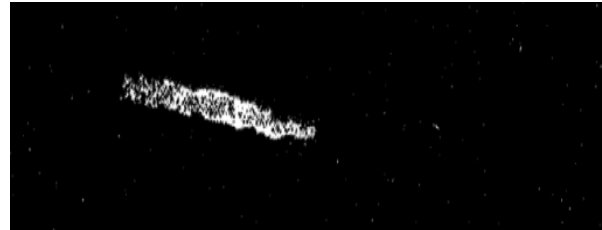
► Anleitung mit Kopiervorlagen, Hintergrundwissen, weiterführenden Links

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

# Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

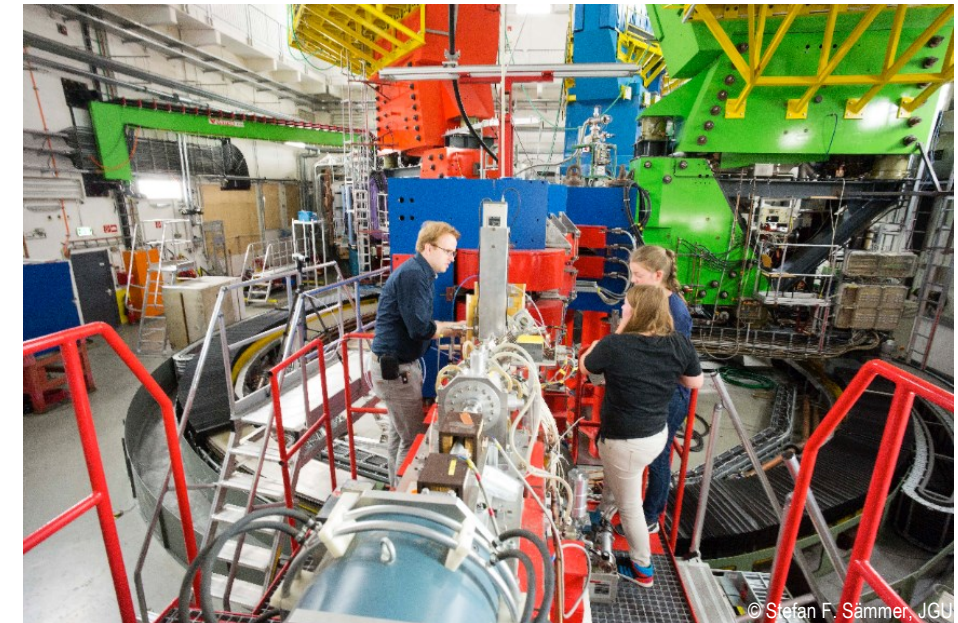
## Identifikation von Teilchenspuren

- 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



# Vertiefungsprogramm am Knotenpunkt Mainz

- ▶ Teilchenphysik-Akademie
- ▶ 12-20 Jugendlichen pro Jahr
- ▶ 5-10 Tage
- ▶ Sommerferien 2025 (2024: 30.07. – 08.08.)
- ▶ Vorlesungen und Besichtigungen
  - Nature of Science, MAMI
- ▶ Experimente in Kleingruppen
  - Flüssigszintillatoren
  - Gasbasierte Detektoren
  - Datenanalyse und Simulation
- ▶ Präsentation der Ergebnisse



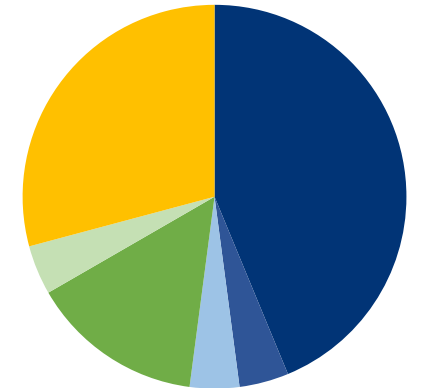
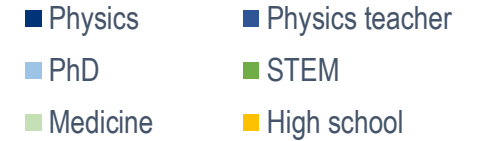
© Stefan F. Sämmer, JGU

# Und danach...?



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

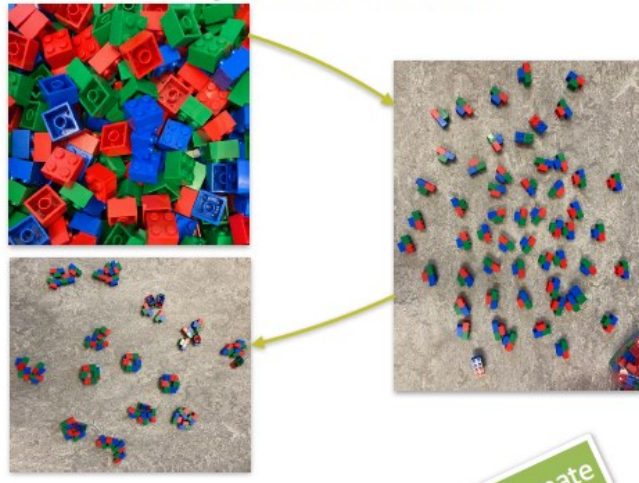
- Ca. 200 Fellows, 50% weiblich
- Alumni von weiterführenden Angeboten
- Lokale Angebote: Praktikum, Exkursion, Seminar, Stammtisch, Outreach Veranstaltungen etc.
- Frühzeitig Anbindung an Forschungsgruppen
- Weiterbildungsangebote wie „Ask the Expert“



# Angebote für U15

- ▶ 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...**

Elektronen Quarks

**2. Weniger als 1 Sekunde alt...**

Protonen  
zwei Up-Quarks oben  
ein Down-Quark unten

Neutronen  
ein Up-Quark oben  
zwei Down-Quarks unten

Das Universum ist eine sehr heiße und sehr dichte Suppe verschiedener Teilchen, darunter Elektronen und farbige Quarks. Die farbigen Quarks bilden Dreiergruppen; ein rotes, ein blaues und ein grünes. Zwei dieser Gruppen sind die Protonen aus zwei Up- und einem Down-Quark und Neutronen aus einem Up- und zwei Down-Quarks.

**3. Eine Minute alt...**

Neutron Proton Proton

Deuterium (Wasserstoff) Helium-3 Helium-3 Helium-4 Proton (Wasserstoff) Proton (Wasserstoff)

Protonen und Neutronen vereinen sich zu Atomkernen neuer chemischer Elemente, verschiedene Kerne des Wasserstoff und Helium.

**4. 380,000 Jahre alt...**

Wasserstoffatome Heliumatome

Das Universum ist soweit abgekühlt, dass die positiven Wasserstoff- und Heliumkerne negative Elektronen einfangen und stabile elektrisch, neutrale Atome bilden können.

**5. 100 Millionen Jahre alt...**

SCHWERMETALLE

Große Gaswolken stürzen durch die Schwerkraft in sich zusammen und bilden die ersten Sterne. Wasserstoff und Helium werden so heiß, dass die Elektronen genug Energie besitzen, um sich von den Atomen zu lösen.

Helium-4 Helium-4 Helium-4 Kohlenstoff

Unter extremer Hitze und Druck verschmelzen die Kerne zu schwereren chemischen Elementen wie Kohlenstoff. Füge wie ein Stern mehr Helium-4 zu deinem Kern hinzu und finde heraus, welche Elemente du erzeugen kannst!

**6. Wie geht es weiter?**

UNSER UNIVERSUM DEHNT SICH AUS. ALLES ENTFERNT SICH VONEINANDER.

Wir wissen nicht, wie das Universum endet. Es könnte sich immer weiter ausdehnen oder in einem Big Crunch zusammenfallen. Wie geht es in deinem Universum weiter?

www.weltmaschine.de

More in the book  
**PARTICLE PHYSICS**  
BRICK BY BRICK  
www.benstill.com

Präsentiert von  
NETZWERK TEILCHENWELT  
WELT MASCHINE  
Queen Mary University of London  
WWU MÜNSTER



# 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

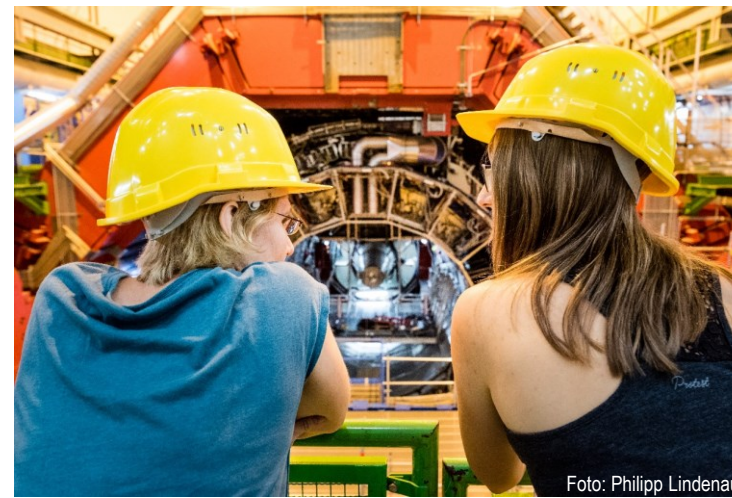
- ▶ **Basisprogramm:**
  - 2 tägige Fortbildung
- ▶ **Vertiefungsprogramm:**
  - Jährlich: CERN Summer School
  - Eine Woche im Juli / August
- ▶ **Digitale Fortbildungen:**
  - Von der Kollision zur Entdeckung
  - Cosmic@Web Workshops
  - Mehrwöchige Veranstaltungsreihen



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# CERN Summer School

- ▶ **2025: 27.07.-02.08.**
- ▶ <https://indico.cern.ch/e/cernsummerschool2025>
- ▶ **Bewerbung: April**
- ▶ **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

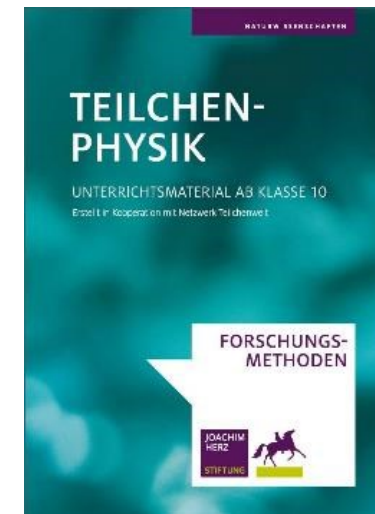
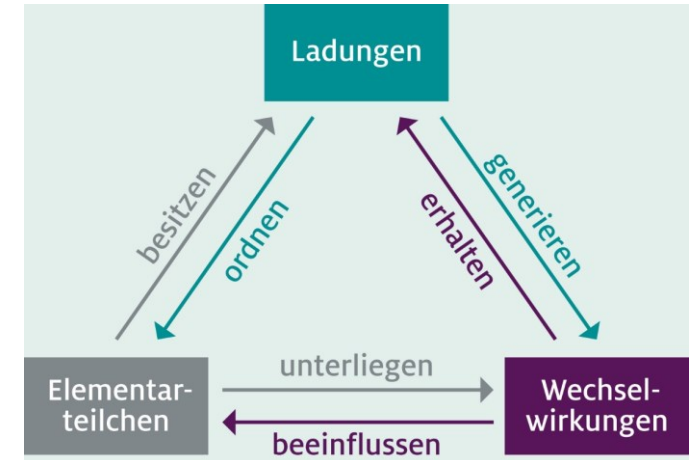


# Band 1: Ladungen, Wechselwirkungen u. Teilchen

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

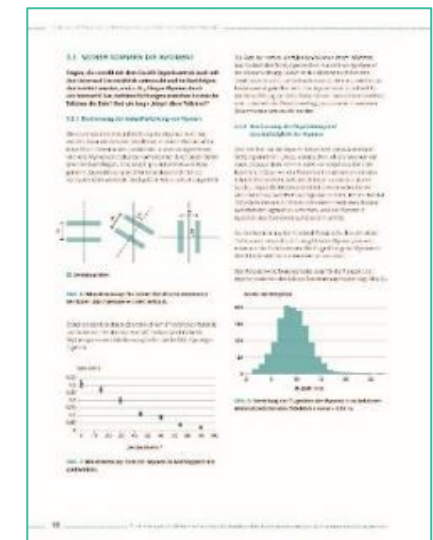
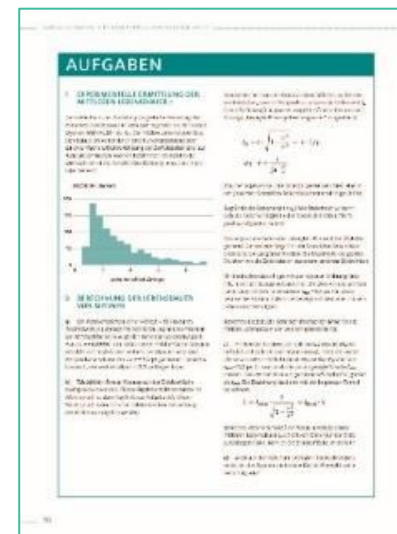
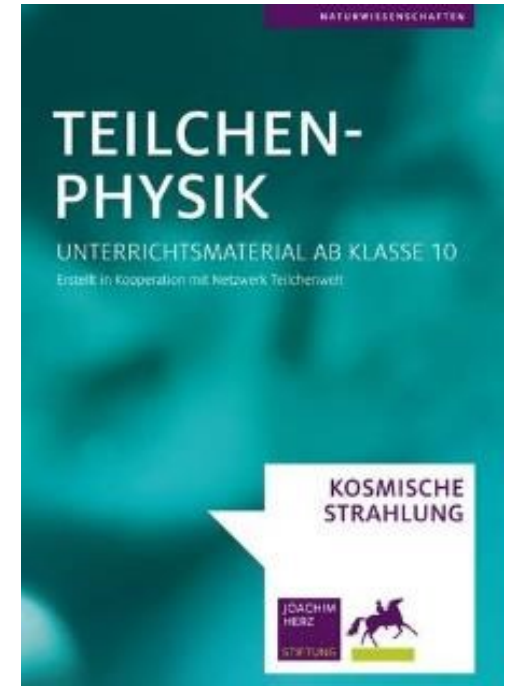
## Band 2: Forschungsmethoden

- ▶ 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



# 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 / ANLEITUNGSPUNKTE**

Die Aegis-Kampagne ist eine Initiative der Aegis-Gruppe, die sich für die Förderung der Jugendberufshilfe (JBH) einsetzt. Die JBH ist ein Angebot für junge Menschen, die nach der Schule keinen Ausbildungsstellenplatz gefunden haben. Die Aegis-Gruppe unterstützt die JBH durch finanzielle Mittel und Sachleistungen. Die Aegis-Gruppe ist ein Unternehmen, das sich für die Förderung der Jugendberufshilfe einsetzt. Die Aegis-Gruppe ist ein Unternehmen, das sich für die Förderung der Jugendberufshilfe einsetzt.

**2.2 WAAGERECHTER WURF MIT ANTI-WASSERSTOFF – DAS AEGIS-EXPERIMENT AM GYM**

Das Aegis-Experiment ist ein Experiment, das die Bewegung von Anti-Wasserstoff in einem waagerechten Wurf untersucht. Die Aufgabe besteht darin, die Flugbahn eines Anti-Wasserstoffatoms zu berechnen, das von einer Höhe  $h$  mit einer horizontalen Geschwindigkeit  $v_0$  abgeworfen wird. Die Flugbahn ist eine Parabel, die durch die Gleichung  $y = h - \frac{1}{2}gt^2$  beschrieben wird, wobei  $y$  die vertikale Position,  $h$  die Starthöhe,  $g$  die Erdbeschleunigung und  $t$  die Zeit seit dem Abwurf ist. Die horizontale Bewegung ist durch  $x = v_0t$  beschrieben, wobei  $x$  die horizontale Distanz ist.

**INFORMATIONEN**

**AUFGABEN**

1. Berechnung der Flugbahn: Gegeben:  $h = 1,5 \text{ m}$ ,  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ . Berechnen Sie die Flugbahn des Anti-Wasserstoffatoms. Zeichnen Sie die Flugbahn in ein Koordinatensystem mit der x-Achse in die Flugrichtung und der y-Achse in die Fallrichtung.
2. Zeit bis zum Auftreffen: Berechnen Sie die Zeit  $t$ , die das Anti-Wasserstoffatom benötigt, um die Höhe  $h$  zu erreichen.
3. Horizontale Distanz: Berechnen Sie die horizontale Distanz  $x$ , die das Anti-Wasserstoffatom zurücklegt, bevor es die Höhe  $h$  erreicht.
4. Geschwindigkeit beim Auftreffen: Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v$  des Anti-Wasserstoffatoms zum Zeitpunkt des Auftreffens auf die Höhe  $h$ .

## AUFGABEN



**1. Berechnung der Flugbahn:** Gegeben:  $h = 1,5 \text{ m}$ ,  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ . Berechnen Sie die Flugbahn des Anti-Wasserstoffatoms. Zeichnen Sie die Flugbahn in ein Koordinatensystem mit der x-Achse in die Flugrichtung und der y-Achse in die Fallrichtung.

**2. Zeit bis zum Auftreffen:** Berechnen Sie die Zeit  $t$ , die das Anti-Wasserstoffatom benötigt, um die Höhe  $h$  zu erreichen.

**3. Horizontale Distanz:** Berechnen Sie die horizontale Distanz  $x$ , die das Anti-Wasserstoffatom zurücklegt, bevor es die Höhe  $h$  erreicht.

**4. Geschwindigkeit beim Auftreffen:** Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v$  des Anti-Wasserstoffatoms zum Zeitpunkt des Auftreffens auf die Höhe  $h$ .

**INFORMATIONEN**

Das Aegis-Experiment ist ein Experiment, das die Bewegung von Anti-Wasserstoff in einem waagerechten Wurf untersucht. Die Aufgabe besteht darin, die Flugbahn eines Anti-Wasserstoffatoms zu berechnen, das von einer Höhe  $h$  mit einer horizontalen Geschwindigkeit  $v_0$  abgeworfen wird. Die Flugbahn ist eine Parabel, die durch die Gleichung  $y = h - \frac{1}{2}gt^2$  beschrieben wird, wobei  $y$  die vertikale Position,  $h$  die Starthöhe,  $g$  die Erdbeschleunigung und  $t$  die Zeit seit dem Abwurf ist. Die horizontale Bewegung ist durch  $x = v_0t$  beschrieben, wobei  $x$  die horizontale Distanz ist.

## Kapitel zur Teilchenphysik

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

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

Das Prinzip der Vereinfachung

- > Wechselwirkungen
- > Kopplungsparameter
- > Teilchen und Anti-Teilchen
- > Elektromagnetische Wechselwirkung

Das Standardmodell der Teilchenphysik

- > Botenteilchen
- > Symmetrien und Erhaltungssätze
- > Starke Wechselwirkung
- > Teilchenphysikaspekte in der klassischen Physik

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	$u, u, u$ $d, d, d$	$c, c, c$ $s, s, s$	$t, t, t$ $b, b, b$	starke Wechselwirkung (Gluonen)

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	$10^{-13} \text{m}$ (Protonendurchmesser)	$10^{-16} \text{m}$ ( $\frac{1}{3000}$ 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

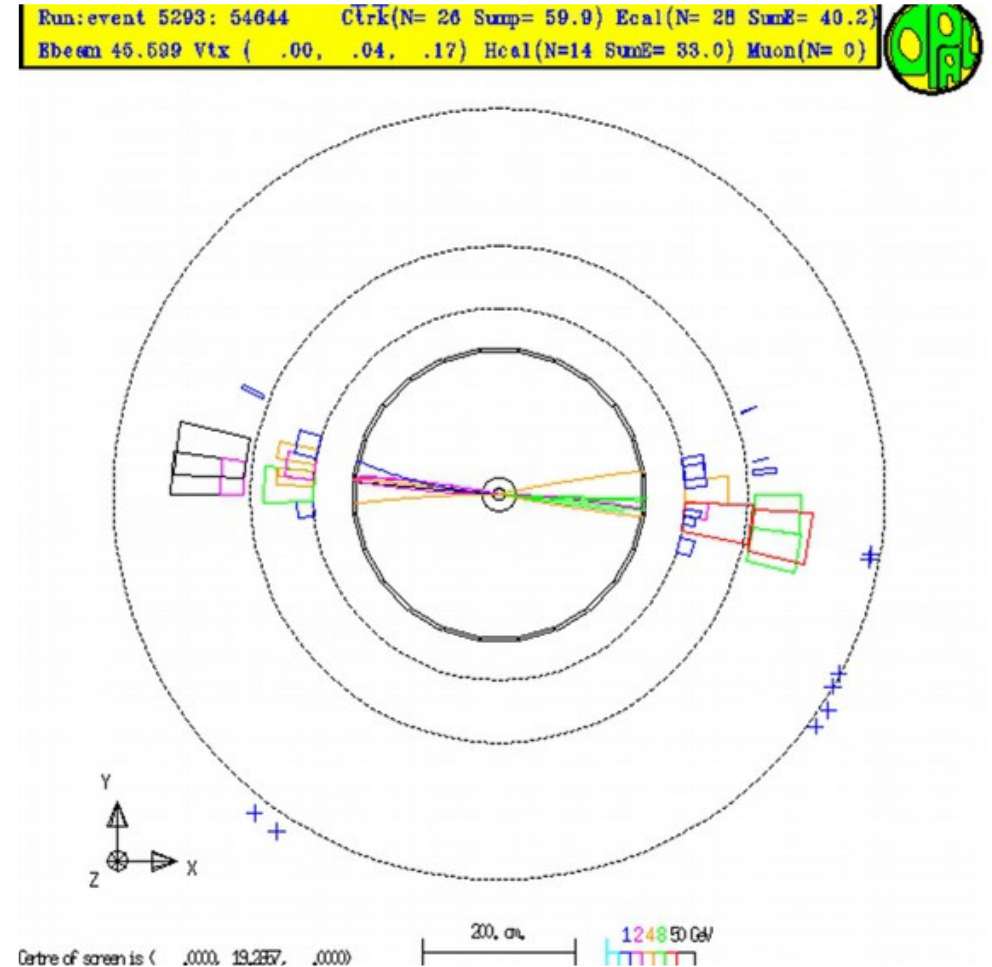
BOTENTEILCHEN UND HIGGS-TEILCHEN				
<p><b>Z-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983</p> <p><b>Z</b></p> <p>BOTENTEILCHEN</p> <p>Masse: <math>\sim 91200 \frac{m_p}{c^2}</math></p> <p>Elektrische Ladungszahl: 0</p> <p>Starker Farbladungsvektor: farblos <math>\vec{0}</math></p> <p>Schwache Ladungszahl: 0</p> <p>Mittlere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

 [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





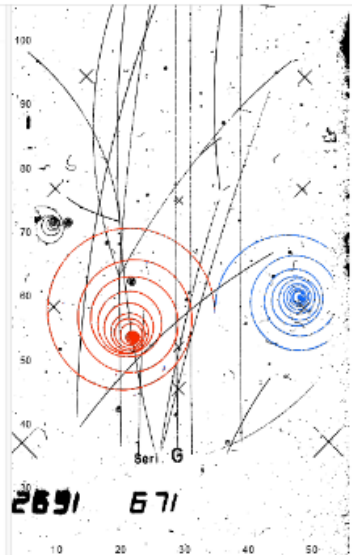
# Blasenkammeraufnahmen / GeoGebra

- ▶ 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.

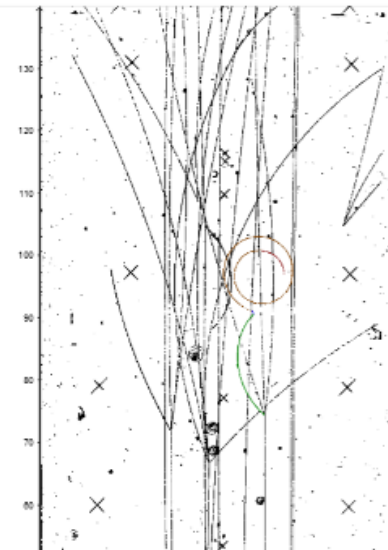
Mit dem Knopf "Weiter" unten rechts gelangst du zur ersten Aufgabe.

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.

$\pi^0$      $\pi^+$      $\pi^-$

Zurück

Weiter

# Materialsammlung

- ▶ Hintergrundinformationen und Arbeitsblätter zu
  - Teilchenphysik - Forschung und Anwendungen
  - ATLAS-Detektor
- ▶ Download

**ARBEITSBLATT**  
 **DER ATLAS-DETEKTOR**  
 ARBEITSBLATT 3: ZUSAMMENFASSUNG

**1a. Halbleiter-Spurdetektor**

Nachgewiesene Teilchen: 

Physikalische Größe(n):

Beschreibung des Prozesses:

**1b. Übergangstrahldetektor**

Nachgewiesene Teilchen: 

Physikalische Größe(n):

Beschreibung des Prozesses:

**2a. Elektromagnetisches Kalorimeter**

Nachgewiesene Teilchen: 

Physikalische Größe(n):

Beschreibung des Prozesses:

**2b. Hadronisches Kalorimeter**

Nachgewiesene Teilchen: 

Physikalische Größe(n):

Beschreibung des Prozesses:


**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 Zuckerverbindung, 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.

**Tumortherapie 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.



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






 **NETZWERK  
 TEILCHENWELT**



**MATERIALSAMMLUNG**  
 KONTEXTMATERIALIEN FÜR LEHRKRÄFTE

Dieser Rechner enthält gesammelte Materialien von Netzwerk Teilchenwelt für Lehrkräfte, die zur Einführung in die Teilchenphysik verwendet werden können. Sie eignen sich insbesondere zur Vor- und Nachbereitung von Abstraktvorträgen, 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.

**UNIVERSITÄT** **NAME** **IDENTIFIKATION** **ANMERKUNGEN**

# Feynman-Rhombino

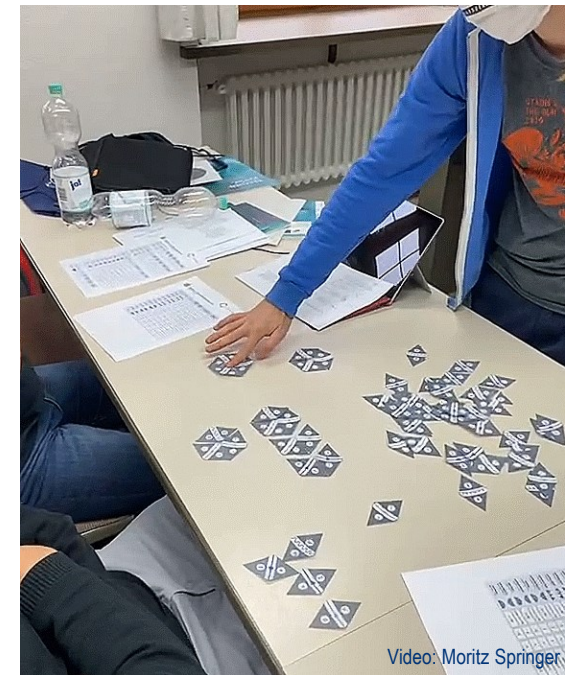
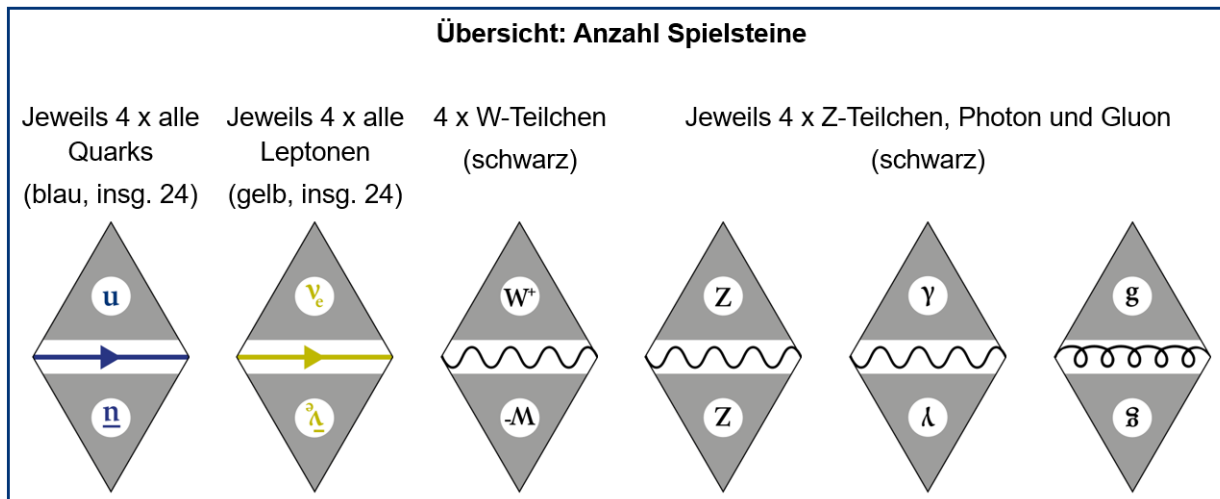


Foto: Philipp Lindenau

# 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](#)



# Quark-Tower

- ▶ Aus Jenga-Steinen selbst herstellbar
- ▶ Online-Anleitung demnächst verfügbar



# Quark-Tower @ URKNALL UNTERWEGS

► Für unserer Wanderausstellung entwickelt



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

ESCAPE RADON !


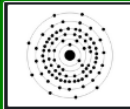

KAPITEL I: DIE UMWANDLUNG VON RADON

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

UMWANDLUNGSPRODUKT 1	UMWANDLUNGSPRODUKT 2	UMWANDLUNGSPRODUKT 3
<input type="text" value="z.B. Rn-222"/>	<input type="text" value="z.B. Rn-222"/>	<input type="text" value="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 auf [www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de)

***„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**

# 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. Masterclasses, Teilchenphysik-Akademie, 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](mailto:info@teilchenwelt.de) ist jederzeit möglich.

### E-Mail\*

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

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

Abbestellen

## Mitmachen

Wer im Netzwerk als Ratschaberin oder Multiplikatorin 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 Umgestaltung von Masterclasses sowie Projekten zur Teilchen- oder Astroteilchenphysik.

## Kontakt

Projektkoordination Dresden  
Netzwerk Teilchenwelt  
TU Dresden  
Institut für Kern- und Teilchenphysik  
Zellercher Weg 19  
01069 Dresden  
Germany  
Telefon: +49 (0)351 463 33760  
Fax: +49 (0)351 463 33114  
[mail@teilchenwelt.de](mailto:mail@teilchenwelt.de)



# Kontakt aufnehmen

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

The screenshot shows the website 'teilchenwelt.de/ueber-uns/standorte/'. The page features a navigation bar with 'Über uns', 'Aktuelles', 'Angebote', and 'Materialien'. Below the navigation bar, there is a list of activities with checkboxes, all of which are checked:

- CosMO-/Kamiokanne-Experimente
- Forschungspraktika
- Lehrerfortbildungen
- Masterclasses
- Nebelkammern
- Projektwochen
- Schülerforschungsarbeiten
- Streubretter
- Summer School

Below the list is a map of Europe with several blue circular markers indicating the locations of the network's activities. The markers are concentrated in Central Europe, including Germany, Poland, and the Czech Republic. The map also shows major cities and geographical features across the continent.

# Andere Angebote für Jugendliche

## ▶ Science Camp Physik in Karlsruhe

- <https://www.zml.kit.edu/sciencecamp-physik.php>

## ▶ DESY Ferienseminar in Hamburg

- [https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/standort\\_hamburg/ferienseminar/index\\_ger.html](https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/standort_hamburg/ferienseminar/index_ger.html)

## ▶ Physikprojekttage in Hamburg

- <https://www.ppt.uni-hamburg.de/>

## ▶ Physikprojekttage in Kiel

- <https://ppt.physik.uni-kiel.de/>

## ▶ Physikprojekttage in Aachen

- <https://ppt.physik.rwth-aachen.de/>

## ▶ Bonner Schülerakademie Physik/Astronomie

- <https://www.physik-astro.uni-bonn.de/de/oeffentlichkeit/bonner-schuelerakademie-physik-astronomie>



[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