



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# Netzwerk Teilchenwelt

Die Tür zur Welt der kleinsten Teilchen  
für Jugendliche und Lehrkräfte

Philipp Lindenau  
Tobias Patrick Treczoks

*Forschung trifft Schule Jülich*

15.-17.04.2024



NETZWERK  
TEILCHENWELT

# Besuche am CERN

<https://visit.cern/>

## Was ist besuchbar?

- ▶ Science Gateway (Di.-So.) (Gruppen 9 Monate vorher buchen)
  - verschiedene Exhibitions mit interaktiven Dingen
  - Education Labs (können für Schulgruppen gebucht werden)
  - Science Shows in Englisch & Französisch (ohne Anmeldung)
- ▶ Visit Points auf dem CERN Gelände (9 Monate vorab buchbar)
- ▶ Kostenfrei
- ▶ Deutschsprachige Guides möglich







# CERN Science Gateway





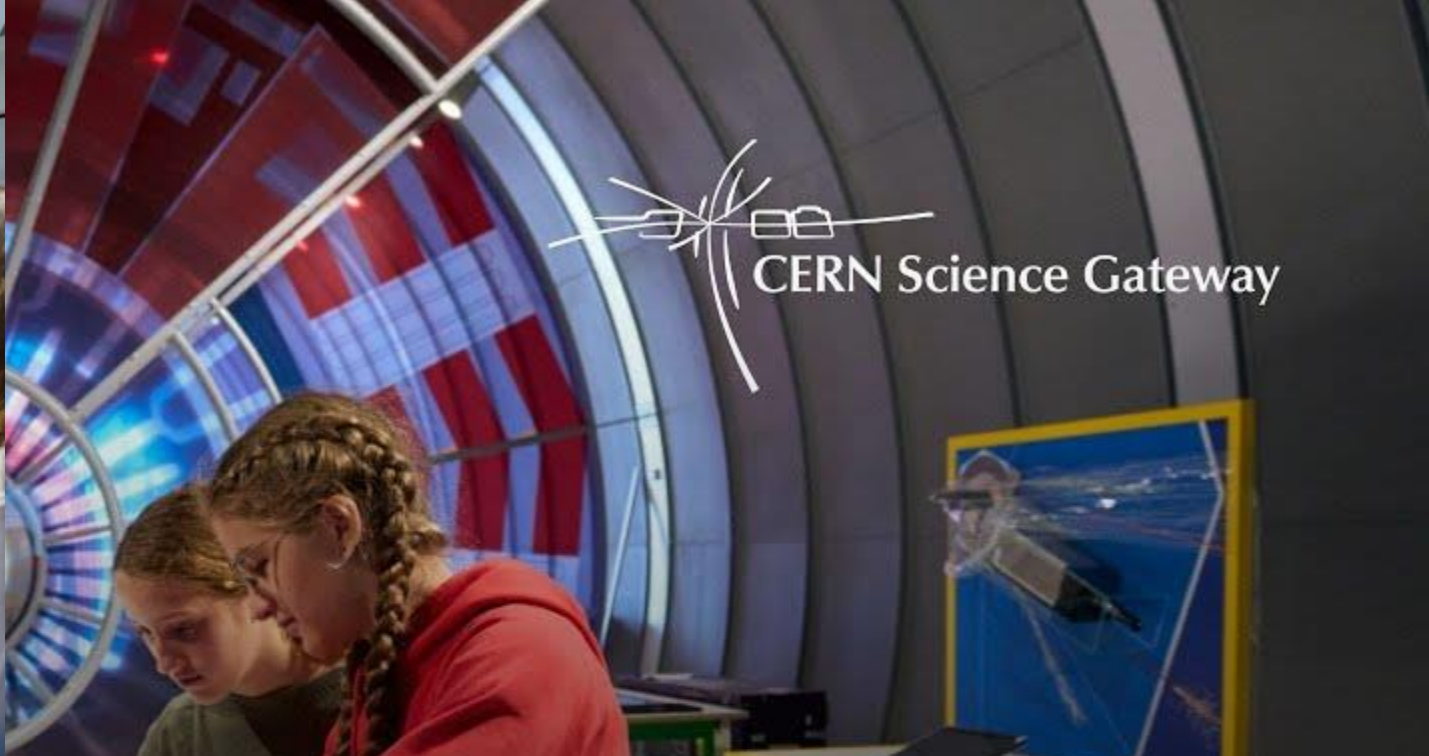


CERN Science Gateway

# The making of a dream: CERN Science Gateway

Education • CERN



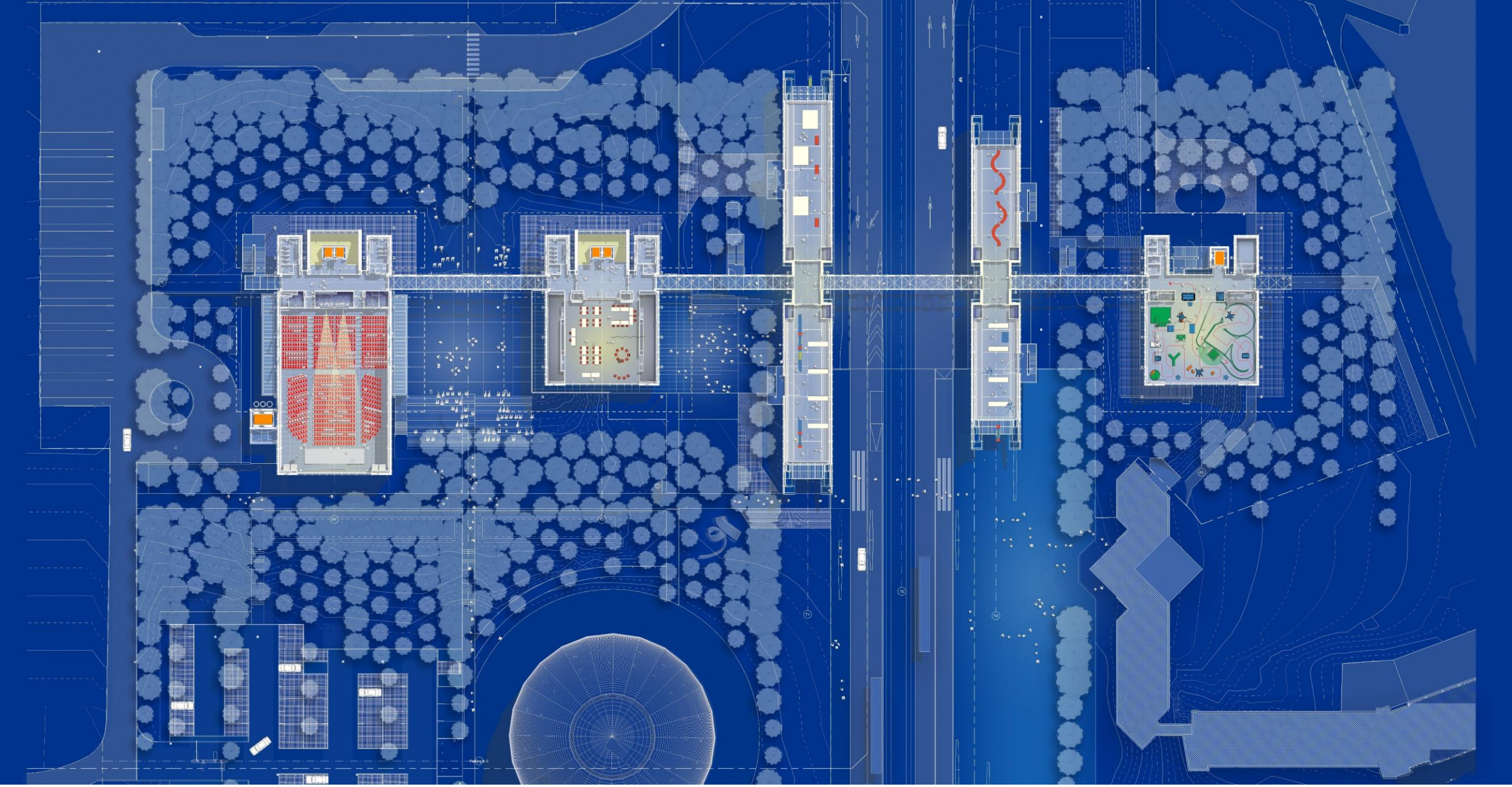


 CERN Science Gateway

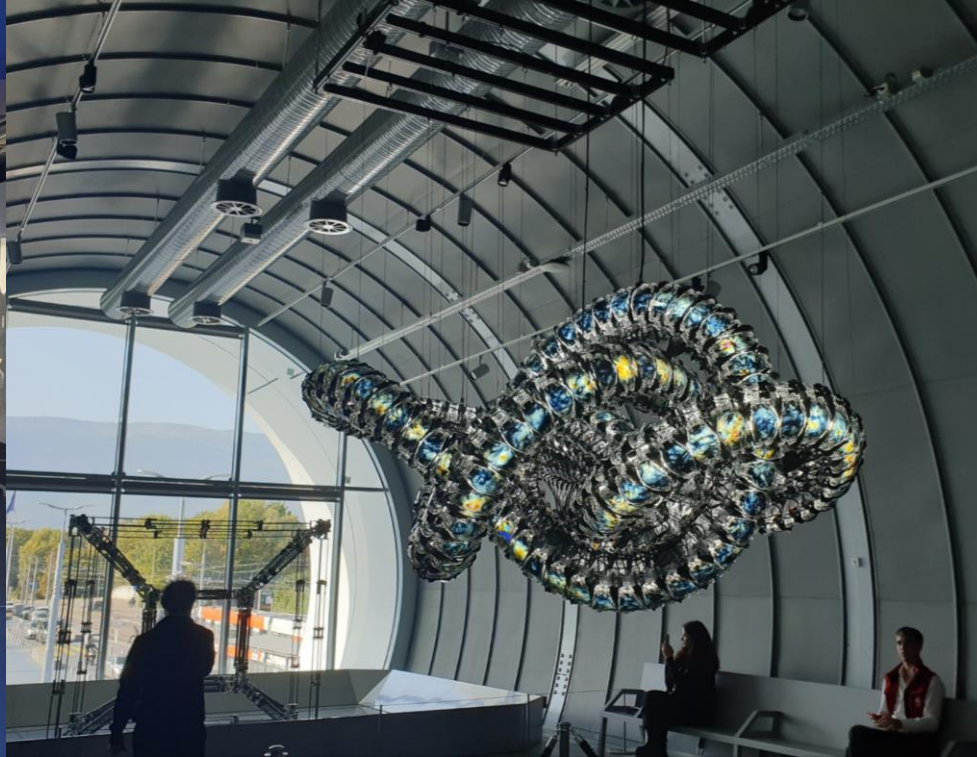
# The making of a dream: CERN Science Gateway

Education • CERN













# 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

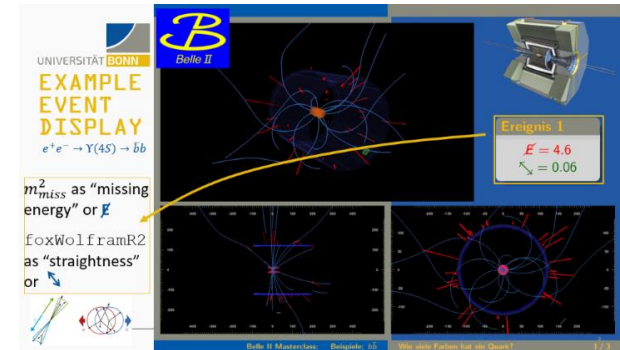
- ▶ Was ist das Netzwerk Teilchenwelt?
- ▶ **Aktivitäten für Jugendliche**
- ▶ Aktivitäten für Lehrkräfte
- ▶ Unterrichtsmaterialien
- ▶ Weitere Angebote



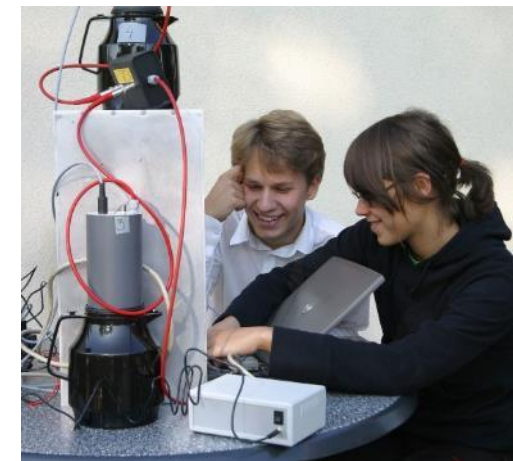
# Aktivitäten für Jugendliche

## 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

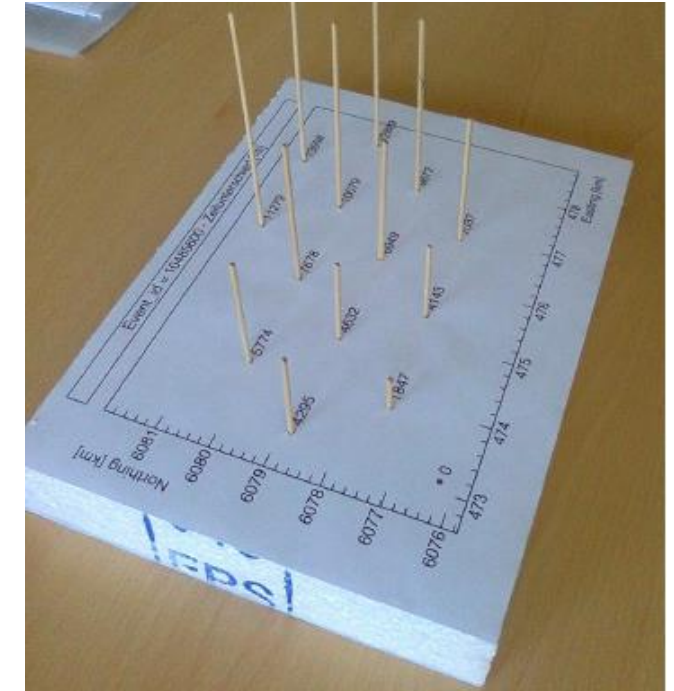
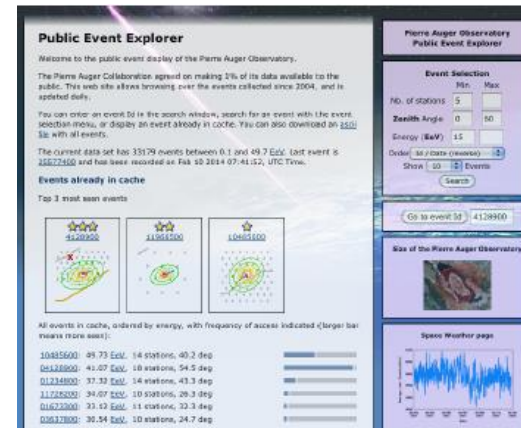
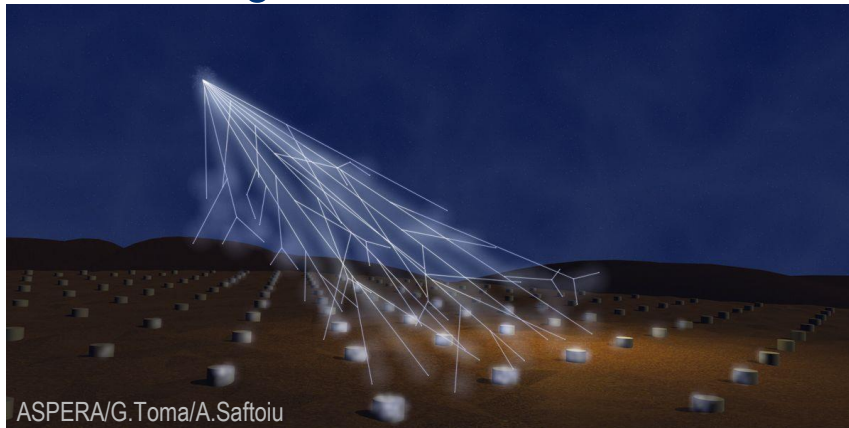


# Aktivitäten für Jugendliche – Beispiel Masterclass

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

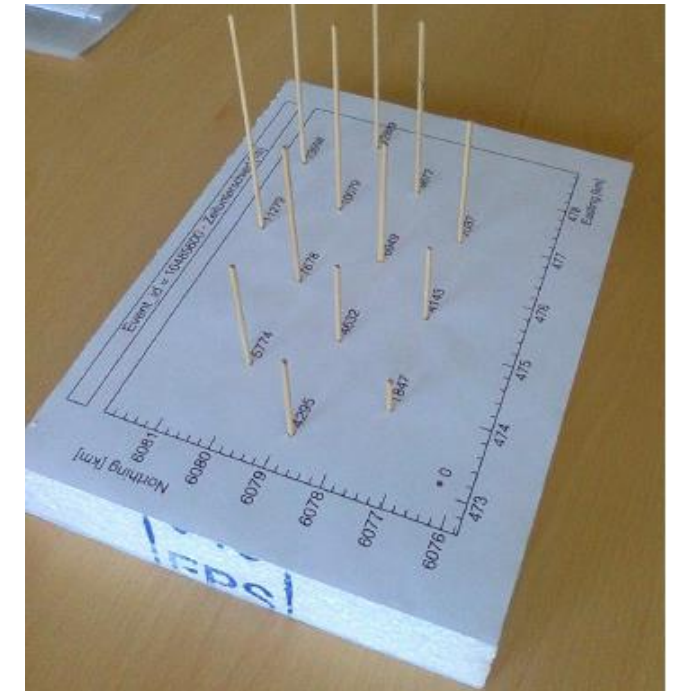
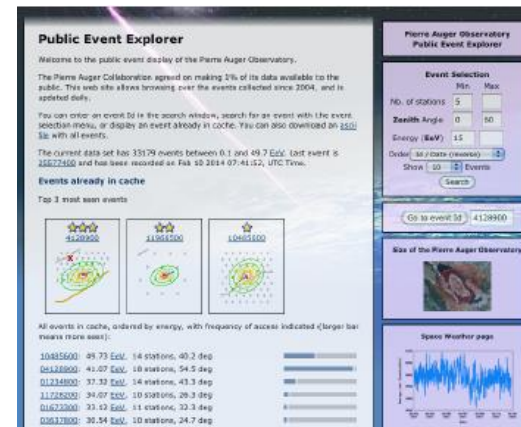
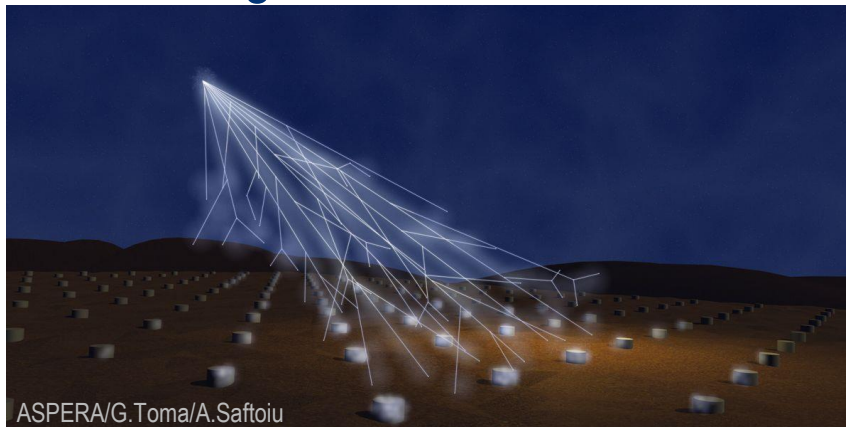
## ► Pierre-Auger-Observatorium





# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



## ► IceCube

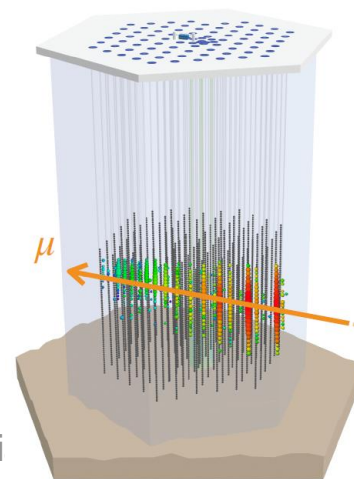
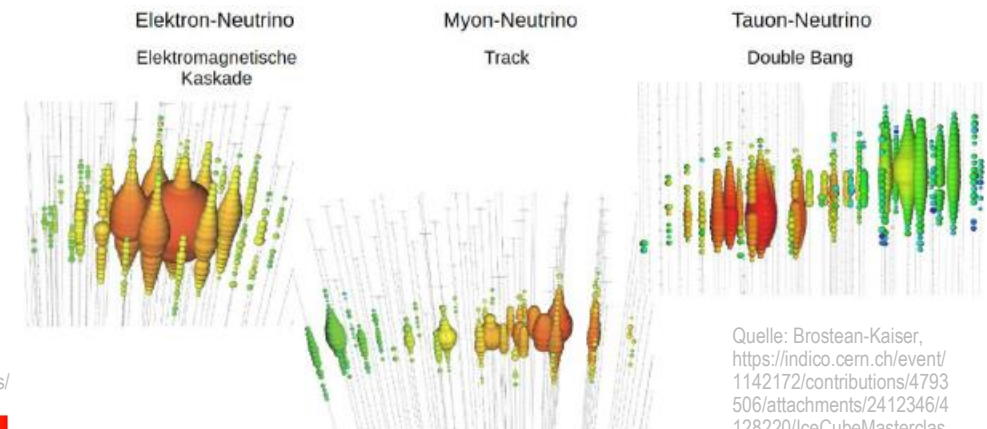


Abb.: Cristina Lagunas Gualda, <https://arxiv.org/abs/1612.05093>

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

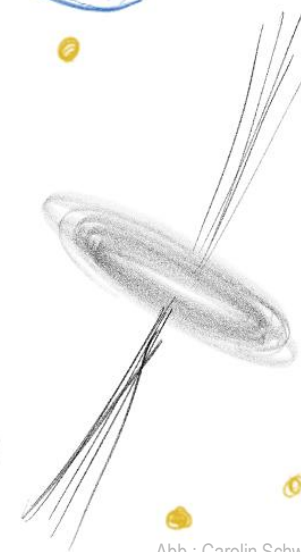
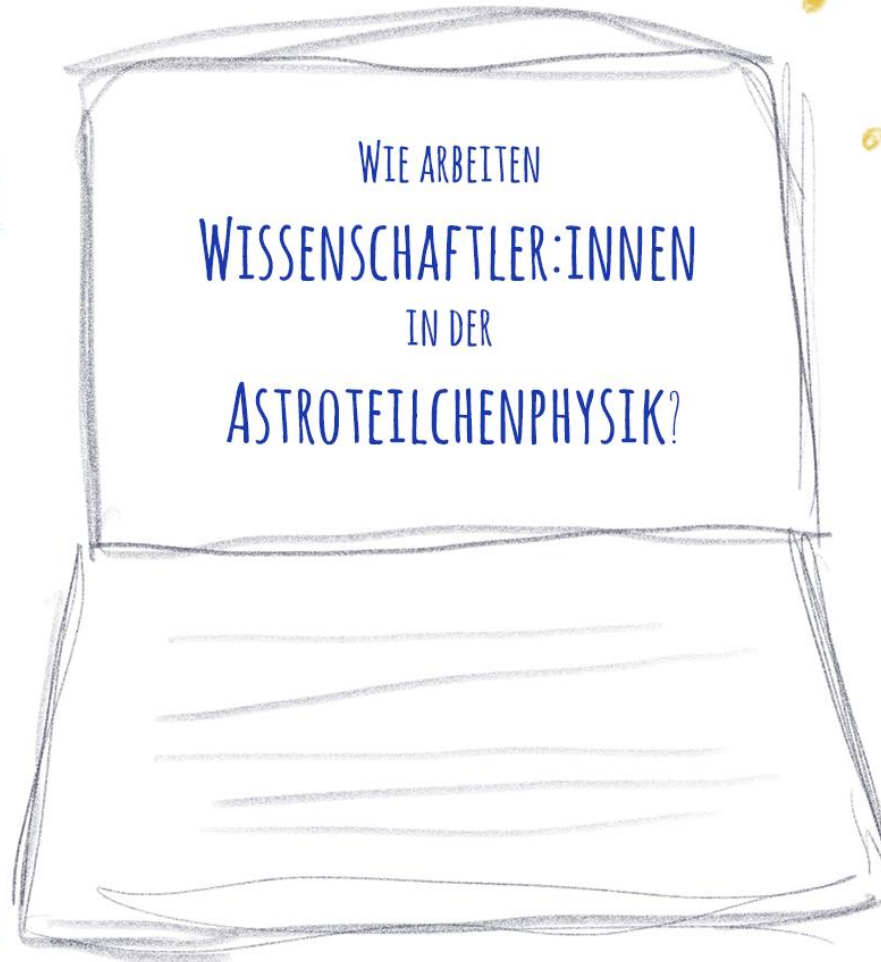
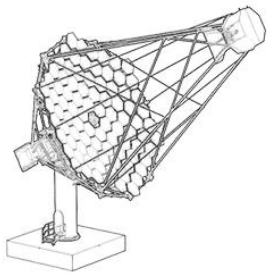


Abb.: Carolin Schwerdt

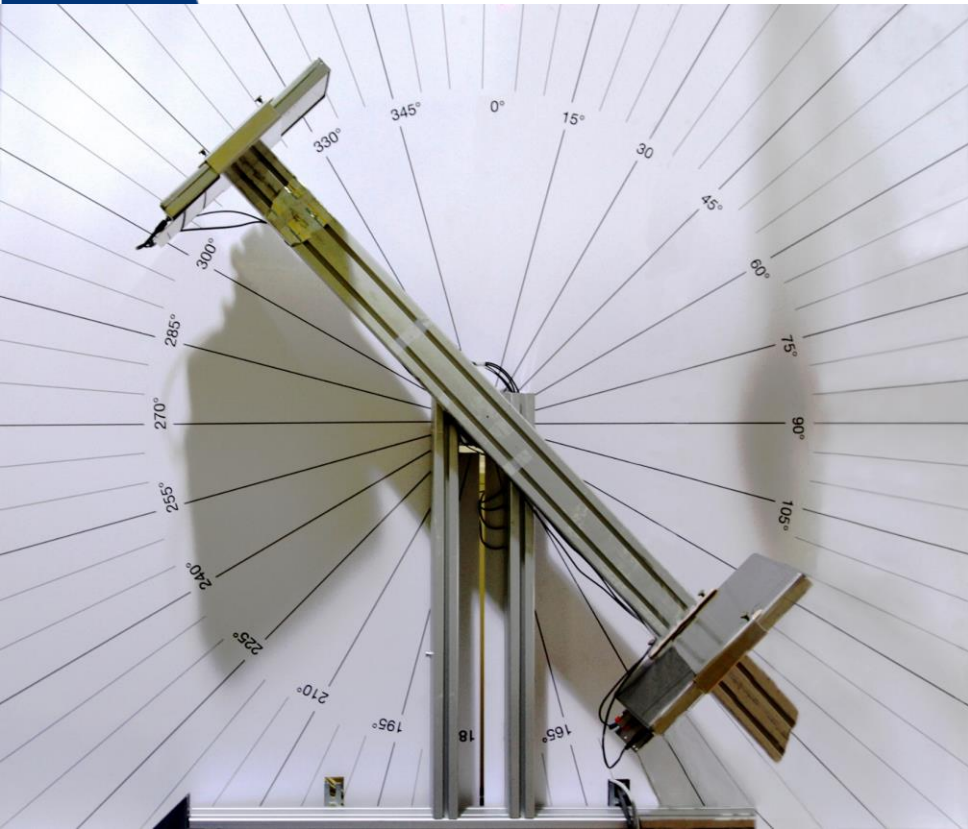
Cosmic@Web  
Grundlagenwissen  
Experimentbeschreibung  
Bedienungsanleitung  
Glossar Literaturhinweise  
ausführliche Analysen  
Datenfilter

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

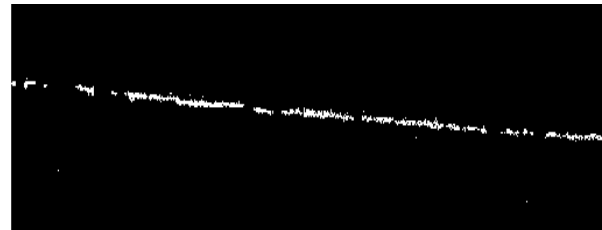
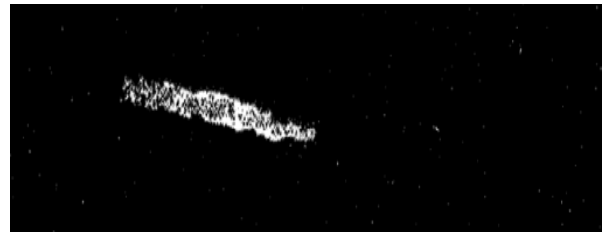
► Nicht enthalten sind Verbrauchsmaterialien (Isopropanol, Trockeneis) und Schutzausrüstung (Schutzbrillen, Handschuhe)



# Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

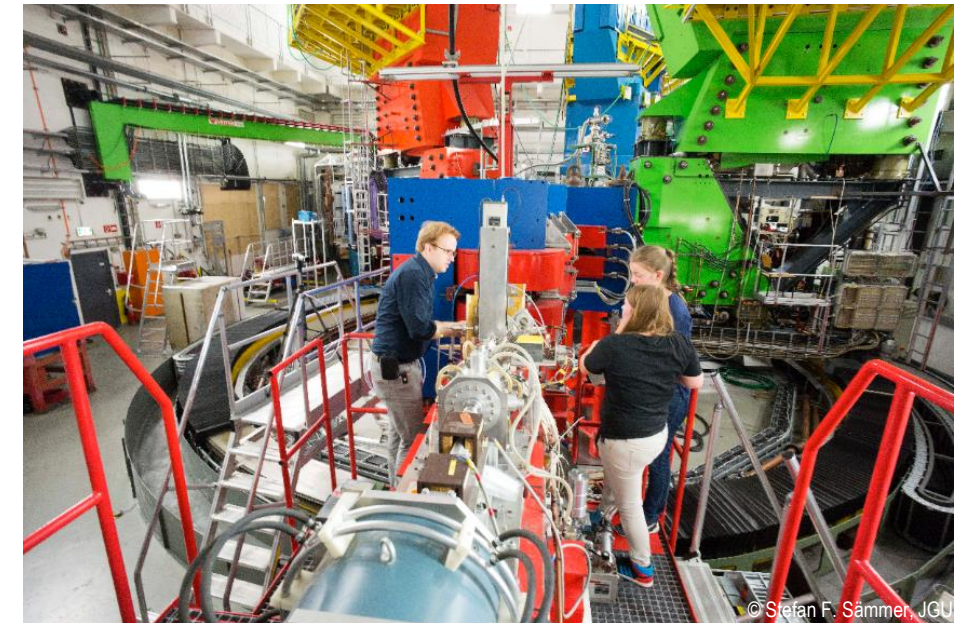
## Identifikation von Teilchenspuren

- 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



# Vertiefungsprogramm am Knotenpunkt Mainz

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



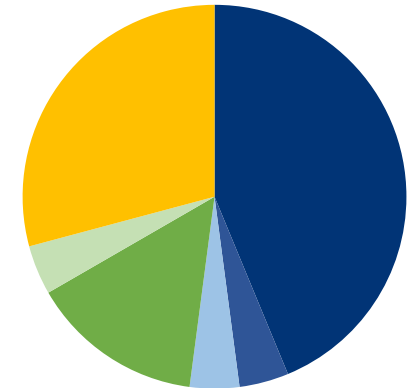
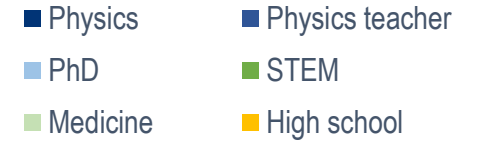


# Und danach...?



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

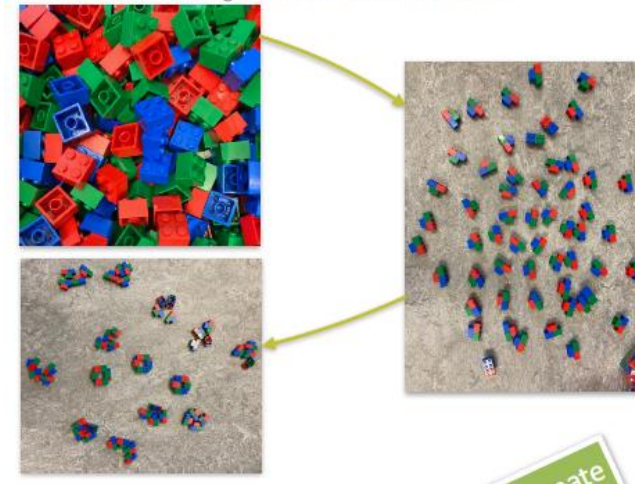
- Ca. 200 Fellows, 50% weiblich
- Alumni von weiterführenden Angeboten
- Lokale Angebote: Praktikum, Exkursion, Seminar, Stammtisch, Outreach Veranstaltungen etc.
- Frühzeitig Anbindung an Forschungsgruppen
- Weiterbildungsangebote wie Fellow-Schule



# 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 und Quarks  
Das Universum ist eine sehr heiße und sehr dichte Suppe verschiedener Teilchen, darunter Elektronen und farbige Quarks.
- 2. Weniger als 1 Sekunde alt...**  
Protonen  
Die farbigen Quarks bilden Dreiergruppen, die mit roten, grünen und blauen Quarks bestehen. Zwei dieser Gruppen mit der Protonen sind zwei Up- und einem Down-Quark und Neutronen aus einem Up- und zwei Down-Quarks.
- 3. Eine Minute alt...**  
Protonen und Neutronen  
Protonen und Neutronen verbinden sich zu Atomkernen neuer chemischer Elemente, verschiedene Kerne des Wasserstoffs und Helium.
- 4. 380.000 Jahre alt...**  
Wasserstoffkerne und Heliumkerne  
Das Universum ist schnell abgekühlt, aber die positiven Wasserstoff- und Heliumkerne negative Elektronen anziehen und stabilisierend, neutrale Atome können bilden.
- 5. 100 Millionen Jahre alt...**  
Wasserstoff und Helium werden zu  
Größe Gaswolken sind von durch die Schwerkraft zu sich zusammen und bilden die ersten Sterne.  
Wasserstoff und Helium werden zu  
hell, aber die Elektronen genug Energie besitzen, um sich von den Atomen zu lösen.

**6. Wie geht es weiter?**  
Unser Universum dehnt sich aus. Alles entfernt sich voneinander.  
Wie weiter geht es mit dem Universum weiter?  
Es könnte sich immer weiter ausdehnen oder es könnte Big Crunch wiederherstellen.  
Wie geht es in diesem Universum weiter?

Unser Universum ist ein Stern voller Materie und Druck, was zu einem Kern bildet und Ende herbeiführt, während Elemente die wir atmen kennen.

Präsentiert von



# 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 / August
- ▶ **Digitale Fortbildungen:**
  - Von der Kollision zur Entdeckung
  - Cosmic@Web Workshops
  - Mehrwöchige Veranstaltungsreihen



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# Online Fortbildungen

## ► „Von der Kollision zur Entdeckung“

- 5-Stunden-Programm mit Physiker:innen
- Verschiedene Vorträge und interaktive Phasen

## ► Cosmic@WEB

- 2-Stunden-Programm
- Einführungsvortrag zu Astroteilchen + interaktive Phase

09:00	→ 09:30	<b>Begrüßung und Warm-Up</b>	🕒 30m	🔗
Begrüßung, Klärung des Ablaufs und technischer Aspekte, aktivierende Übung mit Bezug zum Vorbereitungsmaterial <b>Speakers:</b> Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Philipp Lindenaу (Technische Universität Dresden (DE))				
09:30	→ 10:15	<b>Vortrag: Schwache Wechselwirkung und Z-Teilchen</b>	🕒 45m	🔗
Informationen zur schwachen Wechselwirkung und deren Botenteilchen, insbesondere dem Z-Teilchen <b>Speaker:</b> Michael Kobel (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">praes-SchwacheW...</a> <a href="#">praes-SchwacheW...</a>				
10:15	→ 10:25	<b>Pause</b>	🕒 10m	
10:25	→ 11:15	<b>Vortrag: Statistik und Hypothesentests</b>	🕒 50m	🔗
Grundlagen der teilchenphysikalischen Forschungsmethodik, relevante statistische Größen, Nachvollziehung einer Entdeckung am Beispiel des Higgs-Teilchens, Einsatz von Monte Carlo Simulationen <b>Speaker:</b> Frank Siegert (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">20220304-LFB-Stati...</a> <a href="#">Link: Higgs-Entdeck...</a> <a href="#">Link: Würfelsimulator</a>				
11:15	→ 11:30	<b>Pause</b>	🕒 15m	
11:30	→ 11:55	<b>Vortrag: Teilchenbeschleuniger Teil 2</b>	🕒 25m	🔗
Hintergrundinformationen zum LHC und LEP (Large Elektron Positron Collider) aufbauend auf dem Vorbereitungsmaterial (Teil1) <b>Speaker:</b> Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">Animation Beschleu...</a> <a href="#">Beschleunigerphysi...</a> <a href="#">Beschleunigerphysi...</a>				
11:55	→ 12:30	<b>Vortrag + Übung: Detektoren und Eventdisplays</b>	🕒 35m	🔗
Funktionsweise von Multifunktionsdetektoren am Beispiel des ATLAS-Detektors (LHC) und des OPAL-Detektors (LEP), einführende Übung zur Identifikation von Teilchen anhand ihrer Signaturen im OPAL-Eventdisplay <b>Speaker:</b> Philipp Lindenaу (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">Detektoren und Eve...</a> <a href="#">Detektoren und Eve...</a>				
12:30	→ 12:40	<b>Pause</b>	🕒 10m	
12:40	→ 13:30	<b>Übung: Teilchenidentifikation im OPAL-Eventdisplay</b>	🕒 50m	🔗
Analyse von Umwandlungen von Z-Teilchen im OPAL-Eventdisplay, Diskussion von Forschungsergebnissen bei LEP <b>Speaker:</b> Philipp Lindenaу (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">Abbildungen Eventd...</a> <a href="#">Aufgabe 1 - Nachwe...</a> <a href="#">Aufgabe 2 - Umwan...</a> <a href="#">Aufgabe 3 -Eventdis...</a> <a href="#">Aufgabe 4 - Ergebni...</a>				
<a href="#">Hilfestellung_OPAL...</a> <a href="#">Komplette Sammlu...</a> <a href="#">Lösungen Aufgaben...</a>				
13:30	→ 14:00	<b>Diskussion, Fragen und Feedback</b>	🕒 30m	🔗
Diskussion der Übungsphase, Klärung von offenen Fragen, Feedback zur Fortbildung <b>Speakers:</b> Philipp Lindenaу (Technische Universität Dresden (DE)), Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Michael Kobel (Technische Universität Dresden (DE)), Frank Siegert (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">3 Videos zur Higgs-...</a>				



# CERN Summer School

- ▶ Zeitraum 28.07.-03.08.2024
- ▶ <https://indico.cern.ch/e/cernsummerschool2024>
- ▶ Bewerbung: 01.04.-30.04.2024
- ▶ Voraussetzung: Teilnahme an einer einführenden NTW Fortbildung





# CERN Summer School

- ▶ Zeitraum 28.07.-03.08.2024
- ▶ <https://indico.cern.ch/e/cernsummerschool2024>
- ▶ Bewerbung: 01.04.-30.04.2024
- ▶ Voraussetzung: Teilnahme an einer einführenden NTW Fortbildung

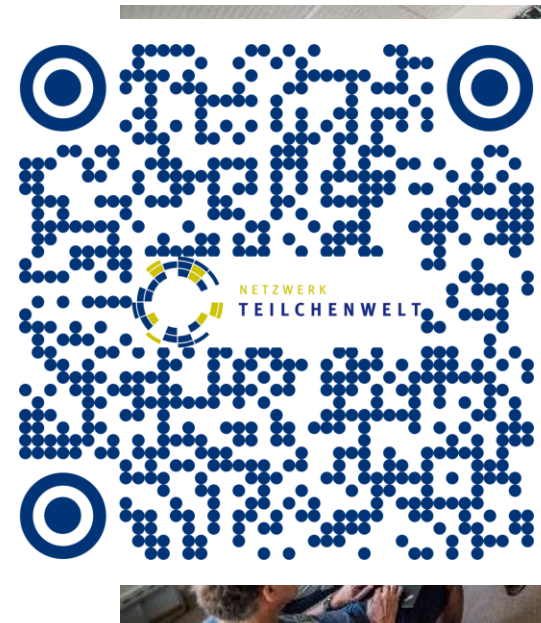


Foto: Philipp Lindenau



Foto: Philipp Lindenau

**BEWERBUNGSZEITRAUM  
OFFEN!**

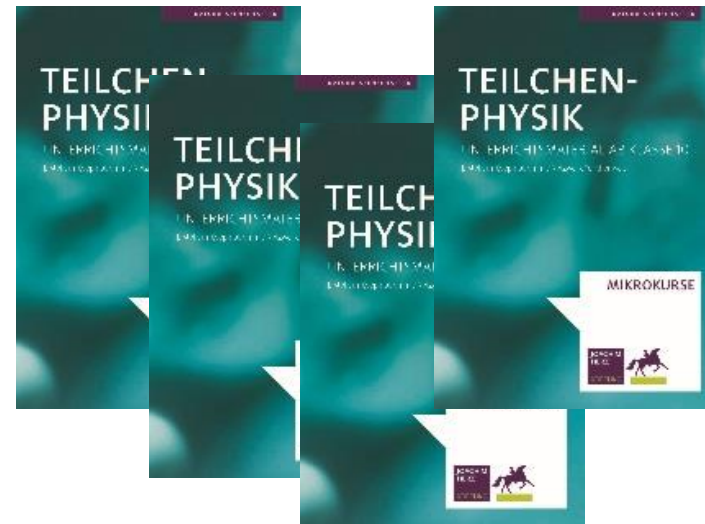


# Übersicht

- ▶ 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



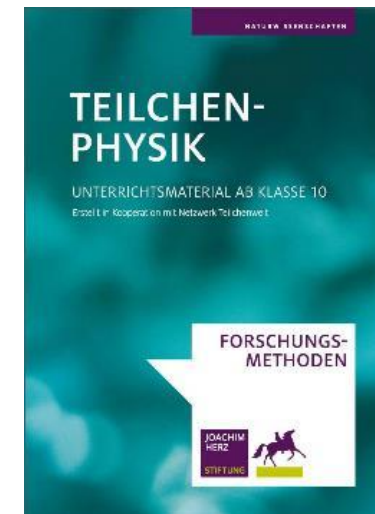
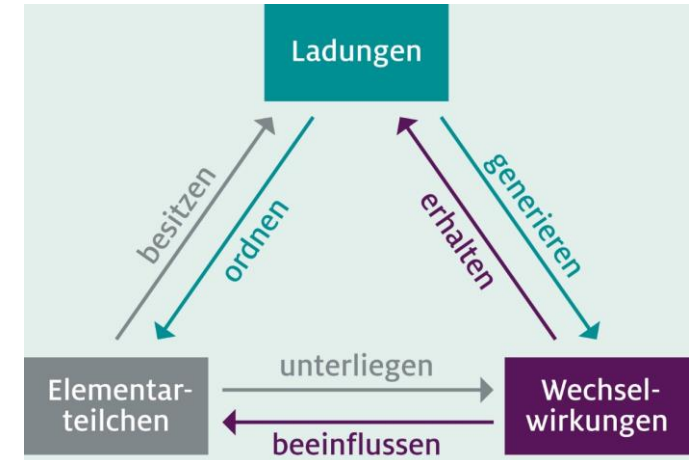


# Band 1: Ladungen, Wechselwirkungen u. Teilchen

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

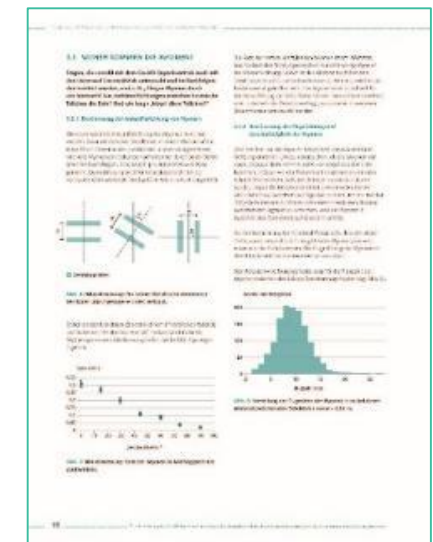
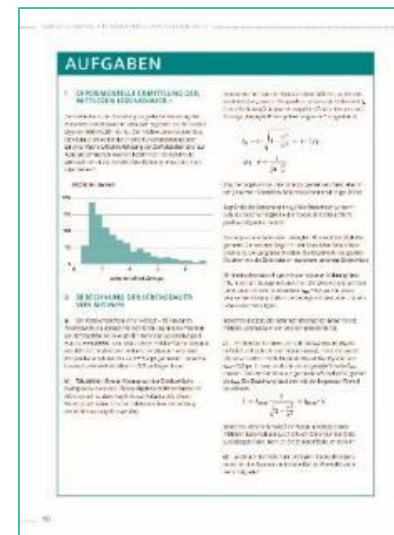
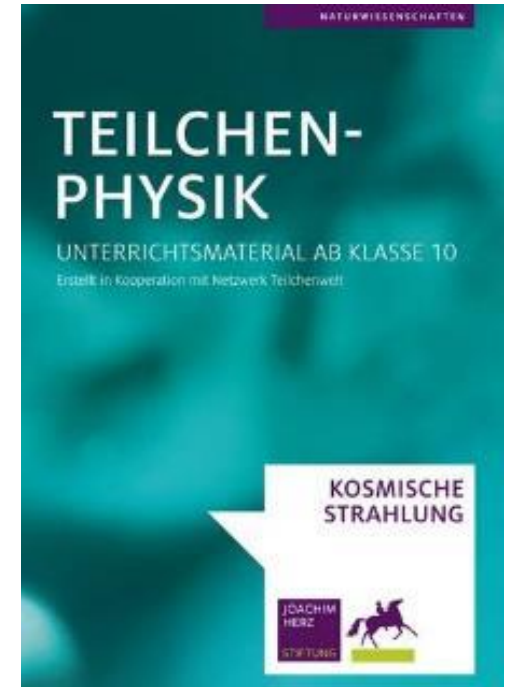
## Band 2: Forschungsmethoden

- ▶ 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 EINSTIEGSGESCHICHTEN / ANKNUPFUNGSPUNKTE**

Die Aegis-Kampagne ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Öffentlichkeit über die Gefahren von Anti-Wasserstoff aufzuklären und die Öffentlichkeit zu unterstützen. Die Aegis-Kampagne ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Öffentlichkeit über die Gefahren von Anti-Wasserstoff aufzuklären und die Öffentlichkeit zu unterstützen.

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

Das Aegis-Experiment ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Öffentlichkeit über die Gefahren von Anti-Wasserstoff aufzuklären und die Öffentlichkeit zu unterstützen.

**INFOBOX: AEGIS-EXPERIMENT**

**Aktivitäten**

- Auf der Website [www.aegis-experiment.de](http://www.aegis-experiment.de)
- Auf der Website [www.aegis-experiment.de](http://www.aegis-experiment.de)
- Auf der Website [www.aegis-experiment.de](http://www.aegis-experiment.de)
- Auf der Website [www.aegis-experiment.de](http://www.aegis-experiment.de)

## AUFGABEN



**1. Berechnung der Reichweite L**

Ein Anti-Wasserstoffatom wird von einer Höhe  $h = 1,5 \text{ m}$  über der Erde mit einer horizontalen Geschwindigkeit  $v_0 = 10 \text{ m/s}$  abgeworfen. Berechnen Sie die horizontale Reichweite  $L$  des Atoms bis zum Auftreffen auf die Erde.

**2. Berechnung der Fallzeit t**

Berechnen Sie die Zeit  $t$ , die das Atom benötigt, um die Höhe  $h$  zu überwinden und auf die Erde zu fallen.

**3. Berechnung der Fallhöhe h**

Ein Anti-Wasserstoffatom wird von einer Höhe  $h$  über der Erde mit einer horizontalen Geschwindigkeit  $v_0 = 10 \text{ m/s}$  abgeworfen. Berechnen Sie die Fallhöhe  $h$ , wenn die horizontale Reichweite  $L = 10 \text{ m}$  beträgt.

**4. Berechnung der Geschwindigkeit v**

Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v$  des Atoms zum Zeitpunkt des Auftreffens auf die Erde.

**5. Berechnung der Fallzeit t**

Berechnen Sie die Zeit  $t$ , die das Atom benötigt, um die Höhe  $h$  zu überwinden und auf die Erde zu fallen.

**6. Berechnung der Reichweite L**

Berechnen Sie die horizontale Reichweite  $L$  des Atoms bis zum Auftreffen auf die Erde.

**7. Berechnung der Fallzeit t**

Berechnen Sie die Zeit  $t$ , die das Atom benötigt, um die Höhe  $h$  zu überwinden und auf die Erde zu fallen.

**8. Berechnung der Reichweite L**

Berechnen Sie die horizontale Reichweite  $L$  des Atoms bis zum Auftreffen auf die Erde.

**9. Berechnung der Fallzeit t**

Berechnen Sie die Zeit  $t$ , die das Atom benötigt, um die Höhe  $h$  zu überwinden und auf die Erde zu fallen.

**10. Berechnung der Reichweite L**

Berechnen Sie die horizontale Reichweite  $L$  des Atoms bis zum Auftreffen auf die Erde.



## 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: $-91200 \frac{m_p}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: 0 Mittlere Lebensdauer: $3 \cdot 10^{-25} s$ Mittlere Reichweite: $10^{-16} m$	Masse: $-80400 \frac{m_p}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: +1 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: +1 Mittlere Lebensdauer: $3 \cdot 10^{-25} s$ Mittlere Reichweite: $10^{-16} m$	Masse: $-80400 \frac{m_p}{c^2}$ 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: $0 \frac{m_p}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: 0 Mittlere Lebensdauer: unbegrenzt Mittlere Reichweite: unbegrenzt	Masse: $-125000 \frac{m_p}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache Ladungszahl: $-\frac{1}{2}$ Mittlere Lebensdauer: $2 \cdot 10^{-22} s$	

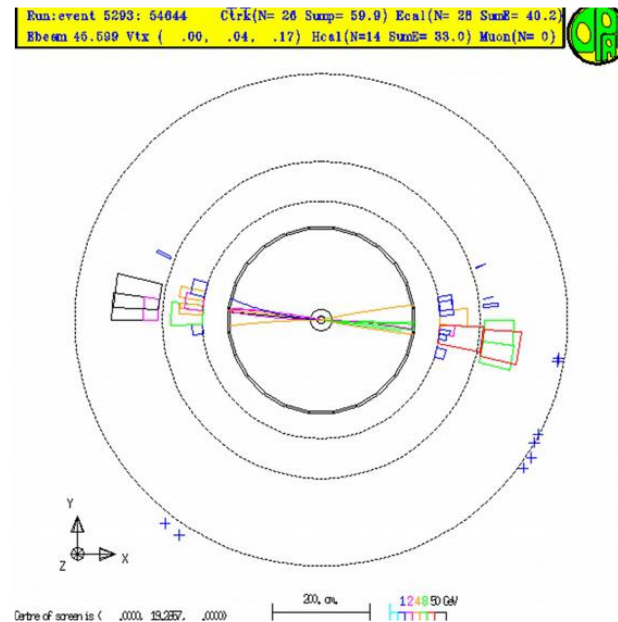


www.teilchenwelt.de



# Arbeitsblätter: Teilchenidentifikation mit Detektoren

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





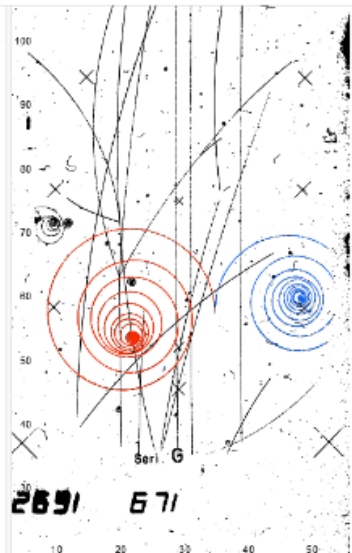
# Blasenkammeraufnahmen / GeoGebra

- ▶ 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 Blasenammer 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.

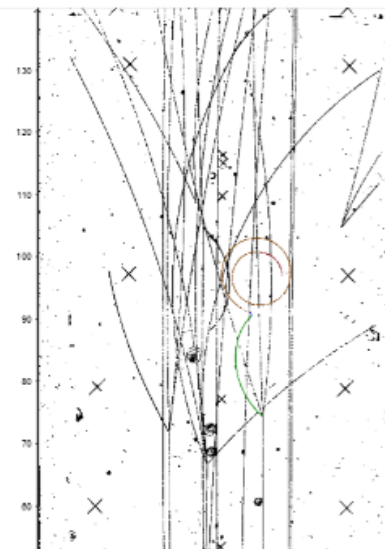
Viel Erfolg!



## 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.

Die Abbildung zeigt den Aufbau eines PET-Scanners. Ein Patient liegt in einem Ring aus Detektoren, die die von einem Beta-Plus-Strahler emittierten Teilchen nachzeichnen. Die Daten werden an einen Computer zur Signalverarbeitung übertragen. Unten sind zwei Beispiele für PET-Scans eines menschlichen Kopfes dargestellt.

• 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.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DUISBURG  
UNIVERSITÄT WÜRZBURG  
DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT (DPG)  
DEUTSCHES INSTITUT FÜR STRAHLENTHERAPIE (DHS)

# Feynman-Rhombino



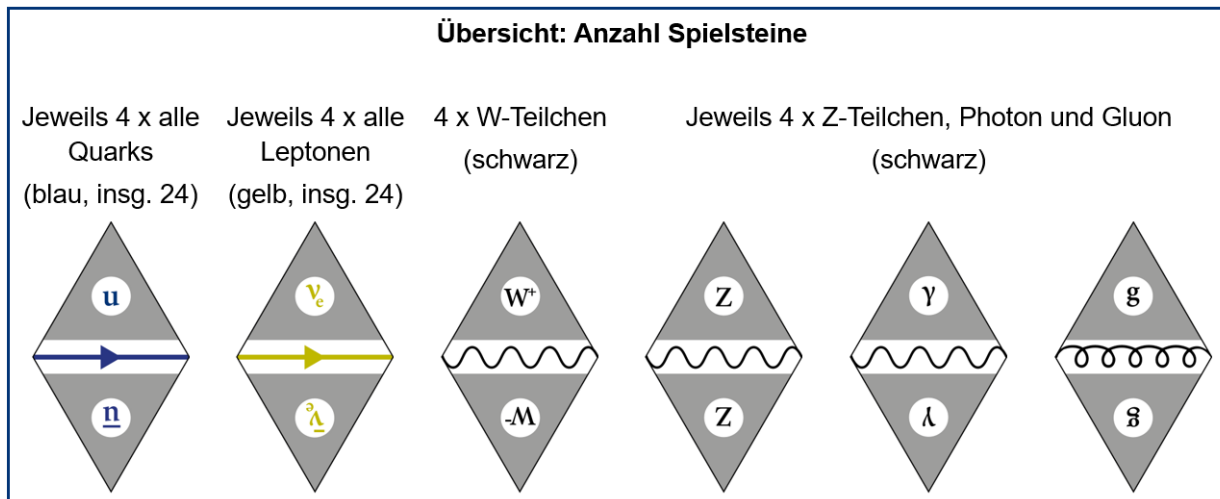
Foto: Philipp Lindenau



# 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 !


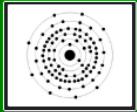
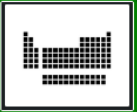
KAPITEL I: DIE UMWANDLUNG VON RADON

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

UMWANDLUNGSPRODUKT 1	UMWANDLUNGSPRODUKT 2	UMWANDLUNGSPRODUKT 3
<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

		
---	---	---

Tip: 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**

# 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.



The screenshot shows the 'Teilchenwelt' website with a navigation bar and a registration form. The form is titled 'Sie sind hier: Aktuelles > Anmelden' and contains three main sections: 'Newsletter', 'Kontakt', and 'Mitmachen'. The 'Newsletter' section includes a text box for an email address, a 'P-Mail' checkbox, and two checkboxes for receiving additional information. The 'Kontakt' section provides the address and phone/fax numbers for the project. The 'Mitmachen' section includes a text box for a name and a checkbox for receiving information about workshops and projects.

**Teilchenwelt** ..... QUARKS, ELEKTRONEN & CO. ....

DAS PROJEKT | AKTUELLES | MITMACHEN | ANGEBOTE | STANDORTE | MATERIAL | FORUM |

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**

Projektkoordinations Dresden  
Netzwerk Teilchenwelt  
TU Dresden  
Institut für Kern- und Teilchenphysik  
Zellescher Weg 19  
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)

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 blue circular markers indicating various locations. The map includes labels for countries like Deutschland, Frankreich, and Österreich, as well as major cities like Berlin, München, and Paris.



[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



# Anhang



# Online Fortbildungen

## ► „Von der Kollision zur Entdeckung“

- 5-Stunden-Programm mit Physiker:innen
- Verschiedene Vorträge und interaktive Phasen

## ► Cosmic@WEB

- 2-Stunden-Programm
- Einführungsvortrag zu Astroteilchen + interaktive Phase

09:00	→ 09:30	<b>Begrüßung und Warm-Up</b>	30m	
Begrüßung, Klärung des Ablaufs und technischer Aspekte, aktivierende Übung mit Bezug zum Vorbereitungsmaterial <b>Speakers:</b> Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
09:30	→ 10:15	<b>Vortrag: Schwache Wechselwirkung und Z-Teilchen</b>	45m	
Informationen zur schwachen Wechselwirkung und deren Botenteilchen, insbesondere dem Z-Teilchen <b>Speaker:</b> Michael Kobel (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">praes-SchwacheW...</a> <a href="#">praes-SchwacheW...</a>				
10:15	→ 10:25	<b>Pause</b>	10m	
10:25	→ 11:15	<b>Vortrag: Statistik und Hypothesentests</b>	50m	
Grundlagen der teilchenphysikalischen Forschungsmethodik, relevante statistische Größen, Nachvollziehung einer Entdeckung am Beispiel des Higgs-Teilchens, Einsatz von Monte Carlo Simulationen <b>Speaker:</b> Frank Siegert (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">20220304-LFB-Stati...</a> <a href="#">Link: Higgs-Entdeck...</a> <a href="#">Link: Würfelsimulator</a>				
11:15	→ 11:30	<b>Pause</b>	15m	
11:30	→ 11:55	<b>Vortrag: Teilchenbeschleuniger Teil 2</b>	25m	
Hintergrundinformationen zum LHC und LEP (Large Elektron Positron Collider) aufbauend auf dem Vorbereitungsmaterial (Teil1) <b>Speaker:</b> Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">Animation Beschleu...</a> <a href="#">Beschleunigerphysi...</a> <a href="#">Beschleunigerphysi...</a>				
11:55	→ 12:30	<b>Vortrag + Übung: Detektoren und Eventdisplays</b>	35m	
Funktionsweise von Multifunktionsdetektoren am Beispiel des ATLAS-Detektors (LHC) und des OPAL-Detektors (LEP), einführende Übung zur Identifikation von Teilchen anhand ihrer Signaturen im OPAL-Eventdisplay <b>Speaker:</b> Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">Detektoren und Eve...</a> <a href="#">Detektoren und Eve...</a>				
12:30	→ 12:40	<b>Pause</b>	10m	
12:40	→ 13:30	<b>Übung: Teilchenidentifikation im OPAL-Eventdisplay</b>	50m	
Analyse von Umwandlungen von Z-Teilchen im OPAL-Eventdisplay, Diskussion von Forschungsergebnissen bei LEP <b>Speaker:</b> Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">Abbildungen Eventd...</a> <a href="#">Aufgabe 1 - Nachwe...</a> <a href="#">Aufgabe 2 - Umwan...</a> <a href="#">Aufgabe 3 -Eventdis...</a> <a href="#">Aufgabe 4 - Ergebni...</a>				
<a href="#">Hilfestellung_OPAL...</a> <a href="#">Komplette Sammlu...</a> <a href="#">Lösungen Aufgaben...</a>				
13:30	→ 14:00	<b>Diskussion, Fragen und Feedback</b>	30m	
Diskussion der Übungsphase, Klärung von offenen Fragen, Feedback zur Fortbildung <b>Speakers:</b> Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE)), Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Michael Kobel (Technische Universität Dresden (DE)), Frank Siegert (Technische Universität Dresden (DE))				
<a href="#">3 Videos zur Higgs-...</a>				