



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

# Netzwerk Teilchenwelt

Die Tür zur Welt der kleinsten Teilchen  
für Jugendliche und Lehrkräfte

Philipp Lindenau, Niklas Herff,  
Tobias Treczoks

*Forschung trifft Schule Bad Wildbad*

*20.-22.12.2023*



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

# 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)



# Stufenprogramm für Jugendliche



© Juliana Socher

Masterclasses in Schulen,  
Lernorten oder online



© Netzwerk Teilchenwelt

Eigenes Engagement,  
Detektor-Projekte, ...

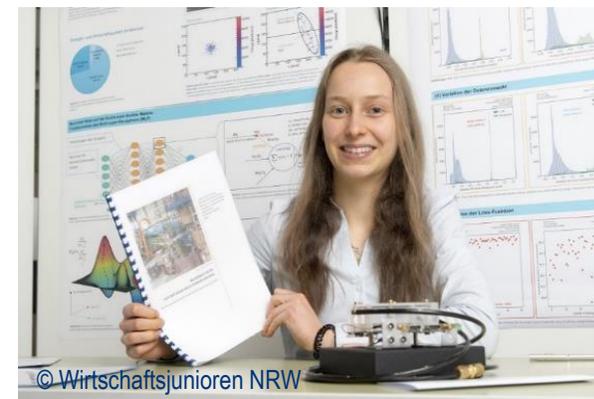


© Netzwerk Teilchenwelt

Mehrtägige Workshops  
z. B. CERN u. Mainz

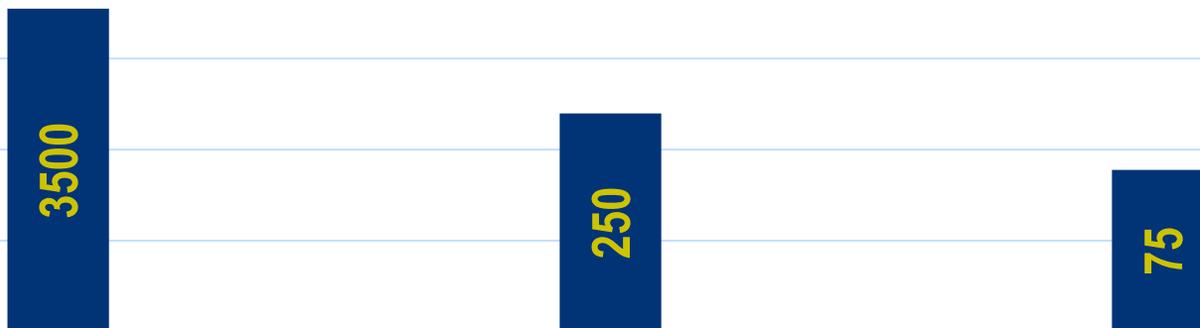


© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach



© Wirtschaftsjunioren NRW

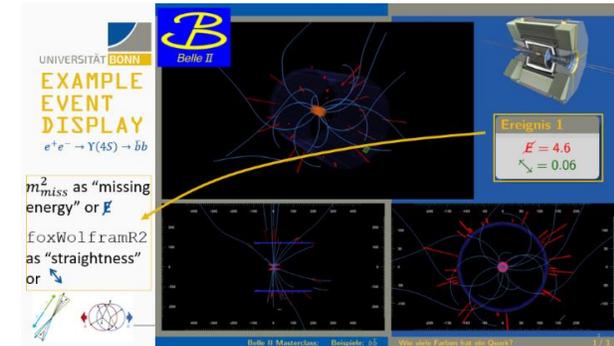
Anzahl  
Jugendliche/Jahr



# 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



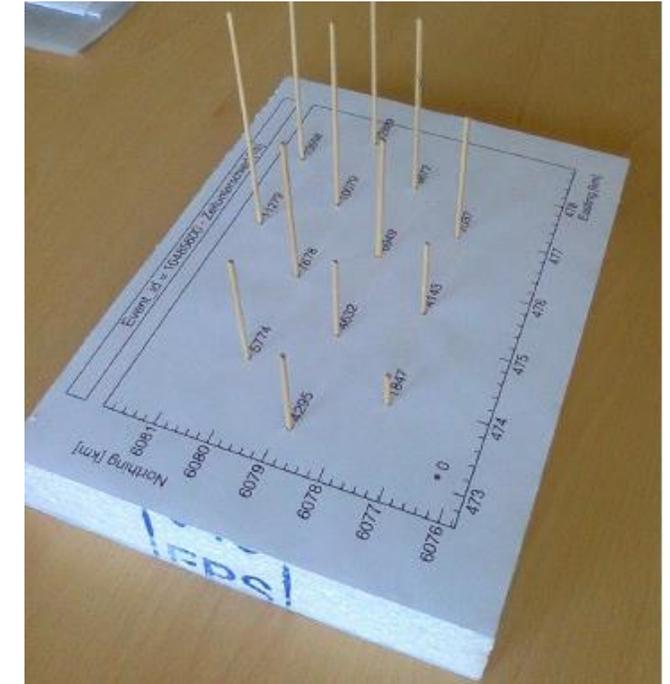
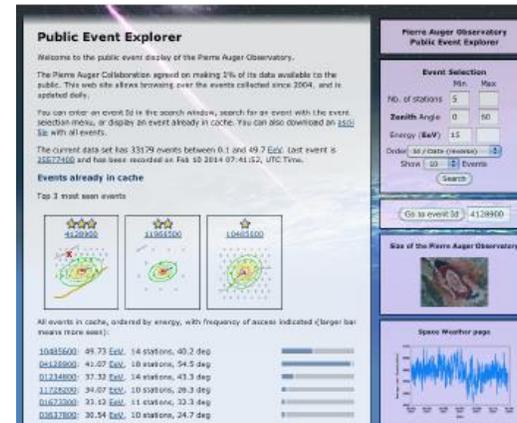
Fotos: Netzwerk Teilchenwelt

# 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	

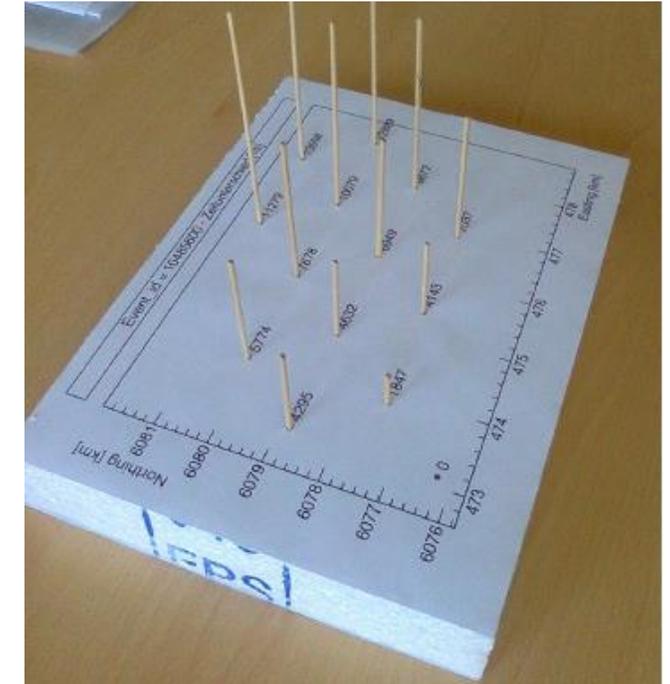
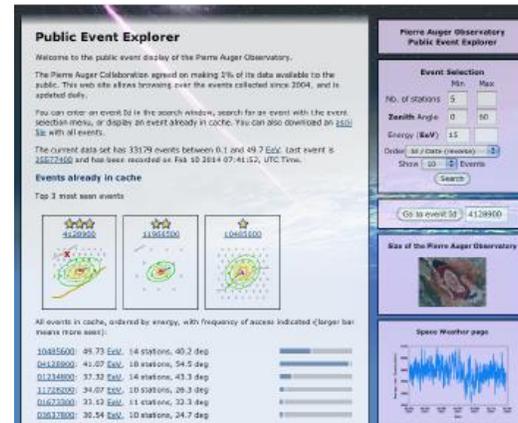
# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



# Astroteilchen-Angebote: Masterclasses

## ► Pierre-Auger-Observatorium



## ► IceCube

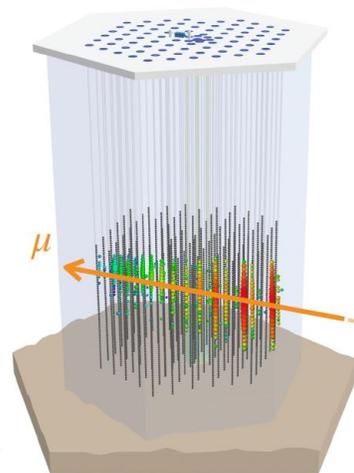
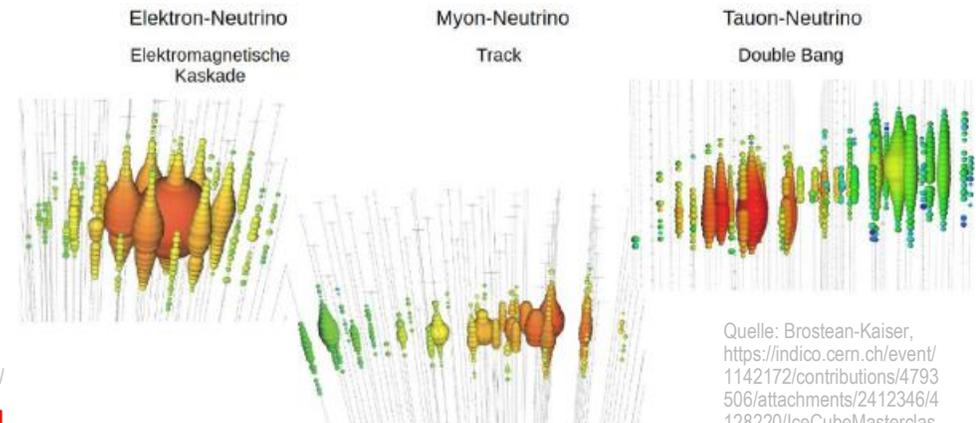


Abb.: Cristina Lagunas Gualda, <https://arxiv.org/abs/1612.05093>



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

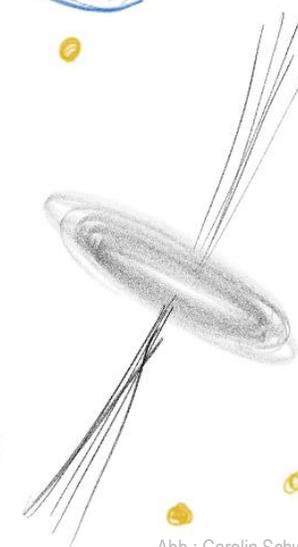
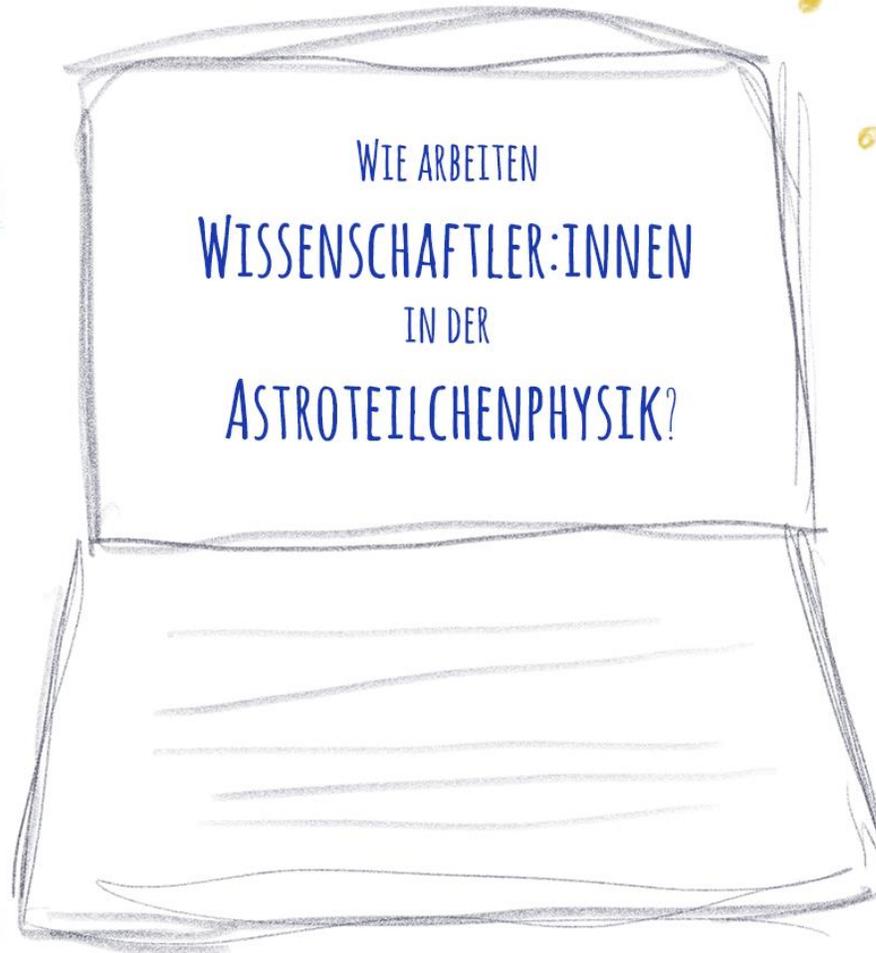
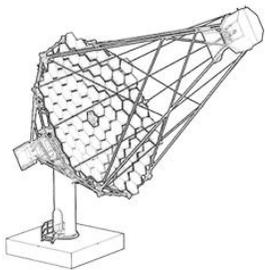


Abb.: Carolin Schwerdt

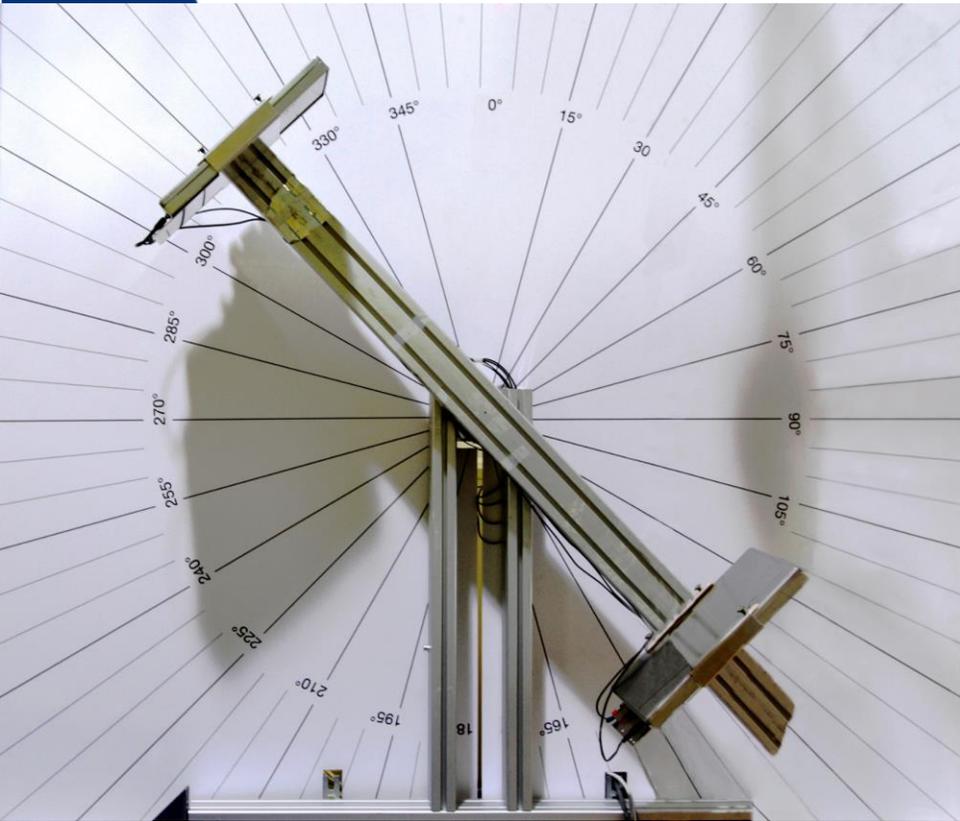
Cosmic@Web  
Grundlagenwissen  
Experimentbeschreibung  
Bedienungsanleitung  
Glossar Literaturhinweise  
ausführliche Analysen  
Datenfilter

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



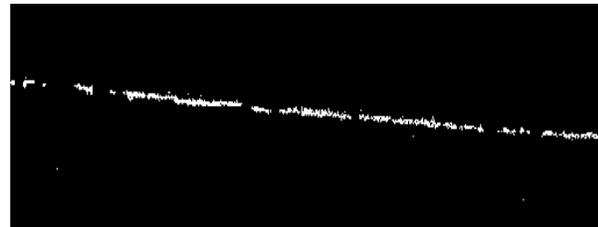
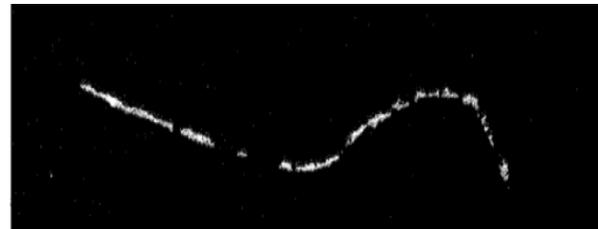
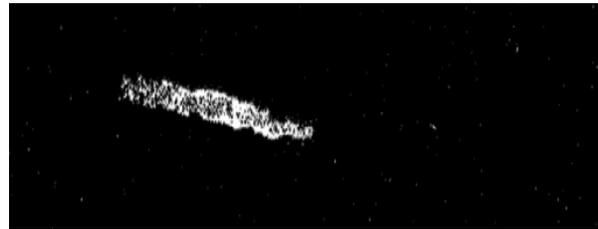
► Anleitung mit Kopiervorlagen, Hintergrundwissen, weiterführenden Links

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

# Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

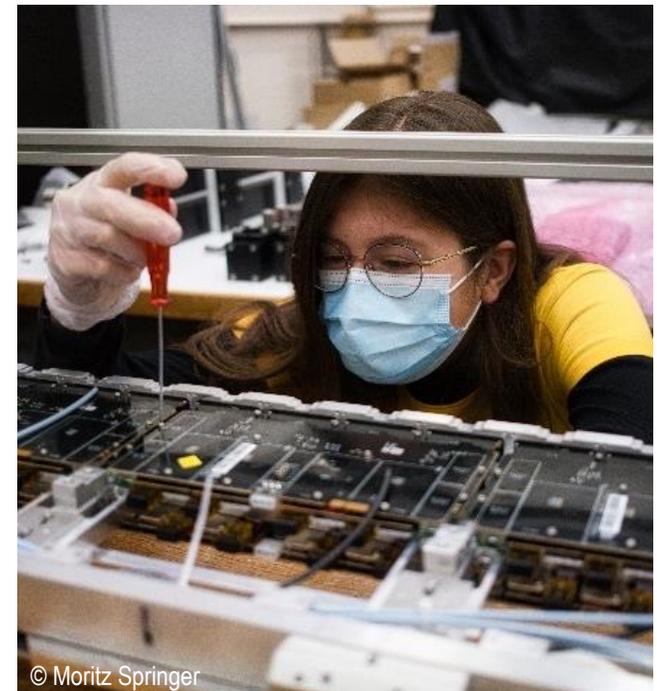
## Identifikation von Teilchenspuren

- 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



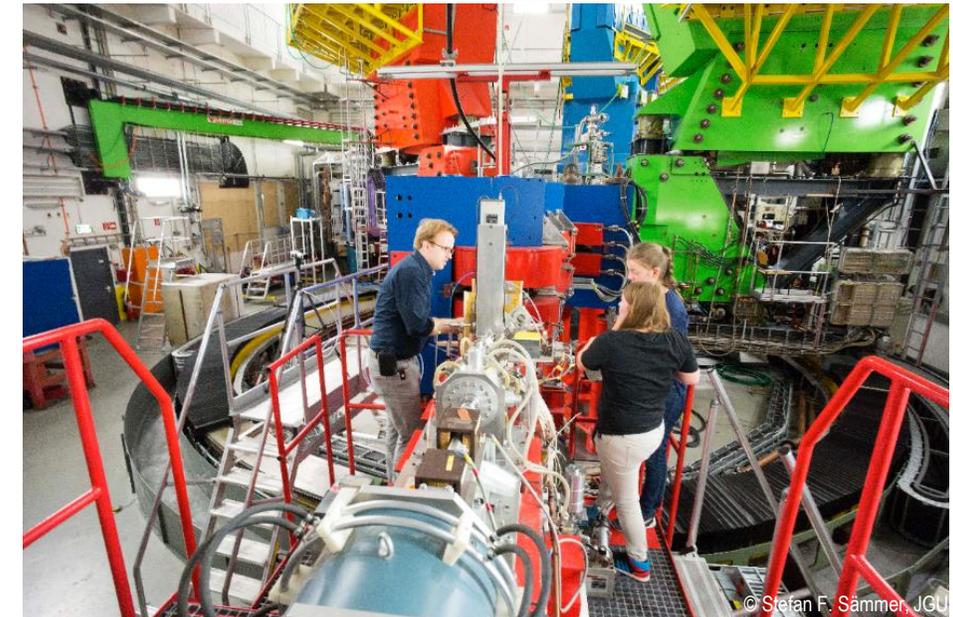
# Vertiefungsprogramme am CERN

- ▶ 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.
- ▶ Vorlesungen und Besichtigungen
  - Nature of Science
- ▶ Experimente in Kleingruppen
  - Flüssigszintillatoren
  - Gasbasierte Detektoren
  - Datenanalyse und Simulation
- ▶ Präsentation der Ergebnisse



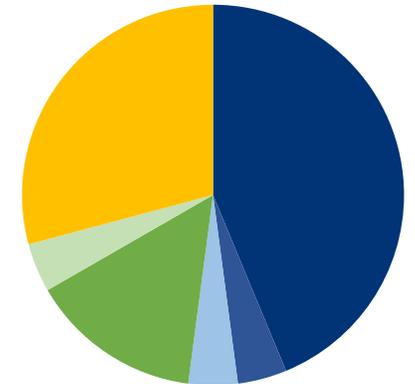
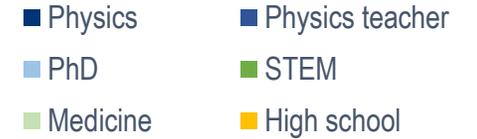
© Stefan F. Sämmer, JGU

# Und danach...?



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

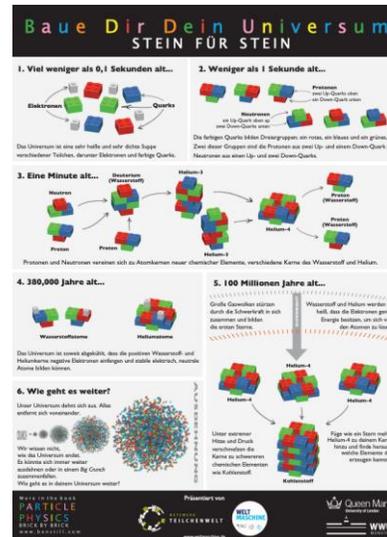
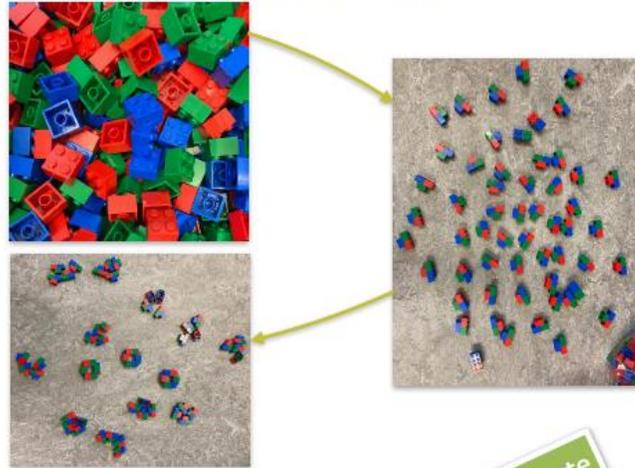
- Ca. 200 Fellows, 50% weiblich
- Alumni von CERN-Workshops und Teilchenphysik-Akademie
- Lokale Angebote: Praktikum, Exkursion, Seminar, Stammtisch, Outreach Veranstaltungen etc.
- Frühzeitig Anbindung an Forschungsgruppen
- Weiterbildungsangebote wie Fellow-Schule



# 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





# 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

# 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 Lindenaus (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 Lindenaus (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 Lindenaus (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 Lindenaus (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: 15.02.-30.03.2024**
- ▶ **Voraussetzung: Teilnahme an einer einführenden NTW Fortbildung**



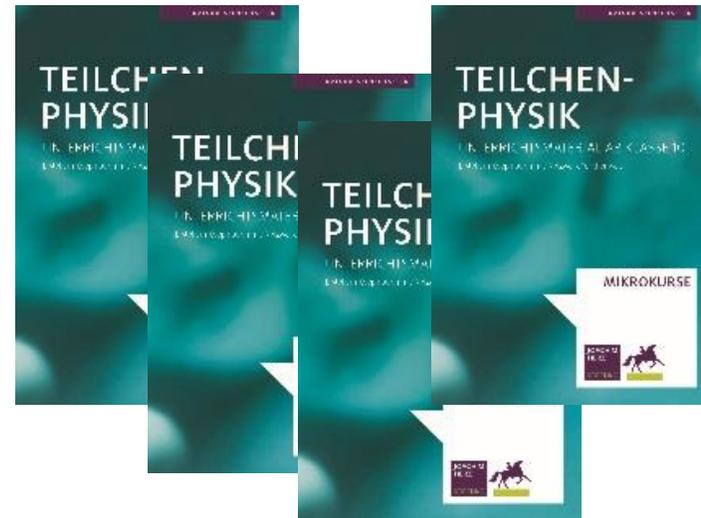


# Übersicht

- ▶ 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

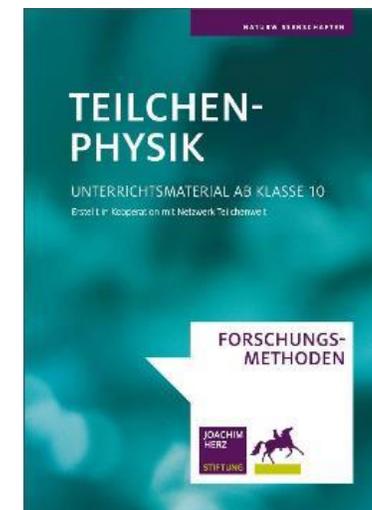
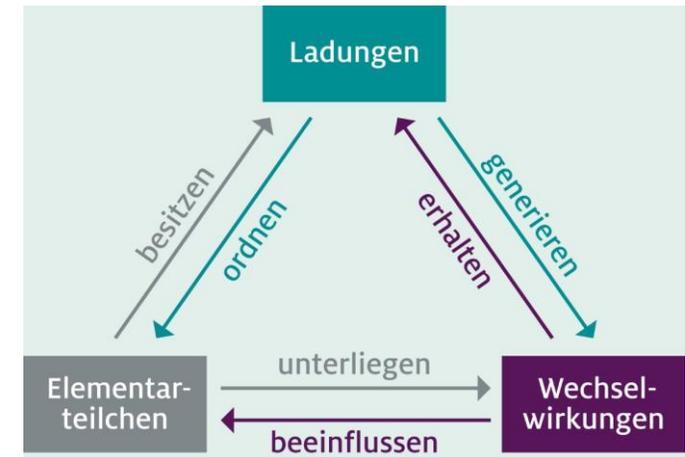


# Band 1: Ladungen, Wechselwirkungen u. Teilchen

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

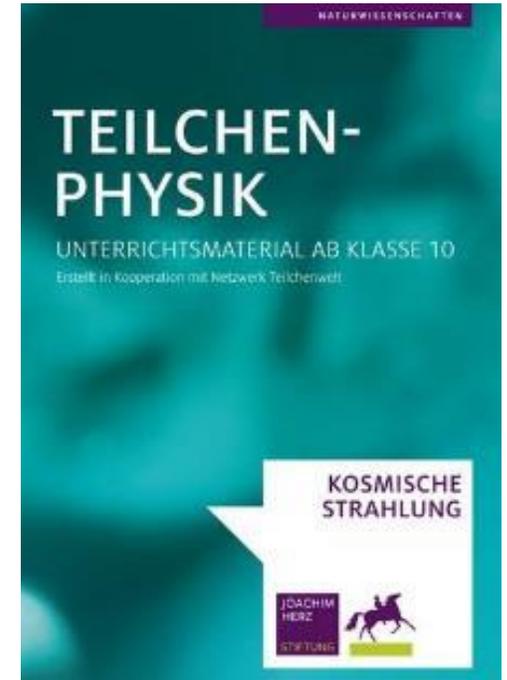
## Band 2: Forschungsmethoden

- ▶ 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 BEWEISLICHE ANWENDUNGSMITTEL FÜR LEHRKRÄFTE**

Die Informationen für Lehrkräfte sind in drei Teilen unterteilt: 1. Hintergrundinformationen, 2. Fachtext für Schüler/innen, 3. Aktivitäten, Aufgaben und Lösungen.

**2.2 VORBEREITUNG**

Die Informationen für Lehrkräfte sind in drei Teilen unterteilt: 1. Hintergrundinformationen, 2. Fachtext für Schüler/innen, 3. Aktivitäten, Aufgaben und Lösungen.

**2.3 ERGÄNZUNG**

Die Informationen für Lehrkräfte sind in drei Teilen unterteilt: 1. Hintergrundinformationen, 2. Fachtext für Schüler/innen, 3. Aktivitäten, Aufgaben und Lösungen.

### AUFGABEN

**1. FORMALELLE ERMITTLUNG DER MYONENLEBENSDAUER**

Die Aufgabe besteht darin, die Lebensdauer eines Myons zu ermitteln. Gegeben sind die Zeitintervalle  $t_i$  und die Anzahl der Myonen  $N_i$  zu verschiedenen Zeitpunkten  $t_i$ .

**2. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Aufgabe besteht darin, die Ergebnisse der Messung zu bewerten. Gegeben sind die gemessenen Werte  $t_i$  und  $N_i$ .

**3. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Aufgabe besteht darin, die Ergebnisse der Messung zu bewerten. Gegeben sind die gemessenen Werte  $t_i$  und  $N_i$ .

### 3.1 MYONENLEBENSDAUER

Die Aufgabe besteht darin, die Lebensdauer eines Myons zu ermitteln. Gegeben sind die Zeitintervalle  $t_i$  und die Anzahl der Myonen  $N_i$ .

**3.2 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Aufgabe besteht darin, die Ergebnisse der Messung zu bewerten. Gegeben sind die gemessenen Werte  $t_i$  und  $N_i$ .

**3.3 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Die Aufgabe besteht darin, die Ergebnisse der Messung zu bewerten. Gegeben sind die gemessenen Werte  $t_i$  und  $N_i$ .

# 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 ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Schüler\*innen der Aegis-Kampagne in der Aegis-Kampagne einbezieht. Die Aegis-Kampagne ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Schüler\*innen der Aegis-Kampagne einbezieht.

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

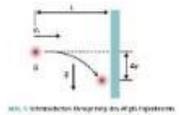
Das Aegis-Experiment ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Schüler\*innen der Aegis-Kampagne einbezieht. Das Aegis-Experiment ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Schüler\*innen der Aegis-Kampagne einbezieht.

**INFORMATIONEN:**  
AEGIS-EXPERIMENT

**Aktuelle Informationen zum Aegis-Experiment:**

- auf der Website [www.aegis-experiment.de](http://www.aegis-experiment.de)
- auf YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=...>
- 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 Fallhöhe  $h$  für einen waagrecht geworfenen Anti-Wasserstoff mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und der Fallzeit  $t$ .

2. Berechnung der Fallhöhe  $h$  für einen waagrecht geworfenen Anti-Wasserstoff mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und der Fallzeit  $t$ .

3. Berechnung der Fallhöhe  $h$  für einen waagrecht geworfenen Anti-Wasserstoff mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und der Fallzeit  $t$ .

4. Berechnung der Fallhöhe  $h$  für einen waagrecht geworfenen Anti-Wasserstoff mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und der Fallzeit  $t$ .

**INFORMATIONEN:**  
AEGIS-EXPERIMENT

Das Aegis-Experiment ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Schüler\*innen der Aegis-Kampagne einbezieht. Das Aegis-Experiment ist ein Projekt der Aegis-Kampagne, das die Schüler\*innen der Aegis-Kampagne einbezieht.

## 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

© CERN 2016

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**

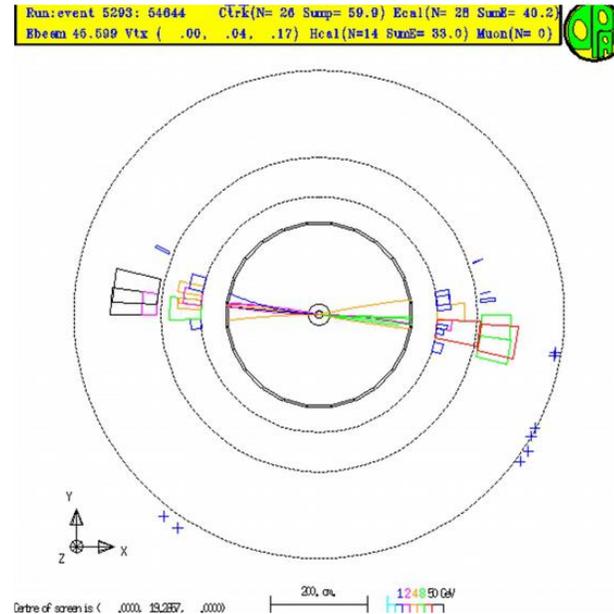
<b>Z-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983  <b>BOTENTEILCHEN</b>	<b>W<sup>+</sup>-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983  <b>BOTENTEILCHEN</b>	<b>W<sup>-</sup>-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 1983  <b>BOTENTEILCHEN</b>
Masse: $-91200 \frac{MeV}{c^2}$ Elektrische Ladungszahl: 0 Starker Farbladungsvektor: farblos $\vec{0}$ Schwache 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  <b>BOTENTEILCHEN</b>	<b>HIGGS-TEILCHEN</b> NACHWEIS: 2012  <b>H</b>	
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



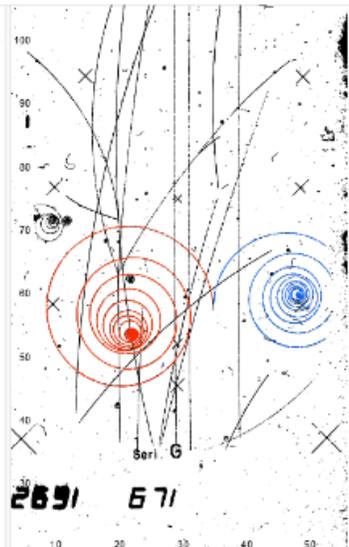
# Blasenkammeraufnahmen / GeoGebra

- ▶ 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 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.

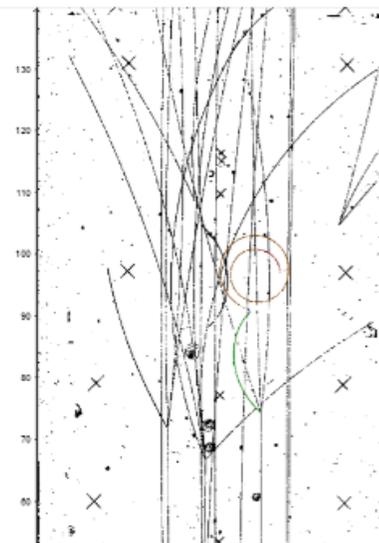
Viel Erfolg!



## 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.

• 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

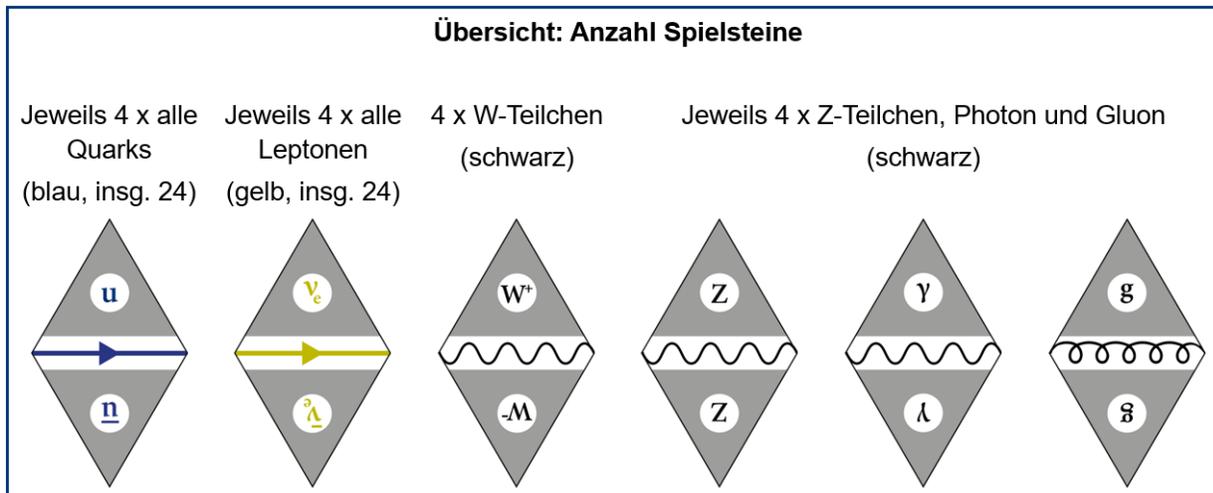


Foto: Philipp Lindenau

# 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?

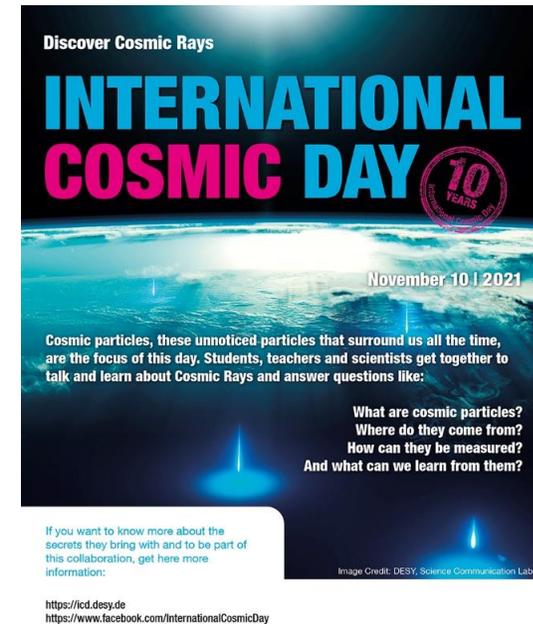
LeonieM

# 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.



The screenshot shows the 'Teilchenwelt' website with a navigation bar containing 'DAS PROJEKT', 'AKTUELLES', 'MITMACHEN', 'ANGEBOTE', 'STANDORTE', 'MATERIAL', and 'FORUM'. The main content area is titled 'Sie sind hier: Aktuelles > Anmelden'. It features three sections: 'Newsletter', 'Kontakt', and 'Mitmachen'. The 'Newsletter' section includes a text box for an email address, a 'Newsletter' button, and two checkboxes for selecting the type of information received. The 'Kontakt' section lists the project's address in Dresden and contact information. The 'Mitmachen' section provides information about becoming a research or teaching partner.



# 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 menu with 'Über uns', 'Aktuelles', 'Angebote', and 'Materialien'. A list of activities is displayed on the left, and a map of Europe with location markers is on the right.

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

The map shows various locations across Europe, including cities like Berlin, Hamburg, Köln, and München, with blue dots indicating specific sites.



[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>			