

# Netzwerk Teilchenwelt

## Materialien und Ressourcen



NETZWERK  
TEILCHENWELT

# Wiki als Informationsquelle

- ▶ Teilchenwelt-Wiki
- ▶ Für Vermittler:innen und Standort-k
- ▶ alles drin ?!
- ▶ Eure Plattform



Angebote
Masterclasses
Masterclass@Home
Astroteilchen-Angebote
Experimente
CERN-Workshops
Virtual Reality Sets (VR-Brillen)
Urknall unterwegs
Kleine Forscher
Angebote Sek I
Veranstaltungen
Übersicht
Woche der Teilchenwelt
Kontakt
Ansprechpartner
Standorte
Aufgabenübersicht
Datenbank
Honorare
Terminmeldung
Fellow-Programm
Zertifikate
Werbematerialien-Vorlagen
Hygiene-Konzepte
Vermittler*innen
Vermittler
Best Practice Austausch
Vermittler-Workshop
Kommunikationsworkshops für Vermittler*innen
Fellows

Hauptseite [Diskussion](#) [Lesen](#) [Bearbeiten](#) [Versionsgeschichte](#) [Mehr](#)

## Hauptseite

Herzlich willkommen auf dem Wiki von Netzwerk  
Teilchenwelt!

### Ausgewählte Informationen für Vermittler:innen



Allgemeine Infos	Honorare
Masterclasses	Vermittlungs-Workshop
Experimente	Materialien

### Ausgewählte Informationen für Standorte



Aufgabenübersicht	Fellow-Programm
Datenbank	Begriffe
Terminmeldung	Werbematerialien-Vorlagen

### Ausgewählte Informationen für Fellows



Informationen über Fellows für Standorte	Fellow-Arbeitsgruppen
Informationen für Fellows	Fellow-Treffen
Vernetzungsformate	Fellow-Projekte

Diese Plattform stellt alle wichtigen Informationen, Anleitungen, Dokumente und Downloads zur Arbeitsweise und zu organisatorischen Abläufen rund um das Netzwerk Teilchenwelt für Standort-Kontakte und Vermittler zur Verfügung. In der linken Navigationsleiste findet Ihr alle wichtigen Punkte für den schnellen Zugriff.

# Webseite als Informationsquelle

- ▶ Navigation über Themen oder Zielgruppen
- ▶ Infos für Forschende
- ▶ Seite zu Masterclasses

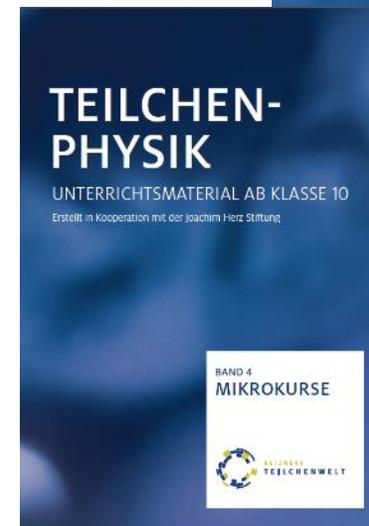
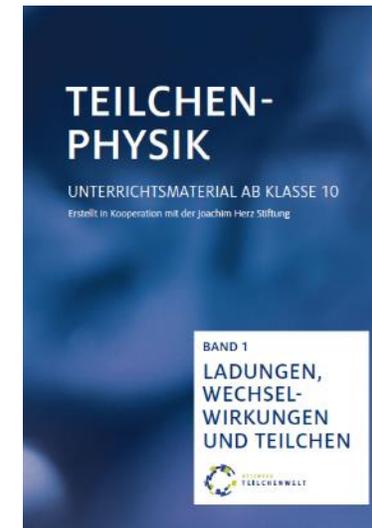


# Materialien für Masterclasses

- ▶ Material zu LHC-Masterclasses (Messungen, Daten, event display etc.)
  - Handouts zum Detektor/Spurerkennung
  - Leitfäden
  - Screencasts
  - uvm
- ▶ Foliensammlung für Einführungsvortrag inkl. interaktive Elemente
- ▶ Online-Vorbereitungskurs für Teilchenphysik-Masterclasses (Passwort: Teilchenphysik!)
- ▶ Leitfaden Didaktische Hinweise zur Gestaltung einer Masterclass
- ▶ Materialsammlung: Vorbereitende/nachbereitende Fragen/Arbeitsaufträge

# Unterrichtsmaterial Teilchenphysik

- ▶ Gefördert durch die Joachim Herz Stiftung
- ▶ enge Kooperation mit Lehrkräften
- ▶ modulare Sammlung von Handreichungen für Lehrkräfte
- ▶ 4 Bände
- ▶ Kostenfrei erhältlich
  - Online <https://www.teilchenwelt.de/materialien/vierbaendiges-unterrichtsmaterial/>
  - Druckexemplar bei Netzwerk Teilchenwelt

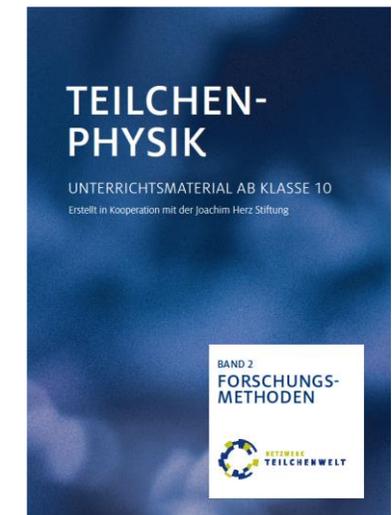
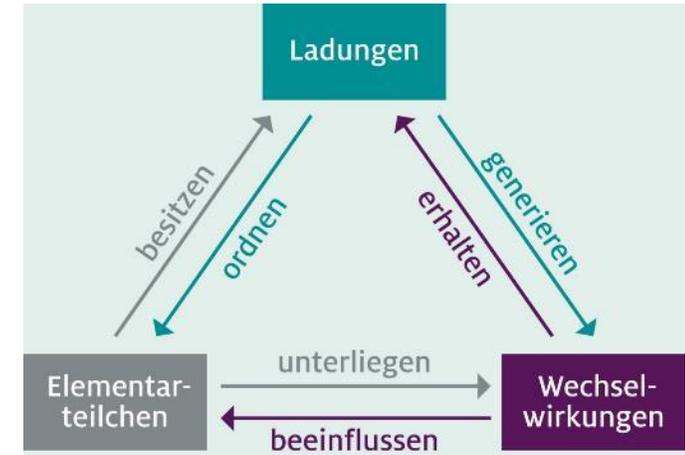


# Band 1: Ladungen, Wechselwirkungen u. Teilchen

- ▶ 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

## TEILCHEN- PHYSIK

UNTERRICHTSMATERIAL AB KLASSE 10  
Erstellt in Kooperation mit der Joachim Herz Stiftung

BAND 3  
KOSMISCHE  
STRAHLUNG



### 2 INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

#### 2.1 THEORETISCHE ANNAHMEN UND VORLESUNGSZIEL

Die Schülerinnen und Schüler sollen in der Lage sein, die physikalischen Grundlagen der Kosmischen Strahlung zu verstehen und zu erklären.

#### 2.2 VORBEREITUNG

Die Schülerinnen und Schüler sollen sich mit den Grundlagen der Kosmischen Strahlung auseinandersetzen und sich auf die Experimente vorbereiten.

#### 2.3 EXPERIMENT

Die Schülerinnen und Schüler sollen die Experimente durchführen und die Ergebnisse auswerten.

### AUFGABEN

#### 1. FORMALE ERMITTLUNG DER MYONENLEBENSZEIT

Die Myonenlebenszeit  $\tau$  ist die Zeit, die ein Myon benötigt, um sich um den Faktor  $e$  zu vermindern.

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

#### 2. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

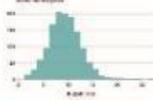
Die Schülerinnen und Schüler sollen die Ergebnisse der Experimente bewerten und die Genauigkeit der Messungen abschätzen.

#### 3. BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Die Schülerinnen und Schüler sollen die Ergebnisse der Experimente bewerten und die Genauigkeit der Messungen abschätzen.

### 3.1 MYONENLEBENSZEIT

Die Myonenlebenszeit  $\tau$  ist die Zeit, die ein Myon benötigt, um sich um den Faktor  $e$  zu vermindern.



# 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 / ANKÜPFUNGSPUNKTE**

Die Aegis-Kampagne beschäftigt sich mit der Identifizierung von Antineutrinos, die beim Beta-Zerfall von  $^{137}\text{Cs}$  entstehen. In der Vorlesung wird die Identifizierung von Antineutrinos durch die Messung der Energieerlöse in einem Szintillationskristall beschrieben. Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne. In der Vorlesung wird die Identifizierung von Antineutrinos durch die Messung der Energieerlöse in einem Szintillationskristall beschrieben. Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne.

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

Das Aegis-Experiment ist ein Experiment zur Identifizierung von Antineutrinos. In der Vorlesung wird die Identifizierung von Antineutrinos durch die Messung der Energieerlöse in einem Szintillationskristall beschrieben. Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne.

**INFORMELLE AUFGABEN**

**Aufgabe 1: Identifizierung von Antineutrinos**

- mit der Identifizierung von Antineutrinos
- mit der Identifizierung von Antineutrinos
- mit der Identifizierung von Antineutrinos

## AUFGABEN

**1. Identifizierung von Antineutrinos**

Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne. In der Vorlesung wird die Identifizierung von Antineutrinos durch die Messung der Energieerlöse in einem Szintillationskristall beschrieben. Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne.

**2. Waagerechter Wurf mit Anti-Wasserstoff**

Das Aegis-Experiment ist ein Experiment zur Identifizierung von Antineutrinos. In der Vorlesung wird die Identifizierung von Antineutrinos durch die Messung der Energieerlöse in einem Szintillationskristall beschrieben. Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne.

**INFORMELLE AUFGABEN**

**Aufgabe 2: Waagerechter Wurf mit Anti-Wasserstoff**

Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne. In der Vorlesung wird die Identifizierung von Antineutrinos durch die Messung der Energieerlöse in einem Szintillationskristall beschrieben. Die Identifizierung von Antineutrinos ist ein zentraler Bestandteil der Aegis-Kampagne.

## 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](#) | [Botenteilchen](#) | [Kopplungsparameter](#) | [Teilchen und Anti-Teilchen](#) | [Elektromagnetische Wechselwirkung](#)

- > Das Standardmodell der Teilchenphysik
- > Symmetrien und Erhaltungssätze
- > Starke Wechselwirkung
- > Teilchenphysik Aspekte 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	$10^{-15} \text{ m}$ (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, Austauschteilchen, Higgs-Boson
- ▶ Ordnen, diskutieren, vertraut werden
- ▶ Handreichung mit methodischen Anregungen

BOTENTEILCHEN UND HIGGS-TEILCHEN

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

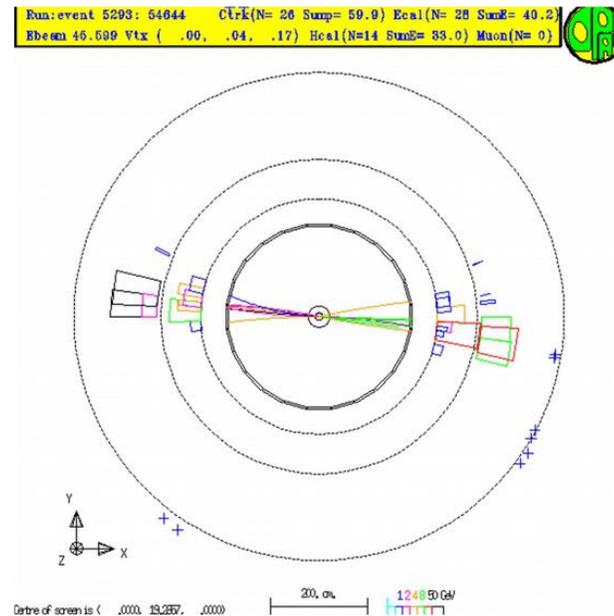


www.teilchenwelt.de



# Arbeitsblätter: Teilchenidentifikation mit Detektoren

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



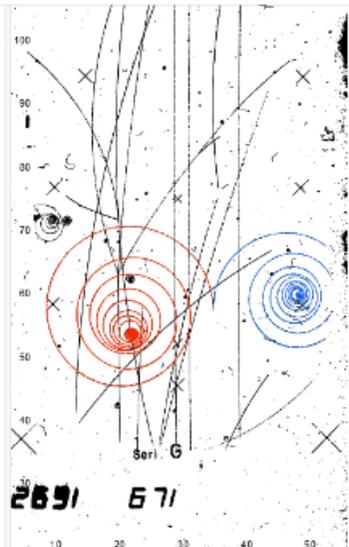
# Blasenkammeraufnahmen / GeoGebra

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

## 3. AB2691 - Impulsbestimmung von neutralen Teilchen

Autor: Netzwerk Teilchenwelt

### 3. AB2691 - Impulsbestimmung von neutralen Teilchen



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

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

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

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

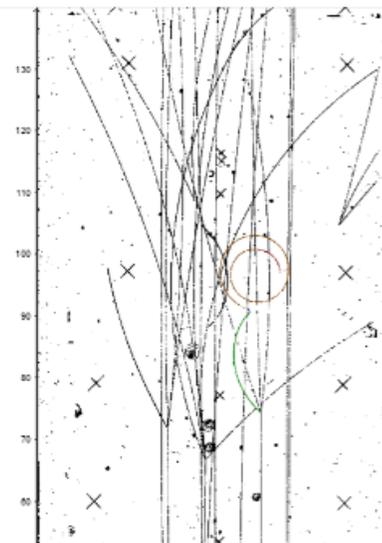
Viel Erfolg!



## 2. AB2806 - Die Umwandlung des Pions

Autor: Netzwerk Teilchenwelt

### 2. AB2806 - Die Umwandlung des Pions



### 1. Aufgabe - Identifikation des Teilchens

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

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



# Materialsammlung

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

**ARBEITSBLATT**

**NETZWERK TEILCHENWELT**

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

<p><b>1a. Halbleiter-Spurdetektor</b></p> <p>Nachgewiesene Teilchen</p> <p>Physikalische Größe</p> <p>Beschreibung des Prozesses</p>	<p><b>1b. Übergangsschichtdetektor</b></p> <p>Nachgewiesene Teilchen</p> <p>Physikalische Größe</p> <p>Beschreibung des Prozesses</p>
<p><b>2a. Elektromagnetischen Kalorimeter</b></p> <p>Nachgewiesene Teilchen</p> <p>Physikalische Größe</p> <p>Beschreibung des Prozesses</p>	<p><b>2b. Hadronisches Kalorimeter</b></p> <p>Nachgewiesene Teilchen</p> <p>Physikalische Größe</p> <p>Beschreibung des Prozesses</p>

**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 Bereich 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 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.

# 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](#)

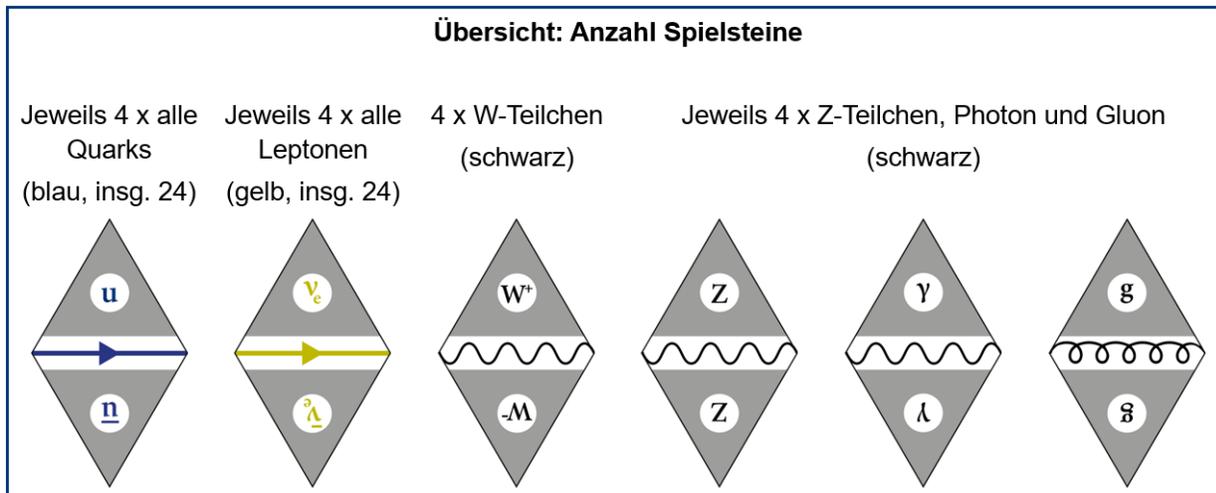
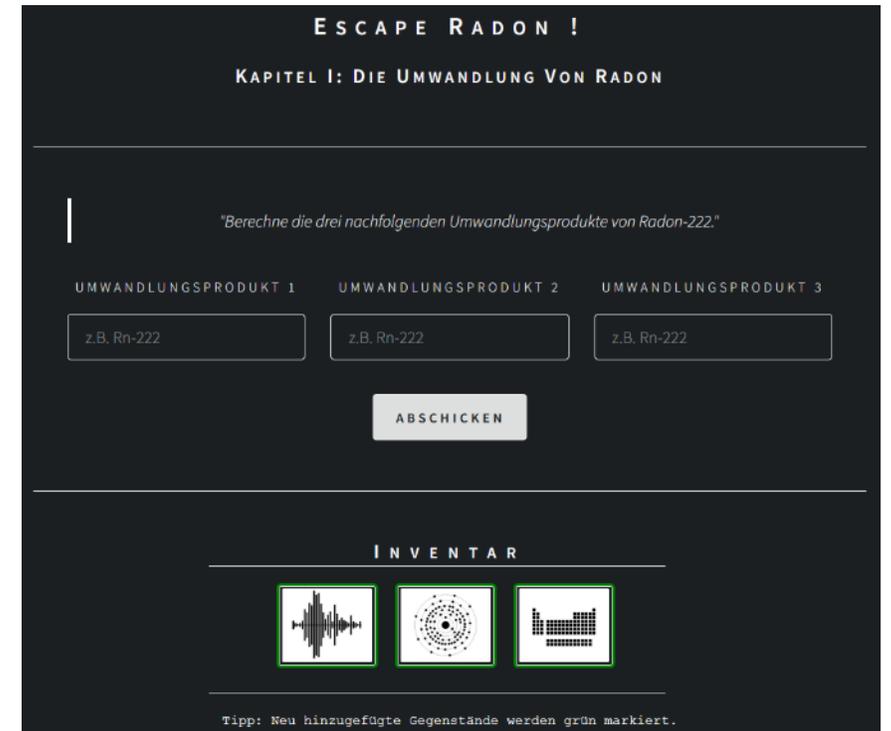


Foto: Philipp Lindenau

# Digitale Escape Stories

- ▶ Escape Radon – Eine Escape-Story zum Radonproblem
- ▶ <http://escape-radon.bplaced.net/>
- ▶ Kontext: Kernphysik und Strahlenbiologie
- ▶ Spieldauer: ca. 120 min
- ▶ DPG-Vortrag dazu [hier](#)
  
- ▶ 2 weitere Escape-Stories mit Actionbound App
  - Kosmische Teilchen
  - Teilchenphysik
  - <https://www.teilchenwelt.de/materialien/digitale-escape-stories/>



# Werbematerialien





[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