

Netzwerk Teilchenwelt

(Astro-)Teilchenphysik...

...erleben, vermitteln, erforschen

Ein Netzwerk...

zwischen

- WissenschaftlerInnen
- Jugendlichen
 - 15-19 Jahre
- Lehrkräften
 - an Schulen, Schülerlaboren, Schülerforschungszentren, Museen etc.

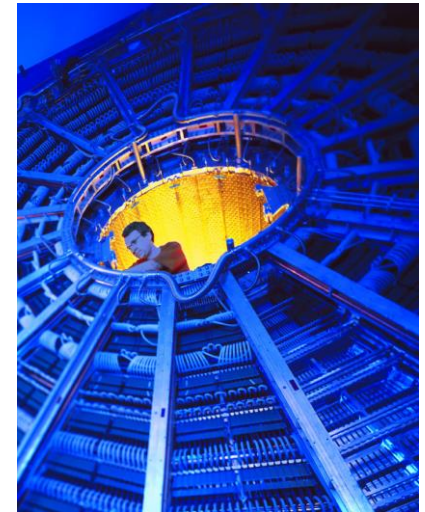
→ in direktem Kontakt zum CERN

(Astro-)Teilchenphysik
...erleben...vermitteln...erforschen



Projektziele

- Verbreitung der Faszination Teilchenphysik und Astroteilchenphysik
- Authentische Erfahrungen mit Forschung
- Grundlagenforschung als Erkenntnisgewinn
- Bessere Sichtbarkeit des CERN in Deutschland
- Ausbildung junger WissenschaftlerInnen in Kommunikation



Bundesweite Struktur

24 Institute
22 Standorte

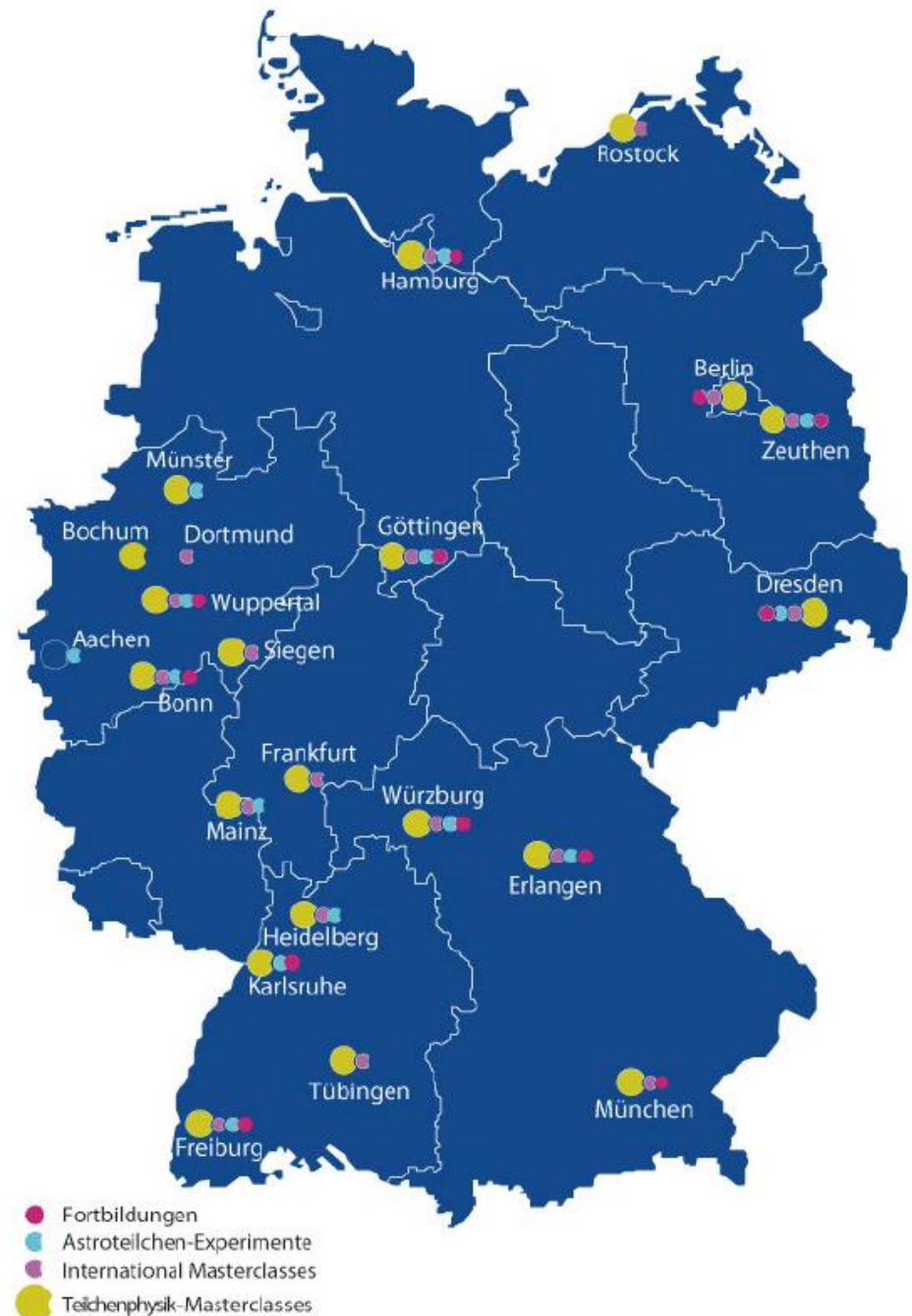
21 Standorte
Teilchenphysik-Masterclasses

19 Standorte
„International Masterclasses“

11 Standorte
Fortbildungen für Lehrkräfte

15 Standorte
Astroteilchen-Experimente

stadtxy@teilchenwelt.de
www.teilchenwelt.de/standorte



Angebot für Jugendliche

- Unmittelbarer Kontakt zur Grundlagenforschung
 - Authentische Erfahrungen mit echten Daten vom CERN
 - Eigene Messungen mit kosmischer Strahlung in Astroteilchen-Masterclasses
- Persönlicher Kontakt mit jungen WissenschaftlerInnen
 - Einblick in deren Arbeitswelt
 - Diskussionen über Aufbau, Wohin und Woher des Universums
- Anknüpfungspunkte zu vielen naturwissenschaftlichen Themen



Mehrstufiges Angebot für Jugendliche



Teilnahme an

- Teilchenphysik-Masterclasses
- International Masterclasses
- Astroteilchen-Masterclasses

Aktive Mitarbeit als

- ### Teilchenwelt-BotschafterIn
- Weitergabe der Faszination Teilchenphysik
 - TutorIn bei Veranstaltungen
 - Mitarbeit bei lokalen Veranstaltungen
 - Experimente mit kosmischen Teilchen

Eigene Projekte an Originalschauplätzen

- Workshops und Projektwochen am CERN
- Projektarbeiten am lokalen Forschungsinstitut



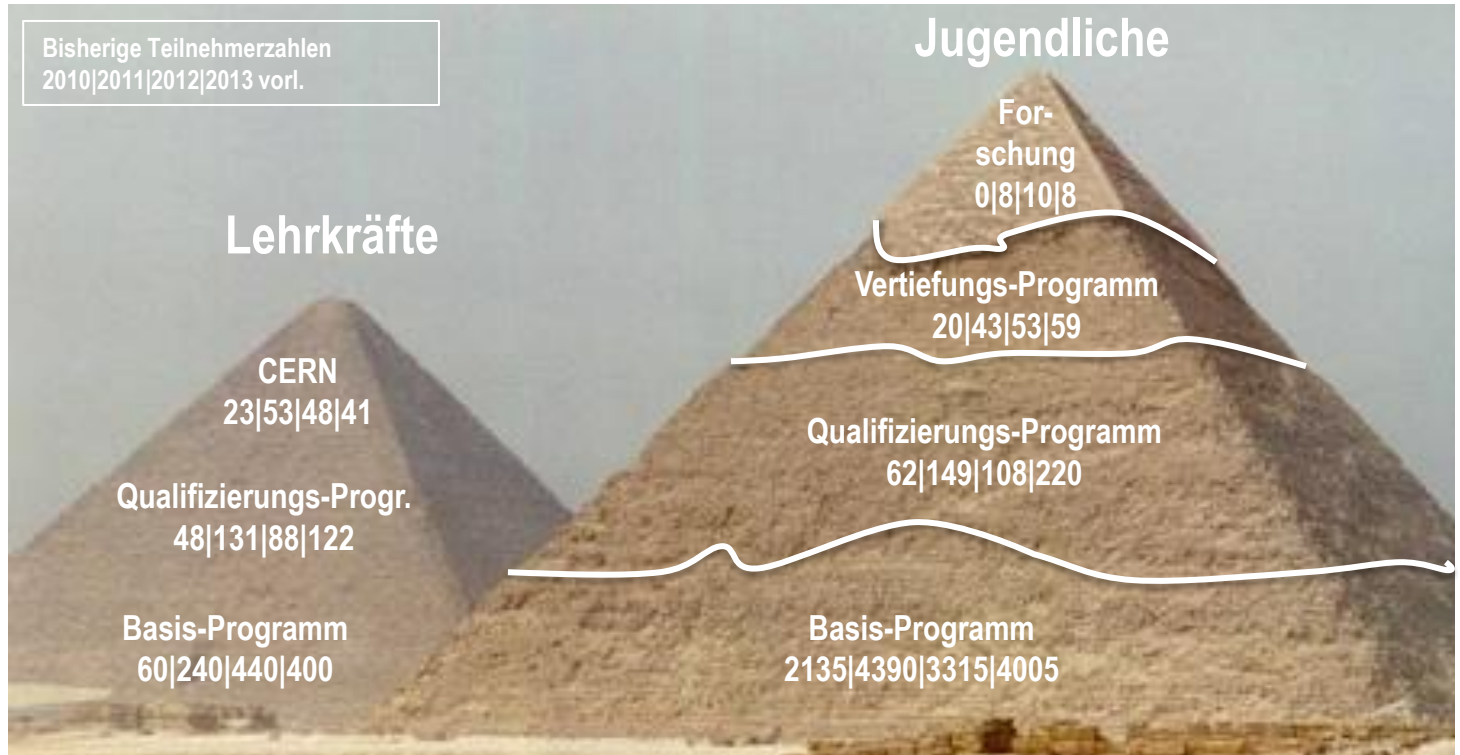
Angebot für Lehrkräfte

- Teilnahme an Fortbildungen an den Standorten
- Teilchenphysik-Masterclasses organisieren
- Projektwochen zur Astro-/Teilchenphysik an Ihrer Einrichtung durchführen
- Betreuung von Forschungsprojekten und Qualifizierungsmöglichkeiten für Schüler übernehmen oder vermitteln
- Erstellung eigener Unterrichtsmaterialien oder Unterrichtsreihen
- Mitarbeit bei der Entwicklung der NTW Kontextmaterialien
- Für CERN-Workshop bewerben
- Für (Teil-)Forschungsabordnung bewerben

Für Fortbildner/Fachleiter etc:

- Organisation von Fortbildungen mit Wissenschaftlern des Netzwerks (gerne auch für Fachleiter o.ä.)
 - Weiterleitung von Informationen, Angebote, Materialien
- ... Ihrer Kreativität sind keine Grenzen gesetzt!

Mehrstufiges Angebot für Lehrkräfte



1

**BASIS-
PROGRAMM**



2

**QUALIFIZIERUNGS-
PROGRAMM**



3

**VERTIEFUNGSPROGRAMM
FORSCHUNGSMITARBEIT**

Besuch von

- (Astro-)Teilchenphysik-Fortbildungen
- Anderen einführenden Veranstaltungen

Organisation von

- Teilchenphysik-Masterclasses
- Experimenten mit kosmischen Teilchen gemeinsam mit Netzwerk Teilchenwelt an Ihrer Einrichtung.

Teilnahme an

- CERN-Workshops
- Forschungsabordnung an lokale Forschungseinrichtungen

Materialsammlung

- ▶ Broschüre, 72 S.
- ▶ Hintergrundinformationen und Arbeitsblätter zu
 - Methoden
 - Anwendungen
 - Kosmologie
 -
- ▶ Erhältlich als...
 - Gedruckte Version
 - Download als pdf

www.teilchenwelt.de/material

<http://ippog.web.cern.ch/resources/types/brochure-flyer-leaflet>



DER TEILCHENPHYSIK

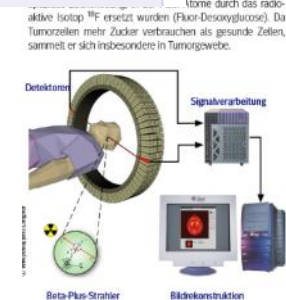
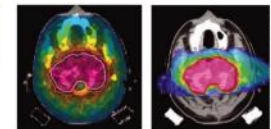


Abb. 1. Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

ie (PET)
 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.



Teilchensteckbriefe

- ▶ 2 Varianten
- ▶ Gelegenheit zu eigenen Aktivitäten
- ▶ Ordnen, diskutieren, vertraut werden



AUSTAUSCHTEILCHEN

PHOTON



$m = 0$
 $q = 0$

W⁻-BOSON



$m = 80\,400 \text{ MeV}/c^2$
 $q = +1$

GLUONEN



$m = 0$
 $q = 0$

W⁻-BOSON



$m = 80\,400 \text{ MeV}/c^2$
 $q = -1$

Z-BOSON



$m = 91\,200 \text{ MeV}/c^2$
 $q = 0$

UP-ANTIQUARKS
NACHWEIS: 1969



ANTIMATERIETEILCHEN

Masse:	2 MeV/c ²
Elektrische Ladung:	-2/3
Starke Ladung:	antitrot, antigrün, antiblau
Schwache Ladung:	-1/2
Mittlere Lebensdauer:	unbegrenzt

CHARM-ANTIQUARKS
NACHWEIS: 1974



ANTIMATERIETEILCHEN

Masse:	1300 MeV/c ²
Elektrische Ladung:	-2/3
Starke Ladung:	antitrot, antigrün, antiblau
Schwache Ladung:	-1/2
Mittlere Lebensdauer:	10 ⁻¹² s

TOP-ANTIQUARKS
NACHWEIS: 1995



ANTIMATERIETEILCHEN

Masse:	173 000 MeV/c ²
Elektrische Ladung:	-2/3
Starke Ladung:	antitrot, antigrün, antiblau
Schwache Ladung:	-1/2
Mittlere Lebensdauer:	6 · 10 ⁻²⁵ s

LEIFI Portal



www.leifiphysik.de/themenbereiche/teilchenphysik

- seit 9/2013 mit Joachim Herz Stiftung
- über 40 Seiten Texte u. Animationen

Grundwissen Versuche Aufgaben Ausblicke Geschichte Weiterführende Links

● Mehr anzeigen

Die 12 Bausteinteilchen lassen sich zunächst in drei Generation (oder auch: Familien, in der Tabelle rechts die drei Spalten) einteilen. Die drei Generationen besitzen jeweils sehr ähnliche Teilchen, lediglich die Masse der Teilchen ändert sich zwischen den Generationen erheblich.

Am geläufigsten sind die Mitglieder der 1. Spalte, denn sie sind die Grundbausteine der Materie, mit der man gewöhnlich in Berührung kommt. Für den Aufbau der Hadronen und somit des Nukleons dienen die Quarks u und d . Von den Leptonen gehört zur 1. Generation das Elektron e , das von den s -Zerfällen her bekannt ist und auch in großer Zahl von der Sonne zur Erde gelangt.

Die Mitglieder der 2. und 3. Generation sind nur unter extremen Bedingungen auf, wie sie z.B. in Teilchenbeschleunigern oder in den obersten Schichten unserer Atmosphäre herrschen, wo die kosmische Strahlung auf Teilchen in unserer Atmosphäre trifft. Die Mitglieder der 3. Generation besitzen im Vergleich zu ihren Verwandten eine sehr große Masse und können daher nur in Teilchenbeschleunigern nachgewiesen werden, denn man benötigt sehr hohe Energien um diese Teilchen zu erzeugen.

Man kann die 12 Teilchen aber auch nach ihrer Ladung in verschiedene Gruppen einteilen (in der Tabelle rechts die drei Zeilen), wodurch ein erstaunlich übersichtliches Schema entsteht. Je höher die Teilchen in der Tabelle stehen, desto mehr unterschiedliche Ladungen besitzen sie:

Die elektrisch neutralen Leptonen in der untersten Zeile tragen lediglich eine schwache Ladung. Somit werden sie "nur" von der schwachen Wechselwirkung beeinflusst und tauschen "nur" die Botenteilchen W^+ , W^- und Z^0 aus.

Die elektrisch geladenen Leptonen in der mittleren Zeile tragen zusätzlich eine elektrische Ladung. Somit werden sie auch von der elektromagnetischen Wechselwirkung beeinflusst und tauschen neben W^+ , W^- und Z^0 auch Photonen als Botenteilchen aus.

Die Quarks in der obersten Zeile schließlich tragen auch noch eine starke Ladung. Sie werden also zusätzlich von der starken Wechselwirkung beeinflusst und tauschen somit außer Photonen und W^+ , W^- und Z^0 Gluonen als Botenteilchen aus.

Dies gleiche Bild ergibt sich für die jeweiligen Antiteilchen. Hier sind lediglich die Ladungen umgekehrt. Und einer elektrischen Ladung von $+2/3$ folgt das

1. Generation 2. Generation 3. Generation

stark, elektromagnetisch (Photon) (W^+, W^-, Z^0)

Übersicht über die Bausteinteilchen der Materie

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.

PHYSIK

Starke Ladung (Farbladung)

Die starke Ladung (Farbladung) eines Teilchens ist ein Maß für die Stärke der starken Wechselwirkung. Sie ist ein Maß für die Stärke der Wechselwirkung zwischen den Quarks und Gluonen.

Die Quarks besitzen eine Farbladung, die in drei Farben unterteilt ist: rot, grün und blau. Die Gluonen besitzen eine Farbladung, die in sechs Farben unterteilt ist: rot, grün, blau, antirot, antigrün und antiblau.

Die 6 Gluonen tragen jeweils verschiedene Kombinationen aus 3 Ladungen.

Alle sechs elektromagnetischen Botenteilchen (Photon, Gluon) sind auch die Botenteilchen der starken Wechselwirkung.

Unterrichtsmaterial

In Entwicklung

- mit Joachim Herz Stiftung bis 6/2015

3 Vorkenntnisse

Die Schülerinnen und Schüler sollten vor der Beschäftigung mit den Materialien zu den experimentellen Forschungsmethoden der Teilchenphysik Vorkenntnisse zu folgenden physikalischen Inhalten besitzen:

- Bewegung elektrisch geladener Teilchen im elektrischen und magnetischen Feld,
- Kraftwirkung von Feldern,
- Grundlagen der klassischen Mechanik wie Energie, Impuls, Kraftgesetze, Gesetze der Bewegung,
- Erhaltungsgesetze, v.a. Energie- und Impulserhaltung,
- Aufbau von Atomen und Molekülen.

Darüber hinaus sind Kenntnisse zu der deBroglie-Beziehung, dem Standardmodell der Teilchenphysik sowie der Ionisation von Atomen und Molekülen empfehlenswert. Wenn der Aufbau und die Funktionsweise des ATLAS-Detektors als Beispiel für einen heutigen Großdetektor eingehend behandelt werden sollen, werden zudem Vorkenntnisse zu Halbleitern und der Szintillation benötigt.

4 Lernziele

Mit den vorliegenden Materialien zu den experimentellen Forschungsmethoden der Teilchenphysik werden die folgenden Lernziele verfolgt:

Lernziele zum Kapitel „Forschungsziele mit Teilchenbeschleunigern und -detektoren“:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben die Forschungsziele mit Teilchenbeschleunigern und -detektoren,
- bewerten anhand der Forschungsziele mit Teilchenbeschleunigern und -detektoren sowie Beispielen von bereits erlangten Erkenntnissen mithilfe von Beschleunigeranlagen die Rolle und Notwendigkeit von Teilchenbeschleunigeranlagen für die Grundlagenforschung in der Teilchenphysik.

Lernziele zum Kapitel „Teilchenbeschleuniger“:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben das Prinzip der Beschleunigung frei beweglicher elektrisch geladener Teilchen mittels einer Potentialdifferenz,
- beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise sowohl eines Linear- als auch Kreisbeschleunigers,
- skizzieren die Beschleunigung frei beweglicher elektrisch geladener Teilchen mithilfe von modernen Beschleunigeranlagen, die sowohl aus Linear- als auch Kreisbeschleunigern bestehen.

4

Version 20. März 2015

Das folgende Material versucht das Phänomen der kosmischen Strahlung zu erklären, wobei diese Fragen im Mittelpunkt stehen werden:

- Wo kommt die kosmische Strahlung her?
- Wie kann man kosmische Teilchen nachweisen?
- Was sind kosmische Teilchen eigentlich und welche Eigenschaften haben sie?

6.2 Teilchen in der Nebelkammer bzw. Blasenkammer

1932 zeigte Carl D. Anderson erstmals, dass Teilchen in einer Nebelkammer sichtbar gemacht werden können. Für seine Entdeckung erhielt er 1936 den Nobelpreis für Physik, zusammen mit Victor Franz Hess für dessen Arbeiten zur Entdeckung der kosmischen Strahlung. Mit dieser eigentlich recht simplen Methode einer Nebelkammer ist es auch heute noch möglich, den kosmischen Teilchen auf die Spur zu kommen.

Eine Nebelkammer ist ein Detektor in dem übersättigter Alkoholdampf erzeugt wird. Wenn elektrisch geladene Teilchen die Kammer durchqueren, ionisieren sie entlang ihrer Flugbahn Gasmoleküle im Alkoholdampf. Diese Gasmoleküle lösen eine Kondensation von winzigen Flüssigkeitstropfen aus. So entstehen sichtbare Teilchenspuren, ähnlich den Kondensstreifen hinter Flugzeugen. Elektrisch neutrale Teilchen wie Photonen und Neutronen hinterlassen keine Spuren. Die Aufnahme einer Nebelkammer ist in Abb. 1 zu sehen.



Abb. 1 Blick in eine Nebelkammer
(Quelle: Universität Göttingen, Marius Osterhoff)

Es lassen sich verschiedene Teilchenspuren identifizieren:

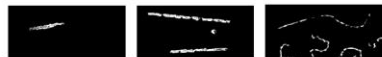


Abb. 2 Nebelkammerspuren von Alpha-Teilchen (links), Protonen (Mitte) und Elektronen (rechts). (Quelle: K17)

Die kurzen, nur wenige Zentimeter langen und dicken Nebelspuren werden von Alpha-Teilchen verursacht, die in der Luft (und auch Alkoholdampf) eine mittlere Reichweite von nur etwa 5 cm haben (Abb. 2 links). Da Alpha-Teilchen bereits durch ein Blatt Papier absorbiert werden, können sie nicht durch die Glashaube der

8

Verfasser: CERN Workshop Apr 2014 AG3

Email (optional): _____

Story-Gattung:

- lustig
- wissenschaftlich
- ohne Vorkenntnisse
- mit Vorkenntnisse

Schwierigkeitsgrad:

- leicht
- mittel
- schwer

Thema:

- Beschleuniger
- Detektor
- Teilchenstrahl
-
-

(evtl.) Lehrwerkbezug:

Lehrwerk: _____
Kapitel: _____

Auflösung

Durch die Gesamtenergie auf die Gelege verleiht sich der LHC mit der Mondphase um ca. 25cm, der Ring wird ca. 1mm länger. Die Gesamtenergie auf den Teilchenstrahl ist veranschaulicht. Dabei muss der Strahl abhängig von der Mondphase nachjustiert werden. Der verantwortliche Operateur ist eingeschlafen. Das Notsystem schickt den Strahl aus dem LHC in den Dump.



Stories Vollmond - Strahl auf Abwegen

Der Protonen-Strahl verlässt den LHC und wird in den sogenannten Dump (Strahlabsorber) geleitet.

30

Mehr Informationen unter

www.teilchenwelt.de

und

www.forum.teilchenwelt.de

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit und eine
schöne, unvergessliche Zeit am
CERN!**

ORIGINALSCHAUPLATZ



SCHIRMHERRSCHAFT



PROJEKTLEITUNG



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

JOACHIM
HERZ
STIFTUNG



NETZWERK
TEILCHENWELT