

Forschung trifft Schule

Lehrerfortbildung

Das Standardmodell der Teilchenphysik im
Schulunterricht

Michael Kobel, Philipp Lindenau
Essen | 22. – 23.03.2017

Herzlich willkommen!





Ziele der Fortbildung

- ▶ 1) Eigenes Wissen über Teilchenphysik erweitern
- ▶ 2) Überblick über zur Verfügung stehende Unterrichtsmaterialien erhalten und ausgewählte testen
- ▶ 3) Konkrete Unterrichtsplanungen erarbeiten und mit nach Hause nehmen

Ablauf

Mittwoch, 22.03.

- ▶ 09:00 – 10:15 Begrüßung, Vorstellung NTW, Warm-Up
- ▶ 15 Min. Kaffeepause
- ▶ 10:30 – 12:00 Fachvortrag I
- ▶ 12:00 – 12:45 Mittagspause
- ▶ 12:45 – 14:00 Fachvortrag II
- ▶ 14:00 – 15:45 Gruppenarbeit: Stundeplanung
- ▶ 15 Min. Kaffeepause
- ▶ 16:00 – 16:30 Präsentation und Diskussion der Arbeitsergebnisse
- ▶ 16:30 – 17:00 Überblick: Materialien und Quellen

Ablauf

Donnerstag, 23.03.

- ▶ 09:00 – 10:00 Kosmische Strahlung: Materialien und Experimente
- ▶ 10:00 – 10:35 Vortrag: Forschungsmethoden I
- ▶ 15 Min. Kaffeepause
- ▶ 10:50 – 11:30 Vortrag: Forschungsmethoden II
- ▶ 11:30 – 12:00 Arbeitsmaterialien: Forschungsmethoden
- ▶ 12:00 – 12:45 Mittagspause
- ▶ 12:45 – 14:45 Erprobung ausgewählter Unterrichtsmaterialien
- ▶ 15 Min. Kaffeepause
- ▶ 15:00 – 15:30 Präsentation und Diskussion der Arbeitsergebnisse
- ▶ 15:30 – 16:30 Backup und offene Fragen
- ▶ 16:30 – 17:00 Abschlussrunde und Evaluation



Ablauf

Jetzt

- ▶ Vorstellung NTW
- ▶ Aufwärmübung

Netzwerk Teilchenwelt

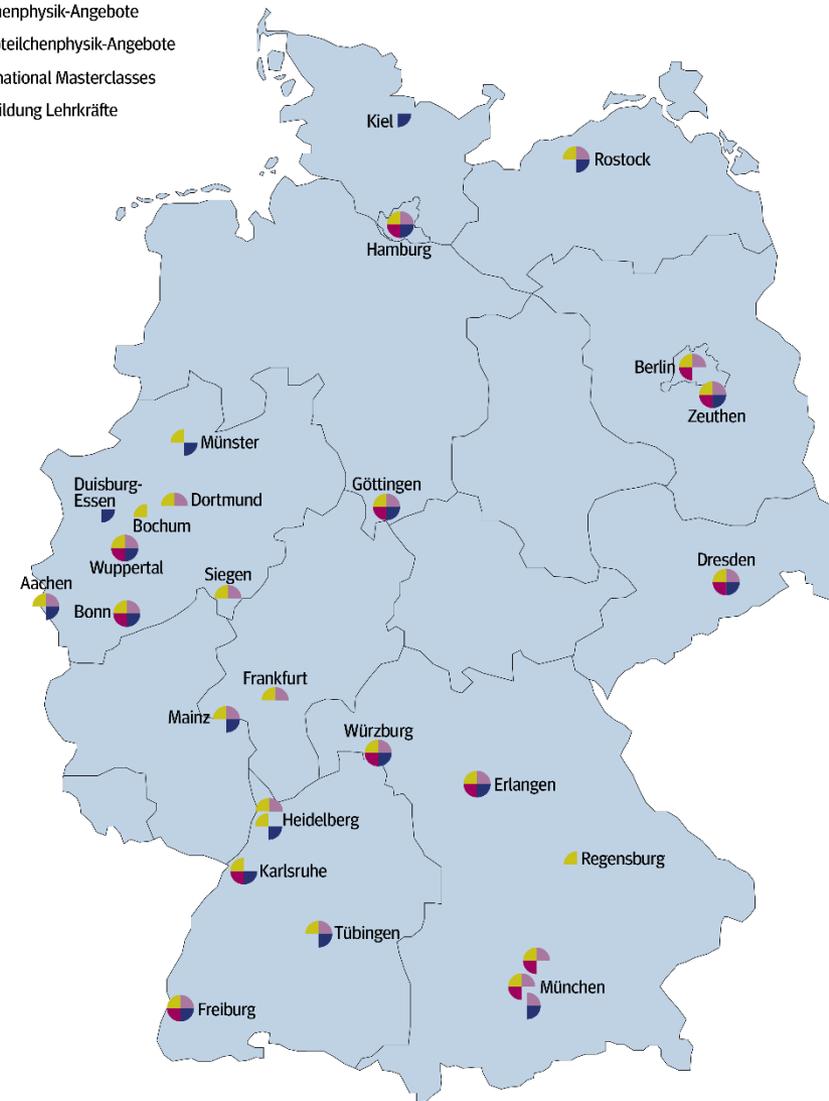
- ▶ 24 Standorte in 12 Bundesländern + CERN
 - insgesamt 28 Institute
 - Leitung: TU Dresden
- ▶ Netzwerk zwischen Wissenschaftlern, Jugendlichen im Alter von 15-19 Jahren Studierenden und Lehrkräften mit direktem Kontakt zum CERN



Netzwerk Teilchenwelt

- ▶ Forschungsthemen aus der Teilchen- und Astroteilchenphysik mit aktuellen Daten und einfachen Experimenten in die Schulen bringen
- ▶ Projektziele:
 - Faszination Astro-/Teilchenphysik erleben
 - Wissenschaft kommunizieren
 - Forschung vor Ort und im Unterricht
 - Wertschätzung von Erkenntnisgewinn durch Grundlagenforschung

- Teilchenphysik-Angebote
- Astroteilchenphysik-Angebote
- International Masterclasses
- Fortbildung Lehrkräfte



Das Konzept: Stufenprogramm



Mehrstufiges Angebot für Lehrkräfte

Mehrstufiges Angebot für Lehrkräfte im Überblick

Teilchenphysik erleben

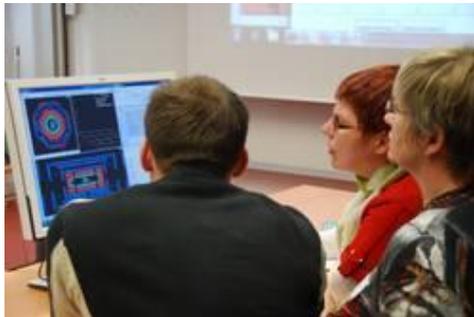
1

BASIS-PROGRAMM



Teilnahme

- Leherrtage der „Internationalen Masterclasses“
- Andere einführende Veranstaltungen



Teilchenphysik vermitteln

2

QUALIFIZIERUNGS-PROGRAMM



Mitarbeit - Teilchenwelt-MultiplikatorIn

- Organisation von Projekttagen in Ihrer Einrichtung mit dem Netzwerk Teilchenwelt:
- Teilchenwelt-Masterclasses
 - Experimente mit kosmischer Strahlung



Teilchenphysik erforschen

3

VERTIEFUNGSPROGRAMM/
FORSCHUNGSMITARBEIT



Projekte an Originalschauplätzen

- Workshops für Teilchenwelt-MultiplikatorInnen am CERN
- Forschungsabordnung an lokale Forschungseinrichtungen



Mehrstufiges Angebot für Jugendliche

Mehrstufiges Angebot für Jugendliche im Überblick

Teilchenphysik erleben

1

BASIS-PROGRAMM



Teilnahme

- Teilchenwelt – Masterclasses
- Internationale Masterclasses
- Experimente mit kosmischer Strahlung



Teilchenphysik vermitteln

2

QUALIFIZIERUNGS-PROGRAMM



Mitarbeit - Teilchenwelt-BotschafterIn

- TutorIn bei Masterclasses und Cosmic- Experimenten
- Mithilfe bei Vermittlungsangeboten
- Weitergabe der Faszination Teilchenwelt über Präsentationen, Internet & Co



Teilchenphysik erforschen

3

VERTIEFUNGSPROGRAMM/
FORSCHUNGSMITARBEIT



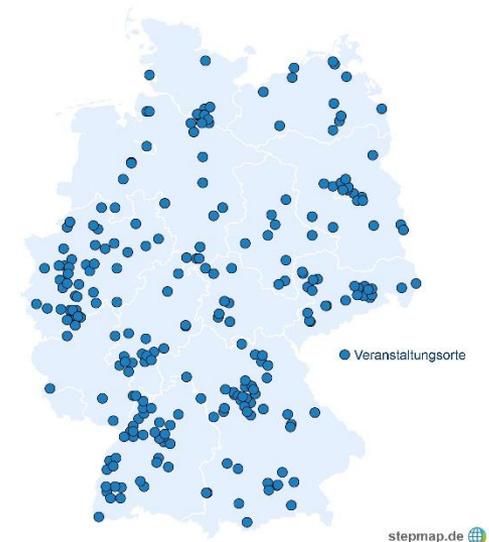
Projekte an Originalschauplätzen

- Workshops für Teilchenwelt-BotschafterInnen am CERN
- Projektarbeiten an lokalen Forschungseinrichtungen



Basisprogramm: Teilchenphysik-Masterclass

- ▶ Eintägige Veranstaltung in Schulen
 - Durchgeführt von Nachwuchswissenschaftler/inne/n (Doktorand/inn/en)
 - Einführungsvorträge
 - Eigene Messungen mit Daten der LHC-Experimente ATLAS, CMS, ALICE oder LHCb
 - Auch als Lehrerfortbildung
 - > 200 Teilchenphysik-Masterclasses im Jahr im Netzwerk Teilchenwelt



Astroteilchen-Projekte

- ▶ Szintillator-Experiment „CosMO“ und „Kamiokanne“-Experiment
 - Zur Ausleihe nach vorheriger Fortbildung
 - Geeignet für kleinere Gruppen in allen Programmstufen
 - Verschiedene Messungen (Winkel, Lebensdauer, Abschirmung)
- ▶ Nebelkammer-Sets
- ▶ Auger-Masterclasses
- ▶ IceCube Masterclasses
- ▶ Mehr dazu morgen...



Kamiokannen



Szintillationszähler



Nebelkammer
12

Materialsammlung

► Hintergrundinformationen und Arbeitsblätter zu

- Teilchenphysik - Forschung und Anwendungen
- Standardmodell der Teilchenphysik
- Vier Wechselwirkungen
- ATLAS-Detektor
- Teilchensteckbriefe

► Erhältlich als...

- Gedruckte Version (aktuell nicht mehr)
- Download als PDF www.teilchenwelt.de/material
- Neuauflage bald verfügbar



LEIFI Physik Portal

JOACHIM
HERZ
STIFTUNG



www.leifiphysik.de/themenbereiche/teilchenphysik

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

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^{-16} m (Protonendurchmesser)	10^{-18} m ($\frac{1}{1000}$ Protonendurchmesser)	unbegrenzt	unbegrenzt
Botenteilchen	Gluonen	W^+ , W^- , Z^0	Photon	
Ladung	Starke Ladung (Farbladung)	Schwache Ladung	Elektrische Ladung	
Kopplungsstärke/-konstante	$\alpha_g = \frac{1}{8}$	$\alpha_w = \frac{1}{30}$	$\alpha_{em} = \frac{1}{137}$	$\alpha_g \sim 10^{-44}$

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.



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 beinhalten jeweils sehr ähnliche Teilchen, lediglich die Masse der Teilchen ändert sich zwischen den Generationen erheblich.

Am geläufigsten sind die Mitglieder der 1. Generation in der 1. Spalte, denn sie sind die Grundbausteine der Materie, mit der man gewöhnlich in Berührung kommt: Für den Aufbau der Nukleonen und somit des Atomkerns dienen die Quarks u und d . Von den Leptonen gehört zur 1. Generation das Elektron e , das die Hülle eines Atoms aufbaut, sowie das nahezu masselose Elektron-Neutrino ν_e , das von den β -Zerfällen her bekannt ist und auch in großer Zahl von der Sonne zur Erde gelangt.

Die Mitglieder der 2. und 3. Generation in der 2. und 3. Spalte treten unter extremen Bedingungen auf, wie sie z.B. in Teilchenbeschleunigern oder in den oberen 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 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.

Das gleiche Bild ergibt sich für die jeweiligen Antiteilchen, hier sind lediglich alle Ladungen umgekehrt, statt einer elektrischen Ladung von $+\frac{2}{3}$ trägt das

1. Generation

Quarks

2. Generation

Quarks

3. Generation

Quarks

Elektrisch geladene Leptonen

Elektrisch neutrale Leptonen

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

Übersicht über die Bausteinteilchen der Materie



**FOLGENDE BÄNDE
SIND VERFÜGBAR:**

- Mikrokurse
- Kosmische Strahlung
- Forschungsmethoden
- Wechselwirkungen und Teilchen



**KOSTENFREI
ERHÄLTlich!**

UNTERRICHTS- MATERIALIEN ZUR TEILCHENPHYSIK

Teilchenphysik ist aktuell und spannend. Die Joachim Herz Stiftung und das Netzwerk Teilchenwelt haben gemeinsam mit Wissenschaftlern und Lehrkräften dieses Thema für den Physikunterricht aufgegriffen und eine Heftreihe mit Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik entwickelt. Sie soll Lehrkräften Ideen, Anregungen und Hintergrundinformationen für ihren Unterricht geben.

Die Materialien können per E-Mail an info@leifiphysik.de angefordert oder unter www.leifiphysik.de/tp heruntergeladen werden.

Materialentwicklung

- Kooperation mit der Joachim Herz Stiftung
- Laufzeit: 2013 – 2016
- enge Kooperation mit Lehrkräften (NTW-Alumni), u.a. 3 Workshops
- modulare Sammlung von Handreichungen für Lehrkräfte (4 Bände)
- Kostenfrei erhältlich auf:
 - www.teilchenwelt.de/tp
 - www.leifiphysik.de/tp
 - Online oder als Druckexemplar
- 3 Bände bereits erschienen
- Der letzte folgt in wenigen Wochen



Band 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen

- Ca. 100 Seiten Hintergrundinformationen für Lehrkräfte
- Einführung in das Standardmodell
- Spiralcurriculum, didaktische und fachliche Hinweise
- Aufgabenblätter online

Band 2: Forschungsmethoden (in Arbeit)

- Forschungsziele
- Beschleuniger
- Detektoren
- Zahlreiche Aufgaben



Weiterhin erschienen:

- ▶ Band 3: Kosmische Strahlung
- ▶ Band 4: Mikrokurse

- ▶ Dazu später mehr...

www.teilchenwelt.de

ORIGINALSCHAUPLATZ



SCHIRMHERRSCHAFT



PROJEKTLEITUNG



GEFÖRDERT VOM



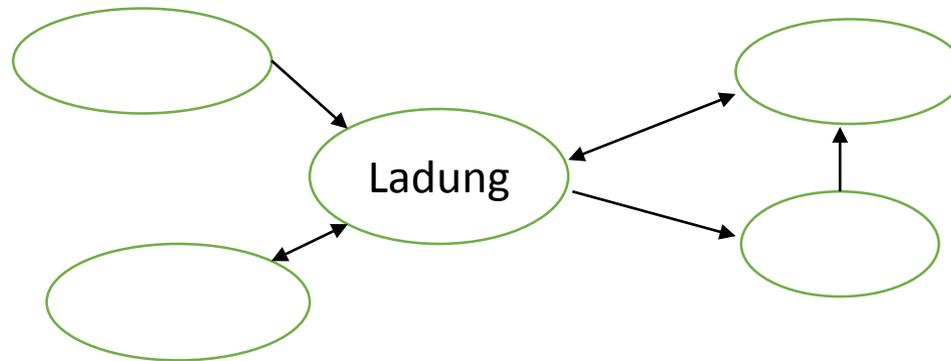
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

JOACHIM
HERZ
STIFTUNG



Aufwärmübung

- ▶ Erstellen Sie in Gruppen eine Concept-Map zum Begriff Ladung.



- ▶ Formulieren Sie einen kurzen fachlichen Kommentar dazu. (Schwerpunkte, besonders bedeutsame Zusammenhänge,...)
- ▶ Möglichst vorerst keine didaktische Wertung