

Unterrichtsmaterialien für den Einsatz in Schulen

Felix Lehmann, TU Dresden

GTP 11.-16.10.2015 CERN

14.09.2015



Gliederung der Präsentation

▶ I: Allgemeines

- Historie der Materialien
- Inhaltlicher Aufbau
- Methodischer Aufbau

▶ II: Vorstellung der Teile (Kapitel)

- Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen
- Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik
- Teil 3: Kosmische Strahlung
- Teil 4: Mikrokurse

I. Allgemeines

► Historische Entwicklung der Materialien

- Set 1: Kontextmaterialien (via BMBF) Mai 2013
 - Vielfältiges Material / Kontextmaterial
 - www.teilchenwelt.de/material

- Set 2: leifiphysik.de (via J. Herz) Mai 2014
 - www.leifiphysik.de/themenbereiche/teilchenphysik

- Set 3: Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik (via J. Herz) Juli 2015
 - ~300 Seiten „Buch“ → später einzelne Broschüren
 - http://tu-dresden.de/Members/michael.kobel/dateien/teilchenwelt_schulmaterialien_version1.pdf

I. Allgemeines

► Inhaltlicher Aufbau

- Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen~110
- Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik
- Teil 3: Kosmische Strahlung
- Teil 4: Mikrokurse

I. Allgemeines

▶ Methodischer Aufbau

- Zu allen Teilen
 - ◆ Inhaltliche Anknüpfungspunkte an den Lehrplan
 - ◆ Vorkenntnisse
 - ◆ Lernziele
 - ◆ Methodische Hinweise
 - ◆ Fachliche Hinweise
 - ◆ Aufgaben und/oder Arbeitsblätter
 - ◆ Lösungen
- Zu Teil 1
 - ◆ Spiralcurriculum

I. Allgemeines

▶ I: Allgemeines

- Historie der Materialien
- Inhaltlicher Aufbau
- Methodischer Aufbau

▶ II: Vorstellung der Teile (Kapitel)

- Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen
- Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik
- Teil 3: Kosmische Strahlung
- Teil 4: Mikrokurse

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

~110 Seiten

▶ Fachtext

- ~74 Seiten

- Fachtext wurde für Lehrkräfte (und SchülerInnen im Leistungskurs mit erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt)

▶ Aufgaben und Lösungen

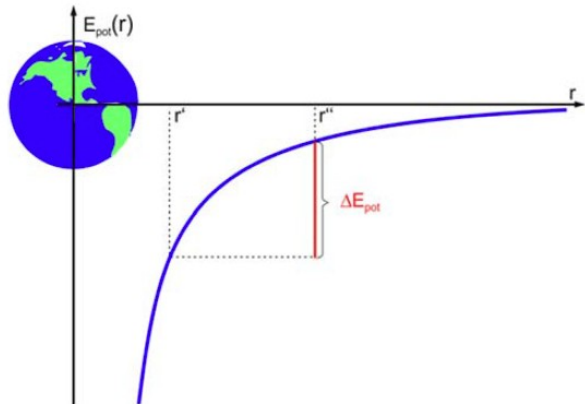
▶ Informationen für Lehrkräfte

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Ausgangspunkt: Gravitation

Verbindung: Kraft ~ Potenzielle Energie

$$F_G = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ (Newtonsches Gravitationsgesetz)}$$



$$E_{Pot}(r) = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r}$$

Infokasten: Kraft und potenzielle Energie

Wenn man versucht, zwei Massen mit einem Abstand r_1 um eine kleine Strecke $\Delta r = r_2 - r_1$ weiter voneinander zu entfernen, muss gegen die Gravitationskraft F_G die Arbeit

$$W = -F_G \cdot \Delta r = \Delta E_{pot} = E_{pot}(r_2) - E_{pot}(r_1)$$

verrichtet werden. An jedem Ort lässt sich also über die Umformung $F_G = -\frac{\Delta E_{pot}}{\Delta r}$ die Kraft aus der potenziellen Energie über eine Ableitung ermitteln:

$$F(r) = -\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\Delta E_{pot}}{\Delta r} = -\frac{dE_{pot}}{dr}$$

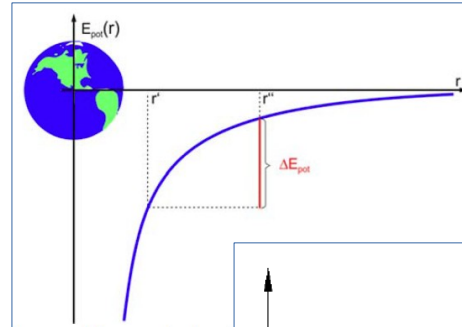
Diese Beziehung gilt nicht nur für die Gravitation, sondern für alle Kräfte, die im Folgenden diskutiert werden. Umgekehrt lässt sich die potenzielle Energiedifferenz über das Integral

$$-\int_{r_1}^{r_2} F(r) \cdot dr = E_{pot}(r_2) - E_{pot}(r_1) = \Delta E_{pot}$$

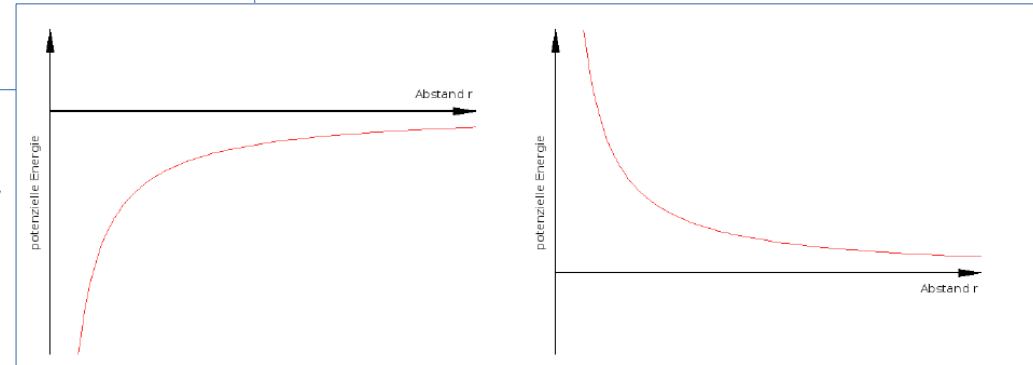
aus der Kraft herleiten. Die potenzielle Energie ist also mathematisch die Stammfunktion der Kraft. Das Minuszeichen berücksichtigt, dass die Arbeit, die für eine Erhöhung der potenziellen Energie nötig ist, immer entgegen der wirkenden Kraft geleistet werden muss.

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

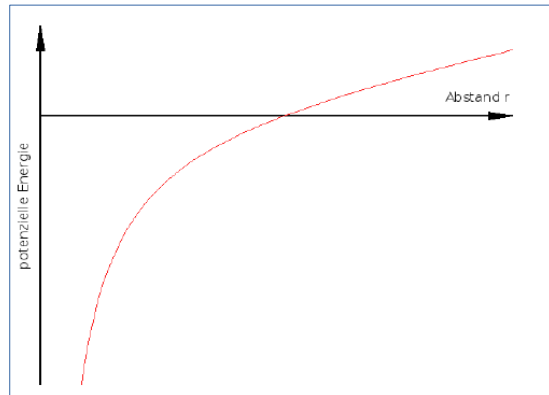
▶ Gravitation



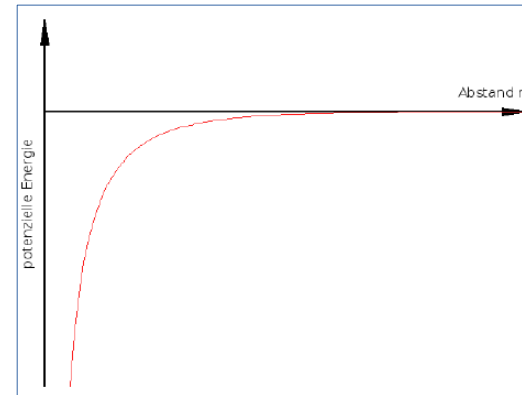
▶ Elektromagnetische WW



▶ Starke WW

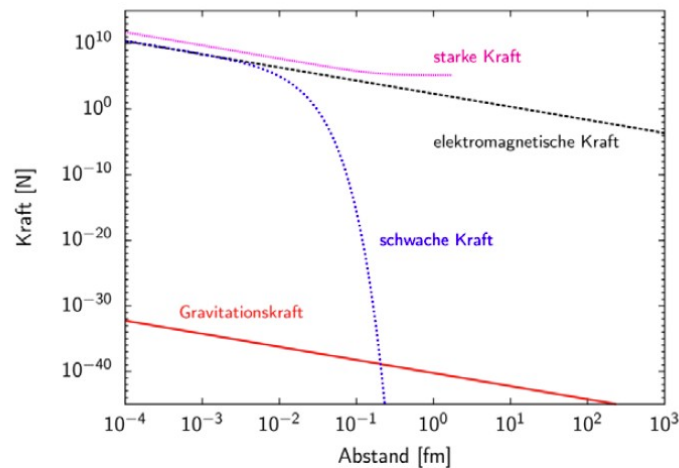


Schwache WW



II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

- ▶ Bei kleinen Abständen $\sim 1/r^2$, bei 3 Dimensionen



Wechselwirkung	Kraftgesetz für $r \rightarrow 0$	Reichweite	Kopplungsparameter α
Gravitation	$F_G = \hbar \cdot c \cdot \alpha_{grav} \cdot \frac{-1}{r^2}$	unendlich	$\alpha_{grav} \approx \frac{1}{10^{38}}, \dots, \frac{1}{10^{45}}$
elektromagnetisch	$F_C = \hbar \cdot c \cdot \alpha_{em} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$	unendlich	$\alpha_{em} \approx \frac{1}{137}$
stark	$F_S = \hbar \cdot c \cdot \alpha_s \cdot \frac{\vec{L}_1 \cdot \vec{L}_2}{r^2}$	$2 \cdot 10^{-15}$ m	$\alpha_s \approx \frac{1}{2}, \dots, \frac{1}{10}$
schwach	$F_W = \hbar \cdot c \cdot \alpha_w \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r^2}$	$2 \cdot 10^{-18}$ m	$\alpha_w \approx \frac{1}{30}$

Tabelle 1: Die Kraftgesetze der vier Wechselwirkungen für sehr kleine Abstände, die zugehörigen Reichweiten sowie Kopplungsparameter.

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Zentraler Grundbegriff: Ladungen

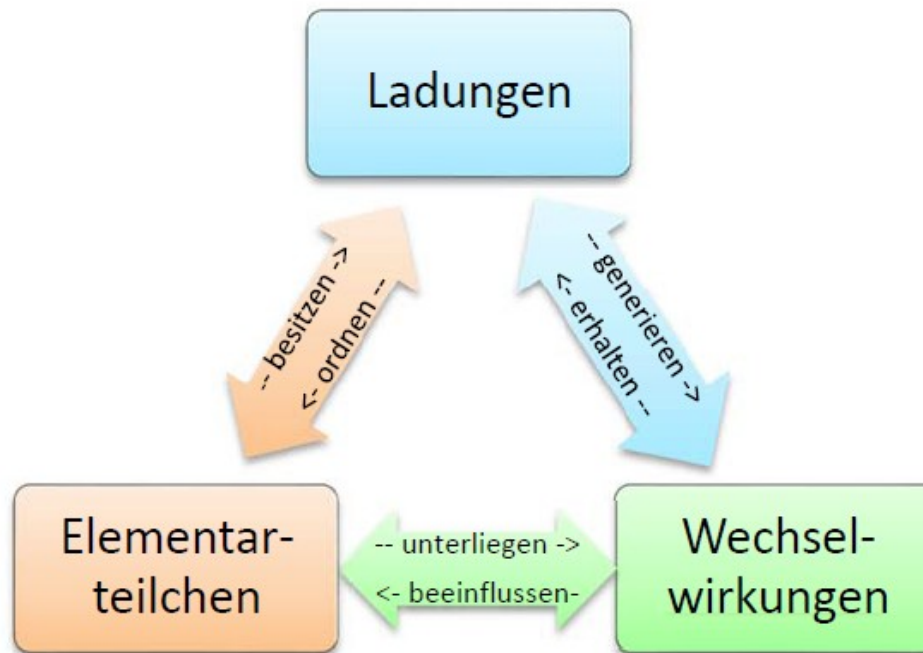
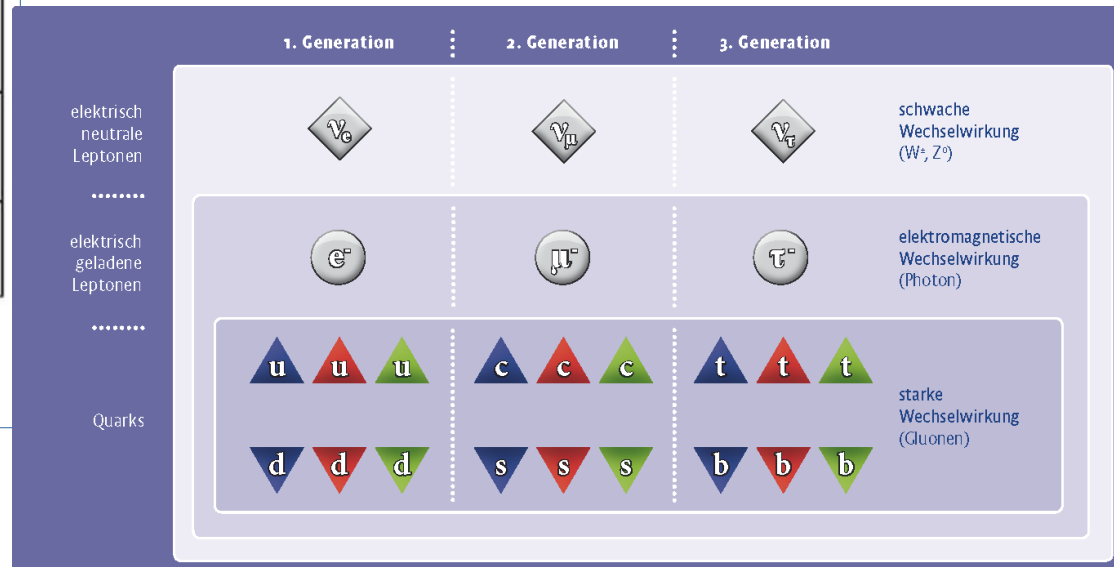
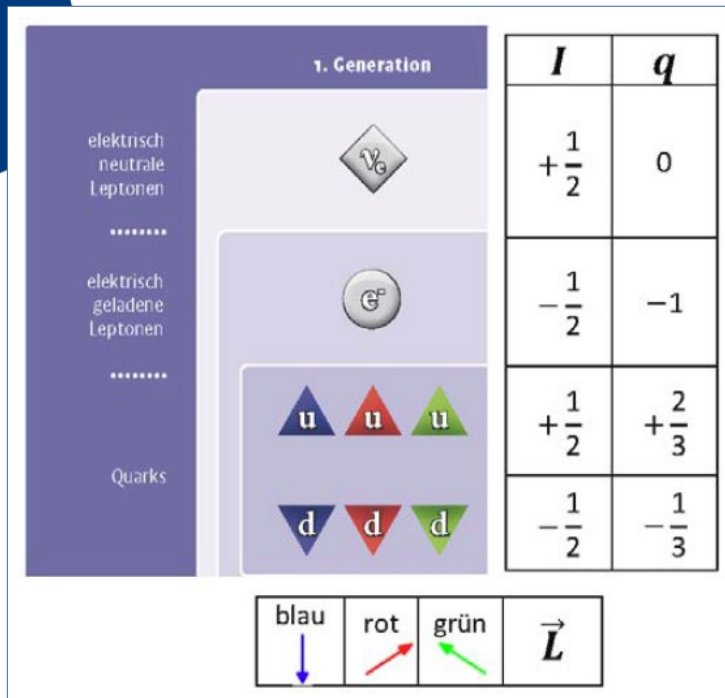


Abbildung 12: Das Konzept der Theorie des „Standardmodells der Teilchenphysik“

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Ordnungsschema



II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Erhaltungsgröße

$$q_1 + q_2 + \dots = q_{1'} + q_{2'} + \dots$$

$$I_1 + I_2 + \dots = I_{1'} + I_{2'} + \dots$$

$$\vec{C}_1 + \vec{C}_2 + \dots = \vec{C}_{1'} + \vec{C}_{2'} + \dots$$

► Einfluss auf Reaktionswahrscheinlichkeit

Jeder Vertex trägt den Faktor $\alpha_i \cdot \text{Ladung}_1 \cdot \text{Ladung}_2$
zur Reaktionswahrscheinlichkeit bei.

$$\alpha_i \cdot \text{Ladung}_1 \cdot \text{Ladung}_2 = \alpha_{em} \cdot q_1 \cdot q_2$$

für die elektromagnetische Wechselwirkung

$$\alpha_i \cdot \text{Ladung}_1 \cdot \text{Ladung}_2 = \alpha_w \cdot I_1 \cdot I_2$$

für die schwache Wechselwirkung

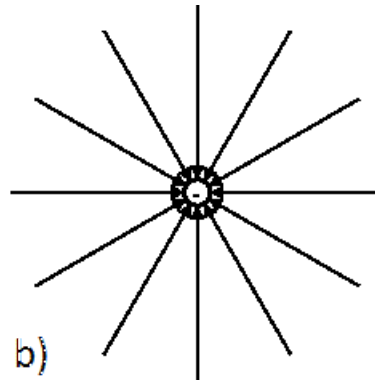
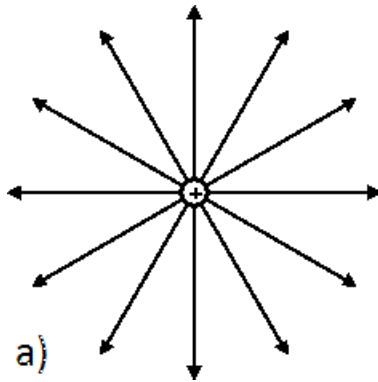
$$\alpha_i \cdot \text{Ladung}_1 \cdot \text{Ladung}_2 = \alpha_s \cdot \vec{C}_1 \cdot \vec{C}_2$$

für die starke Wechselwirkung.

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Analogie: Feldlinien ~ Botenteilchen

$1/r^2$ – Verhalten



$$F = Q \cdot E \sim \frac{1}{A_{Kugel}} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

► Botenteilchen

- Photonen
- Weakonen
- Gluonen
- Gravitonen?

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Feynman-Diagramme

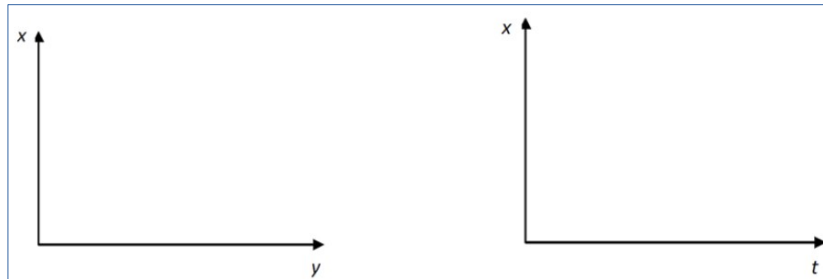


Abbildung 32: Achsen eines x - y -Diagramms (links) und Feynman-Diagramms (x - t -Diagramm) (rechts)

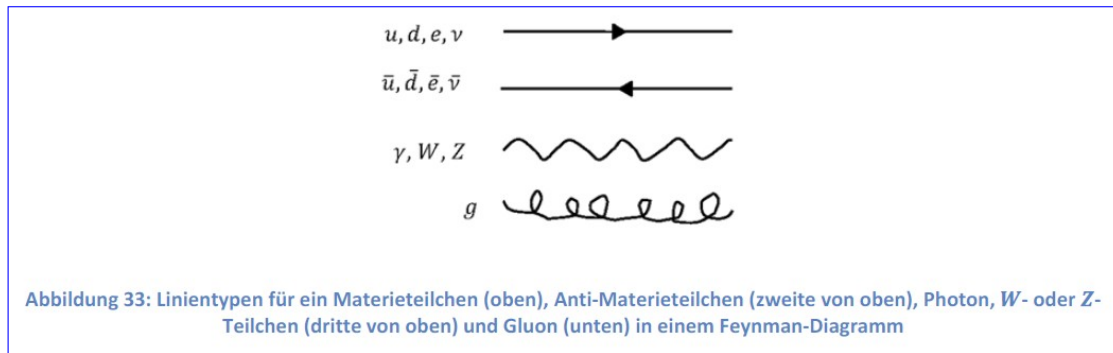


Abbildung 33: Linientypen für ein Materieteilchen (oben), Anti-Materieteilchen (zweite von oben), Photon, W - oder Z -Teilchen (dritte von oben) und Gluon (unten) in einem Feynman-Diagramm

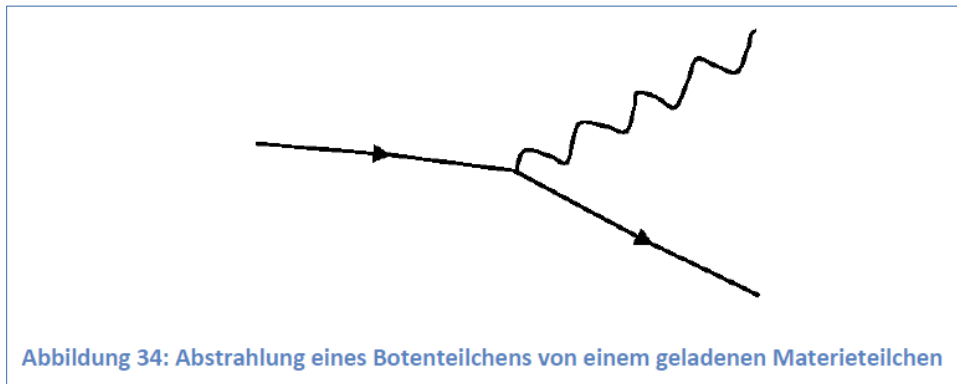


Abbildung 34: Abstrahlung eines Botenteilchens von einem geladenen Materieteilchen

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

- ▶ Fachtext
- ▶ **Aufgaben und Lösungen**
 - 13 Aufgaben/Lösungen
- ▶ Informationen für Lehrkräfte

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Aufgabe 3

3. Potenzielle Energie der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen Elektronen

- Zeichne den Verlauf der potenziellen Energie der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen zwei Elektronen in Abhängigkeit ihres Abstandes.
- Beschreibe den Verlauf der potenziellen Energie der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen zwei Elektronen, wenn der Abstand der Elektronen vergrößert bzw. verkleinert wird.
- Beschreibe die Kraftwirkung zwischen den Elektronen bei sich vergrößernden bzw. sich verkleinernden Abständen.

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

- ▶ Fachtext
- ▶ Aufgaben und Lösungen
- ▶ **Informationen für Lehrkräfte**
 - Inhaltliche Anknüpfungspunkte im Lehrplan
 - Spiralcurriculum
 - Tabelle Inhalte
 - Tabelle Lernziele
 - Vorkenntnisse
 - Methodische Hinweise
 - Fachliche Hinweise

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

▶ Spiralcurriculum:

- Stufe 1: Kennen
- Stufe 2: Analysieren, Rechnen
- Stufe 3: Diskutieren, Erläutern

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Spiralcurriculum: Inhalte

Stufe 1: Kennen	Stufe 2: Analysieren, Rechnen	Stufe 3: Diskutieren, Erläutern
Icon [WW] Notwendigkeit von vier WW über mit ihnen verbundenen Phänomenen	Icon [Kraftgesetze], Icon [Kopplung] Quantitative Diskussion und Vergleich der vier Kräfte für sehr kleine Abstände und für Abstände aus unserem Alltag, Beschreibung der Kraftwirkung mithilfe von Feldlinien	Icon [Reichweiten] Qualitative Diskussion der Gründe für die endliche Reichweite von starker und schwacher WW
Icon [Ladung] Die drei WW im Standardmodell und zugehörige Ladungsarten (elektrische, schwache und starke Ladung)	Icon [E pot] Qualitative Diskussion des Zusammenhangs zwischen potenzieller Energie und Kraft. Quantitative Diskussion und grafische Darstellung der potenziellen Energien für sehr kleine Abstände	Icon [Kraftgesetze] Quantitative Diskussion des Übergangsbereichs zwischen sehr kleinen und sehr großen Abständen, in dem sich für die starke und die schwache WW die Abstandsabhängigkeit der Kraft ändert
Icon [Kraftgesetze] Qualitative Diskussion der vier Kräfte	Icon [WW] Qualitative und quantitative Diskussion der vier WW	Icon [E pot] Quantitative Diskussion der potenziellen Energien für beliebige Abstände

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Spiralcurriculum: Lernziele

Stufe 1: Kennen

Icon [Ladung]	Die Schüler <ul style="list-style-type: none">- nennen die drei Ladungsarten.
Die drei WW im Standardmodell und zugehörige Ladungsarten (elektrische, schwache und starke Ladung)	<ul style="list-style-type: none">- ordnen jeder Ladungsart eine WW im Standardmodell zu.- stellen den Zusammenhang zwischen dem Besitzen einer Ladung und dem Unterliegen einer WW dar.

Stufe 2: Analysieren, Rechnen

Icon [E pot] Qualitative Diskussion des Zusammenhangs zwischen potenzieller Energie und Kraft, Quantitative Diskussion und grafische Darstellung der potenziellen Energien für sehr kleine Abstände	Die Schüler <ul style="list-style-type: none">- geben die Formeln für die potenziellen Energien für sehr kleine Abstände an.- beschreiben die Abstandsabhängigkeit der potenziellen Energien für sehr kleine Abstände.- beschreiben die Abhängigkeit der potenziellen Energien von den Massen / Ladungen der miteinander wechselwirkenden Körpern / Teilchen für kleine Abstände.- zeichnen die potenziellen Energien als Funktion des Abstands der wechselwirkenden Körpern / Teilchen für sehr kleine Abstände.- deuten den grafischen Verlauf der potenziellen Energien hinsichtlich der Richtung der Kraftwirkung (Anziehung / Abstoßung).
--	--

Stufe 3: Diskutieren, Erläutern

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

► Vorkenntnisse

Stufe 1

Die Schüler sollten vor der Beschäftigung mit den Inhalten der 1. Stufe des Spiralcurriculums Vorkenntnisse zu den folgenden physikalischen Themen besitzen:

- Gravitations- und Coulombkraft, elektrische Ladung
- Aufbau von Atomen und Molekülen
- Kernumwandlungen
- Bahnkurve von Körpern im x - y -Diagramm

► Stufe 2

Vorkenntnisse Stufe 2 des Spiralcurriculums:

Die Schüler sollten vor der Beschäftigung mit den Inhalten der 2. Stufe des Spiralcurriculums – neben den Kenntnissen zu den grundlegenden Konzepten der Elementarteilchenphysik entsprechend der 1. Stufe des Spiralcurriculums – Vorkenntnisse zu den folgenden physikalischen Themen besitzen:

- Elektrisches Feld, Feldlinienbild
- Potenzielle Energie
- Erhaltungssätze, v.a. Energie- und Impulserhaltung
- Bahnkurve von Körpern im x - t -Diagramm

► Stufe 3

Vorkenntnisse Stufe 3 des Spiralcurriculums:

Die Schüler sollten vor der Beschäftigung mit den Inhalten der 3. Stufe des Spiralcurriculums – neben den Kenntnissen zu den grundlegenden Konzepten der Elementarteilchenphysik entsprechend der 1. und 2. Stufe des Spiralcurriculums – Vorkenntnisse zu den folgenden mathematischen Themen besitzen:

- e -Funktion
- Differential- und Integralrechnung
- Vektorrechnung

II. Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen, Teilchen

▶ Methodische Hinweise (auszugsweise)

- Theoretische und experimentelle Aspekte des Standardmodells
- Beschränkung der behandelten Themen und Begriffsbildungen

▶ Fachliche Hinweise (auszugsweise)

- Abstandsabhängigkeit der Kopplungsparameter
- Lokale Eich-Symmetrien



▶ I: Allgemeines

- Historie der Materialien
- Inhaltlicher Aufbau
- Methodischer Aufbau

▶ II: Vorstellung der Teile (Kapitel)

- Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen
- Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik
- Teil 3: Kosmische Strahlung
- Teil 4: Mikrokurse

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

~120 Seiten

▶ Fachtext

- ~ 33 Seiten
- Fachtext richtet sich an Schüler / kann im Unterricht eingesetzt werden

▶ Aufgaben

▶ Arbeitsblätter und Lösungen

▶ Ergänzende Materialien

▶ Informationen für Lehrkräfte

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

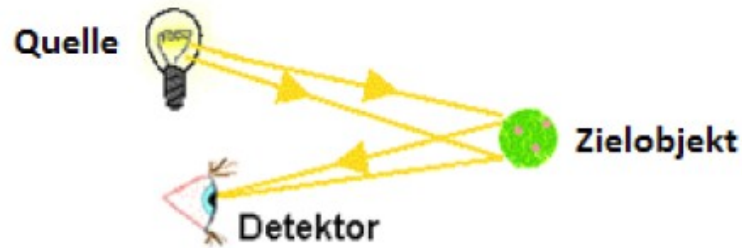


Abbildung 67: Das Prinzip der Beobachtung kleiner Objekte am Beispiel des sichtbaren Lichts
(Photomontage: http://erlangen.physicsmasterclasses.org/exp_welle/exp_welle_00.html)

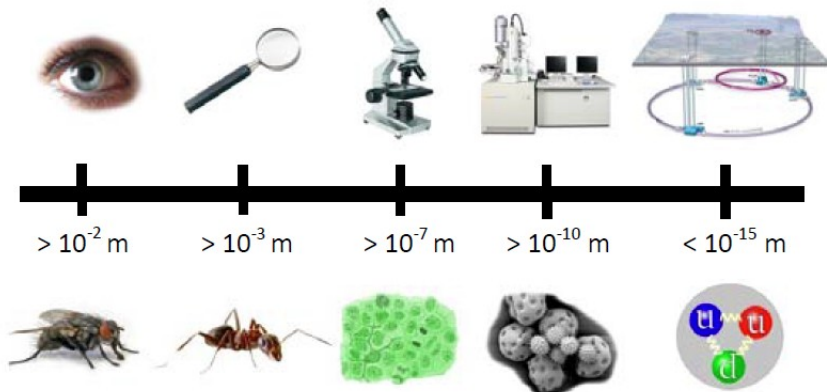


Abbildung 2: Messinstrumente und damit beobachtbare Objekte

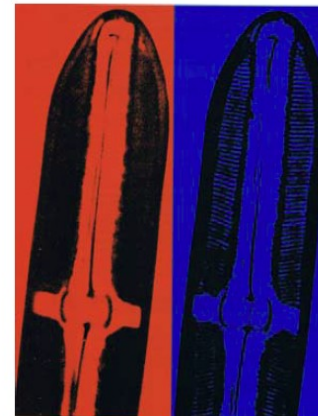


Abbildung 68: Lichtmikroskopische Aufnahme einer Alge mit rotem Licht, d.h. einer Photonenergie von $E = 1,9 \text{ eV}$ ($\lambda = 680 \text{ nm}$; links) und blauem Licht, d.h. einer Photonenergie von $E = 2,8 \text{ eV}$ ($\lambda = 458 \text{ nm}$; rechts).
(Quelle: Unterrichtsmaterialien zum TESLA-Projekt, Teil 1: Röntgenlaser-Mikroskop, Folie 4.6. Aulis-Verlag Deubner)

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

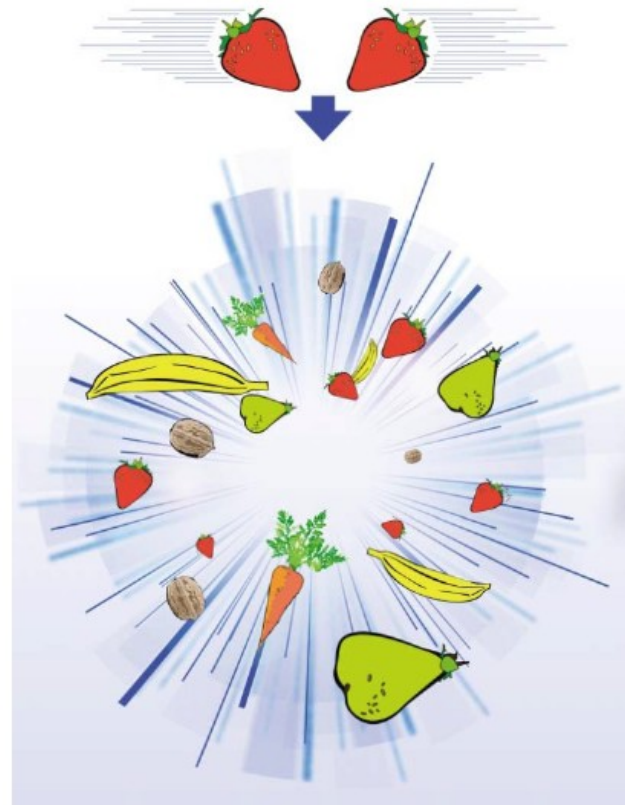


Abbildung 71: Bei einer Kollision von Teilchen hoher Energie (symbolisiert durch Erdbeeren) können ein oder mehrere vollkommen neue Teilchen (symbolisiert durch anderes Obst) entstehen.

(Quelle: http://www.joachim-herz-stiftung.de/assets/teilchenphysik_grafik72dpi.jpg)

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

Infokasten: Zusammenhang zwischen Temperatur und kinetischer Energie

Die Temperatur eines Ensembles, d.h. einer Vielzahl von Teilchen, ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie $\overline{E_{kin}}$ der Teilchen des Ensembles. In einem idealen Gas beispielsweise ist die Temperatur T des Gases direkt proportional zur mittleren kinetischen Energie der Teilchen und gegeben durch $T = \frac{2}{3} \cdot \frac{\overline{E_{kin}}}{k_B}$, mit der Boltzmann-Konstante $k_B = 8,671 \cdot 10^{-5} \frac{eV}{K}$.

Zusammenfassung:

Teilchenbeschleuniger und -detektoren dienen dazu, mittels Teilchen mit einer sehr hohen Energie, zu untersuchen, woraus die uns umgebende Materie auf mikroskopischer Ebene besteht und welches die elementaren Bausteine des Universums sind. Dabei macht man sich

122

Fragen zur Selbstkontrolle:

- Welchen Vorteil besitzen Teilchenbeschleuniger gegenüber Licht- und auch Elektronenmikroskopen bei der Erforschung mikroskopischer Strukturen?
- Wie hängt die Lokalisierbarkeit des Auftreffortes eines Teilchens auf ein zu untersuchendes Objekt mit dem Impuls des Teilchens zusammen?
- Warum kann man mithilfe eines Teilchenbeschleunigers Prozesse untersuchen, die im frühen Universum abgelaufen sind?
- Warum kann man mithilfe eines Teilchenbeschleunigers neue schwere Teilchen erzeugen?

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

► Lehrplan: E- und B-Felder

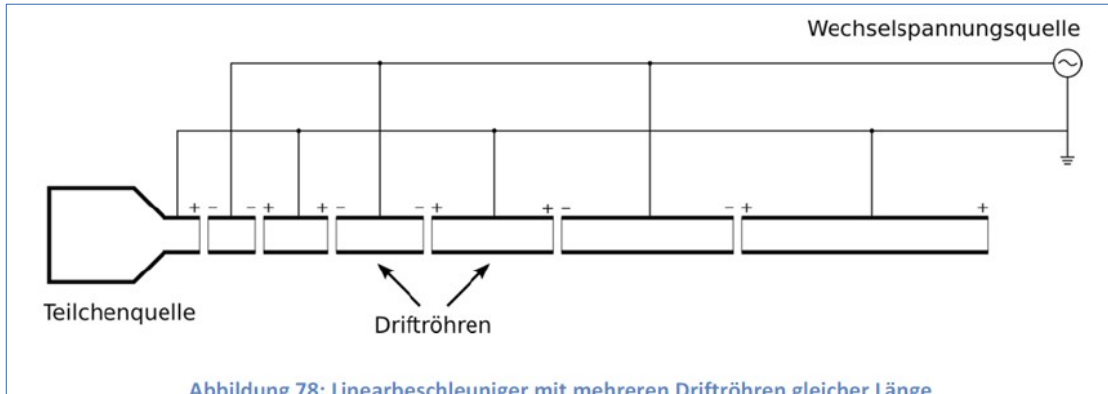
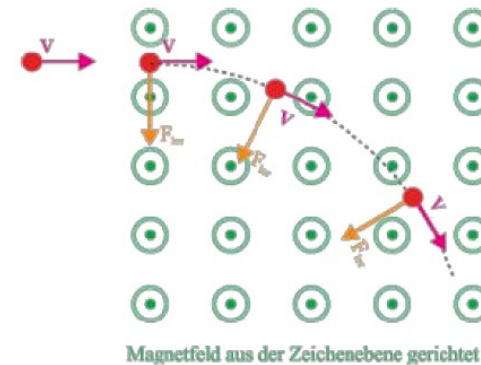


Abbildung 78: Linearbeschleuniger mit mehreren Driftröhren gleicher Länge

(erstellt nach Povh, Rith, Scholz, Zetsche: Teilchen und Kerne – Eine



Magnetfeld aus der Zeichenebene gerichtet

Hinweisboxen: Animation zur Funktionsweise eines Linearbeschleunigers

Eine Erklärung der Funktionsweise eines mit einer Hochfrequenz-Wechselspannung betriebenen Linearbeschleunigers, einschließlich einer Animation, findet sich unter:

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/bewegte-ladungen-feldern/ausblick#lightbox=/themenbereiche/bewegung-ladungen-feldern/lb/bewegung-ladungen-feldern-teilchenbeschleuniger-0>

Abbildung 7: Wirkung der Lorentzkraft auf ein sich mit der Geschwindigkeit v bewegendes positiv elektrisch geladenes Teilchen in einem homogenen Magnetfeld

(modifizierte Abbildung von http://www.leifiphysik.de/sites/default/files/medien/g8_2011_ph11_1_05_spezrelatheorie_auf.gif)

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

► Aufbau

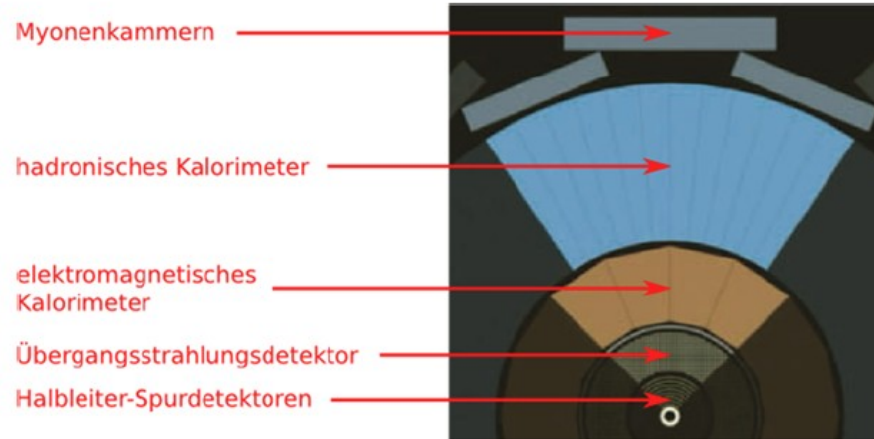
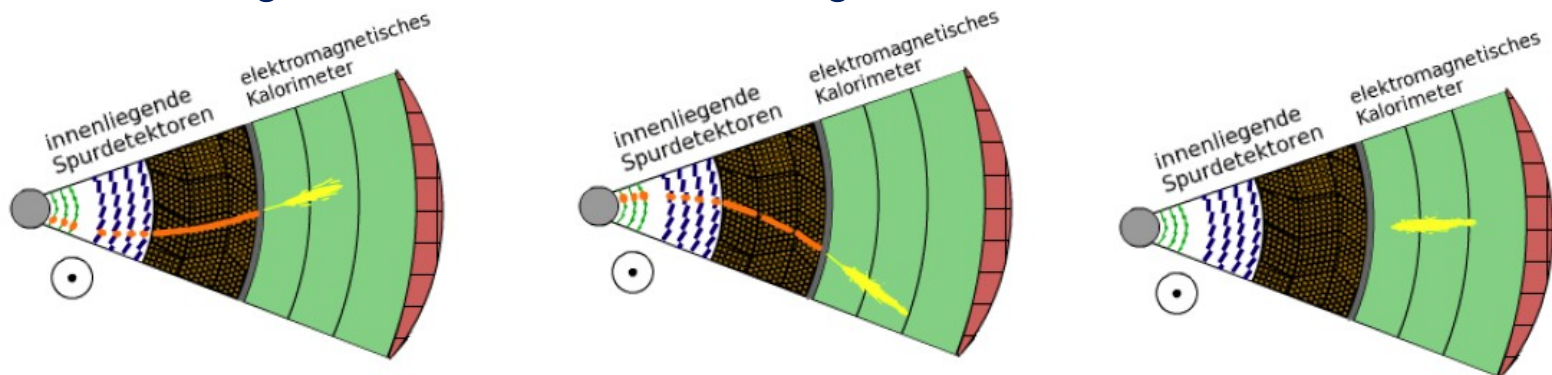


Abbildung 87: Aufbau des ATLAS-Detektors am LHC
(Photomontage: Quelle: NTW-Materialien für Lehrkräfte, S. 36)

► Grundlagen der Mustererkennung



II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

- ▶ Fachtext
- ▶ **Aufgaben (und Lösungen) ~ 23 Seiten!**
 - Aufgaben zu Unterkapitel: „Forschungsziele“
 - Aufgaben zu Unterkapitel: „Teilchenbeschleuniger“
 - Aufgaben zu Unterkapitel: „Teilchendetektoren“
- ▶ Arbeitsblätter und Lösungen
- ▶ Ergänzende Materialien
- ▶ Informationen für Lehrkräfte

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

- ▶ Fachtext
- ▶ Aufgaben
- ▶ **Arbeitsblätter und Lösungen ~ 52 Seiten!**
 - Kopiervorlagen
 - Geeignet für Gruppen- / Stationsarbeit

- ▶ Ergänzende Materialien
- ▶ Informationen für Lehrkräfte

6 Arbeitsblätter

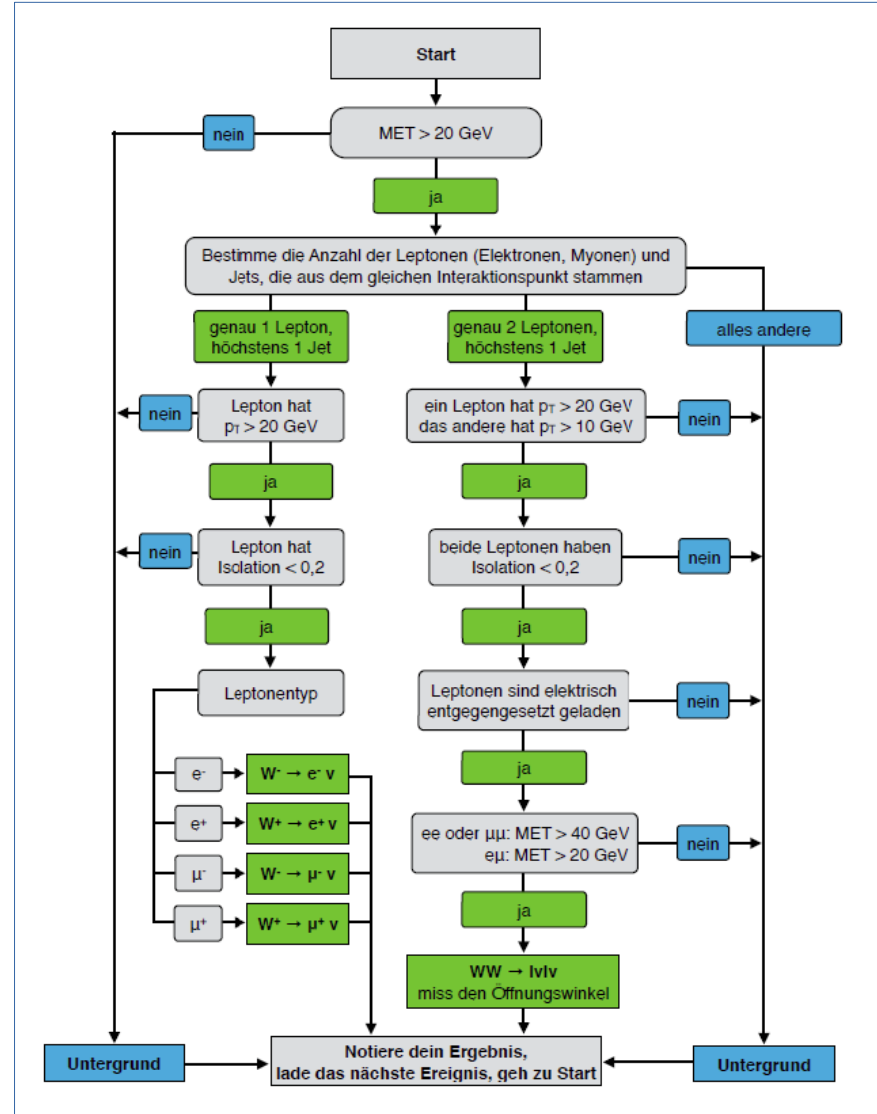
DER ATLAS-DETEKTOR

- INFORMATIONSTEXTE zu den einzelnen Detektorkomponenten (S. 172 – 181)
- ARBEITSBLATT 1: Die Detektorkomponenten (S. 182 – 183)
- LÖSUNGEN FÜR ARBEITSBLATT 1 (S. 184 – 193)
- ARBEITSBLATT 2 und 3: Zusammenfassung (S. 194, 197 – 200)
- LÖSUNGEN FÜR ARBEITSBLATT 2 und 3 (S. 195, 201 – 203)
- ARBEITSBLATT 4: Teilchenidentifikation anhand von Originaldaten (S. 204 – 215)
- LÖSUNGEN FÜR ARBEITSBLATT 4: Teilchenidentifikation anhand von Originaldaten (S. 216 – 223)

► → pdf öffnen

II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

► AB 4: Entscheidungsbaum S.210

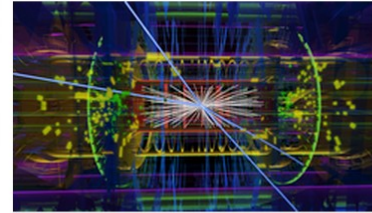


II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

► Ergänzende Materialien

Der ATLAS-Detektor

ATLAS ist einer von vier Detektoren für den Nachweise von Elementarteilchen am LHC. Dieses Material bietet auf der Grundlage des Animationsfilms „ATLAS Episode II – Die Teilchen schlagen zurück“ einen Überblick über die Technik und die Funktionsprinzipien des Detektors.



Der ATLAS-Detektor

Das Dokument **Der ATLAS-Detektor** (2,6 MB) enthält **didaktische Hinweise**, **methodische Anregungen**, **Arbeitsblätter** mit Lösungen, ein **Skript zum Film** in deutsch sowie **Hintergrundinformationen** zum ATLAS-Detektor. Des Weiteren finden Sie hier die benötigten Videoausschnitte zum ATLAS-Detektor, den Direktlink zum Film

„ATLAS Episode II – Die Teilchen schlagen zurück“ sowie eine Präsentation zur Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte.

Der ATLAS-Detektor (2,6 MB)

Videoausschnitte zum ATLAS-Detektor (zip, 178,1 MB)

Direktlink zu "ATLAS Episode II - Die Teilchen schlagen zurück"

Präsentation zum ATLAS-Detektor (10,5 MB)

Zurück zur Übersicht

← Broschüre:

<http://cds.cern.ch/record/1214401/files/CERN-Brochure-2009-003-Ger.pdf>

Materialpaket: ATLAS-Detektor
verfügbar unter

<http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-lehrkraefte/der-atlas-detektor/>



II. Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik

- ▶ Fachtext
- ▶ Aufgaben
- ▶ Arbeitsblätter und Lösungen
- ▶ Ergänzende Materialien
- ▶ **Informationen für Lehrkräfte**
 - Inhaltliche Anknüpfungspunkte im Lehrplan
 - Vorkenntnisse
 - Lernziele
 - Methodische Hinweise
 - Fachliche Hinweise



▶ I: Allgemeines

- Historie der Materialien
- Inhaltlicher Aufbau
- Methodischer Aufbau

▶ II: Vorstellung der Teile (Kapitel)

- Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen
- Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik
- **Teil 3: Kosmische Strahlung**
- Teil 4: Mikrokurse

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

Fachtext:

~33 Seiten

▶ Fachtext

■ ~20 Seiten

■ Fachtext richtet sich an SchülerInnen / kann im Unterricht eingesetzt werden

▶ Aufgaben

▶ Arbeitsblätter

▶ Ergänzende Materialien

▶ Informationen für Lehrkräfte

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

► Nebelkammer

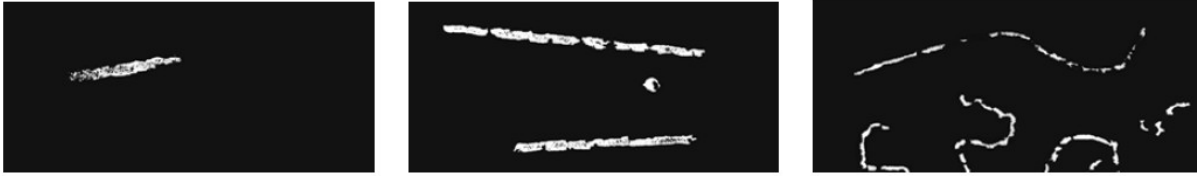


Abb. 2 Nebelkammerspuren von Alpha-Teilchen (links), Protonen (Mitte) und Elektronen (rechts). (Quelle: KIT)

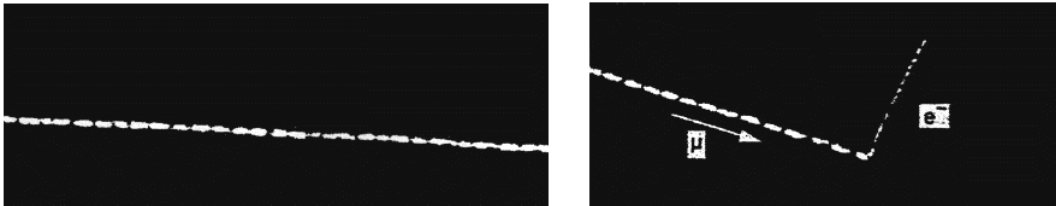


Abb. 3 Nebelkammerspur eines Myons (links) und eines Myons, das sich umwandelt (rechts). (Quelle: KIT)

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

► Kamiokanne



Myonen in der Kaffeekanne

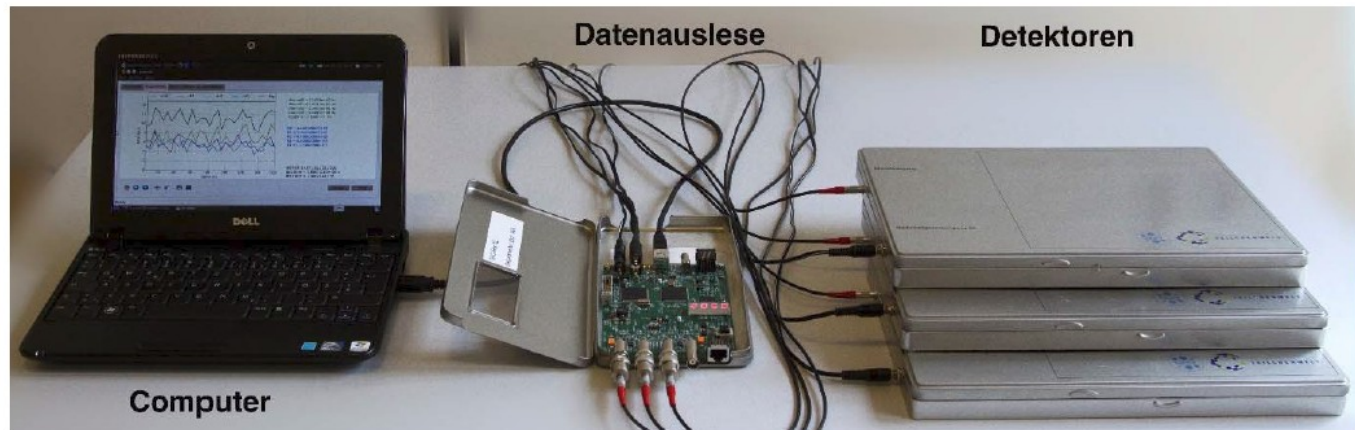
Grafik/ Bild:

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/schuelerexperimente/kamiokannen_experiment/index_ger.html

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

Fachtext:

► CosMO

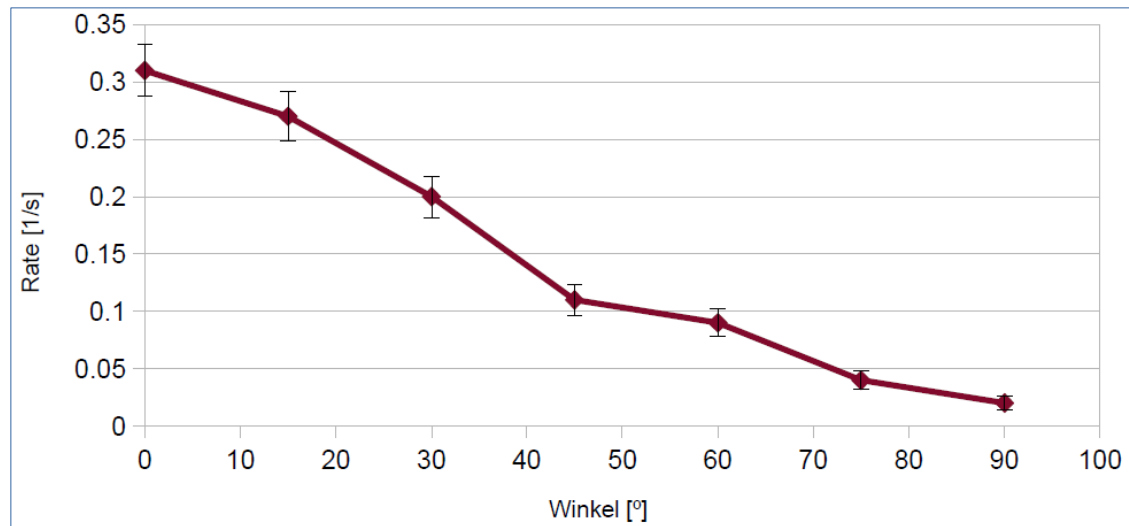
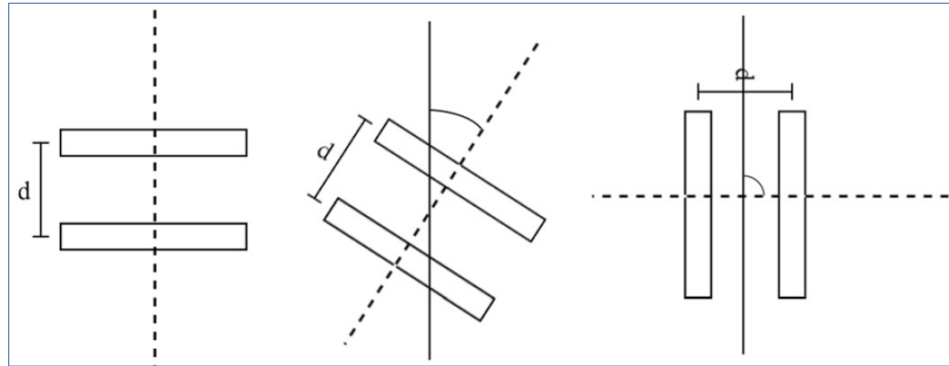


- www.teilchenwelt.de/angebote/astroteilchen-experimente → Geräte zur Ausleihe

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

Fachtext:

Experiment Winkelmessung



II. Teil 3: Kosmische Strahlung

Fachtext:

▶ Experiment

Flugzeit ($d=2,80m$)

$$v = \frac{2,80m}{9,40ns} = 298 \times 10^6 m/s = 0,99 \cdot c$$

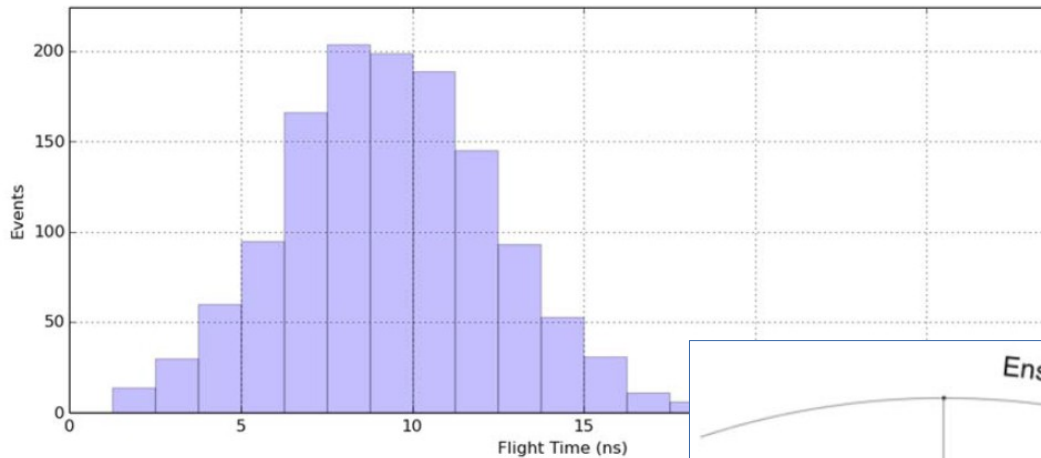
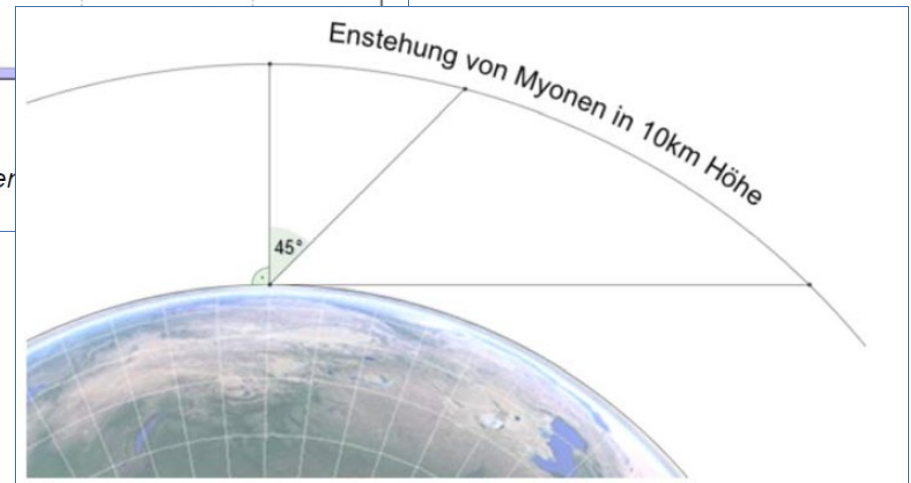
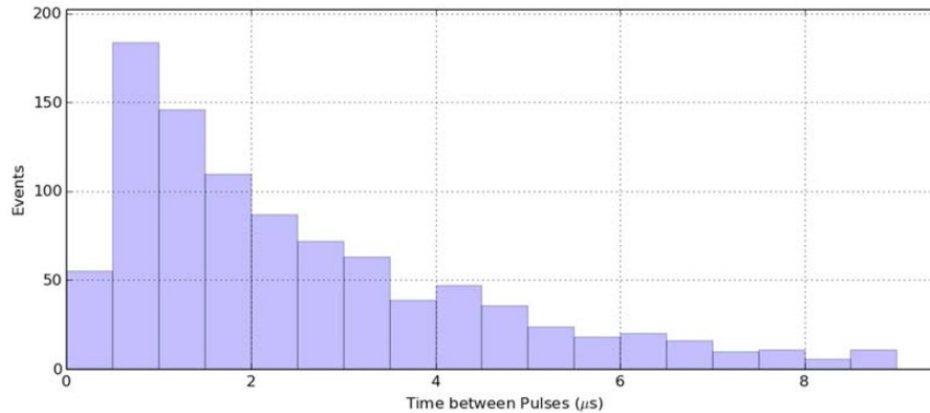
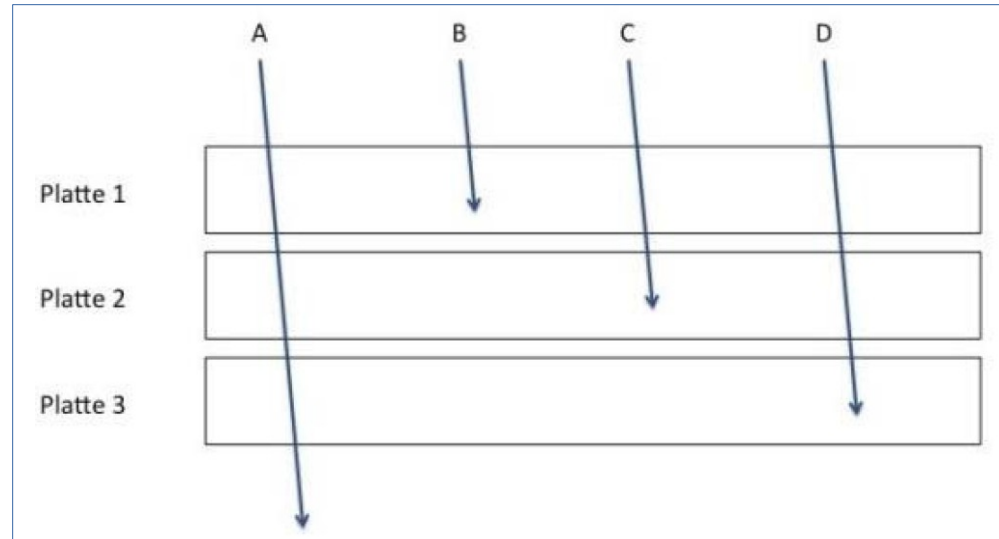


Abb. 7: Verteilung der Flugzeiten der Myonen in ns bei einer toren von $d = 2,80 m$.



II. Teil 3: Kosmische Strahlung

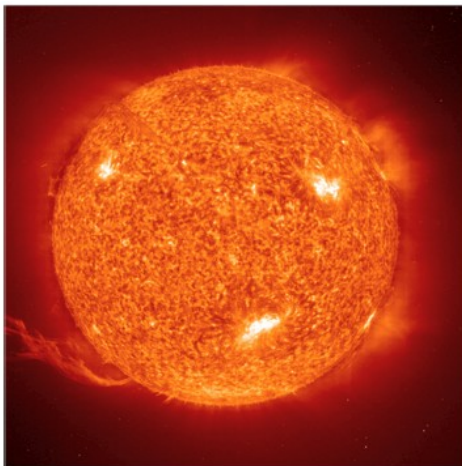
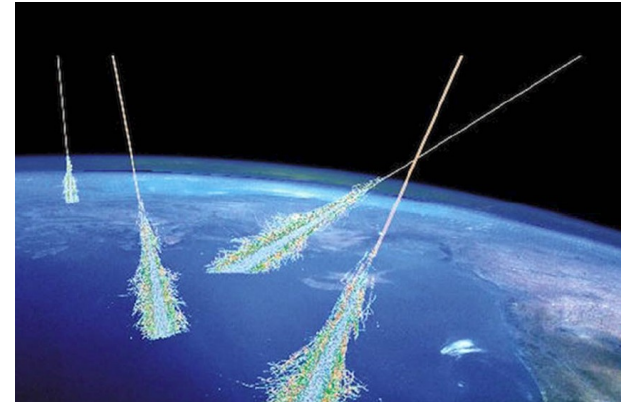
► Experiment
Umwandlung



$$\Delta x = v \cdot \Delta t = 660 \text{ m}$$

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

- ▶ Sekundäre kosmische Strahlung
~Entstehung der Myonen
- ▶ Quellen primärer kosmischer Strahlung



II. Teil 3: Kosmische Strahlung

▶ Fachtext

▶ Aufgaben

■ 4 Aufgaben

▶ Arbeitsblätter

▶ Ergänzende Materialien

▶ Informationen für Lehrkräfte

$$l = l_{\text{Bert}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$l = l_{\text{Bert}} \cdot \gamma$$

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

- ▶ Fachtext
- ▶ Aufgaben
- ▶ Arbeitsblätter
- ▶ **Ergänzende Materialien**
 - Ausführliche Linksammlung nach Themen sortiert

- ▶ Informationen für Lehrkräfte

5 Ergänzende Materialien

5.1 Material zu Nebelkammer und Blasenkammer

Material auf Leifi-Physik

<http://www.leifiphysik.de/content/radioaktivitaet-einfuehrung-nebelkammer-schulversuch>

Material auf Netzwerk Teilchenwelt

Myonen lassen sich auf der Erde auch mit einer selbst gebauten Nebelkammer nachweisen. Eine Anleitung zum Selbstbau einer Nebelkammer befindet sich in der „Materialsammlung für Lehrkräfte“ des Netzwerk Teilchenwelt.

[\(http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-lehrkraefte/selbstbau-einer-nebelkammer/\)](http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-lehrkraefte/selbstbau-einer-nebelkammer/)

Auswertung von Blasenkammerbildern

https://teachers.web.cern.ch/teachers/archiv/HST2005/bubble_chambers/BCwebsite

<https://sites.google.com/site/306physics/particlephysics/bubblechamberexercises>

5.2 Das Kamiokannen-Experiment

Kosmische Strahlen in einer Kaffeekanne nachweisen

<http://kamiokanne.uni-goettingen.de/>

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/schuelerexperimente/kamiokannen_experiment/index_ger.html

II. Teil 3: Kosmische Strahlung

- ▶ Fachtext
- ▶ Aufgaben
- ▶ Arbeitsblätter
- ▶ Ergänzende Materialien
- ▶ **Informationen für Lehrkräfte**
 - Anknüpfungspunkte im Lehrplan
 - Vorkenntnisse
 - Lernziele
 - Methodische Hinweise
 - Fachliche Hinweise



▶ I: Allgemeines

- Historie der Materialien
- Inhaltlicher Aufbau
- Methodischer Aufbau

▶ II: Vorstellung der Teile (Kapitel)

- Teil 1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen
- Teil 2: Forschungsmethoden der Teilchenphysik
- Teil 3: Kosmische Strahlung
- Teil 4: **Mikrokurse**

II. Teil 4: Mikrokurse

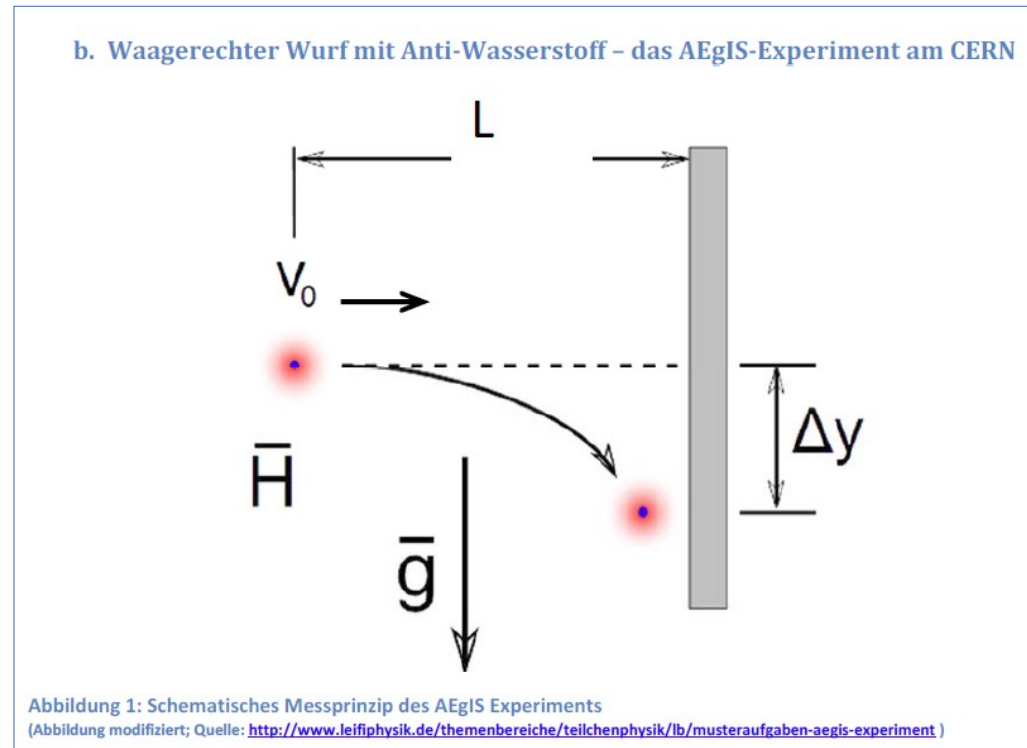
~21 Seiten

Mikrokurs	Lehrplanbezug	Vorkenntnisse	Schwierigkeitsgrad
Das AEGIS-Experiment	waagerechter Wurf (Anwendung) Grundlagen der Fehlerabschätzung bei Experimenten	Mathematische Beschreibung des waagerechten Wurfs	Aufgaben von leicht bis schwer
Bestimmung von Teilchenmassen	Teilchenphysik Spezielle Relativitätstheorie (Anwendung)	Masse-Energie-Äquivalenz Impuls als vektorielle Größe Energie- und Impulserhaltungssatz	mathematisch schwierig
Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation	Eigenschaften von Quantenobjekten	Grundkenntnisse der Akustik Energie-Frequenz-Beziehung der Quantenphysik	schwer
Woher kommen die Elektronen bei der β -Strahlung?	Arten radioaktiver Beta-Strahlung	Umwandlungsgleichungen	leicht

II. Teil 4: Mikrokurse

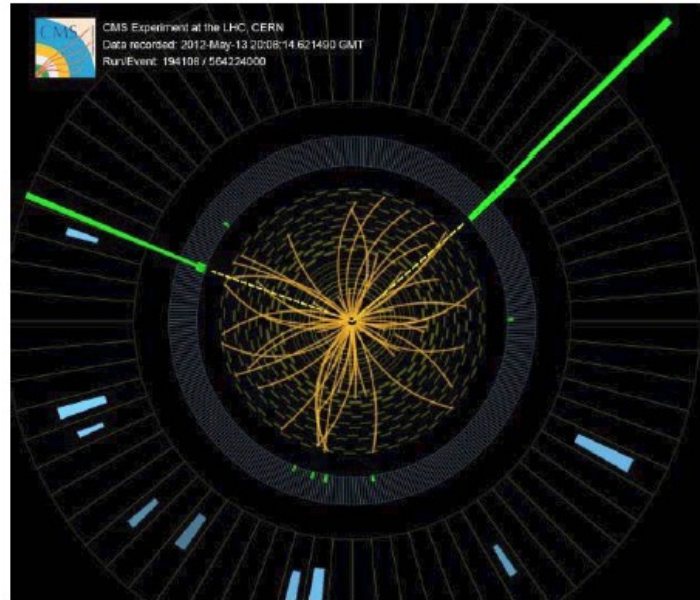
► Das AEgIS Experiment

- Antihydrogen Experiment: Gravity, Interferometry, Spectroscopy
- Anti-Materie
- Waagerechter Wurf



II. Teil 4: Mikrokurse

► Bestimmung von Teilchenmassen



$$m = \frac{1}{c^2} \sqrt{E^2 - \vec{p}^2 c^2} = \frac{1}{c^2} \sqrt{\left(\sum_i E_i \right)^2 - \left(\sum_i \vec{p}_i \right)^2 c^2}$$

II. Teil 4: Mikrokurse

Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$



Grafik W.Heisenberg:

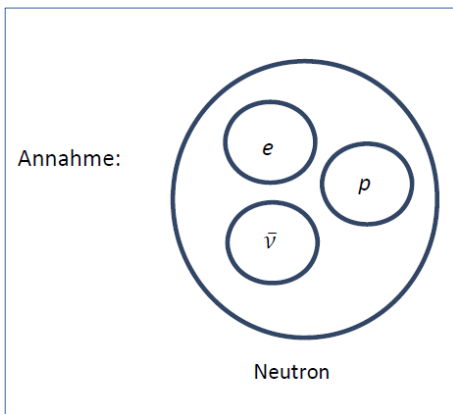
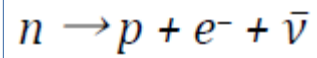
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Bundesarchiv_Bild183-R57262,_Werner_Heisenberg.jpg

- CC-BY-SA 3.0

II. Teil 4: Mikrokurse

► Woher kommen die Elektronen bei der Beta-Strahlung?

β^- -Zerfall



?

β^+ -Zerfall

→ Widerspruch!

Wir freuen uns auf
intensive
Diskussionen

ORIGINALSCHAUPLATZ



SCHIRMHERRSCHAFT



PROJEKTLEITUNG



GEFÖRDERT VOM



14.10.15

