



## ELEMENTARTEILCHEN-STECKBRIEFE

### HINWEISE FÜR LEHRKRÄFTE

Die Elementarteilchen-Steckbriefe können im Unterricht oder in Teilchenphysik-Masterclasses verwendet werden, um die Materie-, Antimaterie- und Austauschteilchen des Standardmodells der Teilchenphysik einzuführen oder ihre Eigenschaften zu wiederholen.

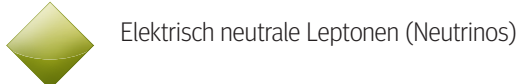
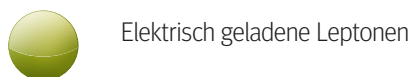
In diesem Dokument finden Sie didaktische und methodische Hinweise zur Verwendung der Steckbriefe. Im zugehörigen Dokument [Teilchen\_Infos] sind Fragen und Antworten rund um Elementarteilchen und Wechselwirkungen zu finden. Die Dateien [Teilchen\_Folien] und [Teilchen\_Handout] enthalten Grafiken und zusammenfassende Erklärungen.

Die Steckbriefe sollten in Farbe auf kräftigem Papier ausgedruckt, ausgeschnitten und ggf. laminiert werden. Ein Satz Steckbriefe besteht aus 30 Karten: Je 12 Materie- und Antimaterieteilchen, 5 Austauschteilchen sowie das Higgs-Boson.

Die Symbole auf den Steckbriefen stellen die verschiedenen Teilchensorten dar (siehe unten). Anhand der Hintergrundfarben lassen sie sich in Gruppen einteilen: Bei Materieteilchen ist der Hintergrund hellgrau, bei Antimaterieteilchen dunkelblau und bei Austauschteilchen hellgrün. Das Higgs-Boson, das zu keiner dieser Gruppen gehört, hat einen violetten Hintergrund.

Es gibt zwei Versionen der Steckbriefe. Auf den Kärtchen der Kurzversion [Teilchen\_Steckbriefe\_kurz] sind lediglich die Masse und elektrische Ladung der Teilchen angegeben; die Langversion [Teilchen\_Steckbriefe\_lang] enthält außerdem die starke und schwache Ladung, Lebensdauer und Reichweite.

<p><b>UP-QUARKS</b> NACHWEIS: 1969</p> <p><b>MATERIETEILCHEN</b></p> <p>Masse: 2 MeV/c<sup>2</sup> Elektrische Ladung: +2/3 Starke Ladung: blau, rot, grün Schwache Ladung: +1/2</p> <p>Mittlere Lebensdauer: unbegrenzt</p>	<p><b>POSITRON</b> NACHWEIS: 1932</p> <p><b>ANTIMATERIETEILCHEN</b></p> <p>Masse: 0,511 MeV/c<sup>2</sup> Elektrische Ladung: +1 Starke Ladung: - Schwache Ladung: +1/2</p> <p>Mittlere Lebensdauer: unbegrenzt</p>	<p><b>PHOTON</b> NACHWEIS: 1905</p> <p><b>AUSTAUSCHTEILCHEN</b></p> <p>Masse: 0 Elektrische Ladung: 0 Starke Ladung: - Schwache Ladung: 0</p> <p>Mittlere Lebensdauer: unbegrenzt Reichweite: unbegrenzt</p>
--	---	--





## ALLGEMEINE HINWEISE

### Einordnung im Unterricht

- Die Einführung der Elementarteilchen bietet sich ab der 10. Klasse im Rahmen einer Unterrichtsreihe über Teilchenphysik an.
- Das Material kann zur Einführung der Elementarteilchen oder zur Wiederholung und Festigung eingesetzt werden.
- Das Thema kann an eine Unterrichtsreihe über Kernphysik oder Radioaktivität angeknüpft werden.
- Im Anschluss bieten sich Unterrichtsstunden zum Thema Wechselwirkungen oder zum Nachweis von Teilchen mittels Detektoren an.
- Die anschließende Durchführung eines Teilchenphysik-Projekttag (Masterclass) ermöglicht es den Jugendlichen, ihr Wissen aktiv umzusetzen und einen Einblick in die moderne Teilchenphysik zu erhalten. Mehr Informationen finden Sie unter [www.teilchenwelt.de/angebote/masterclasses](http://www.teilchenwelt.de/angebote/masterclasses).

### Vorkenntnisse

Atomaufbau, Elektronen, elektrische Ladung, Aufbau von Protonen und Neutronen aus Quarks, Vorsilben (Kilo, Mega, Giga...), Elektronenvolt als Energie- und Masseinheit.

### Ziele

Die Jugendlichen...

- ... lernen die grundlegenden Eigenschaften von Elementarteilchen (Masse, Ladungen etc.) kennen.
- ... beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Elementarteilchen.
- ... erklären Unterschiede zwischen Quarks und Leptonen.
- ... beschreiben die Ordnung der Materieteilchen in drei Generationen.
- ... vergleichen die Eigenschaften von Materie- und Antimaterieteilchen.
- ... lernen die drei Ladungsarten (stark, schwach, elektrisch) kennen.
- ... lernen die Austauschteilchen der drei für die Teilchenphysik relevanten Wechselwirkungen kennen.

### Zeitbedarf

Abhängig von der verwendeten Methode benötigen Sie 10 – 20 Minuten zur Erklärung und Durchführung. Danach sollte eine Auswertung erfolgen.



#### Einführung in das Standardmodell der Teilchenphysik:

<http://particleadventure.org/german/>

<http://kworkquark.desy.de/kennenlernen/modul.teilchen-und-kraefte/1/index.html>

#### Themenheft zur Elementarteilchenphysik:

L. Mathelitsch, S. Steuer: Elementarteilchen. ÖBV 2003; ISBN 978-3-209-03908-8

#### Schulbücher:

B. Diehl et al.: Physik Oberstufe. Cornelsen Verlag 2008; ISBN 978-3060130061

J. Grehn, J. Krause: Metzler Physik. Schroedel Verlag 2007; ISBN 978-3507107106

#### Higgs-Boson:

<http://www.weltmaschine.de/physik/higgs/>

<http://www.weltderphysik.de/thema/higgs/>

#### Neutrinos:

<http://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/bausteine/neutrinos/>

Mehr Links und Literaturtipps finden Sie unter [www.teilchenwelt.de/material](http://www.teilchenwelt.de/material).



## METHODISCHE ANREGUNGEN

### METHODE 1: TEILCHEN SORTIEREN

- ▶ **Beschreibung:** Jeder Teilnehmer erhält einen Steckbrief. Für diese Methode kann das Higgs-Boson weggelassen werden, da es sich in keine Gruppe einordnen lässt. Der Arbeitsauftrag kann lauten: „**Findet euch mit anderen Elementarteilchen in sinnvolle Gruppen zusammen. Überlegt dann, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede ihr habt. Gibt es eine Ordnung innerhalb eurer Gruppe?**“
- ▶ **Hinweise:** Jeder Teilnehmer setzt sich mit den Eigenschaften „seines“ Elementarteilchens auseinander und vergleicht diese mit anderen. So finden sich die Jugendlichen weitgehend selbstständig in Gruppen zusammen. Die Lehrkraft sollte nur bei Bedarf eingreifen: „Schau dir die Symbole / den Hintergrund an. Suche nach Elementarteilchen, die ähnliche Eigenschaften haben.“
- ▶ **Auswertung:** Die Jugendlichen erläutern, wie und warum sie bestimmte Gruppen gebildet haben. Dabei sollten Gemeinsamkeiten innerhalb der Gruppe und Unterschiede zu anderen Gruppen angesprochen werden, sowie die Ordnung innerhalb der Gruppe. Eine mögliche Reihenfolge wäre: Quarks, Leptonen, Antimaterie, Austauschteilchen.

Im folgenden finden Sie Anregungen für die Auswertung. Sie können die Folien im Dokument [Teilchen\_Folien] zur Zusammenfassung verwenden. Weiterführende fachliche Informationen finden Sie in der Datei [Teilchen\_Infos].

#### Welchen Namen würdet ihr eurer Gruppe geben? Warum habt ihr eine Gruppe gebildet?

- ▶ Wir sind alle Materieteilchen / Antimaterieteilchen / Quarks / Neutrinos / Austauschteilchen.
- ▶ Wir haben die gleiche Hintergrundfarbe / das gleiche Symbol auf der Karte.
- ▶ Wir haben die gleiche elektrische Ladung.

#### Welche Eigenschaft(en) habt ihr gemeinsam?

- ▶ **elektrische Ladung**
  - Quarks tragen eine drittelzahlige elektrische Ladung. Up-artige Quarks tragen eine Ladung von  $+2/3$ , während down-artige Quarks eine Ladung von  $-1/3$  tragen.
  - Leptonen tragen eine ganzzahlige elektrische Ladung. Neutrinos sind elektrisch neutral, und die elektrisch geladenen Leptonen sind einfach negativ geladen.
  - Die elektrische Ladung der Antimaterieteilchen ist jeweils umgekehrt.
  - Unter den (Anti-)Materieteilchen sind nur die Neutrinos elektrisch neutral.
  - Drei Austauschteilchen sind elektrisch neutral (Photon, Gluon, Z-Boson), während die W-Bosonen eine elektrische Ladung tragen.
- ▶ **Masse**
  - Zwei Austauschteilchen besitzen keine Masse (Photon und Gluon), die restlichen sind sehr massereich (W- und Z-Bosonen). Die letzteren Austauschteilchen vermitteln die schwache Wechselwirkung, welche beispielsweise den Betazerfall und die Kernfusion ermöglicht (s. Fragen 12 und 16 in der Datei [Teilchen\_Infos]).
  - Neutrinos sind im Vergleich zu anderen Elementarteilchen sehr leicht. Aus experimentellen Daten lassen sich lediglich Grenzen für ihre Masse angeben: Die Masse des Elektron-Neutrinos liegt zwischen 0,003 und 2 eV, die von Myon- und Tau-Neutrinos zwischen 0,03 und 2 eV.



## METHODISCHE ANREGUNGEN

### ► **Starke und schwache Ladung (s. Fragen 15 und 16 in der Datei [Teilchen\_Infos]):**

- Quarks tragen eine von drei starken Ladungen (auch Farbladungen genannt), d.h. sie unterliegen der starken Wechselwirkung. Bei der Kurzversion der Steckbriefe sind die starken Ladungen durch die verschiedenfarbigen Symbole dargestellt; bei der Langversion sind die Farbladungen explizit angegeben. Die Austauschteilchen der starken Wechselwirkung (Gluonen) tragen acht verschiedene Kombinationen aus Farbladungen.
- Materie- und Antimaterieteilchen tragen eine halbzahlige schwache Ladung. Austauschteilchen tragen entweder eine ganzzahlige schwache Ladung (W-Bosonen) oder keine (Photonen, Gluonen und Z-Bosonen).

### **Wie unterscheidet ihr euch innerhalb der Gruppe? Wie würdet ihr euch innerhalb der Gruppe sortieren?**

- nach der elektrischen Ladung.
- nach der Masse: Von jedem der leichtesten Teilchen (Up- und Down-Quark, Elektron) gibt es zwei schwerere „Kopien“, die sich nur durch ihre Masse voneinander unterscheiden. (s. Frage 7 in der Datei [Teilchen\_Infos]).
- ggf. nach dem Nachweisdatum. Hier könnte auffallen, dass massereichere Teilchen tendenziell später entdeckt wurden.

### **Was unterscheidet euch jeweils von anderen Gruppen?**

- Die elektrische Ladung von Quarks ist drittelzahlige, die von Leptonen ganzzahlig oder neutral.
- Quarks tragen eine starke Ladung (Farbladung), Leptonen nicht.
- Materie- und Antimaterieteilchen besitzen jeweils dieselbe Masse, und die entgegengesetzte elektrische Ladung. Wenn Sie die Langversion der Steckbriefe benutzen, fällt auf, dass sich alle Ladungen umkehren (also auch starke und schwache Ladung).

### **Was unterscheidet Quarks und Leptonen voneinander? (s. Fragen 5 und 6 in der Datei [Teilchen\_Infos])**

- Leptonen haben eine ganzzahlige elektrische Ladung, Quarks eine drittelzahlige.
- Leptonen tragen keine starke Ladung. Jede Quark-Sorte kann eine von drei starken Ladungen annehmen (Quarks unterliegen also der starken Wechselwirkung).
- Leptonen kommen einzeln vor, Quarks dagegen nicht.

### **Was unterscheidet Materie und Antimaterie voneinander, was haben sie gemeinsam?**

- Ein Antimaterieteilchen trägt die gleiche Masse wie das entsprechende Materieteilchen, jedoch sind sämtliche Ladungen umgekehrt.

### **Was unterscheidet Neutrinos von anderen Materieteilchen?**

- Sie haben eine um mindestens fünf Größenordnungen geringere Masse als das nächstschwerere Elementarteilchen (das Elektron) und tragen nur eine schwache Ladung. Deswegen sind sie experimentell schwierig nachweisbar.

Schließlich können die Eigenschaften der Teilchen anhand von passenden Präsentationsfolien zusammengefasst werden, siehe Datei [Teilchen\_Folien.pdf]. Sie können auch leere Tabellen an der Tafel andeuten, in welche die Jugendlichen die Teilchen einordnen:

Materieteilchen				Antimaterieteilchen				Austauschteilchen		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## METHODISCHE ANREGUNGEN

### METHODE 2: STANDARDMODELL-PUZZLE

- ▶ **Beschreibung:** Die Jugendlichen arbeiten in Gruppen. Jede Gruppe erhält einen Satz Steckbriefe. Der Arbeitsauftrag lautet sinngemäß:  
 „Ordnet die Elementarteilchen in sinnvollen Gruppen an. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede die Elementarteilchen haben die Elementarteilchen? Gibt es eine Ordnung innerhalb der Gruppen?“  
 Der Fokus liegt hierbei mehr auf dem Gesamtüberblick als auf den einzelnen Eigenschaften der Teilchen. Es können konkurrierende Lösungen entstehen und diskutiert werden.
- ▶ **Auswertung:** siehe Methode 1.

### METHODE 3: VIER-ECKEN-SPIEL

- ▶ **Beschreibung:** Dieses kurze Spiel eignet sich als Einführung zu Beginn einer Unterrichtssequenz zur Teilchenphysik, zur Wiederholung an deren Ende oder auch als Überleitung zu verwandten Themen. Jeder Teilnehmer erhält einen Steckbrief. Die Lehrkraft gibt an, nach welchen Kriterien sich die Jugendlichen auf die Ecken des Raumes verteilen sollen, beispielsweise:
  - Materie, Antimaterie, Austauschteilchen
  - Leptonen, Quarks, Austauschteilchen
  - Elektrische Ladung (neutral, +1/-1, drittelzahlige Ladung)
  - Farbladung (trägt Farbe, Antifarbe oder keine Farbe).
  - schwache Ladung (halbzahlig/ganzzahlig).
  - Masse ( $m = 0$ ;  $0 < m < 20 \text{ MeV}$ ;  $20 \text{ MeV} < m < 1,5 \text{ GeV}$ ;  $m > 1,5 \text{ GeV}$ )
  - 1./2./3. Generation (wenn diese vorher besprochen wurden)

Die Teilnehmer können sich auch in einer Reihe sortieren:

- nach der Masse der Teilchen
  - nach dem Jahr ihrer Entdeckung.
- ▶ **Auswertung:** Danach können die Eigenschaften der Teilchen mithilfe von passenden Grafiken (siehe Datei [Teilchen\_Folien] zusammengefasst werden. Die Lehrkraft kann auch eine leere Tabelle an der Tafel andeuten (siehe Methode 1), in welche die Jugendlichen die Teilchen einordnen.  
 Wenn die Jugendlichen sich nach Masse und Entdeckungsjahr der Teilchen sortieren, sollte auffallen, dass zwischen Masse der Teilchen und ihrem Entdeckungsjahr ein Zusammenhang besteht. Eine Überleitung zur historischen Entwicklung der Teilchenphysik oder zur modernen Forschung mit Teilchenbeschleunigern bietet sich an.