



ERPROBUNG UND EVALUIERUNG  
DES VORBEREITUNGSKURSES FÜR  
DIE TEILCHENPHYSIK-  
MASTERCLASS DES  
NETZWERK  
TEILCHENWELT

UNIVERSITÄT  **BONN**  **BZL**  
LEHRER BILDUNG

Vortrag zur Bachelorarbeit  
von Inga Woeste  
Bonn, den 30.09.2019



# Gliederung

1. Vorstellung des Online-Vorbereitungskurses
2. Intention der Arbeit
3. Ergebnisse der Evaluation durch die Schüler\*innen
4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?
5. Verbesserungsvorschläge aus der Befragung der Schüler\*innen und Vermittler\*innen
6. Empfohlene Durchführungsvariante
7. Fazit
8. Ausblick

# 1. Vorstellung des Online-Vorbereitungskurses

## Online-Vorbereitungskurs \*

The screenshot shows the website for the 'Online-Vorbereitungskurs Teilchenphysik-Masterclass für Gäste'. The navigation bar includes 'Startseite', 'Kursangebote', and 'Online-Vorbereitungskurs...'. The main content area is titled '4 Die vier fundamentalen Wechselwirkungen'. It contains four columns of text and images illustrating fundamental forces: gravity (Earth and Moon), electromagnetic force (atoms), strong force (nucleus), and weak force (neutron decay). A sidebar on the left lists course topics, with '4 Die vier fundamentalen Wechselwirkungen' selected. A yellow banner at the bottom states: 'Ziel des Abschnitts ist es, dass du den Wechselwirkungen Beispielprozesse zuordnen kannst. Du lernst auch die Ursachen der Wechselwirkung kennen.'

## Teilchenphysik-Masterclass

The screenshot shows the 'Atlantis Canvas' software interface. The top bar displays 'ATLAS 2011-10-26 08:58:21 CEST source:Exercise2-Event01-2014 Atlantis'. The main display area is divided into two panels. The top panel shows a 2D projection of the detector with a 3D plot of energy flow. The bottom panel shows a 2D projection of the detector with a 3D plot of energy flow. The right sidebar contains a 'Cuts' panel with 'InDet' selected and a table of track parameters.

Track Index	PT (GeV)	$\eta$	$\Phi$ (degrees)	Px (GeV)	Py (GeV)	Pz (GeV)	Charge	Isolation
74	28,399	0,915	93,468	-1,718	28,347	29,758	1	0,00
59	22,378	0,957	62,872	10,204	19,916	24,828	-1	0,05

# 1. Vorstellung des Online-Vorbereitungskurses

- **Ziele:**
  - Vermittlung von Grundlagen im Bereich der Teilchenphysik
  - Vorbereitung auf die Masterclass
  - inhaltliche Entlastung und Fokussierung der Masterclass
- **Zeitraumen:** ca. 70 min
- **Inhalte:**
  - Aufbau der Materie  
(Elementarteilchen als kleinste Bausteine der Materie)
  - Die vier fundamentalen Wechselwirkungen  
(Gravitation, elektromagnetische/starke/schwache Wechselwirkung)
  - Eigenschaften von Ladungen  
(Additivität, Quantelung, Erhaltung; Ladungen als Ursache von Wechselwirkungen)
  - Elementarteilchen der Materie und der Anti-Materie
  - Übungen und Animationen zu den Kapiteln und ein Abschlussquiz



Eis am Stiel



Kristall



Molekül



Atom



Atomkern



Proton, Neutron



Quarks



Elektron



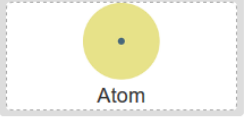

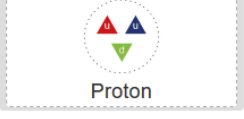
# 1. Vorstellung des Online-Vorbereitungskurses

3.2 Übung Test abschließen

Neue Sektion

**Aufgabe 1: Materiebausteine ordnen** Punkte: 4

Ordne die gegebenen Objekte nach ihrer Größe (von groß (1) nach klein (5)).

 Molekül	1
 Atomkern	2
 Atom	3
 Elektron	4
 Proton	5

**Aufgabe 1: Lückentext**

Wie heißt das Anti-Teilchen des Elektrons?

Wie heißt das Anti-Teilchen des Neutrinos?

Vergleicht man die Eigenschaften von beliebigen Teilchen mit ihrem jeweiligen Anti-Teilchen, so gilt stets: Die  ist gleich, die  sind entgegengesetzt.

Antworten abgeben

**Frage 1/2** Weiter

Wie heißt das Anti-Teilchen des Elektrons? ✓ **Positron**

Wie heißt das Anti-Teilchen des Neutrinos? ✓ **Anti-Neutrino**

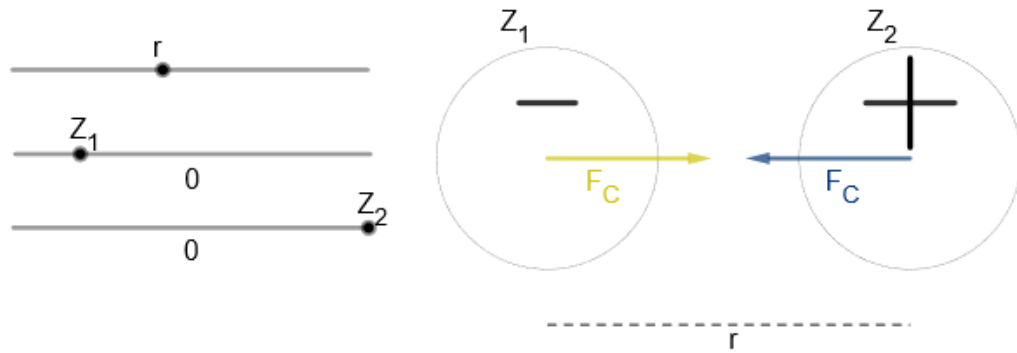
Vergleicht man die Eigenschaften von beliebigen Teilchen mit ihrem jeweiligen Anti-Teilchen, so gilt stets: Die ✓ **Masse** ist gleich, die ✓ **Ladung** sind entgegengesetzt.

**Richtig!**

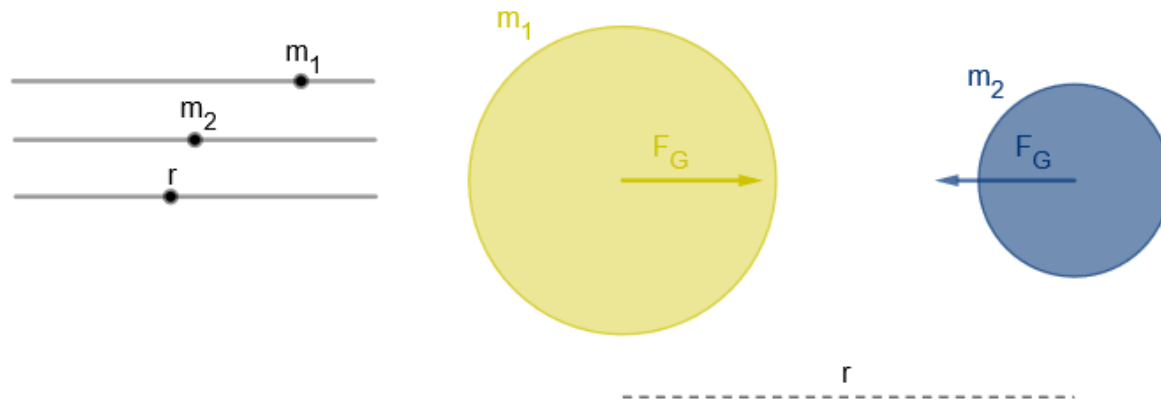
Du hast alle Fragen über Elementarteilchen und deren Anti-Teilchen korrekt beantwortet.

# 1. Vorstellung des Online-Vorbereitungskurses

## Animation Coulombkraft



## Animation Gravitationskraft



# 1. Vorstellung des Online-Vorbereitungskurses



## 4.2. Elektromagnetische Wechselwirkung

Als Zweites wollen wir uns mit der elektromagnetischen Wechselwirkung beschäftigen. Auch diese Wechselwirkung spielt in unserem Alltag eine große Rolle.

### Welche Beispiele gibt es für die elektromagnetische Wechselwirkung?

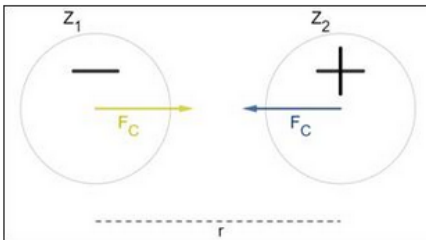
Beispielsweise lässt sich mit Hilfe der elektromagnetischen Wechselwirkung erklären, warum sich eine Kompassnadel Richtung Norden ausrichtet oder weshalb wir Radio hören können. Neben den alltäglichen Beispielen ist die elektromagnetische Wechselwirkung Ursache von Phänomenen auf atomarer Ebene. Sie ist die Ursache, weshalb Elektronen und Atomkerne als Atom zusammenhalten. Sie erklärt auch die chemische Bindung zwischen Atomen in Molekülen.

### Wie kann die elektromagnetische Wechselwirkung erklärt werden?

Ursache der elektromagnetischen Wechselwirkung ist die **elektrische Ladung** von Teilchen. Diese ist dir aus der Schule bekannt. Die elektrische Ladung  $Q$  eines Teilchens ist das Produkt der Elementarladung  $e$  und der elektrischen Ladungszahl  $Z$  des Teilchens:  $Q = Z \cdot e$ . Die elektrische Ladungszahl ist eine charakteristische Teilcheneigenschaft. Beispielsweise besitzt das Elektron die elektrische Ladungszahl  $Z_e = -1$ , damit ist die elektrische Ladung des Elektrons  $Q = -1e$ . Ein Up Quark besitzt eine elektrische Ladungszahl von  $Z_{up} = \frac{2}{3}$  und damit eine elektrische Ladung von  $Q = \frac{2}{3}e$ .

Wie verhalten sich Teilchen, die eine elektrische Ladung besitzen?

Betrachten wir nun (ähnlich wie bei der Gravitation) zwei Teilchen, die sich im Abstand  $r$  voneinander befinden. Die Teilchen besitzen die elektrischen Ladungszahlen  $Z_1$  und  $Z_2$ .



Veranschaulichung Coulombkraft zwischen zwei Teilchen

Für die elektromagnetische Wechselwirkung gibt es, analog zur Gravitationskraft bei der Gravitation, auch eine Kraft. Sie wird **Coulombkraft** genannt. Mathematisch gilt eine ähnliche Proportionalität wie bei der Gravitationskraft:  $F_C \sim \frac{Z_1 Z_2}{r^2}$ .

Was sagt uns diese Formel jetzt?

Die Coulombkraft ist umso größer, je größer der Betrag der elektrischen Ladungszahl eines Körpers ist. Sie ist auch umso größer, je kleiner der Abstand der Teilchen ist. Die Reichweite der elektromagnetischen Wechselwirkung ist wie bei der Gravitation unendlich.

Wie in der Abbildung oben, siehst du in der folgenden Animation zwei Teilchen in einem bestimmten Abstand  $r$  zueinander. Du hast die Möglichkeit den Abstand  $r$  der Teilchen oder ihre elektrischen Ladungszahlen  $Z_1$  und  $Z_2$  zu ändern, indem du die Schieberegler verstellst. Anschließend kannst du beobachten, wie sich die Länge und Richtung der resultierenden Coulombkraft verändern.



## 2. Intention der Arbeit

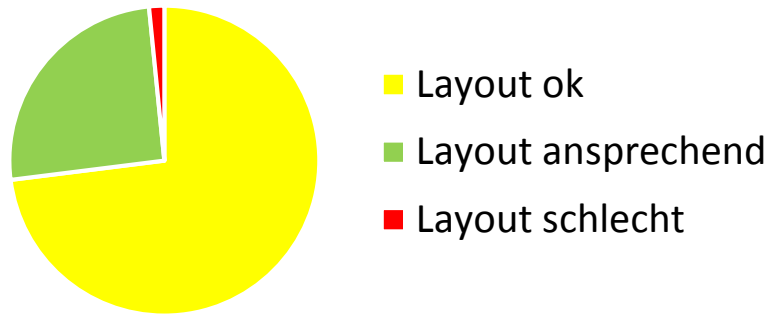
Erprobung und Evaluierung des Vorbereitungskurses:

- Ist der Vorbereitungskurs mit Schulklassen **durchführbar**?
- Sind die Kursinhalte für die Schüler\*innen **verständlich**?
- Ist der Vorbereitungskurs beim Verständnis der Masterclass **hilfreich**?
- Sind **Verbesserungen** am Vorbereitungskurs notwendig?

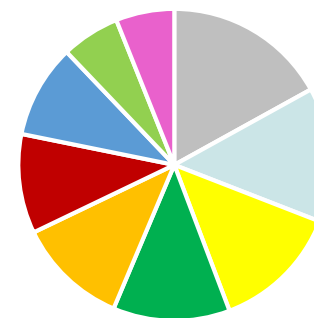


# 3. Ergebnisse der Evaluation durch die Schüler\*innen

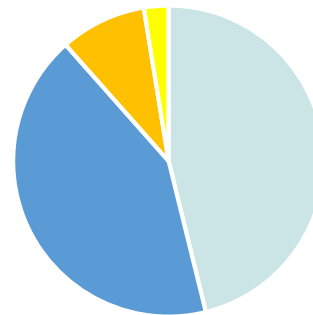
- Bewertung des Online-Vorbereitungskurs insgesamt: 1,8 (1 = sehr gut, 4 = schlecht)
- Bewertung des Layouts:



Was hat den Schüler\*innen gefallen?:



- Aufgetretene Probleme:
  - wiederholtes Neuladen der Seite
  - mehrmalige Passworteingabe
  - Animationen haben nicht funktioniert
  - Übungen haben nicht funktioniert





## 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

### 4.1. Gibt es einen Lernerfolg?

- Kenntnis einiger Elementarteilchen wurde dazugewonnen
- Vorstellung des Atoms als kleinster Baustein der stabilen Materie sowie der von Protonen und Neutronen als Elementarteilchen wurde revidiert
- Substruktur des Protons und die vier fundamentalen Wechselwirkungen wurden kennengelernt

→ **Lernerfolg**

- Photon als Austauscheteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung wurde nicht erfolgreich vermittelt

→ **Optimierungspotenzial**

# 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

## 4.2. Welche Unterschiede gibt es zwischen Schüler\*innen mit und ohne Vorkurs?

Korrekte Antworten auf die Wissensabfrage	Ohne Vorkurs	Mit Vorkurs
<i>Elementarteilchen</i> als kleinste Bausteine der stabilen Materie	0% (60% Atom)	17% (0% Atom)
Nennung des <i>Elektrons / Quarks</i> als Elementarteilchen	60% / 30%	50% / 42%
Substruktur des Protons besteht aus <i>Up- und Down-Quarks</i>	0%	75%
<i>Gravitation, elektromagnetische/starke und schwache Wechselwirkung</i> als die vier fundamentalen Wechselwirkungen	0%	67%
<i>3 Farbladungen</i> als Ursache der <i>starken Wechselwirkung</i>	0%	50%
<i>Photon</i> als Austauscheteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung	0%	8%
<i>Additivität, Quantelung und Erhaltung</i> als die drei Eigenschaften von Ladungen	0%	8%
<i>Positron</i> als Anti-Teilchen des Elektrons	20% (60% Proton)	33% (0% Proton)
Teilchen haben die <i>gleiche Masse</i> und <i>entgegengesetzte Ladung</i> im Vergleich zu ihren jeweiligen Anti-Teilchen	10%	50%

→ Schüler\*innen mit Teilnahme am Vorkurs haben ein **grundlegenderes Vorwissen** im Bereich der Teilchenphysik

# 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

## 4.3. Wie wirksam ist das Arbeitsblatt?

4. Die Vorgänge in der Natur können mithilfe der Gravitation und drei anderen fundamentalen Wechselwirkungen beschrieben werden. Welche sind das, was sind ihre Ursachen und Austauscheteilchen (Botenteilchen) und wo wirken diese in der Teilchenphysik?

Wechselwirkung	Ursache	Austauschteilchen	Wirkung in der Teilchenphysik
<i>elektromagnetisch</i>	<i>elektr. Ladung</i>	<i>Photon</i>	<i>Elektronen und Atomkern halten als Atom zusammen</i>
<i>stark</i>			
<i>schwach</i>			

5. Welche Elementarteilchen hast Du im Laufe des Kurses kennengelernt? Welche elektr. Ladungen haben diese?

Elementarteilchen	<i>Elektron</i>				
elektr. Ladung	<i>-1e</i>				

# 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

## 4.3. Wie wirksam ist das Arbeitsblatt?

Korrekte Antworten auf die Wissensabfrage	Ohne Arbeitsblatt	Mit Arbeitsblatt
<i>Elementarteilchen</i> als kleinste Bausteine der stabilen Materie	28%	56%
Nennung des <i>Elektrons / Quarks</i> als Elementarteilchen	39% / 67%	76% / 76%
Substruktur des Protons besteht aus <i>Up- und Down-Quarks</i>	58%	88%
<i>Gravitation, elektromagnetische/starke/schwache Wechselwirkung</i> als die vier fundamentalen Wechselwirkungen	61%	76%
<i>3 Farbladungen</i> als Ursache der <i>starken Wechselwirkung</i>	22%	27%
<i>Photon</i> als Austauscheteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung	3%	50%
<i>Additivität, Quantelung und Erhaltung</i> als die drei Eigenschaften von Ladungen	3%	29%
<i>Positron</i> als Anti-Teilchen des Elektrons	25%	94%
Teilchen haben die <i>gleiche Masse</i> und <i>entgegengesetzte Ladung</i> im Vergleich zu ihren jeweiligen Anti-Teilchen	31%	88%
Erklärung des Zusammenhangs von Teilchenbeschleunigern und Detektoren	17%	35%
Erklärung, was das CERN ist	81%	88%

→ Arbeitsblatt als effektive Möglichkeit der **schriftlichen Ergebnissicherung** führt zu **gesteigertem Lernerfolg**

# 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

## 4.4. Welche Vorteile hat die Teilnahme im Hinblick auf die Masterclass?

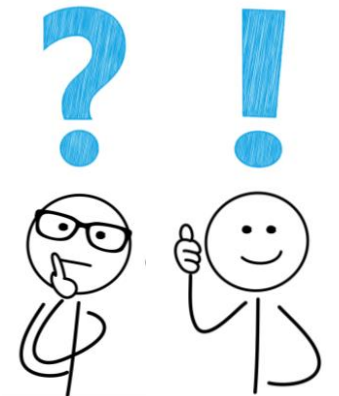
- positive Auswirkungen auf die **Mitarbeit** der Schüler\*innen
  - weniger inhaltliche Verständnisschwierigkeiten
  - können gezielter Fragen formulieren
  - keine Überforderung durch großen Informationszuwachs



# 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

## 4.4. Welche Vorteile hat die Teilnahme im Hinblick auf die Masterclass?

- positive Auswirkungen auf die **Mitarbeit** der Schüler\*innen
  - weniger inhaltliche Verständnisschwierigkeiten
  - können gezielter Fragen formulieren
  - keine Überforderung durch großen Informationszuwachs
- interaktive **Gestaltung** durch die Vermittler\*innen
  - verstärkter Einbezug der Schüler\*innen durch Fragestellungen zu Kursinhalten
  - Aufbau auf bekanntem Vorwissenskontingent



# 4. Wie effektiv ist der Vorbereitungskurs?

## 4.4. Welche Vorteile hat die Teilnahme im Hinblick auf die Masterclass?

- positive Auswirkungen auf die **Mitarbeit** der Schüler\*innen
  - weniger inhaltliche Verständnisschwierigkeiten
  - können gezielter Fragen formulieren
  - keine Überforderung durch großen Informationszuwachs
- interaktive **Gestaltung** durch die Vermittler\*innen
  - verstärkter Einbezug der Schüler\*innen durch Fragestellungen zu Kursinhalten
  - Aufbau auf bekanntem Vorwissenskontingent
- **Fokussierung** der Masterclass
  - inhaltliche Kürzung der Einführungsvorträge möglich
  - mehr Zeit für weiterführende Wissensvermittlung und praktische Aufgaben
  - Verhinderung des Zeit- und Leistungsdrucks





# 5. Verbesserungsvorschläge aus der Befragung der Schüler\*innen und Vermittler\*innen

- **Technische** Vereinfachung der Handhabung
- Beseitigung **inhaltlicher** Verständnisschwierigkeiten
  - spezifischere Beschriftungen der Abbildungen
  - Ergänzung des Bildmaterials
  - optimierte Aufteilung von Zusatzinformationen und Kapiteltexten
  - Hinweisen auf spätere Erklärung neuer Begriffe
  - Arbeitsaufträge klarer formulieren
- **Didaktische** Verbesserungen
  - Layout motivierender und kompakter gestalten
    - mehr Absätze, einheitliche Formatierung, Abbildungen in den Textfluss einbetten
  - zu lange Texte kürzen
  - Ausblick zum Standardmodell

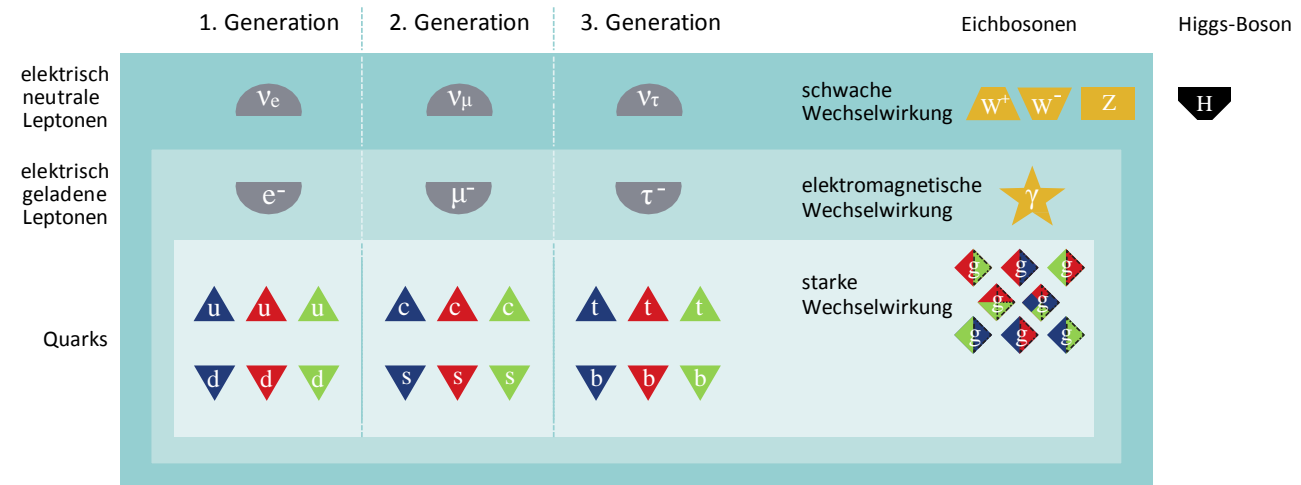
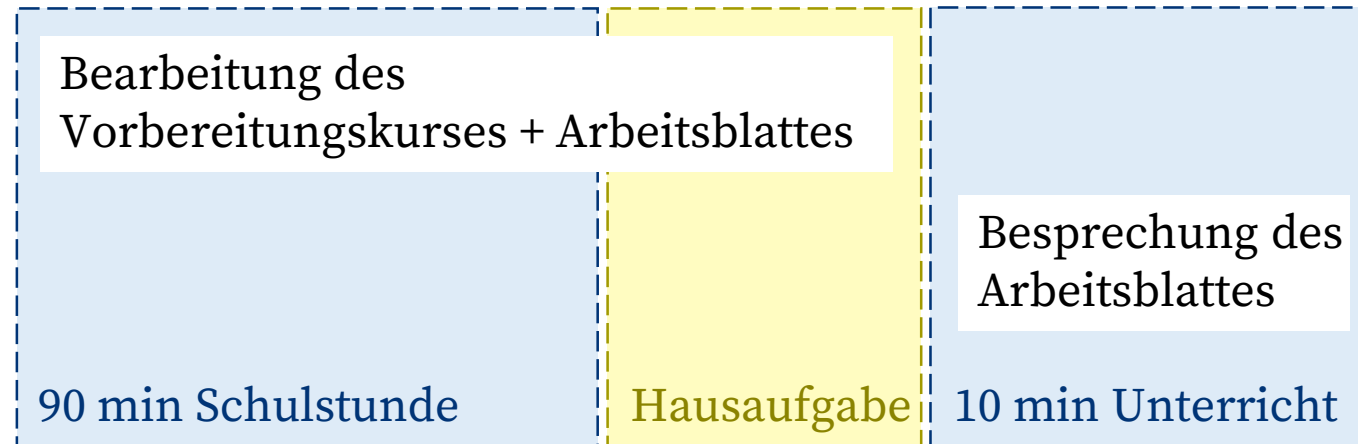


Abbildung: Standardmodell der Teilchenphysik

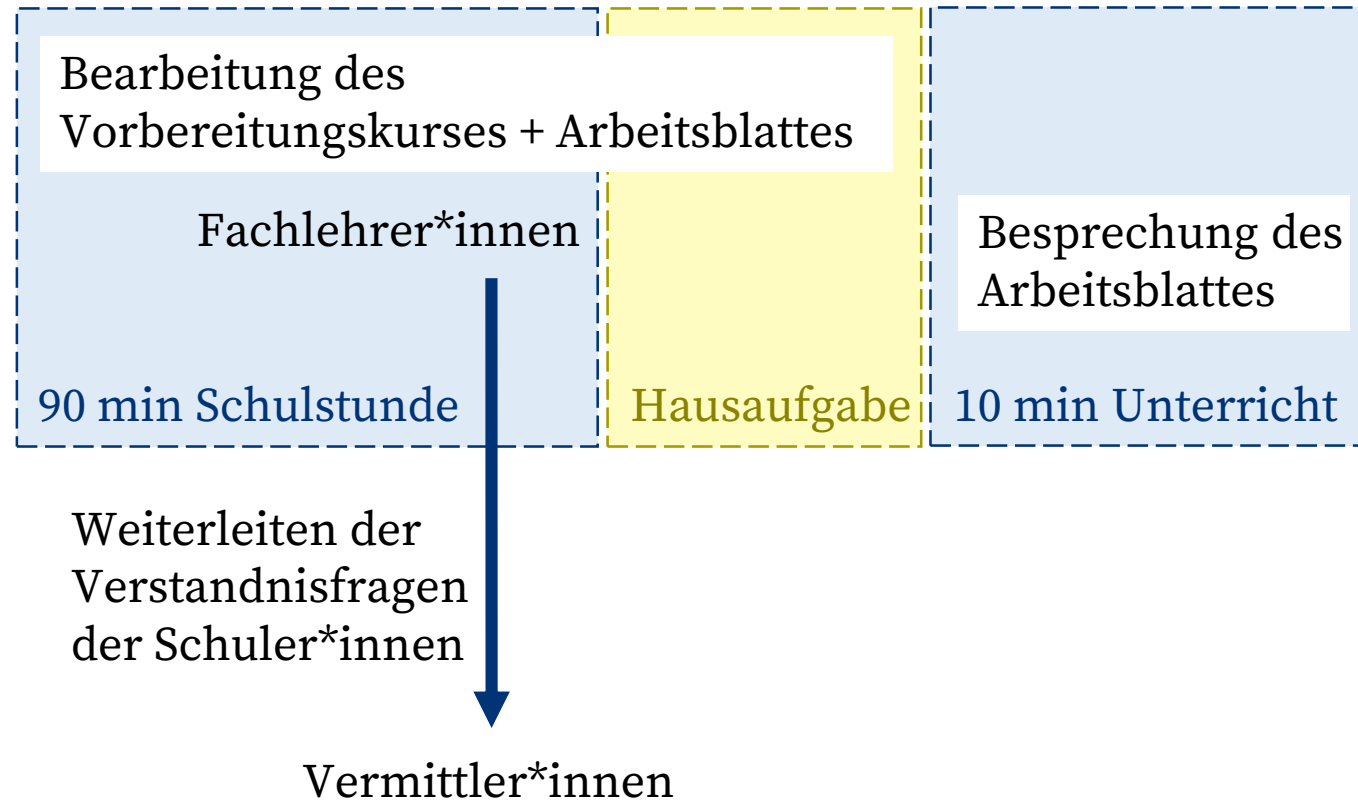
# 6. Empfohlene Durchführungsvariante

Vermittlung der Grundlagen der Teilchenphysik



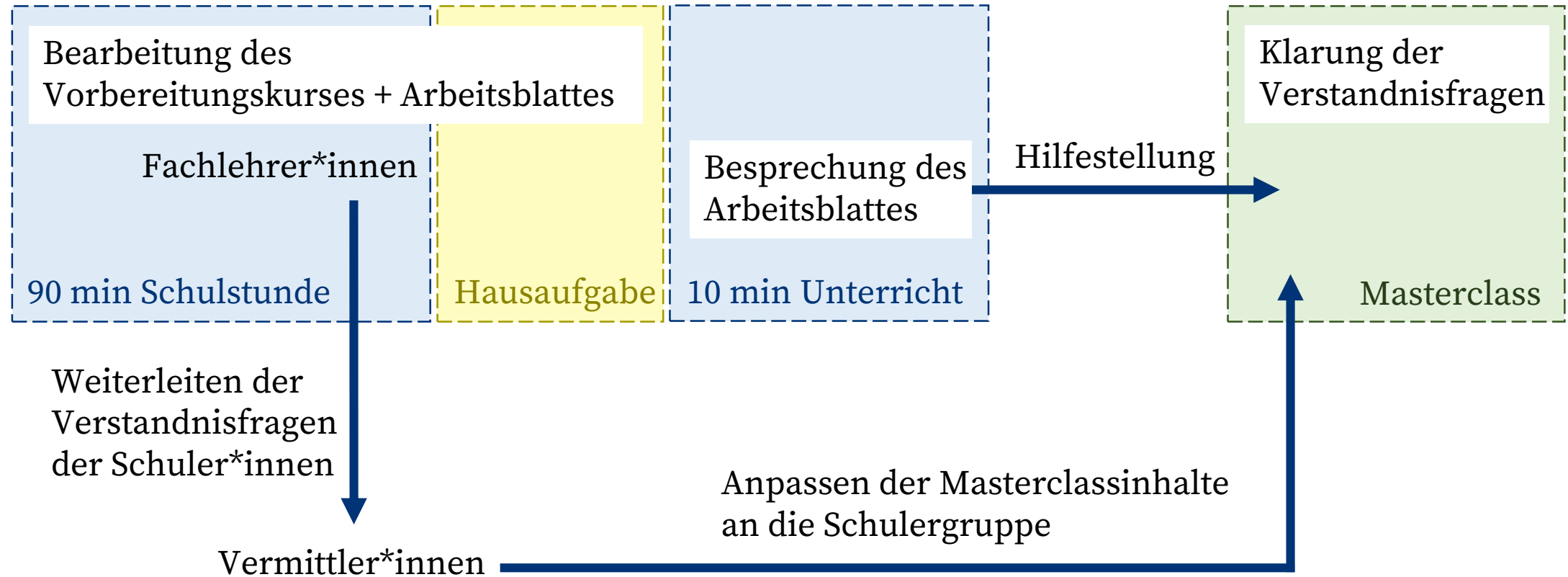
# 6. Empfohlene Durchführungsvariante

Vermittlung der Grundlagen der Teilchenphysik



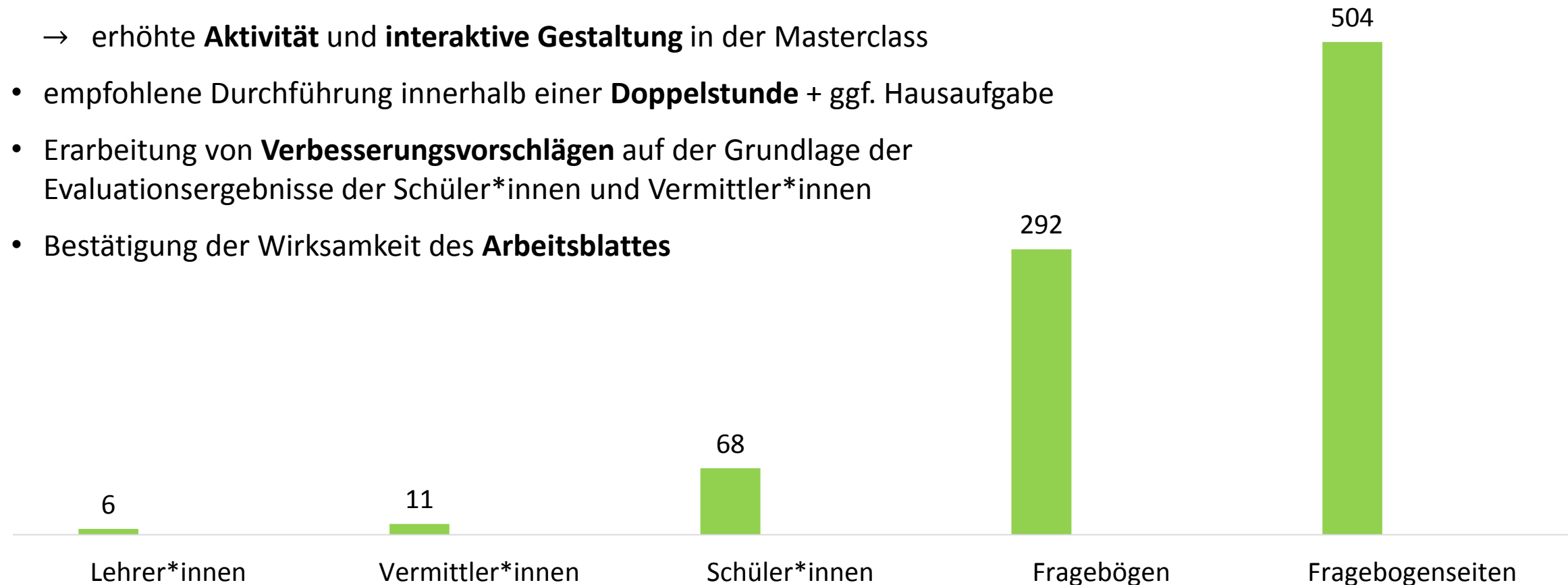
# 6. Empfohlene Durchführungsvariante

Vermittlung der Grundlagen der Teilchenphysik



## 7. Fazit

- Vorbereitungskurs ist mit Schulklassen **durchführbar, effektiv** und für die Masterclass **notwendig**, wenn die Schüler\*innen kein/wenig Vorwissen im Bereich der Teilchenphysik mitbringen  
→ erhöhte **Aktivität** und **interaktive Gestaltung** in der Masterclass
- empfohlene Durchführung innerhalb einer **Doppelstunde** + ggf. Hausaufgabe
- Erarbeitung von **Verbesserungsvorschlägen** auf der Grundlage der Evaluationsergebnisse der Schüler\*innen und Vermittler\*innen
- Bestätigung der Wirksamkeit des **Arbeitsblattes**



# 8. Ausblick

**Einbettung** des Vorbereitungskurses + Arbeitsblatt in den Rahmen der Masterclass:

- Einführungsvorträge inhaltlich kürzen
- Kursinhalte nur zu Beginn wiederholen
- auf Kernaspekte fokussieren → Inhalte anpassen

Vorbereitungskurs

Arbeitsblatt

Masterclass



# Literaturverzeichnis

- [1] INSTITUT FÜR KERN-UND TEILCHENPHYSIK UND TU DRESDEN (Hrsg.). Online-Vorbereitungskurs der Teilchenphysik-Masterclass für Gäste. Webseite, 2019. In: <https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/17635573762?1>; [18.08.2019]
- [2] INSTITUT FÜR KERN-UND TEILCHENPHYSIK UND TU DRESDEN (Hrsg.), Besser vorbereitet auf die Teilchenphysik-Masterclass. Webseite, 2019. In: <https://www.teilchenwelt.de/aktuelles/aktuelles-aus-dem-netzwerk/2019/damit-die-jugendlichen-besser-auf-die-masterclass-vorbereitet-sind-hat-die-angehende-lehrerin-carolin-diesel-einen-vorbereitungskurs-entwickelt/>; [18.08.2019]
- [3] PHYSIKWERKSTATT-RHEINLAND. Experimente und Messungen Hansen. Vorträge für die Teilchenphysik-Masterclasses, 2016.
- [4] INSTITUT FÜR KERN-UND TEILCHENPHYSIK UND TU DRESDEN (Hrsg.), Masterclasses – Teilchenforscher für einen Tag, 2019, In: <https://www.teilchenwelt.de/angebote/masterclasses/>; [12.08.2019]
- [5] C. DIESEL. Entwicklung und Umsetzung eines Online-Vorbereitungskurses für die Teilchenphysik-Masterclass. Masterarbeit, Technische Universität Dresden, S. 72 f. Webseite, 2018. In: <https://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-lehrkraefte/weitereunterrichtsmaterialien/>; [10.08.2019]
- [6] INSTITUT FÜR KERN-UND TEILCHENPHYSIK UND TU DRESDEN (Hrsg.), Unser Basisprogramm - Masterclass, 2019, In: <https://www.teilchenwelt.de/aktuelles/aktuelles-aus-dem-netzwerk/2019/unser-basisprogramm-masterclass/>; [23.08.2019]
- [7] WLH (Hrsg.), Von der Idee zum erfolgreichen Unternehmen, 2016, In: [https://wlh.eu/uploads/pics/Gruendungs idee\\_MH\\_Fotolia\\_01.jpg](https://wlh.eu/uploads/pics/Gruendungs idee_MH_Fotolia_01.jpg); [23.08.2019]
- [8] JOACHIM HERZ STIFTUNG (Hrsg.). Teilchenphysik. Unterrichtsmaterial ab Klasse 10. addprint AG, Bannewitz, 2018.
- [9] INSTITUT FÜR KERN-UND TEILCHENPHYSIK UND TU DRESDEN (Hrsg.). Vorträge für Teilchenphysik-Masterclasses. Webseite, 2019. In: [https://wiki.teilchenwelt.de/index.php?title=Votr%C3%A4ge\\_f%C3%BCr\\_Teilchenphysik-Masterclasses](https://wiki.teilchenwelt.de/index.php?title=Votr%C3%A4ge_f%C3%BCr_Teilchenphysik-Masterclasses); [22.08.2019]










# Der Online-Vorbereitungskurs

<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/17635573762;jsessionid=535D8B322FD1792AD41FC6C955D3980D.opalN3?0>



# Vorgehensweise beim Praxistest mit Schulklassen

Block	Schulform	Kurs	Angebot	Intention
1	Gymnasium	LK 12 (18 S.)	Masterclass	Beobachtung der Masterclass
2	Berufskolleg	GK 11 (17 S.)/ GK 11 (10 S.)	Vorkurs 	Detaillierte Evaluation des Vorkurses
			Masterclass 	
3	Gymnasium	GK 11 (24 S.)	Vorkurs 	Direkter Gruppenvergleich in der Masterclass in Abhängigkeit von der Teilnahme am Vorkurs
			Masterclass 	
4	Gymnasium	9. Klasse (16 S.) Diff.-Kurs	Vorkurs 	Teilweise außerunterrichtliche Durchführung des Vorkurses
			Masterclass	
5	Gymnasium	LK 11 (5 S.)/ GK 11 (21 S.)	Vorkurs 	Vergleich von LK und GK bei der Einführung des Arbeitsblattes
			Masterclass 	

 Überprüfung des Vorwissens zu Beginn des Vorkurses

 detaillierte Evaluation des Vorkurses


 kurze Evaluation des Vorkurses

 Bearbeitung und Besprechung des Arbeitsblattes










 Fragebogen für Fachlehrer\*innen






 Überprüfung des Wissensstandes zu Beginn der Masterclass




 Feedbackbogen zum Konzept von Vorkurs und Masterclass

 Beobachtung der Schüler\*innen

# Vorgehensweise beim Praxistest mit Schulklassen

- **Evaluation** des Vorbereitungskurses durch die Schüler\*innen  
- Wie **effektiv** ist der Vorbereitungskurs?
  - Gibt es einen **Lernerfolg**?  
  - Wie wirksam ist das **Arbeitsblatt**?  
  - Welche **Vorteile** hat die Teilnahme im Hinblick auf die Masterclass?   

-  Überprüfung des Vorwissens zu Beginn des Vorkurses
-  detaillierte Evaluation des Vorkurses
-  kurze Evaluation des Vorkurses
-  Bearbeitung und Besprechung des Arbeitsblattes
-  Fragebogen für Fachlehrer\*innen

-  Überprüfung des Wissenstandes zu Beginn der Masterclass
-  Feedbackbogen zum Konzept von Vorkurs und Masterclass
-  Beobachtung der Schüler\*innen

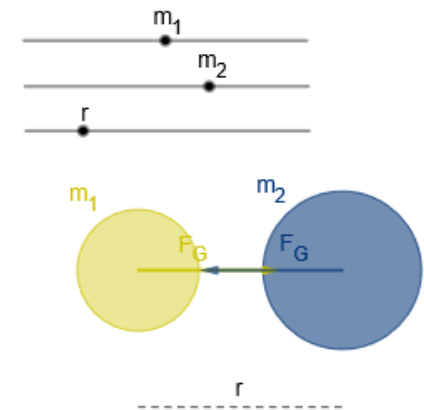
# Verbesserungsvorschläge aus der Befragung der Schüler\*innen und Vermittler\*innen

## Technische Vereinfachung der Handhabung

- einmalige **Passworteingabe**
- **Inhaltsverzeichnis** dauerhaft einblenden
- handhabbare Kurs-Version für **Smartphones** entwickeln
- **Grafiken größer/schärfer** abbilden und durch Anklicken vergrößert darstellen
- Variablen und Formeln nicht als unscharfe Bilder einfügen
- in Animationen **Schieberegler** fixieren
- **Kontrollmöglichkeit** der Übungsaufgaben vereinfachen
- **Wiederholungsmöglichkeit** der falsch beantworteten Übungsaufgaben einrichten

1. Generation	I	Z	$\bar{c}$
	$+\frac{1}{2}$	0	farblos
	$-\frac{1}{2}$	-1	farblos
	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{2}{3}$	blau rot grün
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	blau rot grün

starke Wechselwirkung  
elektromagnetische Wechselwirkung  
schwache Wechselwirkung



# Verbesserungsvorschläge aus der Befragung der Schüler\*innen und Vermittler\*innen

## Beseitigung inhaltlicher Verständnisschwierigkeiten

- **Animationen und Grafiken:**

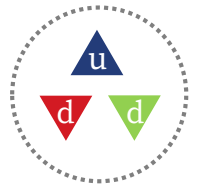
- spezifischere Beschriftungen der Abbildungen und Schieberegler
- Ergänzung des Bildmaterials

- **Texte:**

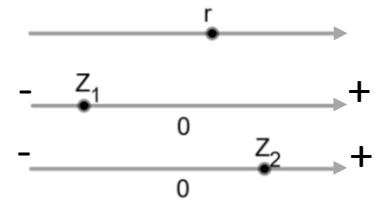
- Atomkern und -hülle klar trennen
- auf ggf. spätere Erklärung neuer Begriffe hinweisen
- Austauscheteilchen im Kapiteltext erwähnen
- Farbladungsvektor erst in Zusatzinformation erklären

- **Übungen:**

- Arbeitsaufträge klarer formulieren (z.B. „Fehlersuche“)



Substruktur  
des Neutrons



# Verbesserungsvorschläge aus der Befragung der Schüler\*innen und Vermittler\*innen

## Didaktische Verbesserungen

- **Layout:**

- motivierender und kompakter gestalten
- mehr Absätze, einheitliche Formatierung, Grafiken/Animationen in den Textfluss einbetten

- **Inhalt:**

- zu lange Texte kürzen
- Ausblick zum Standardmodell

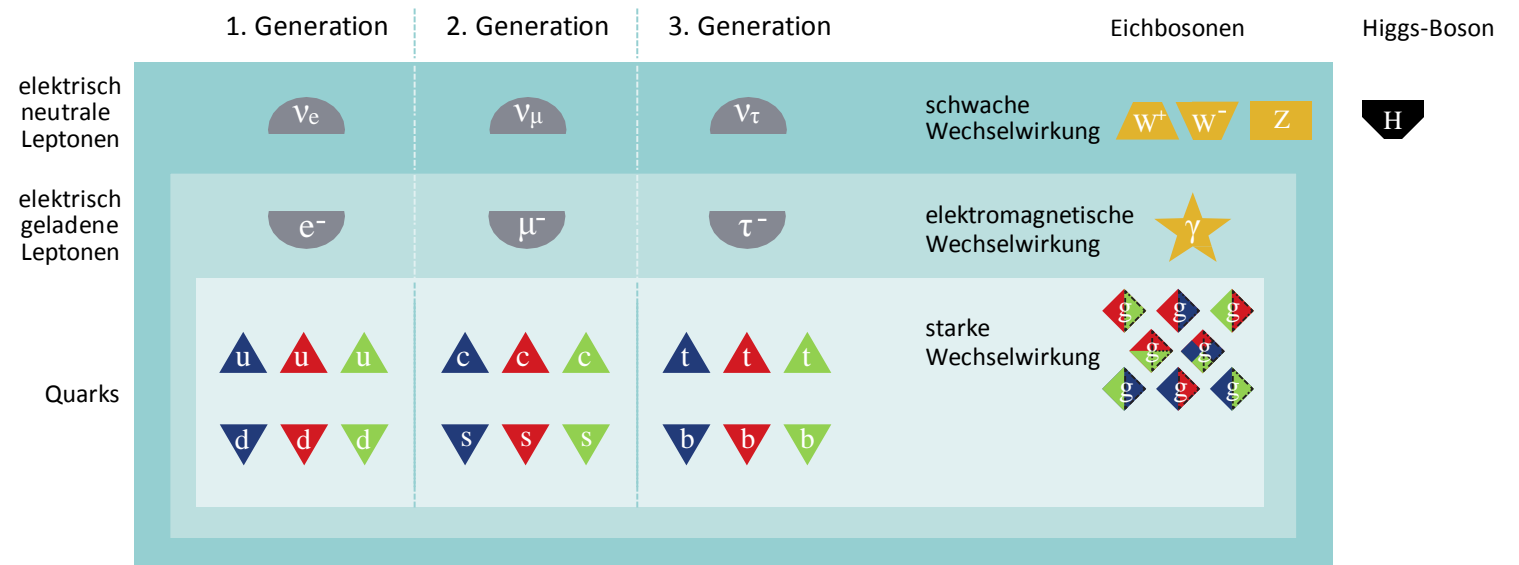


Abbildung: Standardmodell der Teilchenphysik



# Der Evaluationsbogen

## *3. Aufbau der Materie*

### *3.1. Bausteine der Materie*

Text             zu kurz         passende Länge         zu lang  
 verständlich    unverständlich, nicht verstanden habe ich: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Bilder            Folgendes war zu klein/unscharf: \_\_\_\_\_  
Dieses Bild habe ich nicht verstanden: \_\_\_\_\_  
 Die Bilder haben mich beim Verständnis der Inhalte unterstützt.

### *3.2. Übung*

#### *Aufgabe 1: Materiebausteine ordnen*

- Test             Ich konnte den Test nicht starten.
- Aufgabe         Ich habe zuerst nicht verstanden, was ich machen soll.  
 Die Aufgabe ist verständlich.  
 Ich habe zuerst nicht gewusst, wie man die Objekte verschieben kann.  
 Das Verschieben der Objekte mit der Maus hat nicht funktioniert.  
 Ich konnte die Bilder nicht erkennen, sie waren zu klein.  
 Ich habe zuerst nicht gefunden, wo ich meine Antwort kontrollieren lassen kann.  
 Ich habe die Korrektur meiner Antwort nicht verstanden.  
 Ich habe die Aufgabe beim ersten Versuch richtig gelöst.  
 Ich habe noch einmal in die Texte und Bilder geschaut und die Aufgabe erneut gemacht.



# Der Evaluationsbogen

3. Welche Verbesserungsvorschläge fallen Dir insgesamt zu diesem Onlinekurs ein?

-----  
-----  
-----

- eine Kurs-Version für das Handy erstellen     einmalige Passworteingabe     mehr Absätze in Texten  
 Layout motivierender gestalten     beim Anklicken der Bilder, diese groß anzeigen  
 Bilder größer und schärfer darstellen     lange Texte kürzen (insbesondere folgende Texte: \_\_\_\_\_ )

4. Was hat bei Dir nicht funktioniert und wo hattest Du Probleme mit der Seite?

-----  
-----  
-----

- wiederholtes Neuladen der Seite     langsames Internet     Übungen haben nicht funktioniert  
 Animationen haben nicht funktioniert

5. Wie oft musstest Du insgesamt das Passwort eingeben?    einmal                    sehr oft

6. Was findest Du an dem Onlinekurs gut?

-----  
-----