

# Schulinterner Lehrplan für das Fach

## **Physik**

am Montessori Gymnasium

Köln Bickendorf

Stand: 2. Juni 2015



### **Montessori-Gymnasium**

Das reformpädagogische Gymnasium

Rochusstraße 145

50827 Köln (Bickendorf)

Tel. 0221 5957 231

## Vorwort

Dieses Dokument stellt nach Fachkonferenzbeschluss vom 8. Dezember 2014 den schulinternen Lehrplan für das Fach Physik am Montessori Gymnasium dar.

Er soll Schülerinnen und Schülern, Eltern, neuen Kollegen und Interessierten einen Einblick in den Physikunterricht an unserer Schule ermöglichen. Wir beschreiben darin die Rahmenbedingungen unserer schulischen Arbeit (Kapitel 1) sowie die geplanten Unterrichtsvorhaben und Erwartungen in den einzelnen Jahrgangsstufen (Kapitel 2-5).

Bei Rückfragen oder Unklarheiten können Sie uns gerne kontaktieren:

Montessori-Gymnasium  
Fachschaft Physik  
Rochusstraße 145  
50827 Köln

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Rahmenbedingungen der Physik am Montessori Gymnasium	4
2 Der <b>Unterricht in Klasse 6</b> (Erprobungsstufe)	5
2.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen	5
2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung	7
3 Der <b>Unterricht in Klasse 8/9</b> (Mittelstufe)	8
3.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen	8
3.2 Grundsätze der Leistungsbewertung	11
4 Der <b>Unterricht in der EF</b> (Einführungsphase)	12
4.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen	12
4.2 Grundsätze der Leistungsbewertung	13
5 Der <b>Unterricht in der Q1/Q2</b> (Qualifikationsphase)	16
5.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen im <b>Grundkurs</b>	16
5.2 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen im <b>Leistungskurs</b>	20
5.3 Grundsätze der Leistungsbewertung	26
6 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	28
7 Qualitätssicherung und Evaluation	28

# 1 Rahmenbedingungen der Physik am Montessori Gymnasium

Unsere Fachgruppe Physik besteht am Montessori Gymnasium aus drei Lehrkräften: Daniel Fröhlich (Physik/Chemie), Kai Bennemann (Physik/Sozialwissenschaften) und Paul Embgenbroich (ebenfalls Physik/Sozialwissenschaften). Zusammen können wir den Unterrichtsbedarf von der Erprobungsstufe bis zum Abitur abdecken, so dass kein Unterricht fachfremd erteilt werden muss. Unterstützt werden wir von Angelika Schmidt (Deutsch/Biologie/Pädagogik), die gerne den Physikunterricht in ihrer eigenen Klasse (Jahrgangsstufe 6) übernimmt.

Das Fach Physik wird am Montessori Gymnasium in den Jahrgangsstufen 6, 8 und 9 mit je zwei Wochenstunden unterrichtet. Für die Jahrgangsstufe 5 bieten wir im Rahmen des Ganztagsangebots unserer Schule eine Physik-AG an. Erfahrungsgemäß kommen dabei jedes Halbjahr zwei AGs (dienstags/donnerstags) zustande. In der Einführungsphase der Oberstufe (Jahrgangsstufe 10) kann Physik als naturwissenschaftliches Fach gewählt werden. Die Schüler können dabei entscheiden, ob sie das Fach schriftlich oder mündlich belegen wollen (unter Beachtung der Rahmenbedingungen für die Kurswahl in der Oberstufe). In der Regel kommen mindestens zwei Kurse zustande, die mit je drei Wochenstunden unterrichtet werden. Für die Qualifikationsphase (Jahrgangsstufe 11 und 12) können die Schüler zwischen Grund- und Leistungskurs wählen. Der Grundkurs wird mit drei Wochenstunden unterrichtet, der Leistungskurs mit fünf Wochenstunden. In den letzten Jahren kam an unserer Schule leider kein Leistungskurs zustande. Wir arbeiten daran, dies zu ändern.

Für den Physikunterricht stehen zwei eigene Fachräume zur Verfügung. Beide Räume wurden im Jahr 2005 grundsaniiert, sind in gutem Zustand und mit fest installiertem Beamer und Whiteboard ausgestattet. Der größere Arbeitsraum bietet die Möglichkeit, Schülerexperimente durchzuführen. Die Sammlung der Schule ist aus unserer Sicht gut und vielseitig ausgestattet und bietet ausreichende Möglichkeiten für den Unterricht.

Fachvorsitzender der Physik ist aktuell Kai Bennemann, vertreten durch Paul Embgenbroich.

Da wir eine kleine Fachschaft sind, können wir im Schulalltag eng zusammenarbeiten und uns leicht koordinieren. Nach Möglichkeit übernimmt jeder von uns in jedem Jahrgang mindestens eine Klasse. Dadurch können wir den Unterricht in den einzelnen Klassen miteinander abstimmen und Ausfälle (z.B. durch Erkrankungen oder Elternzeit) besser abfangen. Dies hat sich in den letzten Jahren bewährt.

Grundlage unserer schulischen Arbeit ist der aktuell gültige Kernlehrplan für das Fach Physik<sup>1</sup>. Die allgemeinen Aufgaben und Ziele des Fachs Physik sind darin in Kapitel 1 ausgeführt. Grundlage für die Leistungsbewertung sind § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik.

---

<sup>1</sup> abrufbar unter: <http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-g8/physik-g8/>

## 2 Der Unterricht in Klasse 6 (Erprobungsstufe)

Physik wird in der Klasse 6 mit zwei Stunden pro Woche unterrichtet. Für die Schülerinnen und Schüler des Montessori Gymnasiums ist es ein neues Fach, dass sie noch nicht aus der Klasse 5 kennen. Deshalb ist es unser Hauptanliegen, bei den Schülerinnen und Schülern Faszination, Spass und Interesse am Physikunterricht zu wecken. Dabei sollen sie an typische Methoden und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften herangeführt werden und ihr physikalisches Grundwissen weiter ausbauen können.

Als Lehrbuch verwenden wir *Spektrum Physik 5/6* aus dem Schroedel Verlag. Für interessierte Schülerinnen und Schüler empfehlen wir das Buch *Universum Physik 1* von Cornelsen. Es ist aus unserer Sicht sehr gut geeignet, um sich unabhängig vom Unterricht selbstständig mit Physik zu beschäftigen.

### 2.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen

Im Physikunterricht der Klasse 6 werden vier Unterrichtsvorhaben behandelt, die im folgenden aufgeführt sind. Die genannten Kompetenzen – unterteilt nach den vier Basiskonzepten – sollen bis zum Ende der Klasse 6 erreicht werden.

Kontext/Problemstellung	Wie erforscht man ein Phänomen? - Der Magnetismus
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Magnetismus – Klasse 6.1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauermagnete und Elektromagnete</li> <li>• Magnetfelder</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 12 Wochenstunden (etwa bis zu den Herbstferien)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beim Magnetismus erläutern, dass Körper ohne direkten Kontakt eine anziehende oder abstoßende Wirkung aufeinander ausüben können.</li> </ul>	

Kontext/Problemstellung	Wie funktioniert Elektrizität? – Teil 1: Einfache Schaltungen selbst bauen
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Elektrizität – Klasse 6.1/6.2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherer Umgang mit Elektrizität</li> <li>• Stromkreise, Leiter und Isolatoren</li> <li>• Und-, Oder- und Wechselschaltung</li> <li>• Elektromagnete</li> <li>• Nennspannungen von elektrischen Quellen und Verbrauchern</li> <li>• Wärmewirkung des elektrischen Stroms</li> <li>• Sicherung</li> <li>• Einführung der Energie über Energiewandler und Energietransportketten</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 20 Wochenstunden (etwa bis zu den Weihnachtsferien)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „System“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• an Beispielen erklären, dass das Funktionieren von Elektrogeräten einen geschlossenen Stromkreis voraussetzt</li> <li>• einfache elektrische Schaltungen planen und aufbauen</li> </ul> <b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• an Beispielen aus ihrem Alltag verschiedene Wirkungen des elektrischen Stromes aufzeigen und</li> </ul>	

- unterscheiden
- geeignete Maßnahmen für den sicheren Umgang mit elektrischem Strom beschreiben

Kontext/Problemstellung	Was sich mit der Temperatur alles ändert - Temperatur, Wärme und Energie
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Temperatur und Energie – Klasse 6.2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermometer, Temperaturmessung</li> <li>• Volumen- und Längenänderung bei Erwärmung und Abkühlung</li> <li>• Aggregatzustände (Teilchenmodell)</li> <li>• Energieübergang zwischen Körpern verschiedener Temperatur</li> <li>• Sonnenstand</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 20 Wochenstunden (etwa bis zu den Osterferien)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Energie“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• an Vorgängen aus ihrem Erfahrungsbereich Speicherung, Transport und Umwandlung von Energie aufzeigen.</li> <li>• in Transportketten Energie halbquantitativ bilanzieren und dabei die Idee der Energieerhaltung zugrunde legen.</li> <li>• an Beispielen zeigen, dass Energie, die als Wärme in die Umgebung abgegeben wird, in der Regel nicht weiter genutzt werden kann.</li> <li>• an Beispielen energetische Veränderungen an Körpern und die mit ihnen verbundenen Energieübertragungsmechanismen einander zuordnen.</li> </ul> <b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Struktur der Materie“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• an Beispielen beschreiben, dass sich bei Stoffen die Aggregatzustände durch Aufnahme bzw. Abgabe von thermischer Energie (Wärme) verändern.</li> <li>• Aggregatzustände, Aggregatzustandsübergänge auf der Ebene einer einfachen Teilchenvorstellung beschreiben.</li> </ul> <b>Kompetenzen zum Basiskonzept „System“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Sonnenstand als eine Bestimmungsgröße für die Temperaturen auf der Erdoberfläche erkennen.</li> </ul>	

Kontext/Problemstellung	Die Physik vom Sehen und Hören
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Licht und Schall – Klasse 6.2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Sehen</li> <li>• Lichtquellen und Lichtempfänger</li> <li>• geradlinige Ausbreitung des Lichts</li> <li>• Schatten, Mondphasen</li> <li>• Schallquellen und Schallempfänger</li> <li>• Reflexion, Spiegel</li> <li>• Schallausbreitung, Tonhöhe und Lautstärke</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 20 Wochenstunden (bis zum Schuljahresende)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „System“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundgrößen der Akustik nennen.</li> <li>• Auswirkungen von Schall auf Menschen im Alltag erläutern.</li> </ul> <b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildentstehung und Schattenbildung sowie Reflexion mit der geradlinigen Ausbreitung des Lichts erklären.</li> <li>• Schwingungen als Ursache von Schall und Hören als Aufnahme von Schwingungen durch das Ohr identifizieren.</li> <li>• geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdung durch Schall und Strahlung nennen.</li> </ul>	

## 2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung

Im Physikunterricht der Klasse 6 werden keine Klassenarbeiten geschrieben. Für die Benotung ist deshalb allein der Bereich „Sonstige Mitarbeit“ entscheidend. Darunter verstehen wir in Klasse 6 vorrangig:

- die **Mitarbeit im Unterricht**

z.B. Umfang und Qualität der mündlichen Beiträge, altersgemäße Verwendung von Fachsprache und Fachbegriffen, Arbeitsverhalten und -motivation, Sorgfalt beim Experimentieren

- die Ergebnisse von **schriftlichen Überprüfungen**

Diese werden vorher angekündigt und beziehen sich auf den Stoff der vorherigen Unterrichtsstunden. Nach Möglichkeit soll ca. eine Überprüfung pro Unterrichtsvorhaben stattfinden.

- das Führen eines **Heftes**

Die Hefte werden nach Möglichkeit zum Halbjahr und zum Ende des Schuljahres eingesammelt und benotet. Wichtig sind uns dabei vor allem Vollständigkeit und Sorgfalt bei der Heftführung.

Am Ende des Halbjahres und am Ende des Schuljahres erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Zeugnisnote für Physik. Jeweils zu Beginn des 2. und 4. Quartals erhalten die Schülerinnen und Schüler eine mündliche Rückmeldung (Quartalsnote) zu ihrem bisherigen Leistungsstand. Zusätzlich sollen dabei im Gespräch Möglichkeiten zur Verbesserung aufgezeigt werden.

### 3 Der Unterricht in Klasse 8/9 (Mittelstufe)

Physik wird in den Klassen 8 und 9 durchgängig mit zwei Stunden pro Woche unterrichtet.

Als Lehrbuch verwenden wir *Dornbader Physik Band 2* aus dem Schroedel Verlag. Für interessierte Schülerinnen und Schüler empfehlen wir das Buch *Kuhn Physik 7-9* von Westermann. Es bietet verständliche Texte, eine angemessene Mathematisierung und eine interessante Aufarbeitung der einzelnen Themen, auch über den Unterricht hinaus.

#### 3.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen

<b>Kontext/Problemstellung</b>	<b>Flaschenöffner, Korkenzieher &amp; Co. – einfache Kraftwandler, die den Alltag leichter machen</b>
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Kraft, Druck, mechanische und innere Energie – Klasse 8.1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeit</li> <li>• Kraft als vektorielle Größe, Zusammenwirken von Kräften</li> <li>• Gewichtskraft und Masse</li> <li>• Hebel und Flaschenzug</li> <li>• mechanische Arbeit und Energie, Energieerhaltung</li> <li>• Druck, Auftrieb in Flüssigkeiten</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 30 Wochenstunden (etwa bis zu den Weihnachtsferien)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Energie“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Energieerhaltung als ein Grundprinzip des Energiekonzepts erläutern und sie zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen.</li> <li>• Temperaturdifferenzen, Höhenunterschiede, Druckdifferenzen und Spannungen als Voraussetzungen für und als Folge von Energieübertragung an Beispielen aufzeigen. (<i>auch in #8 Elektrizität, #9 Energie</i>)</li> <li>• Lage-, kinetische und durch den elektrischen Strom transportierte sowie thermisch übertragene Energie (Wärmemenge) unterscheiden, formal beschreiben und für Berechnungen nutzen. (<i>auch in #8 Elektrizität, #9 Energie</i>)</li> <li>• an Beispielen Energiefluss und Energieentwertung quantitativ darstellen.</li> </ul> <b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsänderungen oder Verformungen von Körpern auf das Wirken von Kräften zurückführen.</li> <li>• Kraft und Geschwindigkeit als vektorielle Größen beschreiben.</li> <li>• die Beziehung und den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft beschreiben.</li> <li>• die Wirkungsweisen und die Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern an Beispielen beschreiben.</li> <li>• Druck als physikalische Größe quantitativ beschreiben und in Beispielen anwenden.</li> <li>• Schweredruck und Auftrieb formal beschreiben und in Beispielen anwenden.</li> </ul>	

<b>Kontext/Problemstellung</b>	<b>Wie funktioniert Elektrizität? – Teil 2: Die Gesetze des elektrischen Stroms</b>
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Elektrizität – Klasse 8.1/8.2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung von Stromstärke und Ladung</li> <li>• Eigenschaften von Ladung</li> <li>• elektrische Quelle und elektrischer Verbraucher</li> <li>• Unterscheidung und Messung von Spannungen und Stromstärken</li> <li>• Spannungen und Stromstärken bei Reihen- und Parallelschaltungen</li> <li>• elektrischer Widerstand, Ohm'sches Gesetz</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 20 Wochenstunden (etwa bis zu den Osterferien)



**Kompetenzen zum Basiskonzept „Energie“**

- Temperaturdifferenzen, Höhenunterschiede, Druckdifferenzen und Spannungen als Voraussetzungen für und als Folge von Energieübertragung an Beispielen aufzeigen. (auch in #8 Mechanik, #9 Energie)
- Lage-, kinetische und durch den elektrischen Strom transportierte sowie thermisch übertragene Energie (Wärmemenge) unterscheiden, formal beschreiben und für Berechnungen nutzen. (auch in #8 Mechanik, #9 Energie)

**Kompetenzen zum Basiskonzept „Struktur der Materie“**

- verschiedene Stoffe bzgl. ihrer thermischen, mechanischen oder elektrischen Stoffeigenschaften vergleichen. (auch in #8 Mechanik)
- die elektrischen Eigenschaften von Stoffen (Ladung und Leitfähigkeit) mit Hilfe eines einfachen Kern-Hülle-Modells erklären. (Stufe I)
- Eigenschaften von Materie mit einem angemessenen Atommodell beschreiben. (Stufe II) (auch in #9 Radioaktivität)

**Kompetenzen zum Basiskonzept „System“**

- die Spannung als Indikator für durch Ladungstrennung gespeicherte Energie beschreiben.
- den quantitativen Zusammenhang von Spannung, Ladung und gespeicherter bzw. umgesetzter Energie zur Beschreibung energetischer Vorgänge in Stromkreisen nutzen.
- die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Schaltungen beschreiben und anwenden.
- umgesetzte Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen aus Spannung und Stromstärke bestimmen.

**Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“**

- die Stärke des elektrischen Stroms zu seinen Wirkungen in Beziehung setzen und die Funktionsweise einfacher elektrischer Geräte darauf zurückführen. (Stufe I)

Kontext/Problemstellung	
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Optische Instrumente, Farbzerlegung des Lichts – Klasse 8.2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und Bildentstehung beim Auge – Funktion der Augenlinse</li> <li>• Lupe als Sehhilfe, Fernrohr</li> <li>• Brechung, Reflexion, Totalreflexion und Lichtleiter</li> <li>• Zusammensetzung des weißen Lichts</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 20 Wochenstunden (etwa bis zum Schuljahresende)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „System“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung und den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben. (Stufe I)</li> </ul> <b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorption, und Brechung von Licht beschreiben. (Stufe I)</li> <li>• Infrarot-, Licht- und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und mit Beispielen ihre Wirkung beschreiben. (Stufe I)</li> </ul>	

Kontext/Problemstellung	
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<b>Radioaktivität und Kernenergie – Klasse 9.1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau der Atome, ionisierende Strahlung (Arten, Reichweiten, Zerfallsreihen, Halbwertszeit)</li> <li>• Strahlennutzen, Strahlenschäden und Strahlenschutz</li> <li>• Kernspaltung</li> <li>• Nutzen und Risiken der Kernenergie</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 30 Wochenstunden (etwa bis zu den Weihnachtsferien)
<b>Kompetenzen zum Basiskonzept „Struktur der Materie“</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften von Materie mit einem angemessenen Atommodell beschreiben. (Stufe II)</li> <li>• die Entstehung von ionisierender Teilchenstrahlung beschreiben. (Stufe II)</li> </ul>	

- Eigenschaften und Wirkungen verschiedener Arten radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung nennen. *(Stufe II)*
- Prinzipien von Kernspaltung und Kernfusion auf atomarer Ebene beschreiben. *(Stufe II)*
- Zerfallsreihen mithilfe der Nuklidkarte identifizieren. *(Stufe II)*
- Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung bewerten. *(Stufe II)*

**Kompetenzen zum Basiskonzept „System“**

- technische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt beurteilen. *(Stufe I) (auch in #9 Energie)*
- technische Geräte und Anlagen unter Berücksichtigung von Nutzen, Gefahren und Belastung der Umwelt vergleichen und bewerten und Alternativen erläutern. *(Stufe II) (auch in #9 Energie)*

**Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“**

- experimentelle Nachweismöglichkeiten für radioaktive Strahlung beschreiben. *(Stufe II)*
- die Wechselwirkung zwischen Strahlung, insbesondere ionisierender Strahlung, und Materie sowie die daraus resultierenden Veränderungen der Materie beschreiben und damit mögliche medizinische Anwendungen und Schutzmaßnahmen erklären. *(Stufe II)*

Kontext/Problemstellung	Wie funktioniert Elektrizität? – Teil 3: Vom Kraftwerk bis zur Steckdose
<b>Inhaltsfeld und Schwerpunkte</b>	<p><b>Energie, Leistung, Wirkungsgrad – Klasse 9.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie und Leistung in Mechanik, Elektrik und Wärmelehre</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise eines Kraftwerkes</li> <li>• regenerative Energieanlagen</li> <li>• Energieumwandlungsprozesse, Elektromotor und Generator, Wirkungsgrad</li> <li>• Erhaltung und Umwandlung von Energie</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 40 Wochenstunden (bis zum Schuljahresende)

**Kompetenzen zum Basiskonzept „Energie“**

- in relevanten Anwendungszusammenhängen komplexere Vorgänge energetisch beschreiben und dabei Speicherungs-, Transport-, Umwandlungsprozesse erkennen und darstellen.
- die Verknüpfung von Energieerhaltung und Energieentwertung in Prozessen aus Natur und Technik (z. B. in Fahrzeugen, Wärmekraftmaschinen, Kraftwerken usw.) erkennen und beschreiben.
- den quantitativen Zusammenhang von umgesetzter Energiemenge (bei Energieumsetzung durch Kraftwirkung: Arbeit), Leistung und Zeitdauer des Prozesses kennen und in Beispielen aus Natur und Technik nutzen.
- Temperaturdifferenzen, Höhenunterschiede, Druckdifferenzen und Spannungen als Voraussetzungen für und als Folge von Energieübertragung an Beispielen aufzeigen. *(auch in #8 Mechanik, #8 Elektrizität)*
- Lage-, kinetische und durch den elektrischen Strom transportierte sowie thermisch übertragene Energie (Wärmemenge) unterscheiden, formal beschreiben und für Berechnungen nutzen. *(auch in #8 Mechanik, #8 Elektrizität)*
- beschreiben, dass die Energie, die wir nutzen, aus erschöpfbaren oder regenerativen Quellen gewonnen werden kann.
- die Notwendigkeit zum „Energiesparen“ begründen sowie Möglichkeiten dazu in ihrem persönlichen Umfeld erläutern,
- verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung, -aufbereitung und -nutzung unter physikalisch-technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten vergleichen und bewerten sowie deren gesellschaftliche Relevanz und Akzeptanz diskutieren.

**Kompetenzen zum Basiskonzept „System“**

- den Aufbau von Systemen beschreiben und die Funktionsweise ihrer Komponenten erklären (z. B. Kraftwerke, medizinische Geräte, Energieversorgung). *(Stufe II)*
- Energieflüsse in den oben genannten offenen Systemen beschreiben. *(Stufe II)*
- technische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt beurteilen. *(Stufe I) (auch in #9 Radioaktivität)*
- technische Geräte und Anlagen unter Berücksichtigung von Nutzen, Gefahren und Belastung der Umwelt vergleichen und bewerten und Alternativen erläutern. *(Stufe II) (auch in #9 Radioaktivität)*
- die Funktionsweise einer Wärmekraftmaschine erklären. *(Stufe II)*

**Kompetenzen zum Basiskonzept „Wechselwirkung“**

- den Aufbau eines Elektromotors beschreiben und seine Funktion mit Hilfe der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes erklären. (Stufe II)
- den Aufbau von Generator und Transformator beschreiben und ihre Funktionsweisen mit der elektromagnetischen Induktion erklären. (Stufe II)

### 3.2 Grundsätze der Leistungsbewertung

Im Physikunterricht der Klasse 8 und 9 werden keine Klassenarbeiten geschrieben. Für die Benotung ist deshalb allein der Bereich „Sonstige Mitarbeit“ entscheidend. Darunter verstehen wir vorrangig:

- die **Mitarbeit im Unterricht**

z.B. Umfang und Qualität der mündlichen Beiträge, altersgemäße Verwendung von Fachsprache und Fachbegriffen, Arbeitsverhalten und -motivation, Sorgfalt beim Experimentieren

- die Ergebnisse von **schriftlichen Überprüfungen**

Diese werden vorher angekündigt und beziehen sich auf den Stoff der vorherigen Unterrichtsstunden. Nach Möglichkeit sollen ca. 1-2 Überprüfungen pro Unterrichtsvorhaben stattfinden.

- das Führen eines **Heftes**

Die Hefte werden nach Möglichkeit zum Halbjahr und zum Ende des Schuljahres eingesammelt und benotet. Wichtig sind uns dabei vor allem Vollständigkeit und Sorgfalt bei der Heftführung.

Am Ende des Halbjahres und am Ende des Schuljahres erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Zeugnisnote für Physik. Jeweils zu Beginn des 2. und 4. Quartals erhalten die Schülerinnen und Schüler eine mündliche Rückmeldung (Quartalsnote) zu ihrem bisherigen Leistungsstand. Zusätzlich sollen dabei im Gespräch Möglichkeiten zur Verbesserung aufgezeigt werden.

## 4 Der Unterricht in der EF (Einführungsphase)

Der Unterricht in der Einführungsphase stellt für die Schülerinnen und Schüler den Beginn der gymnasialen Oberstufe dar. Zum ersten Mal können sie nun in Physik Klausuren schreiben (wenn sie das Fach schriftlich gewählt haben). Der Unterricht wird mit drei Wochenstunden erteilt und beschäftigt sich das ganze Schuljahr hinweg mit der Mechanik, also der Analyse und Beschreibung von Bewegungen und ihren Ursachen. Wir führen an dieser Stelle eine stärkere Mathematisierung ein (verglichen mit der Mittelstufe) und legen so die fachsystematischen Grundlagen für die Oberstufe.

Als Lehrbuch verwenden wir *Dornbader Physik Einführungsphase* aus dem Schroedel Verlag.

### 4.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen

Kontext/Problemstellung	
Inhaltsfeld	<b>Mechanik – EF</b>
Schwerpunkte	<p><b>Kräfte und Bewegungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Bewegungen</li> <li>• Newton'sche Gesetze, Reibungskräfte</li> <li>• Zentralkraft, Kreisbewegungen</li> </ul> <p><b>Energie und Impuls</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lageenergie, Bewegungsenergie, Arbeit, Energiebilanzen</li> <li>• Impuls, Stoßvorgänge</li> </ul> <p><b>Gravitation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravitationsfeld, Newton'sches Gravitationsgesetz</li> <li>• Masse</li> <li>• Energie und Arbeit im Gravitationsfeld</li> </ul> <p><b>Schwingungen und Wellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wellenausbreitung</li> <li>• Eigenschwingungen und Resonanz</li> <li>• Träger für Wellen</li> </ul>
Umfang	ca. 100 Wochenstunden (ganzes Schuljahr)
Unterteilung des Unterrichtsvorhabens in Sequenzen	<ol style="list-style-type: none"> <li>I. Lineare Bewegungen (ca. 20 Wochenstunden bis zu den Herbstferien)</li> <li>II. Newton'sche Axiome, Wurfbewegungen (ca. 25 Wochenstunden bis zu den Weihnachtsferien)</li> <li>III. Energie (ca. 15 Wochenstunden)</li> <li>IV. Schwingungen und Wellen (ca. 20 WS)</li> <li>V. Kreisbewegungen (ca. 10 Wochenstunden)</li> <li>VI. Gravitation (ca. 10 Wochenstunden bis zum Schuljahresende)</li> </ol>
<p><b>Kompetenzen zum Bereich „Umgang mit Fachwissen“</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen.</li> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen.</li> <li>• beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen.</li> <li>• beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept .</li> <li>• stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar.</li> </ul>	

- beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte .
- erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie.

#### **Kompetenzen zum Bereich „Erkenntnisgewinnung“**

- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht.
- vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition.
- berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher.
- planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse.
- verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen.
- entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind.
- reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen).
- erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen.
- analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen.
- bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR).
- erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums.
- ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen.
- beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden.

#### **Kompetenzen zum Bereich „Kommunikation“**

- stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar.
- begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran.
- bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit.
- entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten.

#### **Kompetenzen zum Bereich „Bewertung“**

- geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen.
- erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu.

## 4.2 Grundsätze der Leistungsbewertung

Der Physikunterricht in der Einführungsphase kann „schriftlich“ oder „mündlich“ gewählt werden. Wählen die Schülerinnen und Schüler das Fach schriftlich, schreiben sie im ersten Halbjahr eine 90-minütige Klausur, im zweiten Halbjahr zwei Klausuren (je 90 Minuten). Für die Benotung bilden diese den Bereich „Klausuren“. Der zweite Beurteilungsbereich ist die „Sonstige Mitarbeit“ im Unterricht. Darunter verstehen wir vorrangig:

- die **Mitarbeit im Unterricht**, z.B.:
  - Umfang und Qualität der mündlichen Beiträge
  - Verständlichkeit und Präzision beim Darstellen und Erläutern von Lösungen sowie konstruktive Mitarbeit bei der Erarbeitung
  - Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
  - sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
  - angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
  - Klarheit, Strukturiertheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen
  - Arbeitsverhalten in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
  - Einbringen kreativer Ideen

- die Ergebnisse von **schriftlichen Überprüfungen**

Diese werden vorher angekündigt und beziehen sich auf den Stoff der vorherigen Unterrichtsstunden. Nach Möglichkeit sollen ca. 2-3 Überprüfungen pro Halbjahr stattfinden.

- das Führen eines **Heftes**

Die Hefte werden nach Möglichkeit zum Halbjahr und zum Ende des Schuljahres eingesammelt und benotet. Wichtig sind uns dabei vor allem Vollständigkeit und Sorgfalt bei der Heftführung. Durch ihre Hefte dokumentieren die Schüler ihre Mitarbeit im Unterricht und erstellen sich systematisch Arbeitsunterlagen für die Oberstufe. Dies ist aus unserer Sicht im Physikunterricht besonders erforderlich, da die weiteren Inhalte auf den Grundlagen aufbauen, die in der Einführungsphase erarbeitet werden.

Die Zeugnisnote ergibt sich gleichwertig aus den Endnoten beider Beurteilungsbereiche, jedoch nicht rein rechnerisch<sup>2</sup>. Bei Schülern, die Physik mündlich belegen, bildet die Endnote im Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ die Zeugnisnote. Jeweils zu Beginn des 2. und 4. Quartals erhalten die Schülerinnen und Schüler eine mündliche Rückmeldung (Quartalsnote) zu ihrem bisherigen Leistungsstand. Zusätzliche Leistungsrückmeldungen erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit. Dabei sollen im Gespräch die eigenen Stärken sowie Möglichkeiten zur Verbesserung aufgezeigt werden.

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt. Für die Leistungsbewertung versuchen wir mit einem Kriterienraster und Hilfspunkten zu arbeiten, die den korrigierten Klausuren beigelegt werden. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Jedoch kann von diesem Schema abgewichen werden, wenn

---

<sup>2</sup> vgl. § 13 APO-GOST

sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

Die hier aufgeführten Grundsätze der Leistungsbewertung werden in jedem Kurs zu Beginn des Schuljahres vorgestellt und den Schülern transparent gemacht.

## 5 Der Unterricht in der Q1/Q2 (Qualifikationsphase)

Physik kann in der Qualifikationsphase als Grund- oder Leistungskurs belegt werden. In beiden Kursarten werden je vier unterschiedliche Unterrichtsvorhaben behandelt. Im Folgenden sind zunächst die Unterrichtsvorhaben im Grundkurs und anschließend die Unterrichtsvorhaben im Leistungskurs dargestellt. Die genannten Kompetenzen sollen bis zum Ende der Qualifikationsphase erreicht werden.

### 5.1 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen im Grundkurs

Kontext/Problemstellung	Die Erforschung von Elektron und Proton
Inhaltsfeld	<b>Quantenobjekte – Q1.1</b>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b> (unterteilt nach Basiskonzepten)	<p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegung von Ladungsträgern in homogenen E- und B-Feldern, Lorentzkraft</li> <li>• Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz</li> <li>• Huygens'sches Prinzip, Kreiswellen, ebene Wellen, Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz,</li> <li>• Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge</li> <li>• Licht und Materie</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie bewegter Elektronen</li> <li>• Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementarladung</li> <li>• Elektronenmasse</li> <li>• Photonen als Quantenobjekt</li> <li>• Elektronen als Quantenobjekt</li> </ul>
<b>Zentrale Experimente</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Millikanversuch</li> <li>2. Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</li> <li>3. e/m Bestimmung mit Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</li> <li>4. Doppelspalt</li> <li>5. Gitter</li> <li>6. Photoeffekt</li> <li>7. Wellenwanne</li> </ol>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b> (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronen und Protonen (Teilchen- und Wellenaspekt)</li> <li>• Das Wellenmodell als ein gemeinsames Beschreibungsmittel für Elektronen und Photonen</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 50 Wochenstunden (etwa bis zum Halbjahresende)
<p><b>Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikanversuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung.</li> <li>• bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung.</li> <li>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen.</li> <li>• erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen.</li> </ul> <p><b>Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik.</li> <li>• modellieren Vorgänge im Fadenstrahlrohr (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen</li> </ul>	



- lassen, und ermitteln die Elektronenmasse.
- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit Doppelspalt und Gitter.
- demonstrieren anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen.
- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten.

**Kompetenzen zur Kommunikation**

- veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung.
- verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) .

**Kompetenzen zur Bewertung**

- zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf.
- beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus .

Kontext/Problemstellung	Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren
Inhaltsfeld	Elektrodynamik – Q1.2
Inhaltliche Schwerpunkte (unterteilt nach Basiskonzepten)	<p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Induktion</li> <li>• Induktionsspannung</li> <li>• Transformator</li> <li>• Lenz'sche Regel</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugung von sinusförmigen Wechselspannungen</li> <li>• Energieerhaltung</li> <li>• Ohm'sche „Verluste“</li> </ul>
Zentrale Experimente	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Leiterschaukel</li> <li>9. Leiterschleife</li> <li>10. Transformator</li> <li>11. Thomson'scher Ringversuch</li> <li>12. Generator</li> <li>13. Oszilloskop und digitale Messwerterfassungssysteme</li> <li>14. Modellexperiment zu Freileitungen</li> </ol>
Inhaltliche Schwerpunkte (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung und elektrische Energie</li> <li>• Induktion</li> <li>• Spannungswandlung</li> </ul>
Umfang	ca. 50 Wochenstunden (bis zum Schuljahresende)

**Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen**

- zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf.
- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen.
- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel.
- erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger.
- führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück.
- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim Transformator.

**Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung**

- erläutern anhand des Thomson'schen Ringversuchs die Lenz'sche Regel.

- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren.
- geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an.
- werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus.

#### Kompetenzen zur Kommunikation

- verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären.
- recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen.
- erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich.

#### Kompetenzen zur Bewertung

- bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme.
- bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen.
- beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen.

Kontext/Problemstellung	Mensch und Strahlung
Inhaltsfeld	Strahlung und Materie – Q2.1
Inhaltliche Schwerpunkte (unterteilt nach Basiskonzepten)	<p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen</li> <li>• Detektoren</li> <li>• Biologische Wirkung ionisierender Strahlung</li> <li>• (Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung</li> <li>• Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linienspektren, Energieniveaus der Atomhülle, Quantelung der Energie</li> <li>• Dosimetrie</li> <li>• Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kern-Hülle-Modell</li> <li>• Strahlungsarten</li> <li>• Elementumwandlung</li> <li>• Röntgenstrahlung</li> <li>• Kernbausteine und Elementarteilchen</li> </ul>
Zentrale Experimente	15. Geiger-Müller-Zählrohr 16. Absorptionsexperimente zu $\alpha$ -, $\beta$ - und $\gamma$ -Strahlung 17. Linienspektren 18. Franck-Hertz-Versuch 19. Charakteristische Röntgenspektren 20. Flammenfärbung 21. Sonnenspektrum
Inhaltliche Schwerpunkte (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> <li>• Energiequantelung in der Atomhülle</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Kernumwandlung</li> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>
Umfang	ca. 50 Wochenstunden (ca. bis zum Halbjahresende)
Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien.</li> <li>• erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle.</li> </ul>

- unterscheiden  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung.
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (Geiger-Müller-Zählrohr) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten.
- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse.
- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen.
- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik.
- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell.

#### Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung

- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen.
- erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten.
- erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches sowie die charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle .
- stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können.
- begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften.
- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes.

#### Kompetenzen zur Kommunikation

- interpretieren Spektraltafeln des Sonnenspektrums im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe.
- bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf.
- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik

#### Kompetenzen zur Bewertung

- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik.
- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien.
- erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag

<b>Kontext/Problemstellung</b>	<b>Navigationssysteme, Teilchenbeschleuniger</b>
<b>Inhaltsfeld</b>	<b>Relativität von Raum und Zeit – Q2.2</b>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b> (unterteilt nach Basiskonzepten)	<b>Basiskonzept Wechselwirkung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raum und Zeit</li> <li>• „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern</li> <li>• Ruhemasse und dynamische Masse</li> </ul>
<b>Zentrale Experimente</b>	22. Experiment von Michelson und Morley 23. Lichtuhr 24. Myonenzerfall 25. Zyklotron
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b> (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Teilchenbeschleuniger</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>
<b>Umfang</b>	ca. 30 Wochenstunden (etwa bis zu den Osterferien)
<b>Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen</b>	

- interpretieren das Michelson-Morley-Experiment als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.
- erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie .
- begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für kleine“ Geschwindigkeiten gilt.
- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz.

#### Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung

- erklären anschaulich mit der Lichtuhr grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation.
- erläutern qualitativ den Myonenzerfalls in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation .

#### Kompetenzen zur Kommunikation

- erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung.
- erläutern die Funktionsweise eines Zyklotrons und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte.
- beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen.

#### Kompetenzen zur Bewertung

- diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie .
- bewerten die Bedeutung der Beziehung  $E = mc^2$  für die Kernspaltung und Kernfusion .

## 5.2 Unterrichtsvorhaben und Erwartungen im Leistungskurs

Kontext/Problemstellung	
Inhaltsfeld	<b>Quantenphysik – Q1.1</b>
Schwerpunkte nach Basiskonzepten	<p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtelektrischer Effekt, Lichtquantenhypothese</li> <li>• Röntgenstrahlung</li> <li>• Streuung und Beugung von Elektronen</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtquanten,</li> <li>• Planck'sches Wirkungsquantum</li> <li>• Energiewerte im linearen Potentialtopf</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilcheneigenschaften von Photonen</li> <li>• Wellencharakter von Elektronen</li> <li>• De Broglie-Hypothese</li> <li>• Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit</li> <li>• linearer Potentialtopf</li> <li>• Heisenberg'sche Unschärferelation</li> </ul>
Zentrale Experimente	<p>18. Photoeffekt</p> <p>19. Röntgenstrahlung, Röntgenspektrum</p> <p>20. Elektronenbeugung</p>
Inhaltliche Schwerpunkte (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>
Umfang	
Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts).</li> <li>• beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre.</li> <li>• stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell</li> </ul>

beschrieben werden kann.

- erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität.
- erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen.
- deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen.
- erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation.
- erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen .
- ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen .

**Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung**

- erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese.
- ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum.
- deuten die Entstehung der kurzwelligigen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts.
- erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her.
- legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können.
- interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen.
- erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten.

**Kompetenzen zur Kommunikation**

- führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse.
- beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung).
- diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse.

**Kompetenzen zur Bewertung**

- diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen.
- bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis.

<b>Kontext/Problemstellung</b>	
<b>Inhaltsfeld</b>	<b>Elektrik – Q1.2</b>
<b>Schwerpunkte nach Basiskonzepten</b>	<p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungstrennung, elektrische und magnetische Felder, Feldlinien</li> <li>• Bewegung von Ladungsträgern in Feldern</li> <li>• „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern</li> <li>• Auf- und Entladung von Kondensatoren</li> <li>• Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz</li> <li>• Lenz'sche Regel</li> <li>• Elektromagnetische Schwingung im RLC-Kreis</li> <li>• Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen</li> <li>• Licht und Mikrowellen – Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz, Huygens'sches Prinzip</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung, Kondensator</li> <li>• Energie des elektrischen und des magnetischen Feldes</li> <li>• Energie bewegter Ladungsträger</li> <li>• Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</li> <li>• Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen</li> </ul>

	<p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungsträger, Elementarladung</li> <li>• Elektronenmasse</li> </ul>
<b>Zentrale Experimente</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Elektrostatik, Influenz</li> <li>6. Kondensator, Spule</li> <li>7. Elektronenstrahlröhre</li> <li>8. Induktion, Lenz'sche Regel</li> <li>9. Schwingkreis</li> <li>10. Hertz'scher Dipol</li> <li>11. Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz z.B. mit Mikrowellen</li> <li>12. Wien-Filter</li> <li>13. Hall-Effekt</li> <li>14. Zyklotron</li> <li>15. Massenspektrometer</li> <li>16. Erzeugung einer Wechselspannung</li> <li>17. Interferenz am Doppelspalt und Gitter</li> </ol>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b> (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>• Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> <li>• Elektromagnetische Induktion</li> <li>• Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>
<b>Umfang</b>	
<p><b>Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen.</li> <li>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken.</li> <li>• erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf.</li> <li>• wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus.</li> <li>• bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel.</li> <li>• ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator, Spule).</li> <li>• beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre.</li> <li>• ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch).</li> <li>• bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel.</li> <li>• erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse.</li> <li>• beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung.</li> <li>• beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis .</li> <li>• erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle.</li> <li>• beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang.</li> <li>• beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips.</li> </ul> <p><b>Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren.</li> <li>• leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her.</li> <li>• wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse.</li> </ul>	

- beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt).
- erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron.
- schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der  $e/m$ -Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern.
- führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiterüberstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung).
- identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße  $B$  in Anwendungs- und Alltagssituationen.
- planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes.
- begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes.
- erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus.
- beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima  $n$ -ter Ordnung her.
- ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit.

#### Kompetenzen zur Kommunikation

- erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder.
- erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität.
- erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen.
- erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen.

#### Kompetenzen zur Bewertung

- erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit).
- treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung.
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist.

Kontext/Problemstellung	
Inhaltsfeld	<b>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik – Q2.1</b>
Schwerpunkte nach Basiskonzepten	<p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernkräfte</li> <li>• Kettenreaktion</li> <li>• Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen</li> <li>• Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linienspektren</li> <li>• Energiequantelung der Hüllelektronen</li> <li>• Dosimetrie</li> <li>• Bindungsenergie</li> <li>• Äquivalenz von Masse und Energie</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kern-Hülle-Modell</li> <li>• Bohr'sche Postulate</li> <li>• Strahlungsarten</li> <li>• Zerfallsprozesse</li> <li>• Massendefekt</li> <li>• Kernbausteine und Elementarteilchen</li> </ul>



<b>Zentrale Experimente</b>	21. Ablenkung von Strahlung im Magnetfeld 22. Absorptionsexperimente 23. Rutherford'scher Streuversuch 24. Linienspektren 25. Geiger-Müller Zählrohr, Halbleiterdetektor 26. Franck-Hertz-Versuch 27. Experimentelle Bestimmung von Halbwertszeiten
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b> (Abiturprüfung 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> <li>• Kernspaltung und Kernfusion</li> <li>• Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</li> </ul>
<b>Umfang</b>	
<p><b>Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder.</li> <li>• benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte.</li> <li>• identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte.</li> <li>• erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften.</li> <li>• bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode.</li> <li>• erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien.</li> <li>• erklären die Entstehung des Bremspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung.</li> <li>• stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar.</li> <li>• beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ).</li> <li>• systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik.</li> <li>• erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse Äquivalenz.</li> </ul> <p><b>Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck- Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle.</li> <li>• stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar.</li> <li>• benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien.</li> <li>• leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her.</li> <li>• entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen.</li> <li>• erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich.</li> <li>• vergleichen das Modell der Austauscheteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte).</li> </ul> <p><b>Kompetenzen zur Kommunikation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln.</li> <li>• erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz.</li> <li>• recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik.</li> </ul> <p><b>Kompetenzen zur Bewertung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik.</li> </ul>	



- formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik .
- bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie.
- beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten.
- beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien.
- hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion.

Kontext/Problemstellung	
<b>Inhaltsfeld</b>	<b>Relativitätstheorie – Q2.2</b>
<b>Schwerpunkte nach Basiskonzepten</b>	<b>Basiskonzept Wechselwirkung, Energie, Struktur der Materie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inertialsysteme</li> <li>• Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz</li> <li>• Ruhemasse und dynamische Masse</li> <li>• Annihilation</li> <li>• Prinzip der Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen</li> </ul>
<b>Zentrale Experimente</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Michelson-Morley-Experiment</li> <li>2. Lichtuhr</li> <li>3. Myonenerfall</li> <li>4. Bertozzi-Versuch</li> </ol>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte (Abiturprüfung 2017)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>
<b>Umfang</b>	
<b>Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.</li> <li>• erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie.</li> <li>• erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen.</li> <li>• erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren.</li> <li>• erläutern die Energie-Masse-Beziehung.</li> <li>• berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung.</li> <li>• beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung.</li> <li>• beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen.</li> <li>• begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten.</li> </ul>	
<b>Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her.</li> <li>• begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion.</li> <li>• bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag.</li> <li>• reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors</li> </ul>	
<b>Kompetenzen zur Kommunikation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme .</li> <li>• beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und</li> </ul>	

einfacher Abbildungen.

- veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“.

#### **Kompetenzen zur Bewertung**

- beurteilen die Bedeutung der Beziehung  $E=mc^2$  für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion.
- bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds.

## 5.3 Grundsätze der Leistungsbewertung

Der Physikunterricht in der Qualifikationsphase kann als Grundkurs (3 St./Woche) oder als Leistungskurs (5 St./Woche) gewählt werden. Der Grundkurs kann als „schriftliches“ oder „mündliches“ Fach belegt werden, der Leistungskurs ist immer „schriftlich“.

Wählen die Schülerinnen und Schüler das Fach schriftlich, schreiben sie pro Halbjahr zwei Klausuren. Für die Benotung bilden diese den Bereich „Klausuren“. Der zweite Beurteilungsbereich ist die „Sonstige Mitarbeit“ im Unterricht. Darunter verstehen wir vorrangig:

- die **Mitarbeit im Unterricht**, z.B.:
  - Umfang und Qualität der mündlichen Beiträge
  - Verständlichkeit und Präzision beim Darstellen und Erläutern von Lösungen sowie konstruktive Mitarbeit bei der Erarbeitung
  - Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
  - sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
  - angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
  - Klarheit, Strukturiertheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen
  - Arbeitsverhalten in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
  - Einbringen kreativer Ideen
- die Ergebnisse von **schriftlichen Überprüfungen**

Diese werden vorher angekündigt und beziehen sich auf den Stoff der vorherigen Unterrichtsstunden. Nach Möglichkeit sollen ca. 2-3 Überprüfungen pro Halbjahr stattfinden.

Die Zeugnisnote ergibt sich gleichwertig aus den Endnoten beider Beurteilungsbereiche, jedoch nicht rein rechnerisch<sup>3</sup>. Bei Schülern, die Physik mündlich belegen, bildet die Endnote im Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ die Zeugnisnote. Jeweils zu Beginn des 2. und 4. Quartals erhalten die Schülerinnen und

---

3 vgl. § 13 APO-GOST

Schüler eine mündliche Rückmeldung (Quartalsnote) zu ihrem bisherigen Leistungsstand. Zusätzliche Leistungsrückmeldungen erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit. Dabei sollen im Gespräch die eigenen Stärken sowie Möglichkeiten zur Verbesserung aufgezeigt werden.

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt. Für die Leistungsbewertung versuchen wir mit einem Kriterienraster und Hilfspunkten zu arbeiten, die den korrigierten Klausuren beigelegt werden. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Jedoch kann von diesem Schema abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

Die hier aufgeführten Grundsätze der Leistungsbewertung werden in jedem Kurs zu Beginn des Schuljahres vorgestellt und den Schülern transparent gemacht.

## 6 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Fachkonferenz Physik hat sich im Rahmen des Schulprogramms für folgende zentrale Schwerpunkte entschieden:

### Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

In der Einführungsphase findet eine Methodenwoche statt, in der die Schülerinnen und Schüler an das Verfassen einer Hausarbeit bzw. Facharbeit herangeführt werden. Die Fachschaft Physik bietet dazu Themen aus dem Bereich der Physik an und betreut – nach Möglichkeit – einzelne Schülerinnen und Schüler.

## 7 Qualitätssicherung und Evaluation

Dieser schulinterne Lehrplan stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Wir arbeiten im Schulalltag als Fachschaft eng zusammen und können uns über Unterrichtserfahrungen, Schwierigkeiten, Herangehensweisen und neue Ideen gut austauschen. Interessante Ansätze probieren wir aus und übernehmen sie – wenn sie sich bewähren – in diesen schulinternen Lehrplan. Er stellt daher ein langfristiges Grundgerüst für unsere schulische Arbeit dar.