

# **Bildungsplan 2016**

## **Fachcurriculum *Physik***

### **Bildungsstandards 12**

(5 stündiger Kurs)

**mit Hinweisen**

## Allgemeine Hinweise

(siehe auch „*Leitperspektiven*“ des Bildungsplans 2016 Baden-Württemberg)

**Auszug aus dem Bildungsplan Physik 2016 (S. 8 bis 10):**

**(Auf die folgenden Prozessbezogenen Kompetenzen wird unter dem Vermerk „PK“ in der Spalte „Bildungsstandards“ verwiesen.)**

## 2. Prozessbezogene Kompetenzen

### 2.1 Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben Phänomene und leiten daraus Fragen ab, die sie physikalisch untersuchen können. Sie wenden naturwissenschaftliche Arbeitsweisen an, das heißt, sie planen an geeigneten Stellen Experimente zur Überprüfung von Hypothesen, führen Experimente durch, werten diese aus und dokumentieren ihre Ergebnisse. In ihren Beschreibungen unterscheiden sie zwischen realen Erfahrungen und konstruierten Modellen, erkennen Analogien und verwenden Modelle zur Erklärung physikalischer Phänomene.

#### **Die Schülerinnen und Schüler können**

##### **zielgerichtet experimentieren**

1. Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben
2. Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen
3. Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen (unter anderem vermutete Einflussgrößen getrennt variieren)
4. Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen
5. Messwerte auch digital erfassen und auswerten (unter anderem Messwerverfassungssystem, Tabellenkalkulation)

##### **modellieren und mathematisieren**

6. mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen
7. aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln
8. mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen
9. zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)
10. Analogien beschreiben und zur Lösung von Problemstellungen nutzen
11. mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren

<b>Wissen erwerben und anwenden</b>
<b>12.</b> Sachtexte mit physikalischem Bezug sinnentnehmend lesen <b>13.</b> ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen <b>14.</b> an außerschulischen Lernorten Erkenntnisse gewinnen beziehungsweise ihr Wissen anwenden

## 2.2 Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen aus. Sie unterscheiden zwischen Alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung. Dabei beschreiben sie physikalische Sachverhalte zunehmend auch mithilfe mathematischer Darstellungsformen. Sie wählen Informationen aus verschiedenen Quellen zur Bearbeitung von Problemen aus. Sie diskutieren Sachverhalte unter physikalischen Gesichtspunkten, dokumentieren ihre Ergebnisse und präsentieren diese adressatengerecht.

<b>Die Schülerinnen und Schüler können</b>
<b>Erkenntnisse verbalisieren</b>
<b>1.</b> zwischen Alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden <b>2.</b> funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln) <b>3.</b> sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen (unter anderem Unterscheidung von Größe und Einheit, Nutzung von Präfixen und Normdarstellung) <b>4.</b> physikalische Vorgänge und technische Geräte beschreiben (zum Beispiel zeitliche Abläufe, kausale Zusammenhänge)
<b>Erkenntnisse dokumentieren und präsentieren</b>
<b>5.</b> physikalische Experimente, Ergebnisse und Erkenntnisse – auch mithilfe digitaler Medien – dokumentieren (zum Beispiel Skizzen, Beschreibungen, Tabellen, Diagramme und Formeln) <b>6.</b> Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel) <b>7.</b> in unterschiedlichen Quellen recherchieren, Erkenntnisse sinnvoll strukturieren, sachbezogen und adressatengerecht aufbereiten sowie unter Nutzung geeigneter Medien präsentieren

### 2.3 Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler zeigen an Beispielen die Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei inner- und außerfachlichen Kontexten auf. Sie vergleichen und bewerten alternative technische Lösungen. Sie nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien. Sie benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen. Die Schülerinnen und Schüler bewerten Informationen und prüfen sie auf ihre Relevanz.

<b>Die Schülerinnen und Schüler können</b>
<b>physikalische Arbeitsweisen reflektieren</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. bei Experimenten relevante von nicht relevanten Einflussgrößen unterscheiden</li><li>2. Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, mehrfache Messung und Mittelwertbildung)</li><li>3. Hypothesen anhand der Ergebnisse von Experimenten beurteilen</li><li>4. Grenzen physikalischer Modelle an Beispielen erläutern</li></ol>
<b>Informationen bewerten</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>5. Informationen aus verschiedenen Quellen auf Relevanz prüfen</li><li>6. Darstellungen in den Medien anhand ihrer physikalischen Erkenntnisse kritisch betrachten (zum Beispiel Filme, Zeitungsartikel, pseudowissenschaftliche Aussagen)</li></ol>
<b>Chancen und Risiken diskutieren</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>7. Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten und im Alltag mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten</li><li>8. Chancen und Risiken von Technologien mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten</li><li>9. Technologien auch unter sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten diskutieren</li><li>10. im Bereich der nachhaltigen Entwicklung persönliche, lokale und globale Maßnahmen unterscheiden und mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten</li><li>11. historische Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse beschreiben</li><li>12. Geschlechterstereotype bezüglich Interessen und Berufswahl im naturwissenschaftlich-technischen Bereich diskutieren</li></ol>

(Ende des Auszugs)

Die folgenden übergeordneten inhaltsbezogenen Kompetenzen müssen in allen Unterrichtseinheiten angewendet werden.

3.3.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinneseindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)

3.3.1 (2) erläutern, dass Aussagen in der Physik grundsätzlich überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)

3.3.1 (3) die Funktion von Modellen in der Physik erläutern

3.3.1 (4) die Funktion des SI-Einheitensystems erläutern (Fachbegriff: SI-Einheitensystems)

Hilfestellungen zum Lesen des dreispaltigen Fachcurriculums:

<b>Bildungsstandards</b>	<b>Verbindliche Inhalte und Methoden</b>	<b>Hinweise</b>
<p>In dieser Spalte stehen als Kerncurriculum die inhaltsbezogenen und ggf. prozessbezogene Kompetenzen des Bildungsplans.</p>	<p>Bei den Inhalten wird unterschieden zwischen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den normalgedruckten Themen, welche direkt aus dem Kerncurriculum hervorgehen,</li> <li>• <b>den fettgedruckten Vertiefungsthemen (Schulcurriculum als Vertiefung des Kerncurriculums),</b></li> <li>• <i>den kursiv gedruckten zusätzlichen Themen (Schulcurriculum als Ergänzung des Kerncurriculums).</i></li> </ul>	<p>Die Hinweise zu jeder Unterrichtseinheit gliedern sich in schulinterne Fachschaftshinweise sowie Querverweise des Bildungsplans 2016:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• P Prozessbezogene Kompetenzen,</li> <li>• I Inhaltsbezogene Kompetenzen,</li> <li>• F Verweise auf andere Fächer,</li> <li>• L Verweise auf Leitperspektiven.</li> </ul>

Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.1.6-2.1.8, 2.1.10 2.2.2-2.2.4</p> <p>IK: 3.6.2.1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) die Kraftwirkungen zwischen elektrisch geladenen Körpern beschreiben (Abstoßung, Anziehung, Coulomb'sches Gesetz, <math>F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}</math>)</li> <li>(2) die Struktur <i>elektrischer Felder</i> beschreiben (<i>Feldlinien, homogenes Feld</i>, Feld einer Punktladung, Feld eines Dipols, Quelle und Senke, Superposition von <i>elektrischen Feldern</i>)</li> <li>(3) das Verhalten von Materie im elektrischen Feld beschreiben</li> <li>(4) den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf eine Probeladung und der <i>elektrischen Feldstärke</i> anhand eines Experimentes erläutern (<math>\vec{E} = \frac{\vec{F}_{el}}{q}</math>)</li> <li>(5) die <i>elektrische Feldstärke</i> eines <i>Plattenkondensators</i> beschreiben (<math>E = \frac{U}{d}</math>)</li> <li>(6) die <i>Kapazität</i> eines Kondensators erläutern (<math>C = \frac{Q}{U}</math>)</li> <li>(7) die Eigenschaften eines <i>Plattenkondensators</i> beschreiben (<math>C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}</math>; <math>E_{kond} = \frac{1}{2} CU^2</math>)</li> <li>(8) den zeitabhängigen <i>Auf- und Entladevorgang</i> eines <i>Kondensators</i> anhand von U-t-Diagrammen erläutern</li> <li>(9) den Zusammenhang zwischen <i>Spannung</i> und <i>Potential</i> erläutern (Äquipotentiallinien eines <i>homogenen Feldes</i> sowie des Feldes eines Dipols)</li> <li>(10) Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen <i>elektrischen Feldern</i> und <i>Gravitationsfeldern</i></li> </ol>	<p><b><u>UE 1 Elektrisches Feld (ca. 40 Stunden)</u></b></p> <p>Elektrische Kräfte, Coulomb'sches Gesetz <math>F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}</math></p> <p>Elektrische Felder (Struktur und Visualisierung, Feldlinienmodell nach Faraday)</p> <p>Influenz, Polarisation</p> <p>Elektrische Feldstärke</p> <p>Plattenkondensator: homogenes Feld, Feldstärke</p> <p>Kapazität (allgemein und Plattenkondensator) Elektrische Feldkonstante Materie im Feld (Dielektrikum)</p> <p>Energie des elektrischen Feldes</p> <p>Auf- und Entladevorgang eines Kondensators</p> <p>Elektrisches Potential und Spannung (<math>U = \Delta\phi</math>), Äquipotentiallinien</p> <p>Vergleich verschiedener Feldarten (Wirkung auf</p>	<p>Optional: Flächenladungsdichte</p> <p>M 3.4.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang</p> <p>Optional: quantitative Untersuchung, DGL (möglich als Praktikumsversuch)</p> <p>Praktikumsversuch: Äquipotentiallinien</p> <p>3.3.5 Mechanik</p>

<p>beschreiben (<i>homogene Felder</i>, Felder einzelner Ladungen beziehungsweise Massen)                  (11) die Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu einem <i>homogenen elektrischen Feld</i> beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden</p>	<p>Probekörper)                   Geladene Teilchen im elektrischen homogenen Feld (senkrechter und paralleler Einschuss quantitativ beschreiben, Braunsche Röhre)</p>	<p>Vgl. waagrechtler bzw. senkrechter Wurf</p>
--	--	--

Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.1.6-2.1.8, 2.1.10 2.2.2-2.2.5</p> <p>IK: 3.6.2.2</p> <p>(1) die Struktur <i>magnetischer</i> Felder beschreiben (<i>Feldlinien, homogenes Feld</i>, einfache nichthomogene Felder, Feld um einen geraden Leiter, Handregel, Superposition von <i>magnetischen Feldern</i>)</p> <p>(2) die Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter in einem <i>Magnetfeld</i> erläutern (<i>magnetische Flussdichte <math>\vec{B}</math>; <math>F = B \cdot I \cdot s</math></i>)</p> <p>(3) die Kraftwirkung auf eine <i>elektrische Ladung</i> in einem <i>Magnetfeld</i> erläutern (<i>Lorentzkraft, Drei-Finger-Regel, <math>F_L = q \cdot v \cdot B</math></i>)</p> <p>(4) den Hall-Effekt beschreiben</p> <p>(5) das <i>Magnetfeld</i> einer schlanken Spule untersuchen und beschreiben (<math>B = \mu_0 \mu_r \frac{n}{l} I</math>)</p> <p>(6) die Bewegung geladener Teilchen senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, Bahnformen)</p> <p>(7) die Bewegung geladener Teilchen in gekreuzten <i>homogenen elektrischen und magnetischen Feldern</i> erklären (zum Beispiel Wien'sches Filter und Massenspektrograph)</p>	<p><b><u>UE 2 Magnetisches Feld (ca. 35 Stunden)</u></b></p> <p>Magnetische Felder, Feldlinienmodell <b>Oersted-Versuch (Linke-Faust-Regel)</b></p> <p>Kraft auf stromdurchflossenen Leiter Magnetische Flussdichte</p> <p>Lorentzkraft <b>Linke-Hand-Regel (UVW-Regel)</b></p> <p>Halleffekt und Hallsonde, Messung von Flussdichten Homogenes Magnetfeld im Innern der schlanken / langen Spule, Materie im Magnetfeld</p> <p>Geladene Teilchen in Magnetfelder (senkrechter Einschuss)</p> <p>Gekreuzte Felder (Wien'sches Filter bzw. Geschwindigkeitsfilter quantitativ)</p> <p>Vergleich verschiedener Feldarten (Wirkung auf Probekörper)</p>	<p>Bei einzelnen Elektronen: <math>F = B \cdot e \cdot v</math></p> <p>Optional: homogenes Feld im Helmholtzspulenpaar</p> <p>Optional: Schiefer Einschuss (Spiralbahn) Optional: Massenspektrographie</p>



Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.1.6-2.1.8 2.2.2-2.2.6</p> <p>IK: 3.6.2.3</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) mithilfe der <i>Lorentzkraft</i> erklären, dass in einem Leiter, der senkrecht zu einem <i>Magnetfeld</i> bewegt wird, eine <i>Spannung</i> beziehungsweise ein elektrischer Strom induziert wird</li> <li>(2) das Faraday'sche <i>Induktionsgesetz</i> erläutern und anwenden (<i>magnetischer Fluss</i> <math>\Phi = A \cdot B</math> [...], <math>U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}</math>, Lenz'sche Regel)</li> <li>(3) technische Anwendungen des <i>Induktionsgesetzes</i> qualitativ beschreiben (zum Beispiel Generator, Transformator, Induktionsladegerät)</li> <li>(4) Selbstinduktionseffekte in Stromkreisen bei Ein- und Ausschaltvorgängen beschreiben (<i>Induktivität</i>, <math>U_{ind} = -L \cdot \dot{I}</math>)</li> <li>(5) die Eigenschaften einer schlanken Spule beschreiben (<math>L = \mu_0 \mu_r \frac{n^2}{l} A</math>, <math>E_{Spule} = \frac{1}{2} LI^2</math>)</li> <li>(6) Ursache und Struktur <i>elektromagnetischer Felder</i> anhand der Aussagen der Maxwell-Gleichungen im Überblick beschreiben</li> <li>(7) eine technische Anwendung elektrischer Wirbelströme beschreiben (zum Beispiel Wirbelstrombremse, Induktionskochplatte)</li> </ol>	<p><b><u>UE 3 Elektrodynamik</u> (ca. 35 Stunden)</b></p> <p><b>Induktion 1. Art:</b> Induktion durch bewegten Leiter, Induktion durch Flächenänderung</p> <p><b>Induktion 2. Art:</b> Induktion durch Flussdichteänderung</p> <p>Allgemeiner Fall: Induktion durch Änderung des magnetischen Flusses Lenz'sche Regel</p> <p>Beispiel einer technischen Anwendung</p> <p>Selbstinduktion Induktivität (allgemein und schlanke / lange Spule) Ein- und Ausschaltvorgang einer Spule Energie im Magnetfeld</p> <p>Aussagen der Maxwell-Gleichungen: – Positive Ladung als Quelle und negative Ladung als Senke des E-Feldes – Quellenfreiheit des magnetischen B-Feldes – Ein sich veränderndes B-Feld erzeugt ein E-Feld (Induktion) – Ein elektrischer Strom bzw. ein sich veränderndes E-Feld erzeugt ein B-Feld</p> <p>Beispiel für Anwendung von Wirbelströmen</p>	<p><i>Anmerkung: Reihenfolge der Themen hängt vom gewählten Unterrichtsgang ab!</i></p> <p>Alternativer Unterrichtsgang über magn. Fluss (vgl. Buch)</p> <p>[Feldlinien orthogonal zur Fläche]</p> <p>Optional: Erzeugung von sinusförmiger Wechselspannung</p> <p>Optional: DGL des Ein- bzw. Ausschaltvorgangs, grafische Bestimmung von L bei einem solchen Vorgang</p> <p>M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang M 3.4.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang</p> <p>Elektrodenlose Ringentladung Thomson'scher Ringversuch Optional: Linke-Faust-Regel für elektrische Wirbelfelder Waltenhofen'sches Pendel</p>

Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.1.6-2.1.8, 2.1.10 2.2.2-2.2.4</p> <p>IK: 3.6.3</p> <p>(1) <i>Schwingungen</i> experimentell aufzeichnen und mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen als zeitlich periodische Bewegungen um eine <i>Gleichgewichtslage</i> beschreiben und klassifizieren (<i>Auslenkung</i> <math>s(t)</math>, <i>Amplitude</i> <math>\hat{s}</math>, <i>Periodendauer</i> <math>T</math>, <i>Frequenz</i> <math>f</math>, <i>Kreisfrequenz</i> <math>\omega</math>, <i>harmonisch und nicht harmonisch, gedämpft und ungedämpft</i>)</p> <p>(2) <i>ungedämpfte harmonische Schwingungen</i> mathematisch beschreiben (unter anderem <math>s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t)</math> und <math>s(t) = \hat{s} \cdot \cos(\omega t)</math>, <math>v(t) = \dot{s}(t)</math>, <math>a(t) = \ddot{s}(t)</math>)</p> <p>(3) die zeitlich abnehmende Amplitude einer <i>gedämpften Schwingung</i> mathematisch beschreiben (geschwindigkeitsproportionale Reibung)</p> <p>(4) den Zusammenhang zwischen <i>harmonischen</i> mechanischen <i>Schwingungen</i> und <i>linearer Rückstellkraft</i> beschreiben (unter anderem horizontales Federpendel)</p> <p>(5) die Schwingungs-Differentialgleichung eines Federpendels durch einen geeigneten Ansatz lösen <math>(\ddot{s}(t) = -\frac{D}{m}s(t), T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}})</math></p> <p>(6) die Schwingungs-Differentialgleichung eines Fadenpendels durch einen geeigneten Ansatz lösen <math>(\ddot{s}(t) = -\frac{g}{l}s(t), T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}})</math></p> <p>(7) die <i>Schwingung</i> in einem <i>elektromagnetischen</i></p>	<p><b><u>UE 4 Schwingungen</u> (ca. 25 Stunden)</b></p> <p>Mechanische Schwingungen Grundbegriffe <b>Zeigermodell</b></p> <p>Harmonische Schwingungen Allgemeine Bewegungsgleichungen (mit Hilfe der Differenzialrechnung)</p> <p>Exponentielle Amplitudenabnahme bei geschwindigkeitsproportionaler Reibung</p> <p>Lineares Kraftgesetz</p> <p>Differentialgleichungen (Feder-Schwere-Pendel, Fadenpendel, horizontales Federpendel)</p> <p>Mathematische Analogien zwischen den Pendelarten, allgemeine DGL</p>	<p><i>Unterrichtseinheit bietet sich in Teilen für Schülerpraktikum an.</i></p> <p>M 3.3.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation (14) M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang (9)</p> <p>Optional: <math>s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)</math> für beliebigen Startphasenwinkel <math>\varphi_0</math>, Sonderfälle für <math>0; \frac{\pi}{2}; \pi; \frac{3}{2}\pi; \dots</math></p> <p>Optional: Blattfederschwingung, Flüssigkeit im U-Rohr</p> <p>Optional: erzwungene Schwingungen</p> <p>Optional: Rückkopplungsschaltung</p>

<p><i>Schwingkreis</i> erklären und die auftretenden Energieumwandlungen erläutern</p> <p>(8) die Schwingungs-Differentialgleichung eines <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i> durch einen geeigneten Ansatz lösen (<math>\ddot{Q}(t) = -\frac{1}{L \cdot C} Q(t)</math>, <math>T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}</math>)</p> <p>(9) Gemeinsamkeiten und Unterschiede von mechanischen und elektromagnetischen <i>Schwingungen</i> erläutern (zum Beispiel anhand eines Federpendels und eines <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i>)</p> <p>(10) Resonanz bei erzwungenen <i>Schwingungen</i> beschreiben (<i>Eigenfrequenz, Erregerfrequenz</i>)</p>	<p>Elektromagnetische Schwingung                  Elektromagnetischer Schwingkreis                  Differenzialgleichung des Schwingkreises</p> <p>Vergleich zwischen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen</p> <p>Resonanz bei erzwungenen Schwingungen,                  Phasenverschiebung in Abhängigkeit der Erregerfrequenz</p>	
--	--	--

Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.2.3, 2.2.4</p> <p>IK: 3.6.4</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Wellen mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen beschreiben (<i>Wellenlänge <math>\lambda</math>, Ausbreitungsgeschwindigkeit <math>c = \lambda \cdot f</math>, Wellenfront, Wellennormale, Polarisaton</i>)</li> <li>(2) den Unterschied zwischen <i>Longitudinalwellen</i> und <i>Transversalwellen</i> erläutern</li> <li>(3) grundlegende Wellenphänomene beschreiben (<i>Beugung, Reflexion, Brechung, Interferenz, Energietransport</i>) und in Alltagssituationen erkennen (zum Beispiel Meereswellen, Gegenschall)</li> <li>(4) können die zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen <i>Welle</i> in einer mathematischen Darstellung beschreiben (<math>s(x, t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x)</math>)</li> <li>(5) eindimensionale <i>stehende Transversalwellen</i> beschreiben und als Interferenzphänomen erklären (<i>Bäuche, Knoten, Eigenfrequenzen, Stellen konstruktiver beziehungsweise destruktiver Interferenz, Reflexion an festen beziehungsweise losen Enden, Wellenlängenbestimmung mittels Knotenabstand</i>)</li> <li>(6) mithilfe des <i>Gangunterschieds</i> die Überlagerung zweidimensionaler <i>kohärenter Wellen</i> beschreiben</li> <li>(7) Wellenphänomene mithilfe des <i>Huygens'schen Prinzips</i> erklären (zum Beispiel <i>Beugung, Reflexion</i>)</li> <li>(8) das <i>elektromagnetische Spektrum</i> im Überblick beschreiben</li> </ol>	<p><b><u>UE 5 Wellen</u> (ca. 35 Stunden)</b></p> <p>Mechanische Wellen (mit Zeigermodell) Eigenschaften und Grundbegriffe</p> <p>Transversal- (quantitativ) und Longitudinalwellen (qualitativ)</p> <p>Bei linearem Wellenträger: Ausbreitung, Erreger, Überlagerung / Interferenz, stehende Wellen (Knoten, Bäuche), Reflexion am losen und am festen Ende</p> <p>Wellenfunktion <math>s(x, t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x)</math></p> <p>Stehende Wellen auf begrenzten Wellenträgern (Eigenschwingungen, Resonanz)</p> <p>Bei zweidimensionalem Wellenträger: Ebene Interferenz</p> <p>Huygens'sches Prinzip: Elementarwellen Beugung, Brechung (Ausbreitungsgeschwindigkeit in unterschiedlichen Medien)</p>	<p>M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang</p> <p>Optional: Fourier-Analyse bei Klängen von Musikinstrumenten (z.B. mit Cassy)</p> <p>Optional: Herleitung des Brechungsgesetzes nach Snellius</p>

<p>(9) den Hertz'schen Dipol als Grenzfall eines <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i> erkennen und die daraus entstehende Abstrahlung <i>elektromagnetischer Wellen</i> in Grundzügen beschreiben</p>	<p>Hertz'scher Dipol                      Elektromagnetische Wellen (Nachweis durch Reflexion und Interferenz)                       Polarisation, Polarisator                      Elektromagnetisches Spektrum</p>	<p>Optional: Nah- und Fernfeld (nur qualitativ)                      Optional: Wellenphänome (Beugung, Brechung, Reflexion, Interferenz) mit Mikrowellen</p>
--	--	--

Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.1.4 2.3.4, 2.3.11 IK: 3.6.5</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) kohärentes <i>Licht</i> als <i>elektromagnetische Welle</i> beschreiben (unter anderem <i>Lichtgeschwindigkeit</i>)</li> <li>(2) das <i>Strahlenmodell</i> und das <i>Wellenmodell</i> des Lichts miteinander vergleichen (Gültigkeitsbereich des <i>Strahlenmodells</i>: zum Beispiel Beugung an einer Blende, Dispersion)</li> <li>(3) Interferenzphänomene an <i>Einzelspalt</i>, <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> experimentell untersuchen</li> <li>(4) Interferenzphänomene am <i>Michelson-Interferometer</i> beschreiben (Strahlteiler)</li> <li>(5) die Struktur der <i>Interferenzmuster</i> und der <i>Intensitätsverteilung</i> bei <i>Beugung</i> an <i>Einzelspalt</i>, <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> beschreiben (Unterschied zwischen idealisierten und realen Spalten mit endlicher Breite, Spektralzerlegung des <i>Lichts</i> polychromatischer Lichtquellen)</li> <li>(6) die Lage von <i>Interferenzminima</i> beziehungsweise <i>Interferenzmaxima</i> bei ausgewählten Beugungsvorgängen in Fernfeldnäherung berechnen (Minima beim <i>Einzelspalt</i>, Minima und Maxima beim <i>Doppelspalt</i>, <i>Hauptmaxima</i> beim <i>Gitter</i>)</li> <li>(7) Interferenzphänomene im Alltag physikalisch beschreiben (zum Beispiel Interferenz an dünnen Schichten, Interferenz an Gitterstrukturen, Laser-Speckle)</li> <li>(8) die geschichtliche Entwicklung von Modellvorstellungen des <i>Lichts</i> beschreiben (zum Beispiel Lichtstrahlen, Lichtteilchen, Lichtwellen, elektromagnetische Wellen, Photonen)</li> </ol>	<p><b><u>UE 6 Wellenoptik</u> (ca. 35 Stunden)</b></p> <p>Koheränz (konstante Phasenbeziehung), Elementarwellen, Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Vergleich Strahlen- und Wellenmodell</p> <p>Interferenz an Beugungsobjekten (Einzelspalt, Doppelspalt, <b>Mehrfachspalt</b>, optisches Gitter, Michelson-Interferometer): Beziehung für Maxima (Doppelspalt, Mehrfachspalt, Gitter) bzw. Minima (Einzelspalt, Doppelspalt, auch <b>Minima beim Mehrfachspalt (qualitativ oder quantitativ)</b>), Gangunterschied; Michelson-Interferometer nur quantitativ</p> <p>Spektralzerlegung von Licht polychromatischer Lichtquellen (z.B. weißes Licht eines schwarzen Strahlers)</p> <p>Interferenzphänomene im Alltag</p> <p>Geschichtliche Entwicklung der Modellvorstellung (Korpuskeltheorie, Wellentheorie)</p>	<p>3.6.3 Schwingungen 3.6.4 Wellen</p> <p>Beachte: Problematik der Kleinwinkelnäherung</p> <p>Beispiel: Beugung von Laserlicht an einer CD / DVD (Reflexionsgitter) oder an Geweben</p>

Bildungsstandards	Verbindliche Inhalte und Methoden	Hinweise
<p>PK: 2.1.11 2.3.4, 2.3.11</p> <p>IK: 3.6.6</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) den <i>lichtelektrischen Effekt</i> beschreiben und anhand der Einstein'schen Lichtquantenhypothese erklären (Hallwachs-Effekt, Einstein'sche Gleichung <math>E_{kin,max} = h \cdot f - E_A</math>, Planck'sche Konstante <math>h</math>)</li> <li>(2) erläutern, wie sich <i>Quantenobjekte</i> anhand ihrer <i>Energie</i> und anhand ihres <i>Impulses</i> beschreiben lassen (<math>E_{Quant} = h \cdot f</math>, <math>p = \frac{h}{\lambda}</math>, <i>de-Broglie-Wellenlänge</i> von Materiewellen)</li> <li>(3) Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen <i>Wellen</i>, klassischen <i>Teilchen</i> und <i>Quantenobjekten</i> am <i>Doppelspalt</i> beschreiben</li> <li>(4) erläutern, wie für <i>Quantenobjekte</i> der Determinismus der klassischen Physik durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt wird (Interferenz-Experimente mit einzelnen <i>Quantenobjekten</i>)</li> <li>(5) Experimente zur <i>Interferenz</i> einzelner <i>Quantenobjekte</i> anhand von Wahrscheinlichkeitsaussagen beschreiben und den Ausgang der Experimente erklären (<i>quantenmechanische Wellenfunktion</i> <math> \psi ^2</math>)</li> <li>(6) Am Beispiel des Doppelspaltexperiments beschreiben, dass <i>Quantenobjekte</i> zwar stets Wellen- und Teilcheneigenschaften aufweisen, sich diese aber nicht unabhängig voneinander</li> </ol>	<p><b><u>UE 7 Quantenphysik</u> (ca. 35 Stunden)</b></p> <p>Photoeffekt Ab- bzw. Auslöseenergie Planck'sche Konstante Photonen, Photonenenergie</p> <p>Quantenobjekte (Energie und Impuls) Elektronenbeugung de-Broglie-Wellenlänge Materiewellen</p> <p>Doppelspaltexperiment: Unterschiedliches Verhalten von Wellen, Teilchen, Quantenobjekten</p> <p>Wahrscheinlichkeitsverteilung</p> <p>Superposition</p> <p>Quantenmechanische Wellenfunktion <math>\Psi</math>, Bedeutung von <math> \Psi ^2</math> als Auftreffwahrscheinlichkeit der Quantenobjekte</p> <p>Einfluss des Messprozesses (Kollaps der Wellenfunktion): Koinzidenz-Methode: eindeutige Messung (Festlegung auf einen Spalt durch Messung des Photons) Komplementarität: Welcher-Weg-Information und</p>	<p>Hinweis: Elektronen als Quantenobjekte</p> <p>Beispiele für Interferenzexperimente mit einzelnen Quantenobjekten: Doppelspalt, Knallertest</p> <p>3.6.3 Schwingungen 3.6.4 Wellen 3.6.5 Wellenoptik M 3.3.5 Leitidee Daten und Zufall (10)</p>

<p>beobachten lassen. Sie können dies anhand der <i>Interferenzfähigkeit</i> und der <i>Welcher-Weg-Information</i> bei einzelnen <i>Quantenobjekten</i> erläutern (Koinzidenzmethode, <i>Komplementarität</i>, Delayed-choice-Variante des Doppelspaltexperiments)</p> <p>(7) erläutern, dass der <i>Ort</i> und der <i>Impuls</i> von <i>Quantenobjekten</i> nicht gleichzeitig beliebig genau messbar sind und begründen, warum der klassische Bahnbegriff und der klassische Determinismus aufgegeben werden müssen (<i>Unbestimmtheitsrelation</i> <math>\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h</math>)</p> <p>(8) erläutern, dass messbare Eigenschaften von Objekten der klassischen Physik bereits vor ihrer Messung real vorliegen und dass der Wert der Messung unabhängig davon ist, ob überhaupt gemessen wurde. Sie können beschreiben, dass diese Aussage für Quantenobjekte im Allgemeinen nicht gilt (Realität, zum Beispiel bei verschränkten Photonen)</p> <p>(9) erläutern, dass räumlich getrennte Objekte eines zusammengesetzten Systems aus Objekten der klassischen Physik alle ihre messbaren Eigenschaften unabhängig voneinander besitzen. Sie können beschreiben, dass diese Aussage für Quantenobjekte im Allgemeinen nicht gilt (Lokalität, zum Beispiel bei verschränkten Photonen)</p> <p>(10) Linienspektren von Atomen als Übergänge zwischen diskreten Energieniveaus beschreiben und in einem Energieniveauschema veranschaulichen (<i>Absorption, Emission</i>, Bohr'sche Frequenzbedingung <math>f = \frac{\Delta E}{h}</math>, Energiewerte des Wasserstoffatoms <math>E_n = -R_\infty \cdot</math></p>	<p>Interferenzfähigkeit schließen sich aus Delayed-choice-Variante: Möglichkeit der Messung sorgt für Kollaps der Wellenfunktion</p> <p>Unbestimmtheitsrelation</p> <p>Verschränkung bei Photonen</p> <p>Linienspektren: Absorption, Emission Bohr'sche Frequenzbedingung für atomare Übergänge Wasserstoffatom (quantitativ, Übergangsserien: Lyman, Balmer, Paschen) Energiewerte wasserstoffähnlicher Atome (komplett positiv ionisiert bis auf ein Elektron; z.B. <math>He^+</math>)</p>	
--	--	--



<p><math>c \cdot h \cdot \frac{1}{n^2}</math>, Energiewerte wasserstoffähnlicher Atome)</p> <p>(11) können die Entstehung des Röntgenspektrums erklären (<i>charakteristische Röntgenstrahlung, Bremsstrahlung</i>, kurzwellige Grenze des Röntgenspektrums)</p> <p>(12) können die Energiewerte eines <i>Elektrons</i> im eindimensionalen <i>Potentialtopf</i> mit unendlich hohen Wänden berechnen sowie die Grenzen dieses Modells zur Beschreibung von Energieniveaus in <i>Atomen</i> bzw. Molekülen erläutern</p> <p>(13) können unterschiedliche atomare Modellvorstellungen (Rutherford'sches Atommodell, Orbitale des Wasserstoffatoms) und Mehrelektronensysteme (Pauli-Prinzip) im Überblick beschreiben</p>	<p>Röntgenbremsstrahlung (charakteristische Röntgenstrahlung, Grenze des Röntgenspektrums)</p> <p>Eindimensionaler Potentialtopf:  <math>E_n = \frac{h^2}{8 \cdot m \cdot a^2} \cdot n^2</math> (bei Breite a des Potentialtopfs)</p> <p>Atommodell nach Rutherford                  Orbitalmodell                  Pauli-Prinzip</p>	<p>Hinweis:                  Wellenfunktion <math>\Phi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{a} \cdot x\right)</math></p> <p>Optional: Spin</p>
--	---	--

<b>Bildungsstandards</b>	<b>Verbindliche Inhalte und Methoden</b>	<b>Hinweise</b>
<p>PK: 2.1.10-2.1.14 2.2.7 2.3.6, 2.3.7, 2.3.11, 2.3.12</p> <p>IK: 3.6.7</p> <p>(1) wesentliche Aspekte eines Arbeitsgebietes physikalischer Forschung (zum Beispiel Relativitätstheorie, Quantenphysik, Atomphysik, Laserphysik, Elementarteilchenphysik, Astrophysik, Kosmologie, Umweltphysik, Halbleiterphysik) beschreiben, ihre Anwendung in Technik oder Alltag erläutern sowie Erkenntnisse aus anderen Bereichen anwenden</p> <p>(2) exemplarisch erlernte Fachmethoden in dem ausgewählten Arbeitsgebiet physikalischer Forschung anwenden</p>	<p><b><u>UE 8 Vertiefendes Themengebiet (ca. 30 Stunden)</u></b></p> <p>Vorschläge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechselspannungslehre</li> <li>- Relativitätstheorie</li> <li>- Vertiefung der Quantenphysik (z.B. Atommodelle, z.B. Orbitalmodell, Potentialtopf,...)</li> <li>- Atom- und Kernphysik</li> <li>- Elementarteilchenphysik</li> <li>- Elektronik</li> <li>- Kosmologie, Astrophysik</li> </ul>	

<b>Bildungsstandards</b>	<b>Verbindliche Inhalte und Methoden</b>	<b>Hinweise</b>
PK: 2.1.1-2.1.5 2.2.1-2.2.7 2.3.1-2.3.3,  IK: abhängig vom gewählten Thema	<p><b><u>UE 9 Praktikum</u> (ca. 25 Stunden)</b></p> <p>Vorschläge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrizitätslehre, Elektromagnetismus, Elektronik</li> <li>- Umgang mit dem Oszilloskop</li> <li>- Schwingungen</li> <li>- Optik</li> </ul>	<p>Auch an außerschulischen Lernorten möglich (z.B. Praktikum an der Universität Stuttgart)</p>