

**Physik Hauscurriculum für den Leistungskurs in der Qualifikationsphase  
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe**

# **Physik**

## **Qualifikationsphase / Leistungskurs**

**Übersichtsraster / Unterrichtsvorhaben**

## **Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase**

Am Ende der Qualifikationsphase sollen die Schülerinnen und Schüler – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase – über die im Folgenden genannten übergeordneten Kompetenzerwartungen zu allen Kompetenzbereichen verfügen.

### **Sachkompetenz**

#### *Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler...

- S1 erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- S2 beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
- S3 wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus.

#### *Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler...

- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,

- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an,
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

*Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Konzepten bilden*

Die Schülerinnen und Schüler...

- E1 identifizieren und entwickeln in unterschiedlichen Kontexten naturwissenschaftlich-technische Probleme und Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten,
- E2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

*Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler...

- E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,
- E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
- E5 konzipieren geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle.

*Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler...

- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses,
- E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen,
- E9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung.

*Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler...

- E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte und reflektieren ihre Generalisierbarkeit,
- E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit)

## **Kommunikationskompetenz**

### *Informationen erschließen*

Die Schülerinnen und Schüler...

- K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- K2 analysieren verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt,
- K3 entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

### *Informationen aufbereiten*

Die Schülerinnen und Schüler...

- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,
- K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus,
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

### *Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren*

Die Schülerinnen und Schüler...

- K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen,
- K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt,
- K10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

### **Bewertungskompetenz**

#### *Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen*

Die Schülerinnen und Schüler...

- B1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation,
- B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.

#### *Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen*

Die Schülerinnen und Schüler...

- B3 entwickeln anhand geeigneter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen diese gegeneinander ab,
- B4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.

### *Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler...

- B5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses,
- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein,
- B7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund,
- B8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

## Inhaltsfelder:

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte
<p><b>Elektrik: Ladungen, Felder und Induktion</b></p> <p>Auf der Spur des Elektrons  <i>Vom elektrischen Feld zur elektrischen Energie...</i>  <i>Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden?</i></p> <p>Ladungen und Teilchenbeschleuniger  <i>Wie lassen sich Ladungen beschleunigen bzw. ablenken?</i></p> <p>Wandlung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie  <i>„Generator und Motor – dieselbe Maschine?“</i>  <i>„Speicherung und Transport von elektrischer Energie“</i></p> <p>Zeitbedarf: 80 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder:</b>  elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte</li> <li>• <b>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern:</b>  geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern</li> <li>• <b>Elektromagnetische Induktion / Selbstinduktion:</b>  magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Transformator; Induktivität</li> </ul>
<p><b>Schwingende Systeme und Wellen</b></p> <p><i>Worin besteht der Unterschied zwischen einer Schwingung und einer Welle?</i></p> <p><i>Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?</i></p> <p>Drahtlose Nachrichtenübermittlung  <i>Wie funktioniert Rundfunk? Vom Sender zum Empfänger...</i></p> <p><i>Woraus besteht Sonnenlicht?</i></p> <p>Zeitbedarf: 50 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Schwingungen und Wellen:</b>  harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer</li> <li>• <b>mechanische schwingende Systeme:</b>  Federpendel, Fadenpendel, Resonanz</li> <li>• <b>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen:</b>  Schwingkreis, Hertz'scher Dipol, das elektromagnetische Spektrum; Beugung und Interferenz</li> </ul>

## **Quantenphysik**

Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik

*Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?*

*Welchen Einfluss hat die Quantenphysik auf unseren Alltag?*

Zeitbedarf: 30 Ustd.

- **Lichtquantenhypothese:**  
Energiequantelung; Photoeffekt; Bremsstrahlung
- **Photonen und Elektronen als Quantenobjekte:**  
Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung; Grenzen der Anwendbarkeit klassischer Begriffe in der Quantenmechanik; Heisenberg'sche Unschärferelation

## **Atomphysik und Kernphysik**

Die Geschichte der Atommodelle

*Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?*

Untersuchung radioaktiver Strahlung / Kernreaktionen

*Woher wissen wir wie alt die Erde und die Sonne sind?*

*Wie kann man natürliche Kernumwandlung beschreiben und wissenschaftlich nutzen?*

*Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?*

*Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen?*

*Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?*

Zeitbedarf: 55 Ustd.

- **Aufbau von Atomen:**  
Atommodelle: von Dalton bis Bohr; eindimensionaler Potentialtopf; Linienspektren; Energieniveauschema; Röntgenstrahlung
- **Ionisierende Strahlung:**  
Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung
- **Radioaktiver Zerfall:**  
Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung
- **Kernspaltung und Kernfusion:**  
Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion

Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
<p>Zwei Arten von Ladungen: Positive und negative Ladungsträger</p> <p>Influenz und Polarisierung / Dipol</p> <p><b>(3 Ustd)</b></p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <p>unterscheiden zwischen positiven und negativen Ladungen (S1)</p> <p>erklären elektrostatische Phänomene, wie Influenz und Polarisierung mit Hilfe grundlegender Eigenschaften von elektrischen Ladungen (S1)</p>	<p><b>Experiment</b> zum qualitativen Nachweis von Ladungen (Elektroskop und Metallkugeln)</p> <p><b>Experiment</b> Ladungstrennung mit Gummistock und Katzenfell</p> <p><b>Experiment</b> zur Influenz mit ungeladener Alu-Folie und Bandgenerator</p> <p><b>Arbeitsblatt zur Influenz (Dorn-Bader)</b></p> <p><b>Experiment</b> zur Polarisierung mit Isolatorkugel am Elektroskop</p> <p><b>Alternativ: Applet zum Bandgenerator: Experimente mit Bandgenerator</b></p>	<p>Aufgreifen der Kenntnisse des Elektrik-Unterrichts der Jgs. 9</p> <p>Demonstrationsexperimente um die Wahrnehmungsfähigkeit der SuS zu fördern.</p>
<p>Das elektrische Feld</p> <p>Eigenschaften von Feldlinien / Abschirmung</p>	<p>stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern dar (S1, K6)</p> <p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder. und erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (S2, S3, E6)</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen E-Feld und Gravitationsfeld (S1, S3, K4)</p>	<p><b>Experiment</b> Darstellung von elektrischen Feldern mit Hilfe von Grieskörnern in Pflanzenöl</p> <p><b>Alternativ: Bilder auf der Leifiseite!!!!!!</b></p> <p><b>Experiment</b> mit dem Bandgenerator und Papierfäden...</p> <p><b>Java-Applets zur Visualisierung: Feldlinien</b></p> <p><b>Experiment</b> Faraday-Käfig</p> <p><b>Youtube Videos: zum Faraday-Käfig ppt-File zum Faraday-Käfig (Server)</b></p> <p><b>Experiment:</b> elektrische Kraftmessung mit</p>	<p>Beschreibung der Felder und Schlussfolgerungen für die Eigenschaften von Feldlinien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Inhomogene und homogene Felder</li> </ul> <p>Abschirmung elektrischer Felder: Faraday-Käfig / Gegenfeld</p> <p><b>Wichtig: Fehlerhafte Darstellung in diversen Büchern!</b></p>

<p>Die elektrische Feldstärke  <math>E = F / q</math>  <i>Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?</i></p> <p>Der Millikan-Versuch / Elementarladung  <i>Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden?</i></p> <p>Flächenladungsdichte  <math>\sigma = Q / A</math>          Elektrische Feldkonstante</p> <p><b>(8 Ustd)</b></p>	<p>erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (S1, S3)</p> <p>erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9)</p>	<p>einer Waage zur Einführung der elektrischen Feldstärke.</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Elektrostatik I  <b>Experiment:</b> Millikan-Versuch</p> <p><b>Java-Applets zur Visualisierung:</b>  <a href="#">Millikan-Versuch</a></p> <p><b>Experiment:</b> Ladungsaustausch im Kondensatorfeld</p>	<p>Auswertung des Versuchs:          SuS erkennen proportionalen Zusammenhang zwischen F und q und erläutern die Probleme, die dieses experimentelle Verfahren mit sich bringt. (B1, B3)</p> <p>Demonstration des Millikan-Versuchs          Auswertung mit Hilfe eines Applets          Den SuS die Komplikationen einer solchen Messung veranschaulichen!</p> <p>Elektrische Ladungen und Felder in der Medizin und im Alltag:          EKG / EEG / Laserdrucker / Gewitter als mögliche Referatsthemen!</p>
<p>Arbeit im elektrischen Feld: Potential und Spannungsbegriff</p> <p>Äquipotentialflächen</p> <p>Verhalten von Ladungen in homogenen elektrischen Feldern</p> <p><b>(8 Ustd.)</b></p>	<p>Wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (Arbeit und Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (S2)</p> <p>erläutern den Zusammenhang von elektrischer Feldstärke, elektrischer Spannung und Energie quantitativ im Plattenkondensator und qualitativ im Radialfeld unter Verwendung der Begriffe Potential und Potentialdifferenz (S1, S3, K4)</p> <p>modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen Längs- und Quersfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4,</p>	<p><b>Experiment:</b> Ladungsaustausch im Kondensatorfeld          (Welche Arbeit verrichtet das E-Feld, um ein Elektron von der negativen Platte zur positiven zu befördern?)</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Elektrostatik II  <b>Aufgabenblatt:</b> Elektrostatik III</p> <p><b>Experiment:</b> Auseinanderziehen der geladenen Platten eines Kondensators</p>	<p>SuS sollen aus ihren Vorkenntnissen <math>E = U/d</math> für das Feld eines Plattenkondensators erarbeiten</p> <p>Demonstration des Zusammenhangs zwischen Spannung und verrichtete Arbeit</p>

<p>Kondensator / Kapazität</p> <p><math>C = Q / U</math></p> <p>Dielektrikum</p> <p>Energiegehalt eines Kondensatorfeldes: <math>E_{el} = \frac{1}{2} CU^2</math></p> <p>Energiedichte</p> <p>Parallel-/ Reihenschaltung von Kondensatoren</p> <p><b>(6 Ustd.)</b></p>	<p>S7) Leiten die Kapazität eines Plattenkondensators deduktiv her (S2, E6)</p> <p>prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1)</p> <p>geben die in homogenen elektrischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2)</p>	<p><b>Experiment</b> zur Kapazität / Messung von Ladung und Spannung am Plattenkondensator <b>Arbeitsblatt:</b> Kondensator</p> <p><b>Experiment</b> zur Kapazität mit Dielektrikum</p> <p><b>Java-Applets zur Visualisierung:</b> <a href="#">Kondensator</a></p> <p><b>ppt-File zu Kondensatortypen (Server)</b> <b>Aufgabenblatt:</b> Elektrostatik IV</p> <p><b>Experiment:</b> Schaltung von Kondensatoren <b>Aufgabenblatt:</b> Elektrostatik V</p>	<p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten / Linearisierungsverfahren und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4)</p> <p>Die Einsatzvielfalt von Kondensatoren im Alltag wird erläutert</p> <p>In diesem Zusammenhang lohnt es sich, die Integralschreibweise / Integrationsrechnung mit einzubinden</p> <p>Einsatz der Magnettafel</p>
<p>Coulomb-Gesetz</p> <p>Überlagerung von Coulombfeldern / Superposition</p> <p>Arbeit und Spannung im radialen Feld</p> <p><b>(8 Ustd.)</b></p>	<p>Erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen, Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, S3)</p> <p>bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3)</p> <p>entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzip elektrische Feldlinienbilder (E4, E6, K5)</p>	<p><b>Experiment</b> von Cavendish <b>Arbeitsblatt:</b> Coulomb-Gesetz</p> <p><b>Alternativ:</b> Drehwagenexperiment <b>Arbeitsblatt:</b> Coulomb-Gesetz/Drehwaage</p> <p><b>Java-Applets zur Visualisierung:</b> <a href="#">Coulombfeld</a></p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Elektrostatik VI</p>	<p>SuS leiten über die Flächenladungsdichte das Coulomb-Gesetz her (E5, E6)</p> <p>SuS leiten aus dem graphischen Zusammenhang zwischen F, q und dem Abstand r die Gesetzmäßigkeit ab.</p> <p>Mit Hilfe der Integralrechnung werden Arbeit und Spannung im radialen Feld hergeleitet.</p>

<p>Der elektrische Strom <math>I = dQ/dt</math></p> <p>Die elektrische Leistung <math>P = dW/dt = U \cdot I</math></p> <p>Der elektrische Widerstand <math>R = U/I</math> Schaltung von Widerständen</p> <p>Kirchhoff'sche Gesetze <b>(5 Ustd.)</b></p>	<p>SuS erklären die grundlegenden elektrischen Größen (S1, S4)</p>	<p>Ggf: kleine Demonstrations-Experimente</p> <p><b>Java-Applets zur Visualisierung:</b>  <a href="#">Spannung, Strom und Widerstand</a>  <a href="#">Elektrische Schaltungen</a>  <a href="#">Elektrischer Widerstand</a>  <a href="#">Ohm'sches Gesetz</a>  <a href="#">Innenwiderstand</a>  <a href="#">Kirchhoff'sche Regeln</a></p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> „Es wird dynamisch“ VII  <b>Aufgabenblatt:</b> „Es wird dynamisch“ VIII</p>	<p>Aufgreifen der Kenntnisse des Elektrik-Unterrichts der Jgs. 9</p> <p>Wiederholung ist notwendig, um die weiteren Phänomene (z.B. Kondensatorentladung) zu behandeln</p>
<p>Auf- / Entladung von Kondensatoren</p> <p><b>(4 Ustd.)</b></p>	<p>Treffen Entscheidungen für die Auswahl an Messgeräten im Hinblick auf eine verborgene Problemstellung (B1)</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen (S3, S6, S7, E4, K7)</p> <p>ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6)</p>	<p>Experiment: Kondensatorentladung zunächst ohne CASSY  <b>Arbeitsblatt:</b> Kondensatorentladung</p> <p>Experiment: Kondensatorentladung mit CASSY  Experiment: Kondensatoraufladung mit CASSY  <b>Arbeitsblatt:</b> Kondensatoraufladung</p>	<p>SuS sollen das exponentielle Verhalten zunächst graphisch darstellen und mathematisch erarbeiten (anschließend mit CASSY verifizieren)</p> <p>Erarbeitung von <math>Q(t)</math>, <math>I(t)</math> und <math>U(t)</math></p>
<p>Permanentmagnetismus und Elektromagnetismus Das magnetische Feld</p>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder (S1, S2). stellen magnetische Feldlinienbilder von</p>	<p>Handversuche zum Dauermagnetismus  <a href="#">Ferromagnetismus</a>  <a href="#">Permanent-Magnetfelder</a></p>	<p>Aufgreifen der Kenntnisse des Unterrichts der Jgs. 9</p>

<p>Drei-Finger-Regel (UVW-Regel) Richtung der Lorentzkraft</p>	<p>homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6) zeigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen magnetischem Feld und E-Feld (S3, E6)</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe der UVW-Regel (S2, E6)</p>	<p><b>Experiment:</b> Feld eines stromdurchflossenen Leiters: <a href="#">Rechte Hand-Regel</a></p> <p><b>Experiment:</b> Feld einer stromdurchflossenen Spule</p> <p><b>Experiment:</b> Leiterschaukel im B-Feld <a href="#">UVW-Regel</a></p> <p><b>Experiment:</b> Zwei Parallele stromdurchflossene Leiter</p>	<p>Aufgreifen der UVW-Regel</p>
<p>Die magnetische Feldstärke (Flussdichte) <math>B = F / (I \cdot l)</math></p> $\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$ $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$	<p>Erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen, Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, S3)</p> <p>leiten die Lorentzkraft auf einen einzelnen Ladungsträger deduktiv her (E6, S2)</p> <p>erläutern die Definitionsgleichungen der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6)</p>	<p><b>Experiment:</b> magnetische Flussdichte über Kraftsensor / Messung der Lorentzkraft</p> <p><b>Experiment:</b> magnetische Feldstärke über Waage / Messung der Lorentzkraft in Abhängigkeit vom Strom I, von der Leiterlänge l, von der Breite des Leiters und des Winkels zwischen I und B-Feld</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> „Magnetfelder I“</p>	<p>Die Definition des Vektorprodukts wird eingeführt.</p> $\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$ $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$
<p>Teilchenbeschleuniger Polarlichter Massenspektrometrie</p> <p><i>Welche weiterführende Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?</i></p> <p>relativistischer Massenzuwachs</p>	<p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (S1, K3)</p> <p>modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen magnetischen Längs- und Quersfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7)</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in E x B-Feldern und unterscheiden zwischen</p>	<p><b>Experiment:</b> Fadenstrahlrohr <a href="#">Fadenstrahlrohr</a></p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> „Magnetfelder II“</p> <p><b>ppt-File: Strahlführung</b> (Wie kommt der Ionenstrahl aus der Quelle zum Target?)</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> „Magnetfelder III“</p>	<p>Die Lorentzkraft als Zentripetalkraft (Aufarbeitung der Kreisbewegung)</p> <p>Referate zu Teilchenbeschleunigern / Polarlichter / Massenspektrograph (K1, K2, K3)</p> <p>Vortrag vom Lehrer über Strahlführung in Beschleunigeranlagen / Massenspektrometrie</p>

<p>Hall-Effekt  <math>U_H = I B d / ( n b d e )</math></p> <p>Ampere'sches Gesetz / magnetische Feldkonstante</p> <p>Permeabilität =&gt;  <math>B = \mu_r \mu_0 n I / l</math></p>	<p>Impulsfilter (magnetisches Feld), Energie-Filter (elektrisches Feld) und Geschwindigkeitsfilter (Wien-Filter, <math>E \times B</math>-Feld) (E1, E2, E4, S1, S7)</p> <p>erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5)</p> <p>beschreiben, wie Linearbeschleuniger, Zyklotrons und Synchrotrons funktionieren (S1, S4, E1) und bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7)</p> <p>stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4),</p> <p>erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5)</p> <p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten (E5, B4)</p> <p>konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Ein-</p>	<p><b>Experiment:</b> Einsatz einer Hall-Sonde zur Bestimmung von B-Feldern  <b>Aufgabenblatt:</b> Magnetfelder IV</p> <p><b>Experiment:</b> B-Feld eines stromdurchflossenen Leiters wird mit einer Hall-Sonde vermessen.</p> <p><b>Experiment:</b> B-Feld einer Spule wird in Abhängigkeit vom Strom, der Windungszahl <math>n</math> sowie der Spulenlänge mit einer Hall-Sonde vermessen.</p>	<p>(Quadrupole / Wien-Filter)</p> <p>Deduktive Vorgehensweise zur Bestimmung der Hall-Spannung (ggf. durch Schüler-Vortrag)</p> <p>Einblick in die mathematische Beschreibung der Elektrodynamik</p> <p>Exakte Bestimmung von <math>\mu_r</math> nicht durchführbar, aber qualitativ gut sichtbar.</p>
--	---	---	--

<p><b>(22 Ustd.)</b></p>	<p>flussgrößen (E2, E5)</p>	<p><a href="#">Ampere'sches Gesetz</a></p> <p><b>Experiment:</b> Balkenwaage / Spule mit und ohne Eisenkern</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Magnetfelder V</p>	<p>Mikroskosmischer Unterscheid zwischen Ferromagnetismus / Diamagnetismus / Paramagnetismus</p>
<p>Elektromagnetische Induktion: <i>Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?</i></p> <p><math>U_{\text{ind}} = dB/dt * n * A \cos\theta</math></p> <p>Magnetischer Fluss <math>\Phi</math></p> <p><math>U_{\text{ind}} = n d\Phi/dt</math> (Induktionsgesetz)</p>	<p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung in der Spule auf die zeitliche Veränderung des B-Feldes zurück (E6)</p> <p>erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen, Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, S3)</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung in der Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück / Erzeugung einer Wechselspannung) (E6)</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung von B in Anwendungs-/ Alltagssituationen (E1, E6, S4)</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5)</p> <p>nutzen das Induktionsgesetz auch in differenzieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7)</p>	<p><b>S-Experiment:</b> zur Induktion Relativbewegung zwischen Spule und Magnet</p> <p><a href="#">Induktion: Magnet in Spule</a></p> <p><b>Experiment:</b> Induktionsspule im Feld eines Solenoiden / Messung der Induktionsspannung in Abhängigkeit von dB/dt, der Windungszahl und der Querschnittsfläche der Induktionsspule</p> <p><b>Arbeitsblatt:</b> Induktion mit Cassy</p> <p><b>Experiment:</b> rotierende Leiterschleife im Magnetfeld / Erzeugung einer Wechselspannung</p>	<p>SuS erarbeiten einen Zusammenhang zwischen <math>U_{\text{ind}}</math> und der Bewegung des Magneten</p> <p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten / Linearisierungsverfahren und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4)</p> <p>Bezug zu Induktionsvorgängen im Alltag (z.B. Induktionsherd)</p>

<p>Thomson'scher Ringversuch</p> <p>Lenz'sche Regel</p>	<p>Begründen mit Hilfe der UVW-Regel die Beobachtung des Ringversuchs (E4, E5)</p> <p>Bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mit Hilfe der Lenz'schen Regel (S2, S4, E6)</p> <p>begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3).</p> <p>führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4)</p> <p>identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8)</p>	<p><b>S-Experiment / Stationenlernen</b> zur Induktion Relativbewegung zwischen Spule und Magnet</p> <p><b>Experiment:</b> frei fallender Magnet im Cu-Rohr  <b>Experiment:</b> Railgun  <b>Experiment:</b> schwebende Scheibe</p> <p><a href="#">Thomsonscher Ringversuch</a>  <a href="#">Waltenhofensches Pendel</a></p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Aufgaben zur Induktion I</p> <p><a href="#">Dynamo</a></p>	<p>Anwendung der Lenz'schen Regel: Wirbelstrombremse / Freifallturm</p> <p>Elektrisches Wirbelfeld</p> $U = \oint \vec{E}_i \cdot d\vec{s}_i$ <p>Das elektromotorische Prinzip: Funktionsweise von Generator und Motor (Schüler-Referat)</p>
<p>Selbstinduktion</p> <p>Induktivität L</p>	<p>ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6)</p>	<p><b>Experiment:</b> Selbstinduktion (verzögertes Leuchten eine Glühlampe, die in Reihe mit einer Spule geschaltet ist)</p>	<p>Erarbeitung von</p> $U_{\text{ind}} = -n \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$ <p>Induktivität einer Spule:  <math>\Rightarrow L = - \mu_r \mu_0 n^2 A / l</math></p>
<p>Ein- / Ausschaltvorgang bei Reihenschaltung von Spule und Widerstand</p>	<p>erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungsstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6)</p> <p>Erarbeiten mit Hilfe der Maschenregel den funktionellen Verlauf von I und vergleichen diesen mit dem Fall für die Kondensatorauf- / bzw. Entladung (E4, E5, E6, E7)</p>	<p>Experiment: Einschalt- / Ausschaltvorgang bei Reihenschaltung von Spule und Widerstand mit CASSY</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Aufgaben zur Induktion II</p>	<p>SuS sollen das exponentielle Verhalten zunächst graphisch darstellen und mathematisch erarbeiten (anschließend mit CASSY verifizieren)</p> <p>Erarbeitung von Q(t), I(t) und U(t)</p>

<p>Energiegehalt eines magnetischen Feldes  <math>E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} LI^2</math></p> <p>Maxwell'sche Gleichungen</p> <p>(17 Ustd.)</p>	<p>geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2).</p>	<p><b>Aufgabenblatt:</b> Aufgaben zur Induktion III</p>	<p>Einblick in die mathematische Beschreibung der Elektrodynamik</p>
--	--	---	--

**Σ: 80 Ustd.**

Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
<p>Grundlagen zum Wechselstromkreis</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...            berechnen mit Hilfe der Zusammenhänge von Strom, Spannung und Widerstand den Kapazitiven und induktiven Widerstand (S4, E5, E6, E7)</p>	<p><b>Experiment:</b> mit Frequenzgenerator zur Ermittlung der Phasenbeziehungen zwischen Strömen und Spannungen im RL, RC und RCL-Stromkreis / Wechselstromwiderstände</p> <p>Java-Applets zur Visualisierung (Leifi)            ppt-File: Leistung im Wechselstromkreis</p> <p>weitere Apps:  <a href="#">Einfache Wechselstromkreise</a>  <a href="#">RLC Reihe</a>  <a href="#">RLC Parallel</a></p> <p><b>Experiment:</b> Siebkette / Sperrkreis</p>	<p>Verwendung eines Oszilloskops bzw von CASSY zur Visualisierung</p>

<p>Transformator Spannungstransformation</p> <p><b>(8 Ustd.)</b></p>	<p>erarbeiten die Zusammenhänge beim Transformator (S4, E2, E4, E5, E6, K4)</p>	<p><b>Aufgabenblatt:</b> WSK I <b>Aufgabenblatt:</b> WSK II <b>S-Experimente:</b> Unbelasteter / belasteter Transformator <a href="#">Transformator</a> <b>Arbeitsblatt:</b> Transformator <b>Experiment:</b> Hörner / Schweißen</p>	<p>Der Transformator und seine Bedeutung im Alltag: Netzgeräte und Gleichrichter Schweißen Hochspannungstransformation Transport elektrischer Energie</p>
<p>Elektromagnetische Schwingung und mechanische Schwingung Schwingungsdauer / Frequenz</p> <p>Federpendel und Fadenpendel</p> <p>gedämpfte Schwingung</p>	<p>erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer und Frequenz und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4)</p> <p>untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4)</p> <p>erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen Schwingungen (S1, E1)</p> <p>leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2)</p> <p>ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das (un-)gedämpfte Fadenpendel, die (un-)gedämpfte Federschwingung (S3, S7, E8)</p>	<p>Wiederholung von grundlegenden <b>Experimenten</b> zu mechanischen (un-)gedämpften Schwingungen: Veranschaulichung der Beschreibungsgrößen anhand des Federpendels, Fadenpendels, Drehpendels, Flüssigkeitspendels (Einsatz des Cassy hilfreich)</p> <p><a href="#">Kreisbewegung und Schwingung</a> <a href="#">Harmonische Schwingung</a> <a href="#">Beschreibungsgrößen einer harmonischen Schwingung</a> <a href="#">Verschiedene Oszillatoren</a> <a href="#">Mathematisches Pendel</a> <a href="#">Galilei-Pendel</a></p> <p><a href="#">gedämpfte Schwingung</a></p>	<p>Mathematische Beschreibung verschiedener Oszillatoren</p> <p>Aufstellen der Differentialgleichungen über den Kraftansatz: Was ist eine harmonische Schwingung?</p> <p>Vergleich zwischen Schwingung und Kreisbewegung</p> <p>Aufstellen der Differentialgleichungen einer gedämpften Schwingung: Lösung mit exponentiellem Verlauf für die Amplitude</p>

<p>erzwungene Schwingungen Resonanzphänomen</p>	<p>unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4)</p> <p>untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1)</p> <p>beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2)</p>	<p><b>Experimente</b> zu erzwungenen mechanischen Schwingungen: selbgebautes Doppelpendel mit Excentermotor Pohl'scher Resonator</p> <p><a href="#">Hubschrauber als Erreger</a></p> <p><b>Youtube Videos zur Resonanz:</b> <a href="#">Tacoma Bridge</a> <a href="#">Helicopter</a> <a href="#">schwankende Wolkenkratzer beim Erdbeben</a></p>	<p>Aufstellen der Differentialgleichungen einer erzwungenen Schwingung: Resonanzkurver; Phasenbeziehung zwischen Schwinger und Erreger</p>
<p>Schwingkreis Thomson'sche Gleichung <math>T = (2\pi \sqrt{LC})</math></p>	<p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, B1, E5)</p> <p>erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1)</p> <p>ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8),</p> <p>vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der</p>	<p><b>Experiment:</b> Strom-/ Spannungsmessung im Schwingkreis mit variablem R / Darstellung mit CASSY</p> <p><b>ppt-File: Der Schwingkreis</b></p> <p><a href="#">Elektromagnetischer Schwingkreis</a></p>	<p>Der Schwingkreis als Teil des Sperrkreises</p> <p>Vergleich zwischen Federpendel und Schwingkreis: Was schwingt eigentlich?</p>

<p><b>(16 Ustd.)</b></p>	<p>jeweiligen Kenngrößen (S1, S3)</p> <p>beschreiben den Schwingungsvorgang im RCL-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen die wesentlichen Ursachen für die Dämpfung (S1, S2, E5)</p> <p>beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1)</p>		
<p>Gekoppelte Pendel</p> <p>Mechanische Wellen Wellenlänge, Phasengeschwindigkeit <math>c = \Delta s / \Delta t = \lambda / T = c \cdot f</math> Longitudinal-/ Transversalwellen</p> <p>Schallgeschwindigkeit Dopplereffekt</p> <p>Huygen'sches Prinzip zur Erklärung von Beugung / Interferenz / Reflexion und Brechung <i>Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?</i></p>	<p>beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),</p> <p>erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),</p> <p>erläutern die Zusammenhänge zwischen</p>	<p><b>Experiment:</b> gekoppelte Pendel</p> <p><a href="#">Überlagerung von Schwingungen Schwebung</a></p> <p><b>Experiment:</b> Wellenmaschine <b>Applets zur Visualisierung (Phyissmart)</b> <a href="#">Wellenmaschine transversal</a></p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Wellen I</p> <p><b>ppt-File: Dopplereffekt</b> <b>Experiment:</b> Dopplerrocket <b>Aufgabenblatt:</b> Dopplereffekt</p> <p><b>Experiment:</b> Wellenwanne: ebene Welle / Beugung / Interferenz / Reflexion / Brechung <b>Alternativ: Bilder von Leifi Brechung</b></p> <p><b>Applets zur Visualisierung (Phyissmart)</b> <b>ppt-File: Beugung</b></p>	<p>Vom gekoppelten Pendel zur mechanischen Welle</p> <p>Erarbeitung der Wellengleichung Entstehung und Ausbreitung von Longitudinal- / Transversalwellen</p> <p><a href="#">Schallgeschwindigkeit</a> <a href="#">Dopplereffekt</a> im Alltagbezug <a href="#">Mach'scher Kegel</a></p> <p>Bezug zum Reflexionsgesetz und zum Brechungsgesetz aus der Optik / Totalreflexion</p>

<p>Bezug zur Optik</p> <p>Stehende mechanische Wellen zur Vorbereitung auf elektromagnetische Wellen</p>	<p>mechanischen Wellen und den Beobachtungen aus der Optik (S4)</p> <p>erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3)</p>	<p><b>Experimente:</b> Totalreflexion / Lichtleiter</p> <p><b>Experiment:</b> Federseil <b>Applets zur Visualisierung (Phyissmart)</b> <a href="#">Reflexion von Wellen</a></p> <p><b>ppt-File:</b> <a href="#">stehende Wellen</a> <a href="#">stehende Wellen</a></p> <p><b>Experiment:</b> Kundt'sches Rohr</p>	<p>Referate zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit (K1, K2, K3)</p> <p>Stehende Wellen im Alltag: Orgelpfeifen, mit Wasser gefüllte Flasche Chladni-Figuren</p>
<p>Schall</p> <p>Schallpegel, Lautstärke, Frequenzbereich</p> <p>Vom Schwingkreis zur elektromagnetischen Welle: Hertz'scher Dipol</p>	<p>erkennen unterschiedliche Schwingungsmodi Und sind in der Lage aus der Wellenlänge die Schallgeschwindigkeit zu bestimmen (E2, E4, E5)</p> <p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8)</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4)</p>	<p><b>Experiment:</b> Hörschwellen der SuS bestimmen</p> <p><b>ppt-File:</b> <a href="#">Hertz</a> <b>Experiment:</b> UKW-Sender und Dipol-Empfänger (Glühlampen am Empfangsdipol) <b>ppt-File:</b> <a href="#">Dipol</a> <a href="#">Elektromagnetische Welle</a></p>	<p>Anwendungsbereich: Ultraschall</p> <p>Zur Erinnerung an den Schwingkreis</p> <p>Bezug zur stehenden Welle: Spannungs-/ Strom-Knoten/ - Bäuche</p> <p>Rundfunktechnik Amplituden-/ Frequenzmodulation: Erläuterung der Grundzüge zur Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6)</p>
<p>Beugungsphänomene: Doppelspalt Gitter Einzelspalt Dünnen Schichten</p>	<p>stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6)</p> <p>weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6)</p>	<p><b>Experiment:</b> Mikrowellen Durchlässigkeit / Reflexion / Brechung an Prisma und Linse / stehende Welle / Beugung / Polarisation</p> <p><b>Experiment:</b> Beugung am Doppelspalt mit Laser <b>Applets zur Visualisierung (Phyissmart)</b></p> <p><b>Experiment:</b> Beugung am Gitter mit Lasern</p> <p><b>Experiment:</b> Beugung am Gitter mit weißem Licht</p>	<p>Alltagbezug: Bau eines Radios (Conrad-Baukästen)</p> <p>Ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen Mit Mikrowellen und Licht die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5)</p> <p>Bezug zur Optik Das elektromagnetische Spektrum</p>



Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
<p>Hallwachseffekt</p> <p>Photoeffekt</p> <p>Gegenfeldmethode h-Bestimmung Austrittsarbeit</p> <p>Photonen <math>E = h f = E_{\text{kin}} + W_A</math> h-Bestimmung mit LEDs</p> <p>Aufbau einer Röntgenröhre</p> <p>Compton-Effekt Compton-Wellenlänge</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (S2, E3)</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise der Gegenfeldmethode (K3, K2)</p> <p>erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3)</p> <p>interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3)</p> <p>bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6)</p> <p>beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1)</p> <p>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S1, S3, E6, K8)</p>	<p><b>Experiment:</b> Hallwachseffekt: geladene Zinkplatte wird über eine Hg-Lampe entladen / Filter werden in den Strahlengang gebracht</p> <p><b>Experiment:</b> Photoeffekt: Zinkplatte wird durch eine Photozelle ersetzt. Bestrahlung mit Hg-Lampe / Filter =&gt; Stromflussmessung</p> <p><b>Experiment:</b> Photoeffekt: Gegenfeldmethode Bestimmung von h und Austrittsarbeit <b>Arbeitsblatt:</b> Photoeffekt</p> <p><a href="#">Photo-Effekt</a></p> <p><b>Experiment:</b> Bestimmung von h mit LEDs <b>ppt-Folien / Leifi-Seite</b> <b>Aufgabenblatt:</b> QM I</p> <p><a href="#">Röntgenröhre</a> <b>Röntgenröhre in der Vitrine</b></p> <p><b>Experiment:</b> Compton-Effekt / Impuls von Photonen <b>ppt-File: Compton-Effekt</b> <a href="#">Compton-Effekt</a></p>	<p>Hallwachseffekt als Einstieg: Rückblick auf die klassische Betrachtung / elektromagnetische Wellen</p> <p>Kontroverse zur elektromagnetischen Welle</p> <p>Verwendung des Messverstärkers! h-Bestimmung fehlerbehaftet</p> <p>Aufbau eines Halbleiters / pn-Konjunktionen in Sperr- und Durchlassrichtung Funktionsweisen von Solarzellen, Halbleiter-Detektoren und LEDs</p> <p>Ist nicht für das Abitur erforderlich, zeigt aber die Bedeutung von Energie und Impulserhaltungssatz</p>

<p>MILQ-Programm: Welle und Teilchen Präparation und Eigenschaft</p> <p>Klassische Teilchen und Quantenobjekte Wellennatur von Materie De Broglie-Wellenlänge</p> <p><i>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</i></p> <p>Welle-Teilchen-Dualismus</p> <p>Born'sche Wahrscheinlichkeitsinter- pretation <math>P(x) \cdot \Delta x =  \psi(x) ^2 \cdot \Delta x</math></p> <p>Komplementarität</p>	<p>erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (S1, S3, E4, K4)</p> <p>interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6)</p> <p>erklären am Beispiel von Elektronen die De- Broglie-Hypothese (S1, S3)</p> <p>berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quanten- objekte (S3)</p> <p>erklären bei Quantenobjekten anhand eines Delayed-Choice-Experiments un- ter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden des Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3)</p> <p>deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweis- wahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3)</p> <p>modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4)</p>	<p>MILQ-Programm: mit jeweils zu den Kapiteln passenden Arbeitsblättern <b>Kapitel I und II : Applet „Polfilter“</b></p> <p><b>Kapitel III bis V : Applet „Interferometer“, „Doppelspaltexperiment“</b></p> <p><b>Experiment:</b> Elektronenbeugungsröhre <b>Arbeitsblatt:</b> Elektronenbeugung</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> QM II <b>Aufgabenblatt:</b> QM III</p> <p><b>Kapitel VI : Applet „Interferometer“, „Doppelspaltexperiment“ Born'sche Wahrscheinlichkeitsinterpretation</b></p>	<p>Erarbeitung erfolgt selbstständig am Computer</p> <p>SuS vertiefen ihr Verständnis über den Photoeffekt und lernen etwas über die Begriffe „Präparation“ und „Eigenschaft“ kennen</p> <p>SuS lernen anhand der Applets, dass Elektronen Welleneigenschaften besitzen</p> <p>SuS erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),</p> <p>Erläuterung der Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7)</p> <p>„Interferenz komplementär zum Teilchencharakter“</p> <p>Schrödingers Katze SuS führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch</p>
--	--	--	--

<p>Heisenberg'sche Unschärferelation</p> <p><b>(30 Ustd.)</b></p>	<p>beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8)</p> <p>stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9)</p> <p>erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeits-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4)</p> <p>beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11)</p>	<p><b>Kapitel VII : Heisenberg'sche Unschärferelation</b></p>	<p>und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),</p>
---	---	---	--

Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
<p>Historischer Einblick in die Entwicklung der Atommodelle von Dalton bis Rutherford und Bohr</p> <p><i>Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?</i></p> <p>Frank-Herz-Versuch</p> <p>Bohrsches Postulate</p> <p>Linienpektren</p> <p>Entstehung von Röntgenstrahlung</p> <p>Röntgenspektren</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <p>geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3)</p> <p>stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9)</p> <p>interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mit der Energiequantelung in der Atomhülle, d.h. mit Hilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6)</p> <p>erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4)</p> <p>beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2)</p> <p>erklären die Entstehung des Bremspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (S1, S3, E6, K4)</p> <p>interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1)</p>	<p><b>ppt-File: Einführung in die Atomphysik</b> (Lehrervortrag) <a href="#">Atommodelle</a></p> <p><b>Rutherford-Streuexperiment im Vortrag</b> <a href="#">Rutherford-Streuung</a> <b>Aufgabenblatt:</b> Atomphysik I</p> <p><b>Experiment:</b> Franck-Hertz-Versuch <b>Arbeitsblatt:</b> Franck-Hertz-Versuch <b>Besprechung mit Physismart-Applet</b> <a href="#">Franck-Hertz-Versuch</a></p> <p><b>Arbeitsblatt:</b> Bohrsches Atommodell</p> <p><b>ppt.Vortrag Bohrsches Atommodell</b> <a href="#">Bohrsche Postulate</a> <b>Experiment:</b> Wasserstoffspektrallampe und Gitter: <a href="#">Spektroskopie</a></p> <p><b>Experiment:</b> Resonanzabsorption mit Na-Lampe und Natrium in Bunsenbrenner / Na-Dampf und Prismenspektrometer</p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Atomphysik II</p> <p><a href="#">Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung</a></p> <p><b>Aufgabenblätter:</b> Röntgenspektren (Leifi)</p>	<p>Einführung in die Atomphysik findet in Form eines Vortrags statt, um die SuS auf ihr Studentenleben vorzubereiten</p> <p>Welche physikalischen Phänomene ließen sich mit den vorhandenen Modellen erklären?</p> <p>stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells (B1, B4)</p> <p>SuS sollen anhand ihres Wissens aus der E-Dynamik im Zusammenhang mit den Bohr'schen Postulaten die Energiewerte eines Wasserstoffatoms bestimmen</p> <p>SuS entdecken die Entstehung der Röntgen-Bremsstrahlung und der charakteristischen Strahlung und nehmen Bezug auf das Bohrsche Atommodell</p> <p>Mosely-Gesetz</p>

<p>Schrödingergleichung</p> <p>Potentialtopf Tunneleffekt</p> <p>(20 Ustd.)</p>	<p>erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4)</p> <p>ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (S2, E6)</p> <p>beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10)</p> <p>interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8)</p>	<p><b>Kapitel VIII : Schrödingergleichung</b></p> <p><b>Kapitel X und XI : Potentialtopf und Tunneleffekt</b></p>	<p>Kapitel VIII erfolgt als Lehrervortrag Herleitung der Energiewerte für den Potentialtopf</p> <p>Energien und Wellenfunktion Vergleich mit stehenden Wellen</p> <p>Bedeutung des Tunneleffekts für die Fusion in der Sonne</p> <p>Phasenraum</p>
<p>Einführung in die Kernphysik</p> <p>Historischer Einblick in die Kernphysik</p> <p>Zusammensetzung der Kernstrahlung</p>	<p>erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2, K3)</p> <p>erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8)</p> <p>wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6)</p> <p>unterscheiden <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1)</p>	<p><b>ppt-File: Einführung in die Kernphysik</b> (Lehrervortrag)</p> <p><b>Experiment</b> mit <math>^{226}\text{Ra}</math>-Quelle / Zählrate mit GGM-Zählrohr als Funktion des Abstands als Funktion des Materials zwischen Quelle und Zählrohr Ablenkung im B-Feld <b>(Arbeitsblätter)</b></p> <p><a href="#">Kernstrahlung</a> <a href="#">Reichweiten der Kernstrahlung</a></p>	<p>Was verbinden die SuS mit Kernphysik?</p> <p>Zusammensetzung des Kerns Nuklid, Isotope, Isotone Kernradien, Kernmassen Nuklidkarte Entdeckung der Radioaktivität Nachweis von Kernstrahlung Funktionsweise des GMZ</p> <p>Nullrate / Untergrundstrahlung</p> <p><math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>-Strahlung und ihre Natur Kernreaktionen mit Neutrinos!</p> <p>Zusätzlich zum <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> und <math>\gamma</math>-Zerfall werden noch der <math>\beta^+</math>-Zerfall und der K-</p>

<p>Kernumwandlung als Folge eines Kernzerfalls Zerfallsreihen</p>	<p>ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6)</p> <p>erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3)</p> <p>beschreiben natürliche Zerfallsreihen und Kernumwandlungsprozesse mit Hilfe der Nuklidkarte (S1)</p>	<p><a href="#">Natürliche Zerfallsreihen</a></p>	<p>Einfang behandelt.</p> <p>SuS stellen die vier möglichen Zerfallsreihen mit Hilfe der Nuklidkarte auf.</p>
<p>Zerfallsgesetz Aktivität</p>	<p>leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9)</p> <p>konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5)</p>	<p><a href="#">Zerfallsgesetz</a></p> <p><b>ppt-File: <sup>14</sup>C-Methode</b></p> <p><b>Aufgabenblatt:</b> Kernphysik I <b>Aufgabenblatt:</b> Kernphysik II</p>	<p>Zerfallsgesetz wird über eine DGL hergeleitet / vgl. Elektrodynamik</p> <p>Veröffentlichungen von SHÜ</p>
<p>Datierungsmethoden <sup>14</sup>C-Methode</p>	<p>bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (E4, E7, S7, K1)</p>		
<p>Kernenergie Bindungsenergie pro Nukleon Kernreaktionen</p>	<p>bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie(B1)</p> <p>beschreiben künstliche herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mit Hilfe der Nuklidkarte (S1)</p>	<p><b>ppt-File: spezielle Relativitätstheorie Kapitel relativistische Masse!!!!</b></p> <p><b>ppt-File: Kernreaktionen</b></p> <p>Lehrervortrag mit zahlreichen Bildern</p> <p><a href="#">Kernreaktionen</a></p>	<p>Woher kommt die Kernenergie? Bezug zur Relativitätstheorie aufstellen:</p> <p>Relativistische Massenzunahme</p> $m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

<p>Kernspaltung Unkontrolliert / kontrolliert <i>Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?</i></p> <p>Kernfusion</p>	<p>beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2)</p> <p>erläutern den Ablauf einer Kettenreaktion als zentrales Merkmal bei der Energiefreisetzung durch Kernspaltung (S1)</p> <p>bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10),</p> <p>diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10)</p> <p>hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).</p>	<p><a href="#">Kettenreaktion</a></p>	<p>Äquivalenz von Masse und Energie</p> $E = E_{kin} + E_0 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ <p>Energieerhaltungssatz</p> <p>Energie-Impuls-Beziehung</p> $E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$ <p>Ausblick auf Kernumwandlungsprozesse</p> <p>Einblick in die Kernmodelle: Schalenmodell / Tröpfchenmodell (ggf. Erwähnung der Weizsäcker-Formel)</p> <p>Historisch: Otto-Hahn und Lise Meitner SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),</p> <p>Atombombe / kritische Masse Folgen für Hiroshima und Nagasaki Atombombentests Kernreaktoren: Siedewasser-/ Druckwasserreaktoren Brüter Radioaktiver Abfall Sicherheitsaspekte Unfall in Tschernobyl Unfall in Fukushima (Referat) Wasserstoffbombe Fusionsprozesse in Sternen:</p>
--	--	---------------------------------------	--

<p><b>(25 Ustd.)</b></p> <p>Zusammensetzung der Kernbausteine Standardmodell</p> <p>Wechselwirkungsprozesse zwischen Strahlung und Materie</p> <p>Geladene Teilchen und Materie</p> <p>Elektromagnetische Strahlung und Materie</p> <p>Dosimetrie Energiedosis / Ionendosis Äquivalentdosis</p>	<p>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (S3)</p> <p>erläutern qualitativ an der <math>\beta</math>-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4)</p> <p>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (S3),</p> <p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis), auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)</p> <p>quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2)</p>	<p>ppt-File: Elementarteilchen und Standardmodell</p> <p>ppt-File: Elementarteilchen und Standardmodell</p> <p>Dokumentation der WW mit Hilfe des SRIM-Programms</p>	<p>pp-Zyklus / CNO-Zyklus Wege der Fusion auf der Erde Plasma- / Trägheitsfusion / Tokamak</p> <p>Quarks und Leptonen Leptonenzahlerhaltungssatz Ladungserhaltungssatz Baryonenzahlerhaltungssatz Fundamentale Wechselwirkungen Austauschteilchen und Felder</p> <p>Ggf.: Feynman-Diagramme</p> <p>Einblick in die Kosmologie?</p> <p>SuS recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</p> <p>Geladene Teilchen: Bremsstrahlung / Anregung (elektronisches Stopping) Bragg-Peak, Cerenkov-Strahlung Energie-Stragglung, Winkel-Stragglung Reichweiten</p> <p>Aufgreifen des Photoeffekts / Compton-Effekts und der Paarbildung Rayleigh-Streuung Wirkungsquerschnitte Absorptionskoeffizienten</p> <p>Umgang mit der Radioaktivität zu Beginn des 20. Jahrhunderts: Radon-Bier, Radon-Zahnpasta, etc.</p>
---	---	--	--

<p>Einfluss der Strahlung auf organisches Gewebe</p> <p><i>Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen?</i></p> <p><i>Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?</i></p> <p>Bildgebende Verfahren</p> <p><b>(10 Ustd.)</b></p>	<p>wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3),</p>		<p>Statistiken aus Europa bzgl. Radonkonzentration</p> <p>Krebsstatistiken aus Hiroshima / Tschernobyl</p> <p>Kernspintomographie Szintigraphie</p>
---	--	--	---

