

Lehrplan Leistungsfach Physik

Elektrisches Feld <ca. 8 Wochen>	
Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und erläutern die Ursache sowie die Struktur statischer elektrischer Felder. Darüber hinaus sind sie in der Lage, homogene Felder auch quantitativ zu beschreiben	
Inhalte	Hinweise
Grundlagen der Elektrostatik <3> <ul style="list-style-type: none"> ➤ positive und negative <i>Ladung</i> ➤ Kräfte zwischen geladenen Körpern ➤ Einführung des <i>elektrischen Feldes</i> 	Versuche zu Phänomenen der Elektrostatik, auch Schülerexperimente Hinweis: Elektrostatik und elektrisches Feld sind <u>nicht</u> aus der Mittelstufe bekannt.
Wiederholung: Elektrischer Stromkreis <4> <ul style="list-style-type: none"> ➤ elektrische Stromstärke ➤ Potenziale und Spannungen in elektrischen Stromkreisen ➤ Reihen- und Parallelschaltung (<i>I, U und R</i>) ➤ Stromrichtung und Richtung des Elektronenstroms 	, als Spezialfall bei konstanter Änderungsrate geflossene Ladung aus I-t-Diagrammen bestimmen Zeit für Übungen / HA zur üben Wiederholung
Elektrische Felder <8+2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Feldlinien</i> ➤ besondere Felder: <i>homogenes Feld</i>, Punktladung, Dipol, Quellen und Senken ➤ <i>Elektrische Feldstärke</i> ➤ <i>Feldlinienbilder</i> und elektrische Kräfte ➤ <i>homogenes Feld</i> eines <i>Plattenkondensators</i> und <i>el. Feldstärke</i> 	Modellcharakter der Feldlinienbilder Sinnvolle Ergänzungen: Felder auch mittels Pfeilscharen oder Farbskalen für Feldstärkebetrag / Energiedichte darstellen Abschirmung elektrischer Felder, Faraday'scher Käfig Entstehung von Gewittern, Feldstärke und Feldlinienbilder bei Gewittern Formel zunächst als fremde Formel einführen und interpretieren lassen ("Umgang mit unbekanntem Formeln")
Potentielle Energie und el. Potential <5> <ul style="list-style-type: none"> ➤ potentielle Energie im homogenen <i>Gravitationsfeld</i> und im <i>homogenen elektrischen Feld</i> ➤ <i>elektrisches Potential</i> ➤ Äquipotentiallinien, Äquipotentiallinienbilder für <i>homogene Felder</i>, Punktladungen, Feld eines Dipols, ... 	Wiederholung: übertragene Energie , Analogie zwischen Äquipotentiallinien im elektrischen Feld und Höhenlinien im Gravitationsfeld, Schülerexperimente zum Potential und zu Äquipotentiallinien mit Elektroden in der Potentialwanne
Analogien und Unterschiede <1> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>elektrisches Feld</i> und <i>Gravitationsfeld</i> 	
Geladene Teilchen im elektrischen Feld <6 + 2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beschleunigung ➤ Bewegung in elektrischen Längs- und Querfeldern 	Wiederholung: zusammengesetzte Bewegungen und Richtung der Geschwindigkeit bei zusammengesetzten Bewegungen, Newtonsche Prinzipien (Kräfte in, entgegen und quer zur Bewegungsrichtung) mögliche Vertiefung: Anwendungen bei Druckern, Strahlentherapie, Beschleunigern, ...
Kondensator <9+6> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Kondensator</i> und <i>Kapazität</i> , 	Proportionaler und antiproportionaler Zusammenhang zwischen Größen

<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Kapazität eines Plattenkondensators , Dielektrika</i> ➤ <i>Kondensator als Energiespeicher</i> ➤ <i>Auf und Entladevorgang eines Kondensators (U-t-Diagramme)</i> 	<p>mögliche Vertiefungen: Millikan-Versuch Gesamtkapazität von Kondensatoren in Reihen- und Parallelschaltung inkl. Schülerexperimente Man kann z.B. anhand der Herleitung dieser Formel die deduktive Methode diskutieren und von der induktiven abgrenzen Schülerexperimente mit Messwerterfassungssystemen, Leuchtdauer einer an einen Kondensator angeschlossenen LED</p> <p>mögliche Vertiefungen: Differentialgleichung für $I(t)$ beim Entladen (Laden), Gleichung für $U(t)$ beim Entladen (Laden) Kondensatoren als Energiespeicher in Kurbeltaschenlampe und Fahrradrücklichtern</p>
--	--

Magnetisches Feld <ca. 4 Wochen>

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und erläutern die Ursache sowie die Struktur statischer magnetischer Felder. Darüber hinaus sind sie in der Lage, homogene Felder und die Bewegung geladener Teilchen darin auch quantitativ zu beschreiben. Sie vergleichen die Struktur des elektrischen und magnetischen Feldes sowie des Gravitationsfeldes.

Inhalte	Hinweise
<p>Grundlagen <3></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Magnete, Magnetpole, Anziehung und Abstoßung</i> ➤ <i>Magnetfeld, Magnetfeldlinien</i> ➤ <i>magnetische Felder</i> beschreiben: Stabmagnet, Hufeisenmagnet, gerader stromführender Leiter, Spule, rechte-Faust-Regel 	<p>Wiederholung der Grundlagen aus Kl. 7/8, z.B. Wiederholung durch Schülerinnen und Schüler mittels Präsentationen mit Schülerexperimenten</p>
<p>Kraft auf stromführende Leiter im Magnetfeld <2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Drei-Finger-Regel</i> ➤ <i>magnetische Flussdichte ,</i> 	<p>Vergleich der Definition von B mit der von E</p>
<p>Lorentzkraft <3></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Drei-Finger-Regel</i> ➤ 	<p>Schülerexperimente: Untersuchung der magnetischen Flussdichte mit Hallsonden oder anderen Sensoren bei unterschiedlichen Magneten und Magnetfeldern</p>
<p>Bewegung von geladenen Teilchen senkrecht zu homogenen Magnetfeldern <3+1></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Kreisbahn</i> ➤ <i>e/m-Bestimmung</i> 	<p>Wiederholung: gleichförmige Kreisbewegungen, Zentripetalkraft mögliche Vertiefung: Polarlichter</p>
<p>Bewegung von geladenen Teilchen in gekreuzten homogenen elektrischen und magnetischen Feldern <2 + 1></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Wien-Filter</i> ➤ <i>Massenspektrograph</i> 	<p>mögliche Vertiefung: Massenspektrometer und ihre Anwendungen</p>
<p>elektrische und magnetische Felder bei Teilchenbeschleunigern <1 + 4></p>	<p>mögliche Vertiefung: Beschleuniger in der Teilchenphysik und in der medizinischen Therapie</p>
<p>Magnetfelder erzeugen <2+3></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Magnetfeld einer schlanken Spule</i> ➤ <i>Materie im Magnetfeld (relative Permeabilitätszahl)</i> ➤ 	<p>mögliche Vertiefung: Entwurf, Bau und Optimierung von Elektromagneten mit möglichst großer Flussdichte bei vorgegebener Spannung, Messungen mit Messwerterfassungssystemen</p>

Analogien<1> ➤ Vergleich von magnetischem Feld, elektrischem Feld und Gravitationsfeld	
Induktion, Elektromagnetismus <ca. 7 Wochen> Die Schülerinnen und Schüler untersuchen das Phänomen der elektromagnetischen Induktion und erläutern technische Anwendungen. Sie beschreiben die Ursache und Struktur elektromagnetischer Felder anhand der Aussagen der Maxwell-Gleichungen	
Inhalte	Hinweise
Induktion <4> ➤ <i>Induktionsspannung</i> bei konstanter Spulenfläche, ➤ <i>Induktionsspannung</i> durch Flächenänderungen, ➤ Induktionsspannung bei einem Leiter (Metallstab), der senkrecht zu einem Magnetfeld bewegt wird, mithilfe der Lorentzkraft erklären	Schülerexperimente mit Messwerterfassungssystemen Experimente mit Spulen aus flexiblem Draht und mit Metallstab auf zwei Metallschienen Verallgemeinerung der beiden Formeln , bzw. Zusätzlich Erklärung mithilfe des Induktionsgesetzes
Magnetischer Fluss <1> ➤ <i>magnetischer Fluss</i> ➤	Begründung für die Einführung des negativen Vorzeichens: Erinnerung an die Lenz'sche Regel
Induktionsströme bei geschlossenen Leiterschleifen/ Spulen <2> ➤ Induktionsströme bei geschlossenen Leiterschleifen/Spulen ➤ Energieerhaltung und Lenz'sche Regel ➤ Anwendung von ➤ technische Anwendungen (z.B. Wirbelstrombremse, Induktionskochfeld)	Übungsaufgaben auch zur Richtung des Induktionsstroms auch Übungen zu Fällen, in denen (t) nicht linear ist erwünschte (z.B. Wirbelstrombremse, Induktionskochfeld) oder unerwünschte Auswirkungen (z.B. Erwärmung von Eisenkernen in Spulen)
Technische Anwendungen der Induktion <5+3> ➤ Generator ➤ Transformator ➤ Induktionsladegerät	Schülerexperimente mit Messwerterfassungssystem: Zusammenhang von Drehfrequenz und Spannungsamplitude beim Generator, Modellversuche zu Induktionsladegeräten, mögliche Vertiefungen: europäisches Wechselspannungsnetz, Handyladegerät mit Schaltnetzteil und Gleichrichter Kurbel- beziehungsweise Schütteltaschenlampe
Selbstinduktion <2> ➤ <i>Induktivität</i> , ➤ <i>Induktivität</i> einer <i>schlanken Spule</i>	
Ein- und Ausschalten von Spulen <4+1> ➤ I-t-Diagramm ➤ U_{ind} -t-Diagramme	Zusammenhang zwischen den Diagrammen anhand der Formel erklären können, experimentelle Bestimmung der Induktivität einer Spule, Messwerterfassungssystem nutzen, mögliches Auftreten hoher Spannungen beim Ausschalten Hinweis: Bei Experimenten kann es schnell zu

	berührungsgefährlichen Spannungen kommen. Sicherheitsvorgaben beachten! mögliche Vertiefung: DGL beim Ausschalten von Spulen
Energie im Feld einer Spule <2> ➤	Analogie zu anderen Energieformeln diskutieren
Elektromagnetischer Schwingkreis <5+1> ➤ Energieumwandlungen ➤ Vergleich mit der Schwingung eines horizontalen Federpendels ➤ Differentialgleichung lösen, Formel für die <i>Periodendauer</i>	Vergleich mit der DGL für mechanische Schwingungen mögliche Vertiefung: Induktionsschleifen zur Steuerung von Ampeln, Schranken und zur Verkehrskontrolle
Maxwellgleichungen <2> ➤ Qualitative Aussagen der 4 Maxwellgleichungen	Maxwellgleichungen beschreiben Ursachen elektrischer und magnetischer Felder und machen Aussagen über die Struktur der Felder, Richtung der Wirbelfelder mit der Faust-Regel
Mechanische Schwingungen <ca. 7 Wochen>	
Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Schwingungen und wenden ihre Kenntnisse anschließend auf elektromagnetische Schwingungen an. Sie erkennen, dass Differentialgleichungen zur mathematischen Behandlung von Schwingungen notwendig sind.	
Inhalte	Hinweise
Periodendauer verschiedener Pendel <2> ➤ Hypothesen experimentell überprüfen ➤ Physik als experimentelle hypothesengeleitete Wissenschaft	Schülerexperimente in arbeitsteiligen Gruppen
Beschreiben von Schwingungen <4> ➤ <i>Amplitude, Periodendauer, Frequenz</i> ➤ <i>harmonische / nicht harmonische</i> Schwingungen ➤ <i>gedämpfte / ungedämpfte</i> Schwingungen ➤ <i>Winkelgeschwindigkeit</i> ➤ Zeigerdarstellung einer Schwingung	Schwingungen beschreiben: sowohl mit s-t-Diagrammen als auch mit charakteristischen Größen; Messwerterfassungssystem nutzen Wiederholung Bogenmaß
Bewegungsgleichungen für ungedämpfte harmonische Schwingungen <3> ➤ ➤	Inkl. Modellieren realer Schwingungen mit vernachlässigbarer Dämpfung
Schwingungen qualitativ erklären <1> ➤ <i>Rückstellkraft</i> ➤ Durchgang durch die <i>Gleichgewichtslage</i>	Die newtonschen Prinzipien wiederholen. Vorgänge und Begriffe zunächst am horizontalen Federpendel entwickeln.
Hooke'sches Gesetz <2> ➤ Federn und Gummibänder untersuchen, lineares Kraftgesetz als Spezialfall	Schülerexperimente: digitale Messwerterfassung
Differentialgleichung der harm. Schwingung <7> ➤ Lineare Rückstellkraft ➤ Differentialgleichung (Beispiel: Federpendel) ➤ DGL durch geeigneten Ansatz lösen, Bedingung ➤ Periodendauer	Schwingung harmonisch lineare Rückstellkraft Konzept (Aufbau und Bedeutung) einer DGL erklären. DGL sind nicht aus dem Mathematikunterricht bekannt. Hier wird folgender Nachweis geliefert: lineare Rückstellkraft Schwingung harmonisch

<p>Beispiele für Schwingungen <2+1></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Schwingungen im Alltag ➤ Untersuchen, ob Schwingungen harmonisch sind 	<p>mögliche Vertiefung: Erdbeben, Schwingungen bei Gebäuden und Brücken</p>
<p>Training Physikaufgaben <3></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Operatoren ➤ Lösungsdokumentation ➤ Stellen bei Ergebnissen ➤ Erklärungen verfassen 	
<p>Fadenpendel <2+1></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Schwingungsdifferentialgleichung</i> bei kleinen Auslenkungen ➤ <i>Periodendauer</i> 	<p>Die DGL gemeinsam entwickeln und anschließend als Schülerübung lösen.</p> <p>Mögliche Vertiefung: Foucault'sches Pendel und Erdrotation</p>
<p>Energie bei Schwingungen <2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ➤ Energieerhaltung ➤ Energie beim Fadenpendel 	
<p>Überlagerung von Schwingungen <2+2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ qualitative Beschreibung 	<p>z.B. Verstärkung, Auslöschung, Schwebung, mögliche Vertiefung: Schwingungen in der Musik</p>
	<p>mögliche Vertiefung: Erzwungene Schwingungen und Resonanz mit Beispielen aus dem Alltag</p>
<p>Mechanische Wellen <ca. 4 Wochen></p>	
<p>Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Wellen und übertragen ihre Kenntnisse anschließend auf elektromagnetische Wellen. Sie erkennen, dass mit dem Huygens'schen Prinzip grundlegende Wellenphänomene erklärt werden können. Im Vordergrund der Betrachtungen stehen Transversalwellen, an geeigneten Beispielen erkennen die Schülerinnen und Schüler aber auch die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu Longitudinalwellen.</p>	
<p>Inhalte</p>	<p>Hinweise</p>
<p>Beschreibung von mechanischen Wellen <4></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Wellenlänge</i> ➤ <i>Frequenz f</i> der Schwingung einzelner Teilchen ➤ <i>Amplitude</i> ➤ <i>Wellenfront, Wellennormale</i> ➤ <i>Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$</i> ➤ <i>Longitudinalwellen und Transversalwellen</i> ➤ <i>Polarisation</i> ➤ <i>Energietransport</i> 	<p>Einstieg: Beispiele für Wellen sammeln und nach verschiedenen Kriterien gruppieren (mechanische oder elektromagnetische Wellen; Wellenträger bzw. Ausbreitung ein-, zwei- oder dreidimensional; ...)</p> <p>z.B. Wellen auf einem elastischen Seil oder einer langen Spiralfeder</p>
<p>Harmonische Transversalwellen <2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Auslenkung bei einer eindimensionalen harmonischen Transversalwelle: Momentanbild) zum festen Zeitpunkt und Auslenkung an einem festen Ort 	<p>Bemerkung: Im Weiteren werden ausschließlich harmonische Wellen betrachtet, auch wenn das nicht explizit erwähnt wird.</p> <p>Nutzung des Zeigermodells für Wellen</p>
<p>Eindimensionale Wellen <5+2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Gangunterschied</i> bei maximal <i>konstruktiver</i> und bei vollständig <i>destruktiver Interferenz</i> ➤ Reflexion an <i>festen</i> und <i>losen Enden</i> ➤ <i>stehende Transversalwellen (Bäuche, Knoten, kein Energietransport)</i>, Erklärung als Interferenzphänomen, <i>Eigenfrequenzen</i> 	<p>zeichnerische Konstruktion der Auslenkung zu bestimmten festen Zeitpunkten und Beschreibung im Zeigermodell</p> <p>Grundschwingung und Oberschwingungen Erzwungene Schwingungen auf endlichen Wellenträgern: Eigenfrequenzen und Resonanz Auch Schülerexperimente und Arbeiten mit Simulationen.</p> <p>mögliche Vertiefung: Klangentstehung bei</p>

	Musikinstrumenten, Frequenzspektren verschiedener Instrumente
Zweidimensionalen Wellen <8+2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reflexion, Beugung, Interferenz, Brechung und Energietransport ➤ Wellenphänomene in Alltagssituationen erkennen (z.B. Meereswellen, Schallwellen) ➤ Erklärung mithilfe des <i>huygensschen Prinzips</i> (z.B. Reflexion, Beugung und Brechung) ➤ Interferenz zweidimensionaler <i>kohärenter Wellen, Gangunterschied</i>, Anwendung wie z.B. aktive Schallunterdrückung durch Gegenschall 	Demo-Versuche mit der Wellenwanne, Untersuchungen mittels Simulationen durch Schülerinnen und Schüler Konstruktion der Amplitude an bestimmten Orten, Verwendung des Zeigermodells, auch Beispiele zur Überlagerung dreier Wellen mögliche Vertiefung: zusammenfassendes Training zur Darstellung der Lösungen von Aufgaben / zum Verfassen physikalischer Erklärungen (→ Abiturvorbereitung)

Jahrgangsstufe 2

Elektromagnetische Wellen <ca. 4 Wochen>	
Die Schülerinnen und Schüler untersuchen optische Interferenzphänomene und beschreiben diese mithilfe des Modells der elektromagnetischen Welle. Sie können ihre Erkenntnisse sowohl auf Alltagsphänomene als auch die historische Entwicklung von Modellen anwenden.	
Inhalte	Hinweise
Wiederholung <2+2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Huygens'sches Prinzip ➤ Eigenschaften mechanischer Wellen 	Wiederholung z.B. mit einem (digitalen) Lernquiz und dem Erstellen einer Zusammenfassung zu Wellen als HA mögliche Vertiefung: Dopplereffekt im Alltag (Schall), in der Medizin und der Astronomie
Training <4> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lösungsstrategien und Lösungsdokumentation am Beispiel der Interferenz von mechanischen Wellen ➤ Umgang mit fremden Formeln (z.B. Dopplereffekt und andere Beispiele) 	Interferenz eindimensionaler Wellen bei Reflexion, Interferenz zweidimensionaler Wellen. Das Training dient gleichzeitig zur Wiederholung und Vertiefung zum Thema mechanische Wellen.
Wiederholung <2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>elektromagnetischer Schwingkreis</i> und <i>Dämpfung</i> bei <i>elektromagnetischen Schwingungen</i> 	Dämpfung aufgrund des elektrischen Widerstands und des Abstrahlens elektromagnetischer Wellen. Letzteres kann als Überleitung zum neuen Thema dienen.
Eigenschaften von elektromagn. Wellen <2+1> <ul style="list-style-type: none"> ➤ qualitative Experimente ➤ Bestimmung der <i>Ausbreitungsgeschwindigkeit c</i> bei Mikrowellen 	Versuche mit Dezimeterwellengerät, Mikrowellengerät: <ul style="list-style-type: none"> • Aufzeigen der Wellennatur: z.B. Reflexion einer Mikrowelle an einer Metallplatte mit stehender Welle. • Durch Wellenlängenbestimmung bei der stehenden Welle <i>c</i> ermitteln. mögliche Vertiefung: Mikrowellenofen (Experimente)
Hertzscher Dipol <3+1> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grenzfall des <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i> ➤ Felder in der Nähe eines <i>hertzchen Dipols</i> und 	

<p>Abstrahlung einer <i>elektromagnetischen Welle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ elektromagnetische Wellen großer Entfernung zum Sende-Dipol 	<p>mögliche Vertiefung: weitere Antennentypen, Antennen in Alltagsgeräten</p>
<p>Maxwellgleichungen <2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beschreibung von Ursachen und Struktur elektromagnetischer Felder ➤ Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Vakuum 	<p>Die Aussagen der Maxwellgleichungen können statt in der Jahrgangsstufe 1 auch erst hier eingeführt werden. Hier können sie als Anlass zur Wiederholung von Kenntnissen aus der Jahrgangsstufe 1 dienen.</p>
<p>Polarisation bei elektromagnetischen Wellen <1></p>	<p>Versuche mit Dezimeter- oder Mikrowellen</p>
<p>Überblick über das elektromagn. Spektrum <1+2></p>	<p>Mögliche Vertiefung: Elektromagnetische Strahlung im Alltag, aktueller Kenntnisstand zu möglichen Auswirkungen auf Menschen (Mobilfunk, DECT-Telefone, Stromtrassen, ...)</p>
<p>Phänomene der Mittelstufenoptik <3></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erklärungen im Strahlenmodell ➤ weitere Phänomene (z.B. Beugung an einer Blende, Dispersion, ...): ➤ Grenzen des Strahlenmodells 	<p>nach vorbereitender Hausaufgabe: Versuche und Erläuterungen durch Schülergruppen</p>
<p>Lichtgeschwindigkeit <2 + 1></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit ➤ Licht als elektromagnetische Welle 	<p>Herausforderung bei historischen Messungen, experimentelle Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit z.B. durch Laufzeitmessung mit einem Oszilloskop</p> <p>mögliche Vertiefung: Funktionsweise von Laser-Entfernungsmessern und ihre Verwendung zur Messung von c in verschiedenen Medien</p>
<p>Interferenz <12></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ „idealer“ <i>Doppelspalt</i> (<i>Interferenzmuster</i> und Formel für <i>Interferenzmaxima</i> und <i>-minima</i> in der Fernfeldnäherung (Fraunhofer-Näherung)), <i>Intensitätsverteilung</i>, <i>Zeigermodell</i> ➤ "idealer" Mehrfachspalt: Intensitätsverteilungen mithilfe des Zeigermodells erklären ➤ <i>Gitter</i> (<i>Interferenzmuster</i> und Formel für <i>Hauptmaxima</i> in der Fernfeldnäherung) ➤ <i>Einzelspalt</i> (<i>Interferenzmuster</i> Formel für <i>Interferenzminima</i> in der Fernfeldnäherung) ➤ Untersuchung von Interferenzphänomenen im Experiment, Methoden zur Erhöhung der Messgenauigkeit ➤ Sicherheitsaspekte beim Umgang mit Lasern ➤ Interferenzphänomene im Alltag (zum Beispiel Interferenz an dünnen Schichten, Interferenz an Gitterstrukturen, Laser-Speckle) 	<p>„Idealer“ oder „idealisierter“ Doppelt- bzw. Mehrfachspalt: ohne Berücksichtigung des Einzelspalteinflusses</p> <p>Hinweis: Mehrfachspalt wird im BP2016 nicht verlangt</p> <p>Hinweis: Laut BP müssen die Schülerinnen und Schüler Interferenz selbst experimentell untersuchen können!</p> <p>Schülerexperimente: Wellenlängenbestimmung mit Gittern, Bestimmen des Spurbabstands einer CD (oder des Fadenabstands einer Gardine) aus Interferenzmustern</p> <p>Hinweis: Für Schülerexperimente sind inzwischen Laser der Klasse 1 erhältlich.</p>
<p>Training <3></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lösen von Physikaufgaben am Beispiel der Wellenoptik: Operatoren, Lösungsdokumentation, Verwendung geeigneter Skizzen, Erklärungen verfassen 	
<p>Historische Entwicklung von Modellvorstellungen des Lichts <2></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ z. B. Lichtstrahlen, Lichtteilchen, Lichtwellen, elektromagn. Wellen, Photonen 	<p>Grenzen der jeweiligen Modelle, Zusammenhang zwischen Modellen und experimentellen Möglichkeiten, grundsätzliche empirische Überprüfbarkeit physikalischer Aussagen und</p>

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Funktion von Modellen in der Physik; Hypothese – Experiment – Bewertung 	Modelle
Quantenphysik (ca. 6 Wochen)	
<p>Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass jegliche klassische Modellvorstellungen zur vollständigen und widerspruchsfreien Beschreibung des Verhaltens von Quantenobjekten wie Photonen und Elektronen versagen. Insbesondere erkennen sie, dass quantenphysikalische Erfahrungen und Experimente vertraute Konzepte und Begriffe (Determinismus, Kausalität, Bahnbegriff) in Frage stellen. Sie beschreiben das Verhalten von Quantenobjekten unter anderem mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen und der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation.</p>	
Inhalte	Hinweise
Doppelspalt <2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Einzelphotonenexperimente ➤ Elektronen und He-Atome ➤ Photonen, Elektronen, He-Atome als <i>Quantenobjekte</i> 	Filme und Simulationen zu den in der Schule nicht durchführbaren Experimenten nutzen, Grenzen der klassischen Modelle
Erkenntnisgewinnung in der Physik <2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hypothese – Experiment – Modell – Falsifizierbarkeit ➤ Anforderungen an physikalische Modelle 	Schülerexperimente mit Black-Boxes Modelle müssen nicht anschaulich sein (Beispiel: quantenphysikalisches Modell),
Grundzüge der Quantenphysik <9> <ul style="list-style-type: none"> ➤ stochastische Vorhersagbarkeit ➤ Fähigkeit zur <i>Interferenz</i> ➤ Unbestimmtheit von Eigenschaften ➤ Messungen (u.a. bei Interferenzexperimenten mit einzelnen <i>Quantenobjekten</i>) ➤ Komplementarität am Beispiel von <i>Interferenzfähigkeit</i> und <i>Welcher-Weg-Information</i> (zum Beispiel Doppelspalt und Mach-Zehnder-Interferometer) ➤ Anwenden der Grundzüge der Quantenphysik auf neue Experimente (zum Beispiel Mach-Zehnder-Interferometer, Michelson-Interferometer, Einzelspalt) 	Vergleich der stochastischen Vorhersagbarkeit von Messergebnissen in der Quantenphysik mit dem deterministischen Modell der klassischen Physik. Bemerkung: Die Grundzüge können im Unterricht zunächst auch nur anhand von einer Sorte von Quantenobjekten (z.B. Photonen oder Elektronen) erarbeitet und danach auf andere ausgeweitet werden.
Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation bezüglich Ort und Impuls <2 + 1> <ul style="list-style-type: none"> ➤ * ➤ Konsequenzen aus der <i>Unbestimmtheitsrelation</i>: Aufgabe des klassischen Bahnbegriffs und des klassischen Determinismus <p>* Bemerkung: Der Bildungsplan nutzt die Abschätzung .</p>	Bemerkung: Eine fachlich korrekte Herleitung ist im Rahmen des Schulunterrichts nur schwer möglich. Betrachtungen der Querimpulse am Einzelspalt können lediglich eine heuristische Plausibilisierung liefern und werden in der fachdidaktischen Literatur kritisch hinterfragt. mögliche Vertiefung: Energie-Zeit-Unbestimmtheit, Tunneleffekt und Rastertunnelmikroskope
Vergleich klassische Physik - Quantenphysik <1 + 2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen <i>Wellen</i>, klassischen <i>Teilchen</i> und <i>Quantenobjekten</i> am <i>Doppelspalt</i> ➤ Determinismus versus Wahrscheinlichkeitsaussagen 	mögliche Vertiefung: Interpretationen der Quantenphysik
Lichtelektrischer Effekt <4> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hallwachs-Effekt, Photozelle ➤ Erklärung des <i>lichtelektrischen Effekts</i> im Photonen-Modell der Quantenphysik 	Experimente mit einer Photozelle -Bestimmung mittels einer Photozelle:

(Einsteinsche Lichtquantenhypothese) ➤ Photonenenergie und einsteinsche Gleichung zum Photoeffekt ➤ Bedeutung von Naturkonstanten am Beispiel der planckschen Konstante	Funktionalen Zusammenhang ermitteln. Diagramm und als Alternative lineare Regression mit dem WTR nutzen Naturkonstanten als universelle Konstanten, Bedeutung von h in der Physik und im SI
Energie und Impuls bei Quantenobjekten <3> ➤ ➤ de-Broglie-Wellenlänge bei Quanten-objekten mit Ruhemasse	Aufgaben zu Impuls und Wellenlänge bei Interferenzexperimenten mit Elektronen- oder Atomstrahlen
	mögliche Vertiefungen: Wolkenmodell: Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte durch Wolken mit entsprechendem Dichteverlauf, „Wahrscheinlichkeitswolke“ ausgewählte Aspekte des quantenphysikalischen Atommodells Quantenverschlüsselung und Experimente zur Quantenphysik
Vorbereitung auf das schriftliche Abitur (ca. 3 Wochen)	
Inhalte	Hinweise
Lernplanung und Lernmethoden <1>	Bereits vor Beginn der Wiederholungs- und Vorbereitungsphase
Überblick über Themen, Formeln und Methoden aus dem Physikunterricht der Jahrgangsstufen 1 und 2 <5>	Wiederholung zentraler Aspekte aus den verschiedenen Themengebieten
Training zum Lösen von für das schriftliche Abitur typischen Aufgaben <10>	Wiederholungsphasen und Trainingsphasen im Wechsel
Wahlthema nach dem schriftlichen Abitur (ca. 6 Wochen)	
Die Schülerinnen und Schüler vertiefen und erweitern ihre physikalischen Kompetenzen in einem Themengebiet. Die Themengestaltung orientiert sich dabei an den zuvor erworbenen inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen. Im Hinblick auf die Vorbereitung zum Studium beziehungsweise Beruf erfolgt die Erarbeitung der Inhalte möglichst selbstständig	
Inhalte	Hinweise
Bedeutung und Beitrag der Physik für die Gesellschaft, Unterscheidung zwischen naturwissenschaftlichen Aussagen (inkl. Angaben zur Unsicherheit) und Behauptungen	zum Beispiel anhand des Themas „Klimawandel“, grundsätzliche empirische Überprüfbarkeit physikalischer Aussagen und Modelle
Vertiefendes Themengebiet (zum Beispiel Atomphysik, Quantenphysik, Laserphysik, Relativitätstheorie, Elementarteilchenphysik, Astrophysik, Kosmologie, Umweltphysik, Halbleiterphysik)	