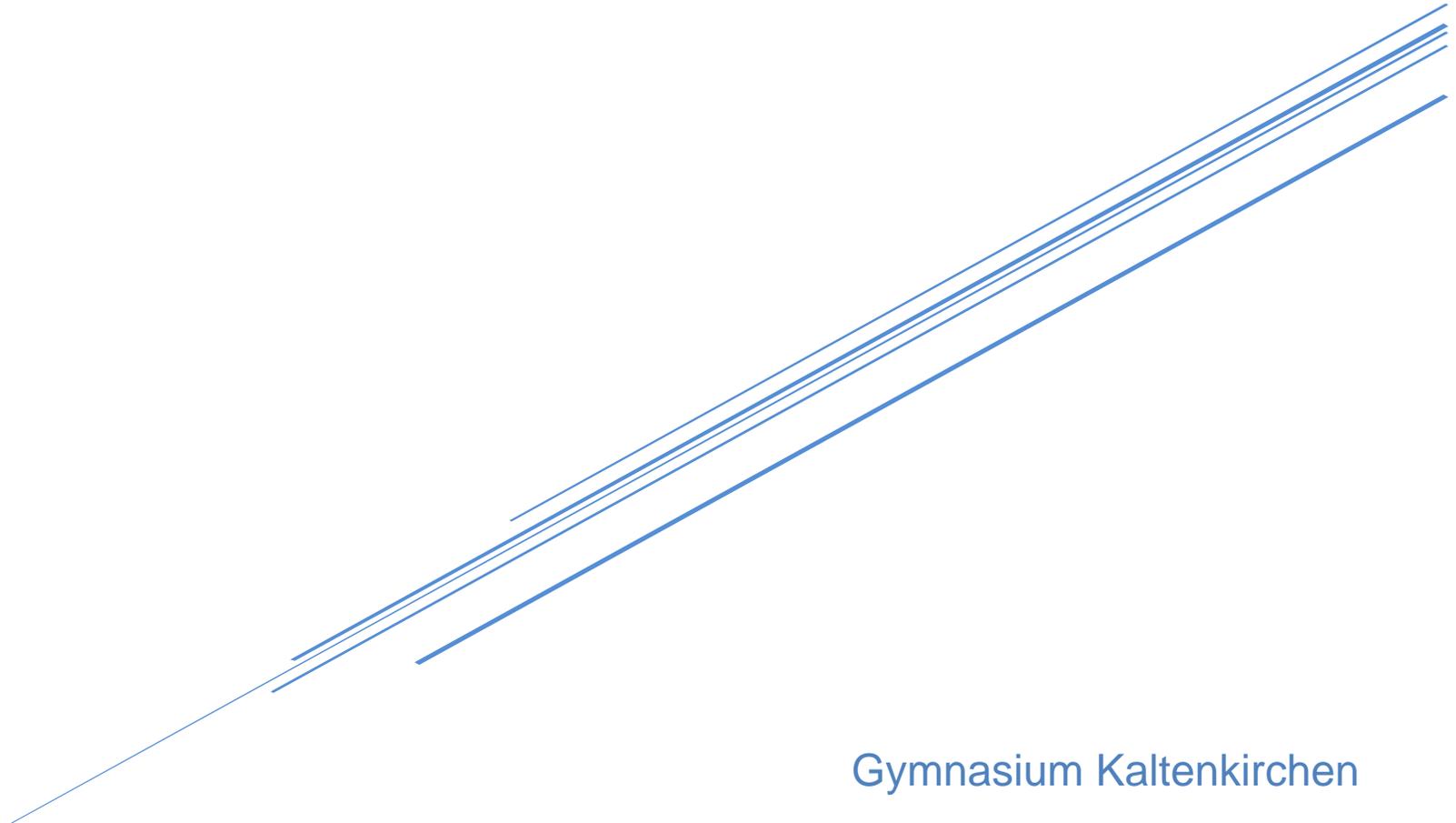


# FACHCURRICULUM PHYSIK

## Sekundarstufe II



Gymnasium Kaltenkirchen

## Inhaltsverzeichnis

Die Sekundarstufe II .....	2
Operatoren im Fach Physik.....	3
Curriculum E-Phase .....	6
1. Mechanik E (kein Profilkurs).....	6
2. Mechanik E (Profilkurs).....	9
Curriculum Q1- und Q2-Phase.....	13
1. Q1 und Q2, kein Profilkurs.....	13
<b>1.1 Elektrische und magnetische Felder Q1</b> .....	13
<b>1.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen (Q1, Q2)</b> .....	19
<b>1.3 Quantenphysik und Materie (Q2)</b> .....	22
2. Q1 und Q2, Profilkurs .....	25
<b>2.1 Elektrische und magnetische Felder (Q1)</b> .....	25
<b>2.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen (Q1, Q2)</b> .....	33
<b>2.3 Quantenphysik und Materie (Q2)</b> .....	38

## Die Sekundarstufe II

Die Benotung der Klassenarbeiten erfolgt während der gesamten Oberstufe nach folgendem **Bewertungsschlüssel** (s. FA S. 71):

Prozentualer Anteil der erreichten Bewertungseinheiten bezogen auf die erreichbaren Bewertungseinheiten	Note	Notenpunkte
über 95 bis 100	sehr gut	<b>15</b>
über 90 bis 95	sehr gut	<b>14</b>
über 85 bis 90	sehr gut	<b>13</b>
über 80 bis 85	gut	<b>12</b>
über 75 bis 80	gut	<b>11</b>
über 70 bis 75	gut	<b>10</b>
über 65 bis 70	befriedigend	<b>9</b>
über 60 bis 65	befriedigend	<b>8</b>
über 55 bis 60	befriedigend	<b>7</b>
über 50 bis 55	ausreichend	<b>6</b>
über 45 bis 50	ausreichend	<b>5</b>
über 40 bis 45	ausreichend	<b>4</b>
über 33 bis 40	mangelhaft	<b>3</b>
über 26 bis 33	mangelhaft	<b>2</b>
über 19 bis 26	mangelhaft	<b>1</b>
bis 19	ungenügend	<b>0</b>

Die Liste mit den **Operatoren** (s. u.) müssen den Schülerinnen und Schülern zu Beginn der Oberstufe ausgehändigt werden und es sollte im Laufe der Oberstufe immer wieder darauf hingewiesen werden.

## Operatoren im Fach Physik

**Anmerkungen:** Im Folgenden werden Operatoren erläutert, die im Fach Physik verwendet werden. Diese Operatoren können hinsichtlich ihrer Bedeutung durch Zusätze (zum Beispiel „rechnerisch“ oder „graphisch“) spezifiziert werden. Zugelassene Hilfsmittel dürfen zur Bearbeitung verwendet werden, wenn dem kein entsprechender Zusatz entgegensteht. Sofern durch den Operator nichts anderes bestimmt ist, ist bei der Bearbeitung der Aufgabe das Vorgehen so zu dokumentieren, dass es für eine fachkundige Person nachvollziehbar ist. Im Einzelfall können auch hier nicht aufgeführte Operatoren eingesetzt werden, wenn davon auszugehen ist, dass sich deren Bedeutung aus dem Kontext ergibt (zum Beispiel „beschriften“, „ankreuzen“).

<b>Operator</b>	<b>Beschreibung der erwarteten Leistung</b>
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen sachgerechte Schlüsse ziehen
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen angeben
analysieren	systematisches Untersuchen eines Sachverhaltes, bei dem Bestandteile, dessen Merkmale und ihre Beziehungen zueinander erfasst und dargestellt werden
anwenden	einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf einen anderen Sachverhalt beziehen
aufbauen (Experimente)	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
aufstellen / entwickeln von Hypothesen	begründete Vermutung auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen, gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen und Schlussfolgerungen ziehen
begründen	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten oder kausale Zusammenhänge zurückführen

berechnen	Ergebnisse aus gegebenen und experimentell gewonnenen Werten rechnerisch generieren
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben
bestimmen	einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen
beweisen	mit Hilfe von sachlichen Argumenten durch logisches Herleiten eine Behauptung / Aussage bestätigen beziehungsweise widerlegen
bewerten	Sachverhalte, Gegenstände, Methoden, Ergebnisse an Beurteilungskriterien oder Normen und Werten messen
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden strukturiert und gegebenenfalls fachsprachlich wiedergeben
diskutieren	in Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen oder Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
dokumentieren	alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen
durchführen (experimentell)	eine vorgegebene oder eigene Experimentieranleitung umsetzen
erklären	einen Sachverhalt mithilfe eigener Kenntnisse in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen
erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen veranschaulichen und verständlich machen
ermitteln	einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren
herleiten	aus Größengleichungen durch mathematische Operationen eine physikalische Größe freistellen und dabei wesentliche Lösungsschritte kommentieren

interpretieren / deuten	Sachverhalte und Zusammenhänge im Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten herausarbeiten
klassifizieren / ordnen	Begriffe, Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen
nennen / angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten, Fakten ohne Erläuterung wiedergeben
planen	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden und eine Experimentieranleitung erstellen
protokollieren	Ablauf, Beobachtungen und Ergebnisse sowie gegebenenfalls Auswertung (Ergebnisprotokoll, Verlaufsprotokoll) in fachtypischer Weise wiedergeben
skizzieren	Sachverhalte, Objekte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduzieren und diese grafisch oder schriftlich übersichtlich darstellen
Stellung nehmen	zu einem Gegenstand oder Sachverhalt, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben
überprüfen / prüfen / testen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und gegebenenfalls Widersprüche aufdecken
untersuchen	Sachverhalte / Objekte erkunden, Merkmale und Zusammenhänge herausarbeiten
verallgemeinern	aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage treffen
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln
zeichnen	eine exakte Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen
zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form wiedergeben

## Curriculum E-Phase

Im Folgenden werden die verbindlichen Inhalte der E-Phase aufgeführt.

### Klassenarbeiten (kein Profilkurs):

Im 1. Halbjahr (E1) und 2. Halbjahr (E2) wird jeweils eine zweistündige Klassenarbeit geschrieben.

### Klassenarbeiten (Profilkurs):

Im 1. Halbjahr (E1) wird eine zweistündige Klassenarbeit im ersten Halbjahr geschrieben.

Im 2. Halbjahr (E2) werden zwei jeweils zweistündige Klassenarbeiten geschrieben.

(Den aktuellen Klausurerlass findet man unter <https://schulintern.sh.schulcommsy.de/room/2323912/announcement/8281341>.)

## 1. Mechanik E (kein Profilkurs)

Ausgangspunkt ist ein gekürzter Unterricht von 2 Stunden pro Woche. Bei dreistündigem Unterricht wird dann der Unterricht mit Inhalten aus dem Profilkurs aufgefüllt.

Schwerpunkte sind der Aufbau der Sachkompetenz (Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen: S4, S5, S6, S7) sowie der Erkenntnisgewinnungskompetenz (Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen: E3, E4, E5).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Kinematik</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren Bewegungen auch anhand von Bild- oder Videomaterial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung</li> </ul>	Es wird empfohlen, die Dynamik von Beginn an in den Mittelpunkt zu	Digitalisierung: Videoanalyse mit Tracker oder Viana,

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>identifizieren gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen als Spezialfälle allgemeiner Bewegungen.</li> <li>bestimmen Strecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auch mit Methoden der Differential- und Integralrechnung</li> <li>führen komplexere Bewegungen auf die Überlagerung von einfachen Bewegungen zurück</li> <li>führen eine quantitative Analyse des waagerechten Wurfs durch</li> <li>wenden Energieerhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von Bewegungen an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung</li> <li>Freier Fall</li> <li>Waagerechter Wurf</li> <li>Energieerhaltung</li> </ul>	<p>stellen und die Kinematik zu integrieren.</p> <p>Eine eigene Unterrichtseinheit zur Wiederholung der gleichförmigen Bewegung ist nicht vorgesehen. Der mathematische Zusammenhang zwischen einer Größe und ihrer zeitlichen Änderungsrate soll basierend auf dem Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler zur Differential- und Integralrechnung im Verlauf der Oberstufe zunehmend an Relevanz gewinnen.</p>	<p>Fahrbahnexperimente mit Cassy, Bewegungsexperimente mit EasySense-Messsystem (mit Ultraschallsensor oder Lichtschranken)</p> <p>Anwenden des Energieerhaltungssatzes auch gut im Thementeil „Dynamik“ möglich</p> <p>Verbindliche Formeln: Bewegungsgesetze:  <math>s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2,</math>  <math>v(t) = a \cdot t;</math>  <math>E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2,</math>  <math>E_{pot} = m \cdot g \cdot h</math></p>
<b>Dynamik</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben und berechnen Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masse, Kraft, Beschleunigung</li> <li>Trägheitsprinzip</li> <li>Reibungskraft</li> </ul>	Die Integration der Kinematik in die Dynamik von Anfang an kann sinnvoll sein, zum Beispiel indem der Einfluss von Kräften auf	Hinweis: Reibungskräfte und Kräftezerlegung (insb. „schiefe Ebene“) wurden in der

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>nutzen ihr Wissen über den vektoriellen Charakter der Kraft zur Kräfteaddition und Kräftezerlegung.</li> <li>unterscheiden zwischen realen und idealisierten Bewegungen.</li> </ul>		Bewegungen als Ursache einer Beschleunigung früh mit behandelt wird.	<p>Mittelstufe nicht unterrichtet.</p> <p>Verbindliche Formeln:  <math>F = m \cdot a</math>,  <math>F_H = F_G \cdot \sin\alpha</math>,  <math>F_N = F_G \cdot \cos\alpha</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern den Impulserhaltungssatz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuls,</li> <li>Impulserhaltung</li> </ul>		Verbindliche Formeln: $p = m \cdot a$
<b>Kreisbewegung und Gravitation (ist in den Fachanforderungen hier nicht mehr vorgesehen)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung.</li> <li>berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen.</li> <li>erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen.</li> <li>nennen das Gravitationsgesetz.</li> <li>analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Gravitationsfeld.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahn- und Winkelgeschwindigkeit,</li> <li>Zentripetalkraft,</li> <li>Gravitationsfeld,</li> <li>Gravitationsgesetz</li> </ul>	Es ist keine umfassende Unterrichtseinheit zum Drehimpuls vorgesehen.	<p>Die Untersuchung der mechanischen Kreisbewegung bildet die Grundlage für die mathematische Beschreibung von Radialfeldern.</p> <p>Es bietet sich an, z.B. den Looping unter energetischen Gesichtspunkten zu behandeln. (Zentrales Experiment: Loopingbahn)</p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
			Nach dem Magnetfeld (bekannt aus Sek I) ist das Gravitationsfeld ein weiteres Beispiel für die physikalische Modellvorstellung „Feld“, je nach Perspektive als homogenes Feld oder Radialfeld.

## 2. Mechanik E (Profilkurs)

Im Profilkurs wird der Unterricht in der Eingangsstufe dreistündig erteilt.

Schwerpunkte sind der Aufbau der Sachkompetenz (Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen: S4, S5, S6, S7) sowie der Erkenntnisgewinnungskompetenz (Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen: E3, E4, E5).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Kinematik</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren Bewegungen auch anhand von Bild- oder Videomaterial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung</li> </ul>	Eine eigene Unterrichtseinheit zur Wiederholung der gleichförmigen Bewegung ist nicht vorgesehen.	Digitalisierung: Videoanalyse mit Tracker oder Viana,

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>identifizieren gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen als Spezialfälle allgemeiner Bewegungen.</li> <li>bestimmen Strecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auch mit Methoden der Differential- und Integralrechnung</li> <li>führen komplexere Bewegungen auf die Überlagerung von einfachen Bewegungen zurück</li> <li>führen eine quantitative Analyse des waagerechten Wurfs durch</li> <li>wenden Energieerhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von Bewegungen an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung</li> <li>Freier Fall</li> <li>Waagerechter Wurf</li> <li>Energieerhaltung</li> </ul>	Der mathematische Zusammenhang zwischen einer Größe und ihrer zeitlichen Änderungsrate soll basierend auf dem Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler zur Differential- und Integralrechnung im Verlauf der Oberstufe zunehmend an Relevanz gewinnen.	<p>Fahrbahnexperimente mit Cassy, Bewegungsexperimente mit EasySense-Messsystem (mit Ultraschallsensor oder Lichtschranken)</p> <p>Anwenden des Energieerhaltungssatzes auch gut im Thementeil „Dynamik“ möglich</p> <p>Verbindliche Formeln: Bewegungsgesetze:  <math>s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2,</math>  <math>v(t) = a \cdot t;</math>  <math>E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2,</math>  <math>E_{pot} = m \cdot g \cdot h</math></p>
<b>Dynamik</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben und berechnen Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen.</li> <li>nutzen ihr Wissen über den vektoriellen Charakter der Kraft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masse, Kraft, Beschleunigung</li> <li>Trägheitsprinzip</li> <li>Reibungskraft</li> </ul>	Die Integration der Kinematik in die Dynamik von Anfang an kann sinnvoll sein, zum Beispiel indem der Einfluss von Kräften auf Bewegungen als Ursache einer	Hinweis: Reibungskräfte und Kräftezerlegung (insb. „schiefe Ebene“) wurden in der

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>zur Kräfteaddition und Kräftezerlegung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden zwischen realen und idealisierten Bewegungen.</li> <li>• sagen reale Bewegungen mithilfe iterativer Verfahren voraus.</li> </ul>		Beschleunigung früh mit behandelt wird.	<p>Mittelstufe nicht unterrichtet.</p> <p>Verbindliche Formeln:  <math>F = m \cdot a</math>,  <math>F_H = F_G \cdot \sin\alpha</math>,  <math>F_N = F_G \cdot \cos\alpha</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Impulserhaltungssatz.</li> <li>• wenden den Impulserhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von elastischen und unelastischen Stößen an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuls,</li> <li>• Impulserhaltung</li> </ul>		<p>Verbindliche Formeln:  <math>p = m \cdot a</math></p>
<b>Kreisbewegung und Gravitation (ist in den Fachanforderungen hier nicht mehr vorgesehen)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung.</li> <li>• berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen.</li> <li>• erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen.</li> <li>• erklären Drehbewegungen unter Nutzung der Drehimpulserhaltung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahn- und Winkelgeschwindigkeit,</li> <li>• Zentripetalkraft,</li> <li>• Drehimpuls und Drehimpulserhaltung,</li> <li>• Gravitationsfeld,</li> <li>• Gravitationsgesetz</li> </ul>	<p>Es ist keine umfassende Unterrichtseinheit zum Drehimpuls vorgesehen.</p> <p><b>Die Behandlung des Drehimpulses ist auch im Zusammenhang mit den Quantenzahlen möglich.</b></p>	<p>Die Untersuchung der mechanischen Kreisbewegung bildet die Grundlage für die mathematische Beschreibung von Radialfeldern.</p> <p>Es bietet sich an, z.B. den Looping unter energetischen</p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen das Gravitationsgesetz.</li> <li>• analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Gravitationsfeld.</li> </ul>			<p>Gesichtspunkten zu behandeln. (Zentrales Experiment: Loopingbahn) <b>Der Drehimpuls wird im Zusammenhang mit den Quantenzahlen behandelt!</b> Nach dem Magnetfeld (bekannt aus Sek I) ist das Gravitationsfeld ein weiteres Beispiel für die physikalische Modellvorstellung „Feld“, je nach Perspektive als homogenes Feld oder Radialfeld.</p>

## Curriculum Q1- und Q2-Phase

Im Folgenden werden die verbindlichen Inhalte der Q1- und Q2-Phase aufgeführt, getrennt für den herkömmlichen Grundkurs („kein Profilkurs“) und den Profilkurs.

### 1. Q1 und Q2, kein Profilkurs

Da der Unterricht aktuell nur gekürzt (2stündig anstelle von 3stündig) unterrichtet werden kann, werden Inhalte **grau unterlegt**, die nicht zwingend Unterrichtsgegenstand sein müssen.

#### Klassenarbeiten (kein Profilkurs):

Im 1. Halbjahr (Q1.1) und 2. Halbjahr (Q1.2) von Q1 wird jeweils eine zweistündige Klassenarbeit geschrieben.

Im 1. Halbjahr (Q2.1) und 2. Halbjahr (Q2.2) von Q2 wird jeweils eine zweistündige Klassenarbeit geschrieben.

(Den aktuellen Klausurerlass findet man unter <https://schulintern.sh.schulcommsy.de/room/2323912/announcement/8281341.>)

### 1.1 Elektrische und magnetische Felder Q1

Schwerpunkte sind der Aufbau der Sachkompetenz (Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen: S1, S2, S3) sowie der Erkenntnisgewinnungskompetenz (Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren: E6, E7, E8, E9).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben und vergleichen die grundlegenden Eigenschaften von Feldern an Beispielen (qualitativ).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlegende Eigenschaften von Feldern am Beispiel des elektrischen, des Magnet- und des Gravitationsfeldes</li> </ul>	Es wird empfohlen, die grundlegenden Eigenschaften von Feldern zunächst qualitativ zu behandeln, bevor der Begriff Feldstärke eingeführt wird.	Zentrale Experimente: Darstellung von elektrischen Feldern mit Prado-Projektor und Einsätzen für

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren Experimente zum Nachweis elektrischer Ladungen.</li> <li>beschreiben die Kräfte zwischen und innerhalb von geladenen Körpern.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elektrische Ladung</li> <li>geladene Körper</li> <li>Influenz</li> <li>dielektrische Polarisierung</li> <li>Kräfte zwischen Ladungen</li> <li>Abschirmung elektrischer Felder</li> </ul>		unterschiedliche elektrische Felder; Elektrostatik-Experimente (auch als Schülerexperiment möglich)
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern den Zusammenhang von Kraft und elektrischer Feldstärke.</li> <li>skizzieren elektrische Felder mittels Feldlinien.</li> <li>beschreiben die Superposition von Feldern mittels Additions zweier feldbeschreibender Vektoren in der Ebene (zeichnerisch).</li> <li>vergleichen das Gravitationsgesetz mit dem Coulomb'schen Gesetz.</li> <li>wenden das Gravitationsgesetz und das Coulomb'sche Gesetz an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elektrische Feldstärke</li> <li>Feldlinien, (Radialfeld, Dipolfeld, homogenes Feld)</li> <li>Superposition und Abschirmung von elektrischen Feldern</li> <li>Gravitationsgesetz</li> <li>Coulomb'sches Gesetz</li> </ul>		Verbindliche Formeln: $E = \frac{F}{q}, F = Q \cdot E,$ $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2},$ $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$ $F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben den Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen Feld des Plattenkondensators.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spannung und elektrische Feldstärke im Plattenkondensator</li> </ul>		Verbindliche Formeln: $U = E \cdot d$
<ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen Kapazität und gespeicherte elektrische Energie eines Plattenkondensators.</li> <li>beschreiben die Einsatzmöglichkeiten eines Kondensators als Energiespeicher Bauelement in Stromkreisen.</li> <li>beschreiben und begründen den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Ladevorgängen.</li> <li>berechnen den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Entladevorgängen mittels Exponentialfunktion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften des Plattenkondensators:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Kapazität (auch in Abhängigkeit von den geometrischen Daten und der Dielektrizitätszahl)</li> <li>gespeicherte Ladungsmenge</li> <li>gespeicherte Energie</li> </ul> </li> <li>Auf- und Entladevorgang eines Kondensators</li> </ul>	Als Vertiefung bieten sich die Auf- und Entladevorgänge eines Kondensators sowie die Bedeutung kapazitiver Bauelemente in Stromkreisen an.	Verbindliche Formeln: $C = \frac{Q}{U}$ $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$  Zentrales Experiment: Plattenkondensator (auch als Schülerexperiment möglich)
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben und berechnen die Kräfte auf stromdurchflossene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>magnetische Flussdichte</li> <li>magnetische Feldlinien, Superposition und Abschirmung</li> </ul>	In der Literatur wird der Begriff magnetische Feldstärke häufig synonym zum Begriff der	Verbindliche Formeln: $B = \frac{F}{I \cdot l}, F = I \cdot l \cdot B$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>oder bewegte Leiter im Magnetfeld.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• skizzieren das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule.</li> <li>• messen die magnetische Flussdichte.</li> <li>• beschreiben den Einfluss von Stromstärke, Windungszahl, Spulenlänge und Medium im Inneren auf die magnetische Flussdichte einer Spule.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetfeld einer langen stromdurchflossenen Spule</li> </ul>	<p>magnetischen Flussdichte verwendet. Es empfiehlt sich, die Lernenden insbesondere im Hinblick auf die schriftliche Abiturprüfung darauf hinzuweisen.</p>	
<b>Körper in statischen Feldern</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben und berechnen die Kräfte auf Ladungen in elektrischen Feldern.</li> <li>• beschreiben und berechnen die Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld.</li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Kraft und magnetischer Flussdichte (Feldstärke).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungen in homogenen elektrischen Feldern</li> <li>• bewegte Ladungen im homogenen Magnetfeld (Lorentzkraft)</li> </ul>	<p>Es sollte die Analogie zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung und dem waagrechten Wurf aus der Mechanik hergestellt werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorentzkraft</li> <li>• Nachweis von Magnetfeldern</li> </ul> <p>Verbindliche Formeln: <math>F_L = q \cdot v \cdot B</math></p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren und berechnen die Bewegung geladener Teilchen im homogenen und elektrischen Feld und vergleichen sie mit Bewegungen im Gravitationsfeld.</li> <li>analysieren und berechnen die Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern.</li> <li>berechnen die Geschwindigkeit und die Energie von beschleunigten Ladungen mit Hilfe des Energiesatzes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>potenzielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld</li> <li>Energiebetrachtung beim Beschleunigen von geladenen Teilchen</li> </ul>	Im Zusammenhang mit der Beschleunigung von Ladungen bietet es sich an, auf die Grenzen der klassischen Physik bei höheren Geschwindigkeiten hinzuweisen.	Zentrale Experimente: Elektronenstrahlröhre, Fadenstrahlrohr
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung.</li> <li>berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen.</li> <li>erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen.</li> <li>analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Magnetfeld.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung von Kreisbewegungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bahn- und Winkelgeschwindigkeit</li> <li>Zentripetalkraft</li> </ul> </li> <li>Kreisbewegung von geladenen Teilchen in homogenen Magnetfeldern</li> </ul>	Kreisbewegungen können auch schon im Rahmen der Mechanik untersucht werden.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern und analysieren Experimente zur Bestimmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Experimente zur Bestimmung von Eigenschaften des Elektrons: <ul style="list-style-type: none"> <li>Millikanversuch</li> </ul> </li> </ul>		Mögliche Anwendungen: Kreisbeschleuniger,

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>der Ladung und der Masse eines Elektrons.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen beschleunigt beziehungsweise abgelenkt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr</li> <li>Anwendung elektrischer und magnetischer Felder: <ul style="list-style-type: none"> <li>Linear- und Kreisbeschleuniger</li> <li>Massenspektrometer</li> </ul> </li> </ul>		<p>Massenspektrometer, Wien-Filter</p> <p>Zentrale Experimente: Millikan-Experiment, Fadenstrahlrohr</p>
<b>Veränderliche elektromagnetische Felder</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern und wenden das Induktionsgesetz in den Spezialfällen konstanter Fläche oder konstanter magnetischer Flussdichte an.</li> <li>beschreiben den Zusammenhang zwischen der Richtung des Induktionsstroms und seiner Wirkung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient)</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren technische Anwendungen der Induktion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beispiele für technische Anwendungen der Induktion</li> </ul>		

## 1.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen (Q1, Q2)

Schwerpunkte sind der Aufbau der Sachkompetenz (Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen: S1, S2, S3) sowie der Erkenntnisgewinnungskompetenz (Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden: E1, E2; Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren: E10, E11).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Mechanische und elektromagnetische Schwingungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben Schwingungen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen.</li> <li>berechnen Schwingungsdauern und Frequenzen von Schwingungen anhand systembeschreibender Größen an den Beispielen Faden- und Federpendel, Wechselstrom</li> <li>stellen Schwingungen und Wellen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar und ermitteln aus der Schwingungsgleichung die charakteristischen Größen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mechanische und elektromagnetische Schwingungen: Schwingung, Schwingungsebene, Auslenkung, Amplitude, Frequenz, Periodendauer</li> <li>charakteristische Größen elektromagnetischer Schwingungen und ihre Zusammenhänge: Frequenz, Periodendauer</li> <li>Schwingungsgleichung</li> </ul>	<p>Zur Darstellung von harmonischen Schwingungen ist die Nutzung von Zeigerdiagrammen möglich.</p> <p>Zur Resonanz bietet sich die Betrachtung von Präventionsmaßnahmen in Gebäuden zur Verhinderung der Zerstörung bei Erdbeben an.</p>	<p>Verbindliche Formeln:</p> $f = \frac{n}{t},$ $f = \frac{1}{T},$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f,$ $v_{Ph} = \frac{\lambda}{T},$ $y = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t),$ $F = -Dy$
<b>Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben Wellen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>charakteristische Größen harmonischer Wellen und ihre Zusammenhänge: Wellenlänge,</li> </ul>	<p>Mechanische und akustische Wellen sind nur insoweit zu behandeln, als es zum Verständnis der optischen</p>	<p>Verbindliche Formeln:</p> $f = \frac{n}{t},$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Ausbreitung und Reflexion von Wellen mit Hilfe von gekoppelten Oszillatoren und mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips.</li> <li>erklären Unterschiede von Transversal- und Longitudinalwellen.</li> <li>wenden das Wellenkonzept zur Erklärung des Dopplereffekts an.</li> <li>untersuchen Polarisationsphänomene experimentell.</li> <li>nutzen die Polarisierbarkeit von Transversalwellen als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinalwellen.</li> </ul>	<p>Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugung und Ausbreitung von Wellen, Huygens'sches Prinzip, Beugung, Brechung</li> <li>Transversal- und Longitudinalwellen</li> <li>Dopplereffekt (qualitativ)</li> <li>Polarisation</li> </ul>	<p>Wellen nötig ist. Dies kann sowohl vorgeschaltet als auch integriert geschehen.</p> <p>Beispiele aus der Akustik stellen eine sinnvolle Ergänzung dar.</p>	$f = \frac{1}{T},$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f,$ $v_{Ph} = \frac{\lambda}{T}$ <p>Zentrale Experimente: Wellenmaschine, Wellenwanne</p> <p>ggf. Exkursion (Orgelführung)</p>
<b>Überlagerung von Wellen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>untersuchen Interferenzphänomene experimentell.</li> <li>erklären mithilfe des Huygens'schen Prinzips die Entstehung von</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interferenzphänomene auch mit polychromatischem Licht</li> <li>Superposition, Interferenz am Doppelspalt und Gitter</li> </ul>	<p>Es bieten sich Darstellungen mit Hilfe von Zeigerdiagrammen an.</p>	<p>Verbindliche Formeln: konstruktive Interferenz: <math>\Delta s = n \cdot \lambda,</math> destruktive Interferenz: <math>\Delta s = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}</math></p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>Interferenzmustern und nennen Bedingungen für das Auftreten von Interferenz.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen die Lage von Maxima und Minima bei Interferenzphänomenen.</li> <li>• bestimmen mit Hilfe der Interferenz die Wellenlänge der verwendeten Lichtquelle.</li> <li>• beschreiben die Überlagerung von reflektierten Wellen und erklären das Entstehen von stehenden Wellen.</li> <li>• bestimmen die Wellenlängen bei stehenden Wellen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stehende Wellen, Wellenlängen stehender Wellen</li> </ul>	<p>Für stehende Wellen gibt es viele Anwendungen beispielsweise bei Musikinstrumenten. Außerdem werden sie für die Bearbeitung des linearen Potenzialtopfes im Zusammenhang mit Atommodellen genutzt.</p>	<p>Zentrale Experimente: Doppelspaltexperiment, Gitterexperiment mit Laser</p>
<b>Spektren</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären das Entstehen eines Spektrums bei Interferenz mit weißem Licht.</li> <li>• klassifizieren Bereiche des elektromagnetischen Spektrums anhand von Wellenlängen, Frequenzen und Energien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farben</li> <li>• elektromagnetisches Spektrum</li> <li>• Diskrete und kontinuierliche Spektren</li> </ul>	<p>Über die akustische Unschärferelation kann das Verständnis für die Heisenberg'sche Unschärferelation vorbereitet werden.</p>	<p>Zentrale Experimente: Gitterexperimente mit Hg-Lampe, weißem Licht</p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>nutzen Spektren, um Eigenschaften der aussendenden Quelle zu bestimmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissions- und Absorptionsspektren</li> </ul>		

### 1.3 Quantenphysik und Materie (Q2)

Schwerpunkte sind der Aufbau der Kommunikationskompetenz (Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren: K8, K9, K10) sowie der Bewertungskompetenz (Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen: B3, B4; Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren: B5, B6, B7, B8).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Quantenobjekte</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>benennen und erklären grundlegende Aspekte der Quantentheorie.</li> <li>erläutern, dass sich der scheinbare Widerspruch des Welle-Teilchen-Dualismus durch eine Wahrscheinlichkeitsinterpretation beheben lässt.</li> <li>beschreiben die Probleme bei der Übertragung von Begriffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlegende Aspekte der Quantentheorie: stochastische Vorhersagbarkeit, Interferenz und Superposition, Determiniertheit der Zufallsverteilung, Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit</li> <li>quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus</li> </ul>	Nebenstehend wurden die in den Bildungsstandards formulierten grundlegenden Aspekte der Quantenphysik zur besseren Übersicht aus der Tabelle mit den einzelnen Inhalten herausgelöst. Die zugehörigen Kompetenzen sind abschlussbezogen und werden schrittweise im Laufe der Unterrichtseinheit entwickelt.	

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von stochastischen Aussagen.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten am Doppelspalt.</li> <li>• werten Experimente zur Welleneigenschaft von Elektronen aus.</li> <li>• erläutern die experimentellen Befunde zum Photoeffekt und werten sie aus.</li> <li>• beschreiben das Verhalten des Lichts mithilfe von Teilcheneigenschaften.</li> <li>• beschreiben die Zusammenhänge der Größen Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge von Quantenobjekten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doppelspalt-Experimente und Simulationen mit Licht, einzelnen Photonen und Elektronen</li> <li>• Photoeffekt</li> <li>• Eigenschaften von Quantenobjekten (Photonen, Elektronen): Energie, Masse, Impuls, Frequenz, Wellenlänge</li> </ul>		<p>Verbindliche Formeln:</p> $\lambda = \frac{h}{p},$ $E = h \cdot f$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen Impulse beziehungsweise Wellenlängen von Quantenobjekten unter anderem mit Hilfe der de Broglie-Beziehung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>de Broglie-Wellenlänge</li> </ul>		
<b>Atomvorstellungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Bedeutung eines Orbitals als Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit für das Elektron.</li> <li>erklären Emissions- und Absorptionsvorgänge als Energieabgabe und Anregung von Atomen.</li> <li>berechnen Linienspektren mit Hilfe von Energieniveaus für das Wasserstoffatom.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>quantenmechanisches Atommodell (qualitativ)</li> <li>Orbitale des Wasserstoffatoms</li> <li>Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen Linienspektrum und Energieniveauschema</li> <li>Energieniveaus von Wasserstoff</li> </ul>	<p>Ziel des Unterrichts ist ein grundlegendes Verständnis einer quantenmechanischen Beschreibung eines Atoms, das über historische Modelle hinausgeht.</p> <p>Am Beispiel des Franck-Hertz-Versuchs können die Lernenden die links genannten inhaltsbezogenen Kompetenzen in Bezug auf eine andere Form der Anregung vertiefen. Ferner können sie ihre Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung durch ein forschendes Vorgehen weiterentwickeln („Forscherkreislauf“). Deshalb ist er in besonderem Maße als Experiment im Unterricht geeignet.</p>	

## 2. Q1 und Q2, Profilkurs

Im Profilkurs wird der Unterricht in der Qualifikationsphase fünfstündig erteilt.

### Klassenarbeiten (Profilkurs):

Im 1. Halbjahr von Q1 (Q1.1) wird eine zweistündige (90-minütige) Klassenarbeit geschrieben.

Im 2. Halbjahr von Q1 (Q1.2) werden zwei jeweils dreistündige (135-minütige) Klassenarbeiten geschrieben.

Im 1. Halbjahr von Q2 (Q2.1) werden eine dreistündige (135-minütige) Klassenarbeit und die Vorbereitungsklausur (5 Zeitstunden) geschrieben.

Im 2. Halbjahr von Q2 (Q2.2) werden keine Klassenarbeiten geschrieben.

(Den aktuellen Klausurerlass findet man unter <https://schulintern.sh.schulcommsy.de/room/2323912/announcement/8281341>.)

Ergänzend zum Profilkurs findet in Q1 und Q2.1 ein Profilsseminar (3stündig) statt (siehe Datei

„SiFC\_Physik\_flexible\_Ressource\_und\_Profilsseminar\_ab\_2021“).

### 2.1 Elektrische und magnetische Felder (Q1)

Schwerpunkte sind der Aufbau der Sachkompetenz (Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen: S1, S2, S3) sowie der Erkenntnisgewinnungskompetenz (Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren: E6, E7, E8, E9).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben und vergleichen die grundlegenden Eigenschaften von Feldern an Beispielen (qualitativ).</li> <li>• interpretieren Experimente zum Nachweis elektrischer Ladungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Eigenschaften von Feldern am Beispiel des elektrischen, des Magnet- und des Gravitationsfeldes</li> <li>• elektrische Ladung</li> <li>• geladene Körper</li> <li>• Influenz</li> <li>• dielektrische Polarisation</li> </ul>	Es wird empfohlen, die grundlegenden Eigenschaften von Feldern zunächst qualitativ zu behandeln, bevor der Begriff Feldstärke eingeführt wird.	Zentrale Experimente: Darstellung von elektrischen Feldern mit Prado-Projektor und Einsätzen für unterschiedliche elektrische Felder;

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Kräfte zwischen und innerhalb von geladenen Körpern.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kräfte zwischen Ladungen</li> <li>Abschirmung elektrischer Felder</li> </ul>		Elektrostatik-Experimente (auch als Schülerexperiment möglich)
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern den Zusammenhang von Kraft und elektrischer Feldstärke.</li> <li>skizzieren elektrische Felder mittels Feld- und Äquipotentiallinien.</li> <li>beschreiben die Superposition von Feldern mittels Additions zweier feldbeschreibender Vektoren in der Ebene (zeichnerisch und quantitativ).</li> <li>vergleichen das Gravitationsgesetz mit dem Coulomb'schen Gesetz.</li> <li>wenden das Gravitationsgesetz und das Coulomb'sche Gesetz an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elektrische Feldstärke</li> <li>Feldlinien, Äquipotentiallinien (Radialfeld, Dipolfeld, homogenes Feld)</li> <li>Superposition und Abschirmung von elektrischen Feldern</li> <li>Gravitationsgesetz</li> <li>Coulomb'sches Gesetz</li> </ul>		Verbindliche Formeln: $E = \frac{F}{q}, F = Q \cdot E,$ $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2},$ $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$ $F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben den Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen Feld des Plattenkondensators.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spannung und elektrische Feldstärke im Plattenkondensator</li> </ul>		Verbindliche Formeln: $U = E \cdot d$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern den Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke in beliebigen elektrischen Feldern.</li> <li>erläutern den Zusammenhang von potenzieller Energie einer Ladung und dem Potenzial im elektrischen Feld.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spannung und elektrische Feldstärke in beliebigen elektrischen Feldern</li> <li>Potenzial, Spannung als Potenzialdifferenz</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen Kapazität und gespeicherte elektrische Energie eines Plattenkondensators.</li> <li>beschreiben die Einsatzmöglichkeiten eines Kondensators als Energiespeicher und kapazitives Bauelement in Stromkreisen.</li> <li>Beschreiben das Verhalten eines Dielektrikums im elektrischen Feld</li> <li>beschreiben und begründen den zeitlichen Verlauf der Stromstärke und Spannung bei Ladevorgängen und erläutern den Einfluss der Parameter Widerstand und Kapazität.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften des Plattenkondensators: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kapazität (auch in Abhängigkeit von den geometrischen Daten und der Dielektrizitätszahl)</li> <li>gespeicherte Ladungsmenge</li> <li>gespeicherte Energie</li> </ul> </li> <li>Dielektrikum (Polarisation)</li> <li>Auf- und Entladevorgang eines Kondensators</li> </ul>	<p>Als Vertiefung bieten sich die Auf- und Entladevorgänge eines Kondensators sowie die Bedeutung kapazitiver Bauelemente in Stromkreisen an.</p> <p>Differentialgleichungen sind in den Fachanforderungen Mathematik nicht verbindlich als Unterrichtsgegenstand vorgesehen, können im Physikunterricht auf erhöhtem Niveau aber kurz behandelt werden.</p>	<p>Verbindliche Formeln:</p> $C = \frac{Q}{U}$ $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ <p>Zentrales Experiment: Plattenkondensator (auch als Schülerexperiment möglich)</p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Entladevorgängen mittels Exponentialfunktion.</li> <li>berechnen den zeitlichen Verlauf von Stromstärke und Spannung beim Auf- und Entladevorgang eines Kondensators mittels Exponentialfunktion unter Berücksichtigung der Parameter Widerstand und Kapazität.</li> </ul>		Es bietet sich an, geeignete digitale Werkzeuge (dynamische Geometriesoftware oder Computer-Algebra-Systeme) zur Veranschaulichung und Lösung von Differenzialgleichungen zu verwenden.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben und berechnen die Kräfte auf stromdurchflossene oder bewegte Leiter im Magnetfeld.</li> <li>skizzieren das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule.</li> <li>erläutern den Halleffekt.</li> <li>messen die magnetische Flussdichte.</li> <li>beschreiben den Einfluss von Stromstärke, Windungszahl, Spulenlänge und Medium im</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>magnetische Flussdichte</li> <li>magnetische Feldlinien, Superposition und Abschirmung</li> <li>Halleffekt</li> <li>Magnetfeld einer langen stromdurchflossenen Spule</li> </ul>	In der Literatur wird der Begriff magnetische Feldstärke häufig synonym zum Begriff der magnetischen Flussdichte verwendet. Es empfiehlt sich, die Lernenden insbesondere im Hinblick auf die schriftliche Abiturprüfung darauf hinzuweisen.	Verbindliche Formeln: $B = \frac{F}{I \cdot l}, F = I \cdot l \cdot B,$ $F_L = q \cdot v \cdot B,$ $U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d},$ $B = \mu_0 \cdot I \cdot \frac{n}{l}$ Zentrales Experiment: Magnetfeld einer langen Spule

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>Inneren auf die magnetische Flussdichte einer Spule.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen die magnetische Flussdichte um einen Leiter und in einer Spule.</li> <li>• berechnen die Energie des magnetischen Feldes einer Spule.</li> </ul>			
<b>Körper in statischen Feldern</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben und berechnen die Kräfte auf Ladungen in elektrischen Feldern.</li> <li>• beschreiben und berechnen die Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld.</li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Kraft und magnetischer Flussdichte (Feldstärke).</li> <li>• analysieren und berechnen die Bewegung geladener Teilchen im homogenen und elektrischen Feld und vergleichen sie mit Bewegungen im Gravitationsfeld.</li> <li>• analysieren und berechnen die Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungen in homogenen elektrischen Feldern</li> <li>• bewegte Ladungen im homogenen Magnetfeld (Lorentzkraft)</li> <li>• potenzielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld</li> <li>• Energiebetrachtung beim Beschleunigen von geladenen Teilchen</li> </ul>	<p>Es sollte die Analogie zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung und dem waagrechten Wurf aus der Mechanik hergestellt werden.</p> <p>Im Zusammenhang mit der Beschleunigung von Ladungen bietet es sich an, auf die Grenzen der klassischen Physik bei höheren Geschwindigkeiten hinzuweisen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorentzkraft</li> <li>• Nachweis von Magnetfeldern</li> </ul> <p>Zentrale Experimente: Elektronenstrahlröhre, Hall-Effekt, Fadenstrahlrohr</p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen die Geschwindigkeit und die Energie von beschleunigten Ladungen mit Hilfe des Energiesatzes.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung.</li> <li>berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen.</li> <li>erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen.</li> <li>analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Magnetfeld und im Gravitationsfeld.</li> <li>erklären Drehbewegungen unter der Nutzung der Drehimpulserhaltung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung von Kreisbewegungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bahn- und Winkelgeschwindigkeit</li> <li>Zentripetalkraft</li> </ul> </li> <li>Kreisbewegung in Gravitationsfeldern</li> <li>Kreisbewegung von geladenen Teilchen in homogenen Magnetfeldern</li> <li>Drehimpuls und Drehimpulserhaltung</li> </ul>	<p>Kreisbewegungen können auch schon im Rahmen der Mechanik untersucht werden.</p> <p>Es ist eine umfassende Unterrichtseinheit zum Drehimpuls vorgesehen. Die kurze Behandlung des Drehimpulses ist auch im Zusammenhang mit den Quantenzahlen möglich.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern und analysieren Experimente zur Bestimmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Experimente zur Bestimmung von Eigenschaften des Elektrons:</li> </ul>		Mögliche Anwendungen:

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>der Ladung und der Masse eines Elektrons.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen beschleunigt beziehungsweise abgelenkt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Millikanversuch</li> <li>e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr</li> <li>Anwendung elektrischer und magnetischer Felder: <ul style="list-style-type: none"> <li>Linear- und Kreisbeschleuniger</li> <li>Massenspektrometer</li> <li>Hallsonde</li> </ul> </li> </ul>		<p>Kreisbeschleuniger, Massenspektrometer, Wien-Filter</p> <p>Zentrale Experimente: Millikan-Experiment, Fadenstrahlrohr</p>
<b>Veränderliche elektromagnetische Felder</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern und wenden das Induktionsgesetz in den Spezialfällen konstanter Fläche oder konstanter magnetischer Flussdichte an.</li> <li>beschreiben den Zusammenhang zwischen der Richtung des Induktionsstroms und seiner Wirkung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient)</li> </ul>		<p>Verbindliche Formeln:</p> $U_{ind} = -nB \frac{\Delta A}{\Delta t'}$ $U_{ind} = -nA \frac{\Delta B}{\Delta t'}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern und wenden das Induktionsgesetz in differenzieller Form an.</li> <li>berechnen die Induktivität einer Spule.</li> <li>erläutern das zeitliche Verhalten einer Spule im Stromkreis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magnetischer Fluss</li> <li>Induktionsgesetz in differenzieller Form</li> <li>Induktivität</li> <li>Energie des Magnetfeldes einer stromdurchflossenen Spule</li> </ul>		<p>Verbindliche Formeln:</p> <p>allg.: <math>U_{ind} = -n \frac{d\Phi}{dt}</math></p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren technische Anwendungen der Induktion (auch Wirbelströme).</li> <li>analysieren elektromagnetische Schwingkreise.</li> <li>berechnen frequenzabhängige Widerstände.</li> <li>vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selbstinduktion, Ein- und Ausschaltvorgänge</li> <li>Beispiele für technische Anwendungen der Induktion (Wirbelströme)</li> <li>elektromagnetische Schwingungen, kapazitive, induktive und ohmsche Widerstände, Schwingkreise</li> </ul>	<p>Als Anwendung eignet sich beispielweise die Analyse von passiven Frequenzweichen in Lautsprecherboxen.</p> <p>Ein Ausblick auf die Maxwell-Gleichungen und die Entstehung elektromagnetischer Wellen bietet sich an dieser Stelle an.</p>	<p>Ein Ausblick in der genannten Form ist nur sinnvoll, wenn die Zeit und der jeweilige Kurs es zulassen.</p>

## 2.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen (Q1, Q2)

Schwerpunkte sind der Aufbau der Sachkompetenz (Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen: S1, S2, S3) sowie der Erkenntnisgewinnungskompetenz (Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden: E1, E2; Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren: E10, E11).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Mechanische und elektromagnetische Schwingungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Schwingungen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen.</li> <li>• berechnen Schwingungsdauern und Frequenzen von Schwingungen anhand systembeschreibender Größen an den Beispielen Faden- und Federpendel, Wechselstrom, elektromagnetischer Schwingkreis</li> <li>• stellen Schwingungen und Wellen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar und ermitteln aus der Schwingungsgleichung die charakteristischen Größen.</li> <li>• erläutern Bedingungen für mechanische harmonische Schwingungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mechanische und elektromagnetische Schwingungen: Schwingung, Schwingungsebene, Auslenkung, Amplitude, Frequenz, Periodendauer</li> <li>• charakteristische Größen elektromagnetischer Schwingungen und ihre Zusammenhänge: Frequenz, Periodendauer</li> <li>• Schwingungsgleichung</li> <li>• lineares Kraftgesetz</li> <li>• gedämpfte Schwingungen</li> </ul>	<p>Zur Darstellung von harmonischen Schwingungen ist die Nutzung von Zeigerdiagrammen möglich.</p> <p>Zur Resonanz bietet sich die Betrachtung von Präventionsmaßnahmen in Gebäuden zur Verhinderung der Zerstörung bei Erdbeben an.</p>	<p>Verbindliche Formeln:</p> $f = \frac{n}{t},$ $f = \frac{1}{T},$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$ $v_{Ph} = \frac{\lambda}{T},$ <p>Bewegungsgesetze der harmonischen Schwingung:</p> $y = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t),$ $v = \omega \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t),$ $a = -\omega^2 \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ $F = -D \cdot y$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben zeitliche Entwicklungen von Schwingungen unter Berücksichtigung von Dämpfung und Resonanz.</li> <li>vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Gesichtspunkten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resonanz bei erzwungenen Schwingungen</li> <li>mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Gesichtspunkten</li> </ul>		
<b>Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben Wellen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen.</li> <li>erklären die Ausbreitung und Reflexion von Wellen mit Hilfe von gekoppelten Oszillatoren und mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips.</li> <li>beschreiben die zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle mit Hilfe der Wellengleichung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>charakteristische Größen harmonischer Wellen und ihre Zusammenhänge: Wellenlänge, Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit</li> <li>Erzeugung und Ausbreitung von Wellen, Huygens'sches Prinzip, Beugung, Brechung</li> <li>Wellengleichung</li> </ul>	Mechanische und akustische Wellen sind nur insoweit zu behandeln, als es zum Verständnis der optischen Wellen nötig ist. Dies kann sowohl vorgeschaltet als auch integriert geschehen.	Verbindliche Formeln: $f = \frac{n}{t}$ $f = \frac{1}{T}$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ $v_{Ph} = \frac{\lambda}{T}$  $y(x, t) = \hat{y} \cdot \sin\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Unterschiede von Transversal- und Longitudinalwellen.</li> <li>• wenden das Wellenkonzept zur Erklärung des Dopplereffekts an.</li> <li>• untersuchen Polarisationsphänomene experimentell.</li> <li>• nutzen die Polarisierbarkeit von Transversalwellen als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinalwellen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transversal- und Longitudinalwellen</li> <li>• Dopplereffekt (qualitativ)</li> <li>• Polarisation</li> </ul>	Beispiele aus der Akustik stellen eine sinnvolle Ergänzung dar.	<p>Zentrale Experimente: Wellenmaschine, Wellenwanne</p> <p>ggf. Exkursion (Orgelführung)</p>
<b>Überlagerung von Wellen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen Interferenzphänomene experimentell.</li> <li>• erklären mithilfe des Huygens'schen Prinzips die Entstehung von Interferenzmustern und nennen Bedingungen für das Auftreten von Interferenz.</li> <li>• berechnen die Lage von Maxima und Minima bei Interferenzphänomenen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interferenzphänomene auch mit polychromatischem Licht</li> <li>• Superposition, Interferenz am Doppelspalt und Gitter</li> <li>• Interferenz am Einzelspalt mit monochromatischem Licht</li> </ul>	Es bieten sich Darstellungen mit Hilfe von Zeigerdiagrammen an.	<p>Verbindliche Formeln: konstruktive Interferenz: <math>\Delta s = n \cdot \lambda</math>, destruktive Interferenz: <math>\Delta s = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}</math></p> <p>Zentrale Experimente: Doppelspaltexperiment, Gitterexperiment mit Laser</p>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>bestimmen mit Hilfe der Interferenz die Wellenlänge der verwendeten Lichtquelle.</li> <li>beschreiben den Aufbau und erklären die Funktionsweise eines Interferometers.</li> <li>beschreiben die Überlagerung von reflektierten Wellen und erklären das Entstehen von stehenden Wellen.</li> <li>bestimmen die Wellenlängen bei stehenden Wellen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interferometer</li> <li>stehende Wellen, Wellenlängen stehender Wellen</li> </ul>	<p>Interferometrie wird beim Thema Quanten wieder aufgegriffen.</p> <p>Für stehende Wellen gibt es viele Anwendungen beispielsweise bei Musikinstrumenten. Außerdem werden sie für die Bearbeitung des linearen Potenzialtopfes im Zusammenhang mit Atommodellen genutzt.</p>	
<b>Spektren</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären das Entstehen eines Spektrums bei Interferenz mit weißem Licht.</li> <li>klassifizieren Bereiche des elektromagnetischen Spektrums anhand von Wellenlängen, Frequenzen und Energien.</li> <li>nutzen Spektren, um Eigenschaften der aussendenden Quelle zu bestimmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Farben</li> <li>elektromagnetisches Spektrum</li> <li>Diskrete und kontinuierliche Spektren</li> <li>Emissions- und Absorptionsspektren</li> </ul>	<p>Über die akustische Unschärferelation kann das Verständnis für die Heisenberg'sche Unschärferelation vorbereitet werden.</p>	Zentrale Experimente: Gitterexperimente mit Hg-Licht, weißem Licht



## 2.3 Quantenphysik und Materie (Q2)

Schwerpunkte sind der Aufbau der Kommunikationskompetenz (Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren: K8, K9, K10) sowie der Bewertungskompetenz (Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen: B3, B4; Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren: B5, B6, B7, B8).

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<b>Quantenobjekte</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>benennen und erklären grundlegende Aspekte der Quantentheorie.</li> <li>treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen.</li> <li>erläutern, dass sich der scheinbare Widerspruch des Welle-Teilchen-Dualismus durch eine Wahrscheinlichkeitsinterpretation beheben lässt.</li> <li>beschreiben die Probleme bei der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik.</li> <li>treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von stochastischen Aussagen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlegende Aspekte der Quantentheorie: stochastische Vorhersagbarkeit, Interferenz und Superposition, Determiniertheit der Zufallsverteilung, Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit</li> <li>quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus</li> </ul>	Nebenstehend wurden die in den Bildungsstandards formulierten grundlegenden Aspekte der Quantenphysik zur besseren Übersicht aus der Tabelle mit den einzelnen Inhalten herausgelöst. Die zugehörigen Kompetenzen sind abschlussbezogen und werden schrittweise im Laufe der Unterrichtseinheit entwickelt.	

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Quantenobjekten und der Wellenfunktion.</li> <li>• beschreiben die Komplementarität von Quantenobjekten anhand eines Delayed-Choice-Experiments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastische Deutung mittels des Quadrats der quantenmechanischen Wellenfunktion (qualitativ)</li> <li>• Delayed-Choice-Experiment</li> </ul>	Strahlteilerexperimente können in diesem Zusammenhang genutzt werden. Dies ist mit Hilfe von Simulationen oder einfachen Experimenten möglich.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten am Doppelspalt.</li> <li>• werten Experimente zur Welleneigenschaft von Elektronen aus.</li> <li>• erläutern die experimentellen Befunde zum Photoeffekt und werten sie aus.</li> <li>• beschreiben das Verhalten des Lichts mithilfe von Teilcheneigenschaften.</li> <li>• beschreiben die Zusammenhänge der Größen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doppelspalt-Experimente und Simulationen mit Licht, einzelnen Photonen und Elektronen</li> <li>• Photoeffekt</li> </ul>		Verbindliche Formeln: $\lambda = \frac{h}{p}$ $E = h \cdot f$ Zentrales Experiment: Photoeffekt

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge von Quantenobjekten.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen Impulse beziehungsweise Wellenlängen von Quantenobjekten unter anderem mit Hilfe der de Broglie-Beziehung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften von Quantenobjekten (Photonen, Elektronen): Energie, Masse, Impuls, Frequenz, Wellenlänge</li> <li>de Broglie-Wellenlänge</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Entstehung der Röntgenbremsstrahlung.</li> <li>untersuchen mit Hilfe der Bragg-Reflexion Röntgenspektren.</li> <li>erläutern die Konsequenzen für ein Quantenobjekt hinsichtlich der Bestimmung von komplementären Größen.</li> <li>erläutern die Vorgänge beim Compton-Effekt.</li> <li>beschreiben Nachweismöglichkeiten für einzelne Photonen oder Elektronen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Röntgenbremsspektrum</li> <li>Bragg-Reflexion</li> <li>Ort-Impuls-Unbestimmtheit</li> <li>Compton-Effekt</li> <li>Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen</li> </ul>		<p>Verbindliche Formeln: Bragg-Gleichung: <math>n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\vartheta</math>, Heisenberg'sche Unschärferelation: <math>\Delta E = h \cdot \Delta f</math>, Compton-Formel: <math>\Delta\lambda = \frac{h}{m_{0e} \cdot c} \cdot (1 - \cos\varphi)</math></p>
<b>Atomvorstellungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Bedeutung eines Orbitals als Veranschaulichung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>quantenmechanisches Atommodell (qualitativ)</li> <li>Orbitale des Wasserstoffatoms</li> </ul>	Ziel des Unterrichts ist ein grundlegendes Verständnis einer quantenmechanischen	

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Themen und Inhalte	Vorgaben und Hinweise	Anmerkungen
Die Schülerinnen und Schüler ...			<i>Die Wochenangaben zu einzelnen Inhalten sind lediglich Empfehlungen und dienen der Orientierung.</i>
<p>der Aufenthaltswahrscheinlichkeit für das Elektron.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Emissions- und Absorptionsvorgänge als Energieabgabe und Anregung von Atomen.</li> <li>• berechnen Linienspektren mit Hilfe von Energieniveaus für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome.</li> <li>• berechnen diskrete Energiewerte für den Potenzialtopf.</li> <li>• beschreiben Aufenthaltswahrscheinlichkeiten eines Elektrons im Potenzialtopf.</li> <li>• erläutern die Konsequenzen der Unbestimmtheitsrelation für das Potenzialtopfmodell.</li> <li>• erklären die Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen Linienspektrum und Energieniveauschema</li> <li>• Energieniveaus von Wasserstoff und wasserstoffähnlicher Atome</li> <li>• Modell des eindimensionalen Potenzialtopfes mit unendlich hohen Wänden</li> <li>• charakteristische Röntgenstrahlung</li> </ul>	<p>Beschreibung eines Atoms, das über historische Modelle hinausgeht.</p> <p>Die Behandlung der Schrödingergleichung ist nicht verbindlich, kann aber der Vertiefung dienen.</p> <p>Am Beispiel des Franck-Hertz-Versuchs können die Lernenden die links genannten inhaltsbezogenen Kompetenzen in Bezug auf eine andere Form der Anregung vertiefen. Ferner können sie ihre Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung durch ein forschendes Vorgehen weiterentwickeln („Forscherkreislauf“). Deshalb ist er in besonderem Maße als Experiment im Unterricht geeignet.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellen den Aufbau des Periodensystems mit Hilfe der Quantenzahlen und des Pauli-Prinzips dar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausblick auf Mehrelektronensysteme</li> <li>• Aufbau des Periodensystems</li> <li>• Pauli-Prinzip</li> </ul>	<p>Grundsätzlich ist im Bereich der Atomphysik eine Absprache mit der Fachschaft Chemie notwendig.</p>	