

# Schulinterner Lehrplan Physik – Sekundarstufe II

## 1 Die Fachgruppe Physik am SGE

Das SGE ist das einzige Gymnasium der ländlichen Kleinstadt Erwitte. Das SGE ist in der Sekundarstufe I drei- bis vierzünftig und wird als Ganztagsgymnasium geführt.

Es besteht eine Kooperation mit dem Gymnasium Antonianum in Geseke in der Oberstufe, welche intensiv genutzt wird und Schülern in der Regel die Teilnahme an Grund- und Leistungskursen ermöglicht.

In die Einführungsphase der Sekundarstufe II wurden in den letzten Jahren regelmäßig etwa 5-10 Schülern neu aufgenommen, überwiegend aus einer Realschule/Sekundarschule der Nachbargemeinde.

Den im Schulprogramm ausgewiesenen Zielen, Schülern ihren Begabungen und Neigungen entsprechend individuell zu fördern und ihnen Orientierung für ihren weiteren Lebensweg zu bieten, fühlt sich auch die Fachgruppe Physik verpflichtet.

Schüler aller Klassen- und Jahrgangsstufen werden zur Teilnahme an verschiedenen Wettbewerben im Fach Physik angehalten und, wo erforderlich, begleitet.

Für den Fachunterricht aller Stufen besteht Konsens darüber, dass wo möglich und sinnvoll physikalische Fachinhalte mit Lebensweltbezug vermittelt werden.

In der Sekundarstufe I wird ein wissenschaftlicher Taschenrechner ab Klasse 7 verwendet, dynamische Geometrie-Software und Tabellenkalkulation werden an geeigneten Stellen im Unterricht genutzt, der Umgang mit ihnen eingeübt. Dazu stehen in der Schule zwei PC-Unterrichtsräume zur Verfügung. In der Sekundarstufe II kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Schüler mit den grundlegenden Möglichkeiten dieser digitalen Werkzeuge vertraut sind.

Der grafikfähige Taschenrechner wird in der Einführungsphase eingeführt.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

*Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen abzudecken. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, Schülerinnen und Schülern Lerngelegenheiten zu ermöglichen, so dass alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans von ihnen erfüllt werden können.*

Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der Übersichts- und der Konkretisierungsebene.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.1) wird die Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Sie ist laut Beschluss der Fachkonferenz verbindlich für die Unterrichtsvorhaben I, II und III der Einführungsphase und für die Unterrichtsphasen der Qualifikationsphase. Die zeitliche Abfolge der Unterrichtsvorhaben IV bis VIII der Einführungsphase ist jeweils auf die Vorgaben zur Vergleichsklausur abzustimmen.

Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden. **Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann.** Deshalb sind alle folgenden Zeitangaben als Zirka-Angaben anzusehen. Um Spielraum für Vertiefungen, individuelle Förderung, besondere Schülerinteressen oder aktuelle Themen zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 85 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Kurswechslern und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2) empfehlenden Charakter. Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen diese vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Begründete Abweichungen von den vorgeschlagenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch

hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden. Dies ist durch entsprechende Kommunikation innerhalb der Fachkonferenz zu gewährleisten.

## 2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Erläuterungen

In der Spalte „Kompetenzen“ sind nur die zum obligatorischen Teil gehörenden Kompetenzen aufgeführt. Damit werden alle im Kernlehrplan für die Sekundarstufe II geforderten Kompetenzen abgedeckt.

Ergänzende Inhalte und Experimente sind in *blauer kursiver Schrift* aufgeführt.

Beim Zeitbedarf sind auch Übungsphasen berücksichtigt, nicht jedoch ergänzende Inhalte.

### Einführungsphase

#### Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase		
Kontext, Inhaltsfeld, Zeitbedarf	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<u>Unterrichtsvorhaben I</u> Kontext: Bewegungen und Kräfte im Straßenverkehr Inhaltsfeld: Mechanik Zeitbedarf: etwa 20 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen	K1 Dokumentation E5 Auswertung K3 Präsentation UF2 Auswahl
<u>Unterrichtsvorhaben II</u> Kontext: Erhaltungssätze im Straßenverkehr Inhaltsfeld: Mechanik Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Energie und Impuls	UF2 Auswahl E3 Hypothesen E6 Modelle
<u>Unterrichtsvorhaben III</u> Kontext: Fall- und Wurfbewegungen im Sport Inhaltsfeld: Mechanik Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen	E1 Probleme und Fragestellungen K4 Argumentation E6 Modelle
<u>Unterrichtsvorhaben IV</u> Kontext: Unser Planetensystem Inhaltsfeld: Mechanik	Kräfte und Bewegungen Energie Gravitation	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen E1 Probleme und Fragestellungen

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten		UF1 Wiedergabe
<u>Unterrichtsvorhaben V</u> Kontext: Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten Inhaltsfeld: Mechanik Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Schwingungen und Wellen Kräfte und Bewegungen Energie	UF1 Wiedergabe UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E6 Modelle
<u>Summe Einführungsphase – 80 Stunden</u>		

## Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

Die nachfolgend angegeben Seitenangaben beziehen sich auf das eingeführte Schulbuch: Dorn-Bader Physik Einführungsphase, Gymnasium Nordrhein-Westfalen, ISBN 978-3-507-11800-3

**Anzahl der Wochenstunden:** 3

**Anzahl der Klausuren:** 1 Klausur im ersten Halbjahr. 2 Klausuren im zweiten Halbjahr

**Dauer der Klausuren:** 2 Unterrichtsstunden je Klausur

### Unterrichtsvorhaben I

**Kontext:** Kräfte und Bewegungen im Straßenverkehr [Siehe auch StuBo-Curriculum](#)

**Buchseiten:** 6 – 35

**Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Bewegungen und Kräfte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(K1) Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.

(K3) physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Buchseiten	Kompetenzen Die Schüler ...	Experimente und Materialien	Kommentar
<b>Gleichförmige Bewegung</b> (3 Ustd.)	9 - 11	erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen	<b>Experiment:</b> Untersuchung einfacher Bewegungen <i>Experiment: Videoanalyse einer Bewegung</i>	Zeit-Ort-Diagramm, Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm, negative Geschwindigkeitswerte <i>Mögliche Ergänzung: Videoanalyse einer Bewegung</i>

		( <i>t-s</i> -Diagramme, <i>t-v</i> -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).		
<b>Die Momentangeschwindigkeit</b> (2 Ustd.)	12-15	erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen ( <i>t-s</i> -Diagramme, <i>t-v</i> -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	<b>Experiment:</b> Näherungsweise Messung der Momentangeschwindigkeit als mittlere Geschwindigkeit in einem sinnvoll kleinen Zeitintervall	Momentangeschwindigkeit <i>Mögliche Ergänzung:</i> <i>Geschwindigkeitsmessung im Auto</i> <i>Mögliche Ergänzung: Sensoren für s und v (Lochrad und Lichtschranke, Nabendynamo)</i> <i>Mögliche Ergänzung: Aufzeichnung und Auswertung einer Fahrradfahrt mit einem Datenlogger</i>
<b>Überholvorgang unter der Lupe</b> (1 Ustd.)	16 - 17	stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen ( <i>t-s</i> -Diagramme, <i>t-v</i> -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	<b>Tabellenkalkulation</b> <b>(Siehe auch Medienkonzept)</b>	Reale Bewegungen: <i>t-s</i> -Diagramm ohne Knicke, <i>t-v</i> -Diagramm ohne Sprünge <i>Mögliche Ergänzung:</i> <i>Überholvorgänge im t-s-Diagramm, Formel für den Überholweg</i>
<b>Beschleunigte Bewegungen</b> (5 Ustd.)	18 - 21	erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).	<b>Experiment:</b> Aufzeichnung einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn, Messung des Zusammenhangs zwischen Kraft und Beschleunigung  <b>Experiment:</b> Messung des Zusammenhangs zwischen Masse und Beschleunigung	Bewegungen mit konstanter beschleunigender Kraft, Beschleunigung, gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Grundgleichung der Mechanik

		<p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4).</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<math>t</math>-<math>s</math>-Diagramme, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p> <p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen (UF2).</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</p> <p>berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).</p>		
<p><b>Sonderfall – Bewegung aus der Ruhe</b> (2 Ustd.)</p>	22 - 23	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p>	<p><i>Experiment: Bewegung eines Schlittens auf der leicht schräg gestellten Luftkissenfahrbahn</i></p>	<p>Zeit-Geschwindigkeit- und Zeit-Ort-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus der Ruhe</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Auswertung der Messung der Bewegung eines Schlittens auf der leicht schräg gestellten</i></p>

				<i>Luftkissenfahrbahn mit dem GTR</i>
<b>Kräfte zusammensetzen und zerlegen</b> (2 Ustd.)	24 - 25	vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1). stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen (Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	<b>Experiment:</b> Messung der Hangabtriebskraft Vektoraddition und Vektorzerlegung, z.B. mit GeoGebra	Kräfteaddition, Kräftezerlegung schiefe Ebene (Hangabtriebskraft, Normalkraft)
<b>actio und reactio im Straßenverkehr</b> (2 Ustd.)	26 - 29	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).	<b>Experiment:</b> Messung der Wechselwirkungskräfte bei zwei auf Skateboards stehenden Personen, die gegenseitig über ein Seil Kräfte auseinander ausüben <b>Experiment:</b> Demonstration der Wechselwirkungskräfte mit einer auf Rollen anfahrenen Lok <b>Experiment:</b> Messung der Haft-, Gleit- und Rollreibungskraft mit einem Klotz, der an einem Kraftmesser über einen Tisch gezogen wird <b>Excel-Datei:</b> <i>Bremswegmodellierung mit den physikalischen Gesetzen und den Fahrschul-Faustformeln</i>	Wechselwirkungskräfte: Kraft und Gegenkraft Unterscheidung von actio = reactio und Kräftegleichgewicht Haftreibung, Gleitreibung, Rollreibung <i>Mögliche Ergänzung:</i> <i>Bremsvorgänge (Beschleunigung, Kräfte, Brems- und Anhalteweg, Fahrschul-Faustformeln)</i> <i>Mögliche Ergänzung: Kraft- und Beschleunigungssensoren</i>
<b>Modellbildung</b> (3 Ustd.)	30 - 31	berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6). bestimmen mechanische Größen	<b>Video:</b> senkrechter Wurf <b>Excel-Datei:</b> Modellierung des senkrechten Wurfs ohne Luftwiderstand <b>Excel-Datei:</b> <i>Modellbildung für nicht konstante Masse (Raketenwagen)</i>	Modellierung von Bewegungen, bei denen die beschleunigende Kraft oder die Masse nicht konstant sind, mit einer Tabellenkalkulation <i>Mögliche Ergänzung:</i> <i>Modellbildung für nicht</i>



		mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).		<i>konstante Masse (Raketenwagen)</i>
<b>Projekt: Newtonsche Grundgleichung am Fahrrad</b>	35		<b>Experiment:</b> Anwendung der newtonschen Grundgleichung in verschiedenen Versuchen am Fahrrad	Anwendung der newtonschen Grundgleichung in verschiedenen Versuchen am Fahrrad

## Unterrichtsvorhaben II

**Kontext:** Erhaltungssätze im Straßenverkehr

**Buchseiten:** 36 – 59

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.

(E3) mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten.

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Höhenenergie und Arbeit</b> (2 Ustd.)	39	erläutern die Größen Strecke, Kraft, Arbeit und Energie und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Wiederholung aus der Mittelstufe: Verschiedene Energieformen (Höhenenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, chemische Energie, innere Energie) und Übertragungsformen (Arbeit, Wärme, elektrische Energie, Strahlung) Berechnung von Arbeit und Höhenenergie
<b>Bewegungsenergie und Spannenergie</b> (3 Ustd.)	40 - 41	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	<b>Experiment:</b> zwischen zwei Federn gespannter Wagen auf einer horizontalen Fahrbahn	Herleitung und Anwendung von Formeln für die Bewegungs- und Spannenergie <i>Mögliche Ergänzung: Die kausale Strategie in der Physik</i>
<b>Erhaltungssatz der Mechanik</b> (2 Ustd.)	42 - 43	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären und Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6). geben Kriterien an, um die	<i>Experimente: Experimentelle Bestätigung des Energieerhaltungssatzes beim Fadenpendel und Federpendel</i>	Energieerhaltungssatz der Mechanik <i>Mögliche Ergänzung: Bestätigung des Energieerhaltungssatzes im Experiment (Fadenpendel, Federpendel)</i>

		Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1).		
<b>Ein Kraftstoß ändert den Impuls</b> (2 Ustd.)	44 - 45	erläutern die Größen Kraft, Masse, Impuls und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Kraftstoß, Impuls Vorteil der Schreibweise NEWTONS
<b>Unelastischer Stoß zweier Körper</b> (3 Ustd.)	46 - 47	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1). verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	<b>Experimente:</b> Stoßversuche auf der Luftkissenfahrbahn <b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation des unelastischen Stoßes zweier Kugeln <b>CASSY-Datei:</b> Fahrbahnexperiment mit zwei Schlitten unterschiedlicher Masse	Impulserhaltungssatz Unelastischer Stoß, zunächst symmetrischer Fall, dann beliebige Bedingungen Bewegung des Schwerpunktes
<b>Elastische Stöße zweier Körper</b> (3 Ustd.)	48 - 53	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1). verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6). bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6). bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer	<b>Experiment</b> : Stoßversuch auf der Luftkissenfahrbahn <b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation des elastischen Stoßes zweier Kugeln <b>Experiment:</b> <i>Videoanalyse eines unelastischen Stoßes</i>	Impuls- und Energieerhaltung bei geraden elastischen Stößen, Berechnung der Geschwindigkeiten nach dem Stoß Bewegung des Schwerpunktes Bewertung eines Textes aus einem Internetforum (S. 52, 3. Station) <i>Mögliche Ergänzung: Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß mittels Schwerpunktesgeschwindigkeit und mittels Schulmathematik</i> <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Unterschiedes zwischen Bewegungsenergie und Impuls</i> <i>Mögliche Ergänzung: Schiefe</i>

		physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).		<i>Stöße</i>
<b><i>Unfälle im Straßenverkehr</i></b>	54 - 55		<b><i>Experiment:</i></b> Messung beim Aufprall eines Laborwagens mit und ohne Knautschzone	<i>Bilanz- und Kausalstrategie bei Zusammenstößen, Bremsweg und Anhalteweg, Messkurven bei Crashtests, Aufprall mit und ohne Airbag</i>
<b><i>Projekt: Impuls und Bewegungsenergie – Bilanzgrößen, die man unterschieden muss</i></b>	59		<b><i>Experiment:</i></b> zeitliche Umkehrung eines unelastischen Zusammenpralls	<i>Vertiefung des Unterschiedes zwischen den Bilanzgrößen Impuls und Bewegungsenergie</i>

### Unterrichtsvorhaben III

**Kontext:** Fall- und Wurfbewegungen im Sport

**Buchseiten:** 60 – 85

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Kräfte und Bewegungen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.

(K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Fallbewegungen</b> (5 Ustd.)	63 - 67	berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6). planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1) stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen ( $t$ - $s$ -Diagramme, $t$ - $v$ -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3). begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und	<b>Experiment:</b> Vergleich der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Blatt Papiers <b>Experiment:</b> Fallröhre <b>Experiment:</b> Fall mit dem Kugelfallgerät <b>Experiment :</b> Videoanalyse der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Papiertrichters <b>Stationenlernen:</b> Experimente zu Fallbewegungen	Freier Fall (beschleunigende Kraft, Zeit-Ort-Gesetz, Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz) Fallbeschleunigung Fallbewegung mit Luftwiderstand <i>Mögliche Ergänzung: schwere und träge Masse beim freien Fall</i> <i>Mögliche Ergänzung: Energiebilanz beim freien Fall</i> <i>Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zu Fallbewegungen</i>

		Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).		
<b>Fallschirmsprung im Rechenmodell</b> (3 Ustd.)	68 - 71	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6). bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).	<b>Excel-Datei oder GeoGebra:</b> Modellierung des Fallschirmsprungs <i>Experiment: Experimentelle Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Videoanalyse des Falls von Papiertrichtern</i> <b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung des Falls von Hagelkörnern <b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung eines 100-m-Laufs	Kraftgesetz für den Luftwiderstand Modellierung des Fallschirmsprungs mit einer Tabellenkalkulation, Bestimmung der Endgeschwindigkeit <i>Mögliche Ergänzung: Prüfen eines Werbetextes zum Fallschirmspringen</i> <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Bewegungen mit Luftwiderstand (Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Messungen, Fallbewegung von Hagelkörnern und Regentropfen, Kräfte beim 100-m-Lauf)</i>
<b>Auf der schiefen Ebene</b> (1 Ustd.)	72 - 73	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenerlegung (E1).	<b>GeoGebra-Datei:</b> Lageplan und Kräfteplan bei der schiefen Ebene	Reibungslose Bewegung auf der schiefen Ebene als Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Berechnung der Beschleunigung aus dem Neigungswinkel <i>Mögliche Ergänzung: Freier Fall und schiefe Ebene bei GALILEI</i>
<b>Waagerechter Wurf</b> (3 Ustd.)	74 - 75	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenerlegung und Vektoraddition (E1). planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen	<b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung des waagerechten Wurfs <b>Experiment:</b> Videoanalyse eines waagerechten Wurf	Freier Fall im ICE aus der Sicht eines mitbewegten und eines neben den Schienen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des waagerechten Wurfs, Gleichung

		Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).		der Bahnkurve <i>Mögliche Ergänzung: Beobachtungen in gleichförmig bewegten und beschleunigten Systemen</i>
<b>Schiefer Wurf</b> (3 Ustd.)	76 - 81	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzersetzung und Vektoraddition (E1). entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4). stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3). entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4). stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).	<b>Experiment</b> : Wasserwurfgerät <b>GeoGebra-Datei</b> : Modellierung des schiefen Wurfs <b>Material</b> : Textauszug aus GALILEI <i>Discorsi</i> <b>GeoGebra-Datei</b> : Modellierung des schiefen Wurfs <b>GeoGebra-Datei</b> : <i>Modellierung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand</i>	Freier Fall in einer Bergbahn aus der Sicht eines mitbewegten und eines außen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des schiefen Wurfs Einfluss von Stoßwinkel und Abwurfgeschwindigkeit auf die Wurfweite beim Kugelstoßen <i>Wurfbewegungen bei ARISTOTELES und GALILEI</i> Modellierung des schiefen Wurfs mit GeoGebra. <i>Mögliche Ergänzung: Energie und Impuls bei Wurfbewegungen</i> <i>Mögliche Ergänzung: Modelleirung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand</i>
<b>Projekt: Auf Physik kann man sich verlassen</b>	85		<b>Experiment</b> : Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens	<i>Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens</i>

## Unterrichtsvorhaben IV

**Kontext:** Unser Planetensystem

**Buchseiten:** 86 – 111

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Kräfte und Bewegungen, Energie, Gravitation

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Kreisbewegung und Zentripetalkraft</b> (1 Ustd.)	89	analysieren auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	<b>Experiment:</b> Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät <b>Experiment:</b> Bestätigung, dass die Bahngeschwindigkeit tangential zur Kreisbahn gerichtet ist.	Bahngeschwindigkeit, gleichförmige Kreisbewegung, Notwendigkeit einer zum Kreismittelpunkt gerichteten Kraft (Zentripetalkraft)
<b>Eine Formel für die Zentripetalkraft</b> (2 Ustd.)	90 - 91	entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4). analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	<b>Experiment:</b> Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät und Vergleich mit dem mit der Formel berechneten Wert <b>GeoGebra-Datei:</b> Grafische Darstellung der Zentripetalkraft und -beschleunigung bei verschiedenen Radien, Massen und Bahngeschwindigkeiten	Plausibelmachen der Formeln für die Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung <i>Mögliche Ergänzung: Unterscheidung von Zentripetal- und Zentrifugalkraft</i>
<b>Kreisbewegungen auch auf der Kirmes</b> (1 Ustd.)	92 - 93	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer	<b>GeoGebra-Datei:</b> <i>Die Zentripetalkraft bei der Autobahnausfahrt</i>	Analyse der Kräfte beim Kettenkarussell und beim Rotor <i>Mögliche Ergänzung: Klothoide bei</i>



		Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Vektoraddition (E1).		<i>Autobahnausfahrten und beim Looping</i>
<b>In drei Schritten zum Gravitationsgesetz</b> (3 Ustd.)	94 - 97	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). ermitteln mithilfe des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	<i><b>Experiment:</b> Versuch mit der Gravitationsdrehwaage oder <b>Video:</b> Versuch mit der Gravitationsdrehwaage</i>	Herleitung des Gravitationsgesetzes anhand NEWTONS Mondrechnung Gravitationsgesetz und Gravitationskonstante Bestimmung der Masse und mittleren Dichte der Erde <i>Mögliche Ergänzung: Historische Bestimmung von Erdradius und Abstand Erde - Mond Mögliche Ergänzung: Aufbau des Planetensystems Mögliche Ergänzung: Versuch von CAVENDISH zur Bestimmung der Gravitationskonstanten (Demonstrationsexperiment oder Auswertung eines Videos)</i>
<b>Die KEPLER-Gesetze</b> (2 Ustd.)	98 - 101	bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6). ermitteln mithilfe der KEPLER-Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	<b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation einer Satellitenbahn	Entdeckung der KEPLER-Gesetze mithilfe einer Geometriesoftware <i>Mögliche Ergänzung: eigenständige Programmierung der auf Seite 98 benutzen Simulation</i>
<b>Energie im Gravitationsfeld</b> (3 Ustd.)	102 - 105	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6). analysieren in verschiedenen		Gravitationsfeld in Analogie zum magnetischen Feld, Definition der Feldstärke Berechnung der zuzuführenden Arbeit beim Hochheben im Gravitationsfeld, Berechnung der

		<p>Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1).</p> <p>verwenden Energiebilanzen, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p>		<p>potentiellen Energie, Festlegung des Nullniveau</p> <p>Fluchtgeschwindigkeit</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die Energieberechnung im Gravitationsfeld</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die potentielle Energie</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Schwerelosigkeit in verschiedenen Situationen (Raumfahrt, Sprung, Parabelflug, Fallturm)</i></p>
<p><b>Von ARISTOTELES bis NEWTON</b> (2 Ustd.)</p>	106 - 107	<p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).</p> <p>beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von KOPERNIKUS, KEPLER, GALILEI und NEWTON initiiert wurden (E7, B3).</p>	<p><u>Verdeutlichung des geo- bzw. heliozentrischen Weltbilds im Modell (siehe auch Medienkonzept)</u></p>	<p>Hier ist die Erarbeitung des Themas in Referaten denkbar.</p>
<p><b>Internationale Raumstation ISS</b> (1 Ustd.)</p>	111	<p>erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme und beziehen Stellung dazu (B2, B3).</p>		<p>A 17 Aufgabe zur ISS</p>
<p><b>Projekt:</b> <i>Planetenbeobachtung</i></p>	111		<p><b>Material:</b> drehbare Sternenkarte (Internet)</p>	<p><i>Beobachtung des Sternenhimmels und der Planeten mithilfe einer Sternenkarte</i></p>

## Unterrichtsvorhaben V

**Kontext:** Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten

**Buchseiten:** 112 – 133

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Mechanische Schwingungen</b> (1 Ustd.)	115	beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).	<b>Experiment:</b> Schwingung einer Stimmgabel <b>Experiment:</b> Schwingung einer Lautsprechermembran	Abgrenzung der Schwingung von bereits bekannten Bewegungen Periodizität, Gleichgewichtslage, Umkehrpunkte Freie und erzwungene Schwingungen
<b>Ursache und Beschreibung von Schwingungen</b> (2 Ustd.)	116 - 117	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4).	<b>Experiment:</b> Federpendel <b>Experiment:</b> Vergleich der Bewegung einer Pendelkugel mit der Projektion einer Kreisbewegung <b>GeoGebra-Datei:</b> Zeigerdarstellung einer harmonischen Schwingung <b>Excel-Datei:</b> <i>Modellierung einer Federschwingung</i>	Beschreibung von Schwingungen: Auslenkung, Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz Ursache von Schwingungen: Rückstellkraft Harmonische Schwingung: Beschreibung durch Zeiger, Zeit-Elongation-Gesetz <i>Mögliche Ergänzung: lineares Kraftgesetz</i> <i>Mögliche Ergänzung: Modellierung einer</i>

				<i>Federschwingung mit einer Tabellenkalkulation</i>
<b>Energie einer Schwingung</b> (3 Ustd.)	118 - 119	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1). erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	<b>Experiment:</b> horizontaler Federschwinger <b>Experiment:</b> Schwingung einer Stimmgabel <b>Experiment:</b> horizontaler Federschwinger mit Schwingungserreger <b>GoldWave-Datei (zu A2):</b> <i>abklingender Ton</i>	Energie der Schwingung eines ungedämpften vertikalen Federpendels Gedämpfte Schwingungen, Entdämpfung Eigenfrequenz, Resonanz
<b>Schwingungen und Eigenschwingungen</b>	<i>120 - 121</i>		<b>Stationenlernen:</b> Experimente zu Schwingungen und Wellen <b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung der Schwebung mit dem Zeigermodell	<i>Stationenlernen zu Schwingungen und Wellen</i>
<b>Fortschreitende Welle</b> (3 Ustd.)	122 - 123	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4). erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6).	<b>Experiment:</b> Ausbreitung einer transversalen Störung bei einer langen Feder <b>Experiment:</b> Ausbreitung einer longitudinalen Störung bei einer langen Feder <b>GeoGebra-Datei:</b> fortschreitende Welle im Zeigermodell	Transversalwelle, Longitudinalwelle, Wellengeschwindigkeit, Phasengeschwindigkeit, Wellenlänge <i>Darstellung von Wellen im Zeigermodell</i> Zusammenhang zwischen Wellengeschwindigkeit, Wellenlänge und Periodendauer
<b>Die Schallgeschwindigkeit in Luft</b> (2 Ustd.)	124 - 125	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6). planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch,	<b>Experiment:</b> Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit <b>Experiment:</b> Messung der Schallgeschwindigkeit aus der Phasengeschwindigkeit	Schall als Welle Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit sowie aus der Phasengeschwindigkeit  <i>Mögliche Ergänzung: Einfache Messungen zur Abschätzung der Schallgeschwindigkeit</i> <i>Mögliche Ergänzung:</i>

		werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).		<i>Präzisionsmessung der Schallgeschwindigkeit mit Ultraschallsender, -empfänger und Oszilloskop</i>
<b>Töne und Klänge</b> (2 Ustd.)	126 - 127	planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (Frequenzanalyse), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).	<b>Experiment:</b> Frequenzanalyse eines Flöttons mit GoldWave <b>Experiment (V2, V3, V4):</b> Frequenzanalyse einer Stimmgabelschwingung, der Schwingung eines Monochords und der Schwingung eines überblasenen Reagenzglases mit einem Messwerterfassungssystem <b>CASSY-Datei:</b> Fourieranalyse eines Monochord-Klanges <b>Experiment (V5):</b> Eigenschwingungen eines beidseitig eingespannten Gummiband <b>Experiment (V6):</b> Eigenschwingungen der Luftsäule in einem Glasrohr	Frequenzanalyse (z.B. Flötton, Stimmgabel, Monochord, überblasenes Reagenzglas, Musikinstrumente) Klang, Grundschiwingung, Oberschiwingung Grundton und Obertöne bei zwei freien Enden, zwei festen Enden und einem freien und einem festen Ende
<b>Stehende Wellen</b> (2 Ustd.)	128 - 129	bestimmen mechanische Größen mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).	<b>GeoGebra-Datei oder Java-App:</b> Zeigermodellierung der stehenden Welle	Zeigermodellierung der Überlagerung von Welle und reflektierter Welle mit GeoGebra Wellenknoten, Wellenbauch Freies Ende, festes Ende Wellen bei beidseitiger Begrenzung <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung der Reflexion am freien und festen Ende</i>
<b>Projekt:</b> <i>Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator</i>	133		<b>Experiment:</b> Messung der Eigenfrequenzen eines Helmholtz-Resonators	<i>Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator, Vergleich von Theorie und Experiment</i>



## **Qualifikationsphase**

### **Grundkurs**

Die nachfolgend angegebenen Kapitelangaben beziehen sich auf das eingeführte Schulbuch: Fokus Physik Sekundarstufe II Qualifikationsphase, Gymnasium Nordrhein-Westfalen, ISBN 978-3-06-015551-4

**Anzahl der Wochenstunden:** 3

**Anzahl der Klausuren:** 2 Klausuren im zweiten Halbjahr

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – Grundkurs

Experimente	Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
<b>Oszilloskop:</b> 5.15 <b>Leiterschleife:</b> 7.1 <b>Thomson'scher Ringversuch:</b> 7.1; 7.7 <b>Leiterschaukel:</b> 7.2 <b>Generator:</b> 7.4 <b>Transformator:</b> 7.5 <b>Fernleitung:</b> 7.5	<b>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</b> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 18 Ustd.	Elektrodynamik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung und elektrische Energie</li> <li>• Induktion</li> <li>• Spannungswandlung</li> </ul>	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien	Kap. 5: Elektrische Ladung und elektrisches Feld Kap. 6: Magnetisches Feld Kap. 7: Elektromagnetische Induktion
	<b>Wirbelströme im Alltag</b> Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: 4 Ustd.	Elektrodynamik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion</li> </ul>	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien	Kap. 7: Elektromagnetische Induktion
<b>Fotoeffekt:</b> 13.2 <b>Wellenwanne:</b> 9.3; 9.5; 9.6 <b>Doppelspalt:</b> 10.4 <b>Gitterbeugung:</b> 10.5	<b>Erforschung des Photons</b> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 14 Ustd.	Quantenobjekte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photon (Wellenaspekt)</li> </ul>	E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation	Kap. 9: Wellen Kap. 10: Welleneigenschaften des Lichts Kap. 13: Quanten
<b>Millikanversuch:</b> 5.13 <b>Fadenstrahlrohr:</b> 6.6	<b>Erforschung des Elektrons</b> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 15 Ustd.	Quantenobjekte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron (Teilchenaspekt)</li> </ul>	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle	Kap. 13: Quanten



Experimente	Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
<b>Elektronenbeugung:</b> 13.6	<b>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</b> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 8 Ustd.	Quantenobjekte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen	Kap. 13: Quanten
Summe Qualifikationsphase (Q1) – Grundkurs: 56 Stunden				

**Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – Grundkurs**

		•		
<b>Linienpektren:</b> 13.8 <b>Resonanzabsorption:</b> 13.12 <b>Fraunhofer-Linien:</b> 13.12; 20.4 <b>Franck-Hertz-Versuch:</b> 13.11 <b>Röntgenspektren:</b> 13.4; 14.7	<b>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</b> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 13 Ustd.	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung der Atomhülle</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung	Kap. 10: Welleneigenschaften des Lichts Kap. 13: Quanten Kap. 14: Quantenphysikalisches Atommodell
<b>Geiger-Müller-Zählrohr:</b> 16.2; 16.6 <b>Absorption:</b> 16.6; 16.10	<b>Mensch und Strahlung</b> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernumwandlungen</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und	Kap. 16: Atomkerne Kap. 18: Radioaktivität und Kerntechnik

Experimente	Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
	Zeitbedarf: 9 Ustd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	Grenzen	
	<b>Forschung am CERN und DESY</b> Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 6 Ustd.	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>	UF3 Systematisierung E6 Modelle	Kap. 17: Elementarteilchen
<b>Michelson und Morley: 19.3</b> <b>Lichtuhr: 19.5</b> <b>Myonzerfall: 19.6</b>	<b>Navigationssysteme</b> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 5 Ustd.	Relativität von Raum und Zeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle	Kap. 19: Relativitätstheorie
<b>Zyklotron: 6.6</b>	<b>Teilchenbeschleuniger</b> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 6 Ustd.	Relativität von Raum und Zeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	UF4 Vernetzung B1 Kriterien	Kap. 19: Relativitätstheorie

Experimente	Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
	<p><b>Das heutige Weltbild</b>  Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?  Zeitbedarf: 2 Ustd.</p>	<p>Relativität von Raum und Zeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen  K3 Präsentation</p>	<p>Kap. 19: Relativitätstheorie</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – Grundkurs: 41 Stunden</b></p>				

## Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

## Inhaltsfeld: Quantenobjekte

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar/didaktische Hinweise	Fokus Physik S II
Elementarladung (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),</li> <li>• untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).</li> </ul>	schwebender Wattebausch <b>Millikanversuch</b> Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) Auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren	5.1 Geladene Körper 5.2 Elektrische Ladung als physikalische Größe 5.3 Elektrisches Feld 5.9 Kondensator 5.13 Bestimmung der Elementarladung

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar/didaktische Hinweise	Fokus Physik S II
Elektronenmasse (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),</li> <li>• bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),</li> <li>• modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),</li> </ul>	<b><i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b> auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit) Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft: Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke. Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.	5.3 Elektrisches Feld 5. 5 Elektrisches Potenzial und elektrische Spannung 5. 7 Feldgleichung und Feldkonstante 5. 12 Freie Ladungsträger im elektrischen Feld 6.1 Magnetische Feldstärke 6. 2 Magnetfeld von Leiter und Spule 6. 3 Lorentzkraft und Halleffekt 6. 6 Bewegung von Ladungsträgern im Magnetfeld 6. 7 Massenspektrometer und Geschwindigkeitsfilter
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).</li> </ul>	<b>Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</b>	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung	13. 6 Materiewellen 15. 1 Strukturbestimmung von Festkörpern
<b>Summe: 15 Ustd.</b>				

## Inhaltsfeld: Elektrodynamik (GK)

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
<p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung (5 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld – „<b>Leiterschaukelversuch</b>“ Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b>) Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird. Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele. Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet. Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>	<p>5. 5 Elektrisches Potenzial und elektrische Spannung 6. 3 Lorentzkraft und Halleffekt 7. 1 Phänomen Induktion 7. 2 Induktionsgesetz 7. 3 Faraday entdeckt die elektromagnetische Induktion</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
<b>Technisch praktikable Generatoren:</b> Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)	recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2), erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),	Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip  Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren	Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.	7. 4 Wechselspannung und Generator 7. 12 Anwendungen der Induktion
	erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5). führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),	Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und <b>digitalem Messwert-erfassungssystem</b>	Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.	

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“            Transformator            (5 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),            ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).            geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),            werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).            führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)            Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen            Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten            ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwerterfassungssystem</b> zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).            Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.            Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.</p>	<p>7. 5 Transformator            7. 12 Anwendungen der Induktion</p>



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> , um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1), zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).	<b>Modellexperiment</b> (z.B. mit Hilfe von Aufbau-Transformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.	7. 5 Transformator
<b>Summe: 18 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	erläutern anhand des Thomson'schen Ringversuchs die Lenz'sche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten <b>Thomson'scher Ringversuch</b> diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.	Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)	7. 6 Selbstinduktion 7. 7 Wirbelströme
<b>Summe: 4 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
<b>Inhaltsfeld: Quantenobjekte</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	<b>Doppelspalt und Gitter, Wellenwanne</b> quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)	9.1 Wellenphänomene 9.2 Harmonische Welle 9.3 Überlagerung von Wellen 9.4 Reflexion 9.5 Brechung und Beugung 9.6 Interferenz 10.3 Beugung von Licht 10.4 Interferenz am Doppelspalt 10.5 Optisches Gitter
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	<b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotozelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden	13.2 Fotoeffekt 13.3 Einstein interpretiert den Fotoeffekt mit Lichtquanten
<b>Summe: 14 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Licht und Materie (5 Ustd.)	erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3). zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4), beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).	Computersimulation <b>Doppelspalt</b> <b>Photoeffekt</b>	Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik	13. 6 Materiewellen 13. 15 Interferenz und Weginformation 13. 14 Heisenberg, Schrödinger und die Entstehung der Quantenmechanik
<b>Summe: 5 Ustd.</b>				

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar/didaktische Hinweise	Fokus Physik S II
----------------------------	--	-------------------	-----------------------------------	-------------------

**Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)***

Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle	13. 7 Frühe Atommodelle 13. 9 Rutherford stößt auf den Atomkern
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von <b>Linienpektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienspektren	13. 8 Linienspektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	<b>Franck-Hertz-Versuch</b>	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)	13. 10 Bohrsches Atommodell 13. 11 Franck-Hertz-Experiment 13. 12 Resonanzabsorption und Lumineszenz

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von <b>Röntgenspektren</b> (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden  Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion	13. 4 Röntgenstrahlung 14. 7 Charakteristische Röntgenstrahlung
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen 3Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	<b>Flammenfärbung</b> Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien Spektralanalyse</b>	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)	13. 12 Resonanzabsorption und Lumineszenz
<b>Summe: 13 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche <b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b>	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I	16. 2 Nachweis ionisierender Strahlung 16. 6 Radioaktive Strahlung
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte		18. 2 Zerfallsreihen und künstliche Nuklide
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.	16. 2 Nachweis ionisierender Strahlung 18. 1 Aktivität und Zerfallsgesetz



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe Dosimetrie (3 Ustd.)	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	ggf. Einsatz eines Films / eines Videos	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>	18. 4 Biologische Wirkungen der Radioaktivität 18. 5 Strahlenschutz
<b>Summe: 9 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,	17. 1 Strukturuntersuchung mit schnellen Teilchen 17. 2 Quarks, Materie und Antimaterie 17. 3 Wechselwirkungen und ihre Austauschteilchen 17. 4 Standardmodell
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren	17. 3 Wechselwirkungen und ihre Austauschteilchen 17. 7 Vereinheitlichung von Theorien
<b>Summe: 6 Ustd.</b>				

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar/didaktische Hinweise	Fokus Physik S II
----------------------------	--	-------------------	-----------------------------------	-------------------

**Inhaltsfeld: *Relativität von Raum und Zeit (GK)***

<p>Relativität der Zeit (5 Ustd.)</p>	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),  erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),  erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).  erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),  begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),  erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p><b>Experiment von Michelson und Morley</b> (Computersimulation)   <b>Lichtuhr</b> (Gedankenexperiment / Computersimulation)   <b>Myonenzerfall</b> (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen  Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments  Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.  Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.  Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>	<p>19. 1 Einsteins "Elektrodynamik bewegter Körper"  19. 2 Postulate der Speziellen Relativitätstheorie  19. 3 Experiment von Michelson und Morley  19. 4 Relativität der Gleichzeitigkeit  19. 5 Zeitdilatation  19. 6 Längenkontraktion</p>
<p><b>Summe: 5 Ustd.</b></p>				

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar/didaktische Hinweise	Fokus Physik S II
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern  (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	<b>Zyklotron</b> (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.	19. 9 Relativistische Masse und relativistischer Impuls
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.	19. 10 Masse-Energie-Beziehung
<b>Summe: 6 Ustd.</b>				
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video		19. 1 Einsteins "Elektrodynamik bewegter Körper" 6. 4 Elektromagnetismus
<b>Summe: 2 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)	erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3), erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1), diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),	1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode) 2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)	Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden: Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen	13. 2 Photoeffekt 13. 3 Einstein interpretiert den Photoeffekt mit Lichtquanten 13. 5 Impuls von Photonen
<b>Summe: 10 Ustd.</b>				

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html</a> )	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“) Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllenelektronen gegeben (recherchiert) werden. Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.	13. 4 Röntgenstrahlung 14. 7 Charakteristische Röntgenstrahlung
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund	10. 5 Optisches Gitter 13. 4 Röntgenstrahlung

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum	13. 4 Röntgenstrahlung 14. 7 Charakteristische Röntgenstrahlung
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode	15. 1 Strukturbestimmung von Festkörpern
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen  Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep  Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)	13. 4 Röntgenstrahlung

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
<b>Summe: 9 Ustd.</b>				



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre  Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <a href="http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/">http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</a> )	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)	13. 6 Materiewellen
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten  Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nichtlichtschneller) Quantenobjekte	13. 6 Materiewellen

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).		Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen. Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.	14. 1 Unendlich tiefer eindimensionaler Potenzialtopf 14. 2 Numerische Berechnungen 14. 3 Energiewerte des Wasserstoffatoms

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4), erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7). erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3), diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos		13. 15 Interferenz und Weginformation 13. 16 Zustandsfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit 13. 17 Energiezustände
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3), bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).		Die Heisenberg'sche Unschärferelation kann (aus fachlicher Sicht) plausibel gemacht werden aufgrund des sich aus der Interferenzbedingung ergebenden Querimpulses eines Quantenobjekts, wenn dieses einen Spalt passiert.	13. 19 Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation
<b>Summe: 10 Ustd.</b>				

## **Leistungskurs**

Die nachfolgend angegebenen Kapitelangaben beziehen sich auf das eingeführte Schulbuch: Fokus Physik Sekundarstufe II Qualifikationsphase, Gymnasium Nordrhein-Westfalen, ISBN 978-3-06-015551-4

**Anzahl der Wochenstunden:** 5

**Anzahl der Klausuren:** 2 Klausuren im zweiten Halbjahr

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – Leistungskurs

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
<p>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</p> <p>Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl</p> <p>E6 Modelle</p>	<p>Kap. 19: Relativitätstheorie</p>
<p>Höhenstrahlung</p> <p>Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> </ul>	<p>E5 Auswertung</p> <p>K3 Präsentation</p>	<p>Kap. 19: Relativitätstheorie</p>
<p>Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten</p> <p>Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</p> <p>Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p>Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung</p> <p>B1 Kriterien</p>	<p>Kap. 19: Relativitätstheorie</p>
<p>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</p> <p>Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>K3 Präsentation</p>	<p>Kap. 19: Relativitätstheorie</p>
<p>Das heutige Weltbild</p> <p>Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>	<p>Kap. 19: Relativitätstheorie</p>

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i>  Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?  Zeitbedarf: 24 Ustd.</p>	<p>Elektrik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  UF2 Auswahl  E6 Modelle  K3 Präsentation  B1 Kriterien  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>	<p>Kap. 5: Elektrische Ladung und elektrisches Feld  Kap. 6: Magnetisches Feld</p>
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i>  Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?  Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p>Elektrik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl  UF4 Vernetzung  E1 Probleme und Fragestellungen  E5 Auswertung  E6 Modelle  K3 Präsentation  B1 Kriterien  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>	<p>Kap. 5: Elektrische Ladung und elektrisches Feld  Kap. 6: Magnetisches Feld</p>
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i>  Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?  Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p>Elektrik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetische Induktion</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl  E6 Modelle  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>	<p>Kap. 7: Elektromagnetische Induktion</p>
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i>  Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?  Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p>Elektrik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  UF2 Auswahl  E4 Untersuchungen und Experimente  E5 Auswertung  E6 Modelle  K3 Präsentation  B1 Kriterien  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>	<p>Kap. 8: Schwingungen  Kap. 9 Wellen</p>

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
Summe Qualifikationsphase (Q1) – Leistungskurs: 120 Stunden			

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
-----------------------	---	-----------------------	------------------

### Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – Leistungskurs

<p><b>Erforschung des Photons</b> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Quantenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen</p>	<p>Kap. 13: Quanten</p>
<p><b>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</b> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 9 Ustd.</p>	<p>Quantenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe E6 Modelle</p>	<p>Kap. 13: Quanten</p>
<p><b>Erforschung des Elektrons</b> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 6 Ustd.</p>	<p>Quantenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe K3 Präsentation</p>	<p>Kap. 13: Quanten</p>
<p><b>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</b> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Quantenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen</p>	<p>Kap. 13: Quanten</p>
<p><b>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</b> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen</p>	<p>Kap. 13: Quanten Kap. 14: Quantenphysikalisches Atommodell Kap. 15: Eigenschaften von Festkörpern</p>
<p><b>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</b></p>	<p>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionisierende Strahlung</li> </ul>	<p>UF3 Systematisierung E6 Modelle</p>	<p>Kap. 16: Atomkerne Kap. 18: Radioaktivität und Kerntechnik</p>



Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte	Fokus Physik SII
Wie nutzt man Strahlung in der Medizin? Zeitbedarf: 14 Ustd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> </ul>	UF4 Vernetzung	
(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen Wie funktioniert die 14C-Methode? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> </ul>	UF2 Auswahl E5 Auswertung	Kap. 16: Atomkerne Kap. 18: Radioaktivität und Kerntechnik
Energiegewinnung durch nukleare Prozesse Wie funktioniert ein Kernkraftwerk? Zeitbedarf: 9 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernspaltung und Kernfusion</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> </ul>	B1 Kriterien UF4 Vernetzung	Kap. 16: Atomkerne Kap. 18: Radioaktivität und Kerntechnik
Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 11 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</li> </ul>	UF3 Systematisierung K2 Recherche	Kap. 17: Elementarteilchen
<b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – Leistungskurs: 89 Stunden</b>			

## Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6),</li> <li>• erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2),</li> <li>• begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).</li> </ul>	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video/Film)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (Computersimulation). Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.	19. 1 Einsteins „Elektrodynamik bewegter Körper“ 19. 2 Postulate der Speziellen Relativitätstheorie 19. 3 Experiment von Michelson und Morley 19. 4 Relativität der Gleichzeitigkeit
<b>Summe: 4 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., zusätzlich Exkursion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),</li> <li>• reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).</li> <li>• erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)</li> </ul>	<p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)</p>	<p>Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor <math>\gamma</math> hergeleitet.</p> <p>Der Myonenerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</p>	19. 5 Zeitdilatation
Längenkontraktion (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),</li> <li>• erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),</li> <li>• beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),</li> </ul>	<p>Myonenerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität) – s. o.</p>	<p>Der Myonenerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o.</p> <p>Herleitung der Formel für die Längenkontraktion</p>	19. 6 Längenkontraktion
<b>Summe: 4 Ustd.</b>				

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),</li> </ul>	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	<p>Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten.</p> <p>Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</p> <p>Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.</p>	19. 9 Relativistische Masse und relativistischer Impuls
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1)</li> <li>berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)</li> </ul>		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.	19. 9 Relativistische Masse und relativistischer Impuls 19. 10 Masse-Energie-Beziehung
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4),</li> <li>bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1),</li> <li>beurteilen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),</li> </ul>	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	<p>Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen.</p> <p>Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.</p> <p>Erzeugung und Vernichtung von Teilchen</p>	19. 10 Masse-Energie-Beziehung 16. 3 Massendefekt und Bindungsenergie 18. 7 Oppenheimer und das Manhattan Project

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
<b>Summe: 8 Ustd.</b>				
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)</li> </ul>	<p>Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig)</p> <p>Flug von Atomuhren um die Erde (Video)</p>	<p>Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.</p> <p>Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.</p>	19. 11 Postulate der Allgemeinen Relativitätstheorie
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).</li> </ul>	<p>Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment</p> <p>Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung Film/Video)</p>	An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)	19. 11 Postulate der Allgemeinen Relativitätstheorie 19. 12 Krümmung der Raumzeit
<b>Summe: 4 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).</li> </ul>	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	Ggf. Schülervortrag	19. 12 Krümmung der Raumzeit
<b>Summe: 2 Ustd.</b>				

### Inhaltsfeld: Elektrik (LK)

<p>Grundlagen:</p> <p>Ladungstrennung,</p> <p>Ladungsträger</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),</li> </ul>	<p>einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung/Abstoßung,</p> <p>halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betrags-mäßig gleiche, aber ent-gegengesetzte Ladungen, Influenzversuche</p>	<p>An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen.</p> <p>Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.</p>	<p>5. 1 Geladene Körper</p> <p>5. 2 Ladung als physikalische Größe</p>
--	--	--	--	--

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p><b>Bestimmung der Elementarladung:</b> elektrische Felder, Feldlinien</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung</p> <p>Kondensator Elementarladung (10 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),</li> <li>• erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4)</li> </ul>	<p>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL (remote control laboratory), einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, Plattenkondensator (homogenes E-Feld),</p>	<p>Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet.</p> <p>Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt.</p> <p>Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.</p>	<p>5. 3 Elektrisches Feld 5. 4 Felder 5. 5 Elektrisches Potenzial und elektrische Spannung 5. 6 Abschirmung elektrischer Felder 5. 9 Kondensator 5. 13 Bestimmung der Elementarladung</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> </ul>	<p>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit</p> <p>An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.</p>	

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p>(Ustd. à 45 min)</p> <p><b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b> magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger,  Elektronenmasse (10 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</li> <li>• treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>• beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</li> <li>• ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</li> </ul>	<p>Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee, (z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke, Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft, Fadenstrahlrohr zur <math>e/m</math> – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p>	<p>Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen.  Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.  Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet. Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes, Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,</p>	<p>5. 4 Felder 5. 12 Freie Ladungsträger im elektrischen Feld 6. 1 Magnetische Feldstärke 6. 2 Magnetfeld von Leiter und Spule 6. 3 Lorentzkraft und Halleffekt 6. 4 Elektromagnetismus 6. 6 Bewegung von Ladungsträgern im Magnetfeld 6. 7 Massenspektrometer und Geschwindigkeitsfilter</p>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</li> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>• erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</li> <li>• bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</li> <li>• leiten physikalische Gesetze (Formel für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>• beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</li> <li>• schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der <math>e/m</math>-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</li> </ul>		Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.	

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
<b>Summe: 24 Ustd.</b>				

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p>Anwendungen in Forschung und Technik: Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</li> <li>• erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</li> <li>• beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</li> <li>• ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</li> <li>• schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</li> <li>• erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</li> <li>• erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</li> <li>• leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> </ul>	<p>Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen), Elektronenstrahlableiterkröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (<math>e/m</math> – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen, Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde, Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber), Kalibrierung einer Hallsonde, Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes, Bestimmung der magnetischen Feldkonstante, Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>	<p>5. 4 Felder 6. 3 Lorentzkraft und Halleffekt 6. 6 Bewegung von Ladungsträgern im Magnetfeld 6. 7 Massenspektrometer und Geschwindigkeitsfilter</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>• wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</li> </ul>			

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p>(Ustd. à 45 min)</p> <p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung: Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</li> <li>• erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</li> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>• wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</li> <li>• leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>• ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</li> <li>• beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</li> </ul>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker, Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwertfassungssystemen), Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern).</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt.</p> <p>Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell,</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung), Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben.</p> <p>deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie</p>	<p>5. 9 Kondensator 5. 10 Speicherung elektrischer Energie 5. 11 Auf- und Entladen eines Kondensators 5. 15 Anwendungen elektrischer Felder</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>• wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</li> </ul>			
<b>Summe: 22 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p>(Ustd. à 45 min)</p> <p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie: Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes (22 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</li> <li>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</li> <li>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</li> <li>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</li> <li>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</li> </ul>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel, einfaches elektrodynamisches Mikrofon,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von B(t) und U<sub>ind</sub>(t), „Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar, Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <p>Flächenänderung (deduktive Herleitung)</p> <p>Änderung der Feldgröße B (quantitatives Experiment)</p> <p>Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>	<p>7. 1 Phänomen Induktion</p> <p>7. 2 Induktionsgesetz</p> <p>7. 3 Faraday entdeckt die elektromagnetische Induktion</p> <p>7. 4 Wechselspannung und Generator</p> <p>7. 5 Transformator</p> <p>7. 6 Selbstinduktion</p> <p>7. 7 Wirbelströme</p> <p>7. 8 Energie des Magnetfelds</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</li> <li>• ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</li> <li>• bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</li> <li>• begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</li> </ul>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last),</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse „Ringversuche“</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität, messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>	
<b>Summe: 22 Ustd.</b>				



<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b>	<b>Experiment/Medium</b>	<b>Kommentar</b>	<b>Fokus Physik S II</b>
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			

**Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung**

---

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p>(Ustd. à 45 min)</p> <p>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis,</p> <p>Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis (12 Ustd.)</p> <p><u><a href="#">Siehe auch StuBo-Curriculum</a></u></p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</li> <li>• treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>• erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</li> <li>• beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</li> </ul>	<p>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren,</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</p>	<p>Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung vorgestellt.</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>	<p>8. 5 Gedämpfte Schwingung</p> <p>8. 6 Resonanz</p> <p>8. 9 Elektrischer Schwingkreis</p> <p>8. 10 Anregung elektrischer Schwingkreise</p> <p>8. 11 Rückkopplungsschaltung und Taktgeber</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
	<ul style="list-style-type: none"> <li>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</li> <li>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> </ul>	RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren, ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen	<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomsonformel).</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</li> <li>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</li> </ul>		Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p><b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b> Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen, (16 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</li> <li>• erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</li> <li>• beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</li> <li>• erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</li> <li>• ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).</li> <li>• beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).</li> <li>• erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</li> </ul>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt, dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe), Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen, Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion), visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion, Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen, Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen, Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet. Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C, Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!</li> <li>• (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird.</li> <li>• Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.</li> </ul>	<p>9. 1 Wellenphänomene 9. 2 Harmonische Welle 9. 3 Überlagerung von Wellen 9. 4 Reflexion 9. 5 Brechung und Beugung 9. 6 Interferenz 9. 7 Darstellung von Wellen mit Zeigern 9. 12 Entstehung elektromagnetischer Wellen 9. 13 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen 9. 14 Hertz weist die elektromagnetischen Wellen nach 9. 15 Eigenschaften elektromagnetischer Wellen 9. 16 Modulation 9. 17 Anwendung elektromagnetischer Wellen</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>• leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>• beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),</li> <li>• wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</li> <li>• erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</li> </ul>	<p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen, Wellenwanne</p> <p>Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,</p> <p>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,</p>	
<p><b>Summe: 28 Ustd.</b></p>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			

### Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)

Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6)</li> <li>• legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),</li> </ul>	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)	Qualitative Demonstration des Photoeffekts	13. 2 Fotoeffekt 13. 3 Einstein interpretiert den Fotoeffekt mit Lichtquanten
---------------------------------------	--	---	--	--

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
<p>Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</li> <li>• erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</li> <li>• diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</li> <li>• beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</li> <li>• ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),</li> </ul>	<p>1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)</p> <p>2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)</p>	<p>Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen</p> <p>Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden:</p> <p>Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen</p> <p>Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen</p>	<p>13. 2 Photoeffekt 13. 3 Einstein interpretiert den Photoeffekt mit Lichtquanten 13. 5 Impuls von Photonen</p>
<p><b>Summe: 10 Ustd.</b></p>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),</li> </ul>	<p>Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung</p> <p>Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html</a>)</p>	<p>Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“)</p> <p>Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden.</p> <p>Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.</p>	13. 4 Röntgenstrahlung 14. 7 Charakteristische Röntgenstrahlung
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),</li> </ul>	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund	10. 5 Optisches Gitter 13. 4 Röntgenstrahlung
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),</li> </ul>		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum	13. 4 Röntgenstrahlung 14. 7 Charakteristische Röntgenstrahlung



Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode	15. 1 Strukturbestimmung von Festkörpern
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)  <u>Siehe auch StuBo-Curriculum</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),</li> </ul>	Film/Video/Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)	13. 4 Röntgenstrahlung
<b>Summe: 9 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),</li> </ul>	<p>Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre</p> <p>Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <a href="http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/">http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</a>)</p>	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)	13. 6 Materiewellen
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur <math>h</math>-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</li> <li>erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),</li> </ul>	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	<p>Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten</p> <p>Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nichtlichtschneller) Quantenobjekte</p>	13. 6 Materiewellen
<b>Summe: 6 Ustd.</b>				

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4),</li> <li>• ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).</li> </ul>		<p>Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen.</p> <p>Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt.</p> <p>Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.</p>	14. 1 Unendlich tiefer eindimensionaler Potenzialtopf 14. 2 Numerische Berechnungen 14. 3 Energiewerte des Wasserstoffatoms

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),</li> <li>• erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7).</li> <li>• erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3),</li> <li>• diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</li> <li>• stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),</li> </ul>	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos		13. 15 Interferenz und Weginformation 13. 16 Zustandsfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit 13. 17 Energiezustände
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),</li> <li>• bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).</li> </ul>		Die Heisenberg'sche Unschärferelation kann (aus fachlicher Sicht) plausibel gemacht werden aufgrund des sich aus der Interferenzbedingung ergebenden Querimpulses eines Quantenobjekts, wenn dieses einen Spalt passiert.	13. 19 Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
<b>Summe: 10 Ustd.</b>				

**Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)**

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
<b>Atomaufbau:</b> Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),</li> </ul>	Recherche in Literatur und Internet  Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.) Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B. <a href="http://www.schulphysik.de/java/p_hyslet/applets/rutherford.html">http://www.schulphysik.de/java/p_hyslet/applets/rutherford.html</a> )	13. 7 Frühe Atommodelle 13. 9 Rutherford stößt auf den Atomkern
Energiequantelung der Hüllelektronen (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),</li> </ul>	Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch	Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin	13. 8 Linienspektren 13. 11 Franck-Hertz-Experiment
Linienspektren (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).</li> </ul>	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt	13. 8 Linienspektren 13. 10 Bohrsches Atommodell 13. 12 Resonanzabsorption und Lumineszenz
Bohr'sche Postulate (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),</li> </ul>	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius	13. 10 Bohrsches Atommodell 13. 12 Resonanzabsorption und Lumineszenz
<b>Summe: 10 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
<b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</li> </ul>	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Nebelkammer	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt , Präparate etc.)  Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz  Material zu Halbleiterdetektoren	16. 2 Nachweis ionisierender Strahlung
Strahlungsarten (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</li> <li>erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</li> <li>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</li> <li>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</li> </ul>	Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung  Ablenkung von $\beta$ -Strahlen im Magnetfeld  Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten	16. 2 Nachweis ionisierender Strahlung 14. 7 Charakteristische Röntgenstrahlung 16. 6 Radioaktive Strahlung 16. 7 Schalen- und Potenzialtopfmodell 16. 8 Alphazerfall 16. 9 Betazerfall 16. 10 Gammastrahlung
Dosimetrie (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</li> </ul>	Video zur Dosimetrie Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich		18. 4 Biologische Wirkungen der Radioaktivität 18. 5 Strahlenschutz

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),</li> <li>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),</li> </ul>	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen) Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen	16. 2 Nachweis ionisierender Strahlung 18. 4 Biologische Wirkungen der Radioaktivität 18. 5 Strahlenschutz
<b>Summe: 14 Ustd.</b>				
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte (1 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),</li> </ul>	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I	16. 1 Aufbau von Kernen 16. 2 Nachweis ionisierender Strahlung 18. 2 Zerfallsreihen und künstliche Nuklide
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),</li> </ul>	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte	18. 1 Aktivität und Zerfallsgesetz 18. 2 Zerfallsreihen und künstliche Nuklide
	<ul style="list-style-type: none"> <li>entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),</li> </ul>	Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008)	Siehe <a href="http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html">http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html</a> Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler	



Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),</li> </ul>	Tabellenkalkulation	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),</li> </ul>	Ggf. CAS	Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen	
Altersbestimmung (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),</li> </ul>	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung	18. 3 Altersbestimmung
<b>Summe: 10 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
<b>Kernspaltung und Kernfusion:</b> Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),</li> <li>• bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),</li> <li>•</li> </ul>	Video zu Kernwaffenexplosion	Z.B. YouTube	16. 3 Massendefekt und Bindungsenergie 16. 5 Becquerel, die Curies und die Entdeckung der Radioaktivität
Kettenreaktion (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),</li> <li>• beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),</li> </ul>	Mausefallenmodell, Video, Applet	Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar	18. 6 Kernspaltung und Kettenreaktion 18. 8 Kernreaktoren 18. 9 Kernfusion
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),</li> </ul>	Diagramm B/A gegen A, Tabellenwerk, ggf. Applet	Z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de">www.leifiphysik.de</a>	18. 6 Kernspaltung und Kettenreaktion 18. 8 Kernreaktoren 18. 9 Kernfusion
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).</li> </ul>	Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Siehe <a href="http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm">http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm</a>	18. 7 Oppenheimer und das Manhattan Project
<b>Summe: 9 Ustd.</b>				

Inhalt	Kompetenzen	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...			
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</li> </ul>	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden. Ggf. Schülerreferate	16. 1 Aufbau von Kernen 17. 1 Strukturuntersuchung mit schnellen Teilchen 17. 2 Quarks, Materie und Antimaterie 17. 3 Wechselwirkungen und ihre Austauschteilchen 17. 4 Standardmodell
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).</li> <li>erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).</li> </ul>	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	<p>Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</p> <p>Die Bedeutung der Gleichung <math>E=mc^2</math> (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form <math>\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar</math> (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.</p>	17. 2 Quarks, Materie und Antimaterie 17. 3 Wechselwirkungen und ihre Austauschteilchen 17. 4 Standardmodell

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment/Medium	Kommentar	Fokus Physik S II
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),</li> </ul>	Literatur und Recherche im Internet: CERN-Rap	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik	17. 4 Standardmodell 17. 5 Higgs-Teilchen 17. 6 Symmetrie 17. 7 Vereinheitlichung von Theorien
<b>Summe: 11 Ustd.</b>				

## **Bewertungskriterien im Fach Physik**

### **Sonstige Mitarbeit**

Für den Bewertungsbereich der "Sonstigen Mitarbeit" gelten die im Rahmenkonzept zur Leistungsbewertung festgelegten allgemeinen Grundsätze (Abschnitt 3).

Die Bewertung von Schülerleistungen im Bereich „sonstige Mitarbeit“ bezieht sich auf die genaue Beobachtung von Schüleraktivitäten hinsichtlich der weiter oben aufgeführten Kompetenzen. Insbesondere folgende Beiträge sind zu berücksichtigen (siehe auch KLP NRW):

- mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen und dem hierbei angemessenen Verwenden physikalischer Fachsprache
- qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form,
- Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken oder Diagrammen,
- selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten,
- Erstellung und Präsentation von Referaten,
- Verständliches und präzises Darstellen, Erläutern von Lösungen, Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte,
- Führung eines Heftes, Lerntagebuchs oder Portfolios,
- Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit,
- Sinnvoller Einsatz von Computern und verschiedenen Programmen (z.B. DynaGeo, Viana, Dynasys),
- schriftliche Lernzielkontrollen.

Wesentlich sind die Beiträge rund um Schülerexperimente, in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeiten und in Unterrichtsgesprächen. Diese Beiträge bilden das Fundament der Notenfestlegung. Die genaue Gewichtung wird individuell vom jeweiligen Lehrer, unter Berücksichtigung didaktischer Gründe für den jeweiligen Schüler, festgelegt.

Schriftliche Lernzielkontrollen sollten etwa so stark gewichtet werden, wie ca. 2 Stunden mündliche Mitarbeit. In der Regel sollten bis zu 2 schriftliche Lernzielkontrollen pro Halbjahr erfolgen.

Häufiges Nichtanfertigen oder unvollständiges bzw. oberflächlich angefertigte Hausaufgaben sollten zu einer Abwertung der Note in der sonstigen Mitarbeit führen.

Um eine über die verschiedenen, parallelen und nicht-parallelen Klassen hinweg gerechte und gleichwertige Leistungsbeurteilung zu erreichen, verständigen sich parallel unterrichtende Lehrkräfte. Sollten die schulischen Rahmenbedingungen dies erlauben, so beinhaltet diese Verständigung:

- Vergleichende Lernzielkontrollen (schriftliche Übungen)
- Austausch über die Qualität der Heftführung
- Gemeinsame Rahmenplanung der Unterrichtsverteilung
- Gleiche Schülerversuche etc. – Austausch über die Erfahrungen
- Austausch über Bewertung mündlicher und sonstiger Beiträge
- Vergleichende Klausuren in parallelen Kursen der Oberstufe

### **Klausuren (Sek. II)**

Für die Klausuren in der Sek. II gelten die im Rahmenkonzept vorgestellten allgemeinen Grundsätze (Abschnitt 2), insbesondere die Zuordnung von Punkten und Notenstufen.

Für das Fach Physik ergeben sich dabei folgende Besonderheiten:

- Der "schriftliche Erwartungshorizont" erfolgt durch eine Musterlösung mit Punktangaben. Diese wird den Schülern durch Tafelanschrieb oder ausgeteilte Kopien mitgeteilt und ggf. ausführlich besprochen.
- Leistungsmängel und positive Leistungen werden durch die Korrektur gekennzeichnet.
- Aus der Korrektur geht hervor, wie viele Bewertungseinheiten in jeder Teilaufgabe von der Summe der erreichbaren Bewertungseinheiten erteilt wurden.
- Längere Textproduktionen werden ggf. durch einen Kommentar bewertet.

### **Gewichtung**

Für die Arbeitsaufträge der Klausuren werden nachfolgende, den Landesvorgaben entsprechende Operatoren verwendet:

<b>Operator</b>	<b>Beschreibung der erwarteten Leistung</b>
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben
analysieren /	unter einer gegebenen Fragestellung wichtige Bestandteile

untersuchen	oder Eigenschaften herausarbeiten untersuchen beinhaltet unter Umständen zusätzlich praktische Anteile
anwenden	einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
aufbauen (Experimente)	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder sonstige Elemente in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen
begründen / zeigen	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
berechnen / bestimmen	aus Größengleichungen physikalische Größen gewinnen
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben
bestätigen	die Gültigkeit einer Hypothese, Modellvorstellung, Naturgesetzes durch ein Experiment verifizieren
bestimmen	einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren
bewerten	Sachverhalte, Gegenstände, Methoden, Ergebnisse etc. an Beurteilungskriterien oder Normen und Werten messen
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Bezüge in angemessenen Kommunikationsformen strukturiert wiedergeben
deuten	Sachverhalte in einen Erklärungszusammenhang bringen
diskutieren / erörtern	in Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
dokumentieren	alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen

durchführen (Experimente)	an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen
entwerfen / planen (Experimente)	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung erfinden
entwickeln / aufstellen	Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen. Eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	einen Sachverhalt 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
interpretieren / deuten	kausale Zusammenhänge in Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen
nennen / angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen
skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert übersichtlich darstellen
strukturieren / ordnen	vorliegende Objekte kategorisieren und hierarchisieren
überprüfen / prüfen / testen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln
zeichnen	eine möglichst exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen