

Stiftisches Gymnasium Düren

**Schulinterner Lehrplan zum
Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe
im Fach**

Physik

Inhalt

	Seite
1 Die Fachgruppe Physik am Stiftischen Gymnasium	3
2 Entscheidungen zum Unterricht	4
2.1 Unterrichtsvorhaben	4
2.1.1 <i>Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben</i>	6
2.1.2 <i>Konkretisierte Unterrichtsvorhaben</i>	13
2.1.2.1 <i>Einführungsphase</i>	13
2.1.2.2 <i>Qualifikationsphase: Grundkurs</i>	20
2.1.2.3 <i>Qualifikationsphase: Leistungskurs</i>	34
2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe	63
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	65
2.4 Lehr- und Lernmittel	69
3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	70
4 Qualitätssicherung und Evaluation	71

1 Die Fachgruppe Physik am Stiftischen Gymnasium

Das vierzügige Stiftische Gymnasium wird als offene Ganztagschule geführt und liegt im Zentrum der Stadt Düren. Zurzeit ca. 70-80 Lehrerinnen und Lehrer unterrichten etwa 850-900 Schülerinnen und Schüler, die ungefähr zur Hälfte im Stadtgebiet wohnen. Die andere Hälfte pendelt überwiegend aus dem Kreisgebiet um Düren ein. Die Schülerschaft ist vergleichsweise homogen und entstammt vorwiegend einer sozialen und gehobenen bildungsnahen Mittelschicht.

Auch mit Blick auf diese Zusammensetzung besteht ein wesentliches Leitziel der Schule, die Schülerinnen und Schüler für ein Hochschulstudium zu befähigen. In diesem Rahmen sollen u.a. Schülerinnen und Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Dieses drückt sich im jährlichen Papierfliegerwettbewerb für die Unterstufe und der AG der Segelfluggemeinschaft aus. In der Jahrgangsstufe 7 bieten wir über die Stundentafel hinaus eine Stunde zusätzlichen Physikunterricht an. In enger Kooperation mit der Universität ermöglichen wir besonders begabten Lernenden die Teilnahme am Frühstudium, in dem für ein späteres Studium Leistungsnachweise erbracht werden können. Darüber hinaus führen wir regelmäßig Exkursionen zum Beispiel zum Forschungszentrum Jülich durch.

Die Fachgruppe Physik versucht in besonderem Maße, Interesse an einem naturwissenschaftlich geprägten Studium zu wecken, was sich an den mehrheitlich gewählten MINT-Studiengängen unserer Physik-Leistungskursschüler nachweisen lässt. Positive Rückmeldungen unserer ehemaligen Schüler in ersten Semestern bestätigen uns in unserer Arbeit und sind zugleich Ansporn für die Zukunft. Weiterhin laden wir ehemalige Schüler und Schülereltern als zusätzliche Motivation in die Schule ein. Folgende Beispiele seien hier angeführt:

- Vortrag des ehemaligen Schülers Dr. Axel Winter über die Fortschritte in der Fusionstechnik als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITER-Projekt im Bereich der Plasmakontrolle
- Vortrag des Schülervaters Dr. Walter Oelert über den durch ihn geführten experimentellen Nachweis der Wasserstoff-Antimaterie als Mitarbeiter im Forschungszentrum Jülich und CERN.
- Vortrag des ehemaligen Schülers Prof. Martin Bojowald über seine Arbeit auf dem Gebiet der Schleifenquantenphysik als Professor an der Pennsylvania State University. In Deutschland veröffentlichte er zuletzt das Buch „Zurück zum Urknall“, das sich auch in unserer Schülerbibliothek befindet, die im Übrigen im Hinblick auf MINT-Themen gut bestückt ist.

Darüber hinaus berichten ehemalige Schülerinnen und Schüler im Unterricht über die Inhalte und allgemeinen Erfahrungen im Zusammenhang mit ihrem Studium.

Zur Fachausstattung der Schule gehören zwei modern ausgestattete Räume im 1997 eingeweihten naturwissenschaftlichen Erweiterungsbau der Schule. Ein Raum ist als Hörsaal ausgelegt, der andere als Übungsraum mit Stromanschlüssen an den Übungstischen. Im hinteren Bereich dieses Raumes befinden sich die Schülerübungssammlungsschränke mit einer umfangreichen Sammlung von Materialien und Geräten für Schülerübungsexperimente im Unterricht der Erprobungs- und Mittelstufe. Beide Räume sind mit Beamern ausgestattet. Die Schule verfügt über eine sehr gut ausgestattete und übersichtlich geordnete Lehrmittelsammlung, sodass der Unterricht in allen Themenbereichen des Lehrplans mit entsprechenden Experimenten wie zum Beispiel Röntgenstrahlung mithilfe unseres Schulröntgengeräts angereichert werden kann. Die finanziellen Möglichkeiten für Neuanschaffungen und Reparaturen sind insbesondere dank des Fördervereins groß. Viele komplexe Versuche können mit modernen Messwerterfassungssystemen durchgeführt und ausgewertet werden, zum Beispiel mit dem Computermesswerterfassungs- und Auswertungssystem CASSY mit umfangreichem Zubehör. An der Schule existieren zwei Computerräume, die von den Physikkursen ebenfalls genutzt werden können. Die Unterrichtsmöglichkeiten werden ergänzt durch die Nutzung eines Smartboards mit der entsprechenden Software sowie den Einsatz von GTR-Rechnern mit den zugehörigen Messplätzen.

In der Oberstufe sind ca. 100-120 Schülerinnen und Schüler pro Stufe. Das Fach Physik ist in der Regel in der Einführungsphase mit zwei bis drei Grundkursen, in der Qualifikationsphase mit ein bis zwei Grundkursen und einem Leistungskurs vertreten. Zurzeit unterrichten drei Lehrerinnen und vier Lehrer das Fach Physik, davon fünf Lehrkräfte in der Sekundarstufe II. Der Austausch unter den Physiklehrkräften zu Inhalten, methodischen Herangehensweisen und zu fachdidaktischen Problemen ist intensiv.

Seit 2014 ist die Schule als „MINT-freundliche Schule“ zertifiziert worden. Hieran hat die Fachschaft Physik einen wesentlichen Anteil.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen zu berücksichtigen. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, Lerngelegenheiten für ihre Lerngruppe so anzulegen, dass alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans von den Schülerinnen und Schülern erworben werden können.

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

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.1) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. 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 sowie in der Fachkonferenz verabredeten verbindlichen Kontexten 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. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z. B. Klausuren, Praktika, Kursfahrten o. ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. $\frac{3}{4}$ der Bruttounterrichtszeit verplant.

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben 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. Abweichungen von den empfohlenen 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 Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Physik und Sport</i> Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: ca. 42 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation E5 Auswertung E6 Modelle UF2 Auswahl
<p><i>Auf dem Weg in den Weltraum</i> Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem? Zeitbedarf: ca. 28 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gravitation • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	UF4 Vernetzung E3 Hypothesen E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<p><i>Schall</i> Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen? Zeitbedarf: ca. 10 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwingungen und Wellen • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	E2 Wahrnehmung und Messung UF1 Wiedergabe K1 Dokumentation
<p>Summe Einführungsphase: ca. 80 Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: ca. 22 Ustd.	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> • Photon (Wellenaspekt) 	E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation
<i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: ca. 31 Ustd.	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron (Teilchenaspekt) • Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) • Quantenobjekte und ihre Eigenschaften 	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: ca. 16 Ustd.	<i>Elektrodynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Spannung und elektrische Energie • Induktion • Spannungswandlung 	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien
<i>Wirbelströme im Alltag</i> Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: ca. 2 Ustd.	<i>Elektrodynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion 	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien
Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: ca. 71 Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: ca. 16 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> • Energiequantelung der Atomhülle • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: ca. 13 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> • Kernumwandlungen • Ionisierende Strahlung • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: ca. 6 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> • Standardmodell der Elementarteilchen 	UF3 Systematisierung E6 Modelle
<i>Überlichtgeschwindigkeit – Science-Fiction oder Realität?</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: ca. 5 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Zeitdilatation 	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: ca. 8 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Veränderlichkeit der Masse • Energie-Masse Äquivalenz 	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild /Einblicke in Kosmologie und Astronomie</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: ca. 4 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Zeitdilatation • Veränderlichkeit der Masse • Energie-Masse Äquivalenz 	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: ca. 52 Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: ca. 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit 	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle</p>
<p><i>Höhenstrahlung</i> Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche? Zeitbedarf: ca. 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeitdilatation und Längenkontraktion 	<p>E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: ca. 12 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung 	<p>UF4 Vernetzung B1 Kriterien</p>
<p><i>Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: ca. 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung 	<p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: ca. 1 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit • Zeitdilatation und Längenkontraktion • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung • Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung 	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: ca. 36 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: ca. 20 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Induktion 	UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i> Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden? Zeitbedarf: ca. 34 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: ca. 114 Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: ca. 7 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • Welle-Teilchen-Dualismus • Quantenphysik und klassische Physik 	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</i> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: ca. 9 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte 	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Erforschung des Elektrons</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: ca. 6 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus 	UF1 Wiedergabe K3 Präsentation
<i>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</i> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: ca. 9 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation • Quantenphysik und klassische Physik 	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: ca. 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau 	<p>UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i> Wie nutzt man Strahlung in der Medizin? Zeitbedarf: ca. 13 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung • Radioaktiver Zerfall 	<p>UF3 Systematisierung E6 Modelle UF4 Vernetzung</p>
<p><i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i> Wie funktioniert die ¹⁴C-Methode? Zeitbedarf: ca. 11 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Radioaktiver Zerfall 	<p>UF2 Auswahl E5 Auswertung</p>
<p><i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i> Wie funktioniert ein Kernkraftwerk? Zeitbedarf: ca. 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion • Ionisierende Strahlung 	<p>B1 Kriterien UF4 Vernetzung</p>
<p><i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: ca. 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen 	<p>UF3 Systematisierung K2 Recherche</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: ca. 85 Stunden</p>		

2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

2.1.2.1 Einführungsphase

Inhaltsfeld: *Mechanik*

Kontext: *Physik im Straßen- und Schienenverkehr*

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen, analysieren und optimieren?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

Kompetenzschwerpunkte: Die Schülerinnen und Schüler können ...

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

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung von Bewegungen, insbesondere im Straßenverkehr Aristoteles vs. Galilei (ca. 2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).	Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen; Arbeit mit dem Lehrbuch; Recherche im Internet; ggf. Kurzreferat Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z. B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuieretes Fallrohr mit Feder und Metallstück)	Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe, Analyse von Kraftwirkungen auf reibungsfreie Körper Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (ca. 18 Ustd.)</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1),</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. 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 (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5),</p> <p>bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (z. B. CASSY, Tabellenkalkulation, GTR) (E6) ,</p>	<p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messreihen zur gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>Freier Fall (auch Messung mit CASSY und g-Leiter oder Video-Analyse) und Bewegung auf einer schiefen Ebene</p> <p>Wurfbewegungen (senkrechter Wurf nach oben, waagerechter Wurf; auch schräger Wurf (hier reicht ggf. das Grundprinzip))</p>	<p>Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung)</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen im Labor</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>Erstellung von t-s-, t-v- und t-a-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel); die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden.</p> <p>$v(t)$ und $a(t)$ als Ableitungen von $s(t)$ (je nach Fortschritt im Mathematikunterricht; ggf. erst als Vertiefung bei einer Wiederholung im weiteren Verlauf des Schuljahres)</p> <p>Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen (z. B. auch die Argumentation von Galilei)</p> <p>Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenerlegung und Addition vektorieller Größen), z. B. beim waagerechten oder schrägen Wurf</p> <p>Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve nur optional</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (ca. 12 Ustd.)	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6), entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),</p> <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>geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),</p>	<p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft Protokolle: Funktionen und Anforderungen</p>	<p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I, dabei auch Thematisierung der beiden übrigen Newton'schen Gesetze Berechnung von Kräften und Beschleunigungen im Straßenverkehr</p>
Energie und Leistung Impuls und Impulserhaltung (ca. 16 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),</p> <p>verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),</p> <p>bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),</p>	<p>Fadenpendel, Federpendel</p> <p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen</p>	<p>Begriffe der Arbeit, Energie und Leistung aus der SI aufgreifen und wiederholen Arbeit als Fläche im s-F-Diagramm (Veranschaulichung als Ersatz für fehlenden Integralbegriff) optional: deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit Energieumwandlung und -erhaltung an Beispielen (neben den Pendeln z. B. Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Begriff des Impulses und Impuls als Erhaltungsgröße Elastischer und inelastischer Stoß, auch an Beispielen aus dem Straßen- und Schienenverkehr</p> <p>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Weltraum“</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
ca. 48 Ustd.	Summe		

Kontext: Auf dem Weg in den Weltraum

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?

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

Kompetenzschwerpunkte: Die Schülerinnen und Schüler können

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

(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 oder vorhersagen,

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (ca. 2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),	Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell Recherche im Internet; Referate	Beobachtungen am Himmel (Objekte, Bewegungen) Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen; Einfluss der Religion auf die naturwissenschaftliche Forschung („Fall“ Galileo Galilei)
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (ca. 5 Ustd.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), 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).	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet ggf. drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen ggf. Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Orientierung am Himmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (ca. 6 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Kreisbewegungen (ca. 8 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),	Messung der Zentralkraft Hinweis: An dieser Stelle können das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanthaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten Bahnen von Satelliten und Planeten
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (ca. 4 Ustd.)	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).	Wasserrakete Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung	Impuls und Rückstoß Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum Untersuchungen mit einer Wasserrakete Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme
ca. 25 Ustd.	Summe		

Kontext: Schall

Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?

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

Kompetenzschwerpunkte: Die Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Entstehung und Ausbreitung von Schall (ca. 4 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät/Oszilloskop, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen Wellenlänge, Wellengeschwindigkeit (auch Messung der Schallgeschwindigkeit, z. B. mit CASSY)
Modelle der Wellenausbreitung (ca. 4 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),	Lange Schraubenfeder, Wellenmaschine, Wellenwanne	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (ca. 2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Stimmgabeln	Resonanz, Resonanzkatastrophe (insbes. Tacoma-Bridge (mit Video), ggf. als Kurzreferat) optional: Resonanzkörper von Musikinstrumenten
ca. 10 Ustd.	Summe		

2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

Kontext: *Erforschung des Photons*

Leitfrage: Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (ca 12 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),	Doppelspalt und Gitter , Wellenwanne quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter <i>Hinweis:</i> Schließt an mech. Schwingungen/Wellen aus EF an.
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (ca. 10 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),	Photoeffekt Hallwachsversuch Vakuumphotozelle	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
ca. 22 Ustd.	Summe		

Kontext: Erforschung des Elektrons

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

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

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

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

(K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementarladung (ca. 10 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5), untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch Millikanversuch (als Powerpoint-Präsentation) Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung)	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld ausführlich 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 ggf. Braun'sche Röhre
Elektronenmasse (ca. 16 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), 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),	<i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar (z. B. als Lernaufgabe) auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) Stromwaage	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft (Vertiefung im 2. Halbjahr!): 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. Geschwindigkeitsfilter, Massenspektrograph

<p>Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge, Licht und Materie</p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>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).</p> <p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</p> <p>verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p>	<p>Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</p> <p>Computersimulation</p> <p>Doppelspalt</p> <p>Photoeffekt</p>	<p>Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung</p> <p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p> <p>Zusammenfassung Welle-Teilchen-Dualismus (Licht und Materie)</p>
<p>ca. 31 Ustd.</p>	<p>Summe</p>		

Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

Kontext: *Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren*

Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

(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,

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

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

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie (Generator):</p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>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>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>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>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B.</p> <p>Induktion</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und App-</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.</p> <p>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.</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionsercheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).</p>	<p>lets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule</p>	
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</p> <p>Transformator</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt.</p>
<p>Energieerhaltung</p> <p>Ohm'sche „Verluste“</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment</i> zu <i>Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	<p>Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen</p>	<p>Fortführung aus Sek I (Jgst. 9), nicht zu ausführlich.</p>
<p>ca. 16 Ustd.</p>	<p>Summe</p>		

Kontext: Wirbelströme im Alltag

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lenz'sche Regel (ca. 2 Ustd.)	erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> 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 Thomson'scher Ringversuch diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu- bzw. Cu-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)
ca. 2 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell (ca. 2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (ca. 2 Ustd.)	erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von Linienpektren mithilfe von Gasentladungslampen, Balmer-Röhre	Deutung der Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (ca. 3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren 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),	Franck-Hertz-Versuch	Es soll das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden.
Röntgenstrahlung (ca. 6 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren 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 Röntgenspektren (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist) Absorption von Röntgenstrahlung (Arten und Absorptionsgesetz)	Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung (Bragg-Reflexion nur optional)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Sternspektren und Fraunhoferlinien (ca. 3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (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).	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
ca. 16 Ustd.	Summe		

Kontext: Mensch und Strahlung

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

(B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (ca. 2 Ustd.)	unterscheiden α -, β -, γ -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 Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung (ca. 5 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Radioaktiver Zerfall, Zerfallsgesetz, Zerfallsarten, Nuklidkarte	
Detektoren (ca. 2 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie (ca. 4 Ustd.)</p>	<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>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p>	<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> <p>Hier bieten sich mehrere Referate an.</p>
ca. 13 Ustd.	Summe		

Kontext: *Forschung am CERN und DESY*

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (ca. 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 keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (ca. 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
ca. 6 Ustd.	Summe		

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

Kontext: *Überlichtgeschwindigkeit – Science-Fiction oder Realität?*

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p>Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)</p> <p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenzerfall (z. B. Experimentepool der Universität Wuppertal)</p> <p>Tipp: Video (Quarks&Co)</p>	<p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>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.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>
ca. 5 Ustd.	Summe		

Kontext: Teilchenbeschleuniger

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (ca. 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),	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (ca. 6 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 (z. B. Quarks&Co)	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. Referate
ca. 8 Ustd.	Summe		

Kontext: *Das heutige Weltbild / Einblicke in Kosmologie und Astronomie*

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (ca. 4 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler... 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	Kosmologie, Urknalltheorie
ca. 4 Ustd.	Summe		

2.1.2.3 Qualifikationsphase: Leistungskurs

Inhaltsfeld: *Relativitätstheorie (LK)*

Kontext: *Zeitmessung ist nicht absolut*

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (ca. 4 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler... begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film, z. B. Quarks&Co)	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.
ca. 4 Ustd.	Summe		

Kontext: Höhenstrahlung

Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?

Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern, (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (ca. 2 Ustd.)	leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5), reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7). erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal) ggf. Video/Film (s. o.)	Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor γ hergeleitet. Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.
Längenkontraktion (ca. 2 Ustd.)	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6), erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),	Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)	Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation). Herleitung der Formel für die Längenkontraktion
ca. 4 Ustd.	Summe		

Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (ca. 4 Ustd.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht. Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse (ca. 2 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (ca. 6 Ustd.)	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Atomkern (Grundlagen) Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen. Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen
ca. 12 Ustd.	Summe		

Kontext: Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation

Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Gravitation und Zeitmessung</p> <p>Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit)</p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4),</p> <p>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).</p>	<p>Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig)</p> <p>Flug von Atomuhren um die Erde</p> <p>Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment</p> <p>Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung)</p> <p>Tipp: Video (Quarks&Co)</p>	<p>Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.</p> <p>Am Beispiel der Satellitennavigation können sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) verdeutlicht werden.</p>
ca. 3 Ustd.	Summe		

Kontext: Das heutige Weltbild

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung, Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (ca. 1 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler... bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	Ggf. Schülervortrag
ca. 1 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Elektrik (LK)*

Kontext: *Untersuchung von Elektronen*

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
 (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
 (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.,
 (E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,
 (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
 (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
 (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
 (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
 (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Grundlagen: Ladungstrennung, Ladungsträger (ca. 2 Ustd.)	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),	einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung, halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstäkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche	An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die Sek. I erfolgen. Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Bestimmung der Elementarladung, Elektrisches Feld</p> <p>Elementarladung</p> <p>elektrische Felder, Feldlinien</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung</p> <p>Kondensator</p> <p>Kapazität</p> <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren</p> <p>Energie des elektrischen Feldes</p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>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),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>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),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <i>E</i>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p>	<p>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs (Powerpoint-Präsentation),</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p> <p>einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell,</p> <p>Plattenkondensator (homogenes <i>E</i>-Feld),</p> <p>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition,</p> <p>Spannungsmessung am Plattenkondensator,</p> <p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/Energiespeicher),</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren,</p> <p>statische Voltmeter bzw. Elektromessverstärker,</p> <p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwertfassungssystemen),</p> <p>Computer zur Messwertverarbeitung</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>Zusammenhang zwischen <i>E</i> und <i>U</i> 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> <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),</p> <p>Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst und computerbasiert ausgewertet (<i>optional</i>: ... und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben).</p> <p>deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kon-</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>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).</p>	<p>tung</p>	<p>densators gespeicherten elektrischen Energie</p>
<p>Bestimmung der Masse eines Elektrons und Bewegung von Ladungsträgern in Feldern inkl. technischer Anwendungen</p> <p>magnetische Felder, Feldlinien,</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger,</p> <p>Elektronenmasse</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern</p> <p>(ca. 22 Ustd.)</p>	<p>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),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinn-</p>	<p>Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke,</p> <p>Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-)Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft,</p> <p>Fadenstrahlrohr zur e/m – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p> <p>Hallsonde,</p> <p>Halleffektgerät,</p> <p>diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen),</p> <p>Elektronenstrahlröhre</p>	<p>Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen.</p> <p>Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomische Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</p> <p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p> <p>Der Begriff des magnetischen Feldes wird eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet.</p> <p>Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes,</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft.</p> <p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen.</p> <p>Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>voller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (u. a. Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>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),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</p> <p>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).</p>	<p>visuelle Medien (ggf. Computersimulationen) zum Massenspektrometer (inkl. Geschwindigkeitsfilter), Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>der Funktionsweise einer Hallsonde, Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät, Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes, Bestimmung der magnetischen Feldkonstante.</p> <p>Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers (inkl. Geschwindigkeitsfilter) werden untersucht.</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
ca. 36 Ustd.	Summe		

Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie

Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel,</p> <p>Energie des magnetischen Feldes</p> <p>(ca. 20 Ustd.)</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>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),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>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),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problem-</p>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</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 $U_{\text{ind}}(t)$,</p> <p>„Aufbau-“Transformatoren zur Spannungswandlung</p> <p>(möglich: Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (z. B. aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen),</p> <p>Versuche zur Selbstinduktion,</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flächenänderung (deduktive Herleitung) 2. Änderung der Feldgröße B (quantitatives Experiment) <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>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>stellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p> <p>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),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4).</p>	<p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen,</p> <p>diverse „Ringversuche“</p>	<p>Definition der Induktivität,</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>
ca. 20 Ustd.	Summe		

Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
 (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
 (E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,
 (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
 (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
 (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
 (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
 (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</p> <p>Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis,</p> <p>Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p> <p>(ca. 14 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen,</p>	<p>1-Hz-Schwingkreis</p> <p>Schwingkreisversuche mit CASSY (auch mit Modellbildung)</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</p> <p>RLC-Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswertungsverfahren,</p>	<p>Der Schwingkreis: 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>Resonanzkatastrophe (auch mechanisch, vgl. Tacoma-Narrows-Bridge (youtube-Video))</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 muss nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben werden inkl. der Herleitung</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p>		<p>der Thomsonformel. Diese kann induktiv hergeleitet werden (Versuche mit CASSY, Anwendung des Linearisierungsverfahrens für Hyperbeln) oder/und deduktiv (DGL).</p> <p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung/Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden. Hierzu bieten sich die entsprechenden Versuche (mit Auswertung) bei CASSY an (auch Möglichkeit des Aufstellens von Gleichungen für $U(t)$ und $\dot{U}(t)$).</p>
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen,</p> <p>Interferenz, Beugung, Brechung</p> <p>(ca. 20 Ustd.)</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</p> <p>erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</p> <p>ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).</p> <p>beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).</p> <p>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die</p>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,</p> <p>dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe),</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen,</p>	<p>Das Phänomen der elektromagnetischen Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet.</p> <p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C,</p> <p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt! • (z. B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird. • Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld. <p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen</p> <p>Besondere Eigenschaften von Laserlicht thematisieren</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>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),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p>	<p>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)</p> <p>(fakultativ auch z. B. an Kanten, dünnen Schichten)</p>	
ca. 34 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Quantenphysik (LK)*

Kontext: *Erforschung des Photons*

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte, Welle-Teilchen-Dualismus, Quantenphysik und klassische Physik

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Lichtelektrischer Effekt</p> <p>Teilcheneigenschaften von Photonen</p> <p>Planck'sches Wirkungsquantum</p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<p>diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6)</p> <p>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),</p> <p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</p> <p>erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>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),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</p>	<p>Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)</p> <p>1. Versuch zur h-Bestimmung: Direktmessung</p> <p>2. Versuch zur h-Bestimmung: Spannungsmethode (theoretisch; wichtig für Zentralabitur!)</p>	<p>Qualitative Demonstration des Photoeffekts, anschließend quantitative Messung und Bestimmung von h</p> <p>Widersprüche zum Wellenmodell aufzeigen, Quantenmodell ausführlich thematisieren</p> <p>auch Behandlung des Compton-Effekts:</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>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6).		
ca. 7 Ustd.	Summe		

Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Röntgenröhre Röntgenspektrum (ca. 3 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung	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 Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden.
Bragg'sche Reflexionsbedingung (ca. 3 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
Planck'sches Wirkungsquantum (ca. 1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Röntgenröhre in Medizin und Technik (ca. 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
ca. 9 Ustd.	Summe		

Kontext: Erforschung des Elektrons

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Wellencharakter von Elektronen (ca. 2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (ca. 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 nicht lichtschneller) Quantenobjekte
ca. 6 Ustd.	Summe		

Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (ca. 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).		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.
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (ca. 3 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 oder mithilfe von Videos	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Heisenberg'sche Unschärferelation (ca. 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.
ca. 9 Ustd.	Summe		

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

Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell (ca. 2 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler... geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.) Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B.. http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html)
Energiequantelung der Hüllelektronen (ca. 3 Ustd.)	erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),	Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch	Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin
Linienspektren (ca. 3 Ustd.)	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H, Balmer-Röhre	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt
Bohr'sche Postulate (ca. 2 Ustd.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius
ca. 10 Ustd.	Summe		

Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Ionisierende Strahlung: Detektoren (ca. 3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Nebelkammer	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.) Beschreibung der Nebelkammer ggf. Material zu Halbleiterdetektoren
Strahlungsarten (ca. 5 Ustd.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1), erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),	Absorption von α -, β -, γ -Strahlung Ablenkung von β -Strahlen im Magnetfeld	
Dosimetrie (ca. 3 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),	Lehrbuch Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Bildgebende Verfahren (ca. 2 Ustd.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen
ca. 13 Ustd.	Summe		

Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

Leitfrage: Wie funktioniert die ^{14}C -Methode?

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte (ca. 2 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der Sek. I
Zerfallsprozesse (ca. 7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2), entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5), nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu	Nuklidkarte Versuch zum radioaktiven Zerfall (Radon; mit Plotter und Auswertung (Halbwertszeit, Zerfallsgesetz))	Umgang mit einer Nuklidkarte Auswertung durch Schülerinnen und Schüler Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung (Hinweis: Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	ermitteln (K3), leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),		
Altersbestimmung (ca. 2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2).	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung
11 Ustd.	Summe		

Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Kernspaltung und Kernfusion:</p> <p>Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie</p> <p>Kettenreaktion</p> <p>Kernspaltung, Kernfusion</p> <p>(ca. 10 Ustd.)</p>	<p>bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),</p> <p>bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),</p> <p>erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),</p> <p>beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),</p> <p>hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).</p>	<p>Video zu Kernwaffenexplosion</p> <p>Mausefallenmodell, Video, Applet</p> <p>Diagramm B/A gegen A, Tabellenwerk, ggf. Applet</p> <p>Recherche in Literatur und Internet</p> <p>Schülerdiskussion</p>	<p>z. B. YouTube</p> <p>Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar</p> <p>(siehe z. B. http://www.leifiphysik.de</p> <p>http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm)</p>
<p>ca. 10 Ustd.</p>	<p>Summe</p>		

Kontext: Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(K2) zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Kernbausteine und Elementarteilchen</p> <p>Kernkräfte</p> <p>Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen</p> <p>Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)</p> <p>(ca. 10 Ustd.)</p>	<p>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</p> <p>vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).</p> <p>erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1),</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</p>	<p>Existenz von Quarks (Video)</p> <p>Internet (CERN / DESY)</p> <p>Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)</p> <p>Literatur und Recherche im Internet</p> <p>(Hinweis: „CERN-Rap“: http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8)</p> <p>Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik.)</p>	<p>Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden.</p> <p>Internet: http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/</p> <p>Ggf. Schülerreferate</p> <p>Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</p> <p>Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.</p> <p>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, ...).</p>
ca. 10 Ustd.	Summe		

Hinweis: In diesem Bereich sind Realexperimente für Schulen möglich. Es sollte daher insbesondere die Möglichkeit genutzt werden, auf geeignete Internetmaterialien zurück zu greifen. Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet.

Internet-Materialien (letzter Aufruf Jan 2012):

- CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich):
 - <http://project-physteaching.web.cern.ch/project-physteaching/german/kurzvideos/film6.wmv>
 - Weiter Filme zum Standardmodell im netz verfügbar (z.B. bei YouTube)
- Einführung in Teilchenphysik (DESY):
 - <http://teilchenphysik.desy.de/>
 - <http://kworkquark.desy.de/1/index.html>
- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer:
 - <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
 - <http://project-physteaching.web.cern.ch/project-physteaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
 - <http://physicsmasterclasses.org/neu/>
 - <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
 - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
 - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 28 sind fachspezifisch angelegt.

Überfachliche Grundsätze:

- 1.) Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
- 2.) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts entsprechen dem Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler.
- 3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
- 4.) Medien und Arbeitsmittel sind lernernah gewählt.
- 5.) Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
- 6.) Der Unterricht fördert und fordert eine aktive Teilnahme der Lernenden.
- 7.) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
- 8.) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schülerinnen und Schüler.
- 9.) Die Lernenden erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
- 10.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeit sowie Arbeit in kooperativen Lernformen.
- 11.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Arbeit im Plenum.
- 12.) Die Lernumgebung ist vorbereitet; der Ordnungsrahmen wird eingehalten.
- 13.) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
- 14.) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.

Fachliche Grundsätze:

- 15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und Kontexten ausgerichtet.
- 16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
- 17.) Der Physikunterricht unterstützt durch seine experimentelle Ausrichtung Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern.
- 18.) Der Physikunterricht knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an.
- 19.) Der Physikunterricht stärkt über entsprechende Arbeitsformen kommunikative Kompetenzen.
- 20.) Der Physikunterricht bietet nach experimentellen oder deduktiven Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Reflexion, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung bewusst gemacht wird.

- 21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.
- 22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
- 23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
- 24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
- 25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zu selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.
- 26.) Im Physikunterricht wird ein GTR verwendet. Die Messwertauswertung kann auf diese Weise oder per PC (CASSY) erfolgen.
- 27.) Der Physikunterricht ermutigt zur Teilnahme an physikalischen Wettbewerben (z. B. Exciting Physics, Physik-Olympiade).
- 28.) Der Physikunterricht findet auch an außerschulischen Lernorten statt.

2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen notwendig.

Lern- und Leistungssituationen

In **Lernsituationen** ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der konstruktiv-produktive Umgang mit ihnen sind ein wesentlicher Teil des Lernprozesses.

Bei **Leistungs- und Überprüfungssituationen** steht dagegen der Nachweis der Verfügbarkeit der erwarteten bzw. erworbenen Kompetenzen im Vordergrund.

Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

Folgende Aspekte können bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit neben dem Umfang der Beteiligung eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte

- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, insbesondere auch Referaten, auch mediengestützt
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen.

Beurteilungsbereich Klausuren

Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel 3 des KLP formuliert sind.

Dauer und Anzahl richten sich nach den Angaben der APO-GOST.

Einführungsphase:

je 1 Klausur im ersten und im zweiten Halbjahr (je 90 Minuten).

Qualifikationsphase 1:

2 Klausuren pro Halbjahr (je 90 Minuten im GK und je 135 Minuten im LK), wobei in einem Fach die erste Klausur im 2. Halbjahr durch 1 Facharbeit ersetzt werden kann bzw. muss.

Qualifikationsphase 2.1:

2 Klausuren (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK)

Qualifikationsphase 2.2:

1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird (d. h. Dauer im LK 4,25 Zeitstunden, im GK (falls 3. Abiturfach) 3 Zeitstunden)

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht.

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung wenigstens bei der Klausur in der Jahrgangsstufe Q2.2 mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Im Übrigen erfolgt die Leistungsbewertung mit Hilfe eines Punktesystems. Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z. B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback oder Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

Mündliche Abiturprüfungen

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Kriterienraster für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird.

2.4 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist an der Schule für die Grundkurse in der Einführungs- und Qualifikationsphase das **Lehrbuch** *Dorn-Bader Physik Sek II Gymnasium Gesamtband*, für den Leistungskurs in der Qualifikationsphase als Eigenanteil das Lehrbuch *Metzler Physik* (4. Auflage) eingeführt.

Daneben erhalten die Schülerinnen und Schüler eine **Formelsammlung** (*Das große Tafelwerk* von Cornelsen, wird an alle Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe für die Verwendung im Unterricht der Mathematik und der naturwissenschaftlichen Fächer ausgegeben).

Zusätzlich ist das Entleihen einer weiteren, physikspezifischen Formelsammlung (*Mirow*) nach Entscheidung des Fachlehrers/der Fachlehrerin möglich.

Nuklidkarten sind in ausreichender Anzahl zur Verwendung im Unterricht, in den Klausuren und bei den Abiturprüfungen vorhanden.

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Fachkonferenz Physik hat sich im Rahmen des Schulprogramms für folgende zentrale Schwerpunkte entschieden:

Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Schülerinnen und Schüler Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen. Es wird Wert darauf gelegt, dass in bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, findet im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums eine fachübergreifende Information (während eines Wandertags) statt, die durch eine Beratung durch einzelne Fachlehrer(innen) ergänzt wird. Es gibt schulinterne Richtlinien für die Erstellung einer Facharbeit, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen.

Exkursionen

In der gymnasialen Oberstufe sollen in Absprache mit der Stufenleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese sollen im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden. Die Fachkonferenz hält folgende Exkursionen für sinnvoll:

- Besuch der RWTH Aachen
- Besuch des Schülerlabors JuLab am FZ Jülich (insbesondere z. B. beim Übergang von Q1.1 zu Q1.2)
- Schülerinformationstage einzelner Universitäten (in Gruppen am Wandertag)
- Besuch von Instituten des FZ Jülich
- Deutsches Museum, Außenstelle Bonn (auch Workshops)

4 Qualitätssicherung und Evaluation

Evaluation des schulinternen Curriculums

Das schulinterne Curriculum stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Dementsprechend werden die Inhalte stetig überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Physik bei.

Die Evaluation erfolgt jährlich. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.