
**Schulinterner Lehrplan
des Gymnasium Adolfinum Moers**



**zum Kernlehrplan
für die gymnasiale Oberstufe**

Physik

in der Fassung vom 21. Oktober 2019

Inhalt

1	Fachgruppe Physik am Gymnasium Adolfinum	3
2	Entscheidungen zum Unterricht	5
2.1	Unterrichtsvorhaben	5
2.1.1	Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben	7
2.1.2	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben	14
2.1.2.1	Einführungsphase	14
2.1.2.2	Qualifikationsphase: Grundkurs	21
2.1.2.3	Qualifikationsphase: Leistungskurs	42
2.2	Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe	79
2.3	Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	81
2.4	Lehr- und Lernmittel	84
3	Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	85
4	Qualitätssicherung und Evaluation	87

1 Fachgruppe Physik am Gymnasium Adolfinum

In der Präambel zu unserem Schulprogramm wird deutlich hervorgehoben, dass die „Förderung des Fremdsprachenlernens und des Unterrichts in den Naturwissenschaften und der Mathematik [...] das Profil unserer Schule“¹ prägen. In den letzten Jahren wurde der mathematisch-naturwissenschaftliche Schwerpunkt stark ausgebaut, was unter anderem daran deutlich wird, dass das Gymnasium Adolfinum in den Kreis der MINT-EC-Schulen aufgenommen wurde (der Verein MINT-EC ist ein nationales Excellence-Netzwerk von Schulen mit ausgeprägtem Profil in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik).

Diese Schwerpunktsetzung wird zum Beispiel daran deutlich, dass das Fach Physik im Bildungsgang G8 in der Sekundarstufe I durchgängig in den Jahrgangsstufen 6, 7, 8 und 9 unterrichtet und im Bildungsgang G9 in den Jahrgangsstufen 6, 7, 9 und 10. Außerdem wird ab Jahrgangsstufe 8 (G8) bzw. 9 (G9) im Wahlpflichtbereich II das Fach Physik+X mit den Schwerpunkten Physik, Technik, Informatik und Mathematik angeboten. Die breite Aufstellung in der Sekundarstufe I und die zahlreichen Angebote, die mit dem Fach Physik über den reinen Fachunterricht hinaus verknüpft sind (und die von unseren Schülerinnen und Schülern ausgesprochen positiv aufgenommen werden), wirkt bis in die Oberstufe fort. Viele Schülerinnen und Schüler wählen in der Einführungsphase den Grundkurs Physik. In der Qualifikationsphase gehört dadurch seit vielen Jahren der Leistungskurs Physik zum Standardprogramm der Schule.

Erfreulich ist auch, dass dieses umfangreiche Angebot trotz personeller Engpässe in den letzten Jahren immer komplett erfüllt werden konnte.

Das Gymnasium Adolfinum konnte im Zuge der Umbaumaßnahmen im Jahr 2010 auch die räumliche Ausstattung und die Lehrmittel im Fach Physik auf einen aktuellen und umfangreichen Stand ergänzen. Physikunterricht kann in zwei Übungsräumen und einem Hörsaal stattfinden, wobei alle drei Räume für Schülerexperimente ausgelegt sind (zum Beispiel durch Stromzuleitungen über herunterfahrbare Deckenmodule, Messwertfassungssysteme mit den wichtigsten Sensoren sind in ausreichender Anzahl vorhanden, ...). Auch die Ausstattung mit Demonstrationsexperimenten kann als komplett bezeichnet werden (unterschiedliche Elektronenstrahlröhren, Röntgengerät, Nebelkammer, ...). Damit ist in sämtlichen inhaltlichen Bereichen der Physik in der Sekundarstufe II ein Unterricht möglich, der der Rolle des Experiments für den Erkenntnisprozess in den Naturwissenschaften in jeder Hinsicht gerecht wird.

¹ Schulprogramm Gymnasium Adolfinum

Ergänzend zum reinen Fachunterricht gibt es auch in der Sekundarstufe II vielfältige Zusatzangebote: Es werden regelmäßig Arbeitsgemeinschaften und Projektkurse mit Bezügen zur Physik angeboten (etwa die science-teaching AG und der Projektkurs zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung). Außerdem bieten wir unseren Schülerinnen und Schülern zahlreiche Möglichkeiten zur Teilnahme an Exkursionen, Wettbewerben, Projekten und anderen Zusatzveranstaltungen. Hier wirkt sich unsere Mitgliedschaft im Verein MINT-EC besonders gewinnbringend für unsere Schülerinnen und Schüler aus, da der Verein zahlreiche exklusive Angebote für MINT-EC-Schulen im Programm hat (MINT-Camps und -Workshops, MINT-EC-Programm zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung, Tagungen wie das MINT400-Hauptstadtforum in Berlin, ...)

Der Fachunterricht und die vielfältigen Angebote werden zielgerecht durch die Möglichkeit verbunden, an unserer Schule das bundesweit anerkannte MINT-EC-Zertifikat zu erhalten. Das Zertifikat wird unter dem Siegel des Vereins MINT-EC mit dem Abiturzeugnis verliehen und zeichnet Schülerinnen und Schüler aus, die über ihre gesamte Schullaufbahn hinweg herausragendes Engagement und ausgezeichnete Leistungen im MINT-Bereich gezeigt haben. Ein Mitglied unserer Fachschaft arbeitet in der MINT-EC-Arbeitsgruppe mit, die das Zertifikat entwickelt hat und dieses stetig evaluiert und gegebenenfalls anpasst. Das MINT-EC-Zertifikat genießt mittlerweile sowohl innerschulisch als auch außerschulisch einen hohen Anerkennungswert.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen. 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 1.1.1) 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 (Praktika, Kursfahrten, ...) zu erhalten, wurde im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans nicht die insgesamt zur Verfügung stehende 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 1.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort 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 fach-

gruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen. 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 / Verkehrsphysik</i> Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 54 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: 24 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: 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: 88 Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Wellenoptik</i> Wie können Beugungs- und Interferenzerscheinungen erklärt werden? Zeitbedarf: 7 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 eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 10 Ustd.	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron (Teilchenaspekt) 	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle
<i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 15 Ustd.	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron und Photon (Teilchenaspekt und Wellenaspekt) • Quantenobjekte und ihre Eigenschaften 	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron (Teilchenaspekt) 	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle
<i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 19 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: 3 Ustd.	<i>Elektrodynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion 	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien
Summe Qualifikationsphase (Q1): 61 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: 18 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: 10 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>Navigationssysteme</i> Welche Probleme treten bei der möglichst genauen Positionsbestimmung auf? Zeitbedarf: 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> Welche Effekte und Probleme treten bei der Untersuchung der Bausteine der Materie auf? Zeitbedarf: 12 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Veränderlichkeit der Masse • Energie-Masse Äquivalenz 	UF4 Vernetzung B1 Kriterien E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 6 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> • Standardmodell der Elementarteilchen 	UF3 Systematisierung E6 Modelle
Summe Qualifikationsphase (Q2): 51 Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 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: 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: 8 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>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 4 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 • 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: 24 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 	<p>UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i> Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet? Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	<p>UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Induktion 	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i> Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden? Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 	<p>UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1): 120 Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 10 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: 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: 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: 10 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: 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: 14 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 ^{14}C-Methode? Zeitbedarf: 10 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: 9 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: 11 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): 89 Stunden</p>		

2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

2.1.2.1 Einführungsphase

Inhaltsfeld: Mechanik

Kontext: Physik und Sport / Verkehrsphysik

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren?

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
<p>Analyse von Bewegungsvorgängen im Straßenverkehr und im Sport</p> <p>Beschreibung und Analyse von geradlinigen Bewegungen</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2)</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)</p> <p>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 (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6)</p> <p>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>digitale Videoanalyse (z.B. mit VIANA, Tracker, ...) von Bewegungen im Sport und im Straßenverkehr (Fahrradfahrt oder anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen)</p> <p>ergänzend Arbeit mit der Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwertfassung</p> <p>Freier Fall und Bewegung auf einer schiefen Ebene</p> <p>Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z.B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)</p>	<p>Einstieg über die Analyse alltäglicher Bewegungsvorgänge</p> <p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen mithilfe einer Software zur Tabellenkalkulation)</p> <p>Anfertigen von Versuchsprotokollen</p> <p>Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch gleichmäßig beschleunigten Bewegungen)</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- und t-v-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden</p> <p>Planung von Experimenten durch die Schülerinnen und Schüler (Auswertung mithilfe der Videoanalyse, PASCO-Messwertfassung, ...)</p> <p>Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen, die Argumentation von Galilei ist besonders gut geeignet, um Argumentationsmuster in der Physik explizit zu besprechen</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktische Hinweise
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6)</p> <p>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>	Laborexperiment zur Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft	<p>Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes</p> <p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I</p> <p>Anfertigen von Versuchsprotokollen</p> <p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, bei der Bewegung von Fahrzeugen, ... auch der Einfluss von Reibungskräften sollte thematisiert werden</p>
Beschreibung und Analyse zweidimensionaler Bewegungsvorgänge (30 Ustd. inklusive der beiden Blöcke oben)	<p>Zusätzlich zu den Kompetenzen, die bei der Beschreibung und Analyse von geradlinigen Bewegungen aufgeführt sind:</p> <p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</p>	Wurfbewegungen, z.B. Korbwurf beim Basketball, Abstoß beim Fußball, ... Betrachtungen zum günstigsten Winkel	<p>wesentlich: Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenzerlegung und Addition vektorieller Größen)</p> <p>Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve beim waagerechten Wurf (optional kann die Bahnkurve für den schiefen Wurf hergeleitet oder einer Formelsammlung entnommen und analysiert werden)</p>
Aristoteles vs. Galilei (2 Ustd.)	<p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)</p> <p>entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4)</p>	z.B. Textauszüge aus Galileis Discorsi zur Mechanik und zu den Fallgesetzen (hier bietet sich eine Schülerpräsentation an)	<p>Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten</p> <p>Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktische Hinweise
<p>Arbeit, Energie, Leistung und Impuls (22 Ustd.)</p>	<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 (Schaukel) Videos</p> <p>Laborexperiment zur experimentellen Untersuchung von elastischen und inelastischen Stößen</p>	<p>Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen</p> <p>Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe, ...) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit oder durch Messung</p> <p>energetische Analysen in verschiedenen Alltagssituationen (z.B. Straßenverkehr, Sport, ...)</p> <p>Begriff des Impulses und Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß an anschaulichen Beispielen</p> <p>Hinweis: Eine Erweiterung des Impulsbegriffs kann am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Weltraum“ erfolgen</p>
54 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 (3 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)	Schülerpräsentation zum geozentrischen und heliozentrischen Planetenmodell	z.B. Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt optional Besuch einer Sternwarte oder eines Planetariums
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (3 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)	drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen Videos und Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen Verwendung geeigneter Simulationen (z.B. Stellarium) oder Apps	Orientierung am Himmel Beobachtungsaufgabe: Finden von Planeten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen

Inhalt (Ustd. à 45 min)		Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktische Hinweise
Kreisbewegungen (10 Ustd.)		analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6)	Messung der Zentralkraft an dieser Stelle sollen 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, Periodendauer, Bahngeschwindigkeit, Frequenz experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanzhaltung 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 und Periodendauer des rotierenden Körpers sowie dem Radius der Kreisbahn)
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (8 Ustd.)		beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6) erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3)	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 Planeten- und Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“ Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten
optional	Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6)	Skateboards und Medizinball Wasserrakete, Raketentriebwerke für Modellraketen, ...	Impuls und Rückstoß, Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum (Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete mithilfe einer Tabellenkalkulation) Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme
24 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 (4 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6)	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periodendauer) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen
Modelle der Wellenausbreitung (4 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)	Lange Schraubenfeder, Wellenwanne	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1)	z.B. Stimmgabeln, Videos, Fahr- bahnexperiment zu erzwungenen Schwingungen, ...	Resonanz (z.B. Tacoma Narrows Bridge, Millennium-Bridge, Bodenresonanz bei Hubschraubern, Resonanzkörper von Musikinstrumenten, ...)
10 Ustd. (Summe)			

2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

Inhaltsfeld: Quantenobjekte (GK)

Kontext: Wellenoptik

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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3) bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5)	Wellenwanne, Doppelspalt und Gitter quantitative Experimente mit Laserlicht	möglicher Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (siehe Google-Earth)
7 Ustd. (Summe)			

Kontext: Erforschung des Elektrons

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung 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

Inhalt (Ustd. à 45 min)		Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementarladung (10 Ustd.)		<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1)</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2)</p> <p>erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5)</p> <p>untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6)</p> <p>bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2)</p>	<p>schwebender Wattebausch, elektrische Felder sichtbar machen</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten</p> <p>Schülerexperiment zur Bestimmung von Äquipotentiallinien</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird</p> <p>Millikanversuch Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung), auch als Simulation möglich</p> <p>ergänzend: Braun'sche Röhre</p>	<p>Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper bzw. die Ladung</p> <p>Definition der Spannung, diese wird anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten „plausibel gemacht“, Spannungsmessung</p> <p>homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren</p> <p>Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone</p> <p>ergänzend: Ablenkung im elektrischen Feld</p>
optional	Coulombkraft und Coulombpotential	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1)</p>	Coulombwaage (Literatur, historische Darstellungen)	Betrachtung der Formel für die Coulombkraft in Analogie zur Gravitationskraft, Besprechung des Coulombpotentials (für Atommodell von Bohr)
10 Ustd. (Summe)				

Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt), Quantenobjekte und ihre Eigenschaften

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können ...

- (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
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2)	Photoeffekt Hallwachsversuch Vakuumphotозelle	roter Faden: von Hallwachs bis Elektronenbeugung Einstein'sche Gleichung und Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums sowie der Austrittsarbeit
Streuung von Elektronen an Festkörpern, deBroglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	erläutern die Aussage der deBroglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4)	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit	Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung

<p>Licht und Materie (5 Ustd.)</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>Computersimulation</p> <p>Doppelspalt</p> <p>Photoeffekt</p>	<p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p>
<p>15 Ustd. (Summe)</p>			

Kontext: Erforschung des Elektrons

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie 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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Magnetfelder, Lorentzkraft und Elektronenmasse (7 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1) 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)	Stromwaage, evtl. systematische Auswertung der Proportionalitäten <i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) Hall-Effekt, evtl. systematische Auswertung der Proportionalitäten Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde, evtl. systematische Untersuchung der Proportionalitäten beim Magnetfeld der langen Spule	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 3-Finger-Regel und Gleichung für die Lorentzkraft Erklärung der Funktion einer Hallsonde (Hall-Effekt), ergänzend kann auch eine ausführliche rechnerische Betrachtung erfolgen Formel für die magnetische Feldstärke in einer langen Spule (kann qualitativ erfolgen, wichtig für das Experiment zur induktiven Erarbeitung des Induktionsgesetzes)
7 Ustd. (Summe)			

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

Kompetenzschwerpunkte: 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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung (5 Ustd.)	erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6) bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6) werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5)	bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „ Leiterschaukelversuch “ mit Messung der induzierten Spannung über PASCO-Spannungssensor (und Messverstärker)	das Auftreten einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der auf die mitbewegten Elektronen wirkenden Lorentzkräfte erklärt, eine Beziehung zwischen U , v und B wird deduktiv hergeleitet die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters (analog zum Fadenpendel) zurückgeführt

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Faraday'sches Induktionsgesetz (4 Ustd.)	werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5) führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4)	Demonstrationsexperiment (Induktionsspule im Inneren einer felderzeugenden Spule, an die eine Sägezahnspannung angelegt wird) zur induktiven Erarbeitung des ersten Teils des Induktionsgesetzes (Abhängigkeit von der Änderung der magnetischen Feldstärke der Feldspule, der Windungszahl und der felddurchsetzten Fläche - noch für $A = \text{konst.}$) Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit der PASCO-Messwerterfassung ergänzend möglich: Demonstrationsexperiment (bewegter Leiter im Magnetfeld) zur Erarbeitung der Abhängigkeit der Induktionsspannung von der Änderung der felddurchsetzten Fläche	der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell / induktiv erschlossen, das Experiment wird vom Lehrer vorgeführt, die registrierten Messdiagramme können von den Schülerinnen und Schülern selbstständig ausgewertet werden der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der (effektiv) vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird deduktiv erschlossen abhängig von den aktuellen Gegebenheiten im Kurs kann bereits an dieser Stelle die unten aufgeführte Lenz'sche Regel im Kontext „Wirbelströme im Alltag“ behandelt werden
Technisch praktikable Generatoren Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)	erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6) recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2) erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3)	Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme (zum Beispiel „Meilensteine der Physik“) und Applets zum Generatorprinzip Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren	die Leiterschaukel wird als wenig praxistauglicher Generator erkannt und mit historischen sowie moderneren Generatoren verglichen hier bieten sich arbeitsteilig erstellte Präsentation auch unter Einbezug von Experimenten an (Themen könnten Faraday, Siemens, Generatortechnik, usw. sein)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</p> <p>Transformator</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauarten 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>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>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>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen zum Beispiel zur Betrachtung diverser „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Schülerexperiment zur Spannungsübersetzung am Transformator (ergänzend auch Betrachtung der Stromstärke, belasteter Transformator, usw. möglich)</p>	<p>der Transformator wird als das wichtigste Gerät zur Anpassung der (Netz-) Spannung an die jeweils erforderliche Betriebsspannung eingeführt</p> <p>Spannungsübersetzungsverhältnisse in Abhängigkeit von den Windungszahlen der Primär- und Sekundärspule werden experimentell untersucht und in anwendungsorientierten Aufgabenstellungen für Berechnungen genutzt</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (3 Ustd.)	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu 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>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2)</p>	<p>Modellexperiment zur Energieübertragung und zur Bestimmung der ohm'schen „Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen und Filme</p>	<p>experimentelle und rechnerische Untersuchung von Spannungen, Stromstärken und Leistungen bei der Übertragung elektrischer Energie ohne und mit Transformation der Spannung</p> <p>Schülerinnen und Schüler recherchieren und erstellen Präsentationen über aktuelle Technologien zur Übertragung elektrischer Energie (zum Beispiel Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung, DesertTech, Trassenbau im Rahmen der Energiewende in Deutschland, Hochtemperatur-Supraleiter, usw.)</p>
19 Ustd. (Summe)			

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 (3 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)	Freihandexperimente: zum Beispiel Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten Thomson'scher Ringversuch diverse technische und spielerische Anwendungen: zum Beispiel Wirbelstrombremse, Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, „fallender“ Magnet im Alu-Rohr, usw. Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen und Filme zu Wirbelstrombremsen in Fahrzeugen	ausgehend von (kognitiven Konflikten bei) Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet und zur Deutung diverser technischer und spielerischer Anwendungen genutzt (Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an Kreissägen usw.)
3 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

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
- (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 (4 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4)	Schulbuch, Literatur- und Internetrecherche	ausgewählte Beispiele für Atommodelle (können als Referate vergeben werden): Demokrit, Dalton, Thomson, Rutherford
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6)	Erzeugung von Linienpektren mithilfe von Gasentladungslampen (Balmerlampe, Hg-Lampe, Na-Lampe, ...), Vergleich von Energiesparlampen und LED-Beleuchtung	Deutung der Linienpektren
Sternspektren und Fraunhoferlinien (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 (Schattenbild bei Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht) Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	Deutung der Phänomene und Spektren

Inhalt (Ustd. à 45 min)		Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (6 Ustd.)		erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7)	evtl. Originaltext zu den Bohr'schen Postulaten Franck-Hertz-Versuch	Bohr'sches Atommodell mit Berechnung von Bahnradien und / oder Energieniveaus sowie der Formel für die Frequenz des emittierten Lichts Deutung des Franck-Hertz-Versuchs, Verwendung quantenmechanisch berechneter Energieschemata zur Erklärung der Leuchterscheinungen (Grenzen des Bohr'schen Atommodells)
optional	Schrödinger-Gleichung und quantenmechanisches Atommodell	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4) verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3)	Literatur- und Internetrecherche, Simulationen	quantenmechanische Berechnung der Energieniveaus in der Atomhülle mit Hilfe der Schrödinger-Gleichung, Quantenzahlen, Orbitale, Aufbau des Periodensystems
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)		erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7)	Aufnahme des Röntgenspekt-rums von einer Kupferanode und Analyse weiterer Spektren (Literatur)	Anwendung der (bei der Elektronenbeugung hergeleiteten) Bragg-Bedingung zur Analyse der Spektren im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden mögliche Ergänzungen: Bremsspektrum bei unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen zur Bestimmung von h aus der kurzwelligen Grenze
optional	Laser			Laser: Aufbau und Funktionsweise
18 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 (3 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)	Einstieg über Film möglich: "Was ist eigentlich Radioaktivität?" (Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz) Recherche Schülerexperimente zur Absorption von α-, β-, γ-Strahlung (Auswertung mit GTR oder Tabellenkalkulation möglich) sowie Ablenkung im Magnetfeld	Wiederholung und Vertiefung aus der Sekundarstufe I (Referate möglich)
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1)	Nuklidkarte	Zerfallsreihen

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2)	Geiger-Müller-Zählrohr Nebelkammer Halbwertszeitmessung (Thorium bzw. Radon) mit Hilfe der Ionisationskammer (Auswertung mit GTR oder Tabellenkalkulation)	Aufbau und Funktionsweise einer Ionisationskammer, eines Geiger-Müller-Zählrohrs und von Halbleiterdetektoren Definition der Aktivität, Differentialgleichung zur Herleitung des Zerfallsgesetzes und Herleitung der Formel für die Halbwertszeit

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Dosimetrie</p> <p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>(3 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 / Videos</p> <p>Besuch des Zentrums für Strahlentherapie in Moers möglich</p>	<p>Erläuterung einfacher dosimetrischer Begriffe: Energiedosis, Äquivalentdosis</p> <p>sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technischer Anlagen</p>
10 Ustd. (Summe)			

Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit (GK)

Kontext: Navigationssysteme

Leitfrage: Welche Probleme treten bei der möglichst genauen Positionsbestimmung auf?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

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
Relativität der Zeit (3 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 Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)</p>	<p>Literatur, Abbildungen (zu Triangulation auf der Erde und GPS)</p> <p>Experiment von Michelson und Morley (Demonstrationsexperiment und Computersimulation)</p> <p>ggf. Video von Harald Lesch zur Ätherwindhypothese</p> <p>Lichtuhr (Gedankenexperiment und Computersimulation)</p> <p>ggf. Textauszüge aus "Mr. Tompkins in Wonderland" von G. Gamow</p> <p>Myonenzerfall (ggf. Experimentepool der Universität nutzen)</p>	<p>Ausgangsproblem: Abstandsmessung im bzw. aus dem All</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments (Analogie Wasserwelle, Flugzeug bei Gegen-, Rücken- und Seitenwind, usw.)</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“ und Anwendung auf die Positionsbestimmung</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>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit (2 Ustd.)	erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3) begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2)	Filme / Videos, Simulationen, ggf. Textauszüge aus "Mr. Tompkins in Wonderland" von G. Gamow	Formel für die Längenkontraktion und die relativistische Addition von Geschwindigkeiten wird angegeben und plausibel gemacht
5 Ustd. (Summe)			

Kontext: Teilchenbeschleuniger

Leitfrage: Welche Effekte und Probleme treten bei der Untersuchung der Bausteine der Materie auf?

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
- (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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Ruhemasse und dynamische Masse „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (6 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1) erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4)	Experimente von Bertozzi und Bucherer (Literatur), Massenbestimmung bei schnellen Elektronen Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit, z.B. bei www.mabo-physik.de)	anknüpfend an bekannte Inhalte (Teilchen in Feldern) wird der Effekt der Massenzunahme bei großen Geschwindigkeiten thematisiert Übergang von der klassischen zur relativistischen Betrachtung (und umgekehrt, relativistische Gleichungen gehen bei kleinen Geschwindigkeiten in die klassischen Formeln über) die Formeln für die dynamische Masse, $E=mc^2$ und relativistische kinetische Energie werden hergeleitet bzw. plausibel gemacht der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron veranschaulicht, auch eine rechnerische Betrachtung ist sinnvoll

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Massendefekt bei Kernumwandlungsprozessen (4 Ustd.)	zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Literatur und Filme / Videos (z.B. zu Hiroshima und Nagasaki)	Massendefekt und Q-Wert bei Kernumwandlungsprozessen (evtl. Energiespektren von α -, β -, γ -Strahlung) Erzeugung und Vernichtung von Teilchen
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7) beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Literatur, Lehrbuch, Filme / Videos	mögliche Themen: Experiment von Hafele und Keating, Uhren im Gravitationsfeld, Zwillingsparadoxon, Gravitationslinsen, Schwarze Löcher, Wurmlöcher, ...
12 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 (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6) erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1) recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2)	in diesem Bereich sind i.d.R. keine Realexperimente für Schulen möglich, Rückgriff auf Literatur- und Internetquellen, Filme / Videos und Simulationen (z.B. auf Internetseiten des CERN und DESY bzw. des Netzwerks Teilchenwelt oder Artikel aus Physik-Journal, ...)	Aufbau der Materie im aktuellen Standardmodell der Teilchenphysik, Besprechung ausgewählter Experimente, Phänomene und Zusammenhänge (dabei immer Vertiefung bzw. Wiederholung bereits besprochener Themen, z.B. historische Entwicklung der Atommodelle, Streuversuch von Rutherford, Quantenmechanik, Antimaterie (Anihilation und Paarbildung), Detektor- und Beschleunigerphysik) Ergänzungen: Simulationen zu Streuexperimente durchführen, Auswertung von Teilchenkollisionen z.B. im ATLAS-Detektor, aktuelle Forschung und offene Fragen (dunkle Materie bzw. Energie, Wie rund ist das Elektron?, verborgene Dimensionen, ...)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6)	Literatur- und Internetquellen, Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren (virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Ergänzungen: Feynman-Graphen, Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation (kurzfristige Entstehung von Austauschteilchen)
6 Ustd. (Summe)			

2.1.2.3 Qualifikationsphase: Leistungskurs

Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)

Kontext: Satellitennavigation – 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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Ustd.)	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 und Experiment) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden
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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd.)	<p>leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5)</p> <p>reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7)</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)</p>	<p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenzerfall (evtl. Experimentepool der Universität nutzen)</p>	<p>mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor γ hergeleitet</p> <p>der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation</p>
Längenkontraktion (2 Ustd.)	<p>begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6)</p> <p>erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1)</p> <p>beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)</p>	Myonenzerfall (s.o.)	<p>der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation)</p> <p>Herleitung der Formel für die Längenkontraktion</p>
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 (4 Ustd.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3)	Bertozzi-Experiment und Experiment von Bucherer (anhand von Literatur) Zyklotron-Applet	hier würde sich eine Schülerpräsentation der Experimente von Bertozzi und / oder Bucherer anbieten 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 (z.B. Herleitung am Spezialfall)
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)	Literatur	die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert

<p>Bindungsenergie im Atomkern</p> <p>Annihilation</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<p>beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4)</p> <p>bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1)</p> <p>beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3)</p>	<p>historische Aufnahmen von Teilchenbahnen</p> <p>Filme / Videos zu Hiroshima und Nagasaki</p>	<p>Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen</p> <p>Erzeugung und Vernichtung von Teilchen</p>
<p>8 Ustd. (Summe)</p>			

Kontext: Satellitennavigation – 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
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig) Flug von Atomuhren um die Erde (Video) Maryland-Experiment (Literatur)	dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen
Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	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)	Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung) Gravitationslinsen-Effekt usw. Filme / Videos	an dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)
4 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, 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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	ggf. Schülervortrag
2 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

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
- (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
Ladungstrennung Ladungsträger (4 Ustd.)	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6)	einfache Versuche zur Reibungselektrizität (Anziehung, Abstoßung, ...) halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers: zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche	Rückgriff auf die Sek. I 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
Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator Elementarladung (10 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1) erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4)	Millikanversuch (RCL, Videos, Simulationen) einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell Plattenkondensator (homogenes E-Feld)	die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert
	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) entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)	evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition Spannungsmessung am Plattenkondensator Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch	Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit an dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz, dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Bestimmung der Masse eines Elektrons: magnetische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger Elektronenmasse (10 Ustd.)	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) treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1) beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3) ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1)	Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, Braunsche Röhre, o.ä. zur Demonstration der Lorentzkraft Fadenstrahlrohr zur e/m – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)	die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet Definition der magnetischen Feldstärke Definition des homogenen Magnetfeldes Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld Herleitung der Formel für die Lorentzkraft

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<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 Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller 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 (Formel 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>ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet</p>
24 Ustd. (Summe)			

Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

Leitfrage: Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?

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

Kompetenzschwerpunkte: 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
- (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
Anwendungen in Forschung und Technik: Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)	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) erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3) beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3) ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1) schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2) erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6) erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4) leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2)	Hallsonde Halleffektgerät diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen) Elektronenstrahlröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern	das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise evtl. Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät sowie Kalibrierung und Aufnahme von Messwerten Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes Bestimmung der magnetischen Feldkonstante Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<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>		

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</p> <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren</p> <p>Energie des elektrischen Feldes</p> <p>(10 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>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, 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 (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>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>diverse Kondensatoren (als Ladungs- bzw. 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 der PASCO-Messwert erfassung)</p> <p>Tabellenkalkulation z.B. GTR-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs- bzw. 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, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben</p> <p>deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie</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>		
22 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</p> <p>Lenz'sche Regel</p> <p>Energie des magnetischen Feldes</p> <p>(22 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 Problemstellung (B1)</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4)</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>z.B. einfaches elektrodynamisches Mikrofon</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von $B(t)$ und $U_{\text{ind}}(t)$</p> <p>Transformatoren zur Spannungswandlung</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>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (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>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last)</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen</p> <p>diverse „Ringversuche“</p>	<p>deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität</p> <p>messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>
22 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
Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis (12 Ustd.)	erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1) treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1) erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2) beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5)	evtl. MW-Radio aus Aufbauteilen der Sammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik bzw. Akustik)	zur Einbindung der Inhalte in den Kontext kann zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Sammlung genutzt werden der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt
	wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4) entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)	RLC-Serienschwingkreis (computer-gestützte Auswertung) ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung und Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen	die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht Spannungen und Ströme im RCL-Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomson-Formel)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<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>die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung und Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden</p>
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen</p> <p>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen (16 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 entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1)</p>	<p>LC-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>Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion)</p> <p>visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion</p> <p>visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen</p> <p>Versuche mit dem dm-Wellen-Sender</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen</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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, 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>visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle</p> <p>auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen</p> <p>Wellenwanne</p> <p>Mikrowellensender und -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente</p> <p>Demonstrations- und Schülerexperimente: Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ, auch mit Laserlicht) sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten, ...</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen</p>
28 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

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
- (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
Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6) 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)	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)	qualitative Demonstration des Photoeffekts

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)	<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>ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6)</p>	<p>Versuch zur h-Bestimmung mit Gegenspannungsmethode und Photozelle</p> <p>Versuch zur h-Bestimmung mit RCL-Versuch (evtl. in häuslicher Arbeit)</p>	<p>Spannungsbestimmung mithilfe der Kondensatoraufladung erwähnen</p> <p>wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden (Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen, keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen), experimentelle Auswertung des Compton-Effekts möglich (mit unserem Röntgengerät oder im Schülerlabor z.B. Universität Bochum)</p>
10 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 (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1)	Röntgenspektrum aufnehmen und analysieren	zu diesem Zeitpunkt kann darauf verwiesen werden, dass die Entstehung der Strahlung nach der Behandlung der Physik der Atomhülle noch einmal genauer betrachtet wird oder es werden an dieser Stelle Informationen dazu gegeben
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6)	Röntgenspektrum aufnehmen und analysieren (s.o.)	die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Planck'sches Wirkungsquantum (3 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6)	Aufnahme und Auswertung von Röntgenspektren bei unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode und/ oder Strukturanalyse nach Debye-Scherrer	eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum Schülerreferate zur Debye-Scherrer-Methode möglich
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3)	Filme / Videos / Abbildungen Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses
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 (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6)	Elektronenbeugungsröhre ergänzend evtl. RCL nutzen	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)
Streuung und Beugung von Elektronen deBroglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2) erklären die deBroglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1)	Elektronenbeugungsröhre (s.o.)	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 deBroglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nichtlichtschnellen) Quantenobjekte
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 (4 Ustd.)	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4) ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6)		auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGL mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGL strukturell übereinstimmt Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	<p>erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4)</p> <p>erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7)</p> <p>erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3)</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>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1)</p>	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos	
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	<p>erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3)</p> <p>bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)</p>		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
10 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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	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 per Arbeitsblatt oder Applet (z.B. http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html)	diverse Atommodelle (Antike bis Rutherford, Bohr'sches Atommodell entweder direkt thematisieren oder im Anschluss an die Experimente zu Linienspektren)
Energiequantelung der Hüllelektronen (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 (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), Linienspektrum von Wasserstoff	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Bohr'sche Postulate (2 Ustd.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4)	Literatur	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius
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
Detektoren (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)	Versuche mit Geiger-Müller-Zählrohr und Nebelkammer Schülerversuche zum Nulleffekt, zur Radioaktivität von Alltagsgegenständen, anderen Proben und eines Ra-Präparates	Material zu Halbleiterdetektoren

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (5 Ustd.)	<p>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3)</p> <p>erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1)</p> <p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6)</p> <p>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3)</p>	<p>Schülerexperimente:</p> <p>Absorption von α-, β-, γ-Strahlung</p> <p>Ablenkung von β-Strahlung im Magnetfeld</p> <p>Literatur zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung</p>	
Dosimetrie (2 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3)	<p>Filme / Videos zur Dosimetrie</p> <p>Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich</p>	
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	<p>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4)</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)</p>		<p>Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)</p> <p>ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses</p> <p>Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen</p>
14 Ustd. (Summe)			

Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

Leitfrage: Wie funktioniert die C14-Methode?

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

Kompetenzschwerpunkte: 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
Kernkräfte (1 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1)		aufbauend auf dem Physik- und Chemieunterricht der Sek. I
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2)		Umgang mit einer Nuklidkarte
	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 ermitteln (K3) leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6)	Messung der Halbwertszeit von Radon mit der Ionisationskammer	Herleitung (Differentialgleichung), Auswertung über Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2)	Arbeitsblatt	ggf. Uran-Blei-Datierung
10 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
Kernspaltung und Kernfusion: Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	<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>	Filme / Videos zu Kernwaffenexplosionen	
Kettenreaktion (2 Ustd.)	<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>	Mausefallenmodell, Video, Applet	
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	<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>Diagramm B/A gegen A, Tabellenwerk, ggf. Applet</p> <p>Literatur und Internetrecherche</p> <p>Schülerdiskussion möglich, z.B. Fish-Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion</p>	
9 Ustd. (Summe)			

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
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3)	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden ggf. Schülerreferate
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6) erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1)	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen wird herausgearbeitet
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (3 Ustd.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2)	Literatur und Internetrecherche	hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)
11 Ustd. (Summe)			

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

Die Fachkonferenz Physik hat unter Berücksichtigung der Richtlinien sowie des Schulprogramms die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 26 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 an 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 Lösungs-ideen 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 Computer erfolgen.

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 Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Diese sind in den Vereinbarungen der Fachkonferenz Physik zur Leistungsbewertung in den Sekundarstufen I und II niedergeschrieben und können dort nachgelesen werden. Im Folgenden werden einige dieser Vereinbarungen noch einmal aufgeführt und um Hinweise aus dem Kernlehrplan ergänzt.

Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

Die Bewertung der Sonstigen Mitarbeit (50 % der Endnote bei schriftlicher, 100 % der Endnote bei mündlicher Belegung) erfolgt den unten näher ausgeführten Kriterien. Diese zu erbringen ist in der Sekundarstufe II nach § 13 (4) APO-GOST eigenständige Pflicht der Schülerinnen und Schüler.

In die Leistungsbewertung fließen die durch die Richtlinien und Lehrpläne vorgegebenen und im schulinternen Curriculum aufgeführten Kompetenzen ein.

Die Beobachtungen der Fachlehrerin bzw. des Fachlehrers erfassen die Qualität, Häufigkeit und Kontinuität der Beiträge, die die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht einbringen. Diese Beiträge sollen unterschiedliche mündliche, schriftliche und praktische Formen in enger Bindung an die Aufgabenstellung und das Anspruchsniveau der jeweiligen Unterrichtseinheit umfassen. Gemeinsam ist diesen Formen, dass sie in der Regel einen längeren, abgegrenzten, zusammenhängenden Unterrichtsbeitrag einer einzelnen Schülerin, eines einzelnen Schülers bzw. einer Gruppe von Schülerinnen und Schülern darstellen.

Zu solchen Unterrichtsbeiträgen zählen (diese Aufzählung ist beispielhaft und nicht abschließend):

- mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen
- qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten auch in mathematisch-symbolischer Form
- Analyse und Interpretation von Texten, Grafiken und Diagrammen
- selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten

-
- erstellen von Produkten wie Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Protokolle, Präsentationen, Lernplakate, Modelle
 - Erstellung und Präsentation von Referaten
 - Führung eines Heftes, Lerntagebuchs oder Portfolios
 - Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit
 - kurze schriftliche Überprüfungen (max. zwei pro Halbjahr)

Dabei müssen nicht alle Bereiche in jedem Schuljahr abgedeckt werden.

Das Anfertigen von Hausaufgaben gehört nach § 42 (3) SchulG zu den Pflichten der Schülerinnen und Schüler. Unterrichtsbeiträge auf Basis der Hausaufgaben werden zur Leistungsbewertung herangezogen.

Den Hauptanteil der zu bewertenden Leistungen bilden kontinuierliche mündliche Beiträge im Unterricht sowie die zielgerichtete, selbständige Beteiligung in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeitsphasen. Mit geringerer Gewichtung gehen das Verhalten in Gruppenarbeitsphasen (Teamfähigkeit, Sozialverhalten), Schriftliche Übungen, Referate, Präsentationen und Heftführung ein.

Mit rein reproduktiven Leistungen kann die Note „ausreichend“ erreicht werden. Bessere Notenstufen setzen eine Erhöhung des Grades an Selbständigkeit und Komplexität sowie der Transferleistung voraus.

Die Fachlehrerin bzw. der Fachlehrer nennt und erläutert die Bewertungsaspekte am Anfang des Schuljahres, ein Hinweis darauf wird im Kursheft vermerkt. Kriterien der Leistungsbewertung im Zusammenhang mit speziellen Unterrichtsvorhaben wie z.B. offenen Arbeitsformen werden den Schülerinnen und Schülern vor deren Beginn transparent gemacht.

Eine Rückmeldung zum aktuellen Leistungsstand erfolgt mindestens einmal etwa zur Mitte eines Halbjahres in schriftlicher oder mündlicher Form. Hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

Beurteilungsbereich Klausuren

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

Bei schriftlicher Belegung des Faches Physik geht der Bereich Klausuren zu 50 % in die Endnote ein. Im 1. Halbjahr der Einführungsphase wird nur die Klausur des 2. Quartals geschrieben. Im 2. Halbjahr der Einführungs-

phase sowie in der Qualifikationsphase 1 und im 1. Halbjahr der Qualifikationsphase 2 werden zwei Klausuren pro Halbjahr geschrieben. Im 2. Halbjahr der Qualifikationsphase 2 schreiben nur die Schülerinnen und Schüler eine Klausur, die Physik als Leistungskurs oder als 3. Abiturfach belegt haben, diese Klausur wird unter Abiturbedingungen geschrieben.

Für die Beurteilung von Klausuren hat sich die Fachkonferenz Physik auf folgende Bewertungsstufen geeinigt:

Erbrachter Anteil der gestellten Anforderungen in %	Bewertung in der Einführungsphase	Bewertung in der Qualifikationsphase
unter 20	6	00
ab 20	5-	01
ab 27	5	02
ab 33	5+	03
ab 40	4-	04
ab 45	4	05
ab 50	4+	06
ab 55	3-	07
ab 60	3	08
ab 65	3+	09
ab 70	2-	10
ab 75	2	11
ab 80	2+	12
ab 85	1-	13
ab 90	1	14
ab 95	1+	15

Die Leistungsbewertung in den Klausuren wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren in der Regel beigelegt und den Schülerinnen und Schüler auf diese Weise ggf. aber auch in anderer Form transparent gemacht.

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.

Zur Leistungsrückmeldung und Beratung im Bereich der Sonstigen Mitarbeit insgesamt und im Bereich der Klausuren wurden die Vereinbarungen in den entsprechenden Abschnitten oben bereits genannt.

2.4 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist an der Schule derzeit das Schulbuch Metzler Physik eingeführt. Für die Einführungsphase und den Grundkurs der Qualifikationsphase werden die entsprechenden Ausgaben für NRW in der 1. Auflage von 2014 verwendet, im Leistungskurs wird der Gesamtband in der 4. Auflage von 2007 verwendet.

Zur Unterstützung bei der häuslichen Arbeit werden den Schülerinnen und Schülern Informationen zu "guten" Internetadressen durch die Lehrkräfte der jeweiligen Kurse bereitgestellt.

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.

Projektwoche

In der letzten Schulwoche vor den Sommerferien wird am Gymnasium Adolfinum eine fachübergreifende Projektwoche zu verschiedenen Themen durchgeführt, an der alle Schülerinnen und Schüler unsere Schule teilnehmen. Die Fachkonferenz Physik bietet in diesem Zusammenhang mindestens ein Projekt an, in das sich Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II einwählen können (ggfs. auch fachübergreifend).

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 Informationsveranstaltung statt. Praktische Fertigkeit (Umgang mit Textverarbeitungsprogrammen, etc.) eignen sich die Schülerinnen und Schüler in einem Moodle-Selbstlernkurs an.

Das Gymnasium Adolfinum hat schulinterne Kriterien für die Erstellung einer Facharbeit angefertigt, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den Fachbereichen berücksichtigen. Im Verlauf des Informationstages und in den Beratungsgesprächen mit den betreuenden Fachkolleginnen und Fachkollegen werden den Schülerinnen und Schülern diese schulinternen Kriterien vermittelt.

Exkursionen

In der gymnasialen Oberstufe sollen in Absprache mit der Stufenleitung und der Schulleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Anregungen finden sich an geeigneten Stellen im

schulinternen Curriculum. Auflistung (nicht vollständig) einiger Exkursionen, die regelmäßig durchgeführt werden:

EF : Besuch universitärer Veranstaltungen im Zuge des Projekts zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung

Besuch von Unternehmen im Zuge des Praktikums zur Berufsorientierung

Besuch von MINT-Camps, organisiert durch den Kooperationspartner MINT-EC

Q 1: Niers-Exkursion mit Methoden der modernen Gewässeranalytik (fachübergreifend mit den Fachbereichen Biologie, Chemie, Erdkunde und Physik)

Besuch universitärer Veranstaltungen im Zuge des Projekts zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung

Besuch einer außerschulischen Lernumgebung im Zuge des Projekts zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung

Besuch von MINT-Camps, organisiert durch den Kooperationspartner MINT-EC

Q 2 Besuch einer Physik-Veranstaltung an einer Universität oder Besuch eines Schülerlabors

Besuch von MINT-Camps, organisiert durch den Kooperationspartner MINT-EC

Über die Erfahrungen wird in den Fachkonferenzen berichtet.

4 Qualitätssicherung und Evaluation

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.

In den Dienstbesprechungen und Fachkonferenzen werden Schwerpunkte zur Weiterentwicklung des Physikunterrichts am Gymnasium Adolfinum diskutiert und festgelegt. Diese werden in Arbeitsgruppen ausgearbeitet, mit der gesamten Fachschaft abgestimmt und konsequent umgesetzt.