



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

verabschiedet auf der Fachkonferenz Physik am 23.10.2014

Curriculum im Fach Physik für die SII

Inhalt

1	Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit	2
2	Entscheidungen zum Unterricht	2
2.1.	Unterrichtsvorhaben	2
2.2.	Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben	3
2.3.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben	7
	<i>Einführungsphase</i>	7
	<i>Qualifikationsphase: Grundkurs</i>	11
	<i>Qualifikationsphase: Leistungskurs</i>	19
3	Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	39
2.4.	Zusammenarbeit mit anderen Fächern	39
2.5.	Projektwoche in der EF	39
2.6.	Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit	39
2.7.	Exkursionen	39
2.8.	Evaluation des schulinternen Curriculums	40
2.9.	Fachgruppenarbeit	40
4	Grundsätze der Leistungsbewertung und -rückmeldung	40
2.10.	Rechtliche Grundlagen	40
2.11.	Prinzipien der Leistungsbewertung	40
2.12.	Anforderungen und Kriterien zur Beurteilung	41
2.13.	Regelungen für die gymnasiale Oberstufe (EF – Q2)	44
	<i>Klausuren</i>	44
	<i>Sonstige Mitarbeit</i>	45



1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Mit Blick auf eine als heterogen zu bezeichnende Zusammensetzung unserer Schülerschaft besteht ein wesentliches Leitziel der Schule in der individuellen Förderung. Die Fachgruppe Physik versucht in besonderem Maße, jeden Lernenden in seiner Kompetenzentwicklung möglichst weit zu bringen. Außerdem wird angestrebt, Interesse an einem naturwissenschaftlich geprägten Studium oder Beruf zu wecken. In diesem Rahmen sollen u.a. Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Dieses drückt sich in AG-Angeboten (Physik-AG, Roboter-AG) ebenso aus wie in der regelmäßigen Teilnahme von Schülergruppen an Wettbewerben wie Jugend forscht oder der Physiko-olympiade. In enger Kooperation mit der RWTH Aachen ermöglichen wir besonders begabten Lernenden die Teilnahme an Seminaren. Hier können sie sogar schon Leistungsnachweise erwerben, die ihnen in einem späteren Studium anerkannt werden.

Nicht nur in der SI, sondern auch in der Oberstufe ist der Austausch unter den Fachkollegen zu Inhalten, methodischen Herangehensweisen und zu fachdidaktischen Problemen intensiv. So ist u.a. eine Intensivierung kollegiumsinterner Fortbildungen geplant.

Die Ausstattung mit experimentiergeeigneten Fachräumen und mit Materialien ist zufriedenstellend. Der Etat für Neuanschaffungen und Reparaturen ist nicht üppig, aber gerade ausreichend, jedoch sind aufwendige Neuanschaffungen über diesen Etat oft nicht zu stemmen, sondern müssen anderweitig finanziert werden. Schrittweise sollen mehr Möglichkeiten für Schülerversuche an geeigneten Stellen geschaffen werden. Darüber hinaus setzen wir Schwerpunkte in der Nutzung von neuen Medien, wozu regelmäßig kollegiumsinterne Fortbildungen angeboten werden. Im Fach Physik gehört dazu auch die Erfassung von Daten und Messwerten mit modernen digitalen Medien. An der Schule existieren zwei Computerräume, die nach Reservierung auch von Physikkursen für bestimmte Unterrichtsprojekte genutzt werden können.

In der Oberstufe ist das Fach Physik in der Regel in der Einführungsphase mit zwei Grundkursen, in der Qualifikationsphase je Jahrgangsstufe mit einem Grundkurs vertreten. Leistungskurse kommen i.d.R. in Kooperation mit dem Goethe-Gymnasium Stolberg zustande. Die Lehrbesetzung in Physik ermöglicht einen ordnungsgemäßen Fachunterricht in der Sekundarstufe I, auch die Kursangebote in der Oberstufe sind gesichert. Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist an der Schule derzeit das Schulbuch Mertzler Physik (Schroedel Verlag) eingeführt.

Die schulinternen Vereinbarungen für die Qualifikationsphase werden für die Q1 ab dem Schuljahr 2015/16, für die Q2 ab dem Schuljahr 2016/17 umgesetzt.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1. Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen abzudecken. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, Lerngelegenheiten für die Lerngruppe so anzulegen, dass alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans von den Schülern erworben werden können. Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der Übersichts- und der Konkretisierungsebene.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ wird die für alle Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss



verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraaster dient dazu, den Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten sowie in der Fachkonferenz verabredeten verbindlichen Kontexten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraaster 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 empfehlenden Charakter**, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendaren sowie neuen Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von fachgruppeninternen 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 (UF: Umgang mit Fachwissen, E: Erkenntnisgewinn, K: Kommunikation, B: bewertung).

2.2. Übersichtsraaster Unterrichtsvorhaben

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



Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1 – GRUNDKURS (ca. 56 Std.)			
Kontext und Leitfrage	Std.	Inhaltsfelder	Kompetenzen
<i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?	18	<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?	4	<i>Elektrodynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> Induktion 	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien
<i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?	14	<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 physikal. Eigenschaften wie Ladung und Masse eines Elektrons gemessen werden?	15	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> Elektron (Teilchenaspekt) 	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle
<i>Photonen u. Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?	5	<i>Quantenobjekte</i> <ul style="list-style-type: none"> Elektron und Photon (Teilchen, Welle) Quantenobjekte und ihre Eigenschaften 	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2 – GRUNDKURS (ca. 41 Std.)			
Kontext und Leitfrage	Std.	Inhaltsfelder	Kompetenzen
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?	13	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> Energiequantelung der Atomhülle Spektrum elektromagn. Strahlung 	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?	9	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> Kernumwandlungen Ionisierende Strahlung Spektrum elektromagn. Strahlung 	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?	6	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> Standardmodell der Elementarteilchen 	UF3 Systematisierung E6 Modelle
<i>Navigationssysteme</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?	5	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> Konstanz d. Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation 	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?	6	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse Äquivalenz 	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?	2	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> Konstanz d. Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse Äquivalenz 	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation



Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1 – LEISTUNGSKURS (ca. 120 Std.)			
Kontext und Leitfrage	Std.	Inhaltsfelder	Kompetenzen
<i>Untersuchung von Elektronen</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?	24	<i>Elektrik</i> <ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i> Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?	22	<i>Elektrik</i> <ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i> Wie kann Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?	22	<i>Elektrik</i> <ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Induktion 	UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i> Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?	28	<i>Elektrik</i> <ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Satellitennavigation</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?	4	<i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> Konstanz d. Lichtgeschwindigkeit Problem der Gleichzeitigkeit 	UF2 Auswahl E6 Modelle
<i>Höhenstrahlung</i> Warum erreichen Myonen aus der Atmosphäre die Erdoberfläche?	4	<i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> Zeitdilatation und Längenkontraktion 	E5 Auswertung K3 Präsentation
<i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?	8	<i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> Relativistische Massenzunahme Energie-Masse-Beziehung 	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Satellitennavigation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?	4	<i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung 	K3 Präsentation
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?	4	<i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> Konstanz d. Lichtgeschwindigkeit Problem der Gleichzeitigkeit Zeitdilatation, Längenkontraktion Relativistische Massenzunahme Energie-Masse-Beziehung Gravitation und Zeitmessung 	B4 Möglichkeiten und Grenzen



Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2 – LEISTUNGSKURS (ca. 89 Std.)			
Kontext und Leitfrage	Std.	Inhaltsfelder	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen?	10	<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?	9	<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?	6	<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?	10	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation Quantenphysik und klassische Physik 	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?	10	<i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> Atomaufbau 	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i> Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?	14	<i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> Ionisierende Strahlung Radioaktiver Zerfall 	UF3 Systematisierung E6 Modelle UF4 Vernetzung
<i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i> Wie funktioniert die ¹⁴ C-Methode?	10	<i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> Radioaktiver Zerfall 	UF2 Auswahl E5 Auswertung
<i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i> Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?	9	<i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> Kernspaltung und Kernfusion Ionisierende Strahlung 	B1 Kriterien UF4 Vernetzung
<i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?	11	<i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen 	UF3 Systematisierung K2 Recherche



2.3. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase

Kontext: <i>Physik im Straßenverkehr und im Sport</i>	Inhaltsfeld: <i>Mechanik</i>
Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen, analysieren und optimieren?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls	

Inhalt EF	Kompetenzen	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport</p> <p>Aristoteles vs. Galilei (2 Std.)</p>	<p>Die Schüler...</p> <p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).</p>	<p>Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen 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 faire Beurteilung sportlicher Leistungen (Weitsprung in West bzw. Ostrichtung, Speerwurf usw., Konsequenzen aus der Ansicht einer ruhenden oder einer bewegten Erde) Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe, Analyse von Kraftwirkungen auf reibungsfreie Körper Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikal. Konzepten Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.</p>
<p>Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Std.)</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzzerlegung bzw. Vektoraddition (E1), planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1), stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <i>t-s</i>- und <i>t-v</i>-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),</p>	<p>Digitale Videoanalyse (z.B. mit <i>VIANA, Tracker</i>) von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o.a. Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen)</p> <p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwert- erfassung: Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p>	<p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen mithilfe einer Software zur Tabellenkalkulation) Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung) Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen im Labor Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p>



Inhalt EF	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
	<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>Freier Fall und Bewegung auf einer schiefen Ebene</p> <p>Wurfbewegungen Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel</p>	<p>Erstellung von t-s- und t-v-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), Übung der Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme.</p> <p>Planung von Experimenten durch die Schüler (Auswertung durch Videoanalyse)</p> <p>Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen, auch die Argumentation von Galilei ist besonders gut geeignet, um Argumentationsmuster in Physik explizit zu besprechen</p> <p>Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenzerlegung und Addition vektorieller Größen)</p> <p>Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve nur optional</p>
<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Std.)</p>	<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 Bewegungsanalyse zu berücksichtigen oder vernachlässigbar sind (E1, E4),</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (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 (B1),</p>	<p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwert- erfassung: Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft</p> <p>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</p>	<p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen</p> <p>Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes</p> <p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</p>



Inhalt EF	Kompetenzen	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Energie und Leistung Impuls (12 Std.)	Die Schüler... erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4), analysieren Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1), verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1), begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechan. Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse o.a. objektive Daten heran (K4), bewerten begründet die Darstellung bekannter physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),	Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals Fadenpendel (Schaukel) Sportvideos Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwert- erfassung: Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen	Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung) Begriff des Impulses und Impuls als Erhaltungsgröße Elastischer und inelastischer Stoß auch an anschaulichen Beispielen aus dem Sport (z.B. Impulserhaltung bei Ballsportarten, Kopfball beim Fußball, Kampfsport) Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Weltraum“

Kontext: <i>Flug in den Weltraum</i>	Inhaltsfeld: <i>Mechanik</i>
Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls	

Inhalt EF	Kompetenzen	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (3 Std.)	Die Schüler... stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),	Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell	Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt Besuch einer Sternwarte, Planetarium Bochum Beobachtungen am Himmel Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen



Inhalt EF	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (5 Std.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), beschreiben Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei, Newton initiiert wurden (E7, B3).	Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Orientierung am Himmel Beobachtungsaufgabe: Finden von Planeten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Benutzung geeigneter Apps
Newton's Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (6 Std.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze, Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“
Kreisbewegungen (8 Std.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),	Messung der Zentralkraft experimentell-erkundendes und deduktives Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und -beschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanzhaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikal. Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten, Bahnen von Satelliten und Planeten
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 Std.)	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), erläutern verschiedene Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung (B2, B3).	Skateboards und Medizinball Wasserrakete Raketentriebwerke für Modellraketen Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, incl. Finanzierung	Impuls und Rückstoß Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete in einer Excel-Tabelle Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme



Kontext: Schall		Inhaltsfeld: Mechanik	
Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?			
Inhaltliche Schwerpunkte: Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls			
Inhalt EF	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Entstehung und Ausbreitung von Schall (4 Std.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, -messgerät, Schallpegelmessgerät, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuimglocke	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen
Modelle der Wellenausbreitung (4 Std.)	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 Std.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung u. Energie (UF1).	Stimmgabeln	Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge) Resonanzkörper v. Musikinstrumenten

Qualifikationsphase: Grundkurs

Kontext: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren		Inhaltsfeld: Elektrodynamik (gK)	
Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?			
Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung			
Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:	erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),	bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld, Leiterschaukelversuch Messung von Spannungen mit Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel)	Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.



Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>(5 Std.)</p>	<p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B.</p>	<p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet.</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>
<p>Technisch praktikable Generatoren:</p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>(4 Std.)</p>	<p>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), erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</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, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (fast homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p>	<p>Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch Transformation</p> <p>Transformator</p> <p>(5 Std.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p>	<p>diverse Netzteile von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit Messgeräten</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).</p>



Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
	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),	ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit Messwerterfassungssystem zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes	Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen. Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Std.)	verwenden ein physikalisches <i>Modell-experiment zu Freileitungen</i> , um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1), zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).	Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbau-Transformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.

Kontext: <i>Wirbelströme im Alltag</i>	Inhaltsfeld: <i>Elektrodynamik (gK)</i>
Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion	

Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Lenz'sche Regel (4 Std.)	erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines Metallrings und eines starken Stabmagneten Thomson'scher Ringversuch diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.	Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)



Kontext: Erforschung des Photons	Inhaltsfeld: Quantenobjekte (gK)
Leitfrage: Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)	

Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, -frequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Std.)	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 u. Brechung (K3), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	Doppelspalt und Gitter , Wellenwanne quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Std.)	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 Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kin. Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden

Kontext: Erforschung des Elektrons	Inhaltsfeld: Quantenobjekte (gK)
Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie Ladung und Masse eines Elektrons gemessen werden?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)	

Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Elementarladung (5 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5), untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch Millikanversuch Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, hier die Ladung Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator (Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren)



Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Elektronen- masse (7 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektri. und magn. Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),	e/m -Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar Ablenkung des Strahls mit Dauermagneten (Lorentzkraft) evtl. Stromwaage bei ausreichend Zeit Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft: Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magn. Kraft, Leiterlänge und Stromstärke. Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überföhrungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.
Streuung von Elektronen an Festk6rpern, de Broglie- Wellenl6nge (3 Ustd.)	erl6uern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erkl6rung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenl6nge der Elektronen (UF1, UF2, E4).	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung

Kontext: <i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i>	Inhaltsfeld: <i>Quantenobjekte (gK)</i>
Leitfrage: Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron, Photon (Teilchen-, Wellenaspekt), Quantenobjekte und ihre Eigenschaften	

Inhalt Q1 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Licht und Materie (5 Std.)	erl6uern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation f6r Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationen) (K3). zeigen an Beispielen die Grenzen und G6ltigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen f6r Licht und Elektronen auf (B4, K4), beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen- Dualismus (B4, K4).	Computersimulation Doppelspalt Photoeffekt	Reflexion der Bedeutung der Experimente f6r die Entwicklung der Quantenphysik



Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos	Inhaltsfeld: Strahlung und Materie (GK)
Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	

Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Kern-Hülle-Modell (2 Std.)	erläutern, vergleichen u. beurteilen Strukturmodelle von Atomen u. Materie (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Std.)	erklären die Energie absorbiert und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von Linienspektren mit Gasentladungslampen	Deutung der Linienspektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Std.)	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),	Franck-Hertz-Versuch	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung (3 Std.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von Röntgenspektren (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Std.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre (K3, K1), erklären Sternspektren u. Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über Entstehung und Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u.a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)

Kontext: Mensch und Strahlung	Inhaltsfeld: Strahlung und Materie (GK)
Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	



Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Strahlungsarten (2 Std.)	unterscheiden α -, β -, γ -Strahlung und Röntgenstrahlung, Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis verschiedener Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche Absorptions- experimente zu α-, β-, γ- Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der SI
Elementum- wandlung (1 Std.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren (3 Std.)	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	Hier können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.
Biol. Wirkung ionisierender Strahlung und Energieauf- nahme im menschlichen Gewebe Dosimetrie (3 Std.)	beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagn. Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1), bereiten Informationen über biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4), begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4), 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). bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikal. Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher u. wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4) bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung verschiedener Kriterien (B3, B4).	ggf. Einsatz eines Films / eines Videos	Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen. Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffen: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis

Kontext: <i>Forschung am CERN und DESY</i>	Inhaltsfeld: <i>Strahlung und Materie (GK)</i>
Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen	

Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Std.)	erläutern mithilfe des Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),	In diesem Bereich sind i.d.R. keine Realexperimente möglich.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung



Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
	erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln, Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2)	Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagn. Wechselwirkung Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Std.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren

Kontext: Navigationssysteme	Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit (GK)
Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation	

Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Relativität der Zeit (5 Std.)	interpretieren das <i>Michelson- Morley- Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4), erklären mit der <i>Lichtuhr</i> Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7), erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1). erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung nur für kleine Geschwindigkeiten gilt (UF2), erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Experiment von Michelson und Morley (Computer-simulation) Lichtuhr (Gedanken-experiment / Computer-simulation) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- Morley- Experiments Herleitung der Formel für die Zeitdilatation (bewegte Lichtuhr). Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden. Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.

Kontext: Teilchenbeschleuniger	Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit (GK)
Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz	



Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Schnelle Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Std.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Std.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Texte / Filme zu Hiroshima und Nagasaki

Kontext: <i>Das heutige Weltbild</i>	Inhaltsfeld: <i>Relativität von Raum und Zeit (GK)</i>
Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz	

Inhalt Q2 gK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Std.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	

Qualifikationsphase: Leistungskurs

Kontext: <i>Untersuchung von Elektronen</i>	Inhaltsfeld: <i>Elektrik (LK)</i>
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	



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Grundlagen: Ladungs- trennung, Ladungsträger (4 Std.)</p>	<p>erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),</p>	<p>Versuche zur Reibungs- elektrizität, Anziehung, Abstoßung halbquant. Versuche mit ei- nem Elektrometerverstärker Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus verschiedenen Materialien tragen betragsmäßig glei- che, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche</p>	<p>An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen. Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.</p>
<p>Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator Elementarladung (10 Ustd.)</p>	<p>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), leiten Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B. RCL (remote control laboratory), einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, Plattenkondensator (homogenes E-Feld), evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Die Versuchsidee eines Millikanversuchs wird entwickelt. 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. Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit Übungen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.</p>



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</p> <p>magnetische Felder, Feldlinien,</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld,</p> <p>Energie bewegter Ladungsträger</p> <p>Elektronenmasse</p> <p>(10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikal. Größen (elektr. und magn. Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>treffen Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung, Messrate) im Hinblick auf vorgegebene Problemstellungen (B1),</p> <p>beschreiben qual. die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten/Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektr. und magn. Feld auf (UF3, E6)</p>	<p>Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee,</p> <p>(z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke,</p>	<p>Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen.</p> <p>Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</p> <p>Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet.</p>



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, 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 Gesetze (Lorentzkraft) aus Definitionen und Gesetzen deduktiv her (E6, UF2)</p> <p>beschreiben qual. und quant. die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektr. und magn. 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>Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft,</p> <p>Fadenstrahlrohr zur e/m – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p>	<p>Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes,</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,</p> <p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>

Kontext: <i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i>	Inhaltsfeld: <i>Elektrik (LK)</i>
Leitfrage: Wie und warum werden physikal. 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	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Anwendungen in Forschung und Technik: Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Std.)	<p>beschreiben qual. und quant. 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>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3)</p>	Hallsonde, Halleffektgerät,	Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen,



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
	<p>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/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 physikal. Gesetze 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), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>	<p>diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen) Elektronenstrahl- ablenkröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde, Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber), Kalibrierung einer Hallsonde, Messungen mit der Hallsonde, u.a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes, Bestimmung der magnetischen Feldkonstante, Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>
<p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung: Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Std.)</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), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern). Die (Speicher-) Kapazität wird definiert Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes).</p>



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
	<p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie 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>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf vorgegebene Problemstellungen (B1),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten (computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Ergebnisse (E5, B4),</p>	<p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren mit großen (Messungen mit Multimeter) und mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwertfassungssystemen),</p> <p>Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</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>

Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie	Inhaltsfeld: Elektrik (LK)
Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, 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>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel, einfaches elektrodynamisches Mikrofon</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</p>



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</p> <p>Lenz'sche Regel,</p> <p>Energie des magnetischen Feldes</p> <p>(22 Std.)</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>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von $B(t)$ und $U_{\text{ind}}(t)$,</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>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 magn. Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p>	<p>Modellversuch zu einer Überlandleitung (aus CrNi- Draht) mit zwei „Trafo- Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>Versuch (qual. und quant.) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last),</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse Ringversuche</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität, messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>



Kontext: <i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i>	Inhaltsfeld: <i>Elektrik (LK)</i>
Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis (12 Std.)	<p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf gegebene Problemstellungen (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p>	<p>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren,</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</p>	<p>Vorstellung eines Mittelwellenradios aus Aufbauteilen der Elektriksammlung</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>
	<p>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>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>RLC – Serienschwingkreis, insb. mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,</p> <p>ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>	<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomsonformel).</p>
	<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 / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</p>



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie: Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen, (16 Std.)</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6), erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <i>B</i>- bzw. <i>E</i>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6), beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6), erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6). ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5). beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6). erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt, dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe), Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion), visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion, Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagn. Welle, entsprechende Computersimulationen Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.)</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio- Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen, Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet. Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C, Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen: <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 geladen wird. • auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld. </p>
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), 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), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p>	<p>Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, Computersimulationen Wellenwanne Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente, Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quant.) – z.B. an Kanten, dünnen Schichten (qual.)</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,</p>



Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut	Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)
Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit	begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6),	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen
Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Std.)	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).	Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)	Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (Computersimulation). Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.

Kontext: Höhenstrahlung	Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)
Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Std., zusätzlich Exkursion)	leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5), reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7). erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Myonenzерfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)	Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor γ hergeleitet. Der Myonenzерfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.
Längenkontraktion (2 Std.)	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6), erläutern Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises der in der oberen Atmosphäre entstehenden Myonen (UF1), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Myonenzерfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität) – s.o.	Der Myonenzерfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s.o. Herleitung der Formel für die Längenkontraktion



Kontext: <i>Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i>	Inhaltsfeld: <i>Relativitätstheorie (LK)</i>
Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Std.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments. Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron veranschaulicht. Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
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)		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (2 Ustd.)	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung von $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen. Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen

Kontext: <i>Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i>	Inhaltsfeld: <i>Relativitätstheorie (LK)</i>
Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Gravitation und Zeitmessung (2 Std.)	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)	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



Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
		Flug von Atomuhren um die Erde (Video)	Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Std.)	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 Film / Video	An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)

Kontext: <i>Das heutige Weltbild</i>	Inhaltsfeld: <i>Relativitätstheorie (LK)</i>
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	

Inhalt Q1 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Std.)	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	Ggf. Schülervortrag

Kontext: <i>Erforschung des Photons</i>	Inhaltsfeld: <i>Quantenphysik (LK)</i>
Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte, Welle-Teilchen-Dualismus, Quantenphysik und klassische Physik	



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Lichtelektrischer Effekt (1 Std.)	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 physikal. Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikal. Theorien und Modelle führen können (E7),	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)	Qualitative Demonstration des Photoeffekts
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Std.)	erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3), erläutern den Widerspruch der Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1), diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),	1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode) 2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)	Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen Bei genügend Zeit kann auch der Compton-Effekt behandelt werden: Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung notwendig, Rechnung ggfls. als Referat vorstellen lassen

Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons	Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)
Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte	



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Röntgenröhre Röntgen- spektrum (2 Std.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre der Einrichtung der RWTH interaktiven Bildschirm- experiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php oder http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html)	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“) Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden. Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.
Bragg'sche Reflexions- bedingung (2 Std.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sches Wirkungs- quantum (1 Std.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum
Strukturanalyse (2 Std.)	mithilfe der Drehkristallmethode nach Debye- Scherrer		Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Std.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)



Kontext: Erforschung des Elektrons **Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Wellencharakter von Elektronen (2 Std.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/)	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Std.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quant. Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte

Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie **Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)**

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

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

Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Std.)	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).		Hinweis auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen. Die Anwendbarkeit des (mechan.) Modells der stehenden Welle kann bestätigt werden, da die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung.



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Std.)	<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 o. 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 Wellen- 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 Std.)	<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.

Kontext: <i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i>	Inhaltsfeld: <i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)</i>
Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau	

Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell (2 Std.)	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.) Arbeitsblatt oder Applet (http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html)
Energiequantelung der Hüll-elektronen (3 Std.)	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



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Linienpektren (3 Std.)	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienpektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg- Licht (Schattenbildung), Linienpektren von H	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt
Bohr'sche Postulate (2 Std.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius

Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)	Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)
Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall	

Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Ionisierende Strahlung: Detektoren (3 Std.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr Nebelkammer	ggfls. Schülermessungen mit Zählrohren: Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate Demonstration der Nebelkammer (Schülerbausatz) Material Halbleiterdetektoren
Strahlungsarten (5 Std.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektr. und magn. Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1), benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6), erläutern das Absorptionsgesetz für γ - Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),	Absorption von α -, β -, γ - Strahlung Ablenkung von β -Strahlen im Magnetfeld Literatur (Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	ggfls. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten
Dosimetrie (2 Std.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutende Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),	Video zur Dosimetrie Auswertung von Unfallberichten	



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Bildgebende Verfahren (4 Std.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau ggfls. Exk. zur radiologischen Abteilung des KH	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen

Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen	Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)
Leitfrage: Wie funktioniert die 14C-Methode?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall	

Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte (1 Std.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I
Zerfallsprozesse (7 Std.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),	Radon-Messung im Schulkeller (vgl. Abitur 2008)	http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html ggfls. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler
	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),	Tabellenkalkulation ggfls. CAS	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen
Altersbestimmung (2 Std.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Arbeitsblatt	ggfls. Uran-Blei-Datierung

Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse	Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)
Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung	



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Kernspaltung Kernfusion: Massendefekt, Äquivalenz von Masse u. Energie, Bindungsenergie (2 Std.)	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),	Video zu Kernwaffenexplosion	YouTube
Kettenreaktion (2 Std.)	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),	Mausefallenmodell, Video, Applet	Videos zum Mausefallenmodell (YouTube)
Kernspaltung, Kernfusion (5 Std.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Diagramm B/A gegen A , Tabellenwerk Recherche in Literatur und Internet, Schülerdiskussion	z.B. http://www.leifiphysik.de ggfls. Applet http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm

Kontext: <i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i>	Inhaltsfeld: <i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)</i>
Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?	
Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen	

Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Std.)	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. http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/ ggfls. Schülerreferate



Inhalt Q2 LK	Kompetenzen Die Schüler...	Experiment Medium	Kommentar, didaktische Hinweise
Kernkräfte Austausch- teilchen der fundamentalen Wechsel- wirkungen (4 Std.)	vergleichen das Modell der Austausch- teilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6). erklären an Beispielen Teilchenumwand- lungen 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 $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.
aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementar- teilchenphysik (z.B. Higgs- Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Mate- rie und Antimaterie) (3 Std.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),	Literatur und Recherche im Internet „CERN-Rap“: http://www.youtu be.com/watch?v= 7VshToyoGI8	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik

Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet (Juli 2014):

- CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich):
<http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/kurzvideos/film6.wmv>
- Einführung in Teilchenphysik (DESY): <http://teilchenphysik.desy.de/> , <http://kworkquark.desy.de/1/index.html>
- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer: <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
<http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität: <http://physicsmasterclasses.org/neu/> , <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht: <http://www.solstice.de>
<http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>
- Lehrplannavigator des NRW-Bildungsportals:
<http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/physik/>



3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

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

2.4. Zusammenarbeit mit anderen Fächern

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

2.5. Projektwoche in der EF

In der letzten Schulwoche vor den Sommerferien wird in der EF eine fachübergreifende Projektwoche zu einem bestimmten Thema durchgeführt. Die Fachkonferenz Physik bietet in diesem Zusammenhang mindestens ein Projekt für die EF an (ggfls. auch fachübergreifend). Der Fachbereich Physik übernimmt in den jeweiligen fachbezogenen Projekten auch die technische Leitung und die mediale Unterstützung der anderen Fachbereiche. Die Betreuung wird von freiwilligen Schülern der Physik-kurse anstatt eines Projektes durchgeführt.

2.6. 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 ein fachübergreifender Projekttag statt, gefolgt von einem Besuch einer Universitätsbibliothek. Die AG Facharbeit hat schulinterne Richtlinien für Erstellung einer Facharbeit angefertigt, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen. Im Verlauf des Projekttag werden den Schülern in einer zentralen Veranstaltung und in Gruppen diese schulinternen Richtlinien vermittelt.

2.7. Exkursionen

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

EF 1: Besuch des Aachener Bends bzw. des Phantasialands

EF 2: Besuch eines Planetariums

Q1.1: Besuch eines Industrieunternehmens

Q1.2: Besuch eines Schülerlabors

Q2.1: Besuch einer Physikveranstaltung einer Universität am Tag der offenen Tür



2.8. Evaluation des schulinternen Curriculums

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

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

2.9. Fachgruppenarbeit

Eine Checkliste (s. Anhang) dient dazu, den Ist-Zustand bzw. auch Handlungsbedarf in der fachlichen Arbeit festzustellen und zu dokumentieren, Beschlüsse der Fachkonferenz zur Fachgruppenarbeit in übersichtlicher Form festzuhalten sowie die Durchführung der Beschlüsse zu kontrollieren und zu reflektieren. Die Liste wird regelmäßig überarbeitet und angepasst. Sie dient auch dazu, Handlungsschwerpunkte für die Fachgruppe zu identifizieren und abzusprechen.

4 Grundsätze der Leistungsbewertung und -rückmeldung

2.10. Rechtliche Grundlagen

Die Fachkonferenz Physik legt nach § 70 SchG Grundsätze zu Verfahren und Kriterien der Leistungsbewertung (auf der Grundlage der Verfahrensvorschriften gemäß Schulgesetz § 48 und APO SI § 6 sowie APO-GOST § 13 – 17 (SII)) fest, um ein möglichst einheitliches Verfahren der Leistungsbewertung bei allen Fachkollegen zu erreichen. Hierbei fließen die Ausführungen im Kernlehrplan für das Fach Physik für die gymnasiale Oberstufe des Landes NRW (2013) ein. Dieser wird ab dem Schuljahr 2014/15 in der Einführungsphase gelten und in den nachfolgenden Jahren sukzessive auf die Qualifikationsphase ausgeweitet.

2.11. Prinzipien der Leistungsbewertung

Insgesamt beobachten die Lehrer die individuellen Leistungen der Schüler in allen Bereichen über einen längeren Zeitraum, in dem Entwicklung ermöglicht wird, um auf dieser Grundlage ein Leistungsbild zu erhalten. Auf Wunsch des Schülers wird er über die erreichten Kompetenzen informiert. Entsprechend ist eine festgestellte naturwissenschaftliche Begabung eines Schülers zu fördern, etwa durch besondere Leistungen im Fachunterricht (z. B. die Bearbeitung spezieller Aufgaben, Präsentationen usw.), den Einsatz in der Physiksammlung oder durch Teilnahme an fachspezifischen Wettbewerben wie z.B. MNU-Physik-Wettbewerb oder freestyle-physics. Im Laufe der Jahrgangsstufe 9 wurden die Schüler hinsichtlich ihrer Fächerwahl in der gymnasialen Oberstufe informiert und von den Beratungslehrern hierzu beraten. In der Einführungsphase finden in diesem Kontext Beratungen zur Wahl eines Physikleistungskurses statt.

Alle prozess- und konzeptbezogenen Kompetenzerwartungen und Kriterien der Leistungsbewertung werden den Schülern sowie deren Erziehungsberechtigten im Voraus transparent gemacht und bei der Leistungsbewertung angemessen berücksichtigt und stellen die Grundlage für eine weitere Förderung



der Schüler dar.

Die Leistungsbewertung bezieht sich dabei auf die im Unterricht vermittelten Kenntnisse und Fertigkeiten, die sich wiederum an den im schulinternen Curriculum Physik ausgewiesenen prozessbezogenen Kompetenzen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) und die konzeptbezogenen Kompetenzen in Bezug auf die Basiskonzepte System, Struktur und Materie, Energie und Wechselwirkungen orientieren. Den Schülern wird im Unterricht hinreichend Gelegenheit gegeben, diese Kompetenzen in den bis zur Leistungsüberprüfung angestrebten Ausprägungsgraden zu erwerben und auch in vergangenen Jahren kumulativ erworbenes Wissen wiederholt anzuwenden. Hierbei soll sichergestellt werden, dass die Fachinhalte sowie die Kompetenzerwartungen am Ende der Jgst. 6 bzw. 9 vermittelt wurden.

Die Bewertung der Lernerfolgsüberprüfungen (S I) soll sich an folgenden Eckpunkten orientieren:

- bei Erreichen von weniger als 20 % der maximalen Punktzahl: ungenügend
- bei Erreichen von 45 % der maximalen Punktzahl: ausreichend
- bei Erreichen von 75% der maximalen Punktzahl: gut
- Notenverteilung in äquidistanten Schritten.

Ergebnisse der Lernerfolgsüberprüfungen sollen den FachlehrerInnen dazu dienen, die Zielsetzungen und die Unterrichtsmethoden zu überprüfen und ggf. zu modifizieren, den Schülern dienen sie als Rückmeldung über den aktuellen Lernstand und ermöglichen den Schülern und ihren Eltern Erkenntnisse über die individuelle Lernentwicklung und mögliche Lernstrategien. Hierbei wird die Qualität, Häufigkeit und Kontinuität der in den Unterricht eingebrachten Beiträge erfasst, wobei unterschiedliche mündliche, schriftliche und praktische Formen einbezogen werden können:

- mündliche Beiträge (z.B. Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen),
- qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form und Bewertung von Ergebnissen,
- Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken und Diagrammen,
- selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, Verhalten beim Experimentieren
- Erstellen von Produkten (z.B. Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Protokolle, Präsentationen, Lernplakate, Modelle)
- Anfertigen und Präsentieren von Referaten,
- Führung eines Heftes mit Protokollen, eines Lerntagebuchs oder Portfolios,
- Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit und Mitarbeit an Projekten,
- kurze schriftliche Lernerfolgsüberprüfungen.

2.12. Anforderungen und Kriterien zur Beurteilung

Mündliche Mitarbeit

Beiträge zur mündlichen Schülerleistung sollten nicht punktuell benotet werden, sondern über einen längeren Zeitraum beobachtet und bewertet werden. Zudem ist bei der Auswahl der zu beurteilenden Kompetenzen bei mündlicher Mitarbeit das Alter des Schülers zu berücksichtigen. Zu beurteilende Kompetenzen bei mündlicher Mitarbeit: Der Schüler folgt dem Unterrichtsgeschehen konzentriert, beteiligt sich aktiv, beachtet die Gesprächsregeln, fragt nach, wenn er etwas nicht verstanden hat,



reproduziert und reorganisiert physikalisches Grundwissen, Inhalte, Ergebnisse und Methoden, äußert Vermutungen (Hypothesenbildung), überträgt Bekanntes auf Unbekanntes (Transferleistungen), findet und formuliert neue Fragestellungen, findet und begründet Lösungsvorschläge, greift andere Beiträge auf, argumentiert sachlogisch angemessen, fachsprachlich richtig und strukturiert und stellt Hausaufgaben und Übungen vor.

Qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form und Bewertung von Ergebnissen

Beispiele sind die Auswertung von Versuchsergebnissen oder experimenteller Befunde unter Verwendung der Fachsprache und ggf. auch mathematischer Formeln und Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen. Mit Modellen können Sachverhalte veranschaulicht, erklärt oder vorausgesagt werden. Bei der Bewertung eines Gegenstandes oder eines Sachverhalts soll man den Wahrheitsgehalt einschätzen oder einen eigenen Standpunkt erarbeiten. Gegenteilige Argumente werden gegenübergestellt und abgewogen. Die persönliche Meinung ist gefordert. Die eigene Meinung sollte man sachlich begründen können und selbst nach Bewertungskriterien suchen.

Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken und Diagrammen

Beim Lesen naturwissenschaftlicher Texte sollte der Schüler über die folgenden Kompetenzen verfügen. Der Schüler gewinnt einen Überblick über Texte, stellt Fragen zu ihm unbekanntem Begriffen oder Zusammenhängen, liest Texte gründlich, fasst sie zusammen und wiederholt sie mit eigenen Worten. Die Darstellung von Messwerten in Diagrammen ist eine häufig verwendete Fachmethode im Physikunterricht. In diesem Zusammenhang werden die folgenden Kompetenzen beurteilt: Der Schüler zeichnet ein passendes Koordinatensystem mit entsprechenden Beschriftungen, trägt die Messwerte in das Koordinatensystem ein und legt eine Ausgleichsgerade durch die Punktwolke.

Selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten

Das Experiment ist eine wichtige Fachmethode zur Erkenntnisgewinnung im Physikunterricht. Bei der Planung eines Experiments muss zunächst festgelegt werden, was überhaupt untersucht werden soll. Die zu untersuchende physikalische Größe kann wiederum von mehreren anderen physikalischen Größen abhängen. Bei der Untersuchung einer physikalischen Größe, die von mehreren Größen beeinflusst wird, ist es daher wichtig, beim Experiment nur jeweils eine Größe zu ändern und die anderen konstant zu halten. In einem Versuchsprotokoll werden die einzelnen Versuchsschritte dokumentiert. Das Protokoll muss übersichtlich gegliedert sein. Die Gliederung folgt den in den naturwissenschaftlichen Fächern vereinheitlichten Schritten von der Problemstellung bis zur Auswertung.

Erstellen von Produkten

Das o.g. Versuchsprotokoll ist ein Beispiel für ein erstelltes Produkt.

Wandzeitungen oder Lernplakate sind geeignet, um sachliche Informationen, Versuchsergebnisse oder den Verlauf und die Ergebnisse eines Projekts darzustellen. Folgende Kompetenzen sollten altersabhängig bei der Erstellung von Lernplakaten beurteilt werden. Der Schüler formuliert eine geeignete Überschrift. Die Überschrift soll über den Inhalt informieren und Neugier beim Betrachter wecken. Er legt eine Materialsammlung an (z.B. Texte und Abbildungen), wählt geeignete Abbildungen und Texte aus: Fotos, Grafiken und Skizzen haben oft eine große Aussagekraft, ordnet die Inhalte übersichtlich an und achtet auf gute Lesbarkeit.



Anfertigen und Präsentieren von Referaten

Das Referat fordert einen zusammenhängenden Vortrag über eine selbstständig gelöste Aufgabe. Der Zeitumfang hängt vom Thema und Alter des Schülers ab, sollte aber ca. 30 Minuten nicht überschreiten. Grundlage für die Benotung ist der gehaltene Vortrag. Folgende Kompetenzen sind zu beurteilen: Der Schüler plant die Struktur und die Gliederung selbstständig, stellt das Informationsmaterial zusammen, achtet auf einen angemessenen Umfang des Inhalts, wählt einen interessanten Einstieg, spricht langsam, laut und deutlich unter Verwendung der Fachsprache, spricht frei evtl. unter Verwendung von Redenotizen, gestaltet Plakat oder Folie ansprechbar und lesbar, setzt themenabhängig Medien gezielt ein, schaut die Zuhörer beim Reden an, fasst das Ergebnis zusammen, gibt die benutzten Quellen genau und vollständig an, erstellt Arbeitsunterlagen für die Mitschüler, aktiviert die Zuhörer und bindet sie in die weitere Arbeit ein. Themenabhängig wählt der Schüler Experimente aus, bereitet sie vor und führt sie durch.

Führung eines Heftes mit Protokollen, eines Lerntagebuchs oder Portfolios

Außer einer intensiven Lernbegleitung und Lernberatung durch Lehrkräfte und Eltern sollen die Schüler in die Lage versetzt werden, ihr Lernen möglichst selber zu organisieren, Lernfortschritte selber zu bewerten und eigene Lernwege zu entwickeln. Dabei werden nach Maßgabe des Lehrers Protokollordner, Hefte, Lerntagebücher oder Lernportfolios geführt.

Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit und Mitarbeit an Projekten

Im Physikunterricht wird häufig in Gruppen gearbeitet. Insbesondere beim Stationen-Lernen wird diese Sozialform häufig über mehrere Unterrichtsstunden gewählt. Dabei führen die Schüler jeweils in einzelnen Gruppen unterschiedliche Versuche an verschiedenen Stationen selbstständig durch und werten ihre Ergebnisse aus. Die Reihenfolge kann in der Regel frei gewählt werden. Nicht immer müssen von allen Gruppen alle Stationen selbstständig bearbeitet werden. Häufig gibt es Pflicht- und Wahlstationen.

Daraus ergeben sich die folgenden zu beurteilenden Kompetenzen, wobei das Alter der Schüler zu berücksichtigen ist. Der Schüler ist bereit, mit allen Mitschülern freiwillig zu arbeiten, beginnt sofort ohne Arbeitsverzögerung, hält das Arbeitsmaterial bereit, arbeitet konzentriert mit, übernimmt selbstständig Aufgaben, bringt eigenen Ideen ein, achtet auf die Redebeiträge Anderer und verwendet Fachsprache und Fachbegriffe.

Schriftliche Lernerfolgsüberprüfungen

Der Einsatz schriftlicher Übungen zur Leistungsbewertung ist optional und wird nach Maßgabe des Fachlehrers eingesetzt. Dabei sind die Vorgaben der Prüfungsordnungen (Sekundarstufe I: APO-SI §6 (2), Sekundarstufe II: APO-GOST §15) einzuhalten.

In die Zeugnisnote gemäß § 48 SchG am Ende eines jeden Schulhalbjahres gehen alle im Zusammenhang mit dem Unterricht festgestellten Leistungen ein. Sie gibt Auskunft darüber, inwieweit die Leistungen den im Unterricht gestellten Anforderungen entsprochen haben. Die Ergebnisse der schriftlichen Überprüfungen haben keine bevorzugte Stellung bei der Notengebung.



2.13. Regelungen für die gymnasiale Oberstufe (EF – Q2)

Klausuren

Ab der Stufe EF werden gemäß der Vorgaben der Lehrpläne, der Vorgaben für das Abitur und des schulinternen Curriculums Klausuren geschrieben.

Anzahl und zeitlicher Umfang der Klausuren

Halbjahr	Grundkurs		Leistungskurs		Hinweise
	Anzahl	Dauer	Anzahl	Dauer	
EF /I	1	2	-	-	
EF/II	1	2	-	-	
Q1/I	2	2	2	3	
Q1/II	2	2	2	3	Die 1. Klausur kann durch eine Facharbeit ersetzt werden.
Q2/I	2	3	2	4	
Q2/II	1	3	1	4,25	Im GK nur für Schüler, die Physik als 3. Abiturfach gewählt haben.

Mit Ausnahme der Klausur in Q2/II handelt es sich um Unterrichtsstunden, in Q2/II um Zeitstunden. Die Facharbeit in Q1 ersetzt die 1. Klausur in diesem Halbjahr.

Den Klausuren wird folgende Verteilung der Anforderungsbereiche zugrunde gelegt:

- Anforderungsbereich I: ca. 30 % (Reproduktion – Wiedergabe von Kenntnissen und Modellen, Beschreibung unter Verwendung gelernter Arbeitstechniken (Grafen, Tabellen, etc.))
- Anforderungsbereich II: ca. 50 % (Transfer – selbständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen, neuen Gesichtspunkten, die aber in einem eingeübten Zusammenhang stehen; Auswerten von unbekanntem Material unter bekanntem Aspekt)
- Anforderungsbereich III: ca. 20 % (problemlösendes Denken – planmäßiges Verarbeiten komplexer Gegebenheiten mit dem Ziel selbständiger Lösung, Gestaltung, Deutung, Beurteilung; dabei werden gelernte Methoden zur Lösung der Aufgabe selbständig neu kombiniert bzw. verändert, um sie der neuen Problemstellung anzupassen)

In den Aufgabenstellungen der Klausuren sollen die im Zentralabitur verwendeten Operatoren ab der Stufe EF verwendet werden, damit diese den Schülern von Beginn an vertraut sind.

Grundsätzlich richtet sich die Korrektur nach den Vorlagen, die aus den bisher durchgeführten Klausuren des Zentralabiturs bekannt sind. Sie muss für die Schüler nachvollziehbar sein. Wenn formale Korrekturzeichen nicht genügen, dann sind sie durch sachbezogene Hinweise am Rand oder am Ende der Arbeit zu ergänzen. Die Benotung der Klausuren in der S II soll sich an folgendem Punktesystem orientieren:



Punktesystem zur Benotung von Klausuren

Punkte in [%]	Punkte (Note)	Note
0	0	6
20	1	5 minus
26	2	5
33	3	5 plus
40	4	4 minus
45	5	4
50	6	4 plus
55	7	3 minus
60	8	3
65	9	3 plus
70	10	2 minus
75	11	2
80	12	2 plus
85	13	1 minus
90	14	1
95	15	1 plus

Die Begründung einer Note beinhaltet eine knappe Darstellung der positiven und negativen Anteile der Arbeit in den einzelnen Anforderungsbereichen, eine Information über Lernerfolg, –defizite und die Verwendung von Fachsprache.

Um die Leistungsbewertung durch die Fachkollegen und die Anforderungen an die Schüler zu vereinheitlichen, werden die Klausuraufgaben im Fachkollegium ausgetauscht und hinsichtlich des Anforderungsprofils überprüft. Darüber hinaus findet ein regelmäßiger Austausch von parallel unterrichtenden Kollegen statt. Hierbei werden methodische Schwerpunkte und grundlegende Bewertungskriterien vereinbart, die ein einheitliches Anforderungsprofil sicherstellen.

Sonstige Mitarbeit

Hier gelten entsprechende Vereinbarungen. In der Sekundarstufe II werden die Schüler etwa in der Mitte eines Halbjahres über ihren Leistungsstand informiert. Folgendes Bewertungsschema auf der Grundlage der Anforderungen des Lehrplans kann als Orientierung für die Bewertung der Sonstigen Mitarbeit dienen und bei den Schülern Transparenz schaffen.



Bogen zur Selbsteinschätzung „Sonstige Mitarbeit“

Kriterium	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Qualität der Beiträge	Meine Beiträge sind oft fachlich falsch, ich begründe meine Aussagen nicht	... manchmal fachlich falsch, ich begründe nur ansatzweise	... meist fachlich richtig und ich kann meine Aussagen begründen	... (fast) immer fachlich richtig, ich begründe und kann argumentieren
Beteiligung am Unterrichtsgespräch	Ich nehme nie unaufgefordert am Unterrichtsgespräch teil	... selten am Unterrichtsgespräch teil	... regelmäßig am Unterrichtsgespräch teil	... regelmäßig am Unterrichtsgespräch teil, ich habe gute Ideen
Aufmerksamkeit	Ich bin oft unaufmerksam	...gelegentlich unaufmerksam	... zumeist aufmerksam	... immer aufmerksam
Experimente und praktisches Arbeiten	Ich lese und befolge die Anleitungen nicht genau, hantiere unsachgemäß mit dem Material und komme in der Regel nicht zu den erwarteten Ergebnissen	... meist nicht so genau, gehe nicht nur zielgerichtet mit dem Material um und komme öfter nicht zu den erwarteten Ergebnissen	... meist genau, kann mit dem Material in der Regel sachgerecht umgehen und komme meist zu den erwarteten Ergebnissen	... genau, kann mit dem Material sachgerecht umgehen und komme zu guten Ergebnissen
Selbstständigkeit	Ich hole Rückstände nicht selbstständig auf, frage nie nach	Ich frage selten nach oder frage unnötiges nach	Ich frage nach, wenn es notwendig ist	Ich weiß, was zu tun ist und tue es auch, frage nach, wenn es notwendig ist
Gruppenarbeit	Ich halte andere eher von der Arbeit ab, rede über anderes, lenke ab; ich übernehme keine Präsentation des Ergebnisses	Ich arbeite nicht so richtig mit, störe andere aber nicht bei der Arbeit, ich präsentiere nur sehr ungern die Arbeitsergebnisse	Ich arbeite kooperativ in der Gruppe und schließe mich bereitwillig den anderen an; wenn gewünscht, präsentiere ich auch die Ergebnisse	Ich arbeite kooperativ in der Gruppe, mache Vorschläge für die Arbeit, Sorge für ein angenehmes Arbeitsklima und präsentiere gerne die Ergebnisse
Eigeninitiative	Ich habe Probleme, mit der Arbeit zu beginnen und konzentriert zu arbeiten	Ich arbeite erst auf Aufforderung und nicht immer konzentriert	Ich beginne zügig mit der Arbeit und arbeite die meiste Zeit konzentriert	Ich beginne direkt und bleibe konzentriert bei der Arbeit
Arbeitsorganisation	Arbeitsmaterial ist oft nicht vollständig oder ungeordnet	... normalerweise vorhanden, aber nicht sofort nutzbar	... normalerweise vorhanden und schnell nutzbar	... immer vorhanden, und sofort nutzbar
Hausaufgaben	Unterrichtsbeiträge auf Basis der Hausaufgaben kann ich nicht liefern, da ich die Hausaufgaben häufig nicht mache	... nur manchmal mache und wenn ja, da sie unvollständig sind.	... fast immer vollständig mache, sie aber nicht immer richtig sind	... immer vollständig mache und mir nur selten Fehler unterlaufen
Pünktlichkeit	Ich komme häufig zu spät	... pünktlich	... pünktlich und habe die Unterlagen auf dem Tisch	... pünktlich und bin sofort arbeitsbereit