

Hildegardis-Schule Bochum

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

Physik

(Stand: 01.05.2016)

Fachvorsitzender: Benedikt Krahn

Inhaltsverzeichnis

1	Die Fachgruppe Physik an der Hildegardis Schule Bochum	4
2	Entscheidungen zum Unterricht.....	5
2.1	Unterrichtsvorhaben	5
2.2	Übersichtsraster zu den Unterrichtsvorhaben.....	6
I)	Einführungsphase.....	6
II)	Lehrplan Physik Q1 - Grundkurs.....	7
	Erforschung des Photons – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens	9
	Erforschung des Elektrons – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens.....	11
	Photon und Elektron als Quantenobjekte – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens.....	12
	Energieversorgung und Transport mit generatoren und Transformatoren- Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens.....	13
	Wirbelströme im Alltag – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens	16
II)	Lehrplan Physik Q2 - Grundkurs.....	17
	Inhaltsfeld: Elektrodynamik – Strahlung und Materie	17
	Inhaltsfeld: Elektrodynamik – Mensch und Strahlung	19
	Inhaltsfeld: Elektrodynamik – Forschune am CERN und DESY	22
	Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit - Navigationssysteme.....	23
	Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit – Teilchenbeschleuniger	24
	Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit – Das heutige Weltbild	25
III)	Lehrplan Physik Q1 – Leistungskurs	27
	Kontext und Leitfrage: Untersuchung von Elektronen.....	27
	Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen	31
	Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie.....	36
	Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung	39
	Satellitennavigation- Zeitmessung ist nicht absolut	44
	Höhenstrahlung.....	45
	Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten	46
	Satellitennavigation- Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation	47
	Das heutige Weltbild	49
IV)	Lehrplan Physik Q2 – Leistungskurs.....	50
	Kontext: Erforschung <i>des Photons</i>	50
	Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons	52
	Kontext: Erforschung des Elektrons	54

Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie	55
Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht	57
Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)	58
Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen.....	61
Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse.....	62
Kontext: Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen	63
2.3 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe	66
2.4 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung.....	68
Überprüfungsformen	68
Lern- und Leistungssituationen	68
Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit.....	68
Beurteilungsbereich Klausuren	69
Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung.....	70
Mündliche Abiturprüfungen.....	70
2.5 Lehr- und Lernmittel.....	71
3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	72
Experiment	72
Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit.....	72
Zusammenarbeit Universtiät/FH.....	72
Exkursionen	72
4 Qualitätssicherung und Evaluation	73

1 Die Fachgruppe Physik an der Hildegardis Schule Bochum

Bei der Hildegardis-Schule Bochum (im Folgenden kurz: HGS) handelt es sich um eine vier- fünzfürige Schule im Zentrum vom Bochum mit zurzeit knapp 1000 Schülern. ca. 90 Lehrern. Das Einzugsgebiet der Schule umfasst im Wesentlichen die Ortsteile Stadtmitte, Stadtpark, Grumme, Riemke und Hamme. Aufgrund des bilingualen französischen Zweiges kommen aber auch einige Schüler aus weiter entfernten Stadtteilen oder sogar Nachbarstädten. Im Bereich der Sekundarstufe II finden einige Kurse in Kooperation mit der Goethe-Schule statt.

Ein wesentliches Leitziel der Schule besteht 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. Schülerinnen und Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Dies geschieht durch zahlreiche Kooperationen und die Zusammenarbeit mit der Universität Bochum; wodurch begabten Schülern die Teilnahme an Lehrveranstaltungen ermöglicht wird.

Das Fach Physik wird in der Si in den Jahrgängen 6, 8 und 9 unterrichtet. Zusätzlich findet im WP-Bereich ein Kurs Mathe/Pyhsik statt. Der Unterricht wird in der Regel in Doppelstunden organisiert, so dass Experimente gründlich vor- und nachbereitet und sorgfältig durchgeführt werden.

In der Oberstufe existieren durchgängig Grundkurse. Leistungskurse kommen nicht in jedem Jahrgang zustande. Sowohl im Grundkursbereich, als auch bei den Leistungskursen, kooperiert die HGS mit der Goethe-Schule Bochum.

An der HGS gibt es zwei Pysik-Fachräume, die aufgrund der Einrichtung flexibel gestaltet werden können. Die Sammlung des Fachbereiches Physik ist in vielen Teilen veraltet. Besonders für die Umsetzung der neuen Richtlinien wäre eine Erneuerung/Vervollständigung der Sammlung wünschenswert. Der Etat reicht hauptsächlich nur für Anschaffung von Verbrauchsmaterialien und die Reparatur weniger Gerätschaften aus.

Die Ausstattung der Physikräume mit neuen Medien ist gut (Beamer, aktive Tafel, Messdatenerfassungssystem, Lehrer-Rechner). An der Schule existieren vier Computerräume, die nach Reservierung auch von Physikkursen für bestimmte Unterrichtsprojekte genutzt werden können.

Die Fachschaft Physik an der HGS besteht im Moment aus 6 Fachkollegen, von denen 3 in Teilzeit arbeiten, 1 in Elternzeit ist und einer in der Schulverwaltung tätig ist und nicht unterrichtet.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

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

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

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.1) wird die Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten sowie in der Fachkonferenz verabredeten verbindlichen Kontexten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

2.2 Übersichtsraster zu den Unterrichtsvorhaben

I) Einführungsphase

(fakultative Inhalte sind *kursiv* gedruckt)

Bereich	Fachaspekt	Kompetenz	Gegenstand	Bemerkungen
1	Lineare Bewegung - gleichförmige Bewegung - gleichmäßig beschleunigte Bew. (freier Fall; waagerechte und senkrechte Wurfbewegung)	UF 1 + 2 E1+2+4+5+6+7+9 K1+2 B1	Fahrbahn	- VIANA oder Galileo - Messungen im Straßenverkehr - Physik und Sport - Unterrichtsgang zum Simulator
2	Newtonsche Gesetze	UF2+1 E3+8+13 K4	- Reibungsversuche - Freier Fall mit Luftreibung => Kräftegleichgewicht	
3	<i>Impuls</i>	<i>UF1+3 E5+7 K2+3 B2</i>	<i>Wasserrakete und Fahrbahn</i>	<i>Bau einer Wasserrakete</i>
4	Energie	UF1 E5+6+7+8 K2	Pendel	Selbstbestimmtes Planen und Durchf. der Pendelversuche
5	Kräfte bei der Kreisbewegung	UF1+5 E6+7+9 K2 B1	Zentralkraftmaschine	Freizeitpark -> Fahrgeschäfte als Kontext (Kettenkarussell, Rotor)
6	<i>Gravitation Energie und Arbeit im Gravitationsfeld</i>	<i>UF4+5 E12+13 K4 B2</i>	<i>Drehwaage</i>	<i>Filme der ESA Unterrichtsgang zum Planetarium</i>
7	Schwingungen (Resonanz) Eigenschwingung	UF1+6+7 E5 K1+3	- Schattenprojektion der Kreisbewegung - Fadenpendel	Film „Brückeneinsturz“
8	Wellen Träger für Wellen	UF1+6 E11 K2	Wellenwanne	S-Übung: Ultraschallsender + Empfänger Interferenz in der Aula

Stundenverteilung:

Bereich	1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
Stunden	24	10	8	12	10	10	8	8	90

II) Lehrplan Physik Q1 - Grundkurs

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p>1) Erforschung des Photons</p> <p>Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 14 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Photon (Wellenaspekt) 	<p>E2 Wahrnehmung und Messung</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>K3 Präsentation</p>
<p>2) Erforschung des Elektrons</p> <p>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</p> <p>Zeitbedarf: 15 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron (Teilchenaspekt) 	<p>UF1 Wiedergabe</p> <p>UF3 Systematisierung</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p>

<p>3) Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</p> <p>Zeitbedarf: 5 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) • Quantenobjekte und ihre Eigenschaften 	<p>E6 Modelle</p> <p>E7 Arbeits- und Denkweisen</p> <p>K4 Argumentation</p> <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p>4) Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</p> <p>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 18 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spannung und elektrische Energie • Induktion • Spannungswandlung 	<p>UF2 Auswahl</p> <p>UF4 Vernetzung</p> <p>E2 Wahrnehmung und Messung</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p> <p>K3 Präsentation</p> <p>B1 Kriterien</p>
<p>5) Wirbelströme im Alltag</p> <p>Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion 	<p>UF4 Vernetzung</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>B1 Kriterien</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 56 Stunden</p>		

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
(Ustd. à 45 min)	Die SuS...		
			nur plausibel gemacht (keine Herleitung)
21 Ustd.	Summe		

Erforschung des Elektrons – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die SuS ...		
Elementarladung (5 Ustd.)	<p>-erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),</p> <p>- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).</p>	<p>Ladungstennis mit Plattenkondensator</p> <p>Millikanversuch Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung)</p> <p>Auch als Simulation möglich</p>	<p>Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Magnetfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung</p> <p>Homogenes E-Feld im Plattenk., Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Plattenabstand vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren</p>
Elektronenmasse (7 Ustd.)	<p>-beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),</p> <p>-bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2)</p> <p>-modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),</p>	<p>e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</p> <p>auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)</p> <p>evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit)</p> <p>Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde</p>	<p>Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft:</p> <p>Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke.</p> <p>Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.</p>

Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	-erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung
15 Ustd.	Summe		

Photon und Elektron als Quantenobjekte – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Licht und Materie (5 Ustd.)	-erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), -verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3). -zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4), beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).	Computersimulation Doppelspalt Photoeffekt	Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik
5 Ustd.	Summe		

Energieversorgung und Transport mit generatoren und Transformatoren- Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die SuS...		
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion	-erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktions-spannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),	bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „ Leiterschaukel-versuch “	Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.
Induktionsspannung (5 Ustd.)	-definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), -bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6), -werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).	Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten, z.B. Oszilloskop (nicht nur an der Leiterschaukel) Gedankenexperimente zur Überföhrungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird. Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U , v und B .	Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet. Die an der Leiterschaukel registrierten Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeföhrt.
Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)	-recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2), -erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik	Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip Experimente mit drehenden Leiterschleifen in homogenen Magnetfeldern,	Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen. Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>Die SuS...</p> <p>jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), -- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>-erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, 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>-führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>Wechselstromgeneratoren</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstrom oder sägezahn durchflossener Feldspule - mit Messwerterfassungssystem zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p>Nutzbar- machung elektrischer Energie durch „Transforma- tion“</p> <p>Transformator (5 Ustd.)</p>	<p>-erläutern Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>-ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>-geben Parameter von Transformatoren zur gezielten</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt). Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die SuS...		
	Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),		magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen. Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	<p>-verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>-bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>-zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>-beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.
18 Ustd.	Summe		

Wirbelströme im Alltag – Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die SuS...		
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	-erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4), -bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten Thomson'scher Ringversuch diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Kupfer-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)
4 Ustd.	Summe		

II) Lehrplan Physik Q2 - Grundkurs

Inhaltsfeld: Elektrodynamik – Strahlung und Materie

Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von Linienpektren mit Hilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen</i>	Franck-Hertz-Versuch	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	<i>Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),		
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von 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 Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
13 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: Elektrodynamik – Mensch und Strahlung

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden α -, β -, γ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe Dosimetrie (3 Ustd.)	beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1), bereiten Informationen über wesentliche 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 physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher	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 Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4) bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),		
9 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: Elektrodynamik – Forschung am CERN und DESY

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauscheteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauscheteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauscheteilchen 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

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

Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit - Navigationssysteme

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experimentals</i> ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4), erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7), erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1). erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive	Experiment von Michelson und Morley (Computer simulation) Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) 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 am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“. Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2), erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),		Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden. Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.
5 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit – Teilchenbeschleuniger

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.
6 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit – Das heutige Weltbild

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

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und	Lehrbuch, Film / Video	

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)		
2 Ustd.	Summe		

III) Lehrplan Physik Q1 – Leistungskurs

Kontext und Leitfrage: Untersuchung von Elektronen

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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Grundlagen: Ladungstrennung, Ladungsträger (4 Ustd.)	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),	einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung, halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärker s: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche	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.
Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator	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	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,	Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet. Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt. Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Elementarladung (10 Ustd.)	Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),	Plattenkondensator (homogenes E-Feld),	Feld“ und die Spannung werden definiert.
	leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),	evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch, Anfängerpraktikum RUB	Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.
Bestimmung der Masse eines Elektrons: magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse	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),	Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee, (z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der	Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen. Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
(10 Ustd.)	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p>	<p>magnetischen Feldstärke,</p> <p>Versuch mit dem Fadenstrahlrohr zur Demonstration der Lorentzkraft,</p> <p>Fadenstrahlrohr zur e/m – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p>	<p>Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</p> <p>Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet.</p> <p>Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes,</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,</p>
	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen</p>		<p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	<p>sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in</p>		

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

Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
<p>Anwendungen in Forschung und Technik:</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern</p> <p>(12 Ustd.)</p>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-</p>	<p>Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange</p>	<p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen,</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	<p>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 Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und</p>	<p>Spulen und Helmholtzspulen),</p> <p>Elektronenstrahlröhre</p> <p>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,</p> <p>Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber),</p> <p>Kalibrierung einer Hallsonde,</p> <p>Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes,</p> <p>Bestimmung der magnetischen Feldkonstante,</p> <p>Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	<p>Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p>		
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>		
Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur	erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen	diverse Kondensatoren (als Ladungs-/Energiespeicher), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die	Kondensatoren werden als Ladungs-/Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Mathematisierung: Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Ustd.)	(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 ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen	Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker, Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwert-erfassungssystemen), Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung	Geräten wie Computern). Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt. Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell, Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung), Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben. deduktive Herleitung der im elektrischen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	<p>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>		Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie
	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur</p>		

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),		
22 Ustd.	Summe		

Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie

Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie: Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel,	entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen	Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie, Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,	Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar, Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt. Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Energie des magnetischen Feldes (22 Ustd.)	<p>stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem</p>	<p>einfaches elektrodynamisches Mikrofon,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von $B(t)$ und $U_{\text{ind}}(t)$,</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)</p> <p>2. Änderung der Feldgröße B (quantitatives Experiment)</p> <p>Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p>		
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität,</p> <p>messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2), bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6), begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),	Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last), Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse „Ringversuche“	deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie
22 Ustd.	Summe		

Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis	erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1), treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die	MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektrizitätssammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren, einfache Resonanzversuche	Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektrizitätssammlung vorgestellt. Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
(12 Ustd.)	<p>Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandelungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p>	(auch aus der Mechanik / Akustik),	<p>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>
	wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren	RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren, ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsscha	Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht. Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	<p>en, 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>ltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>	<p>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>
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen,</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen</p>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,</p> <p>dm-Wellen-Sender mit Zubehör</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen,</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen, (16 Ustd.)	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	(Empfängerdipol, Feldindikatorlampe), Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen, Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion), visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion, Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen, Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),	Das Phänomen der elektromagnetischen 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: · Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt! · (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird. · Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	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),		
	entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, 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),	Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen, Wellenwanne Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente, Interferenz-, Beugungs- und	Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	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).	Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)	
28 Ustd.	Summe		

Satellitennavigation- Zeitmessung ist nicht absolut

Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Ustd.)	begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2),	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (Computersimulation).

	begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).		Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.
4 Ustd.	Summe		

Höhenstrahlung

Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., 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) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)	Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor γ hergeleitet. Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.
Längenkontraktion (2 Ustd.)	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),	Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs.	Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung

	<p>erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),</p> <p>beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),</p>	Exkursion an eine Universität) – s. o.	<p>der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o.</p> <p>Herleitung der Formel für die Längenkontraktion</p>
4 Ustd.	Summe		

Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten

Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
<p>„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<p>erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),</p>	<p>Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)</p>	<p>Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten.</p> <p>Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</p> <p>Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.</p>

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 der Beziehung $E=mc^2$ 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
8 Ustd.	Summe		

Satellitennavigation- Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation

Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres	Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die

		<p>Experimente der PTB Braunschweig)</p> <p>Flug von Atomuhren um die Erde (Video)</p>	<p>Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.</p> <p>Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.</p>
<p>Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)</p>	<p>veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).</p>	<p>Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment</p> <p>Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Film / Video</p>	<p>An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)</p>
4 Ustd.	Summe		

Das heutige Weltbild

Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	Ggf. Schülervortrag
2 Ustd.	Summe		

IV) Lehrplan Physik Q2 – Leistungskurs

Kontext: Erforschung des *Photons*

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6) legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampflampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)	Qualitative Demonstration des Photoeffekts
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum	erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von	1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)	Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
(7 Ustd.)	<p>Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</p> <p>erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</p>	2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)	<p>Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden:</p> <p>Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen</p> <p>Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen</p>

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

Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Praktikum RUB Interaktives Bildschirmexperiment (IBE) (z.B. http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php oder http://www.uni-due.de/physik/ap/ia-be/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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		gegeben (recherchiert) werden. Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.
Bragg'sche Reflexionsbe- dingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Inten- sitätsdiagramm vs. Wellenlängen- Intensitätsdiagram- m)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sche s Wirkungsqu- antum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum
Strukturanal- yse mithilfe der Drehkristall- methode Strukturanal- yse nach Debye- Scherrer (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye- Scherrer-Methode
Röntgenröh- re in Medizin und Technik (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
		adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	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)
9 Ustd.	Summe		

Kontext: Erforschung des Elektrons

Leitfrage: Kann das Verhalten von Elektronen und Photo-nen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/)	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte
6 Ustd.	Summe		

Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4),		Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen.

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
(4 Ustd.)	ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).		Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4), erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7). erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3), diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos	

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),		
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3), bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).		Die Heisenberg'sche Unschärferelation kann (aus fachlicher Sicht) plausibel gemacht werden aufgrund des sich aus der Interferenzbedingung ergebenden Querimpulses eines Quantenobjekts, wenn dieses einen Spalt passiert.
10 Ustd.	Summe		

Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)

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

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

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Ionisierende Strahlung: Detektoren (3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Aufbau einer Nebelkammer Simulationsprogramme	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.) Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz Material zu Halbleiterdetektoren
Strahlungsarten (5 Ustd.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1), benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Absorption von α -, β -, γ -Strahlung Ablenkung von β -Strahlen im Magnetfeld Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
	erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),		
Dosimetrie (2 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),	Video zur Dosimetrie Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen) Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen
14 Ustd.	Summe		

Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

Leitfrage: Wie funktioniert die 14C-Methode?

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte (1 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	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 (Zentralabitur 2008)	Siehe http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html Ggf. 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),	Tabellenkalkulation	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung
	leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),	Ggf. CAS	Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung
10 Ustd.	Summe		

Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Kernspaltung und Kernfusion: Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),	Video zu Kernwaffenexplosion	Z.B. YouTube
Kettenreaktionen (2 Ustd.)	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 sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),	Diagramm <i>B/A</i> gegen <i>A</i> , Tabellenwerk, ggf. Applet	Z.B. http://www.leifiphysik.de
	hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Siehe http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm
9 Ustd.	Summe		

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden. Internet: http://project-physicsteaching.web.cern.ch

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
			/project-physicsteaching/german/ Ggf. Schülerreferate
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6). erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen	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.youtube.com/watch?v=7VshToyoG18	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)			Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik
11 Ustd.	Summe		

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

Der Unterricht des Faches Physik orientiert sich an folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 26 sind fachspezifisch angelegt.

Überfachliche Grundsätze:

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

Fachliche Grundsätze:

- 15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und Kontexten ausgerichtet.
- 16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
- 17.) Der Physikunterricht unterstützt durch seine experimentelle Ausrichtung Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern.
- 18.) Der Physikunterricht knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an.
- 19.) Der Physikunterricht stärkt über entsprechende Arbeitsformen kommunikative Kompetenzen.
- 20.) Der Physikunterricht bietet nach experimentellen oder deduktiven Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Reflexion, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung bewusstgemacht wird.
- 21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.

- 22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
- 23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
- 24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
- 25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zu selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.

2.4 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik gelten die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung. Diese Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

Überprüfungsformen

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

Lern- und Leistungssituationen

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

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

Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

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

- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten

- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen

Beurteilungsbereich Klausuren

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

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

Einführungsphase:

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

Qualifikationsphase 1:

2 Klausuren pro Halbjahr (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK), wobei die erste Klausur im 2. Halbjahr durch eine Facharbeit ersetzt werden kann.

Qualifikationsphase 2.1:

2 Klausuren (je 135 Minuten im GK und je 225 Minuten im LK) Qualifikationsphase 2.2:

1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird.

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird anhand einer Musterlösung den Schülern transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden.

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

Mündliche Abiturprüfungen

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

2.5 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II sind an der Schule derzeit folgende Lehrwerke eingeführt:

Einführungsphase: Physik, Metzler

Grundkurs Q1-Q2: Impulse Physik, Klett

Leistungskurs Q1-Q2: Physik, Metzler

Formelsammlung: Physik Formeln Sekundarstufe II, Bildungsverlag Dümmler

In allen Stufen wird die Formelsammlung „Physik Formeln Sekundarstufe II“ vom Bildungsverlag Dümmler benutzt.

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten die im Unterricht behandelten Inhalte in häuslicher Arbeit nach.

Unterstützende Materialien sind auch im *Lehrplannavigator* des NRW-Bildungsportals angegeben. Verweise darauf finden sich über Links in den HTML-Fassungen des Kernlehrplans und des Musters für einen Schulinternen Lehrplan. Den *Lehrplannavigator* findet man für das Fach Physik unter:

http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplan_navigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/physik/

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Arbeit des Fachbereiches Physik hat folgende zentralen Schwerpunkte:

Experiment

Der Physikunterricht wird an Experimente ausgerichtet. Wenn möglich, sollen die Schüler die Experimente selbst aufbauen, durchführen und auswerten. Sollte dies aufgrund der Ausstattung der Schule nicht möglich sein, so kann auf Simulationen oder das Angebot der RUB zurückgegriffen werden.

Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, findet im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums eine fachübergreifende Informationsveranstaltung statt, gefolgt von einem Besuch einer Universitätsbibliothek. Es gibt schulinterne Richtlinien für die Erstellung einer Facharbeit, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen. Im Verlauf der Informationsveranstaltung werden den Schülerinnen und Schülern in Gruppen diese schulinternen Richtlinien vermittelt.

Zusammenarbeit Universität/FH

Die Fachschaft Physik arbeitet projektartig oder im Rahmen des Physikunterrichtes mit der Ruhr Universität Bochum und der Fachhochschule Georg Agricola zusammen. Hierdurch wird den Schülern die Möglichkeit geboten, Schülerexperimente durchzuführen, sich neue Themenfelder zu erschließen und an Lehrveranstaltungen teilzunehmen.

Exkursionen

In der gymnasialen Oberstufe werden Exkursionen durchgeführt. Diese sollen im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden. Im Rahmen dieser Exkursionen wird ein Kontextbezug zum Unterrichtsinhalt hergestellt.

4 Qualitätssicherung und Evaluation

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

Regelmäßig werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.