

# **Schulinterner Lehrplan des EvR-Viersen zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe**

## **Physik**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Die Fachgruppe Physik</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Entscheidungen zum Unterricht</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Unterrichtsvorhaben</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben</b>	<b>5</b>
	<i>Qualifikationsphase (Q1) - GRUNDKURS</i>	<i>11</i>
	<i>Qualifikationsphase (Q2) - GRUNDKURS</i>	<i>14</i>
	<i>Qualifikationsphase (Q1) - LEISTUNGSKURS</i>	<i>17</i>
	<i>Qualifikationsphase (Q2) - LEISTUNGSKURS</i>	<i>24</i>
<b>3</b>	<b>Schlüsselexperimente</b>	<b>31</b>

# 1 Die Fachgruppe Physik

Das Erasmus-von-Rotterdam-Gymnasium in Viersen hat ca. 950 Schülerinnen und Schülern und befindet sich im ländlichen Raum in relativer Nähe zu mehreren Ballungszentren und zu mehreren Universitäten. Im unmittelbaren Umfeld befinden sich zwei weitere Gymnasien sowie zwei Gesamtschulen.

Die Lehrbesetzung der Schule ermöglicht einen ordnungsgemäßen Fachunterricht in der Sekundarstufe I und II, ein NW-AG-Angebot und Wahlpflichtkurse mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt. In der Sekundarstufe I wird in den Jahrgangsstufen 6, 8 und 9 Physik im Umfang der vorgeschriebenen 6 Unterrichtsstunden laut Stundentafel erteilt.

In der Oberstufe sind durchschnittlich ca. 90 Schülerinnen und Schüler pro Stufe. Das Fach Physik ist in der Regel in der Einführungsphase mit 2 Grundkursen, in der Qualifikationsphase mit je einem Grundkurs vertreten.

In der Schule sind die Unterrichtseinheiten als Einzelstunden à 60 Minuten organisiert, in der Oberstufe gibt es im Grundkurs 1 Doppel- und 1 Einzelstunde, im Leistungskurs 2 Doppelstunden und 1 Einzelstunde wöchentlich.

Dem Fach Physik stehen 3 Fachräume zur Verfügung. In einem der Räume kann auch in Schülerübungen experimentell gearbeitet werden. Alle Räume verfügen über einen Beamer, außerdem ist eine mobile Dokumentenkamera und ein Beamerwagen vorhanden. Die Ausstattung der Physiksammlung mit Geräten und Materialien für Demonstrations- und für Schülerexperimente ist gut.

Schülerinnen und Schüler der Schule nehmen häufig am Wettbewerb „Jugend forscht/Schüler experimentieren“ teil und sind vor allem in der Juniorsparte recht erfolgreich.

Die Fachgruppe Physik hat sich vorgenommen, das Experimentieren in allen Jahrgangsstufen besonders zu fördern.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen abzudecken. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans bei den Lernenden auszubilden und zu entwickeln.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Übergeordnete Kompetenzen“ an dieser Stelle die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen in der Spalte „Konkretisierte Kompetenzerwartungen“ aufgeführt werden. Die übergeordneten Kompetenzen werden hier nur abgekürzt aufgeführt. Die Bedeutungen der jeweiligen Abkürzungen sind im Anhang zu 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 nur ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant. (Als 75 % wurden für die Einführungsphase 90 Unterrichtsstunden, für den Grundkurs in der Q1 ebenfalls 90 und in der Q2 60 Stunden und für den Leistungskurs in der Q1 150 und für Q2 90 Unterrichtsstunden zugrunde gelegt.)

## 2.2 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

### Thema: Mechanik/Einführung in die Wellenlehre

#### Mechanik

1. gleichförmige und gleichförmig beschleunigte Bewegung, freier Fall
2. Wurfbewegungen
3. Energie- und Impulserhaltungssatz
4. Gleichförmige Kreisbewegung
5. Mechanische Schwingungen

Unterrichts- wochen	Fachlicher Inhalt	Anwendungsbezug	Konzept- und prozessbezogene Kompetenzen
	Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen, Experimente zum freien Fall (Experiment mit elektronischer Zeitmessung und/oder Videoanalyse), Einfluss des Luftwiderstands	z.B. Messungen bei Fahrradfahren Sprung vom 3m-Brett Fallschirmsprung Bremsvorgänge , Straßenverkehr	Messtechnik: z.B.: Elektronische Zeitmessung bzw. Videoauswertung mit Software, Offset-Problematik, graphische Darstellung von Messdaten, Linearisierung
	Kräfte Superpositionsprinzip	Schiefe Ebene, Reibung	Messung der Hangabtriebskraft, Normalkraft und Reibung,

	Actio – reactio, Trägheit, $F = m \cdot a$ ,		Kräfteparallelogramm, (Vektoraddition)
	Waagerechter Wurf: Unabhängigkeit der Teilbewegungen, Weg-, Geschwindigkeit- und Beschleunigung- Zeit-Gesetz	z.B.: Wasserstrahl oder Bahn einer Stahlkugel	vektorielle und skalare Größen, Superposition Möglichkeit zum Einsatz einer Videoanalyse
	Senkrechter Wurf und evtl. schiefer Wurf	Kugelstoßer,	Bahnkurven sind Parabeln
	Energie, Arbeit, Energieerhaltung, Wiederholung von Energieformen und –umwandlungsprozessen,	z.B.: Heben, Tragen, Werfen, Achterbahnlooping	System- und Energieniveaus
	Impuls, Impulserhaltung  Teil 1: elastischer Stoß	Münzen, Billardkugel	z.B.: Messung von Geschwindigkeiten vor und nach dem Stoß, evtl. Auswertung der Messdaten mit Excel, Datenaufnahme mit Logger,
	Teil 2: unelastischer Stoß Kinetische Energie geht verloren,	Rückstoß bei Gewehr und Rakete,	Beschreibung eindimensionaler Stoßvorgänge mit

	aber Impulserhaltung gilt, allg. Kraftstoss $F = dp/dt$ , Rückstoßprinzip,	Kinematik eines Verkehrsunfalls	Wechselwirkung und Impulsänderung
	Gleichförmige Kreisbewegung , Definition der Winkelgeschwindigkeit	Fahrradreifendrehung, Kettenkarussell	Winkelmessung im Bogenmaß, Modellvorstellung eines Massepunktes
	Experiment zur Zentripetalkraft, Zentrifugalkraft als Beispiel für eine Scheinkraft, Bezugssysteme Optional: Corioliskraft	Satellitenbahnen,	Zusammenfassung von Proportionalitäten zu einer Gleichung, Bezugssysteme und Beobachter , Planung einer komplexeren Messreihe, Minimierung von Messfehlern
	Evtl. Rotationsenergie und Trägheitsmoment, rollende und gleitende Körper auf einer schiefen Ebene ( $\rightarrow$ Energieerhaltung),	Mindestgeschwindigkeit für einen (Dardabahn-)Looping	Ausnutzen von Analogien
Ab hier neu !!!	Schwingungen (Kreisbewegung $\leftrightarrow$ Federschwingung), Herleitung des Weg- und		Darstellung einer Kreisbewegung in Polarkoordinaten, Schattenwurfexperiment

	Geschwindigkeit-Zeit-Gesetzes der Federschwingung		
	Physikalische Bedeutung von Ableitungen nach der Zeit, Zusammenhänge in $s(t)$ -, $v(t)$ - und $a(t)$ -Diagrammen aufzeigen Optional: $v(t)$ - und $a(t)$ -Gesetz der Federschwingung durch Ableiten des $s(t)$ -Gesetzes gewinnen	Rangieren eines Zuges im Bahnhof	Definition von Geschwindigkeit und Beschleunigung, Zusammenhang von $s(t)$ -, $v(t)$ - und $a(t)$ -Gesetz
	Messung der Schwingungsdauer des Federpendels, $T = 2\pi(m/k)^{1/2}$ Optional: Einführung in Differentialgleichungen, theoretische Herleitung der Schwingungsdauer	Eigenfrequenz einer (Feder-) Schwingung hängt von der Masse ab	Messung vieler Perioden zur Minimierung des Messfehlers
	Experimente mit dem bifilaren Fadenpendel, (Optional: Herleitung des Weg-Zeit-Gesetzes aus der DGL), Exp. Ermittlung der Erdbeschleunigung aus der Schwingungsdauer eines Pendels in Schülerversuchen, Def. Harmonische Schwingung	Länge eines „Sekundenpendels“ Ortsabhängigkeit der Frequenz von Pendeluhren (ggf. historische Bezüge	(Optional: $\sin x \approx x$ – Näherung) Einführung in die Fehlerfortpflanzung
	Energiebetrachtung des	Schwingungsdämpfung bei	Nachweis exponentieller

	<p>Fadenpendels, Abnahme der Amplitude  → gedämpfte Schwingung mit mathematischer Beschreibung (ggf. Wiederholung e-Funktion), <math>E \sim A^2</math>  Optional: Güte <math>Q</math> einführen, 3 Fälle der gedämpften Schwingung</p>	<p>Auto,  Motorrad und BMX-Rad</p>	<p>Abhängigkeiten durch  (1) Quotientengleichheit und  (2) halblogarithmische Darstellung</p>
	<p>Spannarbeit und Spannenergie beim Federpendel</p>	<p>Expander</p>	<p>Interpretation der Fläche unter dem <math>F(x)</math>-Graphen als physikalische Arbeit</p>
	<p>Erzwungene Schwingungen am Pohl'schen Drehpendel,  Resonanzkurve, Phasenverschiebung  Optional: Gekoppelte Pendel</p>	<p>Resonanzen in der Musik,  Brückenzerstörung durch Resonanzkatastrophe</p>	<p>Mittelwertbildung bei unbekannter Nullposition</p>
	<p>Schwingungen erzeugen Wellen, eindimensionale mechanische Wellen auf langer Spiralfeder, longitudinale und transversale Wellen, <math>v = \lambda \cdot f</math>, Wellen in Flüssigkeiten und Festkörpern, Erdbeben, Schallwellen und Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien, Reflexion am</p>	<p>Wellenlänge und Frequenz von  Radiosendern,  Erdbebenwellen,  (Ober-)Schwingungen einer Gitarrensaite</p>	<p>Stehende Wellen als Superposition von zwei laufenden Wellen, Schwingungsmoden</p>

	festen und losen Ende, stehende Wellen		
--	---	--	--

Die Abfolge der Themen und die Schwerpunktsetzung liegen in der Hand des jeweils unterrichtenden Fachkollegen.

## Qualifikationsphase (Q1) - GRUNDKURS

Inhaltsfeld Quantenobjekte			
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Übergeordnete Kompetenzen	Konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...
<p>Erforschung des Photons</p> <p>Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 12 Ustd.</p>	<p>Photon (Wellenaspekt)</p> <p><b>Wellenwanne</b></p> <p><b>Beugung am Doppelspalt und am Gitter</b></p>	<p><b>Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit Doppelspalt und Gitter (E5),</li> <li>➤ demonstrieren anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2).</li> </ul> <p><b>Kommunikation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),</li> </ul>	
<p>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>Elektron (Teilchenaspekt)</p> <p>Kräfte auf Ladungsträger in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p><b>Millikan-Versuch</b></p> <p><b>Fadenstrahlrohr (e/m)</b></p> <p>Funktionsweise Röhrenfernseher / Braunsche Röhre / Oszilloskop</p>	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikanversuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung und ordnen und strukturieren die physikalischen Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien (UF1, UF3, E5),</li> <li>➤ untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).</li> <li>➤ beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),</li> <li>➤ bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),</li> <li>➤ modellieren Vorgänge im Fadenstrahlrohr (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),</li> </ul>	

Photonen und Elektronen als Quantenobjekte	Elektron und Photon (Teilchen- und Wellenaspekt)	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).</li> <li>➤ erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grund-legende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7).</li> </ul> <p><b>Kommunikation, Bewertung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).</li> <li>➤ zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</li> <li>➤ beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</li> </ul>
Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?	<p><b>Photoeffekt</b></p> <p><b>Elektronenbeugung</b></p> <p>Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</p>	
Zeitbedarf: 12 Ustd.		

<b>Inhaltsfeld Elektrodynamik</b>		
<b>Kontext und Leitfrage</b>	<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...
Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren	Spannung und elektrische Energie Induktion Spannungswandlung	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</li> <li>➤ definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</li> <li>➤ bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</li> <li>➤ werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5),</li> <li>➤ erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</li> <li>➤ führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive)</li> </ul>
Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?	<p><b>Leiterschaukelversuch</b></p> <p>Induktionsspannung am Generator</p>	

Zeitbedarf: 21 Ustd.	<p><b>(Oszilloskop / Cobra)</b></p> <p><b>Thomsonscher Ringversuch</b></p> <p><b>Wirbelstrombremse</b></p> <p><b>Modellexperiment: Ohmsche Verluste bei Energietransport</b></p>	<p>Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim Transformator (UF1, UF2),</li> <li>➤ geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</li> <li>➤ zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</li> <li>➤ erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</li> <li>➤ verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</li> <li>➤ bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</li> <li>➤ beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</li> </ul>
Summe Qualifikationsphase (Q1) - GRUNDKURS: 60 von 90 Stunden		

## Qualifikationsphase (Q2) - GRUNDKURS

### Inhaltsfeld Strahlung und Materie

Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...
<p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</p> <p>Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?</p> <p>Zeitbedarf: 12 Ustd.</p>	<p>Atommodelle</p> <p>Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</p> <p><b>Linienpektren</b></p> <p><b>Franck-Hertz Versuch</b></p> <p><b>Röntgenspektren</b></p> <p><b>Spektralanalyse / Flammenfärbung</b></p> <p><b>Sonnenspektrum Fraunhoferlinien</b></p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ deuten Linienspektren (Emissions- oder Absorptionsspektren) mit Hilfe von Atommodellen (UF1, E2),</li> <li>➤ führen die beobachtete Energiequantelung auf diskrete Bahnen (Bohr'sches Atommodell) oder Eigenschwingungen (Potentialtopf Atommodell) zurück (UF1, E6)</li> <li>➤ ordnen einer Wellenlänge eine entsprechende Energie zu und umgekehrt (E5)</li> <li>➤ können anhand spektraler Informationen (charakteristische Röntgenstrahlung, Flammenfärbung, etc.) chemische Elemente identifizieren (UF1, E5)</li> <li>➤ deuten das Ergebnis des Franck-Hertz-Versuchs als Beweis für die gequantelte Aufnahme von Energie (UF1)</li> </ul>
<p>Mensch und Strahlung</p> <p>Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?</p> <p>Zeitbedarf: 12</p>	<p>Kernumwandlungen</p> <p>Ionisierende Strahlung</p> <p>Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ können Aktivitäten messen und im einfachen Fall mathematisch beschreiben (UF1)</li> <li>➤ kennen den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller Zählrohrs als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (UF1)</li> <li>➤ kennen unterschiedliche Eigenschaften verschiedener Strahlenarten und können anhand dessen im Experiment zwischen verschiedenen Strahlenarten unterscheiden (UF1, E2, E5)</li> <li>➤ unterscheiden zwischen den wichtigsten Einheiten zur Charakterisierung von ionisierender Strahlung (Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis, Dosisleistung) (UF1)</li> </ul>

Ustd.	<b>Absorption (<math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung)</b>  <b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Bewertung:</b></li> <li>➤ kennen das Gefährdungspotential ionisierender Strahlung und können es mit geeigneten Dosisseinheiten quantifizieren (UF1, B1)</li> <li>➤ vergleichen natürliche Strahlenexpositionen und Strahlenschutzgrenzwerte (B1)</li> <li>➤ wägen bei zivilisatorischen Strahlenexpositionen (z. B. in der Medizin oder Energiegewinnung) zwischen Nutzen und Risiko ab (B2)</li> </ul>
Forschung am CERN und DESY  Wie ist die Materie im Innersten aufgebaut?  Zeitbedarf: 6 Ustd.	Standardmodell der Elementarteilchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></li> <li>➤ können den prinzipiellen Aufbau eines Teilchenbeschleunigers erläutern. (UF1)</li> <li>➤ systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),</li> </ul> <p><b>Bewertung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ diskutieren die Kosten-Nutzen-Relation in der Elementarteilchenphysik auch unter historischen Gesichtspunkten (B1)</li> </ul>

<b>Inhaltsfeld Relativität von Raum und Zeit</b>		
<b>Kontext und Leitfrage</b>	<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...
Navigationssysteme  Welchen Einfluss hat die Bewegung auf den Ablauf der Zeit?  Zeitbedarf: 9 Ustd.	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit  Zeitdilatation, Längenkontraktion  <b>Michelson Morley</b>  <b>Lichtuhr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></li> <li>➤ begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF1, E6)</li> <li>➤ begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF1).</li> <li>➤ erläutern das Auftreten von Längenkontraktion und Zeitdilatation am Beispiel der Zerfallszeit kosmischer Myonen (UF1)</li> </ul>

Ustd.	<b>Myonenerfall</b>	
Teilchenbeschleuniger	Veränderlichkeit der Masse	<b><u>Umgang mit Fachwissen</u></b> ➤ erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1), ➤ berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2). ➤ erläutern experimentelle Auswirkungen der relativistischen Massezunahmen am Beispiel des Zyklotrons (UF1)
Ist die Masse konstant?	Energie / Masse Äquivalenz	
Zeitbedarf: Ustd.	5 <b>Zyklotron</b>	
Summe Qualifikationsphase (Q2) - GRUNDKURS: 44 von 60 Stunden		

## Qualifikationsphase (Q1) - LEISTUNGSKURS

### Inhaltsfeld Relativitätstheorie

Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...
<p>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</p> <p>Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Problem der Gleichzeitigkeit</p>	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6),</li> <li>➤ erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2),</li> <li>➤ begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).</li> </ul>
<p>Höhenstrahlung</p> <p>Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Zeitdilatation und Längenkontraktion</p>	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),</li> <li>➤ reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).</li> <li>➤ erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</li> <li>➤ begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),</li> <li>➤ erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1).</li> </ul> <p><b>Kommunikation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).</li> </ul>

<p>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</p> <p>Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</p> <p>Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p>Relativistische Massenzunahme</p> <p>Energie-Masse-Beziehung</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1),</li> <li>➤ berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3).</li> </ul>
<p>Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation.</p> <p>Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).</li> </ul>
<p>Das heutige Weltbild</p>	<p>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Problem der Gleich-</p>	<p><b><u>Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).</li> </ul>

Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?  Zeitbedarf: 4 Ustd.	zeitigkeit  Zeitdilatation und Längenkontraktion  Relativistische Massenzunahme  Energie-Masse-Beziehung  Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung	
--	--	--

<b>Inhaltsfeld Elektrik</b>		
<b>Kontext und Leitfrage</b>	<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...
Untersuchung von Elektronen.  Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?  Zeitbedarf: 24 Ustd.	Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder  Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern	<b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),</li> <li>➤ beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),</li> <li>➤ nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (E6),</li> <li>➤ erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</li> <li>➤ bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</li> <li>➤ leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</li> <li>➤ beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, (K3, B4),</li> <li>➤ treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>➤ erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4).</li> </ul>
<p>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</p> <p>Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?</p> <p>Zeitbedarf: 22</p>	<p>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>➤ entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (UF2, E1),</li> <li>➤ ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4),</li> <li>➤ beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</li> <li>➤ wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</li> <li>➤ wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von</li> </ul>

Ustd.		<p>Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</li> <li>➤ erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</li> <li>➤ treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>➤ erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3),</li> <li>➤ beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (K3).</li> </ul>
<p>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</p> <p>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt wer-</p>	Elektromagnetische Induktion	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>➤ wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</li> <li>➤ leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>➤ planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</li> </ul>

<p>den?</p> <p>Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</li> <li>➤ identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</li> <li>➤ 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),</li> <li>➤ ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</li> <li>➤ bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mit-hilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</li> <li>➤ erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</li> <li>➤ treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1).</li> </ul>
<p>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</p> <p>Wie können Nachrichten ohne Materie-transport über-</p>	<p>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</li> <li>➤ erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</li> <li>➤ beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</li> <li>➤ 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</li> </ul>

<p>mittelt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>		<p>der Messergebnisse (E5, B4),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</li> <li>➤ erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</li> <li>➤ beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</li> <li>➤ ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5),</li> <li>➤ beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6),</li> <li>➤ wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</li> <li>➤ leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>➤ beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2).</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</li> <li>➤ entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>➤ erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</li> <li>➤ erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</li> </ul>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: 120 von 150 Stunden</p>		

## Qualifikationsphase (Q2) - LEISTUNGSKURS

### Inhaltsfeld Quantenphysik

Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...
<p>Erforschung des Photons</p> <p>Besteht Licht doch aus Teilchen?</p> <p>Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Licht und Elektronen als Quantenobjekte,</p> <p><b>Entladung einer Zinkplatte durch UV-Licht (Hg)</b></p> <p><b>h-Bestimmung mit Fotozelle</b></p> <p>Welle-Teilchen-Dualismus,</p> <p>Quantenphysik und klassische Physik</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6)</li> <li>➤ legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Welt-bildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),</li> <li>➤ erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</li> <li>➤ erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</li> <li>➤ ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</li> <li>➤ beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2)</li> </ul>
<p>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</p> <p>Was ist Röntgen-</p>	<p>Licht und Elektronen als Quantenobjekte</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),</li> <li>➤ erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),</li> <li>➤ deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),</li> </ul>

<p>strahlung?</p> <p>Zeitbedarf: 9 Ustd.</p>		<p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),</li> </ul>
<p>Erforschung des Elektrons</p> <p>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeins. Modell beschrieben werden?</p> <p>Zeitbedarf: 6 Ustd.</p>	<p>Welle-Teilchen-Dualismus</p> <p><b>Elektronenbeugungsröhre</b></p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),</li> <li>➤ erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten</li> </ul>
<p>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</p> <p>Was ist anders im Mikrokosmos?</p> <p>Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik</p> <p><b>Linearer Potentialtopf</b></p> <p><b>Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit</b></p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4),</li> <li>➤ ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6). erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),</li> <li>➤ erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),</li> <li>➤ erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7).</li> <li>➤ erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3)</li> </ul>

	<b>Heisenberg'sche Unschärferelation</b>	<p><b>Kommunikation, Bewertung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</li> <li>➤ stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),</li> <li>➤ erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),</li> <li>➤ bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).</li> </ul>
--	--	--

<b>Inhaltsfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</b>		
<b>Kontext und Leitfrage</b>	<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...
<p>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</p> <p>Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?</p> <p>Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Atomaufbau</p> <p><b>Rutherford'scher Streuversuch</b></p> <p><b>Franck-Hertz-Versuch</b></p> <p><b>Linienpektren von H</b></p>	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),</li> <li>➤ erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),</li> <li>➤ stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).</li> </ul> <p><b>Kommunikation, Bewertung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),</li> </ul>
<p>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</p>	<p>Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall</p> <p><b>GM-Zählrohr</b></p>	<p><b>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</li> <li>➤ erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen</li> </ul>

<p>Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?</p> <p>Zeitbedarf: 14 Ustd.</p>	<p><b>Nebelkammer</b></p> <p><b>Absorption von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung (SV)</b></p> <p><b>Ablenkung von <math>\beta</math>-Strahlen im Magnetfeld (SV)</b></p> <p><b>Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)</b></p>	<p>Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</li> <li>➤ erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</li> <li>➤ stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</li> <li>➤ beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),</li> </ul>
<p>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</p> <p>Wie funktioniert die C14-Methode?</p> <p>Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Radioaktiver Zerfall</p> <p><b>Nuklidkarte</b></p> <p><b>Simulationsprogramm „Moebius“</b></p> <p><b>Tabellenkalkulation</b></p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),</li> <li>➤ identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),</li> <li>➤ entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),</li> <li>➤ leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),</li> <li>➤ bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),</li> </ul>

		<p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),</li> </ul>
<p>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</p> <p>Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?</p> <p>Zeitbedarf: 9 Ustd.</p>	<p>Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung</p> <p><b>Videos/Applets zu:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Kernwaffen</b></li> <li>- <b>Mausefallenmodell</b></li> </ul> <p><b>Diagramm über mittlere Bindungsenergie</b></p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),</li> <li>➤ beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),</li> </ul> <p><b><u>Kommunikation, Bewertung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),</li> <li>➤ bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),</li> <li>➤ beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),</li> <li>➤ hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).</li> </ul>
<p>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</p>	<p>Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</p>	<p><b><u>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</li> <li>➤ vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).</li> <li>➤ erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).</li> </ul>

Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?  Zeitbedarf: 11 Ustd.		<b>Kommunikation, Bewertung:</b> ➤ recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),
Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: 89 von 150 Stunden		

Hinweis: In diesem Bereich sind i. d. R. keine bzw. nur in Ausnahmefällen Realexperimente für Schulen möglich. Es sollte daher insbesondere die Möglichkeit genutzt werden, auf geeignete Internetmaterialien zurück zu greifen. Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet. Internet-Materialien (Letzter Aufruf Jan 2012):

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

- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:  
➔ <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:

### 3 Schlüsselexperimente

Nr.		Schülerexperiment (S) Demoexperiment (D) Simulation/Applet (A)
1	<b>Wellenphänomene an der Wellenwanne</b>	D
2	<b>Beugung am Doppelspalt und am Gitter</b>	D (S)
3	<b>Millikan-Versuch</b>	D / A
4	<b>Fadenstrahlrohr (e/m)</b>	D
5	<b>Photoeffekt</b>	D
6	<b>Elektronenbeugung (Graphitgitter/Bragg)</b>	D
7	<b>Leiterschaukel</b>	D
8	<b>Modellexperiment: Ohmsche Verluste bei Energietransport</b>	S
9	<b>Thomsonscher Ringversuch</b>	S
10	<b>Wirbelstrombremse</b>	S (D)
11	<b>Linienpektren</b>	S (D)
12	<b>Franck-Hertz Versuch</b>	D
13	<b>Röntgenspektren</b>	A (D?)
14	<b>Spektralanalyse / Flammenfärbung</b>	A
15	<b>Sonnenspektrum Fraunhoferlinien</b>	A (D)
16	<b>Absorption (<math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung)</b>	A
17	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	D
18	<b>Michelson Morley</b>	A (D?)
19	<b>Lichtuhr</b>	A
20	<b>Myonenzerfall</b>	A
21	<b>Zyklotron</b>	A
22		
23		
24		
25		