

# Schulinternes Curriculum für das Fach Physik Sekundarstufe II

Nr.	Inhalt	Seite
<b>1</b>	<b>Fachgruppe Physik am Gymnasium der Stadt Kerpen</b>	2
<b>2</b>	<b><u><a href="#">Entscheidungen zum Unterricht in der Sek. II</a></u></b>	6
2.1	<u><a href="#">Inhaltsfelder und Unterrichtsvorhaben</a></u>	7
2.1.1	<u><a href="#">Übersichtsraster der Unterrichtsvorhaben</a></u>	8
2.1.2	<u><a href="#">Konkretisierte Unterrichtsvorhaben</a></u>	13
2.1.2.1	<u><a href="#">Einführungsphase</a></u>	13
2.1.2.2	<u><a href="#">Qualifikationsphase- Grundkurs</a></u>	22
2.1.2.3	<u><a href="#">Qualifikationsphase - Leistungskurs</a></u>	50
2.2	<u><a href="#">Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit</a></u>	93
2.3	<u><a href="#">Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung</a></u>	95
2.4	<u><a href="#">Lehr- und Lernmittel</a></u>	99
<b>3</b>	<b><u><a href="#">Entscheidungen zu fachübergreifenden Fragen</a></u></b>	100
<b>4</b>	<b><u><a href="#">Qualitätssicherung und Evaluation</a></u></b>	101

## 2. Entscheidungen für den Unterricht in der Sek. II

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

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

Im „**Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben**“ (Kapitel 2.1.1) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkte 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, insbesondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o. ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75% 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 „konkreter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und –orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

## 2.1 Inhaltsfelder und Unterrichtsvorhaben

In der Oberstufe sind die aus dem Kernlehrplan NRW ausgewiesenen Inhaltsfelder obligatorisch. Diese **Inhaltsfelder** werden den Jahrgangsstufen zugewiesen. Die Reihenfolge der in der folgenden Tabelle Inhaltsfelder dient der fachinhaltlichen Orientierung und sollte vom Fachlehrer berücksichtigt werden.

Einführungsphase	
<b><i>Mechanik</i></b>	
Qualifikationsphase	
Grundkurs	Leistungskurs
<b><i>Quantenobjekte</i></b>	<b><i>Relativitätstheorie</i></b>
<b><i>Elektrodynamik</i></b>	<b><i>Elektrik</i></b>
<b><i>Strahlung und Materie</i></b>	<b><i>Quantenphysik</i></b>
<b><i>Relativität von Raum und Zeit</i></b>	<b><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></b>

Die für die Sekundarstufe II vorgegebenen Inhaltsfelder werden in inhaltlichen Schwerpunkten unterteilt und konkretisiert. Die inhaltlichen Schwerpunkte ermöglichen einen klaren vom Kernlehrplan geforderten Kontextbezug.

## 2.1.1. Übersichtsraster der Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase			
Leitfragen	Kontext	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
Wie können vielfältige Bewegungsformen untersucht, analysiert und verallgemeinert werden? Ca. 34 Ustd. á 45 Minuten	Physik und Sport	Mechanik Bewegungen und Kräfte	UF2 Auswahl E5 Auswertung E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation
Was bleibt konstant, wenn sich Bewegungen ändern? Ca. 12 Ustd. á 45 Minuten		Mechanik Energie und Impuls	
Warum bewegen sich die Planeten in unserem Sonnensystem? Ca. 20 Ustd. á 45 Minuten	Astronomische Beobachtungen	Mechanik Bewegungen und Kräfte Gravitation Energie und Impuls	UF4 Vernetzung E3 Hypothesen E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
Welchen Zusammenhang gibt es zwischen Schaukeln und Hören? Ca. 20 Ustd. á 45 Minuten	Auf dem Spielplatz: Schaukeln und Hören	Mechanik Bewegungen und Kräfte Schwingungen und Wellen Energie und Impuls	UF1 Wiedergabe E2 Wahrnehmung und Messung K1 Dokumentation
Summe Einführungsphase: 86 Stunden			

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1 - Grundkurs			
Leitfragen	Kontext	Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Ca. 14 Ustd. á 45 Minuten	Die Erforschung des Photons - Dem Licht auf der Spur	<i>Quantenobjekte</i> Photon (Wellenaspekt)	E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation
Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Ca. 15 Ustd. á 45 Minuten	Die Erforschung des Elektrons – Dem Elektron auf der Spur	<i>Quantenobjekte</i> Elektron (Teilchenaspekt)	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle
Wie kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Ca. 5 Ustd. á 45 Minuten	Photon und Elektron als Quantenobjekte	<i>Quantenobjekte</i> Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) Quantenobjekte und ihre Eigenschaften	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen
Wie kann der Bedarf an Energie für die Zukunft gesichert werden? Ca. 18 Ustd. á 45 Minuten	Versorgung mit elektrischer Energie	<i>Elektrodynamik</i> Spannung und elektrische Energie Induktion Spannungswandlung	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien
Wie können Wirbelströme technisch nutzen?	Wirbelströme im Alltag	<i>Elektrodynamik</i> Induktion	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien
Summe Q1 Grundkurs: 56 Stunden			

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2 - Grundkurs

Leitfragen	Kontext	Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
Wie lassen sich Informationen zum Aufbau der Materie gewinnen? Ca. 13 Ustd. á 45 Minuten	Die Erforschung des Mikro- und Makrokosmos	<i>Strahlung und Materie</i> Energiequantelung der Atomhülle Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung
Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Ca. 9 Ustd. á 45 Minuten	Mensch und Strahlung	<i>Strahlung und Materie</i> Kernumwandlungen Ionisierende Strahlung Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Ca. 6 Ustd. á 45 Minuten	Forschung am CERN und am DESY	<i>Strahlung und Materie</i> Standardmodell der Elementarteilchen	UF3 Systematisierung E6 Modelle
Welchen Einfluss nimmt Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Ca. 5 Ustd. á 45 Minuten	Navigationssysteme	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
Welchen Einfluss nimmt die Bewegung auf die Masse? Ca. 6 Ustd. á 45 Minuten	Teilchenbeschleuniger	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse-Äquivalenz	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Ca. 2 Ustd. á 45 Minuten	Das aktuelle Weltbild	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse-Äquivalenz	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation

Summe Q2 Grundkurs: 41 Stunden

# Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1 - Leistungskurs

Leitfragen	Kontext	Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
Welchen Einfluss nimmt Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Ca. 4 Ustd. á 45 Minuten	Satellitennavigation – Zeitmessungen sind nicht absolut	<i>Relativitätstheorie</i> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Problem der Gleichzeitigkeit	UF2 Auswahl E6 Modelle
Warum können kurzlebige Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche erreichen? Ca. 4 Ustd. á 45 Minuten	Höhenstrahlung	<i>Relativitätstheorie</i> Zeitdilatation und Längenkontraktion	E5 Auswertung K3 Präsentation
Welchen Einfluss nimmt die Bewegung auf die Masse? Ca. 8 Ustd. á 45 Minuten	Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten	<i>Relativitätstheorie</i> Relativistische Massenzunahme Energie-Masse-Äquivalenz	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
Welchen Einfluss nimmt Gravitation auf den Ablauf der Zeit? Ca. 4 Ustd. á 45 Minuten	Satellitennavigation – Zeitmessungen unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation	<i>Relativitätstheorie</i> Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung	K3 Präsentation
Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Ca. 4 Ustd. á 45 Minuten	Das aktuelle Weltbild	<i>Relativitätstheorie</i> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Problem der Gleichzeitigkeit Zeitdilatation und Längenkontraktion Relativistische Massenzunahme Energie-Masse-Äquivalenz Einfluss von Gravitation auf die Zeitmessung	B4 Möglichkeiten und Grenzen

# **Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1 – Leistungskurs**

<b>Leitfragen</b>	<b>Kontext</b>	<b>Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Kompetenzschwerpunkte</b>
Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Ca. 24 Ustd. á 45 Minuten	Die Erforschung des Elektrons – Dem Elektron auf der Spur	<i>Elektrik</i> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder  Bewegungen von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
Welche Auswirkungen und Nutzen können sich aus bewegten Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern ergeben? Ca. 22 Ustd. á 45 Minuten	Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen	<i>Elektrik</i> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder Bewegungen von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Ca. 22 Ustd. á 45 Minuten	Versorgung mit elektrischer Energie	<i>Elektrik</i> Elektromagnetische Induktion	UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen
Wie können Informationen energieschonend weitergeleitet werden? Ca. 28 Ustd. á 45 Minuten	Physikalische Grundlagen der drahtlosen Informationsübertragung	<i>Elektrik</i> Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<b>Summe Q1 Leistungskurs: 120 Stunden</b>			



**Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2 – Leistungskurs**

<b>Leitfragen</b>	<b>Kontext</b>	<b>Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Kompetenzschwerpunkte</b>
Kann Licht als Teilchen beschrieben werden? Ca. 10 Ustd. á 45 Minuten	Die Erforschung des Photons – Dem Licht auf der Spur	<i>Quantenphysik</i> Licht und Elektronen als Quantenobjekte Welle-Teilchen-Dualismus Quantenphysik und klassische Physik	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
Was ist Röntgenstrahlung? Ca. 9 Ustd. á 45 Minuten	Die Erforschung des Photons- Röntgenstrahlen	<i>Quantenphysik</i> Licht und Elektronen als Quantenobjekte	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
Kann das Verhalten von Elektronen und Licht durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Ca. 6 Ustd. á 45 Minuten	Erforschung des Elektrons – Dem Elektron auf der Spur	<i>Quantenphysik</i> Welle-Teilchen-Dualismus	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie	<i>Quantenphysik</i> Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation Quantenphysik und klassische Physik	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2 – Leistungskurs

Leitfragen	Kontext	Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Ca. 10 Ustd. á 45 Minuten	Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik Atomaufbau	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen
Wie nutzt man Strahlung in der Medizin? Ca. 14 Ustd. á 45 Minuten	Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik Ionisierende Strahlung Radioaktiver Zerfall	UF3 Systematisierung E6 Modelle UF4 Vernetzung
Wie funktioniert die $^{14}\text{C}$ -Methode? Ca. 10 Ustd. á 45 Minuten	(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik Radioaktiver Zerfall	UF2 Auswahl E5 Auswertung
Wie funktioniert ein Kernkraftwerk? Ca. 9 Ustd. á 45 Minuten	Energiegewinnung durch nukleare Prozesse	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik Kernspaltung und Kernfusion Ionisierende Strahlung	B1 Kriterien UF4 Vernetzung
Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Ca. 11 Ustd. á 45 Minuten	Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen	UF3 Systematisierung K2 Recherche
Summe Q2 Leistungskurs: 89 Stunden			

# Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

## Einführungsphase

**Inhaltsfeld: Mechanik**

**Kontext: Physik und Sport**

**Leitfragen:** Wie können vielfältige Bewegungsformen untersucht, analysiert und verallgemeinert werden?

**Inhaltlicher Schwerpunkt:** Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Schülerinnen und Schüler können ....

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

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

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

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

**Zeitbedarf: ca. 46 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan  Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschreibungen von Bewegungen im Alltag und im Sport</li> <li>Aristoteles vs. Galilei</li> </ul> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)</li> <li>entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zu Mechanik und zu den Fallgesetzen</li> <li>Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z.B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einstieg über faire Beurteilung sportlicher Leistung (Weitsprung, Sperrwurf in West- bzw. Ost- richtung, Konsequenzen aus der Ansicht einer ruhenden oder aus einer bewegten Erde)</li> <li>Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten</li> <li>Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, Folgerungen für die Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Kinematik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsdiagramme</li> <li>• Allgemeine Bewegungsgesetze</li> <li>• Überlagerung von Bewegungen: Senkrechter und waagrechter Wurf</li> <li>• Kreisbewegung</li> </ul> <p>(16 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... physikalische Phänomene von Bewegungen und ihren Zusammenhängen unter Verwendung von übergeordneten Prinzipien/Gesetzen beschreiben und erläutern (UF1).</li> <li>• ... erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung und ihre Beziehung zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2).</li> <li>• ... unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen (UF2).</li> <li>• ... planen selbständig Experimente (u.a. Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).</li> <li>• ... erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</li> <li>• ... bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation, Videoanalyse)(E6).</li> <li>• ... beschreiben und dokumentieren Arbeitsvorgänge u.a. bei der Untersuchung von Bewegungen in Form von Protokollen so, dass sie später auch von anderen Personen nachvollzogen werden können (K1).</li> <li>• ... stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</li> <li>• ... geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei eigenen und fremden Untersuchungen (B1).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit:</li> <li>• Experiment zur gleichförmigen Bewegung/</li> <li>• Lernaufgaben zum</li> <li>• t-s-Gesetz</li> <li>• Partner-/ Gruppenarbeit: Experiment/ Videoanalyse</li> <li>• zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung/</li> <li>• Lernaufgaben zu den allgemeinen Bewegungsgesetzen/</li> <li>• <b>Luftkissenfahrbahn</b> mit digitaler Messwerterfassung: Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</li> <li>• Partner-/ Gruppenarbeit:</li> <li>• Experiment/ Videoanalyse zu Wurfbewegungen (Korbwurf, Abstoß beim Fußball)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen aus der Sek. I (Mechanik: Bewegungen – Geschwindigkeit)</li> <li>• Einführung in die Videoanalyse</li> <li>• SuS führen nach Anleitung selbständig Experimente durch, beobachten und dokumentieren die Ergebnisse und werten diese aus.</li> <li>• Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen unter Laborbedingungen</li> <li>• SuS sollen Lernaufgaben präsentieren können</li> <li>• Q1 benötigt die Gesetze für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung</li> <li>• Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenzerlegung bzw. –Addition vektorieller Größen)</li> <li>• Einführung des Begriffe „Bezugssystem“ und „Inertialsystem“. Diese Begriffe werden in Q1 GK/LK angewendet.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Dynamik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Newton' schen Gesetze:</li> <li>Trägheitsprinzip</li> <li>Aktionsprinzip</li> <li>Wechselwirkungsprinzip</li> <li>Reibungskräfte</li> <li>Zentripetalkraft</li> </ul> <p>(16 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>... erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft und ihre Beziehung zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2).</li> <li>... erklären das Auftreten von Trägheitskräften in rotierenden Systemen qualitativ (UF1, UF3).</li> <li>... vereinfachen komplexe Kräftezusammensetzungen durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition (E1).</li> <li>... entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Kräften zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4).</li> <li>... planen selbständig Experimente, führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).</li> <li>... erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</li> <li>... bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation, Videoanalyse)(E6).</li> <li>... berechnen mit Hilfe des Newton' schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrere Kräfte auf Bewegungszuständen und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).</li> <li>... beschreiben und dokumentieren Arbeitsvorgänge u.a. bei der Untersuchung von Kräften in Form von Protokollen so, dass sie später auch von anderen Personen nachvollzogen werden können (K1).</li> <li>... stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gruppenarbeit: Experiment zu den Newton' schen Gesetzen</li> <li>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</li> <li>Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit der beschleunigenden Kraft</li> <li>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</li> <li>Lernaufgaben zu den Newton' schen Gesetzen in Bezug zu den Gesetzen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung</li> <li>Messung der Zentripetalkraft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verknüpfung der allgemeinen Bewegungsgesetze mit den Newton' schen Gesetzen</li> <li>SuS führen nach Anleitung selbständig Experimente durch, beobachten und dokumentieren die Ergebnisse und werten diese aus.</li> <li>Dabei ist es wichtig, dass die SuS die Abhängigkeiten einer Größe von mehreren anderen Größen erkennen und dies im Experiment berücksichtigen.</li> <li>Lernaufgaben mit strukturierten Hilfen (z.B. Hilfskarten) zum Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</li> <li>Wichtig: Differenzieren zwischen Kraft und Energie</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Energie und Impuls</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modell "Energie"</li> <li>• Energieformen</li> <li>• Erhaltungssatz</li> <li>• Prinzip der minimalen Energie</li> <li>• Energiebilanzen</li> <li>• Arbeit</li> <li>• Impuls und Stoßprozesse</li> <li>• Elastischer und inelastischer Stoß</li> <li>• Impulserhaltungssatz</li> </ul> <p>(12 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... erläutern die Größen Energie und Impuls und ihre Beziehung zu anderen Größen an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</li> <li>• ... beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1)</li> <li>• ... verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</li> <li>• ... entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4)</li> <li>• ... beschreiben und dokumentieren Arbeitsvorgänge u.a. bei der Untersuchung von Bewegungen in Form von Protokollen so, dass sie später auch von anderen Personen nachvollzogen werden können (K1).</li> <li>• ... stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</li> <li>• ... geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei eigenen und fremden Untersuchungen (B1).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fadenpendel/</li> <li>• Schaukel:</li> <li>• Erhaltung der Energie</li> <li>• Freier Fall, Bremsvorgänge: Prinzip der minimalen Energie</li> <li>• □ Energieformen, -bilanzen</li> <li>• Newtonpendel:</li> <li>• Zusammenspiel von Energie- und Impulserhaltungssatz z.B. bei Stöße auf der Luftkissenfahrbahn, Impulsive Bälle, Münzen schnippen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erklärungen von Bewegungen mit Energie und Impuls</li> <li>• Energieerhaltung an Beispielen (z.B. Pendel, Sprünge, Alpinsport, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen.</li> <li>• SuS führen nach Anleitung selbständig Experimente durch, beobachten und dokumentieren die Ergebnisse und werten diese aus.</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Mechanik**

### **Kontext: Astronomische Beobachtungen**

**Leitfragen:** Warum bewegen sich die Planeten in unserem Sonnensystem?

**Inhaltlicher Schwerpunkt:** Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Schülerinnen und Schüler können ....

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

(E3) mit Bezug auf Theorien, Modellen und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,

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

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



Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Gravitation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Historische Entwicklung der Weltbilder</li> <li>• Kepler'sche Gesetze</li> <li>• Newton'sche Gravitationsgesetz</li> <li>• Gravitationsfeld</li> <li>• Energie und Arbeit im Gravitationsfeld</li> </ul> <p>(20 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6).</li> <li>• ... stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).</li> <li>• ... ermitteln mit Hilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).</li> <li>• ... erklären, welche Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton formulierten Prinzipien zur Folge hatten (E7, B3).</li> <li>• ... entnehmen Kernaussagen zur naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfach historischen Texten (K2).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historische Texte und Bilder können als Grundlage von SuS-Präsentationen verwendet werden</li> <li>• Simulationen/Animationen zur Planetenbewegung und zur Gravitation</li> <li>• Lernaufgaben zur Bestimmung astronomischer Größen</li> <li>• Internetrecherche zur ESA und zum DLR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beobachten am Himmel</li> <li>• Besuch der Volkssternwarte Köln oder Bonn</li> <li>• Unterschied zwischen Kreis-/Ellipsenbahn verdeutlichen</li> <li>• Einführung des Feldbegriffes als Überträger von Kräften (Q1 =&gt; E-/B-Feld)</li> <li>• SuS den Raum bieten Präsentationen einzuüben</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Mechanik**

### **Kontext: Auf dem Spielplatz: Schaukeln und Hören**

**Leitfragen:** Welchen Zusammenhang gibt es zwischen Schaukeln und Hören?

**Inhaltlicher Schwerpunkt:** Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Schülerinnen und Schüler können ....

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

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

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

**Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Schwingungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schwingung als periodische Bewegung</li> <li>rücktreibende Kraft</li> <li>gedämpft und ungedämpft</li> <li>erzwungene Schwingungen</li> <li>Resonanz</li> <li>gekoppelte Pendel</li> <li>Energie bei Schwingungen</li> <li>Wellen:</li> <li>Ausbreitung von Schwingungen im Raum</li> <li>Transversal und longitudinal</li> <li>Eigenschaften der Ausbreitungsmedien (20 Ustd.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>... beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)</li> <li>... erläutern das Auftreten von Resonanz mit Hilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1)</li> <li>... erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwellen) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6)</li> <li>... entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4)</li> <li>... beschreiben und dokumentieren Arbeitsvorgänge u.a. bei der Untersuchung von Bewegungen in Form von Protokollen so, dass sie später auch von anderen Personen nachvollzogen werden können (K1).</li> <li>... stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</li> <li>... geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei eigenen und fremden Untersuchungen (B1).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Federpendel/ Fadenpendel</li> <li>Gekoppelte Pendel</li> <li>Drehpendel</li> <li>Stimmgabel und Lautsprecher</li> <li>Frequenzgenerator und Frequenzmessgerät</li> <li>Schallpegelmessgerät</li> <li>rußbeschichtete Glasplatte und Schreibstimmgabel</li> <li>Klingel und Vaku- umglocke</li> <li>Wellenmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen</li> <li>Erklärungen von Bewegungen mit Energie und Impuls</li> <li>Analyse von Filmmaterial (z.B. Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge)</li> <li>SuS führen nach Anleitung selbständig Experimente durch, beobachten und dokumentieren die Ergebnisse und werten diese aus.</li> </ul>

## Qualifikationsphase Grundkurs

### Inhaltsfeld: Quantenobjekte

### Kontext: Die Erforschung des Lichtes

**Leitfragen:** Wie können wir das Verhalten von Licht beschreiben und erklären?

**Inhaltlicher Schwerpunkt:** Der Wellencharakter des Lichtes

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Schülerinnen und Schüler können ....

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 15 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Quantenobjekt Licht 1: Welleneigenschaften des Lichtes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beugung und Interferenz von Licht;</li> <li>• Das Huygens'sche Prinzip bei Wasserwellen;</li> <li>• Lichtwellenlängen werden mit dem Doppelspalt und optischen Gitter bestimmbar;</li> <li>• Reflexion und Brechung nach dem Huygens'schen Prinzip</li> </ul> <p><b>(7 Ustd)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... veranschaulichen mithilfe der <b>Wellenwanne</b> 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> <li>• ... bestimmen Wellenlänge und Frequenz von Licht mit dem <b>Doppelspalt</b> und dem <b>optischen Gitter</b> (E5),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wellenwanne und Wasserwellen (halbquantitative Experimente)</li> <li>• Doppelspalt und Gitter und Laserlicht (quantitative Experimente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbauend auf den Kenntnissen zur Wellenlehre der EF kann die Beugung von Laserlicht am Einzelspalt als Ausgangsproblem angeboten werden.</li> <li>• Unterstützend zur Modellbildung der Beugung und Interferenz von Wellen wird die Wellenwanne herangezogen; Bilder von Meereshäfen aus Google-Earth sind ebenfalls hilfreich.</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Quantenobjekte**

### **Kontext: Die Erforschung des Elektrons**

**Leitfragen:** Wie können wir die physikalischen Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons messen?

**Inhaltlicher Schwerpunkt:** Das Elektron als Teilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Schülerinnen und Schüler können ....

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

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Elementarladung eines Elektrons:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Feld</li> <li>• Elektrische Feldstärke</li> <li>• Die Quantelung der Ladungsmenge – Die Elementarladung</li> </ul> <p><b>(5 Ustd)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... erläutern anhand einer vereinfachten Version des <b>Millikanversuchs</b> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),</li> <li>• untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6)</li> <li>• definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit die Energien bei Leitungsvorgängen (UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitend: Schwebendes Wattestück zwischen Kondensatorplatten</li> <li>• <b>Millikanversuch</b> (Realaufbau und als Simulation mit Messergebnissen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbauend auf die Kenntnis zum Gravitationsfeld soll der Feldbegriff auf das elektrische Feld erweitert werden. Die Besprechung der Eigenschaften eines homogenen elektrischen Feldes ist ausreichend.</li> <li>• Die elektrische Feldstärke wird mit Messdaten definiert.</li> <li>• Der Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke <math>E</math>, der elektrischen Spannung <math>U</math> und dem Plattenabstand <math>d</math> wird über die Änderung des Plattenabstandes einer geladenen Kondensators demonstriert.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Die Masse eines Elektrons:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetfeld</li> <li>• magnetische Feldstärke</li> <li>• Die Lorentzkraft</li> <li>• Beschleunigung von Ladungsträger im elektrischen Feld</li> <li>• Bestimmung der spezifischen Ladungsmenge und der Elektronenmasse</li> </ul> <p>(7 Ustd)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF1, UF2),</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 (E3, E5, E6),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiment zur Definition der magnetischen Feldstärke (Leitschaukel und Stromwaage)</li> <li>• Messung von Magnetfeldstärken mithilfe von Hallsonden</li> <li>• Bestimmung mit dem <b>Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b></li> <li>• Elektronenablenkung im Fadenstrahlrohr auch mittels Permanentmagneten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung des magnetischen Feldes mit der magnetischen Feldstärke als Analogie zur elektrischen Feldstärke.</li> <li>• Einführung der 3-Finger-Regel und der Definitionsgleichung zur Lorentzkraft,</li> <li>• Arbeitsweise einer Elektronenkanone erarbeiten (Energieerhaltung zwischen elektrischer Überführungsarbeit und kinetischer Energie); Überführungsarbeit wurde im Unterrichtsinhalt „Elementarladung“ eingeführt.</li> </ul>



## **Inhaltsfeld: Quantenobjekte**

### **Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte**

**Leitfragen:** Welches Modell kann das Verhalten von Elektronen und Photonen gemeinsam beschreiben?

**Inhaltlicher Schwerpunkt:** Teilchen- und Wellencharakter sowie die Eigenschaften von Quantenobjekten

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Schülerinnen und Schüler können ....

- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweise in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen,
- (K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen,
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

**Zeitlicher Bedarf: ca. 15 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Quantenobjekt Licht II:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teilcheneigenschaften des Lichtes:</li> <li>Quantelung der Energie von Licht (Austrittsarbeit)</li> </ul> <p><b>(4 Ustd)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>... demonstrieren anhand eines <b>Experiments zum Photoeffekt</b> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualitativer und quantitativer Hallwachsversuch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In dieser Unterrichtssequenz soll der Teilchencharakter des Lichts den Weg zur Materiewelle leiten.</li> <li>Das Planck'sche Wirkungsquantum und die Austrittsarbeit werden bestimmt.</li> </ul>
<p><b>Das Elektron als Materiewelle:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die de-Broglie-Hypothesen</li> <li>Streuung von Elektronen an Festkörpern</li> </ul> <p><b>(6 Ustd)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <b>Elektronenbeugungsexperiment</b> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beugung von Elektronen am Kristallgitter als analoges Verhalten im Vergleich zur Beugung von Licht am optischen Gitter.</li> <li>Theoretische Herleitung der Bragg'sche Bedingung für konstruktive Interferenz</li> <li>Die Hypothesen von de-Broglie und die Herleitung der de-Broglie-Gleichung werden vorgestellt.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Licht und Materie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonen und Elektronen am Doppelspalt</li> <li>• Photoeffekt</li> </ul> <p>(5 Ustd)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</li> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Doppelspalt-experiment mit Elektronen</b> (z.B. nach Jönsson) als Computersimulation</li> <li>• <b>Photoeffekt</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich der Doppelspalt-Ergebnisse von Licht und Elektronen mit der Erweiterung, dass Wellen- und Teilchenmodell in einem einzigen Experiment auftreten (historisches Experiment von Jönsson).</li> <li>• Der Nachweis über die Teilcheneigenschaft der Photonen über den Photoeffekt soll Anlass geben, ein gemeinsames Modell für das Verhalten von Materie und Strahlung zu finden.</li> <li>• Die Born'sche Wahrscheinlichkeitsinterpretation soll als Vereinigung des Wellen- und Teilchenmodells qualitativ erarbeitet werden.</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Elektrodynamik**

### **Kontext: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren**

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können ....

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

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

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

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

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 19 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Energieumwandlung (mechanische in elektrische Energie):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Induktion</li> <li>• Einflussgrößen zur Induktionsspannung</li> </ul> <p>(5 Ustd)</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 mit Hilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6).</li> <li>• führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiter-schleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Leiterschaukelversuch</b> mit bewegtem Leiter, veränderlichen Magnetfeld, veränderter Stromrichtung</li> <li>• Spannungsmessung z.B. mit Voltmeter, <b>Oszilloskop, digitaler Messwerterfassung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Aufbau und die Funktionsweise eines Oszilloskops muss im Vorfeld von Messwerterfassungen erarbeitet werden.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Technisch praktikable Generatoren:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</li> </ul> <p><b>(4 Ustd)</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>• erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6).</li> <li>• werten Messdaten, die mit einem <b>Oszilloskop</b> bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5),</li> <li>• führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internetrecherche und Filme zum Aufbauprinzip eines Generators und die unterschiedlichen Realisierungen</li> <li>• Experimente mit drehbaren Leiterschleifen in Magnetfeldern</li> <li>• Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und digitalem <b>Messwerterfassungssystem</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hier bieten sich Exkursionen zu rheinischen Energieversorger an</li> <li>• Der allgemeine Ansatz zur induzierten Spannung als zeitliche Änderung der vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird hergeleitet.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Energieerhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohm'sche „Verluste“</li> </ul> <p><b>(5 Ustd)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, 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>• zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</li> <li>• beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimente zum unbelasteten und belasteten Transformator</li> <li>• <b>Modellexperiment</b> (z.B. mit Hilfe von Aufbau-transformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der <b>Übertragung elektrischer Energie</b> bei unterschiedlich hohen Spannungen</li> </ul>	<p>.</p>

## **Inhaltsfeld: Elektrodynamik**

### **Kontext: Wirbelströme im Alltag**

**Leitfrage:** Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 4 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**



Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Lenz'sche Regel</b></p> <p><b>Zeitlicher Rahmen:</b></p> <p>4 U.-Stunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern anhand des <b>Thomson'schen Ringversuchs</b> die Lenz'sche Regel (E5, UF4),</li> <li>• bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten</li> <li>• <b>Thomson'scher Ringversuch</b></li> <li>• diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Ringversuch soll als Einführung der Lenz'schen Regel eingesetzt werden. Die Regel bezieht sich ebenfalls auf das Vorzeichen des Induktionsgesetzes.</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Strahlung und Materie (GK)**

### **Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos**

**Leitfrage:** Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 13 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kern-Hülle-Modell</li> <li>• Energieniveaus der Atomhülle</li> <li>• Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen</li> <li>• Röntgenstrahlung (10 Ustd)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),</li> <li>• erklären die Energie absorbiert und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),</li> <li>• 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),</li> <li>• 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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Literaturrecherche</li> <li>• Gasentladungslampen und ihre <b>Linienspektren</b></li> <li>• <b>Franck-Hertz-Versuch</b></li> <li>• <b>Röntgen-spektroskopie</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thomson'sche, Rutherford'sche und Bohr'sche Atommodell</li> <li>• Interpretation der Spektren</li> <li>• Hinweis auf Bohr'sche Atommodell</li> <li>• Eventuelle Schülerexperimente an der RWTH Aachen</li> </ul> <p>Anmeldung unter:</p>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sternspektren und Fraunhoferlinien</li> </ul> <p>(3 Ustd)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1),</li> <li>• erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2),</li> <li>• stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flammenfärbung</b></li> <li>• Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b></li> <li>• <b>Spektralanalyse</b></li> </ul>	<p>u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)</p>

## **Inhaltsfeld: Strahlung und Materie (GK)**

### **Kontext: Mensch und Strahlung**

**Leitfrage:** Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -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 $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I  Hier bieten sich Schülerreferate an, um auch leistungsschwachen Schülern eine relevante Leistung zu erbringen
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
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),	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</li> <li>• Dosimetrie</li> </ul> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</li> <li>• bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</li> <li>• begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</li> <li>• 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).</li> <li>• bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</li> <li>• bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</li> <li>• Schülerreferate/ -ausarbeitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</li> <li>• Risiken- Nutzenanalyse</li> <li>• Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Strahlung und Materie (GK)**

### **Kontext: Forschung am CERN und DESY**

**Leitfrage:** Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**



Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),</li> <li>erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1).</li> <li>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich.</li> <li>Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung</li> <li>Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrbuch, Animationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren</li> </ul>

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

### **Kontext: 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,

**Zeitlicher Bedarf: ca. 5 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</li> <li>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</li> <li>erläutern qualitativ den <i>Myonenerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</li> <li>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</li> <li>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</li> <li>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Experiment von Michelson und Morley</b> (Computersimulation, z.B. Leifi)</li> <li><b>Lichtuhr</b> (Gedankenexperiment / Computersimulation)</li> <li><b>Myonenerfall</b> (Experimentepool der Universität Wuppertal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</li> <li>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</li> <li>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</li> <li>Der Myonenerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</li> <li>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</li> </ul>

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

### **Kontext: Teilchenbeschleuniger**

**Leitfrage:** Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zyklotron</b> (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</li> </ul>
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).</li> <li>• zeigen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Film / Video</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Formeln für die dynamische Masse und <math>E=mc^2</math> werden als deduktiv herleitbar angegeben.</li> <li>• Erzeugung und Vernichtung von Teilchen,</li> <li>• Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.</li> <li>• Historische Entwicklungen sollten hier eberücksichtigt werden: Deutsches Atomwaffenprogramm im 2. Weltkrieg -&gt; Auslöser des Manhattan-Projekts</li> </ul>

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

### **Kontext: 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,

**Zeitlicher Bedarf: ca. 2 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit  (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7),</li> <li>• beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)</li> </ul>	Lehrbuch, Film / Video	

## 2.1.2.3 Qualifikationsphase Leistungskurs

**Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)**

**Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut**

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

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 4 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**



Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Inertialsysteme</li> <li>• Relativität der Gleichzeitigkeit</li> </ul> <p>(4 Ustd.)</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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Experiment von Michelson und Morley</b> (Computersimulation)</li> <li>• Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</li> <li>• Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (Computersimulation).</li> <li>• Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.</li> <li>• Rückgriff auf Inertialsystem aus EF</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)**

### **Kontext: Höhenstrahlung**

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

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Zeitdilatation und Längenkontraktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 4 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p>Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., zusätzlich Exkursion)</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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</li> <li>• <b>Myonenzerfall</b> (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor <math>\gamma</math> hergeleitet.</li> <li>•</li> <li>• Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</li> </ul>
<p>Längenkontraktion (2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <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> <li>• beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität) – s. o.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o.</li> <li>• Herleitung der Formel für die Längenkontraktion</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)**

### **Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten**

**Leitfrage:** Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

<b>Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan</b> <b>Die SuS ....</b>	<b>Experimente/ Materialien/ Methoden</b>	<b>Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK</b>
<p>„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern</p> <p>(4 Ustd.)</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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten.</li> <li>• Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</li> <li>• Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.</li> </ul>
<p>Ruhemasse und dynamische Masse</p> <p>(2 Ustd.)</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>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)**

### **Kontext:**

### **Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation**

**Leitfrage:** Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 4 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig)</li> <li>Flug von Atomuhren um die Erde (Video)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.</li> <li>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.</li> </ul>
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment</li> <li>Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung)</li> <li>Film / Video</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)</li> </ul>

## Inhaltsfeld: Elektrik (LK)

### Kontext: Untersuchung von Elektronen

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**



Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<b>Grundlagen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungstrennung,</li> <li>• Ladungsträger</li> </ul> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung,</li> <li>• halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, <b>Influenzversuche</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen.</li> <li>• Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Bestimmung der Elementarladung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>elektrische Felder, Feldlinien</li> <li>potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung</li> <li>Kondensator</li> <li>Elementarladung</li> </ul> <p>(10 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),</li> <li>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</li> <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 Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des <b>Millikanversuchs</b>, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL (remote control laboratory),</li> <li><b>einfache Versuche</b> und visuelle Medien <b>zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell</b>,</li> <li>Plattenkondensator (homogenes E-Feld),</li> <li>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition,</li> <li><b>Spannungsmessung am Plattenkondensator</b>,</li> <li>Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet.</li> <li>Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt.</li> <li>Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.</li> <li>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld</li> <li>Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit</li> <li>An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• magnetische Felder, Feldlinien,</li> <li>• potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger,</li> <li>• Elektronenmasse</li> </ul> <p>(10 Ustd.)</p> <p><b>Fortsetzung nächste Seite!</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>• beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</li> <li>• ermitteln die Geschwindigkeitssänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fadenstrahlrohr</b> (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee,</li> <li>• (z.B.) <b>Stromwaage</b> zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke,</li> <li>• <b>Versuche</b> mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. <b>zur Demonstration der Lorentzkraft,</b></li> <li>• <b>Fadenstrahlrohr zur <math>e/m</math> – Bestimmung</b> (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen.</li> <li>• Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</li> <li>• Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet.</li> <li>• Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes,</li> <li>• Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</li> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</li> <li>• erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</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> <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>• 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> </ul>	<p><b>Wien- Filter Prinzip in der Elektronenstrahlableitkröhre,</b></p> <p><b>Versuche zum Hall- Effekt</b></p>	<p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>
--	---	---	--

## Inhaltsfeld: Elektrik (LK)

### Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

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

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

#### Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,

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

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

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Anwendungen in Forschung und Technik:</b></p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)</p> <p><b>Fortsetzung nächste Seite!</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <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>• erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</li> <li>• beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</li> <li>• ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</li> <li>• schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</li> <li>• erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</li> <li>• erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</li> <li>• leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</li> <li>• entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, 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 <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hallsonde,</b></li> <li>• <b>Halleffektgerät,</b></li> <li>• <b>diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen),</b></li> <li>• <b>Elektronenstrahlröhren</b></li> <li>• visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, <b>Zyklotron</b> und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (<math>e/m</math> – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen,</li> <li>• Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde,</li> <li>• Veranschaulichung mit dem Halleluftgerät (Silber),</li> <li>• Kalibrierung einer Hallsonde,</li> <li>• Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes,</li> <li>• Bestimmung der magnetischen Feldkonstante,</li> <li>• Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</li> </ul>

<p><b>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf- und Entladung von Kondensatoren,</li> <li>• Energie des elektrischen Feldes</li> </ul> <p>(10 Ustd.)</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>• erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</li> <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>• 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> <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>• wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher),</b></li> <li>• <b>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren,</b></li> <li>• <b>statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker,</b></li> <li>• <b>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwertfassungssystemen),</b></li> <li>• Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern).</li> <li>• 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.</li> <li>• Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell,</li> <li>• Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung),</li> <li>• Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben.</li> <li>• deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie</li> </ul>
---	--	--	---

## **Inhaltsfeld: Elektrik (LK)**

### **Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie**

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

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Elektromagnetische Induktion

**Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können**

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**



Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz,</li> <li>• Lenz'sche Regel,</li> <li>• Energie des magnetischen Feldes</li> </ul> <p>(22 Ustd.)</p> <p><b>Fortsetzung nächste Seite!</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> <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>• 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> <li>• identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</li> <li>• <b>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</b></li> <li>• <b>Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße <math>B</math>, registrierende Messung von <math>B(t)</math> und <math>U_{\text{ind}}(t)</math>,</b></li> <li>• <b>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke),</b></li> <li>• <i>fakultativ:</i></li> <li>• „Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</li> <li>• Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)</li> <li>2. Änderung der Feldgröße <math>B</math> (quantitatives Experiment)</li> <li>3. Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</li> </ol> </li> <li>• Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</li> <li>• qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</li> <li>• Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <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 mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</li> <li>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last),</b></li> <li><b>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen,</b></li> <li>diverse „Ringversuche“</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</li> <li>Definition der Induktivität,</li> <li>messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</li> <li>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</li> </ul>
--	---	--	---

## Inhaltsfeld: Elektrik (LK)

### Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

**Leitfrage:** Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

(E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,

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

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

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 28 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis,</li> <li>• Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</li> </ul> <p>(12 Ustd.)</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>• 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 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 der Messergebnisse (E5, B4),</li> <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 problembezogen aus (UF2),</li> <li>• leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</li> <li>• RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,</li> <li>• ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</li> <li>• Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</li> <li>• Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</li> <li>• Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomsonformel).</li> <li>• Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</li> </ul>

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<p><b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen,</li> <li>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen,</li> </ul> <p>(16 Ustd.)</p> <p><b>Fortsetzung nächste Seite!</b></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 <math>B</math>- bzw. <math>E</math>-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>erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, 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>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,</li> <li><b>dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe),</b></li> <li>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen,</li> <li>visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion,</li> <li>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen,</li> <li>Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Das Phänomen der elektromagnetischen Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet.</li> <li>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C,</li> <li>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</li> <li>Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!</li> <li>(Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird.</li> <li>Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.</li> </ul>

	<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>• 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> <li>• wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</li> <li>• erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen,</li> <li>• <b>Wellenwanne</b></li> <li>• <b>Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,</b></li> <li>• <b>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ)</b> – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung mechanischer Wellen aus EF mit Wellenwanne,</li> <li>• Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,</li> </ul>
--	--	--	--

## **Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)**

### **Kontext: Erforschung des Photons**

**Leitfrage:** Besteht Licht doch aus Teilchen?

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

<b>Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....</b>	<b>Experimente/ Materialien/ Methoden</b>	<b>Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK</b>
Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	<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 Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelen) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampflampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitative Demonstration des Photoeffekts</li> </ul>
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <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>• 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 <math>h</math>-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</li> <li>• ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Versuch zur <math>h</math>-Bestimmung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen</li> </ul>



## **Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)**

### **Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons**

**Leitfrage:** Was ist Röntgenstrahlung?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Licht und Elektronen als Quantenobjekte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

**Schulinternes Curriculum Physik der Sek. II, Januar 18**

<b>Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....</b>	<b>Experimente/ Materialien/ Methoden</b>	<b>Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK</b>
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exkursion zum Röntgen- Schüler- Labor der RWTH Aachen</li> <li>Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirm-experiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php">http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php</a> oder <a href="http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html</a>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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“)</li> <li>Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden.</li> <li>Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.</li> <li>Ansprechpartner:...</li> </ul>
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund</li> </ul>
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum</li> </ul>
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode/Debye-Scherrer(2 Ustd.)			<ul style="list-style-type: none"> <li>Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode</li> </ul>
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Film / Video / Foto</li> <li>Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)</li> </ul>	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen

**Qualifikationsphase Leistungskurs**

## **Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)**

### **Kontext: Erforschung des Elektrons**

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

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Welle-Teilchen-Dualismus

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre</b></li> <li>Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <a href="http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/">http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</a> )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)</li> </ul>
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	<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),</li> <li>erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten</li> <li>Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte</li> </ul>

## **Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)**

### **Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie**

**Leitfrage:** Was ist anders im Mikrokosmos?

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	<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).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen.</li> <li>• 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.</li> <li>• Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.</li> </ul>
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <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> <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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos</li> </ul>	
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <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>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul>

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

### **Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht**

**Leitfrage:** Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Atomaufbau

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 12 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<b>Atomaufbau:</b> Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	<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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche in Literatur und Internet</li> <li>• <b>Rutherford'scher Streuversuch</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)</li> <li>• Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B.. <a href="http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html">http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html</a>)</li> </ul>
Energiequantelung der Hüllenelektronen (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin</li> </ul>
Linienspektren (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balmer- Lampe,</b></li> <li>• <b>Spektralröhren</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt</li> </ul>
Bohr'sche Postulate (4 Ustd.)	<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Literatur, Arbeitsblatt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius</li> </ul>



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

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

**Leitfrage:** Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 14 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<b>Ionisierende Strahlung:</b>  Detektoren  (3 Ustd.)	<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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt</li> <li>Nebelkammer (DESY, Uni Köln oder Uni Bonn)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.)</li> <li>Demonstration der Nebelkammer,</li> <li>ggf. Exkursion zu einer Uni</li> <li>Material zu Halbleiterdetektoren</li> </ul>
Strahlungsarten  (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</li> <li>erklären die Entstehung des Bremspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</li> <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>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorption von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</li> <li>Ablenkung von <math>\alpha</math>-Strahlen im Magnetfeld</li> <li>Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten</li> </ul>
Dosimetrie  (2 Ustd.)	<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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Video zur Dosimetrie</li> <li>Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich</li> </ul>	
Bildgebende Verfahren  (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),</li> <li>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen</li> </ul>

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

### **Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen**

**Leitfrage:** Wie funktioniert die  $^{14}\text{C}$ -Methode?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<b>Radioaktiver Zerfall:</b> Kernkräfte (1 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausschnitt aus Nuklidkarte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I</li> </ul>
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <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>nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),</li> <li>leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuklidkarte</li> <li>Radon-Messung im Schulkeller</li> <li>(Zentralabitur 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umgang mit einer Nuklidkarte</li> <li>Siehe <a href="http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html">http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html</a></li> <li>Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler</li> <li>Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen</li> </ul>
Altersbestimmung (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitsblatt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ggf. Uran-Blei-Datierung</li> </ul>

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

### **Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse**

**Leitfrage:** Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
<b>Kernspaltung und Kernfusion:</b>  Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie  (2 Ustd.)	<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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Video zu Kernwaffenexplosion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Z.B. YouTube</li> </ul>
Kettenreaktion  (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),</li> <li>• beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mausefallenmodell, Video, Applet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar,</li> <li>• Sendung mit der Maus („Atommaus“)</li> </ul>
Kernspaltung, Kernfusion  (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),</li> <li>• hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramm <math>B/A</math> gegen <math>A</math>, Tabellenwerk,</li> <li>• ggf. Applet Recherche in Literatur und Internet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a></li> </ul>

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

### **Kontext:**

### **Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen**

**Leitfrage:** Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 11 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan Die SuS ....	Experimente/ Materialien/ Methoden	Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	<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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existenz von Quarks (Video)</li> <li>• Internet (CERN / DESY)</li> <li>• Exkursion zum DESY</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden.</li> <li>• Internet: <a href="http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/">http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/</a></li> <li>• Ggf. Schülerreferate</li> </ul>
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</li> <li>• Die Bedeutung der Gleichung <math>E=mc^2</math> (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.</li> </ul>
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Literatur und Recherche im Internet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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, ...)</li> </ul>



**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-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/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-plays) am Computer: Eventdis-
  - <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
  - <http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
  - <http://physicsmasterclasses.org/neu/>
  - <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
  - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
  - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>

## Kontext: Das heutige Weltbild

**Leitfrage:** Welchen Beitrag liefert die moderne Physik zur Erklärung unserer Welt?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Relativitätstheorie, Quantenphysik, Elementarteilchenphysik, Kosmologie, aktuelle Forschung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

**Zeitlicher Bedarf: ca. 4 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**

<b>Mögliche Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen in Anlehnung an den Kernlehrplan</b> <b>Die SuS ....</b>	<b>Experimente/ Materialien/ Methoden</b>	<b>Empfehlungsbezogene didaktisch-methodische Anmerkungen mit Blick auf Kompetenzentwicklung und Darstellung der verbindlichen Absprachen der FK</b>
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit  (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).</li> <li>• bewerten Erkenntnisse der Quantenphysik, der Elementarteilchenphysik, der Kosmologie und aktueller Forschung und ihre Auswirkungen auf die Veränderung des physikalischen Weltbildes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbuchtexte, Internetrecherche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ggf. Schülervortrag</li> </ul>

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

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 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 bewusst gemacht wird.
- 21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.
- 22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
- 23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
- 24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
- 25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zu selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.
- 26.) Im Physikunterricht wird ein GTR oder ein CAS verwendet. Die Messwertauswertung kann auf diese Weise oder per PC erfolgen.

## 2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

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

### Überprüfungsformen

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

### Verbindliche Absprache:

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.

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:*

Es wird eine Klausur im ersten Halbjahr (90 Minuten) sowie eine Klausur (90 Minuten) im zweiten Halbjahr geschrieben.

### *Qualifikationsphase 1:*

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

### *Qualifikationsphase 2.1:*

2 Klausuren (je 90 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK)

### *Qualifikationsphase 2.2:*

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

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

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht. Es werden in der gesamten Sek. II die aktuell für das Abitur vorgesehenen Korrekturzeichen der Standardsicherung NRW verwendet.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Die Note gut soll beim Erreichen von ca. 75% der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

## Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

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

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

Note	Unterrichtsvorbereitung	Mitarbeit im Unterrichtsgespräch
<b>sehr gut</b> Punkte: 13-15	<b>behandelte Sach- und Fachinhalte</b> können <u>(immer)</u> <b>richtig</b> und <b>vollständig</b> wiedergegeben werden. HA werden <u>regelmäßig</u> angefertigt	<u>selbstständige und permanente Beteiligung</u> am Unterrichtsgespräch problemlösende & weiterführende Unterrichtsbeiträge ( <b>AFB III</b> wird <u>regelmäßig</u> erreicht) <b>korrekte</b> Anwendung der <b>Fachsprache</b> <u>eigenständige gedankliche Leistung als Beitrag zur Problemlösung</u>
<b>gut</b> Punkte: 10-12	<b>behandelte Sach- und Fachinhalte</b> können <u>fast immer</u> <b>richtig</b> und <b>vollständig</b> wiedergegeben werden. HA werden <u>regelmäßig</u> angefertigt	<u>regelmäßige Beteiligung</u> am Unterrichtsgespräch häufig problemlösende & weiterführende Unterrichtsbeiträge ( <b>AFB III</b> wird erreicht) <b>Fachsprache</b> in <u>den meisten Fällen</u> <b>korrekt</b> angewendet
<b>befriedigend</b> Punkte: 7-9	<b>behandelte Sach- und Fachinhalte</b> können <u>meist</u> <b>richtig</b> und <b>vollständig</b> wiedergegeben werden. HA werden <u>häufig</u> angefertigt	<u>meist regelmäßige Beteiligung</u> am Unterrichtsgespräch Anteil der reproduktiven Unterrichtsbeiträge <u>überwiegt</u> ( <b>AFB I</b> ); Anwendung ( <b>AFB II</b> ) kann jedoch geleistet werden <b>Fachsprache</b> wird <b>weitestgehend korrekt</b> angewendet; <u>gelegentliche Fehler</u>
<b>ausreichend</b> Punkte: 4-6	<b>behandelte Sach- und Fachinhalte</b> können <u>zum Teil nur lückenhaft</u> beantwortet werden. HA werden <u>unregelmäßig</u> angefertigt	<u>unregelmäßige Beteiligung</u> am Unterrichtsgespräch, <u>oft</u> nur nach <b>Aufforderung</b> <u>fast nur</u> reproduktive Unterrichtsbeiträge ( <b>AFB I</b> ); Anwendung ( <b>AFB II</b> ) wird nur <u>ganz selten</u> und in Ausnahmefällen geleistet <b>Fachsprache</b> wird <u>selten</u> <b>korrekt</b> angewendet; <u>häufig umgangssprachliche</u> Formulierungen
<b>mangelhaft</b> Punkte: 1-3	<b>behandelte Sach- und Fachinhalte</b> können <u>oft nicht</u> <b>richtig</b> und <u>vorwiegend</u> <b>unvollständig</b> beantwortet werden. HA werden <u>sehr selten</u> angefertigt	<u>seltene Beteiligung</u> am Unterrichtsgespräch, <u>meist</u> nur nach <b>Aufforderung</b> <b>fehlerhafte</b> Unterrichtsbeiträge auch bei <b>AFB I</b> ; <u>kaum</u> Anwendung der <b>Fachsprache</b> ; <b>umgangssprachliche</b> Formulierungen <u>überwiegen</u> deutlich
<b>ungenügend</b> Punkte: 0	<b>behandelte Sach- und Fachinhalte</b> können <u>nicht</u> <b>richtig</b> und <u>stets</u> <b>unvollständig</b> beantwortet werden. HA werden <u>nicht</u> angefertigt	<u>keine</u> freiwillige <b>Beteiligung</b> am Unterrichtsgespräch, <u>auch nicht</u> nach <b>Aufforderung</b> <u>keine</u> bzw. völlig falsche <b>Unterrichtsbeiträge</b> <u>keine</u> Anwendung der <b>Fachsprache</b>



## **Mündliche Abiturprüfungen**

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

## 2.4. Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht der Einführungsphase in der Sekundarstufe II ist an der Schule derzeit das Schulbuch „Fokus Physik, Oberstufe Einführungsphase NRW, 1. Auflage 2010, Cornelsen Verlag“ eingeführt. In den Qualifikationsphasen Q1 und Q2 erhalten die Schülerinnen und Schüler des Grundkurses das Schulbuch „Impulse Physik, Oberstufe, 1. Auflage 2007, Klett Verlag“. Schülerinnen und Schüler des Leistungskurses arbeiten mit dem Schulbuch „Metzler Physik, 4. Auflage 2007, Schroedel Verlag“.

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

### **3. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen**

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

#### **Zusammenarbeit mit anderen Fächern**

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

#### **Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit**

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, findet im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums ein fachübergreifender Projekttag statt, gefolgt von einem Besuch einer Universitätsbibliothek. Die AG Facharbeit hat schulinterne Richtlinien für Erstellung einer Facharbeit angefertigt, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen. Im Verlauf des Projekttages werden den Schülerinnen und Schülern in einer zentralen Veranstaltung und in Gruppen diese schulinternen Richtlinien vermittelt.

#### **Exkursionen**

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

EF 2: Besuch einer Volkssternwarte oder eines Planetariums

Q1.1: Besuch eines Industrieunternehmens

Q1.2: Besuch eines Schülerlabors

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

#### **Unterstützung der Berufsorientierung**

Sowohl in der Sek I als auch der Sek II sollen die Fachlehrer Berufsbilder mit physikalischem Hintergrund vorstellen und in Ihren Unterricht einbeziehen. Darüber hinaus sollen die Schülerinnen und Schüler Rückmeldungen zu ihren Stärkungen und Neigungen in Bezug auf physikalische Berufsfelder erhalten. Dies soll insbesondere die Wahl der Differenzierungsfächer und Oberstufenfächer in der Sek. I sowie in Sek. II die Wahl möglicher Studien- und Ausbildungsgänge erleichtern.

## **4 Qualitätssicherung und Evaluation**

### **Evaluation des schulinternen Curriculums**

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

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

### **Fachgruppenarbeit**

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



