



# Schulinternes Curriculum

# Physik

# S II

Stand: August 2021

## Inhalt

	Seite
1. Die Fachgruppe Physik	3
2. Entscheidungen zum Unterricht	
2.1 Unterrichtsvorhaben	4
2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben	5
2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben	
2.1.2.1 Einführungsphase	12
2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs	19
2.1.2.3 Qualifikationsphase: Leistungskurs	35
2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungs- rückmeldung	60
2.3 Lehr- und Lernmittel	65
3. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	66
4. Qualitätssicherung und Evaluation	67

## 1 Die Fachgruppe Physik am Gymnasium Letmathe

Das Gymnasium Letmathe befindet sich in einem Ortsteil der Stadt Iserlohn. Zurzeit unterrichten etwa 60 Lehrerinnen und Lehrer etwa 700 Schülerinnen und Schüler, die vorwiegend aus dem Stadtteil des Schulstandorts stammen.

Die Fachgruppe Physik versucht in besonderem Maße, jeden Lernenden in seiner Kompetenzentwicklung möglichst weit zu bringen. Außerdem wird angestrebt, Interesse an einem naturwissenschaftlich geprägten Studium oder Beruf zu wecken. In diesem Rahmen sollen u.a. Schülerinnen und Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Dieses drückt sich in folgenden Angeboten (MoL zur Exzellenzförderung) ebenso aus wie in der regelmäßigen Teilnahme von Schülergruppen an Wettbewerben wie *Physik aktiv* oder *freestyle-physics*.

Die Physikfachschaft setzt sich momentan aus 2 KollegInnen zusammen, die gemeinsam Materialien für die Fächer auf Stufenebene erarbeiten. Der Unterricht wird – soweit möglich – auf der Stufenebene parallelisiert. Auch in der Oberstufe ist der Austausch zu Inhalten, methodischen Herangehensweisen und zu fachdidaktischen Problemen intensiv. Im Zentrum der Bemühung aller Kollegen steht das Experiment, sofern möglich das Schülerexperiment.

Die Schule verfügt über einen experimentiergeeigneten Fachraum. Die Ausstattung der Physiksammlung mit Materialien ist gut. Der Etat für Neuanschaffungen und Reparaturen ist ausreichend. Schrittweise sollen noch mehr Möglichkeiten für Schülerversuche an geeigneten Stellen geschaffen werden. Die Erfassung von Daten und Messwerten mit modernen digitalen Medien ist ausbaufähig. An der Schule existieren zwei Computerräume, die nach Reservierung auch von Physikkursen für bestimmte Unterrichtsprojekte genutzt werden können.

In der Oberstufe sind durchschnittlich ca. 100 Schülerinnen und Schüler pro Stufe. Das Fach Physik ist in der Regel in der Einführungsphase mit zwei Grundkursen, in der Qualifikationsphase je Jahrgangsstufe mit einem Grundkurs und einem Leistungskurs vertreten.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

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

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

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

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2, Tabellenspalte 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.

## 2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Physik im Sport und im Straßenverkehr</i> Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 30 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Mechanik</i> Kräfte und Bewegungen Energie und Impuls</p>	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation E5 Auswertung E6 Modelle UF2 Auswahl</p>
<p><i>Auf dem Weg in den Weltraum</i> Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem? Zeitbedarf: 12 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Mechanik</i> Gravitation Kräfte und Bewegungen Energie und Impuls</p>	<p>UF4 Vernetzung E3 Hypothesen E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten</i> Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen? Zeitbedarf: 13 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Mechanik</i> Schwingungen und Wellen Kräfte und Bewegungen Energie und Impuls</p>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung UF1 Wiedergabe K1 Dokumentation</p>
<p><b>Summe Einführungsphase: 55UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</b></p>		

<b>Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS</b>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 17 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photon (Wellenaspekt)</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 13 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron (Teilchenaspekt)</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle</p>
<p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 3 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>	<p>E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren und Wirbelströme im Alltag</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: 17 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung und elektrische Energie</li> <li>• Induktion</li> <li>• Spannungswandlung</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 50 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</b></p>		

<b>Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS</b>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 12 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung der Atomhülle</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: 7 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernumwandlungen</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung mit Teilchenbeschleunigern</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 6 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>	UF3 Systematisierung E6 Modelle
<i>Ein Patentbeamter revolutioniert die Physik</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 4 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 5 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 1 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
<b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: 35 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</b>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 3 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle</p>
<p><i>Höhenstrahlung</i> Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche? Zeitbedarf: 2 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> </ul>	<p>E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 4 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung B1 Kriterien</p>
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 2 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 1 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>



Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i>  Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?  Zeitbedarf: 14 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  UF2 Auswahl  E6 Modelle  K3 Präsentation  B1 Kriterien  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i>  Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?  Zeitbedarf: 15 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl  UF4 Vernetzung  E1 Probleme und Fragestellungen  E5 Auswertung  E6 Modelle  K3 Präsentation  B1 Kriterien  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i>  Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?  Zeitbedarf: 15 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetische Induktion</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl  E6 Modelle  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i>  Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?  Zeitbedarf: 19 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  UF2 Auswahl  E4 Untersuchungen und Experimente  E5 Auswertung  E6 Modelle  K3 Präsentation  B1 Kriterien  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: 74 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</b></p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 5 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</i> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 4 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Erforschung des Elektrons</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 2 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> </ul>	UF1 Wiedergabe K3 Präsentation
<i>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</i> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 8 UE (1UE $\hat{=}$ 67,5min)	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i>  Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?  Zeitbedarf: 8 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i>  • Atomaufbau</p>	<p>UF1 Wiedergabe  E5 Auswertung  E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i>  Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?  Zeitbedarf: 10 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i>  • Ionisierende Strahlung  • Radioaktiver Zerfall</p>	<p>UF3 Systematisierung  E6 Modelle  UF4 Vernetzung</p>
<p><i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i>  Wie funktioniert die <math>^{14}\text{C}</math>-Methode?  Zeitbedarf: 7 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i>  • Radioaktiver Zerfall</p>	<p>UF2 Auswahl  E5 Auswertung</p>
<p><i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i>  Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?  Zeitbedarf: 6 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i>  • Kernspaltung und Kernfusion  • Ionisierende Strahlung</p>	<p>B1 Kriterien  UF4 Vernetzung</p>
<p><i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i>  Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?  Zeitbedarf: 6 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i>  • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</p>	<p>UF3 Systematisierung  K2 Recherche</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: 56 UE (1UE <math>\hat{=}</math> 67,5min)</b></p>		

## 2.1.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### 2.1.2.1. Einführungsphase

#### Inhaltsfeld: Mechanik

#### Kontext: Physik im Sport und im Straßenverkehr

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen, analysieren und optimieren?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**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.

(K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

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

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

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Bewegungen im Straßenverkehr  (3UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit</li> <li>• negative Geschwindigkeit</li> <li>• Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit</li> </ul>	unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2).  analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ (E1, UF1).  stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagrammen) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	Stationenlernen zur Trägheit → gleichförmige Bewegung  Analyse von Bewegungen im Straßenverkehr (Fahrtenschreiber, Überholvorgänge)

<p>Kraft und Beschleunigung (10UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichmäßig beschleunigte Bewegungen</li> <li>• Kräfte zusammensetzen und zerlegen</li> <li>• Reibung</li> <li>• Newtonsche Axiome</li> </ul>	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p> <p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4).</p> <p>planen teilweise selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4).</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</p> <p>bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6).</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).</p>	<p>SE: Fahrbahnen mit Lichtschranken</p> <p>Untersuchung zusammengesetzter Bewegungen</p> <p>SE: Kräftezerlegung an der geneigten Ebene</p> <p>Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft</p> <p>Crashtest (Sicherheitsaspekt)</p>
--	--	---	---

<p>Erhaltungssätze im Straßenverkehr und im Sport (9UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschiedene mechanische Energieformen</li> <li>• Arbeit und Energie</li> <li>• Energieerhaltungssatz</li> <li>• Energiebilanzierung</li> <li>• Impuls und Kraftstoß</li> <li>• Impulserhaltungssatz</li> <li>• Elastische und unelastische Stöße</li> </ul>	<p>erläutern die Größen Kraft, Arbeit, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p> <p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1).</p> <p>verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).</p>	<p>deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newtonschen Gesetzen und der Definition der Arbeit</p> <p>Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe)</p> <p>Energetische Analyse in verschiedenen Sportarten (Trampolin, usw.)</p> <p>Analyse von Stoßvorgängen mit der Fahrbahn</p> <p>GA: Raketen</p>
<p>Fall- und Wurfbewegungen im Sport (8UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallbewegungen mit und ohne Luftwiderstand</li> <li>• Luftwiderstandskraft</li> <li>• Wurfbewegungen</li> </ul>	<p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1).</p>	<p>Stationenlernen Fallbewegung Dorn Bader S. 66/67</p> <p>Exp.: Waagerechter Wurf/Freier Fall</p> <p>Günstiger Winkel beim Abstoß (Fußball), beim Kugelstoßen, Weitsprung...</p> <p>Simulationen von leifi</p>
<p>Summe: 30 UE</p>			

**Kontext: Auf dem Weg in den Weltraum**

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?

Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

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

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

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

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

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Kreisbewegungen  (5UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichförmige Kreisbewegung</li> <li>• Zentripetalkraft</li> <li>• Zentripetalbeschleunigung</li> </ul>	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	Messung der Zentripetalkraft An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden. Kettenkarussell, Looping, Dardabahn

<p>Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (1UE)</p>		<p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).</p> <p>entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).</p>	<p>Einstieg über Film Arbeit mit dem Lehrbuch: S106/107 Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell</p>
<p>Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (2UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keplersche Gesetze</li> </ul>	<p>ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).</p> <p>beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).</p>	<p>Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen</p>
<p>Newton'sches Gravitationsgesetz (4UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravitationsgesetz</li> <li>• Gravitationsfeld</li> </ul>	<p>beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6).</p>	<p>Newton'sche „Mondrechnung“ Versuch von Cavendish Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“</p>
<p>Summe: 12 UE</p>			



**Kontext: Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten**

Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

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

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

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

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf)	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Mechanische Schwingung (6UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingung als besondere Bewegungsform</li> <li>• Harmonische Schwingung</li> <li>• Ursache einer Schwingung, Rückstellkraft und Trägheit</li> </ul>	<p>beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1),</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</p>	<p>SE Fadenpendel, Feder-Schwerependel,...</p> <p>GA mit Präsentation zu harmonischen Schwingungen</p>

Erzwungene Schwingung und Resonanz (2UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freie und erzwungene Schwingung</li> <li>• Eigenschwingung und Resonanz</li> </ul>	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Stationenlernen zu Resonanz (Tacomabridge, Stimmgabeln,...)
Von der Schwingung zur Welle (4UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle als zeitlich und räumlich periodischer Vorgang</li> <li>• Reflexion von Wellen, stehende Wellen</li> </ul>	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6).	Stationenlernen zu mechanischen Wellen  Beobachtung von Wellenbildern an der Wellenmaschine und mittels applets
Ton, Klang, Geräusch (1UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschwingungen, Resonanz bei Musikinstrumenten</li> <li>• Frequenzanalyse</li> </ul>	argumentieren zur Unterscheidung von Tönen und Klängen.	Unterschied Ton, Klang, Geräusch Frequenzanalyse mit Cassy
Summe: 13 UE			

## 2.1.2.2. Qualifikationsphase Grundkurs

### Inhaltsfeld: Quantenobjekte

#### Kontext: Erforschung des Photons

**Leitfrage:** Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Photon

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Unterrichtsvorhaben (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	Inhaltsübersicht (z.B. gemäß Lehrbuch)	Kompetenzen  Die Schülerinnen und Schüler...	Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben (jeweilige Schwerpunkte)
Beugung und Interferenz ( 10 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung von Wasserwellen</li> <li>• Beugung, Brechung, Reflexion im Wellenmodell (Huygens'sches Prinzip)</li> <li>• Interferenzen am Doppelspalt</li> <li>• Interferenz am optischen Gitter</li> <li>• Lichtwellenlänge,</li> </ul>	<p>veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3).</p> <p>bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit Doppelspalt und Gitter (E5).</p>	<p>DE: Experimente mit der Wellenwanne DE: Untersuchung von Licht am Doppelspalt</p> <p>SE: Bestimmung der Wellenlänge von Licht mit Hilfe eines optischen Gitters</p>

Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit ( 7 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotoeffekt</li> <li>• Zusammenhang zwischen Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen</li> </ul>	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2).	DE: Hallwachsexperiment Einschub: Elektrisches Feld aus nächstem Kontext nötig DE: Bestimmung der Planckkonstante
Summe: 17UE			

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

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

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Elektron

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Elementarladung ( 5 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Ladung</li> <li>• Elektrisches Feld</li> <li>• Elektr. Feldstärke</li> <li>• Geladene Teilchen im elektrischen Feld</li> <li>• Nachweis der Elementarladung</li> <li>• Elektronenkanone</li> </ul>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1).</p> <p>bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2).</p> <p>erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5).</p>	DE: Untersuchung von elektrischen Feldern  DE: Millikan- Versuch  Elektronenkanone
Elektronenmasse ( 6 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetisches Feld</li> <li>• Geladene Teilchen im magnetischen Feld</li> <li>• Lorentzkraft</li> <li>• Bestimmung der Elektronenmasse</li> </ul>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1).</p> <p>modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5).</p> <p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1).</p>	DE: Stromwaage Hallsonde DE: e/m- Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr
Elektronenbeugung ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de Broglie-Wellenlänge</li> <li>• Streuung von Elektronen an Festkörpern</li> </ul>	<p>erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).</p>	DE: Elektronenbeugungsröhre  Interferenz mit Elektronen  hier Vorgabe Bragg- Gleichung
Summe: 13 UE			

**Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte**

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

(K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Photonen und Elektronen als Quantenobjekte ( 3 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dualismus</li> <li>• Kopenhagener Deutung</li> <li>• Grenzen der Gültigkeit von Wellen- und Teilchenmodellen</li> <li>• Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</li> </ul>	<p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7).</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4).</p> <p>verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).</p> <p>untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).</p>	<p>Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation</p> <p>Computersimulation Zwei-Wege- Experimente</p>
Summe: 3 UE			

## **Inhaltsfeld: Elektrodynamik**

### **Kontext: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren und Wirbelströme im Alltag**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Umwandlung mechanischer in elektrische Energie  ( 5 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorentzkraft bewirkt Induktion</li> <li>• Induktion durch Flächenänderung</li> <li>• Induktion durch Flussdichteänderung</li> </ul>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6).</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2). ?</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld -  <b>„Leiterschaukelversuch“</b></p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b>)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überföhrungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</p>
Wirbelströme ( 4 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieerhaltungssatz</li> <li>• Lenz'sches Gesetz</li> <li>• Induktionsgesetz</li> <li>• Wirbelströme</li> </ul>	<p>erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4).</p> <p>bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1).</p>	<p>DE: Thomsonscher Ringversuch, Waltenhofensches Pendel,</p> <p>Referate:            Wirbelstrombremse, Induktionsherd, usw. LB S. 87</p>



<p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannung ( 3 UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechselspannung</li> <li>• Generator</li> </ul>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).</p> <p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> (E2, E6).</p> <p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2).</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>DE: Darstellung des zeitlichen Verlaufs einer Wechselspannung mit einem Oszilloskop</p>
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ ( 3 UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformator</li> </ul>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4).</p>	<p>SE Transformator</p> <p>Referat: Arten von Transformatoren, Anwendung von Transformatoren</p>

Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energietransport</li> </ul>	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3).</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1).</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4).</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	Modellversuch zu Freileitungen
Summe: 17 UE			

## Inhaltsfeld: Strahlung und Materie

### Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Kern-Hülle-Modell ( 1 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atommodelle</li> </ul>	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4).	Referate zu Atommodellen LB S. 114/115
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetisches Spektrum</li> <li>Franck-Hertz-Versuch</li> </ul>	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienpektren</i> bzw. <i>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).	DE: Franck-Hertz-Versuch
Energieniveaus der Atomhülle ( 3 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linienpektren</li> <li>Wasserstoffspektrum</li> </ul>	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienpektren</i> bzw. <i>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). erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6).	DE: Linienpektren
Sternspektren und Fraunhoferlinien ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorptionsspektrum</li> <li>Fraunhoferlinien</li> <li>Spektralanalyse</li> </ul>	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1).  erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2).  stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1).	DE: Flammenfärbung DE: Natrium D-Linie

Röntgenstrahlung ( 4 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugung</li> <li>• Eigenschaften</li> <li>• Röntgenbeugung</li> <li>• Röntgenbremspektrum</li> <li>• Charakteristisches Spektrum</li> </ul>	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>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).	DE: Aufnahme von Röntgenspektren
Summe: 12 UE			

### 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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Strahlungsarten ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</li> <li>• Röntgenstrahlung</li> <li>• Neutronen- und Schwerionenstrahlung</li> </ul>	<p>unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3).</p> <p>erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von <i>Absorptionsexperimenten</i> (E4, E5).</p> <p>bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3).</p>	Eigenschaften der Strahlung eines radioaktiven Präparats
Elementumwandlung ( 1 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> <li>• Nuklidkarte</li> <li>• Halbwertszeit</li> </ul>	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1).	Wdhlg. Sek.I (Referate)
Detektoren ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GMZ</li> <li>• Nebelkammer</li> <li>• Ionisationskammer</li> </ul>	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2).	DE: Geiger-Müller-Zählrohr, Ionisationskammer

<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie ( 2 UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitäts- und Dosisseinheiten</li> <li>• Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition</li> <li>• Strahlenschäden</li> <li>• Strahlenschutz</li> <li>• Nutzung der Strahlung radioaktiver Stoffe</li> </ul>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1).</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4).</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4).</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4).</p>	<p>Referate oder Film</p>
<p>Summe: 7 UE</p>			

**Kontext: Forschungen mit Teilchenbeschleunigern**

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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Kernbausteine und Elementarteilchen ( 3 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Was die Welt zusammenhält</li> <li>• Quarks</li> <li>• Standardmodell</li> </ul>	<p>erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6).</p> <p>erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1).</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</p>	
Von Rutherford bis Higgs ( 1 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutherford</li> <li>• Dirac</li> <li>• Feynman</li> <li>• Gell-Mann</li> <li>• Higgs</li> </ul>	bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3).	
Wechselwirkungen im Standardmodell ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldquanten</li> <li>• Elektromagnetische Wechselwirkung</li> <li>• Starke Wechselwirkung</li> <li>• Schwache Wechselwirkung</li> </ul>	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	
Summe: 6 UE			

## Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit

### Kontext: Ein Patentbeamter revolutioniert die Physik

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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Relativität der Zeit ( 4 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Lichtuhr/ Zeitdilatation</li> <li>• Längenkontraktion</li> <li>• Addition von Geschwindigkeiten</li> </ul>	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4).</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenerfall</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3).</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2).</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1).</p>	Experiment Michelson-Morley (Computersimulation) Lichtuhr (Gedankenexperiment) Myonenerfall
Summe: 4 UE			



### 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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern ( 2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zyklotron</li> <li>• Andere Beschleuniger</li> </ul>	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4).	Simulation: Zyklotron
Ruhemasse und dynamische Masse ( 3 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderliche Masse</li> <li>• Energie- Masse. Äquivalenz</li> </ul>	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).  zeigen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3).	Film
Summe: 5 UE			

### 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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Weiterführende Themen ( 1 UE)	• Spezielle Relativitätstheorie im Experiment	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7).  beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).	
Summe: 1 UE			

## 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,

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Relativität der Zeit (3 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Inertialsysteme</li> <li>• Relativität der Gleichzeitigkeit</li> </ul>	begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit der Durchführung des Michelson- und Morley-Experiments Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.
Summe: 3 UE			

**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,

Unterrichtsvorhaben (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	Inhaltsübersicht • (z.B. gemäß Lehrbuch)	Kompetenzen <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben (jeweilige Schwerpunkte)
Weiterführung Relativität der Zeit (1 UE)	• Zeitdilatation und relativistischer Faktor	leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5), reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7). erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor $\gamma$ hergeleitet. Myonenzerfall
Weiterführung Relativität der Zeit (1 UE)	• Längenkontraktion	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6), erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),	Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) Herleitung der Formel für die Längenkontraktion evtl. Minkowskidiagramme
Summe: 2 UE			

**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,

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>(z.B. gemäß Lehrbuch)</li> </ul>	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung (4 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruhemasse und dynamische Masse</li> </ul>	Anhand eines Gedankenversuchs wird die Formel für die dynamische Masse hergeleitet (K4) erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht. Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bindungsenergie im Atomkern</li> <li>Annihilation</li> </ul>	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),	Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Historische Aufnahme von Teilchenbahnen
Summe: 4 UE			

**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,

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>(z.B. gemäß Lehrbuch)</li> </ul>	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (2 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gravitation und Zeitmessung</li> </ul>	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit)</li> </ul>	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).	Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung Film / Video / Schülerpräsentation
Summe: 2 UE			

**Kontext: Das heutige Weltbild**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung, Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Weiterführende Themen (1 UE)	• Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	Lehrbuchtexte, Internetrecherche, ggf. Schülervortrag
Summe: 1 UE			

## 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.

<b>Unterrichts-</b>	<b>Inhaltsübersicht</b>	<b>Kompetenzen</b>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur</b>
---------------------	-------------------------	--------------------	--

<b>vorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (z.B. gemäß Lehrbuch)</li> </ul>	<i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Grundlagen der Elektrostatik (1 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungstrennung, Ladungsträger</li> </ul>	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung,
Elementarladung ( 6 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Ladung</li> <li>• Elektrisches Feld</li> <li>• Elektr. Feldstärke</li> <li>• Geladene Teilchen im elektrischen Feld</li> <li>• Kondensator</li> <li>• Nachweis der Elementarladung</li> <li>• Elektronenkanone</li> </ul>	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1). erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),	DE: Untersuchung von elektrischen Feldern Plattenkondensator (homogenes E-Feld) DE: Millikan-Versuch zur Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit Elektronenkanone
Elektronenmasse ( 7 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetisches Feld</li> <li>• Geladene Teilchen im magnetischen Feld</li> <li>• Energie bewegter Ladungsträger</li> <li>• Lorentzkraft</li> <li>• Bestimmung der Elektronenmasse</li> </ul>	erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3), ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1), erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und	Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee, (z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke, Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft, Fadenstrahlrohr zur $e/m$ – Bestimmung (das Problem der Messung der



		<p>Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),  entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),  erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),  bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),  leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),  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),  schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der <math>e/m</math>-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p>	<p>magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p>
Summe: 14 UE			

**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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Anwendungen in Forschung und Technik  Bewegung von Ladungsträgern in Feldern  (8 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeitsfilter</li> <li>• Halleffekt</li> <li>• Elektronenkanone</li> <li>• Massenspektrometer</li> <li>• relativ. Massenzunahme bei geladenen Teilchen</li> </ul>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p>	<p>Hallsonde: Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde,</p> <p>diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen),</p> <p>Elektronenstrahlableitkröhre</p> <p>visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>

		<p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>	
--	--	--	--

<p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung (7 UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf- und Entladung von Kondensatoren</li> <li>• Energie des elektrischen Feldes</li> </ul>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2), beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p>	<p>diverse Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern). Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, 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. statische Voltmeter bzw. Elektromessverstärker, Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwerterfassungssystemen), Beschreibung mit Differentialgleichungen Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>
<p>Summe: 15 UE</p>			

### **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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• (z.B. gemäß Lehrbuch)</li></ul>	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
---	---	--	--

<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie (15 UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenzsche Regel</li> <li>• Induktionsgesetz</li> <li>• Energie des magnet. Feldes</li> </ul>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5), 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), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4), wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p>	<p>Leiterschaukelversuch Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt. Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet: 1. Flächenänderung (deduktive Herleitung) 2. Änderung der Feldgröße <math>B</math> (quantitatives Experiment) Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung) Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert. Thompsonscher Ringversuch 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), qualitative Deutung Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen (elektrodenlose Ringentladung)</p>
		<p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule)</p>	<p>messtechnische Erfassung und com-</p>

		(UF2), bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6), begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),	puterbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen
Summe: 15 UE			

### **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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik  (8UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis</li> <li>• Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</li> </ul>	<p><i>Die Schülerinnen und Schüler...</i></p> <p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),          treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),          erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),          beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),          entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),          wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),          leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p>	<p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.          Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt (einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik)),</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.          Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.          ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>



<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie (11 UE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen</li> <li>• Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen</li> <li>• Brechungs-, Beugungs-, und Interferenzerscheinungen bei mech. und elektromagnet. Wellen</li> <li>• Beugung und Interferenz am Doppelspalt und Gitter und an dünnen Schichten</li> </ul>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6), 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), beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6), erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6). ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5). beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6). erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima <math>n</math>-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p>	<p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von <math>L</math> und <math>C</math>, (dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe) Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der <math>E</math>- und <math>B</math>-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen.... Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.... Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen, Wellenwanne Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente (Nachweis des Wellencharakters elektromagnet. Wellen) Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>
<p>Summe: 19 UE</p>			

## 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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>(z.B. gemäß Lehrbuch)</li> </ul>	<b>Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Quantelung der Energie von Licht ( 5 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fotoeffekt</li> <li>Zusammenhang zwischen Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen, Austrittsarbeit</li> <li>Teilcheneigenschaften von Photonen</li> <li>Planck'sches Wirkungsquantum</li> </ul>	<p>diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6)</p> <p>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),</p> <p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</p> <p>erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einsteinsche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und</p>	<p>Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)</p> <p>Versuch zur h-Bestimmung: Gegenstrommethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)</p> <p>Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden:</p> <p>Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für</p>

		Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),	Photonen Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen
Summe: 5 UE			

### Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Unterrichtsvorhaben (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	Inhaltsübersicht • (z.B. gemäß Lehrbuch)	Kompetenzen <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben (jeweilige Schwerpunkte)
Umkehrung des Photoeffekts ( 4 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Röntgenröhre</li> <li>• Röntgenspektrum</li> <li>• Bragg'sche Reflexionsbedingung, Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode</li> <li>• Strukturanalyse nach Debye-</li> </ul>	<p>beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1), erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6), deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6), führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),</p>	<p>Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm) mit der Röntgenröhre  Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teil-</p>

	Scherrer • Röntgenröhre in Medizin und Technik		chenaspekt im Vordergrund Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lenn
Summe: 4 UE			

### 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,

Unterrichtsvorhaben (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	Inhaltsübersicht • (z.B. gemäß Lehrbuch)	Kompetenzen <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben (jeweilige Schwerpunkte)
Quantenphysik des Elektrons (2UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wellencharakter von Elektronen</li> <li>Streuung und Beugung von Elektronen, De Broglie-Hypothese</li> </ul>	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Qualitative Demonstrationen und quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten Dabei Betonung der herausragenden

			Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte
Summe: 2 UE			

**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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Mikroobjekte und Quantentheorie (8 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• linearer Potentialtopf, Energiewerte im linearen Potentialtopf</li> <li>• Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit</li> <li>• Kopenhagener Deutung</li> <li>• Heisenberg'sche Unschärferelation</li> </ul>	<p>deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6). erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4), erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7). erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1,</p>	<p>Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen. Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.</p>

		<p>E3),          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),          stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),          erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),          bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).</p>	<p>Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos          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</p>
Summe: 8 UE			

### 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 Basis Konzepten 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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Geschichte der Atommodelle, quantenhafte Emission und Absorption (8 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kern-Hülle-Modell</li> <li>• Energiequantelung der Hüllelektronen</li> <li>• Linienspektren</li> <li>• Bohr'sche Postulate</li> </ul>	<p>geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),            erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),            stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).            formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),</p>	Rutherford'scher Streuversuch Diskrete Energien in Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H Literatur, Arbeitsblatt zu Bohr'schen Postulaten, Berechnung der Energieniveaus und des Bohr'schen Radius'
Summe: 8 UE			

**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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Ionisierende Strahlung, radioaktiver Zerfall (10 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detektoren für radioaktive Strahlung</li> <li>• Strahlungsarten</li> <li>• Charakter. Röntgenspektrum</li> <li>• Dosimetrie</li> <li>• Bildgebende Verfahren</li> </ul>	<p><i>Die Schülerinnen und Schüler...</i></p> <p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p> <p>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</p> <p>erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</p> <p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p> <p>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</p> <p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p> <p>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),</p>	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt zur Funktionsweise Nebelkammer (DE) Demonstrationsversuche zur Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung und Ablenkung von $\beta$ -Strahlen im Magnetfeld Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen
Summe: 10 UE			



**Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen**

Leitfrage: Wie funktioniert die 14C-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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
radioaktiver Zerfall (7 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zerfallsgleichungen</li> <li>• Zerfallsreihen</li> <li>• Altersbestimmung</li> </ul>	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1), identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2), entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5), nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3), leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6), bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Ausschnitt aus Nuklidkarte Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung (Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen) Tabellenkalkulation
Summe: 7 UE			

**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.

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Kernspaltung und Kernfusion (6 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie</li> <li>• Kettenreaktion</li> <li>• Kernspaltung, Kernfusion</li> </ul>	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1), erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4), beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Video zur Entwicklung der Atombombe Video Mausefallenmodell, Simulation Dorn Bader Software Recherche in Literatur und Internet
Summe: 6 UE			

**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,

<b>Unterrichtsvorhaben</b> (Zeitbedarf) 1UE $\hat{=}$ 67,5min	<b>Inhaltsübersicht</b> • (z.B. gemäß Lehrbuch)	<b>Kompetenzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Experimente / Medien/ Ideen zur Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben</b> (jeweilige Schwerpunkte)
Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen (6 UE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernbausteine und Elementarteilchen</li> <li>• Kernkräfte</li> <li>• Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen</li> <li>• Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)</li> </ul>	<p>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</p> <p>vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).</p> <p>erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),</p>	<p>Existenz von Quarks (Internet)</p> <p>Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen: Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</p> <p>Die Bedeutung der Gleichung <math>E=mc^2</math> in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form <math>\Delta E \cdot \Delta t \geq h</math> für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen</p> <p>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, ...) („CERN-Rap“: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7Vs hToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7Vs hToyoGI8</a>)</p>
Summe: 6 UE			

## 2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Die Grundsätze der Leistungsbewertung ergeben sich aus den entsprechenden Bestimmungen des Schulgesetzes (§ 48). Für das Verfahren der Leistungsbewertung gelten die §§ 13 bis 17 der Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe (APO-GOST).

Die Leistungsbewertung bezieht sich auf die im Unterricht vermittelten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten.

In Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ und im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ zu überprüfen. Beide Beurteilungsbereiche [...] werden bei der Leistungsbewertung angemessen berücksichtigt. (§ 48 (2) Schulgesetz)

Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, ist der Einsatz eines breiten Spektrums der Überprüfungsformen notwendig. Besonderes Gewicht wird im Grundkurs auf experimentelle Aufgaben und Aufgaben zur Datenanalyse gelegt.

Dem Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ kommt der gleiche Stellenwert zu wie dem Beurteilungsbereich „Klausuren“.

### Beurteilungsbereich „Klausuren“

Klausuren dienen der schriftlichen Überprüfung der Lernergebnisse in einem Kursabschnitt. Klausuren sollen darüber Aufschluss geben, inwieweit im laufenden Kursabschnitt gesetzte Ziele erreicht worden sind.

Sie bereiten auf die komplexen Anforderungen in der Abiturprüfung vor.

Dauer und Anzahl der Klausuren richten sich nach den Angaben der APO-GOST (§ 14) und wurden von der Fachkonferenz wie folgt festgelegt (ab Schuljahr 2020/21):

Halbjahr	Grundkurs		Leistungskurs		Hinweise
	Anzahl	Dauer in Min.	Anzahl	Dauer in Min.	
EF / I	1	90	-	-	
EF / II	2	90	-	-	
Q1 / I	2	90	2	135	
Q1 / II	2	90	2	135	Die 1. Klausur kann durch die Facharbeit ersetzt werden.
Q2 / I	2	135	2	225	
Q2 / II	1	225	1	270	Die Klausur wird unter formalen Abiturbedingungen geschrieben, im GK nur von Schülern, die Physik als 3. Abiturfach gewählt haben.

Für die Notenbildung der Klausuren wird folgendes Bewertungsraster<sup>1</sup> zugrunde gelegt, das den prozentualen Anteil der von der Schülerin bzw. dem Schüler erreichten Punkte von der insgesamt zu erreichenden Maximalpunktzahl angibt:

Note		Eph, Qph
1	+	ab 95 %
		ab 90 %
	-	ab 85 %
2	+	ab 80 %
		ab 75 %
	-	ab 70 %
3	+	ab 65 %
		ab 60 %
	-	ab 55 %
4	+	ab 50%
		ab 45 %
	-	ab 40 %
5	+	ab 33 %
		ab 27 %
	-	ab 20 %
6		ab 0 %

Eine Zuordnung der Noten zur erreichten Punktzahl sollte hierbei nicht zu starr gehandhabt werden, sondern den Eindruck, der sich aus dem Gesamtbild der Klausur hinsichtlich des Gebrauchs der Fachsprache, des fachlichen Überblicks sowie der Schlüssigkeit der Darstellung ergibt, berücksichtigen.

Die Facharbeit, die die erste Klausur der Jahrgangsstufe Q1/ II ersetzen kann, sollte nach Möglichkeit immer einen praktischen/experimentellen Teil enthalten, der dann in der Facharbeit ausgewertet wird.

Für die Bewertung der Facharbeit wird an dieser Stelle auf den fächerübergreifenden Bewertungsbogen für Facharbeiten unserer Schule verwiesen, wobei der Bereich II (Inhaltliche Darstellungs- und wissenschaftliche Arbeitsweise) des Bewertungsbogens auf Beschluss der Fachkonferenz den fachspezifischen Besonderheiten angepasst wurde, insbesondere um den zentralen Stellenwert des Experiments angemessen zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> Das Bewertungsraster entspricht im Wesentlichen den Vorgaben für das Abitur.

Name:  
 Kurs:  
 Thema:  
 Schuljahr:

**I. Formalia (20 Punkte)**

Kriterien	Max. Punktzahl	Erreichte Punktzahl
<b>Einhalten des vorgegebenen Umfangs</b> (8 – 10 Seiten reiner Text)	1	
<b>Vollständigkeit</b> (Deckblatt mit den geforderten Angaben: Thema, Name des Verfassers, Name der Schule, Kurs, Schuljahr, Inhaltsverzeichnis mit Seitenangaben, Textteil, Literaturverzeichnis, ggf. Anhang, Erklärung der Selbstständigkeit, Sicherungskopie)	2	
<b>Layout</b> (Format DIN A4, einseitig beschrieben, <b>Seitenränder</b> [li: 4 cm, re: 2 cm, o: 2,5 cm, u: 2 cm], <b>Zeilenabstand</b> [1½ -zeilig, längere Zitate: einzeilig], <b>Schriftgrad</b> 12 Times New Roman [längere Zitate Schriftgrad 10], Blocksatz, <b>Überschriftenhervorhebung, gliedernde Abschnitte, Nummerierung u. Anordnung</b> [Deckblatt = 1, nicht nummeriert; Inhaltsverzeichnis = 2, nicht nummeriert; fortlaufender Text = ab 3, Anhang + Literaturverzeichnis + Erklärung in Seitenzählung einbezogen], ggf. Abbildungen nummeriert u. beschriftet)	3	
<b>direkte u. indirekte Zitate</b> (exakt wiedergegeben: Anführungszeichen, Auslassungen durch drei Punkte in eckigen Klammern vermerkt, Hervorhebungen durch den Verfasser gekennzeichnet; <b>formal korrekte bibliograph. Angabe</b> [Quelle, zitierte Seite, evtl. einheitlich abgekürzte Form] als <b>Fußnotenverweis</b> [evtl. sinnvolle Anmerkungen], sinngemäße Zitate durch Kürzel „Vgl.“ gekennzeichnet)	5	
<b>Literaturverzeichnis</b> (Angaben zur benutzten Sekundär- u. ggf. auch Primärliteratur; Autor, Titel, Jahr, ggf. Auflage, Erscheinungsort, Verlag; <b>einheitliche Darstellung</b> , Internetquellen mit Abrufdatum, <b>alphabetisch geordnet</b> )	3	
<b>sprachliche Richtigkeit</b> (Rechtschreibung, Zeichensetzung, Grammatik)	3	
<b>sprachlicher Ausdruck / allgemeiner Schreibstil</b> (Satzbau, Wortwahl)	3	
<b>Zwischensumme:</b>	<b>20</b>	

**II. Inhaltliche Darstellungs- und wissenschaftliche Arbeitsweise (80 Punkte)**

Kriterien	Max. Punktzahl	Erreichte Punktzahl
<b>themengerechte und logische Gliederung der Arbeit</b> (schlüssige Struktur, aussagekräftige Überschriften)	5	
<b>Einleitung</b> (schlüssige Schilderung der Beweggründe und Motivation für die Themenwahl, Breite sowie Ab- u. Eingrenzung des Themas, zentrale Fragestellung, Erläuterung des Aufbaus der Arbeit, methodisches Vorgehen)	5	
<b>Hauptteil:</b>		
<b>logische und stringente Argumentation</b> (roter Faden, konsequenter Themenbezug, sachlogische Verknüpfung der einzelnen Abschnitte, Begründung von Thesen, Verständlichkeit)	5	
<b>inhaltliche Richtigkeit</b>	10	
<b>Grad der Differenziertheit</b> (deutliche Herausarbeitung der gewählten Schwerpunkte, Genauigkeit in Darstellung und Auswertung, umfassende und präzise Erläuterungen wichtiger	10	

Details)		
<b>Kenntnis und Verwendung der Fachsprache</b> (Anwendung notwendiger fachlicher Begriffe, klare Definition u. eindeutige Verwendung, angemessene Abstraktionen)	<b>5</b>	
<b>experimentelle Umsetzung</b> (Angemessenheit, Engagement und Kreativität in Planung, Durchführung und Auswertung des Experiments)	<b>10</b>	
<b>Umfang der benutzten Materialien und Medien und Art des Umgangs, sinnvolle Veranschaulichungen</b> (Auswahl, Aktualität, fach- und sachgerechte, zweckgerichtete Auswertung, direkte / indirekte Zitate, Einbindung ergänzender Materialien [z.B. Diagramme, Tabellen, Schemazeichnungen] zur Veranschaulichung, kritischer Umgang)	<b>5</b>	
<b>Schlussteil / Fazit</b> (systematische Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse, Rückbindung an die zentrale Fragestellung, persönliche Stellungnahme mit kritischer Bewertung / Reflexion, gegebenenfalls Ausblick, offene Fragen)	<b>10</b>	
<b>Ertrag der Arbeit</b> (Verhältnis von Fragestellung, Material u. Ergebnissen, gedankliche Reichhaltigkeit, vertiefte abstrahierende, selbständige und kritische Einsichten)	<b>5</b>	
<b>persönliches Engagement in der Sache</b> (Arbeitseinsatz)	<b>5</b>	
<b>Selbstständigkeit</b> (Themenwahl, Literatursuche, Zeitplanung, Ausdauer, Umgang mit Problemen, gezielt eingeholte Hilfestellung / Beratung, Kreativität, Aufgreifen von Anregungen)	<b>5</b>	
<b>Anmerkung:</b>		
<b>Zwischensumme:</b>	<b>80</b>	
<b>Gesamtsumme:</b>	<b>100</b>	

**Gesamtbewertung:**

**Note:**

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Fachlehrerin / Fachlehrer

%	100-95	> 90,5	> 86	> 81,5	> 77	> 72,5	> 68	> 63,5	> 59	> 54,5	> 50	> 42,5	> 35	> 27,5	> 20	19-0
	15 P.	14 P.	13 P.	12 P.	11 P.	10 P.	9 P.	8 P.	7 P.	6 P.	5 P.	4 P.	3 P.	2 P.	1 P.	0 P.

**Beurteilungsbereich „sonstige Leistungen im Unterricht /**

## **sonstige Mitarbeit“**

Im Beurteilungsbereich „sonstige Leistungen im Unterricht / sonstige Mitarbeit“ werden alle Leistungen gewertet, die eine Schülerin bzw. ein Schüler im Zusammenhang mit dem Unterricht mit Ausnahme der Klausuren und der Facharbeit erbringt.

Dazu gehören Beiträge zum Unterrichtsgespräch, die Leistungen in Hausaufgaben, Beiträge zu physikalischen Experimenten, Referate, Protokolle, sonstige Präsentationsleistungen, das selbstständige Arbeiten und die Mitarbeit in Projekten. Zusätzlich werden benotete schriftliche Übungen dazugezählt. Die maßgebende Rolle bei der Notenfindung spielen die Kontinuität der Mitarbeit und die Entwicklung der Schülerin bzw. des Schülers, nicht so sehr die punktuelle Leistung.

Im Interesse einer besseren Übersichtlichkeit und im Bestreben, möglichst einheitliche fächerübergreifende Vorgaben zur Leistungsbeurteilung vorzulegen, wurden für spezifische Leistungen aus dem Beurteilungsbereich „sonstige Leistungen im Unterricht / sonstige Mitarbeit“ im Rahmen des Konzepts „*Fächerübergreifende Kriterien zur Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit am Gymnasium Letmathe*“ kriterien-gestützte 4-Stufen-Modelle entwickelt. Die in vier Leistungsstufen konkretisierten spezifischen Leistungen betreffen die Bereiche „Unterrichtsgespräch / mündliche Mitarbeit im Unterricht“, „Partner- und Gruppenarbeit“, „Lerndokumentationen“, „Referate / Präsentationen“, „Projektunterricht“, „schriftliche Übungen“. An dieser Stelle sei also auf das oben genannte fächerübergreifende Konzept verwiesen.

### **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 Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

### **Mündliche Abiturprüfungen**

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



## 2.3 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist an der Schule der Dorn Bader Physik von Schroedel eingeführt.

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

Zu ihrer Unterstützung erhalten sie dazu:

a) den Verweis auf geeignete Animationen und Aufgaben im Internet (z.B. leifi) sowie

b) ergänzende Arbeitsblätter zu ausgewählten Kapiteln.

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

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

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

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

#### **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. Die Arbeitsgruppe 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:

Besuch einer Physikveranstaltung einer Universität am Tag der offenen Tür

## **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 in der Regel jährlich. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.

### **Fachgruppenarbeit**

Die Übersicht über die Beschlüsse der Fachkonferenz zur Fachgruppenarbeit dient dazu, diese 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.