



# **Schulinterner Lehrplan (Curriculum)**

## **Fach**

### **Sekundarstufe I**

Stand: Januar 2016

#### **Gymnasium Hohenlimburg**

Gymnasium der Stadt Hagen für Jungen und Mädchen  
Sekundarstufen I und II

Wiesenstraße 27 • 58119 Hagen

Tel.: (02334) 51005 • Fax: (02334) 51006

E-Mail: [info@gymnasium-hohenlimburg.de](mailto:info@gymnasium-hohenlimburg.de)

Web: [www.gymnasium-hohenlimburg.de](http://www.gymnasium-hohenlimburg.de)



**STADT HAGEN**

## **Inhalt**

- 1. Rahmenbedingungen für das Fach Physik**
- 2. Entscheidungen zum Unterricht**
- 3. Grundsätze der Leistungsbewertung**
- 4. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben in der Einführungsphase**
- 5. Zuordnung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte zu den Unterrichtsvorhaben in der Einführungsphase**
- 6. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben im Grundkurs der Qualifikationsphase**
- 7. Zuordnung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte zu den Unterrichtsvorhaben im Grundkurs der Qualifikationsphase**
- 8. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben im Leistungskurs der Qualifikationsphase**
- 9. Zuordnung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte zu den Unterrichtsvorhaben im Leistungskurs der Qualifikationsphase**

## **1. Rahmenbedingungen für das Fach Physik**

### **Leitbild**

Das Gymnasium Hohenlimburg versteht sich als starke Schule (Mitglied der BuG-Schulen NRW s. Schulprogramm). Daraus folgt, dass das Mädchen und Jungen in den naturwissenschaftlichen Fächern auch stark gemacht werden sollen. Unsere Schule bietet seit dem Schuljahr 2013/2014 als eine der ersten Schulen in Hagen die Möglichkeit der Inklusion. Dies wird auch in den naturwissenschaftlichen Fächern berücksichtigt. Das Gymnasium sieht seinen Schwerpunkt durchaus in den naturwissenschaftlichen Fächern. Es bietet fast jedes Jahr einen Biologie- und Physikleistungskurs an und es gibt immer mehrere Grundkurse in Chemie, Physik und Biologie. Es gibt eine Energie-AG an unserer Schule und wir nehmen regelmäßig an naturwissenschaftlich ausgerichteten Wettbewerben teil. Im Rahmen der Berufsorientierung in der Q1 erkunden die Schülerinnen und Schüler verschiedene, oft technische Betriebe. Im Rahmen des Girls' Days wird die Orientierung von Mädchen an Berufen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich gefördert. Der naturwissenschaftliche Unterricht ist grundlegend für viele Ausbildungsberufe in diesem Bereich.

### **Unterricht und Ausstattung**

Physikunterricht findet in der Regel in Doppelstunden im Fachraum statt und wird in den Jahrgängen 6, 8 und 9 meistens zweistündig unterrichtet. In allen Themenfeldern sollen Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, Experimente durchzuführen, was mit der vorhandenen Ausstattung fast durchgehend möglich ist. Mit zurzeit ca. 800 Schülerinnen und Schülern ist das Gymnasium Hohenlimburg vierzünftig in fast allen Stufen. An der Schule unterrichten fünf Lehrpersonen das Fach Physik, fünf das Fach Biologie und vier das Fach Chemie. Es gibt im Bereich der Wahlpflichtfächer außerdem noch das Fach Ernährungslehre, Chemie-Informatik und technische Informatik.

Es gibt insgesamt sechs naturwissenschaftliche Fachräume, darunter zwei Physikräume. Jeder zweite Raum ist mit einem Beamer ausgestattet und es gibt die Möglichkeit, den Computer flexibel einzusetzen. Demonstrationsexperimente und Schülerübungsmaterialien sind die Grundlage des Experimentalunterrichts. Computersimulationen von Experimenten sind in den drei Computerräumen der Schule möglich.

## 2. Entscheidungen zum Unterricht

### Ziele des Physikunterrichts

Der Physikunterricht knüpft an die Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schülern an. Dazu werden Schülervorstellungen im Unterricht erfasst und weiterentwickelt. Durch kooperative Lernformen wird eine hohe Schüleraktivität erreicht und werden kommunikative sowie soziale Kompetenzen weiterentwickelt. Trotz festgelegter Sitzreihen, bedingt durch Wasser-, Gas- und Stromanschluss, ist die Sitzordnung so flexibel, dass jeder Zeit Einzel-, Partner und Gruppenarbeiten möglich sind. Das Experiment nimmt eine zentrale Stellung im Unterricht ein. Wenn die Ausstattung es zulässt und ein Experiment sich inhaltlich als Schülerexperiment eignet, experimentieren die Schülerinnen und Schüler in Gruppen. Dabei können wir in der Regel 8 Gruppentische mit Materialien ausstatten. Vor allem in der Klasse 6 nimmt die Arbeit mit Experimentierkästen einen großen Stellenwert ein.

Manche Experimente werden als Demonstrationsexperimente durchgeführt, z.B. aufgrund von Sicherheitsauflagen. Experimente werden mithilfe von Versuchsprotokollen dokumentiert und ausgewertet. Am Ende der Sekundarstufe I sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage ein Experiment vollkommen selbstständig zu protokollieren.

### Exkursionen und Wettbewerbe

Die Fachschaft Physik ist daran interessiert, die Schülerinnen und Schüler auf die universitäre Laufbahn vorzubereiten. Daher nehmen die Schülerinnen und Schüler regelmäßig an Exkursionen und Wettbewerben teil, die z.T. von Universitäten angeboten werden. Hier eine Auflistung der Exkursionen und Wettbewerbe, die regelmäßig besucht werden:

- Masterclasses Physik: Programm der TU Dortmund zur Teilchenphysik, an dem die Schülerinnen und Schüler der Leistungskurse und auch interessierte SuS der Grundkurse teilnehmen. Dabei geht es darum, einen Einblick in die Teilchenwelt zu erhalten und die Physik der Universitäten kennen zu lernen.
- Zwischen Brötchen und Borussia: Eine Vortragsreihe der TU Dortmund zu verschiedenen Themenbereichen der Physik, an dem der Leistungskurs exemplarisch teilnimmt.
- Besichtigung des Teilchenbeschleunigers DELTA: Der Leistungskurs nimmt an einer Besichtigung des in Dortmund ansässigen Teilchenbeschleunigers teil, um die im Unterricht erworbenen Fähigkeiten direkt anzuwenden und zu veranschaulichen.
- MinTU: Programm für Mädchen der TU Dortmund in den MINT-Fächern
- Freestyle physics: Wettbewerb für Klassen der Mittelstufe

### 3. Grundsätze der Leistungsbewertung

Die Kompetenzbereiche Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung besitzen den gleichen Stellenwert. Eine Schwerpunktsetzung auf den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ ist nicht zulässig.

Im Physikunterricht der Sekundarstufe I gibt es außerhalb des WPI - Bereiches keine Klassenarbeiten. Daher wird der Bereich „Sonstige Leistungen“ bewertet. Die sonstige Mitarbeit umfasst die mündliche und schriftliche Mitarbeit sowie die experimentellen Fertigkeiten. Hierbei sollte der individuelle Lernzuwachs berücksichtigt werden. In der Einstiegsphase eines Unterrichtsvorhabens werden die Schülerinnen und Schüler über die angestrebten Ziele und die Form der Leistungsbewertung informiert.

#### Prozessbezogene, unterrichtsbegleitende Lernerfolgsüberprüfungen

Alle Schülerinnen und Schüler werden zu Beginn des Schuljahres oder bei Lehrerwechsel über diese Kriterien aufgeklärt.

##### Kriterien:

Die Schülerin bzw. der Schüler ...

- beteiligt sich durch mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von fachlichen Zusammenhängen oder Bewerten von Ergebnissen am Unterrichtsgeschehen
- analysiert und interpretiert Texte, Graphiken und Diagramme
- beschreibt Sachverhalte unter korrekter Verwendung der Fachsprache
- arbeitet zielgerichtet, lässt sich nicht ablenken und stört andere nicht
- bringt seine individuellen Kompetenzen und Fertigkeiten in den Arbeitsprozess ein
- übt seine Funktion innerhalb der Gruppe verantwortungsvoll aus und trägt zum gemeinsamen Erfolg der Gruppenarbeit bei
- geht in Gesprächen auf die Aussagen seiner Mitschüler ein und bezieht diese in die eigene Argumentation mit ein
- stellt eigene Meinungen sachgerecht dar und vertritt sie begründet
- reflektiert den eigenen Arbeitsprozess und setzt die gewonnenen Erkenntnisse um
- hält vereinbarte Regeln ein
- zeigt ein angemessenes Maß an Eigeninitiative und Selbstständigkeit beim Aufbau, der Durchführung und der Auswertung von Versuchen
- geht mit den Experimentiermaterialien sachgerecht bzw. sorgfältig um und hinterlässt den Arbeitsplatz sauber
- bewältigt die Aufgaben in der zur Verfügung stehenden Zeit
- präsentiert Arbeitsergebnisse (von Gruppen- /Partnerarbeiten) strukturiert, visualisiert und fachlich korrekt.

Die individuellen Leistungen sind auch bei Gruppenarbeiten den einzelnen Schülerinnen und Schülern zuzuordnen.

## Produktbezogene, punktuelle Lernerfolgsüberprüfung

Diese können ein Referat, Versuchsprotokolle, schriftliche Leistungsüberprüfungen, Vorstellung eines Experimentes, Vorstellung einer Hausaufgabe oder schriftliche Hausaufgabenüberprüfungen sein. Folgende Kriterien dienen zur Bewertung von schriftlichen Ergebnissen aus dem Unterricht:

- Ausführlichkeit und Sorgfalt
- Nachvollziehbarkeit
- angemessene Verwendung der Fachsprache
- äußere Form der Darstellung bzw. Ausführung
- Qualität des Produktes

Schriftliche Leistungsüberprüfungen müssen so angelegt sein, dass sie den Erwerb der Kompetenzen überprüfen und dabei verschiedene Kompetenzen aus unterschiedlichen Bereichen berücksichtigen.

Das erreichte Kompetenzniveau und der Kompetenzzuwachs werden in die Bewertung einbezogen.

## Kriterien für Referate

Die Vorbereitung und Durchführung von Referaten wird im Rahmen des Methodenkonzeptes an Methodentagen erarbeitet, wodurch eine gewisse Qualität der Referate vorausgesetzt werden kann.

Kriterien für die Qualität eines naturwissenschaftlichen Referates sind:

- Klare Formulierung des Themas
- Strukturierung des Vortrages (roter Faden)
- Adressatengerechte Vermittlung
- Geeignete Auswahl der Visualisierung
- Freies Sprechen
- Verwendung der Fachsprache
- Hintergrundwissen
- Sach- und Adressatengerechtes Handout

## Kriterien für naturwissenschaftliche Protokolle

Versuchsprotokollen werden in den Fächern Biologie, Chemie und Physik einheitlich nach der folgenden Struktur angefertigt:

- **Name des Experimentes** bzw. **Fragestellung der Stunde**
- **Hypothese / Vermutung** (Optional)
- **Materialien** (& Chemikalien)
- **Versuchsaufbau** bzw. **Versuchsskizze**
- **Durchführung**
- **Beobachtungen**
- **Auswertung** (ggf. Beantwortung der Fragestellung der Stunde)

Kriterien für die Qualität eines naturwissenschaftlichen Protokolls sind:

- gewissenhafte Anfertigung

- angemessene Dokumentation
- Verwendung der Fachsprache
- Anfertigung von Skizzen mit Lineal & Bleistift

### Leistungsanforderungen

Die Fachkonferenzen der naturwissenschaftlichen Fächer legen Kriterien für gute und ausreichende Leistungen für die prozess- und produktbezogenen Leistungsanforderungen fest.

	<b>Gute Leistung</b>	<b>Ausreichende Leistung</b>
	<b>Die Leistung entspricht in vollem Umfang den Anforderungen</b>	<b>Die Leistung weist zwar Mängel auf, entspricht im Ganzen aber noch den Anforderungen</b>
<b>Mündliche Beiträge</b>	Verständnis schwieriger Sachverhalte und deren Einordnung in den Kontext. Selbstständiger Erkennen des Problems ohne Hilfen oder Impulse. Unterscheidung zwischen Wesentlichem und Unwesentlichem. Fachsprachlich weitgehend fehlerfreie Aussagen. Überdurchschnittlich selbstständige Mitarbeit. Nutzen von Fachwissen zur Beurteilung von Sachverhalten. Einbezug von Aussagen anderer Lernender in die eigene Stellungnahme.	Nur gelegentliche freiwillige Mitarbeit im Unterricht. Äußerungen beschränken sich zumeist auf die Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus dem unmittelbar behandelten Themenbereich uns sind im Wesentlichen richtig. Gelegentlich akzeptable Verwendung der Fachsprache. Nachvollziehen der Problemstellung mit Hilfen und Impulsen.
<b>Gruppenarbeit</b>	Beiträge zum Gruppenergebnis durch konzentrierte Mitarbeit einbringen. Individuelle Funktion in der Gruppe gewissenhaft ausführen. Hilfen geben und Hilfen annehmen. Präsentiert das Gruppenergebnis übersichtlich und nachvollziehbar. Konstruktives Feedback bei anderen Gruppenergebnissen.	Annahme von Hilfestellungen anderer Lernender. Weitestgehend aktive Mitarbeit in der Gruppenarbeitsphase. Beteiligt sich angemessen an der Produktion und Präsentation der Arbeitsergebnisse.
<b>Experimente</b>	Selbstständiger und fachgerechter Aufbau und Abbau von Experimenten sowie sachgerechter und sicherer Umgang mit den Materialien/Chemikalien. Der Arbeitsplatz wird sauber und ordentlich hinterlassen. Übersichtliche und vollständige Dokumentation der Beobachtungen und der Auswertung.	Hält sich an die Regeln zum sicheren Experimentieren. Füllt seine Rolle und Aufgabe in der Experimentierphase aus. Dokumentiert Beobachtungen und Auswertungen.

## **Besonderheiten der Leistungsbewertung in der Sekundarstufe II**

Neben dem Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“, der wie in der Sekundarstufe I bewertet wird, kann auch der Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ zur Gesamtnote hinzukommen, falls das Fach Physik „schriftlich“ gewählt wird. Die „Sonstige Mitarbeit“ und „Schriftliche Mitarbeit“ fließen dann zu gleichen Teilen in die Gesamtnote ein.

Die nachfolgende Liste an Überprüfungsformen stellt eine Auswahl von Möglichkeiten dar, welche nicht zwingend vollständig ist:

- **Darstellungsaufgaben (z.B.: Beschreibung und Erläuterung eines physikalischen Phänomens)**
- **Experimentelle Aufgaben (z.B.: Überprüfung von Vermutungen / Planung bzw. Durchführung von Experimenten)**
- **Aufgaben zu Messreihen und Daten (z.B.: Auswertung und Bewertung von Daten)**
- **Aufgaben zu Theorien und Modellen**
- **Rechercheaufgaben**
- **Bewertungsaufgaben**



#### 4. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben in der Einführungsphase (EF)

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen abzudecken. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans bei den Lernenden auszubilden und zu entwickeln. Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der Übersichts- und der Konkretisierungsebene.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „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 nur ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant. (Als 75 % wurden für die Einführungsphase 90 Unterrichtsstunden, für den Grundkurs in der Q1 ebenfalls 90 und in der Q2 60 Stunden und für den Leistungskurs in der Q1 150 und für Q2 90 Unterrichtsstunden zugrunde gelegt.)

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ empfehlenden Charakter. Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen diese 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 Lernorten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen. Abweichungen von den vorgeschlagenen 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 Kompetenzen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

<b>Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase</b>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><b>Verkehrsphysik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens</li> </ul> <p>Wie lassen sich lineare Bewegungen beschreiben und rechnerisch erfassen?</p> <p>Zeitbedarf: 20 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kräfte und Bewegungen</li> <li>Trägheit und Masse</li> </ul>	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen</p> <p>K4 Argumentation</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p> <p>UF2 Auswahl</p>
<p><b>Physik in Action!</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens</li> </ul> <p>Wie lassen sich Bewegungen in der Ebene vermessen und analysieren?</p> <p>Zeitbedarf: 24 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kräfte und Bewegungen</li> <li>Energie und Impuls</li> <li>Kreisbewegung</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung</p> <p>E3 Hypothesen</p> <p>E6 Modelle</p> <p>E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><b>Bewegung im erdnahen Weltraum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens</li> </ul> <p>Wie können die Bewegungs-gesetze der Erde in den Weltraum übertragen werden?</p> <p>Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gravitation</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung</p> <p>UF1 Wiedergabe</p> <p>K1 Dokumentation</p>
<p><b>Erdbeben und ihre Auswirkungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens</li> </ul> <p>Wie lässt sich die Ausbreitung und Auswirkung von Erdbeben genauer untersuchen?</p> <p>Zeitbedarf: 16 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schwingungen und Wellen</li> <li>Kräfte und Bewegungen</li> <li>Energie</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung</p> <p>UF1 Wiedergabe</p> <p>K1 Dokumentation</p>

Summe Einführungsphase: 68 Stunden
------------------------------------

## 5. Zuordnung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte zu den Unterrichtsvorhaben in der Einführungsphase

### Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

#### Inhaltsfeld: Mechanik

##### Kontext: *Verkehrsphysik*

Leitfrage: Wie lassen sich lineare Bewegungen beschreiben und rechnerisch erfassen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Trägheit und Masse

**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>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b>	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Beschreibung von Fahrzeugen - Bewegungen im Alltag  Aristoteles vs. Galilei (4 Ustd.)	stellen den Zusammenhang von Bewegungsänderungen und Kräften dar stellen anhand von Beispielen die Wirkungen von Kräften dar vereinfachen komplexe Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).	Freihandexperimente zur qualitativen Beobachtung von Bewegungen (z.B. Bewegungen auf der geneigten Bahnen)  <b>Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen</b>	Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe, Analyse von Reibungseinflüssen Vorstellungen zur Trägheit, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I. Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Ustd.)	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),</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>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <math>t</math>-<math>s</math>- und <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</p>	<p><b>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</b></p> <p><b>Messverfahren mit Lichtschranken</b></p> <p><b>Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</b></p>	<p>Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung)</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegung und Erarbeitung der Bewegungsgesetze</p> <p>Erstellung von <math>t</math>-<math>s</math>- und <math>t</math>-<math>v</math>-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden</p> <p>Untersuchung von Überhol- und Bremsvorgängen.</p>

## Inhaltsfeld: Mechanik

### Kontext: *Physik in Action!*

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen in der Ebene vermessen und analysieren?

Mögliche Felder: Freizeitpark, James Bond, Sport

Inhaltliche Schwerpunkte: 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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport (2 Ustd.)	planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung komplexer Bewegungsvorgänge im Sport, führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1), vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1), bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6)	Digitale Videoanalyse (z.B. mit <i>VideoAnalyzer, VIANA</i> ) von Bewegungen im Sport  Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z. B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)  <b>Freier Fall</b> und Bewegung auf einer schiefen Ebene  <b>Wurfbewegungen</b>	Vorstellungen zur Fallbewegung, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.  Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen mithilfe einer Software zur Tabellenkalkulation)  Planung von Experimenten durch die Schüler (Auswertung mithilfe der Videoanalyse)  Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses

		Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel	der Körpermasse bei Fallvorgängen, auch die Argumentation von Galilei ist besonders gut geeignet, um Argumentationsmuster in Physik explizit zu besprechen  Wesentlich: Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenzerlegung und Addition vektorieller Größen)  Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve nur optional
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)	berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),  entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),  reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),	<b>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</b> <b>Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft</b> <b>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</b>	Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen  Erarbeitungen des Newton'schen Bewegungsgesetzes  Berechnung von Kräften und Beschleunigungen bei Sportarten, Einfluss von Reibungskräften
Arbeit und Energie Impuls (12 Ustd.)	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),  erläutern die Energieumwandlungen (Energieentwertung) bei verschiedenen Sportarten	Fadenpendel (Schaukel)  Sportvideos  <b>Luftkissenfahrbahn mit</b>	Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen  Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition

	<p>(UF2, UF4),          verwenden Energieerhaltungssätze, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),          beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),          bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).</p>	<b>digitaler Messwerterfassung</b>	<p>der Arbeit          Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen          Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten          Begriff des Impulses          Elastischer und inelastischer Stoß an anschaulichen Beispielen aus dem Sport</p>
<p>Kreisbewegungen          (8 Ustd.)</p>	<p>analysieren und berechnen auftretende Beschleunigungen und Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),</p>	<b>Messung der Zentralkraft</b>	<p>Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz            Experimentell, erkundende Erarbeitung der Formeln für die Zentripetalbeschleunigung und Zentripetalkraft</p>
<b>42 Ustd. Summe</b>			



## Inhaltsfeld: Mechanik

### Kontext: *Bewegung im erdnahen Weltraum*

Leitfrage: Wie können die Bewegungsgesetze der Erde in den Weltraum übertragen werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation

**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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (3 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),	<b>Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell</b>	Im Anschluss an:  Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten  Bahnen von Satelliten und Planeten Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt  Besuch in einer Sternwarte, Planetarium Bochum  Beobachtungen am Himmel  Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen
Planetenbewegungen	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des	Drehbare Sternkarte und aktuelle	Orientierung am Himmel

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
und Kepler'sche Gesetze (5 Ustd.)	Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), 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).	astronomische Tabellen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Beobachtungsaufgabe: Finden von Planeten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Benutzung geeigneter Apps
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (6 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 Ustd.)	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).	Skateboards und Medizinball Wasserrakete Raketentriebwerke für Modellraketen Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung	Impuls und Rückstoß Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete in einer Excel-Tabelle Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme

## Inhaltsfeld: Mechanik

### Kontext: Erdbeben und ihre Auswirkungen

Leitfrage: Wie lässt sich die Ausbreitung und Auswirkung von Erdbeben genauer untersuchen?

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

**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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Entstehung und Ausbreitung von seismischen Wellen (4 Ustd.)	erklären qualitativ die Entstehung von mechanischen Schwingungen und Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	Aufbau eines Modell-Seismographen mit Aufzeichnung der Zeit-Auslenkungs-Funktion	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude
Modelle der Wellenausbreitung (4 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),	<b>Lange Schraubenfeder, Wellenwanne</b>	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen  Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Zurückgreifen auf den Modell-Seismographen	Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge)

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
<b>16 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

### Inhaltsfeld: Mechanik

#### Kontext: *Erdbeben und ihre Auswirkungen*

Leitfrage: Wie lässt sich die Ausbreitung und Auswirkung von Erdbeben genauer untersuchen?

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

**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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Entstehung und Ausbreitung von seismischen Wellen (4 Ustd.)	erklären qualitativ die Entstehung von mechanischen Schwingungen und Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	Aufbau eines Modell-Seismographen mit Aufzeichnung der Zeit-Auslenkungs-Funktion	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude
Modelle der Wellenausbreitung (4 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),	<b>Lange Schraubenfeder, Wellenwanne</b>	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen  Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
			Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Zurückgreifen auf den Modell-Seisomographen	Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge)
<b>16 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## 6. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben im Grundkurs der Qualifikationsphase

<b>Kontext und Leitfrage</b>	<b>Inhaltfelder, inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Kompetenzschwerpunkte</b>
<p><i>Erforschung des Elektrons</i>            Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?            Zeitbedarf: 12 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik und Elektron als Quantenobjekt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron (Teilchenaspekt)</li> </ul>	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle
<p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i>            Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> <p><i>Wirbelströme im Alltag</i>            Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?            Zeitbedarf: 22 Ustd.</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>	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien
<p><i>Erforschung des Photons</i> - Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?</p> <p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> - Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?  <b>Zeitbedarf: 22 Ustd.</b></p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photon (Wellenaspekt)</li> <li>• Photonen und Elektronen (Teilchenaspekt und Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>	E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> - Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?</p> <p><i>Mensch und Strahlung</i> - Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?</p> <p><i>Forschung am CERN und DESY</i> - Was sind die kleinsten Bauteile der Materie?            Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung der Atomhülle</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> <li>• Kernumwandlungen</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen UF3 Systematisierung E6 Modelle

<p><i>Navigationssysteme</i> – Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?</p> <p><i>Teilchenbeschleuniger</i> - Warum Teilchen aus dem Takt geraten Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</p> <p><i>Das heutige Weltbild</i>-Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 11 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <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>	<p>UF1 Wiedergabe E6 Modelle UF4 Vernetzung B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><u>Summe Qualifikationsphase Grundkurs: 95 Stunden</u></p>		

## 7. Zuordnung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte zu den Unterrichtsvorhaben im Grundkurs der Qualifikationsphase#

Inhaltsfeld: Elektrik/ Elektron als Quantenobjekt

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

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

Inhaltliche Schwerpunkte: **Elektron (Teilchenaspekt)**

**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 Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungen adressatengerecht präsentieren,

(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>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Elementarladung (5Ustd.)	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1),</li> <li>- bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),</li> <li>- erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),</li> </ul>	<p>Elektrische Ladung, elektrisches Feld</p> <p>Geladene Teilchen im elektrischen Feld</p> <p>Experiment: Der Millikanversuch Nachweis der Elementarladung Elektronenstrahlröhre</p>	Nachweis der Elementarladung
Elektronenmasse (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1),</li> <li>- modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),</li> <li>- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1),</li> </ul>	<p>Das magnetische Feld</p> <p>Exkurs: Messung magnetischer Felder</p> <p>Experiment: Bestimmung der Elektronenmasse mit dem Fadenstrahlrohr</p> <p>Exkurs: Geladene Teilchen in Feldern</p>	Elektronen haben eine Masse
<b>12 Ustd</b>	<b>Summe</b>		

## 1. Inhaltsfeld: *Elektrodynamik*

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

Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereit gestellt werden? Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

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,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung (5 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</li> <li>- erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</li> <li>- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe der Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</li> <li>- werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5),</li> </ul>	<p>Spannung und Energie</p> <p>Experiment: Leiterschaukel Elektromagnetische Induktion</p> <p>Methoden: Versuche zur Induktion</p>	<p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet.</p>

<p>Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</li> <li>- erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</li> <li>- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> (E2, E6),</li> <li>- recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</li> <li>-werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5),</li> </ul>	<p>Experiment: Leiterschleifen im Magnetfeld</p> <p>Experiment: Generator Generatoren erzeugen Spannungen</p> <p>Methoden: Mathematische Beschreibung der Wechselspannung</p> <p>Exkurs: Anwendung von Generatoren</p> <p>Exkurs: Messdatenerfassungssysteme</p> <p>Exkurs: Elektrische Leistung</p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ Transformator (5 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</li> <li>- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2),</li> <li>- geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</li> <li>- führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</li> </ul>	<p>Experiment: Transformator Energieübertragung im Transformator</p> <p>Exkurs: Anwendungen des Transformators</p>	
<p>Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</li> <li>-bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der</li> </ul>	<p>Experiment: Modellversuch zu Freileitungen</p>	

	<p>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>	<p>Transport elektrischer Energie</p> <p>Exkurs: Verteilung elektrischer Energie</p>	
<p>Lenz'sche Regel (4 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <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>Experiment: Thomson'scher Ringversuch Induktion und Energie</p> <p>Exkurs: Wirbelstrombremse</p>	<p>Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)</p>
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Inhaltsfeld: Quantenobjekte

### Kontext: *Erforschung des Photons, Photonen und Elektronen als Quantenobjekte*

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

(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,

(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.

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Beugung und Interferenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	- veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),	Experiment: Versuche mit Wasserwellen Die Ausbreitung von Wasserwellen	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit dem <i>Doppelspalt</i> (E5),</li>   <li>- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit dem <i>Gitter</i> (E5),</li> </ul>	<p>Experiment: Untersuchung von Licht am Doppelspalt Interferenzen am Doppelspalt</p> <p>Experiment: Untersuchung von Licht am Gitter Interferenz von Licht am optischen Strichgitter</p> <p>Exkurs: - Holografie - Beugung von Licht</p> <p>Methoden: Interferometer selbst gebaut</p>	
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	<p>Experiment: Der Fotoeffekt Licht löst Elektronen aus</p> <p>Exkurs: Geschichte des Fotoeffekts</p>	
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge  (3 Ustd.)	-erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4)	Experiment zur Elektronenbeugung	
Licht und Materie  (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3),</li> <li>- zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4)</li> </ul>	Exkurs: Photonen erzeugen Beugungsbilder	

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Licht und Materie (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</li> <li>- verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3),</li> <li>- zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</li>   <li>- beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4)</li> </ul>	<p>Zwei-Wege-Experimente</p> <p>Quantenobjekte</p> <p>Exkurs: Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation</p> <p>Exkurs: Deutungen</p>	
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		



## **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

**Kompetenschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
(Ustd. à 45 min) Kern-Hülle-Modell (4 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler... - erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4)	Atome und Atommodelle	Ausgewählte Beispiele
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	- 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),	Experiment: Franck-Hertz-Versuch Ionisation und Anregung von Atomen	
Energieniveaus der Atomhülle	- 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), - erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Experiment: Flammenfärbung Experiment: Linienspektren  Untersuchung von Wasserstoff Exkurs: Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells  Exkurs: Elektronen im Atom Exkurs: Farbstoffe	Spektraluntersuchungen
Sternspektren und Fraunhoferlinien	- 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),	Experiment: Sonnenspektrum  Exkurs: Spektralanalyse in der Astronomie	Das Spektrum des Sonnenlichts

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Röntgenstrahlung	- 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)	Experiment: Aufnahme von Röntgenspektren  Charakteristische Röntgenspektren	
<b>13 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## **Inhaltsfeld: Strahlung und Materie**

### **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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Strahlungsarten	Die Schülerinnen und Schüler... - erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4)	Atome und Atommodelle	
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	- unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), - erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von <i>Absorptionsexperimenten</i> (E4, E5), - bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Eigenschaften der Strahlung eines radioaktiven Präparats  Experiment: Absorptionsexperimente zu $\alpha$ -, $\beta$ - und $\gamma$ -Strahlung  Nachweis radioaktiver Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung	- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Die Struktur der Atomkerne  Radioaktiver Zerfall	
Detektoren	- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Experiment: Geiger-Müller-Zählrohr  Nachweis und Messung radioaktiver Zerfallsprozesse	
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe	- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1), - bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3,	Exkurs: Dosimetrische Größen  Exkurs: Altersbestimmung mit radioaktiven Stoffen	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Dosimetrie	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>B3, B4),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</li> <li>- erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2),</li> <li>- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4),</li> <li>- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4)</li> </ul>	Exkurs: Moderne Physik – moderne Medizin	
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

### **Kontexte: *Navigationssysteme, Teilchenbeschleuniger, das heutige Weltbild***

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? 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

(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,

(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,

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Relativität der Zeit	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</li> <li>- erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfall</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1),</li> <li>- erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</li> <li>- erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</li> <li>- begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</li> <li>- erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</li> </ul>	<p>Experiment: Michelson-Morley</p> <p>Die Einstein'schen Postulate</p> <p>Experiment: Myonenzerfall Ort, Zeit, Ereignis</p> <p>Experiment: Lichtuhr Messen und Wahrnehmen</p> <p>Exkurs: Bilder bewegter Körper</p> <p>Methoden: Zeitdilatation und Längenkontraktion</p> <p>Methoden: Geschwindigkeitsaddition</p> <p>Exkurs: Vergangenheit und Zukunft</p>	
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4), <i>Absorptionsexperimenten</i> (E4, E5),</li> <li>- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),</li> </ul>	<p>Experiment: Zyklotron</p> <p>Geladene Teilchen im Hochenergiebeschleuniger</p> <p>Exkurs: Geladene Teilchen in</p>	



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
		Feldern Nachweis radioaktiver Strahlung	
Ruhemasse und dynamische Masse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).</li> <li>- zeigen die Bedeutung der Beziehung <math>E = mc^2</math> für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)</li> </ul>	<p>Relativistische Masse, Energie und Impuls</p> <p>Methoden: Relativistische Erhaltungsgrößen</p> <p>Energie aus dem Atomkern</p> <p>Exkurs: Leichtwasser-Kernreaktoren</p> <p>Exkurs: Chancen und Risiken der Kernenergietechnik</p> <p>Exkurs: Wissenschaft und Gesellschaft</p>	
<b>11 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Inhaltsfeld: Strahlung und Materie**

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Kernbausteine und Elementarteilchen	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),</li> <li>- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1),</li> <li>- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),</li> </ul>	<p>Elementarteilchen</p> <p>Exkurs: Untersuchung von Teilchenumwandlungen</p>	
<p>(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung</p> <p>Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</p>	<p>- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6)</p>	<p>Elementarteilchen</p>	
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Übersicht über die Unterrichtsvorhaben im Leistungskurs der Qualifikationsphase

### Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben (Leistungskurs)

Qualifikationsphase 1/ 2

<b>Kontext und Leitfrage</b>	<b>Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Kompetenzschwerpunkte</b>
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i>  Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?  Zeitbedarf: 24 Ustd.</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>	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<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: 22 Ustd.</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>	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i>  Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?  Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Induktion</li> </ul>	UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i>  Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?  Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Erforschung des Photons</i>  Besteht Licht doch aus Teilchen?  Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p><i>Quantenphysik</i></p> <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

Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 9 Ustd.	Quantenphysik • Licht und Elektronen als Quantenobjekte	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Quantenphysik • Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation • Quantenphysik und klassische Physik	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen
Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik • Atomaufbau	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen
Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie) Wie nutzt man Strahlung in der Medizin? Zeitbedarf: 14 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik • Ionisierende Strahlung • Radioaktiver Zerfall	UF3 Systematisierung E6 Modelle UF4 Vernetzung
(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen Wie funktioniert die <sup>14</sup> C-Methode? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik • Radioaktiver Zerfall	UF2 Auswahl E5 Auswertung
Energiegewinnung durch nukleare Prozesse Wie funktioniert ein Kernkraftwerk? Zeitbedarf: 9 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik • Kernspaltung und Kernfusion • Ionisierende Strahlung	B1 Kriterien UF4 Vernetzung
Forschung am CERN und DELTA – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 11 Ustd.	Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen	UF3 Systematisierung K2 Recherche
Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 4 Ustd.	Relativitätstheorie • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit	UF2 Auswahl E6 Modelle
Höhenstrahlung Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche? Zeitbedarf: 4 Ustd.	Relativitätstheorie • Zeitdilatation und Längenkontraktion	E5 Auswertung K3 Präsentation
Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 8 Ustd.	Relativitätstheorie • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung	UF4 Vernetzung B1 Kriterien

<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i>          Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?          Zeitbedarf: 4 Ustd.</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: 4 Ustd.</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>
<p><u>Summe Qualifikationsphase Leistungskurs: 209</u>  <u>Stunden</u></p>		

## **1. Zuordnung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte zu den Unterrichtsvorhaben im Leistungskurs der Qualifikationsphase**

Im Leistungskurs sollen die Schülerinnen und Schüler an die wissenschaftlichen Arbeitsmethoden der Universitäten und Fachhochschulen herangeführt werden. Dazu bedarf es auch an mathematischen Grundlagen, die im Leistungskurs benötigt und geschult werden.

Aus Gründen der Fachsystematik hat sich die Fachkonferenz entschieden, die vorgeschlagene Reihenfolge aus dem Lehrplan Physik abzuändern. Die Relativitätstheorie ist also nicht das erste Thema der Q1, sondern die Erforschung des Elektrons wird als erstes in der Q-Phase unterrichtet. Das hat folgende Vorteile:

- Fachsystematische Zusammenhänge werden von den Schülerinnen und Schülern schneller erkannt
- Den Schülerinnen und Schülern können mit dem weniger komplexen Thema leichter Grundlagen und Arbeitsweisen vermittelt werden, die sie auch benötigen, um Klausuren schreiben zu können
- Die Schülerinnen und Schüler bekommen mit Hilfe einfacher Demonstrations- und Schülerexperimente einen Einblick in die Auswertung von Daten und die Experimentiergrundlagen im Leistungskurs, statt erst mal ausschließlich mit Applets und Gedankenexperimenten zu arbeiten
- Die Schülerinnen und Schüler schreiben zunächst mindestens 2 Klausuren, die in das klassische Arbeitsschema passen und gewöhnen sich daran, bevor die Relativitätstheorie mit spezielleren Aufgaben abgeprüft wird



## **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>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Grundlagen:</b> Ladungstrennung, Ladungsträger (4 Ustd.)	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),	einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung, halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstäkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche	An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen. Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.
<b>Bestimmung der Elementarladung:</b> elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator Elementarladung (10 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),	Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, Plattenkondensator (homogenes E-Feld),	Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet. Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt. Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.

	<p>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 Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld</p>
<p><b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b> magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse (10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), treffen im Bereich Elektrik 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),</p>	<p>Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee, Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld (Messwerterfassungssystem) sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke, Versuche mit z.B. Braunsche Röhre, Fadenstrahlrohr, altem Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft, Fadenstrahlrohr zur <math>e/m</math> – Bestimmung</p>	<p>Der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet. Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes, Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,</p>

	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>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>		
<b>24 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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.

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

<p><b>Anwendungen in Forschung und Technik:</b></p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)</p>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und 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>Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen), Elektronenstrahlableitkröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Bestimmung der magnetischen Feldkonstante</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><b>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</b></p> <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/Energiespeicher),</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren,</p> <p>statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker,</p> <p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/Energiespeicher vorgestellt</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante</p>
--	---	--	--



	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>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>		
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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.

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

<p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b></p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes (22 Ustd.)</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße <math>B</math>, registrierende Messung von <math>B(t)</math> und <math>U_{\text{ind}}(t)</math>,</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flächenänderung</li> <li>2. Änderung der Feldgröße <math>B</math></li> </ol> <p>Drehung einer Leiterschleife</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert</p>
---	---	---	---

	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>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),</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen,</p> <p>diverse „Ringversuche“</p>	<p>Definition der Induktivität</p>
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</b> Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis (12 Ustd.)	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),	Demonstrationsversuch elektromagnetischer Schwingkreis mit Messwerterfassungssystem	Der Schwingkreis

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),	RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,  ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen	Thomsonsche Schwingungsgleichung
	wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).		

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b> Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen, (16 Ustd.)	beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6), erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <i>B</i> - bzw. <i>E</i> -Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6), beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6), erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6). ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5). beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6). erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),	dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe), Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen, Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion), visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion, Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen, Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),	Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C, .



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p>	<p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Wellenwanne</p> <p>Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,</p> <p>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ)</p> <p>– sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen</p>
<b>28 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Ustd.)	begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)	Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (Computersimulation).
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd.)	leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),  reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).  erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)  Myonenzerfall (Computersimulation)	

<p>Längenkontraktion (2 Ustd.)</p>	<p>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),</p>	<p>Myonenerfall</p>	
<p><b>4 Ustd.</b></p>	<p><b>Summe</b></p>		

**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,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.

<p>Bindungsenergie im Atomkern</p> <p>Annihilation</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<p>beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4),</p> <p>bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1),</p> <p>beurteilen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),</p>	<p>Historische Aufnahme von Teilchenbahnen</p>	
<p><b>8 Ustd.</b></p>	<p><b>Summe</b></p>		

**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,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum  Flug von Atomuhren um die Erde (Video)	verdeutlichen.
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).	Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment  Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung  Film / Video	
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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.

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



**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>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6) legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glas-scheibe)	

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p>Teilcheneigenschaften von Photonen</p> <p>Planck'sches Wirkungsquantum</p> <p>(7 Ustd.)</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 Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</p> <p>ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),</p>	<p>1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)</p> <p>2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)</p>	<p>Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden</p>
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre  Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php">http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php</a> oder <a href="http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html</a> )	
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer (2 Ustd.)			
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: *Erforschung des Elektrons***

Leitfrage: Kann das Verhalten von Elektronen und Photo-nen 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,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre	
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur $h$ -Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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.

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	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).		



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	<p>erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),</p> <p>erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7).</p> <p>erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),</p>	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos	
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	<p>erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),</p> <p>bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).</p>		
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
<b>Atomaufbau:</b> Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)

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

**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.

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
<b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren (3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Nebelkammer	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (5 Ustd.)	<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>Absorption von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</p> <p>Ablenkung von <math>\alpha</math>-Strahlen im Magnetfeld</p> <p>Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)</p>	
Dosimetrie (2 Ustd.)	<p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p>	<p>Video zur Dosimetrie</p> <p>Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich</p>	
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	<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>	<p>Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)</p> <p>Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses</p>	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Radioaktiver Zerfall:</b> Kernkräfte (1 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),  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),	Würfelexperiment zur Halbwertszeit  Tabellenkalkulation  Ggf. CAS	Siehe auch <a href="http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html">http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html</a>
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Arbeitsblatt	
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**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.

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



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Kettenreaktion (2 Ustd.)	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),  beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),	Mausefallenmodell, Video, Applet	
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),  hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Diagramm $B/A$ gegen $A$ , Tabellenwerk, ggf. Applet  Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a>  Siehe <a href="http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm">http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompodium/module/2/1.htm</a>
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Forschung am CERN und DESY (DELTA) – 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,

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).  erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	z.B. Exkursion zum DELTA nach Dortmund
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),	Literatur und Recherche im Internet „CERN-Rap“: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8</a>	
<b>11 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

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