

## 2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

### Erläuterungen

- In der Spalte „Kompetenzen“ sind nur die zum obligatorischen Teil des Buches (weiße Seiten) gehörenden Kompetenzen aufgeführt. Damit werden alle im Kernlehrplan für die Sekundarstufe II geforderten Kompetenzen abgedeckt.
- Ergänzende Inhalte und Experimente (im Buch: blau unterlegte Seiten und Kästen) sind in *blauer kursiver Schrift* aufgeführt.
- Beim Zeitbedarf sind auch Übungsphasen berücksichtigt, nicht jedoch ergänzende Inhalte.

### Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase		
Kontext, Inhaltsfeld, Zeitbedarf	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<b>Unterrichtsvorhaben I</b> <b>Kontext:</b> Bewegungen und Kräfte im Straßenverkehr <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 20 Ustd.	Kräfte und Bewegungen	K1 Dokumentation E5 Auswertung K3 Präsentation UF2 Auswahl
<b>Unterrichtsvorhaben II</b> <b>Kontext:</b> Erhaltungssätze im Straßenverkehr <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd.	Energie und Impuls	UF2 Auswahl E3 Hypothesen E6 Modelle
<b>Unterrichtsvorhaben III</b> <b>Kontext:</b> Fall- und Wurfbewegungen im Sport <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd.	Kräfte und Bewegungen	E1 Probleme und Fragestellungen K4 Argumentation E6 Modelle
<b>Unterrichtsvorhaben IV</b> <b>Kontext:</b> Unser Planetensystem <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd.	Kräfte und Bewegungen Energie Gravitation	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen E1 Probleme und Fragestellungen UF1 Wiedergabe
<b>Unterrichtsvorhaben V</b> <b>Kontext:</b> Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd.	Schwingungen und Wellen Kräfte und Bewegungen Energie	UF1 Wiedergabe UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E6 Modelle
<b>Summe Einführungsphase – 80 Stunden</b>		

## 2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### 2.1.2.1 Einführungsphase

#### Unterrichtsvorhaben I

**Kontext:** Kräfte und Bewegungen im Straßenverkehr und im Sport

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

**Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd.

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

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

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

(K3) physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.

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

Inhalt	Kompetenzen	Experimente und Materialien	Kommentar
<b>Gleichförmige Bewegung</b> (3 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler ... erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen ( <i>t-s</i> -Diagramme, <i>t-v</i> -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	Untersuchung von Bewegungen anhand von Modellen  Digitale Messwerterfassung auf der Luftkissenfahrbahn	Zeit-Ort-Diagramm, Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm, negative Geschwindigkeitswerte  <i>Mögliche Ergänzung: Videoanalyse einer Bewegung</i>

<b>Momentangeschwindigkeit</b> (2 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<math>t</math>-<math>s</math>-Diagramme, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p>	<p>Näherungsweise Messung der Momentangeschwindigkeit als mittlere Geschwindigkeit in einem sinnvoll kleinen Zeitintervall auf der Luftkissenfahrbahn</p>	<p>Momentangeschwindigkeit</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Geschwindigkeitsmessung im Auto</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Sensoren für <math>s</math> und <math>v</math> (Lochrad und Lichtschranke, Nabendynamo)</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Aufzeichnung und Auswertung einer Fahrradfahrt mit einem Datenlogger</i></p>
<b>Überholvorgang unter der Lupe</b> (1 Ustd.)	<p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<math>t</math>-<math>s</math>-Diagramme, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p>	<p>Analyse eines Überholvorgangs anhand eines <math>t</math>-<math>s</math>-Diagramms</p>	<p>Reale Bewegungen: <math>t</math>-<math>s</math>-Diagramm ohne Knicke, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramm ohne Sprünge</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Formel für den Überholweg</i></p>
<b>Beschleunigte Bewegungen</b> (7 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle</p>	<p>Aufzeichnung eines <math>t</math>-<math>s</math>- und <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramms einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn mit CASSY und Auswertung in einer Excel-Datei</p> <p>Messung des Zusammenhangs zwischen Masse und Beschleunigung</p>	<p>Bewegungen mit konstanter beschleunigender Kraft, Beschleunigung, gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Grundgleichung der Mechanik</p>

	<p>von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4).</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<i>t-s</i>-Diagramme, <i>t-v</i>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p> <p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen (UF2).</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</p> <p>berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).</p>		
<p><b>Kräfte zusammensetzen und zerlegen</b> (3 Ustd.)</p>	<p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition (E1).</p> <p>stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen (Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p>	<p>Messung der Hangabtriebskraft Vektoraddition und Vektorzerlegung mit Geogebra</p>	<p>Kräfteaddition, Kräftezerlegung schiefe Ebene (Hangabtriebskraft, Normalkraft)</p>

<p><b>actio und reactio im Straßenverkehr</b> (2 Ustd.)</p>	<p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).</p>	<p>Messung der Wechselwirkungskräfte bei zwei auf Skateboards stehenden Personen, die gegenseitig über ein Seil Kräfte auseinander ausüben</p> <p>Demonstration der Wechselwirkungskräfte mit einer auf Rollen anfahrenen Lok</p> <p>Messung der Haft-, Gleit- und Rollreibungskraft mit einem Klotz, der an einem Kraftmesser über einen Tisch gezogen wird</p>	<p>Wechselwirkungskräfte: Kraft und Gegenkraft</p> <p>Unterscheidung von actio = reactio und Kräftegleichgewicht</p> <p>Haftreibung, Gleitreibung, Rollreibung</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Auswertung von Bremsvorgängen (Beschleunigung, Kräfte, Brems- und Anhalteweg, Fahrschul-Faustformeln) in Excel</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Kraft- und Beschleunigungssensoren</i></p> <p><i><b>Experiment:</b> Messung der Beschleunigung eines Fahrrades mit einer Smartphone-App</i></p>
---	---	--	---

## Unterrichtsvorhaben II

**Kontext:** Erhaltungssätze im Straßenverkehr und im Sport

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd.

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

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

(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 und vorhersagen.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente und Materialien	Kommentar
<b>Höhenenergie und Arbeit</b> (2 Ustd.)	erläutern die Größen Strecke, Kraft, Arbeit und Energie und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Wiederholung aus der Mittelstufe: Verschiedene Energieformen (Höhenenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, chemische Energie, innere Energie) und Übertragungsformen (Arbeit, Wärme, elektrische Energie, Strahlung)  Berechnung von Arbeit und Höhenenergie
<b>Bewegungsenergie und Spannenergie</b> (3 Ustd.)	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	zwischen zwei Federn gespannter Wagen auf einer horizontalen Fahrbahn	Herleitung und Anwendung von Formeln für die Bewegungs- und Spannenergie  <i>Mögliche Ergänzung: Die kausale Strategie in der Physik</i>

<b>Erhaltungssatz der Mechanik</b> (2 Ustd.)	<p>verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären und Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p> <p>geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1).</p>	Energieerhaltungssatz der Mechanik	<i>Mögliche Ergänzung: Bestätigung des Energieerhaltungssatzes im Experiment (Fadenpendel, Federpendel)</i>
<b>Ein Kraftstoß ändert den Impuls</b> (2 Ustd.)	erläutern die Größen Kraft, Masse, Impuls und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Kraftstoß, Impuls Vorteil der Schreibweise NEWTONS
<b>Unelastischer Stoß zweier Körper</b> (3 Ustd.)	<p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1).</p> <p>verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p>	Stoßversuche auf der Luftkissenfahrbahn mit CASSY <i>Simulation des unelastischen Stoßes zweier Kugeln mit GeoGebra</i>	Impulserhaltungssatz Unelastischer Stoß, zunächst symmetrischer Fall, dann beliebige Bedingungen Bewegung des Schwerpunktes
<b>Elastische Stöße zweier Körper</b> (3 Ustd.)	<p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1).</p> <p>verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p> <p>bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).</p> <p>bewerten begründet die Darstellung be-</p>	Stoßversuch auf der Luftkissenfahrbahn mit CASSY <i>Simulation des elastischen Stoßes zweier Kugeln mit GeoGebra</i>	Impuls- und Energieerhaltung bei geraden elastischen Stößen, Berechnung der Geschwindigkeiten nach dem Stoß Bewegung des Schwerpunktes Bewertung eines Textes aus einem Internetforum (S. 52, 3. Station) <i>Mögliche Ergänzung: Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß mittels Schwerpunkteschwindigkeit und mittels Schulma-</i>

	kannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).		<i>thematik</i> <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Unterschiedes zwischen Bewegungsenergie und Impuls</i> <i>Mögliche Ergänzung: Schiefe Stöße</i> <i>Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zum Energie- und Impulserhaltungssatz</i>
<b>Unfälle im Straßenverkehr</b>		<b>Experiment:</b> Messung beim Aufprall eines Laborwagens mit und ohne Knautschzone	<i>Bilanz- und Kausalstrategie bei Zusammenstößen, Bremsweg und Anhalteweg, Messkurven bei Crashtests, Aufprall mit und ohne Airbag</i>
<b>Projekt: Impuls und Bewegungsenergie – Bilanzgrößen, die man unterscheiden muss</b>		<b>Experiment:</b> zeitliche Umkehrung eines unelastischen Zusammenpralls	<i>Vertiefung des Unterschiedes zwischen den Bilanzgrößen Impuls und Bewegungsenergie</i>

### Unterrichtsvorhaben III

**Kontext:** Fall- und Wurfbewegungen im Sport

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd.

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Kräfte und Bewegungen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

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

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

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

Inhalt	Kompetenzen	Experimente und Materialien	Kommentar
<b>Fallbewegungen</b> (5 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler ...  berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).  planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)  stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen ( $t$ - $s$ -Diagramme, $t$ - $v$ -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).  begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und zie-	Vergleich der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Blatt Papiers  Fallröhre  Messung der Fallbeschleunigung mit dem Kugelfallgerät  <i>Videoanalyse der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Papiertrichters</i>	Freier Fall (beschleunigende Kraft, Zeit-Ort-Gesetz, Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz)  Messung der Fallbeschleunigung  Fallbewegung mit Luftwiderstand  <i>Mögliche Ergänzung: schwere und träge Masse beim freien Fall</i>  <i>Mögliche Ergänzung: Energiebilanz beim freien Fall</i>  <i>Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zu Fallbewegungen</i>

	hen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).		
<b>Fallschirmsprung im Rechenmodell</b> (3 Ustd.)	<p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).</p> <p>berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).</p> <p>bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).</p>	<p>Modellierung des Fallschirmsprungs in Excel oder GeoGebra</p> <p><i>Experiment: Experimentelle Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Videoanalyse des Falls von Papiertrichtern</i></p>	<p>Kraftgesetz für den Luftwiderstand</p> <p>Modellierung des Fallschirmsprungs mit einer Tabellenkalkulation, Bestimmung der Endgeschwindigkeit</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Prüfen eines Werbetextes zum Fallschirmspringen</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Bewegungen mit Luftwiderstand (Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Messungen, Fallbewegung von Hagelkörnern und Regentropfen, Kräfte beim 100-m-Lauf)</i></p>
<b>Auf der schiefen Ebene</b> (2 Ustd.)	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzersetzung (E1).	<p>Aufzeichnung einer reibungsfreien Bewegung auf der schiefen Ebene mit einer geneigten Luftkissenfahrbahn mit CASSY</p> <p><i>Lageplan und Kräfteplan bei der schiefen Ebene mit GeoGebra</i></p>	<p>Reibungslose Bewegung auf der schiefen Ebene als Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Berechnung der Beschleunigung aus dem Neigungswinkel</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Freier Fall und schiefe Ebene bei GALILEI</i></p>
<b>Waagerechter Wurf</b> (3 Ustd.)	<p>vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzersetzung und Vektoraddition (E1).</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie</p>	<p>Modellierung des waagerechten Wurfs</p> <p>Videoanalyse eines waagerechten Wurf</p>	<p>Freier Fall im ICE aus der Sicht eines mitbewegten und eines neben den Schienen stehenden, ruhenden Beobachters</p> <p>Bewegungsgleichungen des waagerechten Wurfs, Gleichung der Bahn-</p>

	durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).		kurve <i>Mögliche Ergänzung: Beobachtungen in gleichförmig bewegten und beschleunigten Systemen</i>
<b>Schiefer Wurf</b> (3 Ustd.)	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenerlegung und Vektoraddition (E1). entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4). stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3). entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4). stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).	Modellierung des schiefen Wurfs mit GeoGebra	Freier Fall in einer Bergbahn aus der Sicht eines mitbewegten und eines außen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des schiefen Wurfs Einfluss von Stoßwinkel und Abwurfgeschwindigkeit auf die Wurfweite beim Kugelstoßen Wurfbewegungen bei ARISTOTELES und GALILEI Textauszug aus GALILEIS <i>Discorsi</i> Modellierung des schiefen Wurfs mit GeoGebra. <i>Mögliche Ergänzung: Energie und Impuls bei Wurfbewegungen</i> <i>Mögliche Ergänzung: Modellierung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand</i>
<b>Projekt: Auf Physik kann man sich verlassen</b>		<b>Experiment: Treffen einer fallenden Dose mit einem Abschussgerät</b>	

## Unterrichtsvorhaben IV

**Kontext:** Unser Planetensystem

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd.

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

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

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

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

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

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Kreisbewegung und Zentripetalkraft</b> (1 Ustd.)	analysieren auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät  <i>Bestätigung, dass die Bahngeschwindigkeit tangential zur Kreisbahn gerichtet ist.</i>	Bahngeschwindigkeit, gleichförmige Kreisbewegung, Notwendigkeit einer zum Kreismittelpunkt gerichteten Kraft (Zentripetalkraft)
<b>Formel für die Zentripetalkraft</b> (2 Ustd.)	entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4).  analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät und Bestätigung der Formel  <b>GeoGebra-Datei:</b> Grafische Darstellung der Zentripetalkraft und -beschleunigung bei verschiedenen Radien, Massen und Bahngeschwindigkeiten	Plausibelmachen der Formeln für die Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung  <i>Mögliche Ergänzung: Unterscheidung von Zentripetal- und Zentrifugalkraft</i>

<p><b>Kreisbewegungen auf der Kirmes</b> (1 Ustd.)</p>	<p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).</p> <p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Vektoraddition (E1).</p>	<p><i>GeoGebra-Datei: Die Zentripetalkraft bei der Autobahnausfahrt</i></p>	<p>Analyse der Kräfte beim Kettenkarussell und beim Rotor</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Klothoide bei Autobahnausfahrten und beim Looping</i></p>
<p><b>In drei Schritten zum Gravitationsgesetz</b> (3 Ustd.)</p>	<p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).</p> <p>ermitteln mithilfe des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).</p>	<p><i>Experiment: Versuch mit der Gravitationsdrehwaage</i> <i>oder</i> <i>Video: Versuch mit der Gravitationsdrehwaage</i></p>	<p>Herleitung des Gravitationsgesetzes anhand NEWTONS Mondrechnung</p> <p>Gravitationsgesetz und Gravitationskonstante</p> <p>Bestimmung der Masse und mittleren Dichte der Erde</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Historische Bestimmung von Erdradius und Abstand Erde - Mond</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Aufbau des Planetensystems</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Versuch von CAVENDISH zur Bestimmung der Gravitationskonstanten (Demonstrationsexperiment oder Auswertung eines Videos)</i></p>
<p><b>Die KEPLER-Gesetze</b> (2 Ustd.)</p>	<p>bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).</p> <p>ermitteln mithilfe der KEPLER-Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).</p>	<p><b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation einer Satellitenbahn</p>	<p>Entdeckung der KEPLER-Gesetze mithilfe einer Geometriesoftware</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: eigenständige Programmierung der auf Seite 98 benutzen Simulation</i></p>

<p><b>Energie im Gravitationsfeld</b> (3 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6).</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1).</p> <p>verwenden Energiebilanzen, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p>		<p>Gravitationsfeld in Analogie zum magnetischen Feld, Definition der Feldstärke</p> <p>Berechnung der zuzuführenden Arbeit beim Hochheben im Gravitationsfeld, Berechnung der potentiellen Energie, Festlegung des Nullniveaus</p> <p>Fluchtgeschwindigkeit</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die Energieberechnung im Gravitationsfeld</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die potentielle Energie</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Schwerelosigkeit in verschiedenen Situationen (Raumfahrt, Sprung, Parabelflug, Fallturm)</i></p>
<p><b>Von ARISTOTELES bis NEWTON</b> (2 Ustd.)</p>	<p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).</p> <p>beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von KOPERNIKUS, KEPLER, GALILEI und NEWTON initiiert wurden (E7, B3).</p>		<p>Hier ist die Erarbeitung des Themas in Referaten denkbar.</p>

<b>Internationale Raumstation ISS</b> (1 Ustd.)	erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme und beziehen Stellung dazu (B2, B3).		A 17 Aufgabe zur ISS
<b>Projekt: Planetenbeobachtung</b>		<b>Material:</b> drehbare Sternenkarte (Internet)	<i>Beobachtung des Sternenhimmels und der Planeten mithilfe einer Sternenkarte</i>

## Unterrichtsvorhaben V

**Kontext:** Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd.

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

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

(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.

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

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Mechanische Schwingungen</b> (1 Ustd.)	beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).	<b>Experiment:</b> Schwingung einer Stimmgabel	Abgrenzung der Schwingung von bereits bekannten Bewegungen Periodizität, Gleichgewichtslage, Umkehrpunkte Freie und erzwungene Schwingungen
<b>Ursache und Beschreibung von Schwingungen</b> (2 Ustd.)	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4).	<b>Experiment:</b> Federpendel <b>Experiment:</b> Vergleich der Bewegung eines Federpendels mit der Projektion einer Kreisbewegung <b>GeoGebra-Datei:</b> Zeigerdarstellung einer harmonischen Schwingung <b>Excel-Datei:</b> <i>Modellierung einer Federschwingung</i>	Beschreibung von Schwingungen: Auslenkung, Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz Ursache von Schwingungen: Rückstellkraft Harmonische Schwingung: Beschreibung durch Zeiger, Zeit-Elongation-Gesetz lineares Kraftgesetz <i>Mögliche Ergänzung: Modellierung</i>

			<i>einer Federschwingung mit einer Tabellenkalkulation</i>
<b>Energie einer Schwingung</b> (5 Ustd.)	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1).  erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	<b>Experiment:</b> horizontaler Federschwinger  <b>Experiment:</b> horizontaler Federschwinger mit Schwingungserreger  <i>GoldWave-Datei (zu A2): abklingender Ton</i>	Energie der Schwingung eines ungedämpften vertikalen Federpendels  Gedämpfte Schwingungen, „Entdämpfung“ durch Rückkopplung  Eigenfrequenz, Resonanz
<i>Schwingungen und Eigenschwingungen</i>		<i>Stationenlernen: Experimente zu Schwingungen und Wellen</i>  <i>GeoGebra-Datei: Modellierung der Schwebung mit dem Zeigermodell</i>	<i>Stationenlernen zu Schwingungen und Wellen</i>
<b>Fortschreitende Welle</b> (3 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).  erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6).	<b>Experiment:</b> Ausbreitung einer transversalen Störung bei einer langen Feder  <b>Experiment:</b> Ausbreitung einer longitudinalen Störung bei einer langen Feder  <i>GeoGebra-Datei: fortschreitende Welle im Zeigermodell</i>	Transversalwelle, Longitudinalwelle, Wellengeschwindigkeit, Phasengeschwindigkeit, Wellenlänge  Zusammenhang zwischen Wellengeschwindigkeit, Wellenlänge und Periodendauer  <i>Darstellung von Wellen im Zeigermodell</i>
<b>Schallgeschwindigkeit in Luft</b> (2 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6).  planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur	<b>Experiment:</b> Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit  <b>Experiment:</b> Messung der Schallgeschwindigkeit aus der Phasengeschwindigkeit	Schall als Welle  Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit sowie aus der Phasengeschwindigkeit  <i>Mögliche Ergänzung: Einfache Mes-</i>

	Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).		<p><i>sungen zur Abschätzung der Schallgeschwindigkeit</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Präzisionsmessung der Schallgeschwindigkeit mit Ultraschallsender, -empfänger und Oszilloskop</i></p>
<b>Töne und Klänge</b> (2 Ustd.)	planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (Frequenzanalyse), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).	<p><b>Experiment:</b> Frequenzanalyse eines Flöttons mit GoldWave</p> <p><b>Experiment:</b> Frequenzanalyse einer Stimmgabelschwingung, der Schwingung eines Monochords und der Schwingung eines überblasenen Reagenzglases mit einem Messwerterfassungssystem</p> <p><b>CASSY-Datei:</b> Fourieranalyse eines Monochord-Klanges</p> <p><b>Experiment:</b> Eigenschwingungen eines beidseitig eingespannten Gummibandes</p> <p><b>Experiment:</b> Eigenschwingungen der Luftsäule in einem Glasrohr</p>	<p>Frequenzanalyse (z.B. Flötton, Stimmgabel, Monochord, überblasenes Reagenzglas, Musikinstrumente)</p> <p>Klang, Grundschwingung, Oberschwingung</p> <p>Grundton und Obertöne bei zwei freien Enden, zwei festen Enden und einem freien und einem festen Ende</p>

<b>Stehende Wellen</b> (2 Ustd.)	bestimmen mechanische Größen mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).	<b>GeoGebra-Datei:</b> Zeigermodellierung der stehenden Welle	Zeigermodellierung der Überlagerung von Welle und reflektierter Welle mit GeoGebra Wellenknoten, Wellenbauch Freies Ende, festes Ende Wellen bei beidseitiger Begrenzung <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung der Reflexion am freien und festen Ende</i>
<b>Projekt: Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator</b>		<b>Experiment:</b> Messung der Eigenfrequenzen eines Helmholtz-Resonators	<i>Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator, Vergleich von Theorie und Experiment</i>

## 2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

### Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

#### Kontext: *Erforschung des Photons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

**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,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, 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), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	<b>Doppelspalt</b> und <b>Gitter</b> , <b>Wellenwanne</b> quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	<b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotозelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden
<b>14 Ustd. [19 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

## 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 Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementarladung (5 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),  untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch <b>Millikanversuch</b> Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) Auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung  Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren
Elektronenmasse (7 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),  bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),  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),	<b><i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b>  auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)  evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit  Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft:  Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke.  Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.

Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).	<b>Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</b>	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung
<b>15 Ustd. [20 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Licht und Materie (5 Ustd.)	<p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</p> <p>verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p>	<p>Computersimulation</p> <p><b>Doppelspalt</b></p> <p><b>Photoeffekt</b></p>	<p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p>
<b>5 Ustd. [8 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

## Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

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

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:</b></p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>(5 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „<b>Leiterschaukelversuch</b>“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b>)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.</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>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Technisch praktikable Generatoren:</b>  Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen  (4 Ustd.)	recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),  erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauarten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),	Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip  Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren	Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anzufertigen zu lassen.
	erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),  werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).  führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),	Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und <b>digitalem Messwerterfassungssystem</b>	Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</b>  Transformator (5 Ustd.)	erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),  ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).  geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),  werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).  führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),	diverse „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)  Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen  Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten  ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwerterfassungssystem</b> zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes	Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).  Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.  Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> , um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),  bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),  zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),  beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).	<b>Modellexperiment</b> (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
18 Ustd. <b>[23 Std.]</b>	Summe		

## Kontext: Wirbelströme im Alltag

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten  <b>Thomson'scher Ringversuch</b> diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.	Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet  Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)
<b>4 Ustd. [6 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

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

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von <b>Linienpektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	<b>Franck-Hertz-Versuch</b>	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von <b>Röntgenspektren</b> (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden  Mögliche Ergänzungen: Bremsspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	<b>Flammenfärbung</b> Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b> <b>Spektralanalyse</b>	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
<b>13 Ustd. [18 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

## 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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (2 Ustd.)	<p>unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3),</p> <p>erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5),</p> <p>bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),</p>	<p>Recherche</p> <p><b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b></p>	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie (3 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p>	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>
<p><b>9 Ustd. [14 Std.]</b></p>	<p><b>Summe</b></p>		

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren
<b>6 Ustd. [8 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

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

### Kontext: *Navigationssysteme*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p><b>Experiment von Michelson und Morley</b> (Computersimulation)</p> <p><b>Lichtuhr</b> (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p><b>Myonenzerfall</b> (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>
<b>5 Ustd. [8 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

### Kontext: Teilchenbeschleuniger

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	<b>Zyklotron</b> (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben.  Erzeugung und Vernichtung von Teilchen,  Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.
<b>6 Ustd. [8 Std.]</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Das heutige Weltbild**

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	
<b>2 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.

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

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

- <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
  - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
  - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>