



**Gymnasium Aspel der Stadt Rees**  
mit bilinguaem deutsch-englischem Zweig

Westring 8 · 46459 Rees

Telefon: 02851 982249

Telefax: 02851 982250

E-Mail: [gymnasium-aspel@t-online.de](mailto:gymnasium-aspel@t-online.de)

Internet: [www.gymnasiumaspel.de](http://www.gymnasiumaspel.de)

# **Schulinterner Lehrplan zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe**

## **Physik**

---

## Inhalt

	Seite
<b>1 Die Fachschaft Physik am Gymnasium Aspel</b>	<b>3</b>
<b>2 Entscheidungen zum Unterricht</b>	<b>4</b>
2.1 Unterrichtsvorhaben	4
2.1.1 <i>Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben</i>	6
2.1.2 <i>Konkretisierte Unterrichtsvorhaben</i>	12
2.1.2.1 <i>Einführungsphase</i>	12
2.1.2.2 <i>Qualifikationsphase: Grundkurs</i>	20
2.1.2.3 <i>Qualifikationsphase: Leistungskurs</i>	35
2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit	66
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	74
2.4 Lehr- und Lernmittel	77
<b>3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen</b>	<b>78</b>
<b>4 Qualitätssicherung und Evaluation</b>	<b>81</b>

---

## **1 Die Fachschaft Physik am Gymnasium Aspel**

Das Gymnasium Aspel der Stadt Rees ist ein klassisch ländliches Gymnasium mit etwa 740 Schülerinnen und Schülern. Im Rahmen des Bildungsauftrages der Schule, die Schülerinnen und Schüler auf die allgemeine Hochschulreife vorzubereiten, leistet das Fach Physik in der gymnasialen Oberstufe seinen Beitrag im Rahmen der naturwissenschaftlichen Bildung. Durch die Kooperation mit dem Jan-Joest-Gymnasium in Kalkar kann neben den obligatorischen Grundkursen in jedem Jahrgang der Qualifikationsphase ein Leistungskurs in Physik angeboten werden, der in Kalkar unterrichtet wird.

Der Physikunterricht findet in drei naturwissenschaftlichen Fachräumen statt, die verschiedene methodische Unterrichtsformen zulassen. Die Ausstattung ermöglicht es in allen Jahrgangsstufen sowohl Demonstrationsexperimente als auch Schülerübungen jahrgangsstufenübergreifend einzusetzen. Durch das Doppelstundenmodell kann dabei das gesamte naturwissenschaftliche Vorgehen von der Problemgewinnung über die experimentelle Planung und -durchführung bis zur Auswertung und Anwendung innerhalb einer Unterrichtsstunde gewährleistet werden.

---

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

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

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

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

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenüberritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort explizit formuliert Auch hier besitzen Zeitangaben und Angaben in den Zeilen Experimente/Medien und Kommentare empfehlenden Charakter, einzelne verbindliche Aspekte sind hier in Fettdruck markiert. Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kolle-

---

gen 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 -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

## 2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase		
Inhaltsfeld <i>Mechanik</i>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Physik und Sport</i></p> <p>Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren?</p> <p>Zeitbedarf: 42 Ustd.</p>	<p>Kräfte und Bewegungen</p> <p>Energie und Impuls</p>	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen</p> <p>K4 Argumentation</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p> <p>UF2 Auswahl</p>
<p><i>Auf dem Weg in den Weltraum</i></p> <p>Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?</p> <p>Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p>Gravitation</p> <p>Kräfte und Bewegungen</p> <p>Energie und Impuls</p>	<p>UF4 Vernetzung</p> <p>E3 Hypothesen</p> <p>E6 Modelle</p> <p>E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Schall</i></p> <p>Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?</p> <p>Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p>Schwingungen und Wellen</p> <p>Kräfte und Bewegungen</p> <p>Energie und Impuls</p>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung</p> <p>UF1 Wiedergabe</p> <p>K1 Dokumentation</p>
<p><u>Summe Einführungsphase: 80 von 90 Stunden</u></p>		

<b>Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS</b>		
Inhaltsfeld <i>Quantenobjekte</i>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 14 Ustd.	Photon (Wellenaspekt)	E2 E5 K3
<i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 15 Ustd.	Elektron (Teilchenaspekt)	UF1 UF3 E5 E6
<i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 5 Ustd.	Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Welleaspekt) Quantenobjekte und ihre Eigenschaften	E6 E7 K4 B4
Inhaltsfeld <i>Elektrodynamik</i>		

Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i></p> <p>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 18 Ustd.</p>	<p>Spannung und elektrische Energie</p> <p>Induktion</p> <p>Spannungswandlung</p>	<p>UF2</p> <p>UF4</p> <p>E2</p> <p>E5</p> <p>E6</p> <p>K3</p> <p>B1</p>
<p><i>Wirbelströme im Alltag</i></p> <p>Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Induktion</p>	<p>UF4</p> <p>E5</p> <p>B1</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 56 von 90 Stunden</b></p>		



<b>Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS</b>		
Inhaltsfeld <i>Strahlung und Materie</i>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 13 Ustd.	Energiequantelung der Atomhülle Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: 9 Ustd.	Kernumwandlungen Ionisierende Strahlung Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 6 Ustd.	Standardmodell der Elementarteilchen	UF3 Systematisierung E6 Modelle
Inhaltsfeld <i>Relativität von Raum und Zeit</i>		

Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Navigationssysteme</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 5 Ustd.	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 6 Ustd.	Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse Äquivalenz	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 2 Ustd.	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse Äquivalenz	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
<b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: 41 von 60 Stunden</b>		

Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Inhaltsfeld <i>Relativitätstheorie</i>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</i></p> <p>Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Problem der Gleichzeitigkeit</p>	<p>UF2 Auswahl</p> <p>E6 Modelle</p>
<p><i>Höhenstrahlung</i></p> <p>Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Zeitdilatation und Längenkontraktion</p>	<p>E5 Auswertung</p> <p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i></p> <p>Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</p> <p>Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p>Relativistische Massenzunahme</p> <p>Energie-Masse-Beziehung</p>	<p>UF4 Vernetzung</p> <p>B1 Kriterien</p>
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i></p> <p>Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</p>	<p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i></p> <p>Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?</p> <p>Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Problem der Gleichzeitigkeit</p> <p>Zeitdilatation und Längenkontraktion</p> <p>Relativistische Massenzunahme</p> <p>Energie-Masse-Beziehung</p> <p>Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</p>	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>



Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i></p> <p>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</p> <p>Zeitbedarf: 24 Ustd.</p>	<p>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p>	<p>UF1</p> <p>UF2</p> <p>E6</p> <p>K3</p> <p>B1</p> <p>B4</p>
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i></p> <p>Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?</p> <p>Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p>	<p>UF2</p> <p>UF4</p> <p>E1</p> <p>E5</p> <p>E6</p> <p>K3</p> <p>B1</p> <p>B4</p>
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i></p> <p>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p>Elektromagnetische Induktion</p>	<p>UF2</p> <p>E6</p> <p>B4</p>
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i></p> <p>Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?</p> <p>Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</p>	<p>UF1</p> <p>UF2</p> <p>E4</p> <p>E5</p> <p>E6</p> <p>K3</p>

---

		B1 B4
<u>Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: 120 von 150 Stunden</u>		

<b>Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS</b>		
Inhaltsfeld <i>Quantenphysik</i>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Licht und Elektronen als Quantenobjekte Welle-Teilchen-Dualismus Quantenphysik und klassische Physik	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</i> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 9 Ustd.	Licht und Elektronen als Quantenobjekte	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Erforschung des Elektrons</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 6 Ustd.	Welle-Teilchen-Dualismus	UF1 Wiedergabe K3 Präsentation
<i>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</i> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation Quantenphysik und klassische Physik	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

Inhaltsfeld <i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Atomaubau	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i> Wie nutzt man Strahlung in der Medizin? Zeitbedarf: 14 Ustd.	Ionisierende Strahlung Radioaktiver Zerfall	UF3 Systematisierung E6 Modelle UF4 Vernetzung
<i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i> Wie funktioniert die $^{14}\text{C}$ -Methode? Zeitbedarf: 10 Ustd.	Radioaktiver Zerfall	UF2 Auswahl E5 Auswertung
<i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i> Wie funktioniert ein Kernkraftwerk? Zeitbedarf: 9 Ustd.	Kernspaltung und Kernfusion Ionisierende Strahlung	B1 Kriterien UF4 Vernetzung
<i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 11 Ustd.	Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen	UF3 Systematisierung K2 Recherche
<b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: 89 von 100 Stunden</b>		



## 2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### 2.1.2.1 Einführungsphase

#### Inhaltsfeld: *Mechanik*

#### Kontext: *Physik und Sport*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

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

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

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport  Aristoteles vs. Galilei (2 Ustd.) (2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).	Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen (s. Arbeitsblatt) Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen bzw. Dichten; u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur	Einstieg über faire Beurteilung sportlicher Leistungen (Weitsprung in West bzw. Ost-richtung, Speerwurf usw., Konsequenzen aus der Ansicht einer ruhenden oder einer bewegten Erde) Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten, Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, insbesondere Trägheit

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
		Kugel zusammengedrückt) Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen bzw. Dichten; u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur Kugel zusammengedrückt)	und Impetus, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.
Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Ustd.)	unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1), 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), stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. $t$ - $s$ - und $t$ - $v$ -Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3), erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5), bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6),	Videoaufnahmen von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen) Analyse der Bewegungen mit digitaler Videoanalyse (z.B. VIANA, Tracker) Untersuchung prototypischer beschleunigter Bewegungen im Labor, freier Fall, schiefe Ebene Experiment zur Massen(un)abhängigkeit des Falls und der Bewegung auf einer schiefen Ebene  Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel	Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse Unterscheidung gleichförmige und (beliebig) beschleunigte Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung). Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen, Erstellen und Interpretieren von $t$ - $s$ - und $t$ - $v$ -Diagrammen, Bestimmung von Strecken/Orten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen aus den Diagrammen. Herleitung der Formeln für gleichförmige und beschleunigte Bewegungen mit Hilfe der Diagramme, Hypothesen entwickeln und testen. Entwicklung von Experimenten durch die Schüler (Fallrohr, Gedankenexperiment), Schlussfolgerungen bezüglich der Massen(un)abhängigkeit des freien Falls Geschwindigkeit (und ggf. Beschleunigung) als vektorielle Größe(n): Vektorielle Addition von Geschwindigkeiten, Superpositionsprinzip (qualitativ, quantitativ nur per Zeichnung)
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),	Newton'sches Bewegungsgesetz, Experimente mit der Luftkissenfahrbahn	Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),</p> <p>geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),</p>		<p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</p> <p>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</p>
<p>Energie und Leistung Impuls (12 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),</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 Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),</p> <p>bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),</p>	<p>Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals</p> <p>Fadenpendel (Schaukel)</p> <p>Sportvideos</p> <p>Skateboards, Bälle</p>	<p>Begriff der Arbeit und der Energie</p> <p>Einführung der Definition der Energiearten</p> <p>Energieerhaltung</p> <p>Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)</p> <p>Begriff des Impulses</p> <p>Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß</p> <p>Impulserhaltung bei Ballsportarten (z.B. Kopfball beim Fußball, Kampfsport)</p> <p>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Welt-raum“</p>
42 Ustd.	<b>Summe</b>		

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport  Aristoteles vs. Galilei(2 Ustd.) (2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).	Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen (s. Arbeitsblatt)Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen bzw. Dichten; u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur Kugel zusammengedrückt) Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen bzw. Dichten; u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur Kugel zusammengedrückt)	Einstieg über faire Beurteilung sportlicher Leistungen (Weitsprung in West bzw. Ostrichtung, Speerwurf usw., Konsequenzen aus der Ansicht einer ruhenden oder einer bewegten Erde) Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten, Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, insbesondere Trägheit und Impetus, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.
Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Ustd.)	unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition (E1), 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), stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. $t$ - $s$ - und $t$ - $v$ -Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3), erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5),	Videoaufnahmen von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen) Analyse der Bewegungen mit digitaler Videoanalyse (z.B. VIANA, Tracker) Untersuchung prototypischer beschleunigter Bewegungen im Labor, freier Fall, schiefe Ebene Experiment zur Massen(un)abhängigkeit des Falls und der Bewegung auf einer schiefen Ebene  Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel	Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse Unterscheidung gleichförmige und (beliebig) beschleunigte Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung). Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen, Erstellen und Interpretieren von $t$ - $s$ - und $t$ - $v$ -Diagrammen, Bestimmung von Strecken/Orten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen aus den Diagrammen. Herleitung der Formeln für gleichförmige und beschleunigte Bewegungen mit Hilfe der Diagramme, Hypothesen entwickeln und testen. Entwicklung von Experimenten durch die Schüler (Fallrohr, Gedankenexperiment), Schlussfolgerungen bezüglich der Massen(un)abhängigkeit des freien Falls

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6),		Geschwindigkeit (und ggf. Beschleunigung) als vektorielle Größe(n): Vektorielle Addition von Geschwindigkeiten, Superpositionsprinzip (qualitativ, quantitativ nur per Zeichnung)
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),</p> <p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),</p> <p>geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),</p>	Newton'sches Bewegungsgesetz, Experimente mit der Luftkissenfahrbahn	<p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen</p> <p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</p> <p>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</p>
Energie und Leistung Impuls (12 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),</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 Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnis-</p>	Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals Fadenpendel (Schaukel) Sportvideos Skateboards, Bälle	<p>Begriff der Arbeit und der Energie</p> <p>Einführung der Definition der Energiearten</p> <p>Energieerhaltung</p> <p>Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)</p> <p>Begriff des Impulses</p> <p>Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß</p> <p>Impulserhaltung bei Ballsportarten (z.B. Kopfball beim Fußball, Kampfsport)</p> <p>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Welt-</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	se oder andere objektive Daten heran (K4), bewerten begründet die Darstellung bekannter mecha- nischer und anderer physikalischer Phänomene in ver- schiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) be- züglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),		raum“
<b>42 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport</p> <p>Aristoteles vs. Galilei(2 Ustd.) (2 Ustd.)</p>	<p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),</p> <p>entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).</p>	<p>Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen (s. Arbeitsblatt)Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen bzw. Dichten; u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur Kugel zusammengedrückt)</p> <p>Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen bzw. Dichten; u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur Kugel zusammengedrückt)</p>	<p>Einstieg über faire Beurteilung sportlicher Leistungen (Weitsprung in West bzw. Ostrichtung, Speerwurf usw., Konsequenzen aus der Ansicht einer ruhenden oder einer bewegten Erde)</p> <p>Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepte,</p> <p>Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, insbesondere Trägheit und Impetus, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.</p>
<p>Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Ustd.)</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),</p> <p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1),</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>Videoaufnahmen von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen) Analyse der Bewegungen mit digitaler Videoanalyse (z.B. VIANA, Tracker)</p> <p>Untersuchung prototypischer beschleunigter Bewegungen im Labor, freier Fall, schiefe Ebene</p> <p>Experiment zur Massen(un)abhängigkeit des Falls und der Bewegung auf einer schiefen Ebene</p> <p>Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel</p>	<p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse</p> <p>Unterscheidung gleichförmige und (beliebig) beschleunigte Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung).</p> <p>Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen, Erstellen und Interpretieren von <math>t</math>-<math>s</math>- und <math>t</math>-<math>v</math>-Diagrammen, Bestimmung von Strecken/Orten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen aus den Diagrammen.</p> <p>Herleitung der Formeln für gleichförmige und beschleunigte Bewegungen mit Hilfe der Diagramme,</p> <p>Hypothesen entwickeln und testen.</p> <p>Entwicklung von Experimenten durch die Schüler (Fallrohr, Gedankenexperiment), Schlussfolgerungen bezüglich der Massen(un)abhängigkeit des freien Falls</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6),		Geschwindigkeit (und ggf. Beschleunigung) als vektorielle Größe(n): Vektorielle Addition von Geschwindigkeiten, Superpositionsprinzip (qualitativ, quantitativ nur per Zeichnung)
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),</p> <p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),</p> <p>geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),</p>	Newton'sches Bewegungsgesetz, Experimente mit der Luftkissenfahrbahn	<p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen</p> <p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</p> <p>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</p>
Energie und Leistung Impuls (12 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),</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 Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnis-</p>	Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals Fadenpendel (Schaukel) Sportvideos Skateboards, Bälle	<p>Begriff der Arbeit und der Energie</p> <p>Einführung der Definition der Energiearten</p> <p>Energieerhaltung</p> <p>Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)</p> <p>Begriff des Impulses</p> <p>Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß</p> <p>Impulserhaltung bei Ballsportarten (z.B. Kopfball beim Fußball, Kampfsport)</p> <p>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Welt-</p>



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	se oder andere objektive Daten heran (K4), bewerten begründet die Darstellung bekannter mecha- nischer und anderer physikalischer Phänomene in ver- schiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) be- züglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),		raum“
<b>42 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

---

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

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:**

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

(Verbindung von Himmelsmechanik und „irdischen“ Erfahrungen)

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

(Experimentell erkundendes und deduktives Vorgehen)

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

(Modellbegriff, Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Kopernikus)

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

(Entstehung der Physik der Neuzeit)

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (5 Ustd.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des 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).	Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Orientierung am Himmel 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 (vgl. z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/gravitationsgesetz-und-feld">http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/gravitationsgesetz-und-feld</a> )	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“

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kreisbewegungen (8 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),	<b>Messung der Zentralkraft</b>	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode Zentralkraft und Zentripetalbeschleunigung: An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren zur Erkenntnisgewinnung und das deduktive Verfahren am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentralkraft als die beiden wesentlichen Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden. Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanthaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier am Beispiel des vermutlichen Schülerfehlers bei der Bestimmung der Zentralkraft in Abhängigkeit der Masse des rotierenden Körpers) Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten Bahnen von Satelliten und Planeten
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 Ustd.)	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1), 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
<b>28 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: *Schall*

Leitfrage: Wie lässt sich das Hören des Menschen physikalisch beschreiben?

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

### Kompetenzschwerpunkte:

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

(Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung, Messung mit Frequenzmessgerät, Oszilloskop, Computer)

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

(Darstellung von Schwingungen und Wellen mit Fachbegriffen)

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

(Digitale Werkzeuge zur Darstellung von Schwingungen)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Entstehung und Ausbreitung von Schall (4 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen
Modelle der Wellenausbreitung (4 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),	Klingel und Vakuimglocke <b>Lange Schraubenfeder, Wellenwanne</b>	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern Entstehung des Dopplereffekts, „Schallmauer“
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Stimmgabeln	Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge) Musikinstrumente Das menschliche Hören (Trommelfell, Gehör-)

---

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
			knöchelchen, Gehörschnecke)
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## 2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

### Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

#### Kontext: *Erforschung des Photons und Elektrons*

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (14 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> Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich bei Meereswellen.	Ausgangspunkt: Beugung bei Licht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (auch als Schülerpräsentation)
Elementarladung (12 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), 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).	<b>Millikanversuch</b> Schwebemethode (keine Stokes'sche Reibung) Auch als Simulation möglich	Wiederaufgreifen des Feld- und Spannungsbegriffs formalisieren, intuitiv erfahren und plausibel machen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elektronenmasse (10 Ustd.)	bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), 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>e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr</b> Auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)	Anwendung des Spannungsbegriffs (s.o.) zur Bestimmung der Energie der Elektronen, Lorentzkraft intuitiv erfahren und plausibel machen
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (5 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>Elektronenbeugungsexperiment</b>	Bragg'sche Gleichung analog zur Gitterbeugung
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 Photozelle	Feld- und Spannungsbegriff sowie Energie des Lichts formalisieren, intuitiv erfahren und plausibel machen (als Beispiel verfügbar)
<b>48 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		



## Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

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

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>Ausgangspunkt: Ein <i>Spannungsmesser</i> registriert eine Spannung,</p> <p>Definition der Spannung</p> <p>Diese wird anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten „plausibel gemacht“ (Anwendungsbeispiele).</p> <p>Das Auftreten einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der auf die „mitbewegten Elektronen wirkenden Lorentzkräfte erklärt, eine Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math> 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>
<p><b>Technisch praktikable Generatoren:</b></p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbau und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p>	<p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p>	<p>Die Leiterschaukel wird als wenig praxistauglicher Generator erkannt und mit historischen sowie moderneren Generatoren verglichen.</p> <p>SuS erstellen (arbeitsteilig) Präsentationen und unterrichten sich gegenseitig, dabei werden nicht nur bildliche und / oder filmische Medien, sondern auch Realexperimente eingesetzt und ausgewertet.</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>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).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskopen</b> und <b>Messwerterfassungssystemen</b></p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der (effektiv) vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p><b>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</b></p> <p>Transformator (4 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> <p>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>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwerterfassungssystem</b> zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung sowie auch des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Der Transformator wird als das wichtigste Gerät zur Anpassung der (Netz-) Spannung an die jeweils erforderliche Betriebsspannung eingeführt (experimentell und medial gestützter Schülervortrag).</p> <p>Spannungsübersetzungsverhältnisse werden experimentell ermittelt.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell / „induktiv“ erschlossen. Das relativ aufwendige Experiment wird vom Lehrer vorgeführt, die registrierten Messdiagramme können von den SuS selbstständig ausgewertet werden.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	<p><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</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen und Filme</p>	
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	<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>Ringversuche bei Relativbewegung von Ring und Magnet</p> <p><b>Thomson'scher Ringversuch</b></p> <p>diverse technische und spielerische Anwendungen, Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, „fallender Magnet im Alu-Rohr usw.)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen und Filme zu <b>Wirbelstrombremsen</b> in Fahrzeugen</p>	<p>Ausgehend von (kognitiven Konflikten bei) Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet und</p> <p>zur Deutung diverser technischer und spielerischer Anwendungen genutzt. (Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder z.B. an der Kreissäge).</p>
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

---

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

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

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),	Recherche in Literatur	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Demonstration von <b>Linienpektren</b>	Linienpektren deuten auf diskrete Energien hin.
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (5 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>Spektralanalyse</b> <b>Flammenfärbung</b> Deutung der <b>Linienpektren</b> <b>Franck-Hertz-Versuch</b>	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1)  Das Bohr'sche Atommodell wird (ohne Rechnungen) angesprochen.
Röntgenstrahlung (5 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) geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden.  Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion

Linienspektren (1 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),	Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b>	
<b>15 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Kernphysik - Mensch und Strahlung**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3),  erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5),  bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche  <b>Absorption von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b>	
Elementumwandlung (2 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Umgang mit einer Isotopentafel	
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>	Hinweise auf Halbleiterdetektoren können 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</p> <p>Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>(2 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>Film / Video</p>	<p>Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen sind sinnvolle Beispiele für den Unterricht .</p>
<p>Dosimetrie</p> <p>(1 Ustd.)</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>Einfache dosimetrische Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>
<p><b>10 Ustd.</b></p>	<p><b>Summe</b></p>		

**Kontext: Elementarteilchenphysik - Forschung am CERN**

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 kann auf Internetseiten des CERN zurückgegriffen werden	Eine Auflistung möglicher Inhalte zur Auswahl(!) für den Unterricht ist bei den Angaben zum Leistungskurs zu finden.
(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).		
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		



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

**Kontext: *Navigationssysteme***

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Relativität der Zeit (10 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)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Wegen der Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für die (spezielle) Relativitätstheorie wird das Experiment von Michelson Morley im Unterricht behandelt.</p> <p>Für die Herleitung der Zeitdilatation ist die „Lichtuhr“ ein geeignetes Gedankenexperiment. Zudem wird hiermit der relativistische Faktor <math>\gamma</math> hergeleitet.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient danach als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</p> <p>Längenkontraktion wird als deduktiv herleitbar angegeben.</p>
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Teilchenbeschleuniger**

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 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)	Hier braucht keine Rechnung durchgeführt zu werden: Die Massenzunahme soll in der Simulation das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron zeigen.
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	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. -fusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen  Dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben.
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Film / Video (z.B.: <a href="http://www.tivi.de/infosundtipps/wissen/popup/06888/index.html">http://www.tivi.de/infosundtipps/wissen/popup/06888/index.html</a> )	
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		