Schulinterner Lehrplan
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe

Physik SII G8

Stand 9.1.2023

Inhalt

Seite

Physik SII G8 1

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit 3

2 Entscheidungen zum Unterricht 3

2.1 Unterrichtsvorhaben 3

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben EF bis Q2 5

Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben 6

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben EF 9

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Q1 32

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Q2 48

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit 84

2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung 86

Überprüfung der sonstigen Leistung 86
Kriterien für die Überprüfung der sonstigen Leistungen 87
Klausuren 88
Kriterien für Schülerexperimente 89
Besondere Leistungen 89
2.4 Lehr- und Lernmittel 90

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen 91

Fachübergreifendes Arbeiten mit den Fächern Biologie, Chemie und Erdkunde 91
4 Qualitätssicherung und Evaluation 91

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Die allgemeinen standortspezifischen Rahmenbedingungen unserer schulischen Arbeit sind fächerübergreifend im Vorwort der Lehrpläne formuliert.

Die Fachgruppe Physik versucht in besonderem Maße, jeden Lernenden in seiner Kompetenzentwicklung möglichst weit zu bringen. Außerdem wird angestrebt, Interesse an einem naturwissenschaftlich geprägten Studium oder Beruf zu wecken.

In allen technischen Berufs- und Studienrichtungen bildet Physik die Basis der Arbeit von Technikern und Ingenieuren. So ist z. B. in den Studiengängen Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieurwesen sowie Luft- und Raumfahrttechnik das Fach Physik wesentliche Grundvoraussetzung.

Im Physikunterricht der Oberstufe lernen Schülerinnen und Schüler, naturwissenschaftliche Phänomene mit theoretischen und experimentellen Methoden systematisch zu untersuchen und sich reflektierend mit naturwissenschaftlichen Ideen und Problemen auseinanderzusetzen.

Die Ausstattung mit experimentiergeeigneten Fachräumen und mit Materialien ist sehr gut. In allen Fachräumen, die sich im Hauptgebäude befinden, stehen zusätzlich zur Tafel jeweils ein Smartboard und eine Dokumentenkamera zur Verfügung. Damit können Präsentationen, Schülerarbeiten und Experimente projiziert werden.

Für eine Internetrecherche und die Arbeit mit Simulationsprogrammen stehen den Schülerinnen und Schülern der Oberstufe schülereigene I-pads zur Verfügung. Darüber hinaus werden die I-pads mit Hilfe verschiedener Apps wie z.B. Phyphox oder Viana zur Auswertung von Versuchen genutzt.

Das Fach Physik ist in der Regel in der Einführungsphase mit mindestens zwei Grundkursen, in der Qualifikationsphase je Jahrgangsstufe mit mindestens einem Grundkurs vertreten.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

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.

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben EF bis Q2

Einführungsphase		
Kontext, Inhaltsfeld, Zeitbedarf	**Inhaltliche Schwerpunkte**	**Kompetenzschwerpunkte**
Unterrichtsvorhaben I **Kontext:** Bewegungen und Kräfte im Straßenverkehr **Inhaltsfeld:** Mechanik **Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen	K1 Dokumentation E5 Auswertung K3 Präsentation UF2 Auswahl
Unterrichtsvorhaben II **Kontext:** Erhaltungssätze im Straßenverkehr **Inhaltsfeld:** Mechanik **Zeitbedarf:** etwa15 Ustd. à 45 Minuten	Energie und Impuls	UF2 Auswahl E3 Hypothesen E6 Modelle
Unterrichtsvorhaben III **Kontext:** Fall- und Wurfbewegungen im Sport **Inhaltsfeld:** Mechanik **Zeitbedarf:** etwa15 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen	E1 Probleme und Fragestellungen K4 Argumentation E6 Modelle
Unterrichtsvorhaben IV **Kontext:** Unser Planetensystem **Inhaltsfeld:** Mechanik **Zeitbedarf:** etwa15 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen Energie Gravitation	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen E1 Probleme und Fragestellungen UF1 Wiedergabe
Unterrichtsvorhaben V **Kontext:** Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten **Inhaltsfeld:** Mechanik **Zeitbedarf:** etwa15 Ustd. à 45 Minuten	Schwingungen und Wellen Kräfte und Bewegungen Energie	UF1 Wiedergabe UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E6 Modelle
Summe Einführungsphase – 80 Stunden		

Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Qualifikationsphase I			
Kontext, Inhaltsfeld, Zeitbedarf	**Inhaltliche Schwerpunkte**	**Kompetenzschwerpunkte***	**Schlüsselexperimente**
<u>Unterrichtsvorhaben I</u> **Kontext:** Erforschung des Photons **Inhaltsfeld:** Quantenobjekte **Zeitbedarf:** etwa 25 Ustd. à 45 Minuten	Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) Quantenobjekte und ihre Eigenschaften Spannung und elektrische Energie	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen B4 Möglichkeiten und Grenzen	Wellenwanne Doppelspalt Gitter Fotoeffekt
<u>Unterrichtsvorhaben II</u> **Kontext:** Erforschung des Elektrons **Inhaltsfeld:** Quantenobjekte **Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd. à 45 Minuten	Elektron (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) Quantenobjekte und ihre Eigenschaften	E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen	Millikan-Versuch Fadenstrahlrohr Elektronenbeugung
<u>Unterrichtsvorhaben III</u> **Kontext:** Wellig und körnig **Inhaltsfeld:** Quantenobjekte **Zeitbedarf:** etwa 5 Ustd. à 45 Minuten	Photon und Elektron (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) Quantenobjekte und ihre Eigenschaften	K3 Präsentation K4 Argumentation	
<u>Unterrichtsvorhaben IV</u> **Kontext:** Elektrische Energie gewinnen und verteilen **Inhaltsfeld:** Elektrodynamik **Zeitbedarf:** etwa15 Ustd. à 45 Minuten	Induktion Spannungswandlung	UF3 Systematisierung UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1Kriterien	Leiterschaukel Leiterschleife thomsonscher Ringversuch Generator Oszilloskop/Messwerterfassungs-system Transformator Modellexperiment zu Freileitungen

<u>Unterrichtsvorhaben V</u> **Kontext:** Erforschung des Mikro- und Makrokosmos **Inhaltsfeld:** Strahlung und Materie **Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Spektrum der elektromagnetischen Strahlung Energiequantelung in der Atomhülle	UF1 Wiedergabe E2 Wahrnehmung und Messung E6 Modelle K1 Dokumentation	Franck-Hertz-Versuch Flammenfärbung Linienspektren Sonnenspektrum Charakteristische Röntgenspektren
<u>Summe Qualifikationsphase I – 80 Stunden</u>			

Qualifikationsphase II			
Kontext, Inhaltsfeld, Zeitbedarf	**Inhaltliche Schwerpunkte**	**Kompetenzschwerpunkte**	**Schlüsselexperimente**
<u>Unterrichtsvorhaben VI</u> **Kontext:** Mensch und Strahlung **Inhaltsfeld:** Strahlung und Materie **Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd. à 45 Minuten	Ionisierende Strahlung Kernumwandlungen	K2 Recherche K3 Präsentation B1 Kriterien B3 Werte und Normen	Geiger-Müller-Zählrohr Absorptionsexperimente
<u>Unterrichtsvorhaben VII</u> **Kontext:** Elementarteilchenphysik **Inhaltsfeld:** Strahlung und Materie **Zeitbedarf:** etwa 10 Ustd. à 45 Minuten	Standardmodell der Elementarteilchen	UF3 Systematisierung E6 Modelle	
<u>Unterrichtsvorhaben VIII</u> **Kontext:** Das Denken übersteigt die sinnliche Erfahrung **Inhaltsfeld:** Relativität von Raum und Zeit **Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd. à 45 Minuten	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse-Äquivalenz	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation	Michelson-Morley-Experiment Lichtuhr Myonenzerfall Zyklotron
<u>Summe Qualifikationsphase II – 50 Stunden</u>			

In den konkretisierten Unterrichtsvorhaben findet man Experiment- und Materialvorschläge, die selbstverständlich nicht verbindlich sind.

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben EF

Unterrichtsvorhaben I

Kontext: Kräfte und Bewegungen im Straßenverkehr

Buchseiten: 6 – 35

Zeitbedarf: etwa 20 Ustd. à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte: Bewegungen und Kräfte

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 (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Sicherheit				*Zu Beginn jedes Schuljahres ist eine Wiederholung des Sicherheitseinweisung zwingend erforderlich und*

				im Kursbuch zu dokumentieren.
Gleichförmige Bewegung (3 Ustd.)	9 - 11	erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). 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).	**Experiment (V1):** Untersuchung der Bewegung einer Modelleisenbahn ***Experiment:*** *Videoanalyse einer Bewegung*	Zeit-Ort-Diagramm, Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm, negative Geschwindigkeitswerte *Mögliche Ergänzung: Videoanalyse einer Bewegung*
Die Momentangeschwindigkeit (2 Ustd.)	12-15	erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). 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).	**Experiment (B3):** Näherungsweise Messung der Momentangeschwindigkeit als mittlere Geschwindigkeit in einem sinnvoll kleinen Zeitintervall auf der Luftkissenfahrbahn ***Experiment und CASSY-Datei:*** *Messung des Zusammenhangs zwischen Umdrehungsgeschwindigkeit und Spannung bei einem Nabendynamo*	Momentangeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Geschwindigkeitsmessung im Auto* *Mögliche Ergänzung: Sensoren für s und v (Lochrad und Lichtschranke, Nabendynamo)* *Mögliche Ergänzung: Aufzeichnung und Auswertung einer Fahrradfahrt mit einem Datenlogger*

Überholvorgang unter der Lupe (1 Ustd.)	16 - 17	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).	**Experiment (V1):** Simulation eines Überholvorgangs im Labor	Reale Bewegungen: *t*-*s*-Diagramm ohne Knicke, *t*-*v*-Diagramm ohne Sprünge *Mögliche Ergänzung: Überholvorgänge im t-s-Diagramm, Formel für den Überholweg*
Beschleunigte Bewegungen (5 Ustd.)	18 - 21	erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4). 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). reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung uns Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4).	**Experiment (V1):** Aufzeichnung des Anfahrens mit dem Fahrrad mit einem Datenlogger **Experiment (V2):** Aufzeichnung einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn, Messung des Zusammenhangs zwischen Kraft und Beschleunigung **Experiment (V1):** Messung des Zusammenhangs zwischen Masse und Beschleunigung ***Experiment:*** *Aufnahme einer stückweise gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn*	Bewegungen mit konstanter beschleunigender Kraft, Beschleunigung, gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Grundgleichung der Mechanik *Mögliche Ergänzung: Aufnahme und Auswertung einer stückweise gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn*

		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). unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen (UF2). erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5). berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).		
Sonderfall – Bewegung aus der Ruhe (2 Ustd.)	22 - 23	erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).	***Experiment:*** *Bewegung eines Schlittens auf der leicht schräg gestellten Luftkissenfahrbahn*	Zeit-Geschwindigkeit- und Zeit-Ort-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus der Ruhe *Mögliche Ergänzung: Auswertung der Messung der*

				Bewegung eines Schlittens auf der leicht schräg gestellten Luftkissenfahrbahn mit dem GTR
Kräfte zusammensetzen und zerlegen (2 Ustd.)	24 - 25	vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1). stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen (Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	**Experiment (V1):** Messung der Hangabtriebskraft **GeoGebra-Datei**: Vektoraddition **GeoGebra-Datei:** Vektorzerlegung	Kräfteaddition, Kräftezerlegung schiefe Ebene (Hangabtriebskraft, Normalkraft)
actio und reactio im Straßenverkehr (2 Ustd.)	26 - 29	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).	**Experiment (V1):** Messung der Wechselwirkungskräfte bei zwei auf Skateboards stehenden Personen, die gegenseitig über ein Seil Kräfte auseinander ausüben **Experiment (V2):** Demonstration der Wechselwirkungskräfte mit einer auf Rollen anfahrenden Lok **Experiment (V3):** Messung der Haft-, Gleit- und Rollreibungskraft mit einem	Wechselwirkungskräfte: Kraft und Gegenkraft Unterscheidung von actio = reactio und Kräftegleichgewicht Haftreibung, Gleitreibung, Rollreibung *Mögliche Ergänzung: Bremsvorgänge (Beschleunigung, Kräfte, Brems- und Anhalteweg, Fahrschul-Faustformeln)* *Mögliche Ergänzung: Kraft- und Beschleunigungssensoren*

			Klotz, der an einem Kraftmesser über einen Tisch gezogen wird ***Excel-Datei:*** *Bremswegmodellierung mit den physikalischen Gesetzen und den Fahrschul-Faustformeln*	
Modellbildung (3 Ustd.)	30 - 31	berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6). bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).	**Video:** senkrechter Wurf **Excel-Datei:** Modellierung des senkrechten Wurfs ohne Luftwiderstand ***Excel-Datei:*** *Modellbildung für nicht konstante Masse (Raketenwagen)*	Modellierung von Bewegungen, bei denen die beschleunigende Kraft oder die Masse nicht konstant sind, mit einer Tabellenkalkulation *Mögliche Ergänzung: Modellbildung für nicht konstante Masse (Raketenwagen)*

Unterrichtsvorhaben II

Kontext: Erhaltungssätze im Straßenverkehr

Buchseiten: 36 – 59

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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 (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Höhenenergie und Arbeit (2 Ustd.)	39	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
Bewegungsenergie und Spannenergie (3 Ustd.)	40 - 41	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	**Experiment (V1):** zwischen zwei Federn gespannter Wagen auf einer horizontalen Fahrbahn	Herleitung und Anwendung von Formeln für die Bewegungs- und Spannenergie *Mögliche Ergänzung: Die kausale Strategie in der Physik*
Erhaltungssatz der Mechanik (2 Ustd.)	42 - 43	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären	***Experimente:*** *Experimentelle Bestätigung des Energieerhaltungssatzes beim Fadenpendel und Federpendel*	Energieerhaltungssatz der Mechanik *Mögliche Ergänzung: Bestätigung des Energieerhaltungssatzes im*

		und Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6). 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).		*Experiment (Fadenpendel, Federpendel)*
Ein Kraftstoß ändert den Impuls (2 Ustd.)	44 - 45	erläutern die Größen Kraft, Masse, Impuls und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Kraftstoß, Impuls Vorteil der Schreibweise NEWTONs
Unelastischer Stoß zweier Körper (3 Ustd.)	46 - 47	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1). verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	**Experimente (V1, V2):** Stoßversuche auf der Luftkissenfahrbahn **GeoGebra-Datei:** Simulation des unelastischen Stoßes zweier Kugeln **CASSY-Datei:** Fahrbahnexperiment mit zwei Schlitten unterschiedlicher Masse	Impulserhaltungssatz Unelastischer Stoß, zunächst symmetrischer Fall, dann beliebige Bedingungen Bewegung des Schwerpunktes
Elastische Stöße zweier Körper (3 Ustd.)	48 - 53	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1).	**Experiment (V1):** Stoßversuch auf der Luftkissenfahrbahn **GeoGebra-Datei:** Simulation des elastischen Stoßes zweier Kugeln	Impuls- und Energieerhaltung bei geraden elastischen Stößen, Berechnung der Geschwindigkeiten nach dem Stoß

		verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6). bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6). bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).	**GeoGebra-Datei:** Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß ***Experiment:*** *Videoanalyse eines unelastischen Stoßes* ***Stationenlernen:*** *Experimente und Theorie zum Impuls- und Energieerhaltungssatz*	Bewegung des Schwerpunktes Bewertung eines Textes aus einem Internetforum (S. 52, 3. Station) *Mögliche Ergänzung: Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß mittels Schwerpunkgeschwindigkeit und mittels Schulmathematik* *Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Unterschiedes zwischen Bewegungsenergie und Impuls* *Mögliche Ergänzung: Schiefe Stöße* *Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zum Energie- und Impulserhaltungssatz*
Unfälle im Straßenverkehr	*54 - 55*		***Experiment:*** *Messung beim Aufprall eines Laborwagens mit und ohne Knautschzone*	*Bilanz- und Kausalstrategie bei Zusammenstößen, Bremsweg und Anhalteweg, Messkurven bei Crashtests, Aufprall mit und ohne Airbag*
Projekt: Impuls und Bewegungsenergie – Bilanzgrößen, die man unterschieden muss	*59*		***Experiment:*** *zeitliche Umkehrung eines unelastischen Zusammenpralls*	*Vertiefung des Unterschiedes zwischen den Bilanzgrößen Impuls und Bewegungsenergie*

Unterrichtsvorhaben III

Kontext: Fall- und Wurfbewegungen im Sport

Buchseiten: 60 – 85

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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 (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Fallbewegungen (5 Ustd.)	63 - 67	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	**Experiment (V1):** Vergleich der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Blatt Papiers **Experiment (V2):** Fallröhre **Experiment (V1):** Messung der Fallbeschleunigung mit dem Kugelfallgerät **Experiment (V2):** Videoanalyse der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Papiertrichters	Freier Fall (beschleunigende Kraft, Zeit-Ort-Gesetz, Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz) Messung der Fallbeschleunigung Fallbewegung mit Luftwiderstand *Mögliche Ergänzung: schwere und träge Masse beim freien Fall* *Mögliche Ergänzung: Energiebilanz beim freien Fall*

		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 ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).	***Stationenlernen:*** *Experimente zu Fallbewegungen*	*Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zu Fallbewegungen*
Fallschirmsprung im Rechenmodell (3 Ustd.)	68 - 71	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).	**Excel-Datei:** Modellierung des Fallschirmsprungs **GeoGebra-Datei:** Modellierung des Fallschirmsprungs ***Experiment:*** *Experimentelle Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Videoanalyse des Falls von Papiertrichtern* ***GeoGebra-Datei:*** *Modellierung des Falls von Hagelkörnern*	Kraftgesetz für den Luftwiderstand Modellierung des Fallschirmsprungs mit einer Tabellenkalkulation, Bestimmung der Endgeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Prüfen eines Werbetextes zum Fallschirmspringen* *Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Bewegungen mit Luftwiderstand (Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Messungen,*

		bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).	***GeoGebra-Datei:*** *Modelleirung eines 100-m-Laufs*	*Fallbewegung von Hagelkörnern und Regentropfen, Kräfte beim 100-m-Lauf)*
Auf der schiefen Ebene (1 Ustd.)	72 - 73	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzerlegung (E1).	**Experiment (V1):** Aufzeichnung einer reibungsfreien Bewegung auf der schiefen Ebene mit einer geneigten Luftkissenfahrbahn **GeoGebra-Datei:** Lageplan und Kräfteplan bei der schiefen Ebene	Reibungslose Bewegung auf der schiefen Ebene als Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Berechnung der Beschleunigung aus dem Neigungswinkel *Mögliche Ergänzung: Freier Fall und schiefe Ebene bei GALILEI*
Waagerechter Wurf (3 Ustd.)	74 - 75	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzerlegung und Vektoraddition (E1). 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).	**GeoGebra-Datei:** Modellierung des waagerechten Wurfs **Experiment (V1):** Videoanalyse eines waagerechten Wurf	Freier Fall im ICE aus der Sicht eines mitbewegten und eines neben den Schienen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des waagerechten Wurfs, Gleichung der Bahnkurve *Mögliche Ergänzung: Beobachtungen in gleichförmig bewegten und beschleunigten Systemen*
Schiefer Wurf (3 Ustd.)	76 - 81	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch	**Experiment (V1):** Wasserwurfgerät	Freier Fall in einer Bergbahn aus der Sicht eines mitbewegten und

		Komponentenzerlegung 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).	**GeoGebra-Datei:** Modellierung des schiefen Wurfs ***GeoGebra-Datei (zu A3):*** *Modellierung des Korbwurfs beim Basketball mit Luftwiderstand* **Material:** Textauszug aus Galileis *Discorsi* **GeoGebra-Datei:** Modellierung des schiefen Wurfs ***GeoGebra-Datei:*** *Modellierung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand*	eines außen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des schiefen Wurfs Einfluss von Stoßwinkel und Abwurfgeschwindigkeit auf die Wurfweite beim Kugelstoßen Wurfbewegungen bei Aristoteles und Galilei Modellierung des schiefen Wurfs mit GeoGebra. *Mögliche Ergänzung: Energie und Impuls bei Wurfbewegungen* *Mögliche Ergänzung: Modelleirung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand*
Projekt: Auf Physik kann man sich verlassen	*85*		***Experiment:*** *Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens*	*Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens*

Unterrichtsvorhaben IV

Kontext: Unser Planetensystem

Buchseiten: 86 – 111

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Kreisbewegung und Zentripetalkraft (1 Ustd.)	89	analysieren auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	**Experiment (V1):** Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät **Experiment (V2):** Bestätigung, dass die Bahngeschwindigkeit tangential zur Kreisbahn gerichtet ist.	Bahngeschwindigkeit, gleichförmige Kreisbewegung, Notwendigkeit einer zum Kreismittelpunkt gerichteten Kraft (Zentripetalkraft)

Eine Formel für die Zentripetalkraft (2 Ustd.)	90 - 91	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).	**Experiment (V1):** Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät und Vergleich mit dem mit der Formel berechneten Wert **GeoGebra-Datei:** Grafische Darstellung der Zentripetalkraft und -beschleunigung bei verschiedenen Radien, Massen und Bahngeschwindigkeiten	Plausibelmachen der Formeln für die Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung *Mögliche Ergänzung: Unterscheidung von Zentripetal- und Zentrifugalkraft*
Kreisbewegungen auch auf der Kirmes (1 Ustd.)	92 - 93	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Vektoraddition (E1).	***GeoGebra-Datei:*** *Die Zentripetalkraft bei der Autobahnausfahrt*	Analyse der Kräfte beim Kettenkarussell und beim Rotor *Mögliche Ergänzung: Klothoide bei Autobahnausfahrten und beim Looping*
In drei Schritten zum Gravitationsgesetz (3 Ustd.)	94 - 97	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). ermitteln mithilfe des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	***Experiment:*** *Versuch mit der Gravitationsdrehwaage oder* ***Video:*** *Versuch mit der Gravitationsdrehwaage*	Herleitung des Gravitationsgesetzes anhand NEWTONs Mondrechnung Gravitationsgesetz und Gravitationskonstante Bestimmung der Masse und mittleren Dichte der Erde

				Mögliche Ergänzung: Historische Bestimmung von Erdradius und Abstand Erde - Mond *Mögliche Ergänzung: Aufbau des Planetensystems* *Mögliche Ergänzung: Versuch von CAVENDISH zur Bestimmung der Gravitationskonstanten (Demonstrationsexperiment oder Auswertung eines Videos)*
Die KEPLER-Gesetze (2 Ustd.)	98 - 101	bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6). ermitteln mithilfe der KEPLER-Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	**GeoGebra-Datei:** Simulation einer Satellitenbahn	Entdeckung der KEPLER-Gesetze mithilfe einer Geometriesoftware *Mögliche Ergänzung: eigenständige Programmierung der auf Seite 98 benutzen Simulation*
Energie im Gravitationsfeld (3 Ustd.)	102 - 105	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6). analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als		Gravitationsfeld in Analogie zum magnetischen Feld, Definition der Feldstärke Berechnung der zuzuführenden Arbeit beim Hochheben im Gravitationsfeld, Berechnung der potentiellen Energie, Festlegung des Nullniveau Fluchtgeschwindigkeit

		auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1). verwenden Energiebilanzen, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).		*Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die Energieberechnung im Gravitationsfeld* *Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die potentielle Energie* *Mögliche Ergänzung: Schwerelosigkeit in verschiedenen Situationen (Raumfahrt, Sprung, Parabelflug, Fallturm)*
Von ARISTOTELES bis NEWTON (2 Ustd.)	106 - 107	stellen Änderungen in den Vorstellungen zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7). 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).		Hier ist die Erarbeitung des Themas in Referaten denkbar.
Internationale Raumstation ISS (1 Ustd.)	111	erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme und beziehen Stellung dazu (B2, B3).		A 17 Aufgabe zur ISS

Projekt: Planetenbeobachtung	111		***Material:*** *drehbare Sternenkarte (Internet)*	*Beobachtung des Sternenhimmels und der Planeten mithilfe einer Sternenkarte*

Unterrichtsvorhaben V

Kontext: Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten

Buchseiten: 112 – 133

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Mechanische Schwingungen (1 Ustd.)	115	beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).	**Experiment (B3):** Schwingung einer Stimmgabel **Experiment (B5):** Schwingung einer Lautsprechermembran	Abgrenzung der Schwingung von bereits bekannten Bewegungen Periodizität, Gleichgewichtslage, Umkehrpunkte Freie und erzwungene Schwingungen
Ursache und Beschreibung von Schwingungen	116 - 117	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer	**Experiment (B1):** Federpendel **Experiment (V1):** Vergleich der Bewegung einer Pendelkugel mit	Beschreibung von Schwingungen: Auslenkung, Elongation,

(2 Ustd.)		Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4).	der Projektion einer Kreisbewegung **GeoGebra-Datei:** Zeigerdarstellung einer harmonischen Schwingung ***Excel-Datei:*** *Modellierung einer Federschwingung*	Amplitude, Periodendauer, Frequenz Ursache von Schwingungen: Rückstellkraft Harmonische Schwingung: Beschreibung durch Zeiger, Zeit-Elongation-Gesetz *Mögliche Ergänzung: lineares Kraftgesetz* *Mögliche Ergänzung: Modellierung einer Federschwingung mit einer Tabellenkalkulation*
Energie einer Schwingung (3 Ustd.)	118 - 119	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).	**Experiment (V1):** horizontaler Federschwinger **Experiment (B3):** Schwingung einer Stimmgabel **Experiment (V2):** horizontaler Federschwinger mit Schwingungserreger ***GoldWave-Datei (zu A2):*** *abklingender Ton*	Energie der Schwingung eines ungedämpften vertikalen Federpendels Gedämpfte Schwingungen, Entdämpfung Eigenfrequenz, Resonanz
Schwingungen und Eigenschwingungen	*120 - 121*		***Stationenlernen:*** *Experimente zu Schwingungen und Wellen*	*Stationenlernen zu Schwingungen und Wellen*

			GeoGebra-Datei: *Modellierung der Schwebung mit dem Zeigermodell*	
Fortschreitende Welle (3 Ustd.)	122 - 123	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).	**Experiment (V1):** Ausbreitung einer transversalen Störung bei einer langen Feder **Experiment (V1):** Ausbreitung einer longitudinalen Störung bei einer langen Feder **GeoGebra-Datei:** fortschreitende Welle im Zeigermodell	Transversalwelle, Longitudinalwelle, Wellengeschwindigkeit, Phasengeschwindigkeit, Wellenlänge Darstellung von Wellen im Zeigermodell Zusammenhang zwischen Wellengeschwindigkeit, Wellenlänge und Periodendauer
Die Schallgeschwindigkeit in Luft (2 Ustd.)	124 - 125	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (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).	**Experiment (V1):** Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und zeit **Experiment (V2):** Messung der Schallgeschwindigkeit aus der Phasengeschwindigkeit	Schall als Welle Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit sowie aus der Phasengeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Einfache Messungen zur Abschätzung der Schallgeschwindigkeit* *Mögliche Ergänzung: Präzisionsmessung der Schallgeschwindigkeit mit*

				Ultraschallsender, -empfänger und Oszilloskop
Töne und Klänge (2 Ustd.)	126 - 127	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).	**Experiment (V1):** Frequenzanalyse eines Flöttons mit GoldWave **Experiment (V2, V3, V4):** Frequenzanalyse einer Stimmgabelschwingung, der Schwingung eines Monochords und der Schwingung eines überblasenen Reagenzglases mit einem Messwerterfassungssystem **CASSY-Datei:** Fourieranalyse eines Monochord-Klanges **Experiment (V5):** Eigenschwingungen eines beidseitig eingespannten Gummibandes **Experiment (V6):** Eigenschwingungen der Luftsäule in einem Glasrohr	Frequenzanalyse (z.B. Flötton, Stimmgabel, Monochord, überblasenes Reagenzglas, Musikinstrumente) Klang, Grundschwingung, Oberschwingung Grundton und Obertöne bei zwei freien Enden, zwei festen Enden und einem freien und einem festen Ende
Stehende Wellen (2 Ustd.)	128 - 129	bestimmen mechanische Größen mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).	**GeoGebra-Datei:** Zeigermodellierung der stehenden Welle	Zeigermodellierung der Überlagerung von Welle und reflektierter Welle mit GeoGebra Wellenknoten, Wellenbauch Freies Ende, festes Ende

				Wellen bei beidseitiger Begrenzung *Mögliche Ergänzung: Vertiefung der Reflexion am freien und festen Ende*
Projekt: Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator	*133*		***Experiment:*** *Messung der Eigenfrequenzen eines Helmholtz-Resonators*	*Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator, Vergleich von Theorie und Experiment*

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Q1

Unterrichtsvorhaben I

Kontext: Erforschung des Photons

Buchseiten: 10 – 39

Zeitbedarf: etwa 25 Ustd. à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt), Quantenobjekte und ihre Eigenschaften, Spannung und elektrische Energie

Schlüsselexperimente: Wellenwanne, Doppelspalt, Gitter, Fotoeffekt

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimetne 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.
(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Sicherheit				*Zu Beginn jedes Schuljahres ist eine Wiederholung des Sicherheitseinweisung zwingend erforderlich und im Kursbuch zu dokumentieren.*
Physik in Bewegung (2 Ustd.)	11 - 13	erläutern am Beispiel des Quantenobjekts Photon die Bedeutung von Modellen als		Photon als Quantenobjekt

		grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7).		*Mögliche Ergänzung: EINSTEINS Nobelpreis, Zitate zur Quantenphysik*
Geometrische Optik – und ihre Grenzen (2 Ustd.)	14 - 15	erläutern am Beispiel des Quantenobjekts Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7).	**Experiment (V1):** Sichtbarmachen von Lichtbündeln mit Kreidestaub **Experiment (B1):** Erzeugung eines Schattens **Experiment (V2):** Messung von Einfalls- und Brechungswinkel beim Übergang von Luft in Glas **Experiment (B5):** Messung von Einfalls- und Reflexionswinkel **Experiment (B6):** Beugung und Interferenz an der Lochblende	Phänomene, die sich mit geometrischer Optik erklären lassen: Schatten, Brechung, Reflexion Grenze der geometrischen Optik
Wellenmodell - Wellenwanne (1 Ustd.)	16 - 17	veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen Kreiswellen und Interferenz (K3).	**Experiment (V1):** Interferenz zweier Kreiswellen in der Wellenwanne ***Excel-Datei:*** *Modellierung einer Zwei-Quellen-Interferenz mit einstellbaren Parametern*	Kreiswellen, destruktive und konstruktive Interferenz, Kohärenz, Erklärung mit dem Zeigermodell
Beugung, Brechung und Reflexion im Wellenmodell (2 Ustd.)	18 - 19	veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens-Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene	**Experiment (V1):** Beugung an einer Lochblende in der Wellenwanne **Experiment (V2):** Brechung von Wasserwellen an einer Grenze	Erklärung von Beugung, Brechung und Reflexion mit dem Huygens-Prinzip

		Beugung, Reflexion und Brechung (K3).	zwischen tiefem und flachem Wasser	
Doppelspaltversuch (4 Ustd.)	20 - 23	bestimmen die Wellenlänge und Frequenz von Licht mit dem Doppelspalt (E5).	**Experiment (V1):** Doppelspaltversuch mit Sonnen-/Laserlicht	Doppelspaltexperiment von YOUNG, Wellenlängenbestimmung mittels Richtungswinkel und Streifenabstand *Mögliche Ergänzung: YOUNGs Idee im historischen Rückblick* *Mögliche Ergänzung: Aufteilung der Wellenfront bei den Experimenten von YOUNG und FRESNEL* *Mögliche Ergänzung: Polarisation*
Gitter (4 Ustd.)	24 - 27	bestimmen die Wellenlänge und Frequenz von Licht mit dem Gitter (E5).	**Experiment (V1):** Beugung und Interferenz an Gittern mit verschiedener Spaltzahl ***Excel-Datei:*** *Simulation eines Intensitätsdiagramms bei der Beugung am Mehrfachspalt*	Lage der Maxima, Wellenlängenbestimmung, Vergleich Doppelspalt – Gitter *Mögliche Ergänzung: Amplitude und Intensität* *Mögliche Ergänzung: Einzelspalt* *Mögliche Ergänzung: CD als Reflexionsgitter*
Fotoeffekt I (2 Ustd.)	28 - 31	zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche des Wellenmodells für Licht (B4, K4).	**Experiment (V1):** Entladung einer negativ geladenen Zinkplatte mit UV-Licht (Hallwachs-Experiment)	Versagen des Wellenmodells bei der Erklärung des Hallwachs-Effekts

			Videos: Hallwachs-Experiment mit und ohne Glasscheibe	*Mögliche Ergänzung: Geschichte des Fotoeffekts* *Mögliche Ergänzung: äußerer und innerer Fotoeffekt* *Mögliche Ergänzung: klassisches Wellenmodell versagt beim Fotoeffekt* *Mögliche Ergänzung: Schwarzkörperstrahlung*
Das elektrische Feld (4 Ustd.)	32 - 35	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1). definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2).	**Experiment (S.32, V1):** Beobachtung von Watteflocken im elektrischen Feld **Experiment (S. 32, V2):** Veranschaulichung der Feldstruktur mit Grießkörnern in Rizinusöl **Experimente (S. 34, V1, V2, V3):** Verdoppelung der Leistung durch Parallelschaltung/ in-Reihe-Schaltung zweier Lämpchen ***Experiment:*** *Messung der Kraft auf eine Probeladung im Kondensatorfeld*	Elektrische Feldlinien, elektrische Feldstärke, Definition der elektrischen Spannung, Spannung und Feldstärke im homogenen Feld *Mögliche Ergänzung: Messung der Kraft auf eine Probeladung im Kondensatorfeld*
Fotoeffekt II (3 Ustd.)	36 - 37	demonstrieren anhand eines Experiments zum Fotoeffekt den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang	**Experiment (V1):** Untersuchung des Fotoeffekts mit der Gegenfeldmethode	Untersuchung des Fotoeffekts und Interpretation durch Einstein

		von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2).		*Mögliche Ergänzung: Kontaktspannung*
Masse und Impuls von Photonen (1 Ustd.)	38-39	zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche des Teilchenmodells für Licht (B4, K4).		Weitere Photoneneigenschaften: Masse und Impuls *Mögliche Ergänzung: Lichtmühle*
Projekt: Umkehrung des Fotoeffekts – h-Abschätzung mit Leuchtdiode	75		***Experiment:*** *h-Abschätzung mit Leuchtdiode*	*h-Abschätzung mit Leuchtdiode*

Unterrichtsvorhaben II

Kontext: Erforschung des Elektrons

Buchseiten: 40 – 59

Zeitbedarf: etwa 20 Ustd. à 45 Minuten

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

Schlüsselexperimente: Millikan-Versuch, Fadenstrahlrohr, Elektronenbeugung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen.
(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.
(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimente und Simulationen erklären oder vorhersagen.
(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Das Elektron – ein alter Bekannter (1 Ustd.)	41		**Experiment (B1):** Elektroskop als Nachweisgerät für elektrische Ladungen	Bekanntes aus der Mittelstufe: Positive und negative Ladungen, Aufbau von Atomen (Kern und Hülle), β-Zerfall

Millikan-Versuch (3 Ustd.)	42-45	erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5).	**Experiment (B1, B2, B3):** Millikan-Versuch ***Excel-Datei:*** *Messdaten eines Millikan-Schulversuchs* ***Experiment:*** *Messung des Zusammenhangs zwischen Gewichtskraft und Geschwindigkeit beim Sinken von Stahlkugeln in Rizinusöl* ***Videos:*** *Videos zum Sinkversuch mit Stahlkugeln* ***Excel-Datei:*** *Excel-Auswertung zum Sinkversuch mit Stahlkugeln*	Versuchsidee, Versuchsaufbau, Messung, Interpretation der Ergebnisse, Elementarladung *Mögliche Ergänzung: Millikan-Versuch – Würdigung und Kritik* *Mögliche Ergänzung: Elektrolyse-Versuch von FARADAY* *Mögliche Ergänzung: Zusammenhang zwischen Gewichtskraft und Geschwindigkeit beim Sinken in einem zähen Medium*
Fadenstrahlrohr I (2 Ustd.)	46 - 47	bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2).		Kathodenstrahlen, Grundidee zur Messung der Elektronenmasse, Elektronenkanone, Zusammenhang zwischen Beschleunigungsspannung und Geschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Größe eines Elektrons* *Mögliche Ergänzung: Massenzunahme bei hoher Geschwindigkeit*
Das Magnetfeld (6 Ustd.)	48 - 51	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern	**Experiment (S. 48, B1):** Veranschaulichung der Struktur eines Magnetfeldes mit kleinen	Magnetische Feldlinien, Linke-Faust-Regel, Drei-Finger-Regel,

		deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1). bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF1, E6).	Kompassnadeln und Eisenfeilspänen **Experiment (S. 48, B2):** Oersted-Versuch **Experiment (S. 49, V1):** Leiterschaukel im Feld eines Hufeisenmagneten **Experiment (S. 50, B2):** Ablenkung eines Elektronenstrahls im Magnetfeld ***Experiment:*** *Bau eines einfachen Lautsprechers* ***Experiment:*** *Messung der Kraft auf ein Strom führendes Drahträhmchen im homogenen Magnetfeld*	Definition der magnetischen Flussdichte, Lorentzkraft *Mögliche Ergänzung: Dynamischer Lautsprecher* *Mögliche Ergänzung: Hallsonden* *Mögliche Ergänzung: Messung der Kraft auf ein Strom führendes Drahträhmchen im homogenen Magnetfeld*
Fadenstrahlrohr II (3 Ustd.)	52 - 53	modellieren Vorgänge im Fadenstrahlrohr (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5).	**Experiment (B1):** Fadenstrahlrohr ***GeoGebra-Datei:*** *Simulation zum Fadenstrahlrohr*	Bestimmung der spezifische Ladung von Elektronen, Berechnung der Elektronenmasse *Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die spezifische Ladung* *Mögliche Ergänzung: Modellierung der Bewegung im Fadenstrahlrohr*

Elektronen in Natur, Forschung und Technik	54 - 55			*Polarlicht und Strahlungsgürtel, Penning-Falle, magnetische Linse, Elektronenmikroskop*
De-Broglie-Wellen und Elektronenbeugung (5 Ustd.)	56 - 59	erläutern die Aussage der de-Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erläuterung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4) zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodell für Elektronen auf (B4, K4).	**Experiment (S. 58, B1, B2):** Elektronenbeugungsexperiment	De-Broglie-Theorie, Materiewellen, Spaltexperimente mit Elektronen, Beugung von Elektronen an Kristallgittern *Mögliche Ergänzung: Der Physiker DE BROGLIE* *Mögliche Ergänzung: Berechnung des Elektronenabstands in einem Elektronenstrahl* *Mögliche Ergänzung: Interferenz mit großen Molekülen*

Unterrichtsvorhaben III

Kontext: Wellig und körnig

Buchseiten: 60 – 71

Zeitbedarf: etwa 5 Ustd. à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon und Elektron (Teilchenaspekt, Wellenaspekt), Quantenobjekte und ihre Eigenschaften
Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren.
(K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. wiederlegen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Wahrscheinlichkeits-interpretation (3 Ustd.)	61 - 63	beschreiben und diskutieren die Kontroverse um den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4). verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3). untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	**Experiment (V1):** Registrierung des Beugungsbildes am Doppelspalt auf eine S/W-Film **Programm:** Simulation zum Aufbau des Interferenzmusters beim Doppelspalt	Quantenobjekte, Zufall in der Quantenphysik, Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte, Veranschaulichung mit dem Zeigermodell *Mögliche Ergänzung: Taylor-Experiment*

Modelle in der Physik	64 - 65			*Symbole, Messdaten und Realität* *Ketterle-Experiment*
Unbestimmtheits-relation	66 - 67			*Heisenbergs Unbestimmtheits-relation und Experimente dazu*
Deutungen der Quantentheorie (2 Ustd.)	68 - 71	beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung (B4, K4).		Deutungen der Quantentheorie *Mögliche Ergänzung: Schrödingers Katze* *Mögliche Ergänzung: Das Messpostulat* *Mögliche Ergänzung: Dekohärenz* *Mögliche Ergänzung: Umfrage unter Physikern über die favorisierte Deutung* *Mögliche Ergänzung: Verschränkte Zustände und Nichtlokalität* *Mögliche Ergänzung: Anwendungen der Quantenverschränkung*

Unterrichtsvorhaben IV

Kontext: Elektrische Energie gewinnen und verteilen

Buchseiten: 78 – 99

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion, Spannungswandlung

Schlüsselexperimente: Leiterschaukel, Leiterschleife, thomsonscher Ringversuch, Generator, Oszilloskop/Messwerterfassungssystem, Transformator, Modellexperiment zu Freileitungen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren.
(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)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Induktion bei der Leiterschaukel (1 Ustd.)	79	erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6).	**Experiment (V1):** Induktion bei der Leiterschaukel	Induktion bei der Bewegung einer Leiterschaukel im Magnetfeld, Herleitung einer Formel

Induktion bei der Leiterschleife (4 Ustd.)	80 - 83	führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ und „zeitlich veränderliche (wirksame) Fläche“ zurück (UF3, UF4). Erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).	**Experiment (S. 80, V1):** Induktion durch Hineinführen einer Leiterschaukel in ein Magnetfeld (Leiterschleife orthogonal zu den Feldlinien) **Experiment (S. 81, V2):** Induktion durch Hineinführen einer Leiterschaukel in ein Magnetfeld (Leiterschleife nicht orthogonal zu den Feldlinien) **Experiment (S. 81, V2):** Hineinführen einer Leiterschaukel in ein Magnetfeld (Leiterschleife parallel zu den Feldlinien) **Experiment (S. 81, V4):** Induktion durch Drehen einer Leiterschaukel in einem Magnetfeld **Experiment (S. 82**, V1): Induktion durch Flussdichteänderung	Induktion durch Veränderung der wirksamen Leiterfläche einer Leiterschleife und einer Spule Induktion durch Flussdichteänderung Änderung der Zahl der Feldlinien, die durch die Leiterschleife „fließen“ als gemeinsame Ursache *Mögliche Ergänzung: der magnetische Fluss, Formulierung des Induktionsgesetzes mit dem magnetischen Fluss*
Lenzsches Gesetz und thomsonscher Ringversuch (2 Ustd.)	84 - 85	erläutern anhand des thomsonschen Ringversuches das lenzsche Gesetz (E5, UF4).	**Experiment (V1):** thomsonscher Ringversuch **Experiment (V2):** Änderung der Stromstärke in einer Spule durch Hineinschieben oder Herausziehen eines Eisenkerns	Gedankenexperiment zur Energieerhaltung bei der Induktion, Formulierung des lenzschen Gesetzes, thomsonscher Ringversuch zur Überprüfung des lenzschen Gesetzes, Berücksichtigung des lenzschen Gesetzes im Induktionsgesetzes durch ein Minuszeichen

Wirbelströme (1 Ustd.)	86 - 87	bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1).	**Experiment (V1):** Abbremsung einer Aluminiumplatte im Magnetfeld (waltenhofensches Pendel) **Experiment (V2):** Bewegung einer geschlitzten Aluminiumplatte in einem Magnetfeld	Wirbelstrombremsen bei der Achterbahn, Verdeutlichung der Funktionsweise mit dem waltenhofen-schen Pendel, unerwünschte Wirbelströme und ihre Vermeidung *Mögliche Ergänzung: technische Anwendungen von Wirbelströmen*
Der Generator (1 Ustd.)	88 - 89	erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6). zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung elektrischer Energie auf (UF4).	**Experiment (V1):** Generatorprinzip	Nachweis der Sinusform der Spannung mithilfe des Induktionsgesetzes *Mögliche Ergänzung: Kraft auf die Spule des Generators bei Energieabnahme*
Oszilloskop und Mess-werterfassungssystem (1 Ustd.)	90 - 91	werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop oder mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).	**Experiment (V1):** Untersuchung einer Wechselspannung mit dem Oszilloskop **Experiment:** Untersuchung einer Wechselspannung mit einem Messwerterfassungssystem	Messungen mit dem Drehspulinstrument, dem Oszilloskop und einem Messwerterfassungssystem, Vor- und Nachteile der Methoden *Mögliche Ergänzung: Effektivwert* *Mögliche Ergänzung: Funktionsweise eines Oszilloskops*

Der Transformator (2 Ustd.)	92 - 93	ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim Transformator (UF1, UF2). geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E2, E5). zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4).	**Experiment (V1):** unbelasteter Transformator **Experiment (V2):** belasteter Transformator	Erklärung der Funktionsweise des Transformators mit dem Induktionsgesetz, Übersetzungsverhältnis der Spannungen und Stromstärken
Transport elektrischer Energie (2 Ustd.)	94 - 95	verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3). zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4).	**Experiment (V1):** Modell für eine Freileitung	Verdeutlichung des Vorteils der Energieübertragung bei Hochspannung durch ein Modellexperiment und durch Rechnung, Hochspannung-Gleichstrom-Übertragung *Mögliche Ergänzung: das deutsche Stromnetz*

		bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1). beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).		
Michael FARADAY (1 Ustd.)	99	recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2).		A10 Aufgabe zu Experimenten von FARADAY
Projekt: Funktionsmodell eines Fahrradtachometers	99		***Experiment:*** *Funktionsmodell eines Fahrradtachometers*	*Funktionsmodell eines Fahrradtachometers*

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Q2

Unterrichtsvorhaben V

Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Buchseiten: 102 – 119

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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

Schlüsselexperimente: Franck-Hertz-Versuch, Flammenfärbung, Linienspektren, Sonnenspektrum, charakteristische Röntgenspektren

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.
(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.
(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.
(K1) bei der Dokumentation von Untersuchungen, Experimenten, theoretischen Überlegungen und Problemlösungen eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Sicherheit				*Zu Beginn jedes Schuljahres ist eine Wiederholung des Sicherheitseinweisung zwingend erforderlich und im Kursbuch zu dokumentieren.*

Das elektromagnetische Spektrum (3 Ustd.)	103 - 105	beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie (UF1).	**Experiment (S. 103, V1):** Detektieren von UV- und IR-Licht **Experiment (S. 104, V1):** Bestrahlung von Gegenständen mit Röntgenstrahlung **Experiment (S. 104, V2):** Bestrahlung eines geladenen Elektroskops mit Röntgenstrahlung	Spektrum des weißen Lichts, UV- und IR-Strahlung, weitere Strahlungen, insbesondere Röntgenstrahlung *Mögliche Ergänzung: Entstehung der Welle durch wandernde elektrische und magnetische Felder*
Franck-Hertz-Versuch (3 Ustd.)	106 - 109	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6). erläutern die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E4, E7).	**Experiment (S. 106, V1, B1):** Franck-Hertz-Versuch **Programm:** Simulation zum Franck-Hertz-Versuch **Experiment (S. 108, V1):** Resonanzfluoreszenz	Franck-Hertz-Versuch und Interpretation, Energieniveaus, Quantensprünge, Resonanzfloreszenz *Mögliche Ergänzung: elastische und unelastische Stöße* *Mögliche Ergänzung: die Physiker James FRANCK und Gustav HERTZ* *Mögliche Ergänzung: Bedeutung anderer Energieniveaus beim Franck-Hertz-Versuch* *Mögliche Ergänzung: andere Leuchterscheinungen*
Flammenfärbung und Linienspektrum (2 Ustd.)	110 - 111	erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der	**Experiment (V1, V2):** Untersuchung von Spektren mithilfe eines optischen Gitters	Flammenfärbung, Untersuchung von Linienspektren, Interpretation *Mögliche Ergänzung: Spektrometer*

		diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E4, E7).		*Mögliche Ergänzung: Spektralanalyse von Flammenfarben*
Sonnenspektrum (2 Ustd.)	112 - 113	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). interpretieren Spektraltafeln des Sonnenspektrums im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1).	**Experiment (V1):** Beobachtung eines Absorptionsspektrums (NaCl) **Experiment (V2):** Ausnahme des Sonnenspektrums mit einem Spektrometer	Beobachtung von Absorptionsspektren (NaCl, Sonne), Spektralanalyse, Oberflächentemperatur von Himmelskörpern, Verschiebungsgesetz von WIEN *Mögliche Ergänzung: Fraunhofer-linien selbst beobachten* *Mögliche Ergänzung: der Physiker Joseph von FRAUNHOFER*
Atommodelle (2 Ustd.)	114 - 115	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen (E6, UF3, B4).		Atomhypothese von DEMOKRIT, Atommodell von DALTON, „Rosinenkuchen“-Modell von THOMSON, Atommodell von BOHR, Schalenmodell, Orbitalmodell, Atommodelle im Schulunterricht
Untersuchung der Röntgenstrahlung	116 - 117			*Bestimmung der Wellenlänge von Röntgenstrahlung*

Charakteristische Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	118 - 119	erläutern die Bedeutung der charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E4, E7).	**Experiment (V1):** Ausmessen eines Röntgenspektrums mit der Drehkristallmethode	Analyse eines Röntgenspektrums , Ursache der charakteristischen Röntgenlinien *Mögliche Ergänzung: Röntgenbremsspektrum*

Unterrichtsvorhaben VI

Kontext: Mensch und Strahlung

Buchseiten: 120 – 141

Zeitbedarf: etwa 20 Ustd. à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Kernumwandlungen

Schlüsselexperimente: Geiger-Müller-Zählrohr, Absorptionsexperimente

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(K2) zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen.
(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.
(B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Grundlagen: Atomkern und die Strahlung radioaktiver Stoffe (1 Ustd.)	121	beschreiben Wirkungen von ionisierender Strahlung aus Materie (UF3, E6).	**Experiment (V1):** Entladung eines Elektroskops mit radioaktiver Strahlung	Aufbau der Atomkerne, Begriffe (Protonen, Neutronen, Nukleonen, Nukleonenzahl, Kernladungszahl, Ordnungszahl, Nuklid, Isotop), ionisierende Wirkung radioaktiver Strahlung *Mögliche Ergänzung: Kernkräfte*

Geiger-Müller-Zählrohr (1 Ustd.)	122 - 123	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (Geiger-Müller-Zählrohr) und bestimmen Zählraten (UF1, E2).	**Experiment (V1):** Untersuchung der Strahlung von Ra-226 mit dem Zählrohr, Messung des Nulleffekts ***Stationenlernen:*** *Strahlung verschiedener Materialien untersuchen*	Aufbau und Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs, erste Messungen *Mögliche Ergänzung: Halbleiter-zähler* *Mögliche Ergänzung: Stationen-lernen zur Untersuchung der Strahlung verschiedener Materialien*
Die Teilchen der Strahlung radioaktiver Stoffe - Absorptionsexperimente (2 Ustd.)	124 - 125	unterscheiden α-, β- und γ-Strahlung und Röntgenstrahlung (UF3). erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5).	**Experiment (V1):** Absorptionsexperimente mit der Strahlung von Ra-226 **Experiment (V2):** Absorptionsexperimente mit der Strahlung von Sr-90 **Experiment (V3):** Absorptionsexperimente mit der Strahlung von Cs-137	Nachweis und Eigenschaften von α-, β- und γ-Teilchen *Mögliche Ergänzung: Energieabhängigkeit der Absorption von Strahlung*
Radioaktiver Zerfall - Nuklidkarte (3 Ustd.)	126 - 127	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschrieben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1).		Vorgänge im Kern beim α-, β- und γ-Zerfall, Aufbau der Nuklidkarte *Mögliche Ergänzung: Vorgänge in der Atomhülle beim α-, β- oder γ-Zerfall eines Nuklids*

				Mögliche Ergänzung: die radioaktiven Zerfallsreihen
Halbwertszeit (2 Ustd.)	128 - 129	bestimmen Halbwertszeiten (E2).	**Experiment (V1):** Messung der Halbwertszeit von Rn-220 mit einer Ionisationskammer **Experiment (V2):** Messung der Halbwertszeit von Ba-137m mit einem Zählrohr	Zerfallsgesetz, Messung der Halbwertszeit, Aktivität *Mögliche Ergänzung: C-14-Methode*
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung (2 Ustd.)	130 - 131	beschreiben Wirkungen von ionisierender Strahlung auf lebende Organismen (UF1). begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4). ordnen die Wirkung ionisierender Strahlung mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein (B1, K2).		Ursachen Strahlenschäden, Dosimetrie *Mögliche Ergänzung: Grundlagen der Strahlenbiologie*
Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition (2 Ustd.)	132 - 133	erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung und ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein (B1, K2).		Ursachen natürlicher und zivilisatorischer Strahlenexposition, jährliche effektive Dosis der verschiedenen Strahlungen

				Mögliche Ergänzung: Projekt zu Radon
Wirkung elektromagnetischer Strahlung auf Menschen (2 Ustd.)	134 - 135	beschreiben Wirkungen von elektromagnetischer Strahlung auf lebende Organismen (UF1).		Quellen und Wirkungen nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Felder *Mögliche Ergänzung: vom Bundesamt für Strahlenschutz empfohlene Vorsorgemaßnahmen*
Strahlenschäden - Strahlenschutz (2 Ustd.)	136 - 137	bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastung des Menschen im Alltag (B1, K2).		Deterministische und stochastische Strahlenwirkungen, stochastisches Strahlenrisiko bei kleinen Dosen, Strahlenschutz (ALARA-Prinzip) *Mögliche Ergänzung: LNT-Hypothese*
Strahlennutzen (3 Ustd.)	138 - 141	bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4). bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4).		Medizinische Diagnostik mit radioaktiven Nukliden, medizinische Therapie mit radioaktiven Nukliden, Protonen- und Neutronenstrahlen, Anwendungen der Absorption von γ-Strahlung, Markierung mit radioaktiven Nukliden, Sterile-Insekten-Technik *Mögliche Ergänzung: Bewertung der Radiojodtherapie*

		unterscheiden α-, β- und γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3).		*Mögliche Ergänzung: Kernreaktionen*
Projekt: Radioaktivität von Lebensmitteln	163			*Internetrecherchen zur Radioaktivität von Lebensmitteln*

Unterrichtsvorhaben VII

Kontext: Elementarteilchenphysik

Buchseiten: 142 – 159

Zeitbedarf: etwa 10 Ustd. à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren.
(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Ordnung im Teilchenzoo – das Standardmodell (3 Ustd.)	143 - 145	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine (UF3, E6). bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3). erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Materiebausteinen (E6, UF3, B4).		Zusammenfassung der Kenntnisse zum Aufbau der Materie bis 1932, Quarks als Materiebausteine, Materiebausteine des Standardmodells *Mögliche Ergänzung: Quarkfamilien* *Mögliche Ergänzung: Farbe als Quanteneigenschaft*

Was Teilchen zusammenhält – Wechselwirkungen im Standardmodell (1 Ustd.)	146 - 147	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).		Beschreibung von Wechselwirkungen durch Feldquanten, insbesondere Photonen als Feldquanten der elektromagnetischen Wechselwirkung *Mögliche Ergänzung: Feynman-Diagramme*
Starke und schwache Wechselwirkung (2 Ustd.)	148 - 151	erklären mithilfe des aktuellen Standardmodells Phänomene der Kernphysik (UF3, E6). erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1).		Starke und schwache Wechselwirkung und ihre Feldquanten *Mögliche Ergänzung: die elektroschwache Wechselwirkung* *Mögliche Ergänzung: elektrische Ladung, Farbladung und schwache Ladung* *Mögliche Ergänzung: der Spin*
Riesige Maschinen für kleinste Teilchen (2 Ustd.)	152 - 155	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).		Entdeckungen am CERN, Aufgaben von Detektoren, Ausbau des ATLAS-Detektors, Datenverarbeitung am CERN, Beschleuniger der Zukunft, Physik jenseits des Standardmodells

				Mögliche Ergänzung: das Higgs-Teilchen *Mögliche Ergänzung: Rolle der Gravitation*
Von Rutherford bis Higgs (2 Ustd.)	156 - 159	bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3).		Ursachen Strahlenschäden, Dosimetrie *Mögliche Ergänzung: Physikerinnen ohne Nobelpreis*

Unterrichtsvorhaben VIII

Kontext: Das Denken übersteigt die sinnliche Wahrnehmung

Buchseiten: 166 – 197

Zeitbedarf: etwa 20 Ustd. à 45 Minuten

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

Schlüsselexperimente: Michelson-Morley-Experiment, Lichtuhr, Myonenzerfall, Zyklotron

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können …
(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.
(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.
(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.
(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Hat Licht eine Geschwindigkeit? (1 Ustd.)	167			Historische Experimente zur Messung der Lichtgeschwindigkeit
Messung der Lichtgeschwindigkeit (1 Ustd.)	168 - 169		**Experiment (V1):** Messung der Lichtgeschwindigkeit mittels Amplitudenmodulation ***Experiment:*** *Nachweis elektromagnetischer Wellen*	Messung der Lichtgeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: experimenteller Nachweis elektromagnetischer Wellen*

				Mögliche Ergänzung: Referate zu historischen Experimenten zur Messung der Lichtgeschwindigkeit
Zeit und Ort werden hinterfragt (2 Ustd.)	170 - 171			Relativitätsprinzip, Relativgeschwindigkeit bei Schallwellen und bei Licht, Anwendung beim GPS-System
Das Experiment von Michelson und Morley (1 Ustd.)	172 - 173	interpretieren das Michelson-Morley-Experiment als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4). diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7).	**Experiment (B1):** Michelson-Interferometer ***Experiment:*** *Michelson-Morley-Experiment mit Ultraschall*	Michelson-Morley-Experiment, Interpretation, Invarianz der Lichtgeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Michelson-Morley quantitativ* *Mögliche Ergänzung: Michelson-Morley-Experiment mit Ultraschall*
Die Lichtuhr (2 Ustd.)	174 - 175	erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). erklären anschaulich mit der Lichtuhr grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die		Gedankenexperimente mit Lichtuhren, Zeitdilatation als Konsequenz der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit

		Formel für die Zeitdilatation (E6, E7). beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).		
Myonenzerfall - Längenkontraktion (2 Ustd.)	176 - 177	erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3). beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3). erläutern qualitativ den Myonen-zerfall in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).		Längenkontraktion als Konsequenz der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit, Myonen als Testfall für die Theorie *Mögliche Ergänzung: Myonen-zerfall aus der Sicht des Erdbeobachters und aus der Sicht des Myons quantitativ*

Die Addition von Geschwindigkeiten (1 Ustd.)	178 - 179	erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2).		Das Additionstheorem für Geschwindigkeiten als Konsequenz der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit, Betrachtung wichtiger Sonderfälle *Mögliche Ergänzung: Gleichzeitigkeit* *Mögliche Ergänzung: Herleitung des Additionstheorems für Geschwindigkeiten*
Dynamische Masse und Zyklotron (3 Ustd.)	180 - 181	erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). erläutern die Funktionsweise eines Zyklotrons und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4).	**Experiment (V1):** Zyklotron	Massenzunahme bei Zunahme der Geschwindigkeit, Unterscheidung von Ruhemasse und dynamischer Masse Aufbau und Funktionsweise eines Zyklotrons, Berücksichtigung von relativistischen Effekten beim Zyklotron

Äquivalenz von Energie und Masse (2 Ustd.)	182 - 183	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7). erläutern die Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).	***pdf-Datei:*** *Herleitung von $W = m \cdot c^2$* ***pdf-Datei:*** *Originalveröffentlichung von Bertozzi aus dem Jahr 1924*	Bedeutung des Bertozzi-Experiments für die Relativitätstheorie, Bewegungsenergie in relativistischer Form, Äquivalenz von Masse und Energie *Mögliche Ergänzung: Herleitung von $W = m \cdot c^2$* *Mögliche Ergänzung: das Bertozzi-Experiment*
Moderne Teilchenbeschleuniger	184 - 185			*Synchro-Zyklotron, Isochron-Zyklotron, Synchroton, Large-Hadron-Collider*
Der Massendefekt (1 Ustd.)	186 - 187	bewerten die Bedeutung der Beziehung $W = m \cdot c^2$ für die Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3).		Bindungsenergie und Massendefekt am Beispiel des Heliumatoms *Mögliche Ergänzung: $W = m \cdot c^2$ in der Hochenergiephysik* *Mögliche Ergänzung: Erhaltungssatz für mass-energy*
Paradoxien (2 Ustd.)	188 - 189	beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).		Das Zwillingsparadoxon, Paradoxes aus der Elektrik *Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Zwillingsparadoxons* *Mögliche Ergänzung: Experimentelle Bestätigung des*

				Zwillingsparadoxons durch HAFELE und KEATING
Schlüsselstationen der Speziellen Relativitätstheorie (2 Ustd.)	190 - 191	erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7).		Bedeutung der Einsteins-Postulate für die Entwicklung der SRT, Bedeutung des Michelson-Morley-Experiments, Energie-Impuls-Formel *Mögliche Ergänzung: Energie und Impuls des Photons*
Bedeutung der Speziellen Relativitätstheorie	192 - 193			*Philosophisches zur STR* *Bedeutung der STR für das GPS*
Projekt: 100 Jahre nach dem „annus mirabilis“ der Physik – das Einsteinjahr 2005	197			*Projekt zur Würdigung der Leistungen von Albert EINSTEIN*

Unterrichtsvorhaben II

Kontext: Erhaltungssätze im Straßenverkehr

Buchseiten: 36 – 59

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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 (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Höhenenergie und Arbeit (2 Ustd.)	39	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

Bewegungsenergie und Spannenergie (3 Ustd.)	40 - 41	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	**Experiment (V1):** zwischen zwei Federn gespannter Wagen auf einer horizontalen Fahrbahn	Herleitung und Anwendung von Formeln für die Bewegungs- und Spannenergie *Mögliche Ergänzung: Die kausale Strategie in der Physik*
Erhaltungssatz der Mechanik (2 Ustd.)	42 - 43	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären und Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6). 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).	***Experimente:*** *Experimentelle Bestätigung des Energieerhaltungssatzes beim Fadenpendel und Federpendel*	Energieerhaltungssatz der Mechanik *Mögliche Ergänzung: Bestätigung des Energieerhaltungssatzes im Experiment (Fadenpendel, Federpendel)*
Ein Kraftstoß ändert den Impuls (2 Ustd.)	44 - 45	erläutern die Größen Kraft, Masse, Impuls und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Kraftstoß, Impuls Vorteil der Schreibweise NEWTONs
Unelastischer Stoß zweier Körper (3 Ustd.)	46 - 47	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1). verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um	**Experimente (V1, V2):** Stoßversuche auf der Luftkissenfahrbahn	Impulserhaltungssatz Unelastischer Stoß, zunächst symmetrischer Fall, dann beliebige Bedingungen Bewegung des Schwerpunktes

		Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	**GeoGebra-Datei:** Simulation des unelastischen Stoßes zweier Kugeln **CASSY-Datei:** Fahrbahnexperiment mit zwei Schlitten unterschiedlicher Masse	
Elastische Stöße zweier Körper (3 Ustd.)	48 - 53	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1). verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6). bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6). bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).	**Experiment (V1):** Stoßversuch auf der Luftkissenfahrbahn **GeoGebra-Datei:** Simulation des elastischen Stoßes zweier Kugeln **GeoGebra-Datei:** Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß ***Experiment:*** *Videoanalyse eines unelastischen Stoßes* ***Stationenlernen:*** *Experimente und Theorie zum Impuls- und Energieerhaltungssatz*	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) *Mögliche Ergänzung: Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß mittels Schwerpunkgeschwindigkeit und mittels Schulmathematik* *Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Unterschiedes zwischen Bewegungsenergie und Impuls* *Mögliche Ergänzung: Schiefe Stöße* *Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zum Energie- und Impulserhaltungssatz*

Unfälle im Straßenverkehr	*54 - 55*		***Experiment:*** *Messung beim Aufprall eines Laborwagens mit und ohne Knautschzone*	*Bilanz- und Kausalstrategie bei Zusammenstößen, Bremsweg und Anhalteweg, Messkurven bei Crashtests, Aufprall mit und ohne Airbag*
Projekt: Impuls und Bewegungsenergie – Bilanzgrößen, die man unterschieden muss	*59*		***Experiment:*** *zeitliche Umkehrung eines unelastischen Zusammenpralls*	*Vertiefung des Unterschiedes zwischen den Bilanzgrößen Impuls und Bewegungsenergie*

Unterrichtsvorhaben III

Kontext: Fall- und Wurfbewegungen im Sport

Buchseiten: 60 – 85

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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 (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Fallbewegungen (5 Ustd.)	63 - 67	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	**Experiment (V1):** Vergleich der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Blatt Papiers **Experiment (V2):** Fallröhre **Experiment (V1):** Messung der Fallbeschleunigung mit dem Kugelfallgerät **Experiment (V2):** Videoanalyse der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Papiertrichters	Freier Fall (beschleunigende Kraft, Zeit-Ort-Gesetz, Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz) Messung der Fallbeschleunigung Fallbewegung mit Luftwiderstand *Mögliche Ergänzung: schwere und träge Masse beim freien Fall* *Mögliche Ergänzung: Energiebilanz beim freien Fall*

		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 ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).	***Stationenlernen:*** *Experimente zu Fallbewegungen*	*Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zu Fallbewegungen*
Fallschirmsprung im Rechenmodell (3 Ustd.)	68 - 71	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).	**Excel-Datei:** Modellierung des Fallschirmsprungs **GeoGebra-Datei:** Modellierung des Fallschirmsprungs ***Experiment:*** *Experimentelle Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Videoanalyse des Falls von Papiertrichtern* ***GeoGebra-Datei:*** *Modellierung des Falls von Hagelkörnern*	Kraftgesetz für den Luftwiderstand Modellierung des Fallschirmsprungs mit einer Tabellenkalkulation, Bestimmung der Endgeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Prüfen eines Werbetextes zum Fallschirmspringen* *Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Bewegungen mit Luftwiderstand (Bestätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Messungen,*

		bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).	***GeoGebra-Datei:*** *Modelleirung eines 100-m-Laufs*	*Fallbewegung von Hagelkörnern und Regentropfen, Kräfte beim 100-m-Lauf)*
Auf der schiefen Ebene (1 Ustd.)	72 - 73	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzerlegung (E1).	**Experiment (V1):** Aufzeichnung einer reibungsfreien Bewegung auf der schiefen Ebene mit einer geneigten Luftkissenfahrbahn **GeoGebra-Datei:** Lageplan und Kräfteplan bei der schiefen Ebene	Reibungslose Bewegung auf der schiefen Ebene als Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Berechnung der Beschleunigung aus dem Neigungswinkel *Mögliche Ergänzung: Freier Fall und schiefe Ebene bei GALILEI*
Waagerechter Wurf (3 Ustd.)	74 - 75	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzerlegung und Vektoraddition (E1). 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).	**GeoGebra-Datei:** Modellierung des waagerechten Wurfs **Experiment (V1):** Videoanalyse eines waagerechten Wurf	Freier Fall im ICE aus der Sicht eines mitbewegten und eines neben den Schienen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des waagerechten Wurfs, Gleichung der Bahnkurve *Mögliche Ergänzung: Beobachtungen in gleichförmig bewegten und beschleunigten Systemen*
Schiefer Wurf (3 Ustd.)	76 - 81	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch	**Experiment (V1):** Wasserwurfgerät	Freier Fall in einer Bergbahn aus der Sicht eines mitbewegten und

		Komponentenzerlegung 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).	**GeoGebra-Datei:** Modellierung des schiefen Wurfs ***GeoGebra-Datei (zu A3):*** *Modellierung des Korbwurfs beim Basketball mit Luftwiderstand* **Material:** Textauszug aus Galileis *Discorsi* **GeoGebra-Datei:** Modellierung des schiefen Wurfs ***GeoGebra-Datei:*** *Modellierung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand*	eines außen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des schiefen Wurfs Einfluss von Stoßwinkel und Abwurfgeschwindigkeit auf die Wurfweite beim Kugelstoßen Wurfbewegungen bei Aristoteles und Galilei Modellierung des schiefen Wurfs mit GeoGebra. *Mögliche Ergänzung: Energie und Impuls bei Wurfbewegungen* *Mögliche Ergänzung: Modelleirung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand*
Projekt: Auf Physik kann man sich verlassen	*85*		***Experiment:*** *Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens*	*Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens*

Unterrichtsvorhaben IV

Kontext: Unser Planetensystem

Buchseiten: 86 – 111

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Kreisbewegung und Zentripetalkraft (1 Ustd.)	89	analysieren auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	**Experiment (V1):** Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät **Experiment (V2):** Bestätigung, dass die Bahngeschwindigkeit tangential zur Kreisbahn gerichtet ist.	Bahngeschwindigkeit, gleichförmige Kreisbewegung, Notwendigkeit einer zum Kreismittelpunkt gerichteten Kraft (Zentripetalkraft)

Eine Formel für die Zentripetalkraft (2 Ustd.)	90 - 91	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).	**Experiment (V1):** Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät und Vergleich mit dem mit der Formel berechneten Wert **GeoGebra-Datei:** Grafische Darstellung der Zentripetalkraft und -beschleunigung bei verschiedenen Radien, Massen und Bahngeschwindigkeiten	Plausibelmachen der Formeln für die Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung *Mögliche Ergänzung: Unterscheidung von Zentripetal- und Zentrifugalkraft*
Kreisbewegungen auch auf der Kirmes (1 Ustd.)	92 - 93	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Vektoraddition (E1).	***GeoGebra-Datei:*** *Die Zentripetalkraft bei der Autobahnausfahrt*	Analyse der Kräfte beim Kettenkarussell und beim Rotor *Mögliche Ergänzung: Klothoide bei Autobahnausfahrten und beim Looping*
In drei Schritten zum Gravitationsgesetz (3 Ustd.)	94 - 97	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). ermitteln mithilfe des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	***Experiment:*** *Versuch mit der Gravitationsdrehwaage oder* ***Video:*** *Versuch mit der Gravitationsdrehwaage*	Herleitung des Gravitationsgesetzes anhand NEWTONs Mondrechnung Gravitationsgesetz und Gravitationskonstante Bestimmung der Masse und mittleren Dichte der Erde

				Mögliche Ergänzung: Historische Bestimmung von Erdradius und Abstand Erde - Mond *Mögliche Ergänzung: Aufbau des Planetensystems* *Mögliche Ergänzung: Versuch von CAVENDISH zur Bestimmung der Gravitationskonstanten (Demonstrationsexperiment oder Auswertung eines Videos)*
Die KEPLER-Gesetze (2 Ustd.)	98 - 101	bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6). ermitteln mithilfe der KEPLER-Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	**GeoGebra-Datei:** Simulation einer Satellitenbahn	Entdeckung der KEPLER-Gesetze mithilfe einer Geometriesoftware *Mögliche Ergänzung: eigenständige Programmierung der auf Seite 98 benutzen Simulation*
Energie im Gravitationsfeld (3 Ustd.)	102 - 105	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6). analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als		Gravitationsfeld in Analogie zum magnetischen Feld, Definition der Feldstärke Berechnung der zuzuführenden Arbeit beim Hochheben im Gravitationsfeld, Berechnung der potentiellen Energie, Festlegung des Nullniveau Fluchtgeschwindigkeit

		auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1). verwenden Energiebilanzen, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).		*Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die Energieberechnung im Gravitationsfeld* *Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die potentielle Energie* *Mögliche Ergänzung: Schwerelosigkeit in verschiedenen Situationen (Raumfahrt, Sprung, Parabelflug, Fallturm)*
Von ARISTOTELES bis NEWTON (2 Ustd.)	106 - 107	stellen Änderungen in den Vorstellungen zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7). 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).		Hier ist die Erarbeitung des Themas in Referaten denkbar.
Internationale Raumstation ISS (1 Ustd.)	111	erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme und beziehen Stellung dazu (B2, B3).		A 17 Aufgabe zur ISS

Projekt: Planetenbeobachtung	111		***Material:*** *drehbare Sternenkarte (Internet)*	*Beobachtung des Sternenhimmels und der Planeten mithilfe einer Sternenkarte*

Unterrichtsvorhaben V

Kontext: Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten

Buchseiten: 112 – 133

Zeitbedarf: etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	**Buchseiten**	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler …	**Experimente und Materialien**	**Kommentar**
Mechanische Schwingungen (1 Ustd.)	115	beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).	**Experiment (B3):** Schwingung einer Stimmgabel **Experiment (B5):** Schwingung einer Lautsprechermembran	Abgrenzung der Schwingung von bereits bekannten Bewegungen Periodizität, Gleichgewichtslage, Umkehrpunkte Freie und erzwungene Schwingungen
Ursache und Beschreibung von Schwingungen	116 - 117	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer	**Experiment (B1):** Federpendel **Experiment (V1):** Vergleich der Bewegung einer Pendelkugel mit	Beschreibung von Schwingungen: Auslenkung, Elongation,

(2 Ustd.)		Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1). beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4).	der Projektion einer Kreisbewegung **GeoGebra-Datei:** Zeigerdarstellung einer harmonischen Schwingung ***Excel-Datei:*** *Modellierung einer Federschwingung*	Amplitude, Periodendauer, Frequenz Ursache von Schwingungen: Rückstellkraft Harmonische Schwingung: Beschreibung durch Zeiger, Zeit-Elongation-Gesetz *Mögliche Ergänzung: lineares Kraftgesetz* *Mögliche Ergänzung: Modellierung einer Federschwingung mit einer Tabellenkalkulation*
Energie einer Schwingung (3 Ustd.)	118 - 119	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).	**Experiment (V1):** horizontaler Federschwinger **Experiment (B3):** Schwingung einer Stimmgabel **Experiment (V2):** horizontaler Federschwinger mit Schwingungserreger ***GoldWave-Datei (zu A2):*** *abklingender Ton*	Energie der Schwingung eines ungedämpften vertikalen Federpendels Gedämpfte Schwingungen, Entdämpfung Eigenfrequenz, Resonanz
Schwingungen und Eigenschwingungen	*120 - 121*		***Stationenlernen:*** *Experimente zu Schwingungen und Wellen*	*Stationenlernen zu Schwingungen und Wellen*

			GeoGebra-Datei: *Modellierung der Schwebung mit dem Zeigermodell*	
Fortschreitende Welle (3 Ustd.)	122 - 123	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).	**Experiment (V1):** Ausbreitung einer transversalen Störung bei einer langen Feder **Experiment (V1):** Ausbreitung einer longitudinalen Störung bei einer langen Feder **GeoGebra-Datei:** fortschreitende Welle im Zeigermodell	Transversalwelle, Longitudinalwelle, Wellengeschwindigkeit, Phasengeschwindigkeit, Wellenlänge Darstellung von Wellen im Zeigermodell Zusammenhang zwischen Wellengeschwindigkeit, Wellenlänge und Periodendauer
Die Schallgeschwindigkeit in Luft (2 Ustd.)	124 - 125	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (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).	**Experiment (V1):** Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und zeit **Experiment (V2):** Messung der Schallgeschwindigkeit aus der Phasengeschwindigkeit	Schall als Welle Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit sowie aus der Phasengeschwindigkeit *Mögliche Ergänzung: Einfache Messungen zur Abschätzung der Schallgeschwindigkeit* *Mögliche Ergänzung: Präzisionsmessung der Schallgeschwindigkeit mit*

				Ultraschallsender, -empfänger und Oszilloskop
Töne und Klänge (2 Ustd.)	126 - 127	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).	**Experiment (V1):** Frequenzanalyse eines Flöttons mit GoldWave **Experiment (V2, V3, V4):** Frequenzanalyse einer Stimmgabelschwingung, der Schwingung eines Monochords und der Schwingung eines überblasenen Reagenzglases mit einem Messwerterfassungssystem **CASSY-Datei:** Fourieranalyse eines Monochord-Klanges **Experiment (V5):** Eigenschwingungen eines beidseitig eingespannten Gummibandes **Experiment (V6):** Eigenschwingungen der Luftsäule in einem Glasrohr	Frequenzanalyse (z.B. Flötton, Stimmgabel, Monochord, überblasenes Reagenzglas, Musikinstrumente) Klang, Grundschwingung, Oberschwingung Grundton und Obertöne bei zwei freien Enden, zwei festen Enden und einem freien und einem festen Ende
Stehende Wellen (2 Ustd.)	128 - 129	bestimmen mechanische Größen mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).	**GeoGebra-Datei:** Zeigermodellierung der stehenden Welle	Zeigermodellierung der Überlagerung von Welle und reflektierter Welle mit GeoGebra Wellenknoten, Wellenbauch Freies Ende, festes Ende

				Wellen bei beidseitiger Begrenzung *Mögliche Ergänzung: Vertiefung der Reflexion am freien und festen Ende*
Projekt: Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator	*133*		***Experiment:*** *Messung der Eigenfrequenzen eines Helmholtz-Resonators*	*Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator, Vergleich von Theorie und Experiment*

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit

Die Fachkonferenz Physik hat die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen.

Überfachliche Grundsätze:

1.) Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
2.) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts entsprechen dem Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler.
3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
4.) Medien und Arbeitsmittel sind lernernah gewählt.
5.) Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
6.) Der Unterricht fördert und fordert eine aktive Teilnahme der Lernenden.
7.) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
8.) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schülerinnen und Schüler.
9.) Die Lernenden erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
10.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeit.
11.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Arbeit im Plenum.
12.) Die Lernumgebung ist vorbereitet; der Ordnungsrahmen wird eingehalten.
13.) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
14.) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.

Fachliche Grundsätze:

15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und an Kontexten ausgerichtet.
16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
17.) Der Physikunterricht unterstützt durch seine experimentelle Ausrichtung Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern.
18.) Der Physikunterricht knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an.
19.) Der Physikunterricht stärkt über entsprechende Arbeitsformen kommunikative Kompetenzen.
20.) Der Physikunterricht bietet nach experimentellen oder deduktiven Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Reflexion, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung bewusstgemacht wird.
21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.
22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zu selbständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.
26.) Im Physikunterricht wird PC-gesteuerte Messwertauswertung verwendet.

Grundsätze zur Binnendifferenzierung:

Die Binnendifferenzierung findet in der Physik in zwei Bereichen – innerer und äußerer Differenzierung – statt. Im Bereich der inneren Differenzierung wird in der Physik im Allgemeinen sowohl auf der quantitativen als auch auf der qualitativen Ebene differenziert. In der quantitativen Ebene geschieht dies zum Beispiel durch eine Binnendifferenzierung des stofflichen und/oder zeitlichen Umfangs. Durch eine Binnendifferenzierung z. B. des Schwierigkeitsgrads und/oder Komplexität von Aufgaben wird die qualitative Ebene erreicht. Durch die Berücksichtigung der verschiedenen Eingangskanäle des Lernens (visuell, auditiv, taktil, kognitiv) in den Unterrichtssequenzen wird die Binnendifferenzierung praktiziert. Dies lässt sich in der Physik insbesondere durch Schüler- und/oder Demonstrationsversuche realisieren.
Daneben sind auch Aspekte wie Methoden- und Sozialformwahl ein Mittel der inneren Differenzierung. Diese ermöglichen es einen komplexen Sachverhalt gemeinsam aus mehreren Perspektiven zu erörtern.
Im Bereich der äußeren Binnendifferenzierung wird durch die Informationsweitergabe und Möglichkeit der Teilnahme an Wettbewerben, Exkursionen und/oder Feriencamps gefördert.

Jahrgangsstufenspezifische Grundsätze:

Die Fachgruppe Physik setzt sich das Ziel, Schülerinnen und Schüler zu unterstützen, sich selbstständig, eigenverantwortlich und sachkritisch mit den gesellschaftlich und ökologisch relevanten Fragen der Naturwissenschaft Physik auseinanderzusetzen. Insbesondere die Themenkomplexe „Europa“, „Regenerative Energie“, „Strahlenschutz“ und „Nutzen und Risiken der Kernenergie“ bieten Grundlagen, über Nachhaltigkeit zu diskutieren und soziale Verantwortung zu übernehmen.

2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Um die Vergleichbarkeit der Leistungsbewertung zu erhöhen und dabei für die Schülerinnen und Schüler ein Maximum an Orientierung und Transparenz zu schaffen, haben wir uns fächerübergreifend auf allgemeine Grundsätze der Leistungsbewertung und der Leistungsrückmeldung verständigt (siehe Leistungskonzept). Hier werden deshalb lediglich fachspezifische Ergänzungen und Präzisierungen formuliert, die in der Fachkonferenz beschlossen wurden.

Überprüfung der sonstigen Leistung

In die Bewertung der sonstigen Mitarbeit fließen folgende Aspekte ein, die den Schülerinnen und Schülern bekanntgegeben werden müssen:

- Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Quantität und Kontinuität)
- Qualität der Beiträge (inhaltlich und methodisch)
- Eingehen auf Beiträge und Argumentationen von Mitschülerinnen und -schülern, Unterstützung von Mitlernenden
- Umgang mit neuen Problemen, Beteiligung bei der Suche nach neuen Lösungswegen
- Umgang mit Arbeitsaufträgen (Schülerexperimente, Unterrichtsaufgaben, Hausaufgaben…)
- Anstrengungsbereitschaft und Konzentration auf die Arbeit
- Beteiligung während kooperativer Arbeitsphasen
- Darstellungsleistung bei Referaten oder Plakaten und beim Vortrag von Lösungswegen
- Heftführung
- Schriftliche Übungen
- Selbstständige Durchführung, Protokollierung und Auswertung von Experimenten

Kriterien für die Überprüfung der sonstigen Leistungen

Im Folgenden werden Kriterien für die Bewertung der sonstigen Leistungen jeweils für eine gute bzw. eine ausreichende Leistung dargestellt. Dabei ist bei der Bildung der Abschlussnote jeweils die Gesamtentwicklung der Schülerin bzw. des Schülers zu berücksichtigen, eine arithmetische Bildung aus punktuell erteilten Einzelnoten erfolgt nicht:

Leistungsaspekt	**Anforderungen für eine gute Leistung**	**eine ausreichende Leistung**
	Die Schülerin, der Schüler	
Qualität der Unterrichtsbeiträge	nennt richtige Lösungen und begründet sie nachvollziehbar im Zusammenhang der Aufgabenstellung	nennt teilweise richtige Lösungen, in der Regel jedoch ohne nachvollziehbare Begründungen
	geht selbstständig auf andere Lösungen ein, findet Argumente und Begründungen für ihre/seine eigenen Beiträge	geht selten auf andere Lösungen ein, nennt Argumente, kann sie aber nicht begründen
	kann ihre/seine Ergebnisse auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichen Medien darstellen	kann ihre/seine Ergebnisse nur auf eine Art darstellen
Kontinuität/Quantität	beteiligt sich regelmäßig am Unterrichtsgespräch	nimmt eher selten am Unterrichtsgespräch teil
Experimentieren	führt Experimente anhand der Anleitung sorgfältig durch, protokolliert die Durchführung und wertet sinnvoll aus	führt Experimente nicht immer nach Anleitung durch, protokolliert teilweise unsauber und unvollständig, wertet nur in Ansätzen aus
Selbstständigkeit	bringt sich von sich aus in den Unterricht ein	beteiligt sich gelegentlich eigenständig am Unterricht
	ist selbstständig ausdauernd bei der Sache und erledigt Aufgaben gründlich und zuverlässig	benötigt oft eine Aufforderung, um mit der Arbeit zu beginnen; arbeitet Rückstände nur teilweise auf
	erarbeitet bereitgestellte Materialien und Experimente selbstständig	erarbeitet bereitgestellte Materialen und Experimente eher lückenhaft
Hausaufgaben	erledigt sorgfältig und vollständig die Hausaufgaben	erledigt die Hausaufgaben weitgehend vollständig, aber teilweise oberflächlich
	trägt Hausaufgaben mit nachvollziehbaren Erläuterungen vor	nennt die Ergebnisse, erläutert erst auf Nachfragen und oft unvollständig
Kooperation	bringt sich ergebnisorientiert in die Gruppen-/Partnerarbeit ein	bringt sich nur wenig in die Gruppen/Partnerarbeit ein

Leistungsaspekt	**Anforderungen für eine gute Leistung**	**eine ausreichende Leistung**
	Die Schülerin, der Schüler	
	arbeitet kooperativ und respektiert die Beiträge Anderer	unterstützt die Gruppenarbeit nur wenig, stört aber nicht
Gebrauch der Fachsprache	wendet Fachbegriffe sachangemessen an und kann ihre Bedeutung erklären	versteht Fachbegriffe nicht immer, kann sie teilweise nicht sachangemessen anwenden
Präsentation/Referat	präsentiert vollständig, strukturiert und gut nachvollziehbar	präsentiert an mehreren Stellen eher oberflächlich, die Präsentation weist Verständnislücken auf
Heftführung	führt das Heft sorgfältig, vollständig und sachrichtig	führt das Heft weitgehend sorgfältig, aber teilweise unvollständig und nicht immer sachrichtig

Klausuren

EF: 1 pro Halbjahr á 90 min
Q1: 2 pro Halbjahr á 90 min
Q2: 2 pro Halbjahr á 135 min

Kriterien für Schülerexperimente

Gliederung für Versuchsprotokolle:
- Thema/Zielsetzung
- Versuchsaufbau (Material, Skizze/Schaltplan/verbale Beschreibung)
- Versuchsdurchführung
- Beobachtung
- Messwerttabelle
- Diagramm
- Auswertung (Ergebnisse, Gesetzmäßigkeit, Gleichung)
- Fehlerbetrachtung

Leistungsbewertung Schülerexperimente:
- Beachtung der Sicherheitsbestimmungen
- Sorgfältiger Umgang mit den Materialien
- Einhaltung des Zeitrahmens
- Zielgerichtete Ausführung hinsichtlich Fragestellung
- Protokollierung in angemessener Genauigkeit und Vollständigkeit (Beobachtung und Messwerte)
- Auswertung mindestens als Diagramm, möglichst als funktionaler Zusammenhang und Gleichung

Besondere Leistungen

Schülerinnen und Schüler, die im Rahmen von außerunterrichtlichen Wettbewerben (z.B. Jugend forscht) besondere Leistungen erbracht haben, erhalten die Gelegenheit, ihre Arbeiten im Unterricht vorzustellen. Die Bewertung dieser Präsentationen wird bei der Ermittlung der Leistungsnote berücksichtigt.

2.4 Lehr- und Lernmittel

Jahrgangsstufe EF:
Klett Impulse Physik Oberstufe Einführungsphase
Lehrbuch = ISBN 978-3-507-11800-3
(BiBox dazu erhältlich)

Jahrgangsstufen Q1:
Klett Impulse Physik Oberstufe Qualifikationsphase Grundkurs ECF80052EBA12
Lehrbuch = ISBN 978-3-507-11802-7
(BiBox dazu erhältlich)

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Fachübergreifendes Arbeiten mit den Fächern Biologie, Chemie und Erdkunde

In der Jahrgangsstufe Q1 gibt es Schnittstellen mit den Inhalten der Fächer Biologie und Chemie. Diese sind in den Unterrichtsvorhaben in der vierten Spalte als „Synergien“ vermerkt. An diesen Stellen kann der Unterricht des einen Faches an bereits erarbeitete Inhalte des anderen Faches anknüpfen. Die Reihenfolge der Inhaltsfelder im Unterricht wird von den Kollegen in rechtzeitiger Absprache so koordiniert, dass die Unterrichtsreihen in geeigneter Abfolge durchgeführt werden.

4 Qualitätssicherung und Evaluation

Die Fachgruppe evaluiert jährlich das schulinterne Curriculum.
Vor der ersten Fachkonferenz werden die Erfahrungen des Vorjahres gesammelt und in der Fachkonferenz bei Bedarf diskutiert. Änderungen werden entweder hier schon beschlossen oder überarbeitet und in der folgenden Fachkonferenz zum Beschluss vorgelegt.