

# Schulinterner Lehrplan für die gymnasiale Oberstufe

## Physik

Stand:19.05.2014

# Inhalt

	Seite	
<b>1</b>	<b>Das Fach Physik am KGW</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Entscheidungen zum Unterricht</b>	<b>4</b>
2.1	Unterrichtsvorhaben	4
2.1.1	<i>Einführungsphase</i>	6
2.1.2	<i>Qualifikationsphase: Grundkurs</i>	33
2.1.3	<i>Qualifikationsphase: Leistungskurs</i>	53
2.2	Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe	91
2.3	Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	93
2.4	Lehr- und Lernmittel	97
<b>3</b>	<b>Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen</b>	<b>98</b>
<b>4</b>	<b>Qualitätssicherung und Evaluation</b>	<b>100</b>

## 1 Das Fach Physik am KGW

Das Kopernikus-Gymnasium befindet sich in Duisburg-Walsum. Dieser Stadtteil ist von seiner Geschichte her eher industriell geprägt, befindet sich aber in einem Wandel, der noch nicht abgeschlossen ist. Insgesamt ist die Schülerschaft in ihrer Zusammensetzung eher heterogen.

Auch mit Blick auf diese Zusammensetzung besteht ein wesentliches Leitziel der Schule in der individuellen Förderung. Die Fachgruppe Physik versucht in besonderem Maße, jeden Lernenden in seiner Kompetenzentwicklung möglichst weit zu bringen. Außerdem wird angestrebt, Interesse an einem naturwissenschaftlich geprägten Studium oder Beruf zu wecken. In diesem Rahmen sollen u.a. Schülerinnen und Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Dieses drückt sich in der regelmäßigen Teilnahme von Schülergruppen an Wettbewerben wie *Jugend forscht* oder *freestyle-physics aus*. In enger Kooperation mit den Universitäten Duisburg-Essen, der Universität Dortmund, dem Cern und den Partnerfirmen in der Umgebung ermöglichen wir besonders begabten Lernenden die Teilnahme an Seminaren und einem Probestudium. Hier können sie sogar schon Leistungsnachweise erwerben, die ihnen in einem späteren Studium anerkannt werden.

Am Kopernikus-Gymnasium Duisburg-Walsum wird im 60 Minutenraster unterrichtet.

Im Fach Physik gibt es regelmäßig Einführungskurse, Grund- und Leistungskurse. Die Lehrbesetzung in Physik ermöglicht einen ordnungsgemäßen Fachunterricht in der Sekundarstufe I, auch die Kursangebote in der Oberstufe sind gesichert. Es findet darüber hinaus ein Projektkurs, z.B. „Nanotechnologie“ oder „Zusammenarbeit mit dem Cern“ statt.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

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

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

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

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen

Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

In einer ersten Phase werden für die Jahrgangsstufe 10 zunächst im Wesentlichen die Inhalte des Lehrbuches Metzler Einführungsphase verwendet. Für die Qualifikationsphase wird zunächst der Musterplan des Ministeriums verwendet. Nach einer mindestens einjährigen Testphase erfolgt eine Evaluation.

Die jeweils angegebenen Unterrichtsstunden sind als Orientierung und nicht als verbindliche Festlegung zu verstehen.

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase an Hand des Stoffverteilungsplans  
Metzler Physik Einführungsphase NRW (978-3-507-17010-0)

© 2014 Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig

## Bewegungen und Kräfte

Seite	METZLER PHYSIK E		Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK E – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –			
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
6/7	Einführung	Fahrzeuge Flugzeuge Sport				
	BEWEGUNGEN VON KÖRPERN					
8/9	<b>Beschreibung von Bewegungen</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung  Methode: Zeit-Geschwindigkeit-Diagramme	Registrierung einer Bewegung mithilfe von GPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS erläutern die Größen Position, Strecke, und Geschwindigkeit (UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen (E1, E4)</li> <li>SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen kinematischen Größen (E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> </ul>	
10/11	<b>Geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit</b>	Bewegung auf einer Rolltreppe	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen (UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen zu beurteilen, und nut-</li> </ul>

	Basiskonzept: Wechselwirkung			(E5) <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u. a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch und werten sie aus (E2, E5)</li> </ul>	digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)	zen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1)
12/13	<b>Geradlinige Bewegungen mit konstanter Beschleunigung</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung  <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Reisen in luftleeren Röhren (S. 120)  <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Die Bergetappe von L'Alpe d'Huez	Anfahr- und Brems-situationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2)</li> <li>• SuS setzen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung) ein (UF2)</li> <li>• SuS entnehmen einem Diagramm Informationen; sie vertiefen und vernetzen ihre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen sind (E1, E4)</li> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten und überprüfen diese mathematisch (E1, E3)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <math>t</math>-<math>s</math>- und <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>• SuS recherchieren im Internet selbstständig physikalisch-technische Hintergründe zu einem real geplanten Vorhaben; sie begründen bzw. kritisieren die Machbarkeit dieses Vorhabens mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K2, K4)</li> <li>• SuS recherchieren im Internet weitere Informationen im Zusammenhang mit dieser Aufgabe; sie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1)</li> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</li> </ul>

14/15	<p>(S. 120)</p> <p>Methode: Messwerterfassung und -auswertung durch Videoanalyse und Tabellenkalkulation</p> <p><i>Musteraufgabe mit Lösung:</i> Beschleunigung eines Wagens durch eine Feder (S. 117)</p>		<p>Kenntnisse aus den Kapiteln 1 und 2; sie setzen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen ein; sie beschreiben und erläutern physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten (UF1, UF2, UF4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 4; sie wählen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen ein (UF1, UF2)</li> </ul>	<p>generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten und überprüfen diese mathematisch; sie analysieren konkrete Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge; sie schätzen die Güte von Modellen ab (E1, E3, E5, E6)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u. a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6)</li> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> <li>• SuS analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten und überprüfen diese mathematisch; sie analysieren die Werte einer Wertetabelle mithilfe ihres GTR und erklären die Ergebnisse durch eine mathematische Modellierung und entwickeln ein(E1, E3, E5, E6)</li> </ul>	<p>begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <i>t-s</i>- und <i>t-v</i>-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben zur Bewertung ihrer Modellierung Bewertungskriterien an (B1)</li> </ul>
16	<p><b>Bewegungen im Straßenverkehr</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	<p>Sicherheitsabstand im Straßenverkehr</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> <li>• SuS unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ (E1, UF1)</li> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>• SuS bewerten begründet die</li> </ul>	



			(UF2)		Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4)	
17-19	<b>Fallbewegungen</b>	Freier Fall und Erdanziehung		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1)</li> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> <li>• SuS reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>• SuS bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4)</li> <li>• SuS entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4)</li> </ul>	
19	<i>Exkurs:</i> GALILEI und die Fallgesetze		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen ihre Kenntnisse zu geradlinigen Bewegungen mit konstanter Beschleunigung und zu Fallbewegungen (UF1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS wenden das Gelernte auf Alltagssituationen an; sie analysieren Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf mathematische Gesetzmäßigkeiten; sie schätzen die Güte von Modellen ab (E1, E5, E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbstständig Informationen in Fachbüchern und/oder im Internet; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K2, K3,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technische Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen</li> </ul>
	<i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Freier Fall und Fallen mit Luftwiderstand (S. 38)					

	<p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Ein Sprung aus 38969 Metern Höhe (S. 38)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen ihre Kenntnisse zu geradlinigen Bewegungen mit konstanter Beschleunigungen und zu Fallbewegungen (UF1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Modelle und Gesetzmäßigkeiten; sie analysieren ein Diagramm qualitativ im Hinblick auf Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten; sie schätzen die Güte von Modellen ab (E1, E3, E5, E6)</li> </ul>	<p>K4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbständig Informationen zum Verlauf eines Sprungs aus der Stratosphäre; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</li> </ul>	<p>zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS bewerten den Sprung aus unterschiedlichen Blickwinkeln (B1, B2, B3)</li> </ul>
--	---	--	--	--	---	---

	KRÄFTE UND BEWEGUNGSÄNDERUNGEN		Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
20/21	<p><b>Trägheit und Masse</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Wenn die Zentripetalkraft plötzlich wegfällt (S. 39)</p>	Unfallsituationen im Straßenverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Beschleunigung und Masse und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihre Kenntnisse zum Trägheitsprinzip und zur gleichförmigen Kreisbewegung (UF1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1)</li> <li>• SuS wenden das Gelernte auf Alltagssituationen an (E1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K3, K4)</li> </ul>	
22/23	<p><b>Die Grundgleichung der Mechanik</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Sport Schwerelosigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Beschleunigung, Masse und Kraft und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS planen selbständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u. a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)</li> </ul>		

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6)</li> </ul>		
	<b>ZUSAMMENSETZUNG UND ZERLEGUNG VON KRÄFTEN</b>		<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Bewertung</b>
24/25	<b>Vektoren in der Physik</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung	Bungee-Trampolin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse und Kraft und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände (E6)</li> <li>• SuS entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen sind (E1, E4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen heran (K4)</li> </ul>	
25	Methode: Zerlegung vektorieller Größen		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern und skizzieren die physikalischen Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung (E1)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie setzen zur quantitativen Auswertung des Problems den GTR ein (E1, E3, E5)</li> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung (E1)</li> </ul>		
	<i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Balancieren auf der Slackline (S. 118):					

26/27	<b>Wurfbewegungen</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung  <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Flugbahn des Balls bei verschiedenen Sportarten (S. 119)	Wasserstrahl	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> <li>• SuS beschreiben und erläutern die physikalischen Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten (UF1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ (E1, UF1)</li> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie planen selbst Experimente (Videoaufnahme von Würfeln mit verschiedenen Bällen); sie werten das physikalische Problem mit einem Videoanalyse-Programm aus (E1, E3, E4, E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS dokumentieren ihre Ergebnisse mithilfe digitaler Werkzeuge (Videoanalyseprogramm) und werten diese aus (quadratische Regressionsrechnung); sie recherchieren weitere Informationen über Würfe bei verschiedenen Sportarten; sie stellen physikalische Sachverhalte, Ergebnisse und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K1, K2, K3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</li> </ul>
27	<i>Exkurs:</i> Segeln – Kursnehmen mit Geschwindigkeitsvektoren			<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vereinfachen Komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</li> </ul>		

	DIE NEWTON'SCHEN AXIOME UND IHRE ANWENDUNG		Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
28/29	<b>Die Newton'schen Axiome</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung	Skateboard Antike Sportarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse und Kraft und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6)</li> <li>• SuS analysieren in Verschiedenen Kontexten Bewegungen aus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> </ul>	
29	Methode: Anwendung	der				

30	<p>Newton'schen Axiome</p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Warum benutzen Weitspringer keine Hanteln? (S. 40)</p> <p><i>Exkurs:</i> Sicherheitssysteme im Auto</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern und skizzieren die physikalischen Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basis Konzepten; sie vernetzen ihre Kenntnisse aus den Kapiteln 1 und 2 (UF1, UF4)</li> <li>• SuS erschließen Zusammenhänge zwischen technischen Vorgängen auf der Grundlage physikalischen Wissens (UF4)</li> </ul>	<p>einer Wechselwirkungsperspektive (E1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie planen zur Überprüfung ihrer Hypothesen Experimente, führen diese durch und werten sie aus (E1, E3, E4, E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS dokumentieren ihre Versuche sowie deren Ergebnisse; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K1, K3, K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technische Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet über die Physik hinausgehende Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt (B1, B2)</li> </ul>
31	<p><b>Haftkräfte und Reibungskräfte</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Mit Reibung Schiffe festmachen (S. 40)</p>	Gehen und Laufen Antrieb mit Rädern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern und skizzieren die physikalischen Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten (UF1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> <li>• SuS entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4)</li> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie planen zur Überprüfung ihrer Hypothesen Experimente mit komplexem Versuchsplan und</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>• SuS dokumentieren ihre Versuchsanordnung sowie die Ergebnisse ihrer Experimente; sie setzen zur quantitativen Auswertung des Problems den GTR ein; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fach-</li> </ul>	

	<p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Haftreibung, Schüttwinkel und Sandskulpturen (S. 121)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS setzen zur Lösung der Aufgabe zielführend Definitionen sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen ein (Haftreibung) (UF2)</li> </ul>	<p>Versuchsaufbau; sie führen die Experimente durch und werten sie aus; sie bewerten die Güte des Modells (E1, E2, E3, E4, E5, E6)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Theorien und Modelle und überprüfen diese durch eine Recherche im Internet (E1, E3)</li> </ul>	<p>lich korrekt dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K1, K3, K4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren weitere Informationen und Erklärungen im Zusammenhang mit dieser Aufgabe; sie präsentieren physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten (K2, K3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS wägen kriteriengeleitet Argumente ab; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B2, B3)</li> </ul>
32/33	<p><b>Die gleichförmige Kreisbewegung</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Die Physik von Windkraftanlagen (S 39)</p>	Hubschrauber	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2)</li> <li>• SuS erweitern ihre Kenntnisse zur gleichförmigen Kreisbewegung und gehen mit ihnen bisher unbekanntem mathematischen Gesetzmäßigkeiten um; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren Bewegungen qualitativ und quantitativ (E1, UF1)</li> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> <li>• SuS analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie erklären die physikalisch-technischen Zusammenhänge mithilfe von theoretischen Modellen (E1, E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>• SuS recherchieren selbstständig Informationen im Internet; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet über die Physik hinausgehende Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fra-</li> </ul>



34/35	<p><b>Die Zentripetalkraft</b></p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Wenn die Zentripetalkraft plötzlich wegfällt (S. 39)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Kurvenüberhöhung auf der Bobbahn (S. 118)</p>	Hammerwurf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen ihre Kenntnisse zum Trägheitsprinzip und zur gleichförmigen Kreisbewegung (UF1)</li> <li>• SuS erläutern und skizzieren physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie vertiefen und vernetzen ihre Kenntnisse aus den Kapiteln 1 und 2; sie setzen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen ein (UF1, UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erschließen mit Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> <li>• SuS analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6)</li> <li>• SuS wenden das Gelernte auf Alltagssituationen an (E1)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie setzen zur quantitativen Auswertung des Problems den GTR ein (E1, E3, E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K3, K4)</li> <li>• SuS recherchieren weitere Informationen und Erklärungen im Zusammenhang mit dieser Aufgabe; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K3, K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS wägen kriteriengeleitet Argumente ab (B2)</li> </ul>
36/37	<p><i>Vertiefung:</i> Scheinkräfte und Inertialsysteme</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Aufzug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse und Kraft und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren Bewegungen qualitativ und quantitativ aus der Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1)</li> <li>• SuS analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern an verschiedenen Beispielen die Bedeutung der Wahl eines Bezugssystems (E1)</li> </ul>	
41 42/43	<p><b>GRUNDWISSEN</b> (für die eigene Wiederholung der Schülerinnen und Schüler)</p> <p><b>WISSENSTEST</b></p>					



## Energie und Impuls

Seite	METZLER PHYSIK E		Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK E – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –			
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
44/45	Einführung	Stabhochsprung Start eines Flugzeuges bzw. einer Rakete	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS erschließen Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Denkens (UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1)</li> </ul>		
	<b>ENERGIE UND ENERGIEERHALTUNG</b>					
46-51	<b>Mechanische Energieformen</b>  Basiskonzept: Energie   <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Wie viel sind 1000 Joule? (S. 121)	Achterbahn Auffahrunfall Bremsstrecke Glühende Brems Scheibe	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS unterscheiden verschiedene mechanische Energieformen und können die Umwandlung der Energieformen ineinander beschreiben; sie erläutern die Größen Kraft, Arbeit und Energie und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF1, UF2, UF4)</li> <li>SuS vertiefen und vernetzen ihr gesamtes Fachwissen aus Kapitel 2; außerdem knüpfen sie an ihr Fachwissen aus ih-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),</li> <li>SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</li> <li>SuS identifizieren und analysieren physikalische Probleme in anderen Kontexten; sie berechnen Energiewerte verschiedener</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K3)</li> </ul>	

51	<p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Das Schiffshebewerk in Niederfinow (S. 119)</p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Energie aus dem Meer (S. 64)</p> <p><i>Exkurs:</i> Physik und Sport</p>	<p>rem früheren Physikunterricht an; sie strukturieren physikalische Sachverhalte (UF3, UF4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen und vernetzen ihr Fachwissen aus den Kapiteln 1 und 2; sie erläutern die physikalischen Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen aus (UF1, UF2, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 2; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen; sie erschließen Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens; sie strukturieren physikalische Sachverhalte nach fachlichen Kriterien (UF1, UF2, UF3, UF4)</li> <li>• SuS beschreiben und erläutern physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie wählen</li> </ul>	<p>Vorgänge und ordnen ihre Ergebnisse ein (E1, E5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten und überprüfen diese durch eine Recherche (E1, E3)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren physikalische Probleme in anderen Kontexten (E1)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren physikalische Probleme in unterschiedlichen Kontexten; sie werten Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge aus; sie entwickeln Modelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbstständig Informationen im Internet; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K2, K3, K4)</li> <li>• SuS recherchieren selbstständig weitere Informationen und Erklärungen zu den verschiedenen Kraftwerkstypen und strukturieren die gewonnenen Erkenntnisse; sie präsentieren physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K1, K2, K3, K4)</li> <li>• SuS stellen physikalische Sachverhalte formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K3, K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet über die Physik hinausgehende Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</li> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet über die Physik hinausgehende Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</li> <li>• SuS wägen für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente ab (B2)</li> </ul>
----	--	--	--	--	--

			funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen aus; sie vertiefen und vernetzen ihr Fachwissen aus den Kapiteln 1 und 2 (UF1, UF2, UF4)	verschiedener Sportarten (E1, E5, E6)		
52–55	<b>Erhaltung der Energie</b>  Basiskonzept: Energie	Bungee-Springen Atwood'sche maschine  Fall-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben und erläutern die Energieerhaltung unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie wählen funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen aus; sie erschließen Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens (UF1, UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren physikalische Probleme in unterschiedlichen Kontexten; sie werten Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge aus (E1, E5)</li> <li>• SuS verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6)</li> <li>• SuS entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4)</li> <li>• SuS planen eigenständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (Energieerhaltung), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien an; sie wägen für Bewertungen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt (B1, B2)</li> </ul>
	<i>Musteraufgabe mit Lösung:</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysie-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbstständig</li> </ul>	

<p>Skispringen (S. 115)</p> <p><i>Musteraufgabe mit Lösung</i> Energieerhaltung beim Bungeespringen (S. 115)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Schallintensität und Lautstärke (S. 122)</p>			<p>aus Kapitel 1; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1; UF2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen und vernetzen ihr Fachwissen aus den Kapiteln 1 und 2; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1; UF2, UF4)</li> <li>• SuS beschreiben und erläutern komplexe Diagramme und Tabellen (UF1, UF3, UF4)</li> </ul>	<p>ren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie setzen zur quantitativen Auswertung des Problems den GTR ein (E1, E3, E5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten (E1, E3)</li> <li>• SuS identifizieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie werten komplexe Diagramme und Tabellen qualitativ und quantitativ aus (E1, E5)</li> </ul>	<p>weitere physikalisch-technische Informationen zum Skispringen im Internet; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren im Internet weitere Informationen im Zusammenhang mit dieser Aufgabe; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K3, K4)</li> </ul>	<p>SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</p>
---	--	--	--	---	--	---

	IMPULS UND IMPULSERHALTUNG	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
56/57	<p><b>Der Impuls</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p>NEWTONS Cradle</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Größen Beschleunigung, Masse, Kraft, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen; sie erläutern den Zusammenhang zwischen den Newton'schen Axiomen und</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1)</li> <li>• SuS verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS dokumentieren Experimente nach gegebenen Strukturen (K1)</li> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder</li> </ul>	

			dem Impuls (UF2, UF4) <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1)</li> </ul>	Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6) <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS planen eigenständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (Impulserhaltung), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)</li> </ul>	andere objektive Daten heran (K4)	
58/59	<b>Der Impulserhaltungssatz</b>  Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie	Luftkissenfahrbahn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben anhand von Experimenten den elastischen und unelastischen Stoß längs einer Geraden sowie Stöße in der Ebene; sie wählen begründet die funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Stoßprozesse zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6)</li> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS erschließen und überprüfen mit Wertetabellen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbstständig weitere physikalisch-technische Informationen zum Skispringen im Internet; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3) dokumentieren Experimente nach gegebenen Strukturen (K1)</li> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> </ul>	
	<b>ANWENDUNGEN DER ERHALTUNGSSÄTZE</b>		<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Bewertung</b>
60	<b>Das Raketenprinzip</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung	Start einer Saturnrakete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben und erläutern das Raketenprinzip unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie wählen funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen aus (UF1, UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren physikalische Gesetzmäßigkeiten und entwickeln ein Modell, um mit der Raketengleichung iterativ die Geschwindigkeit der Saturnrakete zu berechnen (E5, E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbstständig weitere physikalisch-technische Informationen zum Aufbau einer Kaltwasserrakete und einer Druckwasserrakete; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</li> </ul>	

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen heran (K4)</li> </ul>	
61–63	<p><b>Stoßvorgänge</b></p> <p>Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie</p> <p><i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Mit Sonnensegel zur Venus (S. 65)</p>	<p>Zusammenstoß zweier Autos Return beim Tennis Elastischer Stoß in der Teilchenphysik</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben und erläutern Stoßvorgänge unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen und Basiskonzepten; sie wählen funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen aus; sie ordnen und strukturieren physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien (UF1, UF2, UF3)</li> <li>• SuS beschreiben eindimensionale und zweidimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 2 (Impuls, Stoßvorgänge); sie verwenden zur Lösung auch Fachwissen aus den Kapiteln 1 und 3; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funk-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren Stoßprozesse in anderen Kontexten; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Modelle und Gesetzmäßigkeiten (E1, E3)</li> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6)</li> <li>• SuS entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),</li> <li>• SuS können naturwissenschaftliche Modelle situationsgerecht anwenden, um naturwissenschaftlich-technische Prozesse z. B. in der Teilchenphysik zu erklären (E6)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten (E1, E3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen heran (K4)</li> <li>• SuS recherchieren selbstständig weitere Informationen und Erklärungen zum Sonnensegler; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussa-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technische Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet über die Physik hinausgehende Argumente ab</li> </ul>

			ationalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)		gen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K3, K4)	und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)
66	<b>GRUNDWISSEN</b>					
67	<b>WISSENSTEST</b>	(für die eigene Wiederholung der Schülerinnen und Schüler)				

## Gravitation

Seite	<b>METZLER PHYSIK E</b>		<b>Bausteine für ein Schulcurriculum</b> auf der Grundlage von METZLER PHYSIK E – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –			
	<b>Inhalte</b>	<b>Kontexte</b>	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Bewertung</b>
68/69	<b>Einführung</b>	Sonnensystem NEOs Asteroid Apophis	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS erläutern die Struktur des Sonnensystems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS bewerten begründet die Darstellung physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4)</li> </ul>	
	<b>NEWTONS GRAVITATIONSGESETZ</b>					
70	<b>Die Kepler'schen Gesetze</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung	System Mond–Planet bzw. Satellit–Planet	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS stellen die Vorstellungen von Kepler und Newton zu den Bewegungen der Planeten und zum Sonnensystem dar (UF3, E7)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1)</li> </ul>		

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze astronomische Größen (E6)</li> </ul>		
70/71	<p><b>Das Gravitationsgesetz</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p><i>Musteraufgabe mit Lösung:</i> Gravitation: Abschätzung der Mondmasse (S. 116)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Bahn des Halley'schen Kometen (S. 123)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Die Rosetta-Mission (S. 123)</p>	Herabfallender Apfel System Erde-Mond	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Gravitationskräfte als Wechselwirkungen (UF2, E6)</li> <li>• SuS berechnen mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen; sie vertiefen und vernetzen ihre Kenntnisse (UF1, UF4)</li> <li>• SuS berechnen mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen; sie vertiefen und vernetzen ihre Kenntnisse (UF1, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 3; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten (E1, E3)</li> <li>• SuS generieren mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen und leiten Verfahren zu ihrer Überprüfung ab; sie erklären die physikalisch-technischen Zusammenhänge unter Verwendung von theoretischen Modellen (E3, E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbständig Informationen zum Aufbau von Kometen (K2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS bewerten die Erfolgchancen der Rosetta-Mission (B1, B2, B3)</li> </ul>
72	<p><i>Exkurs:</i> Ein Schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße</p>	Schwarze Löcher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld (UF2, E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS ziehen Messdaten zur Bewertung astrophysikalischer Fragestellungen heran</li> </ul>
	<b>BEWEGUNGEN IM GRAVITATIONSFELD</b>		<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Bewertung</b>
73	<p><b>Die Gravitationsfeldstärke</b></p> <p>Basiskonzept:</p>	Gravitationsfeld auf der Erde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Ar-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusam-</li> </ul>



	<p>Wechselwirkung</p> <p><i>Musteraufgabe mit Lösung:</i> Gravitation: Wo heben sich die Gravitationsfeldstärken von Mond und Erde auf? (S. 116)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Die Astronautenwaage (S. 122)</p>		<p>zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vernetzen zur Lösung der Aufgabe Fachwissen aus den Kapiteln 2 und 3; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)</li> <li>• SuS berechnen mithilfe des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (UF1, UF4)</li> <li>• SuS vernetzen zur Lösung der Aufgabe Fachwissen aus den Kapiteln 1,3 und 4; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)</li> </ul>	<p>generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie verallgemeinern mathematische Gesetzmäßigkeiten (E1, E3, E5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS generieren mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen und leiten Verfahren zu ihrer Überprüfung ab (E3)</li> <li>• SuS identifizieren physikalische Zusammenhänge in unterschiedlichen Kontexten; sie werten Daten aus; sie entwerfen selber ein Experiment und führen dieses durch (E1,E4, E5)</li> </ul>	<p>gumenten begründen bzw. kritisieren (K4) (Aufgaben 1 und 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS berechnen die verschiedenen Fluchtgeschwindigkeiten und recherchieren selbstständig in Fachbüchern und/oder im Internet weitere Informationen dazu; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</li> <li>• SuS entwerfen und testen in kleinen Gruppen eine experimentelle Vorrichtung aus (K1, K2, K3, K4)</li> </ul>	<p>menhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen (B2) (Aufgabe 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS bewerten ihre experimentelle Vorrichtung (B1)</li> </ul>
--	--	--	--	--	---	---

74	<p><i>Vertiefung:</i> Die Gezeiten</p>	Ebbe und Flut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben physikalische Phänomene und Zusammenhänge und erläutern sie unter Verwendung von übergeordneten Gesetzen (UF1)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten dar (K3)</li> </ul>	
75	<p><b>Energie im Gravitationsfeld</b></p> <p>Basiskonzept: Energie</p>	Bahnwechsel von Satelliten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS verwenden den Energieerhaltungssatz, um Bewegungen von Satelliten im Gravitationsfeld der Erde zu beschreiben bzw. zu berechnen (E3, E6)</li> </ul>		
76/77	<p><b>Satelliten und Raumfahrt</b></p> <p>Basiskonzept:</p>	Satellitenbahnen Interplanetare Flüge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes Bahnfor-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus ei-</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller For-</li> </ul>

<p>Wechselwirkung</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Gravitation und Fluchtgeschwindigkeit (S. 122)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Beobachtung des Mars – Raummissionen (S. 123)</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Komet Shoemaker-Levy 9 fällt auf Jupiter (S. 124)</p>		<p>men von Satelliten und Raumsonden (UF1, UF4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vernetzen zur Lösung der Aufgabe Fachwissen aus den Kapiteln 2 und 3; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 3; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 3 und vernetzen ihre Kenntnisse aus Kapitel 2 und 3; sie wählen begründet die zur Lösung des Problems benötigten funktionalen Beziehungen zwischen den physikalischen Größen (UF1, UF2, UF4)</li> </ul>	<p>ner energetischen Sicht (E1, UF1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände (E6)</li> <li>• SuS verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten; sie verallgemeinern mathematische Gesetzmäßigkeiten (E1, E3, E5)</li> <li>• SuS identifizieren und analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten (E1, E3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS berechnen die verschiedenen Fluchtgeschwindigkeiten und recherchieren selbständig in Fachbüchern und/oder im Internet weitere Informationen dazu; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</li> </ul>	<p>schungsprogramme und beziehen begründet Stellung (B1, B3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben Argumente für und gegen einen Standpunkt aus der aktuellen wissenschaftspolitischen Diskussion an (B2)</li> </ul>
<p>WELTBILDER</p>		<p><b>Fachwissen</b></p>	<p><b>Erkenntnisgewinnung</b></p>	<p><b>Kommunikation</b></p>	<p><b>Bewertung</b></p>

78/79	<b>Von der Antike zu KEPLER und NEWTON</b>  Basiskonzept: Struktur der Materie	Messung des Erdumfangs ERATOSTHENES / Geozentrisches / heliozentrisches Weltbild	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen historische Änderungen in den Vorstellungen zur Mechanik beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)</li> <li>• SuS 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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vergleichen historisch verschiedene Auffassungen von den Naturwissenschaften und ihre Auswirkungen auf das jeweilige Weltbild</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit (K2, K4)</li> </ul>	
80-82	<b>Das heutige kosmologische Weltbild</b>  Basiskonzept: Struktur der Materie	Entwicklung des Universums	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern die Grundlagen des heutigen kosmologischen Weltbildes: kosmische Hintergrundstrahlung, kosmisches Standardmodell, dunkle Materie, dunkle Energie (UF1)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K3, K4)</li> </ul>	
83	<i>Exkurs:</i> Kometen- und Meteoriteneinschläge		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld (UF2, E6)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten dar und begründen sie mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten (K3, K4)</li> </ul>	
84	<b>GRUNDWISSEN</b>	f.d.e. Wiederholung der SuS				
85	<b>WISSENSTEST</b>					

## Mechanische Schwingungen und Wellen

Seite	<b>METZLER PHYSIK E</b>		<b>Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK E – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –</b>			
	<b>Inhalte</b>	<b>Kontexte</b>	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Bewertung</b>
86/87	<b>Einführung</b>	Musikinstrumente Schwingungen und Wellen in Natur und Technik		<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS identifizieren und analysieren in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme und präzisieren diese in Form physikalischer Fragestellungen (E1)</li> </ul>		
	<b>MECHANISCHE SCHWINGUNGEN</b>					
88	<b>Schwingungsvorgänge und Schwingungsgrößen</b>  Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie	Beispiele für einfache mechanische Schwin- gungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts; sie identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)</li> <li>SuS wählen zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen Größen zur Lösung physikalischer Probleme aus (UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge</li> </ul>		
89	<b>Die harmonische Schwingung</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung	Federpendel und Projektion der Kreis- bewegung	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS geben die Zusammenhänge der Größen an, die eine Schwingung und die eine Kreisbewegung beschreiben (UF1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenerlegung (E1)</li> <li>SuS können Zusammenhänge zwischen den Größen unterschiedlicher Bewegungen mathematisch formulieren (E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS können physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse sprachlich und fachlich korrekt darstellen (K3)</li> </ul>	

90	<p><b>Bedingung und Eigenschaften der harmonischen Schwingung</b></p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p><i>Musteraufgabe mit Lösung:</i> Beschleunigung eines Wagens durch eine Feder (S. 117)</p>	Federschwinger Nichtharmonische Schwingungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS setzen ihre Erfahrungen und Kenntnisse aus der Mechanik (Kapitel 1) zur Beschreibung der Eigenschaften einer Schwingung ein (UF3)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen und wählen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen (UF1, UF2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS können die Zusammenhänge der Bedingungen einer Schwingung mit den die Schwingung beschreibenden Größen mathematisch formulieren (E5)</li> <li>• SuS analysieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen mit Bezug auf Gesetzmäßigkeiten und überprüfen diese mathematisch; sie analysieren die Werte einer Wertetabelle mithilfe ihres GTR und erklären die Ergebnisse durch eine mathematische Modellierung und entwickeln ein Modell (E1, E3, E5, E6)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben zur Bewertung ihrer Modellierung Bewertungskriterien an (B1)</li> </ul>
91	<p><b>Die Energie der harmonischen Schwingung</b></p> <p>Basiskonzept: Energie</p> <p><i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Schallintensität und Lautstärke (S. 122)</p>	Federpendel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS setzen ihre Kenntnisse aus der Mechanik (Kapitel 1) zur Beschreibung der Eigenschaften einer Schwingung ein (UF3)</li> <li>• SuS beschreiben und erläutern komplexe Diagramme und Tabellen (UF1, UF3, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1)</li> <li>• SuS identifizieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie werten komplexe Diagramme und Tabellen qualitativ und quantitativ aus (E1, E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren im Internet weitere Informationen; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K3, K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS geben in einem physikalisch-technischen Zusammenhang Bewertungskriterien an; sie wägen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt; bei Auseinandersetzungen zu dieser physikalisch-technischen Fragestellung zeigen sie mögliche Konfliktlösungen auf (B1, B2, B3)</li> </ul>

<p>92/93</p>	<p><b>Energieabgabe und Energieaufnahme bei Schwingungen</b></p> <p>Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie</p> <p><i>Musteraufgabe mit Lösung:</i> Mechanische Schwingungen und Wellen: Resonanzphänomene in der Technik und im Alltag (S. 117)</p>	<p>Stoßdämpfer</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern das Auftreten von Resonanz mit Hilfe von Wechselwirkung und Energie erläutert (UF1)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 2; sie ordnen und strukturieren physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien (UF1, UF3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1)</li> <li>• SuS identifizieren physikalische Zusammenhänge in unterschiedlichen Kontexten; sie generieren Hypothesen und überprüfen diese durch eine Recherche im Internet (E1, E3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>• SuS recherchieren im Internet weitere Informationen und Erklärungen im Zusammenhang mit dieser Aufgabe; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K3, K4)</li> </ul>	
<p>93</p>	<p><i>Exkurs:</i> Der Einsturz der Tacoma-Brücke</p>					
<p>94/95</p>	<p><b>Überlagerung von Schwingungen</b></p> <p>Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie</p>	<p>Gekoppelte Pendel Stimmgabeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS setzen ihre Kenntnisse über den Zusammenhang von Kreisbewegungen und Schwingungen ein (UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u. a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)</li> </ul>		
<p>95</p>	<p>Methode: Die Zeigerdarstellung der harmonischen Schwingung</p>					

96/97	Exkurs: Schwingungen und Musik		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erläutern das Auftreten von Resonanz mit Hilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1)</li> </ul>			
	<b>MECHANISCHE WELLEN</b>		<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Bewertung</b>
98/99	<b>Entstehung und Ausbreitung</b>  Basiskonzept: Wechselwirkung Energie Struktur der Materie  <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Der akustische Doppler-Effekt (S. 124)  <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Die Ortungsrufe von Fledermäusen (S. 125)	Meereswellen Pendelkette	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Wellen als Störungen eines Gleichgewichts; sie identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 4; sie erarbeiten sich neues Fachwissen zum akustischen Doppler-Effekt an (UF1, UF4)</li> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 4 und vernetzen es mit der Aufgabe „Der akustische Doppler-Effekt“; sie wählen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen ein (UF1, UF2, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erklären die Ausbreitung von mechanischen Wellen (Transversal- und Longitudinalwellen) qualitativ mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6)</li> <li>• SuS identifizieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie leiten die in der Aufgabe angegebenen Formeln her (E1, E5)</li> <li>• SuS identifizieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie generieren Hypothesen und überprüfen diese mathematisch (E1, E3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren selbständig im Internet Beispiele für den Doppler-Effekt; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K2, K3)</li> <li>• SuS stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS bewerten eine physikalische Aussage; sie wägen kriteriengeleitet Argumente ab und beziehen einen begründeten Standpunkt (B1, B2)</li> </ul>
100/101	<b>Eigenschaften von Wellen</b>  Basiskonzepte: Wechselwirkung Struktur der Materie  <i>Kontextorientierte Aufgabe:</i> Der Cappuccino-Effekt (S. 122)	Parktronic-System	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS vertiefen ihr Fachwissen aus Kapitel 4; sie wählen zur Lösung der Aufgabe funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen ein; sie er-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS erklären die Ausbreitung von mechanischen Wellen (Transversal- und Longitudinalwellen) qualitativ mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6)</li> <li>• SuS identifizieren ein physikalisches Problem in einem anderen Kontext; sie beobachten kriteriengeleitet; sie generieren Hypothesen und überprüfen diese ex-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS recherchieren im Internet weitere Informationen und Erklärungen zum Cappuccino-Effekt; sie stellen physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse adressatenge-</li> </ul>	

101	<i>Exkurs:</i> Erdbebenwellen		arbeiten sich neues Fachwissen (UF1, UF2, UF4)	perimentell; sie führen Experimente durch, die sie sich selbstständig vorher ausgedacht haben und werten diese qualitativ aus; sie erklären das beobachtete Phänomen mithilfe eines theoretischen Modells (E1, E2, E3, E4, E5, E6)	recht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt dar; sie begründen physikalische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten (K2, K3, K4)	
101	<i>Exkurs:</i> Ultraschall in der Medizin					
102/103	<b>Überlagerung von Wellen</b>  Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie Struktur der Materie	Wasserwellen Schallwellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS beschreiben Wellen als Störungen eines Gleichgewichts; sie identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus Wechselwirkungsperspektive als auch aus energietechnischer Sicht (E1, UF1)</li> <li>• SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition (E1)</li> <li>• SuS planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u. a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> <li>• SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS 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)</li> </ul>



	MATERIALGESTÜTZTE AUFGABEN	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
	<i>Materialgestützte Aufgabe:</i> Suche nach Exoplaneten (S. 104/105)	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6)</li> <li>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition (E1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6)</li> <li>SuS vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition (E1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SuS stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</li> <li>SuS begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</li> <li>SuS reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4)</li> </ul>
106	<b>GRUNDWISSEN</b>				
107	<b>WISSENSTEST</b> (Für die eigene Wiederholung der Schülerinnen und Schüler)				

Die Fachkonferenz Physik verzichtet für die Einführungsphase bewusst auf die Angabe von Unterrichtsstunden für die einzelnen Inhalte. Stets andere Schülerinnen und Schüler erfordern ein flexibles Reagieren auf die jeweiligen Kompetenzgrade und Förderbedürfnisse.

Für Grund- und Leistungskurse in der Qualifikationsphase existiert noch kein neues angepasstes Schulbuch. Hier wird zunächst der vom Ministerium zur Verfügung gestellte Musterlehrplan übernommen. Nach dem Durchgang durch die Einführungsphase wird es ggf. Anpassungen auch für die Qualifikationsphase geben.

## 1.2 Qualifikationsphase: Grundkurs Übersichtsraster und Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS (Unterrichtsstunden mit je 60 Minuten)		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 11 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photon (Wellenaspekt)</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 11 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron (Teilchenaspekt)</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle</p>
<p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>	<p>E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 13 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung und elektrische Energie</li> <li>• Induktion</li> <li>• Spannungswandlung</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien</p>
<p><i>Wirbelströme im Alltag</i> Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 42 Stunden</p>		

<b>Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS</b>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 10 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung der Atomhülle</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: 6 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernumwandlungen</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 5 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>	UF3 Systematisierung E6 Modelle
<i>Navigationssysteme</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 3 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 4 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 2 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
<b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: 30 Stunden</b>		

## Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

### Kontext: *Erforschung des Photons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	<b>Doppelspalt</b> und <b>Gitter</b> , <b>Wellenwanne</b> quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	<b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotозelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: Erforschung des Elektrons

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementarladung (5 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),  untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch <b>Millikanversuch</b> Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) Auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung  Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren
Elektronenmasse (7 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),  bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),  modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),	<b><math>e/m</math>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b>  auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)  evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit  Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft:  Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke.  Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.

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

## Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

## Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

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

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

### Kontext: Wirbelströme im Alltag

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

## Kontext: Mensch und Strahlung

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

(B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche  <b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b>	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

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

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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



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

### Kontext: *Navigationssysteme*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Kontext: Teilchenbeschleuniger**

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

### **Kontext: Das heutige Weltbild**

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

### 2.1.3 Qualifikationsphase: Leistungskurs

#### Übersichtsraster und Konkretisierung der Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle</p>
<p><i>Höhenstrahlung</i> Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> </ul>	<p>E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 6 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung B1 Kriterien</p>
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i>  Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?  Zeitbedarf: <b>18</b> Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>• Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i>  Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?  Zeitbedarf: <b>17</b> Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>• Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i>  Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?  Zeitbedarf: <b>16</b> Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Induktion</li> </ul>	UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i>  Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?  Zeitbedarf: <b>21</b> Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: <b>90</b> Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</i> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Erforschung des Elektrons</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 4 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> </ul>	UF1 Wiedergabe K3 Präsentation
<i>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</i> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i>  Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?  Zeitbedarf: 7 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  E5 Auswertung  E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i>  Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?  Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> </ul>	<p>UF3 Systematisierung  E6 Modelle  UF4 Vernetzung</p>
<p><i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i>  Wie funktioniert die <sup>14</sup>C-Methode?  Zeitbedarf: 7 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl  E5 Auswertung</p>
<p><i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i>  Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?  Zeitbedarf: 7 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernspaltung und Kernfusion</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> </ul>	<p>B1 Kriterien  UF4 Vernetzung</p>
<p><i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i>  Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?  Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</li> </ul>	<p>UF3 Systematisierung  K2 Recherche</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: 64 Stunden</p>		

## Inhaltsfeld: *Relativitätstheorie (LK)*

### Kontext: *Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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



### Kontext: Höhenstrahlung

Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmo-sphäre die Erdoberfläche?

Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., zusätzlich Exkursion)	Die Schülerinnen und Schüler...  leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),  reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).  erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)  Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)	Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor $\gamma$ hergeleitet.  Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.
Längenkontraktion (2 Ustd.)	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),  erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),  beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),	Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität) – s. o.	Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o.  Herleitung der Formel für die Längenkontraktion
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten**

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten.  Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.  Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (2 Ustd.)	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen.  Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.  Erzeugung und Vernichtung von Teilchen
<b>8 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation**

Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig)  Flug von Atomuhren um die Erde (Video)	Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.  Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).	Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment  Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung  Film / Video	An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Das heutige Weltbild**

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

## Inhaltsfeld: *Elektrik (LK)*

### Kontext: *Untersuchung von Elektronen*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Grundlagen:</b> Ladungstrennung, Ladungsträger (4 Ustd.)	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),	einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung,  halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche	An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen.  Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Bestimmung der Elementarladung:</b> elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator Elementarladung (10 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),	Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL (remote control laboratory)), einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, Plattenkondensator (homogenes E-Feld),	Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet. Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt. Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.
	leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),	evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch	Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b> magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse (10 Ustd.)	erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3), ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),	Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee, (z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke, Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft, Fadenstrahlrohr zur $e/m$ – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)	Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen. Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet. Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet. Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes, Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der <math>e/m</math>-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p>		<p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>
<b>24 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		



### **Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen**

Leitfrage: Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Anwendungen in Forschung und Technik:</b></p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)</p>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3), beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3), ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2), erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6), erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p>	<p>Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen), Elektronenstrahlröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (<math>e/m</math> – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen, Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde, Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber), Kalibrierung einer Hallsonde, Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes, Bestimmung der magnetischen Feldkonstante, Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>		

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</b></p> <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher),</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren,</p> <p>statische Voltmeter bzw. Elektromessverstärker,</p> <p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwert-erfassungssystemen),</p> <p>Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern).</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt.</p> <p>Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell,</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung),</p> <p>Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben.</p> <p>deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p>		
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b></p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes (22 Ustd.)</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</p> <p>einfaches elektrodynamisches Mikrofon,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße <math>B</math>, registrierende Messung von <math>B(t)</math> und <math>U_{ind}(t)</math>,</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)</li> <li>2. Änderung der Feldgröße <math>B</math> (quantitatives Experiment)</li> </ol> <p>Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last),</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse „Ringversuche“</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität, messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		



## **Kontext: *Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung***

Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

(E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,

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

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</b></p> <p>Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis,</p> <p>Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p> <p>(12 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p>	<p>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren,</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</p>	<p>Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung vorgestellt.</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,</p> <p>ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>	<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomsonformel).</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p>		<p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</p>
<p><b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b></p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen,</p> <p>(16 Ustd.)</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <math>B</math>- bzw. <math>E</math>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</p> <p>erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</p> <p>ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).</p> <p>beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).</p> <p>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,</p> <p>dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe),</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion),</p> <p>visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion,</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet.</p> <p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C,</p> <p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!</li> <li>• (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird.</li> <li>• Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.</li> </ul>

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

## Inhaltsfeld: *Quantenphysik (LK)*

### Kontext: *Erforschung des Photons*

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte, Welle-Teilchen-Dualismus, Quantenphysik und klassische Physik

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p>Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)</p>	<p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</p> <p>erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</p> <p>ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),</p>	<p>1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)</p> <p>2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)</p>	<p>Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen</p> <p>Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden:</p> <p>Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen</p> <p>Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen</p>
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung  Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php">http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php</a> oder <a href="http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html</a> )	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“)  Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden.  Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode  Strukturanalyse nach Debye-Scherrer  (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode
Röntgenröhre in Medizin und Technik  (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto  Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen  Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep  Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		



**Kontext: Erforschung des Elektrons**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <a href="http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/">http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</a> )	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten  Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nichtlichtschneller) Quantenobjekte
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie**

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).		Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen. Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.

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

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

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
	Die Schülerinnen und Schüler...		
<b>Atomaufbau:</b> Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet  Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)  Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B.. <a href="http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html">http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html</a> )
Energiequantelung der Hüllelektronen (3 Ustd.)	erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),	Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch	Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin
Linienspektren (3 Ustd.)	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt
Bohr'sche Postulate (2 Ustd.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)**

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren (3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Nebelkammer	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.) Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz Material zu Halbleiterdetektoren
Strahlungsarten (5 Ustd.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1), benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6), erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),	Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung Ablenkung von $\beta$ -Strahlen im Magnetfeld Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Dosimetrie (2 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),	Video zur Dosimetrie  Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),  beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)  Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

### **Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen**

Leitfrage: Wie funktioniert die  $^{14}\text{C}$ -Methode?

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),  nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),  leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),	Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008)  Tabellenkalkulation  Ggf. CAS	Siehe <a href="http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html">http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html</a>  Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler  Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung  Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: **Energiegewinnung durch nukleare Prozesse**

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Kernspaltung und Kernfusion:</b> Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),	Video zu Kernwaffenexplosion	Z.B. YouTube
Kettenreaktion (2 Ustd.)	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),	Mausefallenmodell, Video, Applet	Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Diagramm $B/A$ gegen $A$ , Tabellenwerk, ggf. Applet Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a> Siehe <a href="http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm">http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm</a>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
9 Ustd.	Summe		

**Kontext: *Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen***

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

(K2) zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden. Internet: <a href="http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/">http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/</a> Ggf. Schülerreferate
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6). erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),	Literatur und Recherche im Internet „CERN-Rap“: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8</a>	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik
<b>11 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

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

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

## **2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe**

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 26 sind fachspezifisch angelegt.

### ***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 sowie Arbeit in kooperativen Lernformen.
- 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 soweit möglich 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 bewusst gemacht wird.
- 21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungs-ideen 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 selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten. Ausdrücklich empfohlen wird die Gestaltung in Form eines Portfolios mit Inhaltsverzeichnis und Formelanhang. (Genauerer findet sich in den "Materialien zur Leistungsbewertung Physik" in Fortführung des Kompetenzerwerbs im Zuge der Sekundarstufe I.)
- 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 selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.
- 26.) GTR und Formelsammlung dürfen im Fach Physik im Unterricht wie in den Klausuren verwendet werden.
- 27.) Über die Verwendung von Computer oder Handy als Werkzeug im Physikunterricht entscheidet die jeweilige Fachlehrkraft.

### **2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung**

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. (Siehe Konzept zur Leistungsbewertung im Fach Physik.)

Wichtiges hier im Überblick:

#### **Überprüfungsformen**

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen notwendig. Besonderes Gewicht wird im Grundkurs auf experimentelle Aufgaben und Aufgaben zur Datenanalyse gelegt.

### **Lern- und Leistungssituationen**

In **Lernsituationen** ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der konstruktiv-produktive Umgang mit ihnen sind ein wesentlicher Teil des Lernprozesses.

Bei **Leistungs- und Überprüfungssituationen** steht dagegen der Nachweis der Verfügbarkeit der erwarteten bzw. erworbenen Kompetenzen im Vordergrund.

### **Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit**

Folgende Aspekte können bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen

- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen

## **Beurteilungsbereich Klausuren**

Verbindliche Absprache:

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.

Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel 3 des KLP formuliert sind.

Dauer und Anzahl richten sich nach den Angaben der APO-GOST.

Einführungsphase:

1 Klausur im ersten Halbjahr (90 Minuten), im zweiten Halbjahr werden 2 Klausuren (je 90 Minuten) geschrieben.

Qualifikationsphase 1:

2 Klausuren pro Halbjahr (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK), wobei in einem Fach die erste Klausur im 2. Halbjahr durch 1 Facharbeit ersetzt werden kann bzw. muss.

Qualifikationsphase 2.1:

2 Klausuren (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK)

Qualifikationsphase 2.2:

1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird.

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht.

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird Schülerinnen und Schülern in geeigneter Form zur Kenntnis gebracht. Es kann ggf. als Diagnoseinstrument zur Ermittlung von individuellem Förderbedarf mitverwendet werden.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend minus soll bei Erreichen von mehr als 40 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint oder nach den Kriterien der Abiturarbeitsbewertung erforderlich ist.

## **Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung**

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback oder Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

## **Mündliche Abiturprüfungen**

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Kriterienraster für den ers-



ten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird.

## 2.4 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Einführungsphase wird der Einführungsband Metzler (s.o.) eingeführt. Über die Bücher für die Qualifikationsphase (momentan Lehrwerk Dorn Bader für die Grundkurse, für die Leistungskurse der Metzler) wird im Laufe des Schuljahres 2014/2015 nach Erscheinen der neuen Bücher entschieden. Mindestens für den Grundkurs ist auf Grund der Fülle der Änderungen durch den Kernlehrplan SEK II die Anschaffung eines neuen Lehrwerkes notwendig.

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

Unterstützende Materialien sind auch im *Lehrplannavigator* des NRW-Bildungsportals angegeben. Den *Lehrplannavigator* findet man für das Fach Physik unter:

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

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

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

#### **Zusammenarbeit mit anderen Fächern**

Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Schülerinnen und Schüler Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen. Es wird Wert darauf gelegt, dass in bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

#### **Projekttag in der EF**

Zu Beginn der EF finden fachübergreifende Projekttag zur Einführung in die Arbeitsmethoden der Oberstufe statt. Die Fachkonferenz Physik bietet in diesem Zusammenhang mindestens ein Projekt für die EF an (ggfs. auch fachübergreifend).

#### **Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit**

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, findet im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums eine fachübergreifende Einführung statt. Die AG Facharbeit hat schulinterne Richtlinien für Erstellung einer Facharbeit angefertigt, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen. Schülerinnen und Schülern werden in einer zentralen Veranstaltung diese schulinternen Richtlinien vermittelt. Die eine Facharbeit betreuenden Kolleginnen und Kollegen der Fachgruppe Physik führen im Vorfeld ausführliche Beratungsgespräche unter Einbeziehung einer von den Schreibenden der Facharbeit zu erstellenden Roadmap durch. Arbeitsthemen ohne experimentellen Anteil sollen auf unvermeidbare Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

#### **Exkursionen**

In der gymnasialen Oberstufe sollen in Absprache mit der Schulleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese werden im Unterricht vor- bzw. nachbereitet. Die Fachkonferenz u.a.hält folgende Exkursionen für sinnvoll:

Besuch des Movieparks

Besuch von Partnerfirmen in der Industrie

Besuch des Kraftwerks Walsum

Besuch des (Evonik-)Schülerlabors der Universität Duisburg-Essen

Teilnahme am freestyle-physik Schülerwettbewerb mit Laborbesuchen/  
Teilnahme am Tag der offenen Tür der Uni Du-E

Teilnahme an Veranstaltungen zur Verkehrs/physik/erziehung der Polizei

Besuch/ Veranstaltung einer internationalen Masterclass

Teilnahme an Vorlesungen der kooperierenden Universitäten

Teilnahme an der Physikolympiade

Teilnahme am Wettbewerb jugend forscht

Teilnahme an Maßnahmen des Cern für besonders engagierte Schülerinnen und Schüler.

## 4 Qualitätssicherung und Evaluation

### Evaluation des schulinternen Curriculums

Das schulinterne Curriculum stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Dementsprechend werden die Inhalte stetig überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Physik bei.

Die Evaluation erfolgt regelmäßig in kollegialer Zusammenarbeit. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.

**Strahlenschutz:** die Strahlenschutzanweisung der Schule wird jährlich in Erinnerung gebracht. Dabei werden die Gültigkeiten der Fachkundenachweise überprüft und ggf. Kontakt mit dem Dezernat 46 zwecks Auffrischungskurs aufgenommen.

Duisburg, den 19.05.2014

