



Schulinternes Curriculum Physik – Sekundarstufe I und II



1. Beschreibung des Schulstandortes bezogen auf das Fach Physik

Das seit 2014 neu fusionierte Städtische Lindengymnasium liegt zentral in Gummersbach nahe der Innenstadt. Es umfasst an zwei nahe liegenden Standorten zwei größere Gebäudekomplexe, in denen der Unterricht von circa 1200 Schülerinnen und Schülern ganztags stattfindet. Ein entsprechendes Betreuungs-, Förder- und Freizeitangebot ergänzt dabei die doppelstündig bzw. auf 90 Minuten ausgelegten Unterrichtsstunden.

Der Physikunterricht findet in den Jahrgangsstufen 6, 8 und 9 (zweistündig) und in der gesamten Oberstufe statt. Die Grundkurse umfassen ab der Einführungsphase eine Wochenstundenzahl von drei Unterrichtsstunden, die Leistungskurse sind fünfstündig ausgelegt. Das Fach Physik ist in der Regel in der Einführungsphase mit zwei Grundkursen, in der Qualifikationsphase je Jahrgangsstufe mit einem bis zwei Grundkursen und einem Leistungskurs vertreten.

Das Städtische Lindengymnasium hat u. a. einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt. In den Jahrgangsstufen 5 bis 7 wird eine AG Naturwissenschaften und im Differenzierungsbereich Astrophysik und Informatik / Physik (jeweils dreistündig) angeboten.

Darüber hinaus besteht eine Kooperation mit dem DLR_School_Lab in Dortmund, in deren Rahmen sowohl die Klassen der Jahrgangsstufe 9 ganztägig als auch die Physikkurse der Qualifikationsphase I zweitägig am School_Lab experimentieren und Vorlesungen der TU Dortmund besuchen.

Durch die Verlagerung des Lernortes in außerschulische Bereiche, aber auch durch die Ausbildung einer fächerübergreifenden Methodenkompetenz, knüpft die Fachschaft Physik an das Leitbild „Allgemeinbildung“ des Städtischen Lindengymnasiums an und ermöglicht motivierende Lernarrangements, fächerübergreifenden Unterricht und eine Vorbereitung auf die internationale akademische Bildung.

Für das Fach Physik gibt es an beiden Standorten je zwei Fachräume, die mit Beamern und / oder elektronischen Tafeln ausgestattet sind. Die Ausstattung mit experimentiergeeigneten Fachräumen und mit Materialien ist gut. Der Etat für Neuanschaffungen und Reparaturen ist kaum ausreichend. Deshalb werden einige der angegebenen Versuche ausgewählt und nicht in allen Bereichen alle Versuche durchgeführt. Für den Physikunterricht in der EF ist der Impulse Physik (Klett-Verlag), in der Qualifikationsphase der Metzler-Physik (Schroedel-Verlag) an der Schule derzeit als Schulbuch eingeführt. In der Sekundarstufe II steht den Schülern das Große Tafelwerk zur Verfügung. In der Sekundarstufe I wird in der Stufe 6 Universum Physik I und in den Stufen 8 und 9 Universum Physik II (jeweils Cornelson-Verlag) verwendet. Des Weiteren verfügt das Gymnasium über Computerräume und mehrere interaktive elektronische Wandtafeln. Zudem besitzt das Städtische Lindengymnasium je eine Schulbibliothek an beiden Standorten, in denen auch dem Fachbereich Physik eine entsprechende Lehr- und Sachbuchsammlung zugeordnet ist. Sie dient vor allen Dingen als Quelle für Schülerreferate und als Vorbereitung auf anstehende Prüfungen und ist für alle Schülerinnen und Schüler frei zugänglich.

Die Evaluation und Anpassung des im Oktober 2015 beschlossenen Curriculums erfolgte in 2018.



2. Unterrichtsvorhaben

2.1 Klasse 6

Rahmenkontext	<p>grün = Subkontexte schwarz = Fachinhalte <i>kursiv = optionale Vertiefung / Wdh.</i></p>	<p>Konzeptbezogene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können am Ende der jeweiligen Unterrichtssequenz ... <i>blau = kommt später wieder vor</i></p>	<p>Prozessbezogene Kompetenzen: Wissenschaftliches Arbeiten; <i>Bewerten und Kommunizieren</i> Die Schülerinnen und Schüler...</p>	<p>Basiskonzepte: Struktur der Materie Wechselwirkung System Energie Die Schülerinnen und Schüler...</p>	<p>Mögliche Medien: Experimente, Schülerexperimente, Applets / Simulationen, Medieneinsatz Jeder Schüler soll nach Möglichkeit ein Referat halten.</p>
Elektrizität im Alltag					
Elektrizität im Straßenverkehr und zu Hause	<ul style="list-style-type: none"> • Strom fließt nur im Kreis: Die Taschenlampe: Der unverzweigte Stromkreis mit einem Schalter; Teilchenmodell für den elektrischen Strom • Wieso fließt der Strom überhaupt?: Rolle der Batterie im Stromkreis; Bedeutung der Voltzahl als Kenngröße von Quelle und Verbraucher • Woher weiß der Strom, wo lang er fließen soll?: Leiter und Isolatoren • Wie funktioniert meine Fahrradbeleuchtung: Der einfach verzweigte Stromkreis (Parallelschaltung); Dynamo als Spannungsquelle • Ein- und Ausschalten mehrerer Lampen: Innenbeleuchtung und Scheinwerfer beim Auto: Schalter in Stromkreisen; Und-Schaltung (Zündung + Fahrlichtschalter), Oderschaltung (Türkontakte) • Wie funktioniert eine Ampel? mehrfach verzweigte Stromkreise mit Schaltern 	<ul style="list-style-type: none"> • typische Leiter und Isolatoren benennen • Stromkreise aufbauen • mehrere elektrische Geräte parallel anschließen • mit Schaltern den Stromfluss durch Schalter in gewünschter Weise beeinflussen • elektrische Geräte mit einer passenden Spannungsquelle verbinden • eine Modellvorstellung vom elektrischen Stromfluss als Teilchenfluss beschreiben und diese auch zur Beschreibung des elektrischen Stromflusses anwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • erkennen elektrische Schaltungen im Alltag wieder • übertragen Stromkreise vom Schaltbild zum Aufbau und umgekehrt (E5) • präsentieren Problemlösungen (K2,K4) • benutzen das Teilchenmodell des elektrischen Stroms zur Erklärung elektrischer Phänomene im Stromkreis (E11) • entwickeln und erproben Problemlösungen im Experiment und können dabei sachgerecht mit den Messgeräten (Voltmeter) umgehen (E4) 	<p>haben das Systemkonzept auf der Grundlage ausgewählter Phänomene aus Natur und Technik so weit entwickelt, dass sie ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Beispielen erklären, dass das Funktionieren von Elektrogeräten einen geschlossenen Stromkreis voraussetzt. • einfache elektrische Schaltungen planen und aufbauen. 	<ul style="list-style-type: none"> • mindestens zwei Schaltungen sollen im Schülerexperiment erarbeitet werden • ggf. einzelne Schaltungen als Referat



<p>Elektrogeräte im Alltag</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Was der Strom alles kann: Elektrische Helfer im Alltag: Wärmewirkung und magnetische Wirkung bei Elektroherd, Toaster, Glühbirne, Sicherung, Türgong, elektrische Haushaltsgeräte als Energiewandler, Energieentwertung • Woher die elektrische Energie kommt: Elektrische Energiequellen • Elektrizität ist gefährlich! Wie man sich vor den Gefahren im Haus und bei Gewitter schützt: Sicherheitshinweise 	<ul style="list-style-type: none"> • die Wärmewirkung, die magnetische Wirkung und die Lichtwirkung des elektrischen Stroms beschreiben und in Alltagssituationen anwenden • Größenordnungen für den Energieumsatz elektrischer Geräte benennen • Elektrogeräte als Energiewandler beschreiben • sicher mit Elektrizität umgehen und kennen ihre Gefahren 	<ul style="list-style-type: none"> • führen Protokolle (K5) • beobachten und beschreiben physikalische Phänomene der Wirkung des elektrischen Stroms und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung (E1) • beschreiben den Aufbau einfacher elektrischer Geräte (K8) • beurteilen Gefahren der Elektrizität und kennen Maßnahmen und können Verhaltensweisen hinsichtlich des Umgangs mit Elektrizität zur Erhaltung der eigenen Gesundheit beurteilen (B5) 	<p>haben das Wechselwirkungskonzept an einfachen Beispielen so weit entwickelt, dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Beispielen aus ihrem Alltag verschiedene Wirkungen des elektrischen Stromes aufzeigen und unterscheiden. • geeignete Maßnahmen für den sicheren Umgang mit elektrischem Strom beschreiben. 	<p>Referat: Gefahren bei Elektrizität</p>
<p>Magnetfelder in der Natur und zu Hause</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die magnetische Pinnwand: magnetisierbare Stoffe und nicht magnetisierbare Stoffe; Herstellung von Magneten • Der Elektromagnet: Magnetische Kräfte auf Abruf: Elektromagnetismus • Wie funktioniert ein Kompass? Polarität der Magneten; Fernwirkung; elementare Feldvorstellung 	<ul style="list-style-type: none"> • Polarität von Magneten und deren Wirkung aufeinander beschreiben • magnetisierbare und nicht magnetisierbare Stoffe unterscheiden • Elektromagneten und Permanentmagneten in ihren Eigenschaften vergleichen • Funktionsweise des Kompass beschreiben und das Erdmagnetfeld zu seiner Erklärung verwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren zu einem Thema (E6) • nutzen die Modellvorstellung des Magnetfeldes zur Erklärung (E11) 	<p>haben das Wechselwirkungskonzept an einfachen Beispielen so weit entwickelt, dass sie beim Magnetismus erläutern, dass Körper ohne direkten Kontakt eine anziehende oder abstoßende Wirkung aufeinander ausüben können.</p>	<p>Stationen lernen „Sindbad und der Magnetberg“ (s. Physikvorbereitungsraum)</p>
<p>Sonne – Temperatur – Jahreszeiten</p>					
<p>Was sich mit der Temperatur alles ändert</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie funktioniert ein Thermometer? Funktionsweise, Skalierung, Anwendung des Thermometers; Temperaturmessung mit dem Thermometer; Ausdehnung von 	<ul style="list-style-type: none"> • die universelle Längen- und Volumenvergrößerung aller Aggregatzustände bei Temperaturänderung beschreiben 	<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache qualitative Experimente durch, protokollieren diese und verallgemeinern die Ergebnisse (E4) 	<p>haben eine einfache Teilchenvorstellung soweit entwickelt, dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Beispielen 	<p>Schülerexperiment „Erstellung einer Celsius-Skala“</p>



	<p>Flüssigkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wird der Eiffelturm im Sommer größer? Ausdehnung von festen Körpern • Wieso fliegt ein Heißluftballon? Ausdehnung von Gasen • Wasser im Sommer und im Winter: Wolken, Eis und Regen: Die Aggregatzustände des Wassers 	<ul style="list-style-type: none"> • diese mit Hilfe einer Teilchenvorstellung erklären und Wärme als Bewegung beschreiben • Aggregatzustände erkennen und mit dem Teilchenmodell beschreiben 	<ul style="list-style-type: none"> • tragen Messwerte als Diagramm auf (E11) • beschreiben physikalische Sachverhalte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (K6) 	<p>beschreiben, dass sich bei Stoffen die Aggregatzustände durch Aufnahme bzw. Abgabe von thermischer Energie (Wärme) verändern.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aggregatzustände, Aggregatzustandsübergänge auf der Ebene einer einfachen Teilchenvorstellung beschreiben. 	
<p>Leben bei verschiedenen Temperaturen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wieso friert der Eisbär nicht? Wärmekonvektion, -diffusion und -strahlung; Isolierungsmaßnahmen in der Natur • <i>alternativ oder ergänzend: Wieso bleibt der Kaffee in der Thermoskanne heiß? oder Wie funktioniert die Heizung?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Gute und schlechte Wärmeleiter unterscheiden • Wärmetransport als Energietransport beschreiben und dessen Richtung kennen • 3 Arten des Wärmetransports benennen und beschreiben • erklären, wie man den Wärmetransport zu Isolierungszwecken verhindern kann 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Hypothesen auf (E8) • experimentieren sachgerecht (E4) • kommunizieren in fachbegrifflich richtigen Termini (K1) 	<p>haben das Energiekonzept so weit entwickelt, dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Vorgängen aus ihrem Erfahrungsbereich Speicherung, Transport und Umwandlung von Energie aufzeigen. • in Transportketten Energie halbquantitativ bilanzieren und dabei die Idee der Energieerhaltung zugrunde legen. • an Beispielen zeigen, dass Energie, die als Wärme in die Umgebung abgegeben wird, in der Regel nicht weiter genutzt werden kann. • an Beispielen energetische Veränderungen an Körpern und die mit ihnen verbundenen Energieübertragungsm 	



				echanismen einander zuordnen.	
Die Sonne – unsere wichtigste Energiequelle	<ul style="list-style-type: none"> • Entstehung der Jahreszeiten: Energieeinstrahlung von der Sonne, Neigung der Erdachse, Wirkung unterschiedlicher Einfallswinkel und Einstrahldauern; scheinbare Sonnenbahn zu verschiedenen Jahreszeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, wie die Jahreszeiten entstehen und wie es dadurch zu unterschiedlichen Temperaturen im Jahreslauf kommt 	<ul style="list-style-type: none"> • entwickeln physikalische Fragestellungen, stellen Hypothesen auf und experimentieren gezielt, um diese zu bestätigen oder zu widerlegen (E2,E4,E8) • beobachten genau (E1) 	haben das Systemkonzept auf der Grundlage ausgewählter Phänomene aus Natur und Technik so weit entwickelt, dass sie den Sonnenstand als eine Bestimmungsgröße für die Temperaturen auf der Erdoberfläche erkennen.	<ul style="list-style-type: none"> • möglicherweise als Referate • Sammlung enthält Modell zur Jahreszeitenentstehung
Sehen und Hören					
Sicher im Straßenverkehr – Augen auf!	<ul style="list-style-type: none"> • Wie werde ich im Straßenverkehr immer gut gesehen? Lichtquellen und Empfänger; Auge als Lichtempfänger, Geradlinige Lichtausbreitung; Absorption, Streuung und Reflexion an Spiegel und Katzenauge, Gefahren durch Licht/Strahlen 	<ul style="list-style-type: none"> • das Licht als Lichtstrahl beschreiben, der sich geradlinig ausbreitet • Lichtquellen unterscheiden • das Auge als Lichtempfänger beschreiben • Richtungs- und Intensitätsänderungen bei Absorption, Streuung und Reflexion mit Hilfe des Lichtstrahlenmodells beschreiben und erklären 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden das Strahlenmodell für Licht zur Erklärung unterschiedlicher Lichtphänomene (E11) 	haben das Wechselwirkungskonzept an einfachen Beispielen so weit entwickelt, dass sie Bildentstehung und Schattenbildung sowie Reflexion mit der geradlinigen Ausbreitung des Lichts erklären.	Mögliches Referat: Gefahren durch Licht
Sonnen- und Mondfinsternis	<ul style="list-style-type: none"> • Vollmond, Halbmond, Neumond: Wieso scheint der Mond seine Gestalt zu wechseln? Entstehung der Mondphasen • Wie entstehen Mond- und Sonnenfinsternis? Schattenbildung im Weltraum 	<ul style="list-style-type: none"> • Schatten als das Fehlen von Licht beschreiben und einfache Schatten konstruieren • Halb- und Kernschatten unterscheiden 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden das Strahlenmodell für Licht zur Erklärung unterschiedlicher Lichtphänomene (E11) • stellen „Je...desto...-Beziehungen“ auf (E4) 		Mögliche Referate: Sonnen- und Mondfinsternis
Lochkamera	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktion und Bau einer Lochkamera 	<ul style="list-style-type: none"> • die Bildentstehung bei der Lochkamera beschreiben • die Bildlage und die Wirkung unterschiedlicher Lochgrößen erklären 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden das Strahlenmodell für Licht zur Erklärung eines neuen Phänomens (E11) 		möglicherweise als Referate
Physik und	<ul style="list-style-type: none"> • Gitarre im Schuhkarton: Laute und 	<ul style="list-style-type: none"> • Schall als Schwingung der 	<ul style="list-style-type: none"> • beobachten genau (E1) 	haben das	Mögliche Referate:



Musik	<p>leise, hohe und tiefe Töne: verschiedene Möglichkeiten bei Musikinstrumenten die Tonhöhe und Lautstärke zu variieren</p> <ul style="list-style-type: none">• Wie kommt der Ton von der Gitarre zu meinem Ohr? Schallausbreitung in der Luft• Wie viel Lärm tut mir gut? Gefahren durch Schall, Lärmschutz	<p>Luft und den Weg dieser Schwingung zum Ohr beschreiben</p> <ul style="list-style-type: none">• hohe und tiefe Töne als unterschiedlich schnelle Schwingungen beschreiben• laute und leise Töne als unterschiedlich starke Schwingungen beschreiben• exemplarisch an der Gitarre Möglichkeiten zur Variation der Tonhöhe beschreiben	<ul style="list-style-type: none">• stellen Hypothesen als begründete Vermutungen auf (E2)• überprüfen Hypothesen im Experiment (E4,E8)• stellen „Je...desto...-Beziehungen“ auf (E4)• präsentieren Ergebnisse von Experimenten sachgerecht (K1,K4)• planen und reflektieren Gruppenarbeit (K3)	<p>Systemkonzept auf der Grundlage ausgewählter Phänomene aus Natur und Technik so weit entwickelt, dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none">• Grundgrößen der Akustik nennen.• Auswirkungen von Schall auf Menschen im Alltag erläutern. <p>haben das Wechselwirkungskonzept an einfachen Beispielen so weit entwickelt, dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none">• Schwingungen als Ursache von Schall und Hören als Aufnahme von Schwingungen durch das Ohr identifizieren.• geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdungen durch Schall und Strahlung nennen.	Musikinstrumente, Gefahren durch Lärm
-------	---	--	---	---	---------------------------------------



2.2 Klasse 8

Rahmen-kontext	<p>grün = Subkontexte schwarz = Fachinhalte <i>kursiv = optionale Vertiefung / Wdh.</i></p>	<p>Konzeptbezogene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können am Ende der jeweiligen Unterrichtssequenz ... <i>blau = kommt später wieder vor</i></p>	<p>Prozessbezogene Kompetenzen: Wissenschaftliches Arbeiten; <i>Bewerten und Kommunizieren</i> Die Schülerinnen und Schüler...</p>	<p>Basiskonzepte: Struktur der Materie Wechselwirkung System Energie Die Schülerinnen und Schüler...</p>	<p>Mögliche Medien: Experimente, Schülerexperimente, Applets / Simulationen, Medieneinsatz</p>
Licht und Sehen					
Bildentstehung im menschlichen Auge	<ul style="list-style-type: none"> • Wie entstehen die Bilder in unserem menschlichen Auge? Brennpunkt- und Bildentstehungseigenschaft von Linsen; Dreistrahlkonstruktion • Wie stellt unser Auge scharf? Wirkung unterschiedlicher Linsendicken (Brennweiten); Bedeutung der Pupille (Blende) • Wieso brauchen manche Menschen eine Brille? Korrektur von Sehfehlern durch Brillen 	<ul style="list-style-type: none"> • die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung beschreiben und den Unterschied zur Bildentstehung bei der Lochkamera erklären • die Wirkung unterschiedlicher Linsentypen auf die Bildentstehung qualitativ beschreiben und erklären 	<ul style="list-style-type: none"> • führen qualitative Experimente durch, protokollieren diese, verallgemeinern und abstrahieren die Ergebnisse ihrer Untersuchungen (E4) • stellen Hypothesen auf und planen geeignete Experimente zu deren Überprüfung (E8) • stellen Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Experimente mit Linsen und der Alltagserfahrung von Naturphänomenen und auch der Erfahrung von Brillenträgern her (E10) • analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Loch- und Linsenkamera (E3) 	<p>haben das Systemkonzept soweit erweitert, dass sie die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung und den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben.</p>	Lernzirkel zur Brechung
Die Welt der Farben	<ul style="list-style-type: none"> • Farbenspiel am Glaskristall: Zerlegung weißen Lichts in die Spektralfarben • Wie entstehen die Farben am Computermonitor und am Fernsehbildschirm? 	<ul style="list-style-type: none"> • weißes Licht als aus Spektralfarben zusammengesetzt beschreiben • additive Lichtmischung im Auge und auf 	<ul style="list-style-type: none"> • beobachten und beschreiben die Spektralzerlegung des Lichts und dessen additive Zusammensetzung und unterscheiden dabei Beobachtung und 		<ul style="list-style-type: none"> • Schülerexperimente zur Zerlegung des weißen Lichts (Alternativ: Demonstrationsexperiment)



	<i>Zusammensetzung weißen Lichts aus den Grundfarben; additive Farbmischung</i>	Computermonitoren/ Fernsehgeräten beschreiben	Erklärung (E1) • dokumentieren die Ergebnisse ihrer Tätigkeit in Form von Texten, Skizzen und Zeichnungen (E5)		• Mögliche Referate: Regenbogen, RGB-Modell
Teleskope	• Planeten und Sterne: Ferne Welten sichtbar machen Funktionsweise des zweilinsigen Teleskops	• die Funktion von Linsen für den Aufbau zweilinsiger Fernrohre beschreiben	• planen, strukturieren, kommunizieren und reflektieren ihre Arbeit in der Gruppe (K3)		Schülerexperiment: Fernrohr
Lichtphänomene in der Natur und im Alltag	<ul style="list-style-type: none"> • Spiegelbilder: Haushaltsspiegel und ihre Funktionsweise • Warum das Fischestechen so schwierig ist: Lichtbrechung an der Wasseroberfläche • Warum Fische dem Eisvogel nicht ausweichen können: Totalreflexion unter Wasser • Nutzen und Gefahren des Sonnenbads: IR/Licht/UV-Strahlung und ihre Wirkung 	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexion und Brechung von Licht beschreiben • einfache Lichtphänomene wie Spiegelung, Totalreflexion und Brechung an Wasser- und Glasoberflächen mit diesen Begriffen erklären • Infrarot, Licht- und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und mit Beispielen ihre Wirkung beschreiben 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren und wählen Informationen aus unterschiedlichen Quellen (E6,E7) • kommunizieren über und beschreiben den Nutzen und Gefahren des Sonnenbads unter Verwendung der Fachsprache (K2,K4) • stellen Hypothesen auf und untersuchen diese in geeigneten Experimenten (E8,E4) 	haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit entwickelt, dass sie Absorption, Reflexion und Brechung von Licht beschreiben und Infrarotlicht, sichtbares Licht und Ultraviolette Strahlung unterscheiden und mit Beispielen ihre Wirkung beschreiben können.	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationsexperiment: „Münzstechen“ zur Brechung • Referat: Gefahren beim Licht
Elektrizität – messen, verstehen, anwenden					
Elektrizität in der Natur und zu Hause	<ul style="list-style-type: none"> • Wie entsteht ein Gewitter? Elektrische Ladungen und ihre Wirkung aufeinander • Laserdrucker: Die Wirkung elektrischer Felder auf ungeladene Teilchen 	• die elektrische Ladung von Stoffen und die Influenz mit Hilfe eines einfachen Kern-Hülle-Modells erklären	• arbeiten mit Fachtexten: Beschreiben und erklären in strukturierter sprachlicher Darstellung den Bedeutungsgehalt von fachsprachlichen Texten (K7)	haben das Materiekonzept durch die Erweiterung der Teilchenvorstellung soweit formal entwickelt, dass sie	Experimente mit selbstgebauten Elektroskop
Elektroinstallation und Sicherheit im Haus	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Ladungen auf Reisen: Einführung der elektrischen Stromstärke als Ladungstransport und eines tragfähigen Teilchenbildes für den elektrischen Stromkreis • Warum manche Stoffe den Strom leiten und andere nicht: Elektrische Leiter und Isolatoren • Elektrische Versorgung im Haushalt 	<ul style="list-style-type: none"> • die elektrische Leitfähigkeit von Stoffen mit Hilfe eines einfachen Kern-Hülle-Modells erklären • die Stärke des elektrischen Stroms zu seinen Wirkungen in Beziehung setzen und die Funktionsweise einfacher 	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen die Anwendbarkeit des Teilchen- respektive Wassermodells (B9) • interpretieren Messdaten als proportionale Beziehung und wenden einfache Formen der Mathematisierung an 	elektrische Ladung als Elektronenmangel oder -überschuss deuten können. haben das Systemkonzept soweit erweitert und können mithilfe des Systemkonzepts auch	



	<p><i>und die Grenzen der Belastbarkeit Stromstärke bei der Parallelschaltung; Verzweigungsregeln</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Warum ist die Steckdose mit 220V lebensgefährlich, während ich ein Batterie mit 12V gefahrlos anfassen kann?: Einführung und Abgrenzung des Spannungsbegriffs vom Stromstärkenbegriff; Ohmsches Gesetz, Körperwiderstand • Welches Gerät benötigt wie viel Energie? Wie kann man hier sparsamer werden? Elektrische Energieströme; Leistung als Energiestromdichte 	<p>elektrischer Geräte darauf zurückführen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verzweigungsregeln für elektrischen Strom anwenden • die Einheit Ampere für die Stromstärke erklären und verwenden • elektrische Leistung als Energiestromdichte beschreiben und anwenden • die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Schaltungen beschreiben und anwenden • eine Beziehung zwischen dem Ohmschen Gesetz und der Gefährlichkeit hoher Spannungen herstellen 	<p>($U=R \cdot I$) (E9)</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Sachverhalt der Verzweigungsregel für elektrischen Strom unter Verwendung des Teilchenmodells und geeigneter Fachsprache, Mathematisierung ($I=I_1+I_2$) (E11) • verwenden einfache Mathematisierungen $P=W/t$ (E9) • veranschaulichen Daten mit sprachlichen und mathematischen Gestaltungsmitteln (K6) 	<p>auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben, so dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Spannung als Indikator für durch Ladungstrennung gespeicherte Energie beschreiben. • den quantitativen Zusammenhang von Spannung, Ladung und gespeicherter bzw. umgesetzter Energie zur Beschreibung energetischer Vorgänge in Stromkreisen nutzen. • die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Schaltungen beschreiben und anwenden. • umgesetzte Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen aus Spannung und Stromstärke bestimmen. 	<p>Stationenlernen Fokus zu Reihen- und Parallelschaltung</p>
<p>Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit</p>					
<p>Kräfte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Von Skateboards, Bollerwagen und Hundeschlitten: Kraft als vektorielle Größe; Wechselwirkungsprinzip, Zusammenwirken von Kräften 	<ul style="list-style-type: none"> • Kraft als vektorielle Größe beschreiben • Bewegungsänderungen oder Verformungen von Körpern auf das Wirken von Kräften zurückführen 	<ul style="list-style-type: none"> • präsentieren Schülerexperimente (K2,K5) • verwenden dabei Fachsprache und fachtypische Darstellungen 	<p>haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit entwickelt, dass sie</p> <p>Bewegungsänderungen</p>	



			(Vektordarstellung der Kraft) (K1)	oder Verformungen von Körpern auf das Wirken von Kräften zurückführen.	
Gewicht auf der Erde und im Weltraum	<ul style="list-style-type: none"> • Basketball auf dem Mond und der auf der Erde: Gewichtskraft und Masse; Ortsfaktoren auf verschiedenen Himmelskörpern 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Beziehung und den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft beschreiben und in einfachen Situationen anwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwenden einfache Mathematisierungen $F=m \cdot g$ (E9) 	haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit entwickelt, dass sie die Beziehung und den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft beschreiben.	Schülerexperiment: $F \sim m$
Einfache Maschinen im Alltag	<ul style="list-style-type: none"> • Nussknacker, römische Waagen und andere Tricks, sich das Leben zu erleichtern: Hebel und Flaschenzug • Pyramidenbau in Ägypten: Mechanische Arbeit und Energie 	<ul style="list-style-type: none"> • die Wirkungsweise und die Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern an Beispielen beschreiben • das Wechselwirkungsprinzip im Alltag erkennen und zur Erklärung alltäglicher Vorgänge anwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden einfache Mathematisierungen: $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$ (E9) • verwenden einfache Mathematisierungen: $W = F \cdot s$ (E9) 	haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit entwickelt, dass sie die Wirkungsweisen und die Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern an Beispielen beschreiben.	Schülerexperimente zur Erarbeitung des Hebelgesetzes und Flaschenzugbau



2.3 Klasse 9

Rahmen-kontext	<p>grün = Subkontexte schwarz = Fachinhalte <i>kursiv = optionale Vertiefung / Wdh.</i></p>	<p>Konzeptbezogene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können am Ende der jeweiligen Unterrichtssequenz ... <i>blau = kommt später wieder vor</i></p>	<p>Prozessbezogene Kompetenzen: Wissenschaftliches Arbeiten; <i>Bewerten und Kommunizieren</i> Die Schülerinnen und Schüler...</p>	<p>Basiskonzepte: Struktur der Materie Wechselwirkung System Energie Die Schülerinnen und Schüler...</p>	<p>Mögliche Medien: Experimente, Schülerexperimente, Applets / Simulationen, Medieneinsatz</p>
Energie und Leistung im Sportunterricht					
Physik und Sport	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit beim Sprint und Langlauf: Geschwindigkeiten bei gleichförmigen Bewegungen; Weg-Zeit-Diagramme • Mechanische Leistung beim Bergsteigen oder Treppensprint • Ganz schön anstrengend: Radfahren in Oberberg: mechanische Arbeit und potentielle Energie 	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit als vektorielle Größe beschreiben • den quantitativen Zusammenhang von umgesetzter Energie, Leistung und Zeitdauer des Prozesses beschreiben und an Beispielen aus Natur und Technik anwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache quantitative Experimente durch und nehmen dabei Messergebnisse auf (E4) • dokumentieren quantitative Messergebnisse in Tabellen (E5) • verwenden einfache Mathematisierungen $v=s/t$ (E9) • $W=F \cdot s$ (E9) • $P=W/t$ (E9) • $W_{pot}=m \cdot g \cdot h$; $E_{kin}=1/2 m v^2$(E9) • rechnen mit Einheiten (E9) • verwenden einfache algebraische Umformungen (E9) • dokumentieren und präsentieren den Verlauf ihrer Gruppenarbeit (K5) 	<p>können mithilfe des Energiekonzepts Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge teilweise formal beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie u.a. die Energieerhaltung als ein Grundprinzip des Energiekonzepts erläutern und sie zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen.</p>	Schülerexperimente zur Geschwindigkeitsmessung beim Sprint oder Langlauf
Tauchen in Natur und Technik	<ul style="list-style-type: none"> • Druck auf den Ohren: Hydrostatischer Druck • Archimedes in der Badewanne und Cola-Classic vs Cola-Light: Auftrieb • Von Schiffen, Fischen und U-Booten: Steigen, Schweben, Sinken 	<ul style="list-style-type: none"> • Druck als physikalische Größe quantitativ beschreiben und in Beispielen anwenden • Schweredruck und Auftrieb formal auch quantitativ 	<ul style="list-style-type: none"> • entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe physikalischer Untersuchungen zu beantworten sind (E2) • verwenden einfache 	<p>haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit entwickelt, dass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Druck als physikalische 	<ul style="list-style-type: none"> • Cassy-Druckmessung für $p \sim h$ • Stationenlernen zum Auftrieb: (Archimedes in der



		beschreiben und in Beispielen anwenden	<p>Mathematisierungen $p=F/A$ $p=\rho \cdot g \cdot h$ (E9)</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwenden einfache algebraische Umformungen, um physikalische Fragestellungen auch quantitativ zu beantworten • $FA=\rho g \cdot V$ (E9) • veranschaulichen Daten mit sprachlichen und mathematischen Gestaltungsmitteln (K6) • beschreiben den Aufbau technischer Geräte (K8) 	<p>Größe quantitativ beschreiben und in Beispielen anwenden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schweredruck und Auftrieb formal beschreiben und in Beispielen anwenden. 	<p>Badewanne, Rosinenlift, Cola-Classic vs Cola-Light, Knete schwimmt, Auftrieb, Archimedisches Gesetz, Was bleibt unten?)</p>
--	--	--	---	---	--

Elektrofahrrad (oder Elektroauto)

<p>Elektrofahrrad oder Elektroauto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Warum benötigt man bei Elektrofahrzeugen gefährlich hohe Spannungen? Spannung als Energiemenge pro transportierter Ladung, Spannung bei Reihenschaltung, Speicherung großer Energiemengen; hohe Ströme bei geringen Spannungen; Ohmsche Widerstände in den Zuleitungen • Wie viele Ah benötigt ein Akku im Elektrofahrzeug? Wieso ist die Reichweite so begrenzt?: Beziehung von elektrischer Leistung und Energie im elektrischen Stromkreis • Wie verwandelt man elektrische Energie in Bewegungsenergie? Der Elektromotor • Wie speist man die Energie des Fahrrads / Autos beim Bremsen in den Akku zurück? (Elektromotor als Generator) Induktionsgesetz; Lage-, kinetische und elektrische Energie • Sind Elektrofahrzeuge eine Lösung unserer Energieversorgungs- und Umweltprobleme? Vorausschau auf 	<ul style="list-style-type: none"> • Spannung als Indikator für durch Ladungstrennung gespeicherte Energie beschreiben • umgesetzte Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen aus Spannung und Stromstärke auch quantitativ bestimmen • den quantitativen Zusammenhang von Spannung, Ladung und gespeicherter bzw. umgesetzter Energie zur Beschreibung energetischer Vorgänge in Stromkreisen nutzen • den Aufbau des Elektromotors beschreiben und seine Funktion mit Hilfe der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms erklären • den Aufbau des Generators beschreiben und dessen 	<ul style="list-style-type: none"> • beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung (E1) • erkennen und entwickeln physikalische Fragestellungen, die mit physikalischen Untersuchungen zu beantworten sind (E2) • führen qualitative und quantitative Experimente durch (E4) • dokumentieren die Ergebnisse (E5) • verwenden einfache Mathematisierungen $U=W/q$; $C=I \cdot t$; $P=U \cdot I$; $W=U \cdot I \cdot t$ (E9) • planen, strukturieren und reflektieren ihre Arbeit im Team (K3) • dokumentieren und 	<p>haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit formal entwickelt, dass sie die Stärke des elektrischen Stroms zu seinen Wirkungen in Beziehung setzen und die Funktionsweise einfacher elektrischer Geräte darauf zurückführen. können mithilfe des Wechselwirkungskonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie den Aufbau eines Elektromotors beschreiben und seine</p>	<p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bau eines Elektromagneten • Spannungserzeugung mit Spule und Magnet • Magnet als Generator
--	--	---	--	---	--



	<p><i>Energieversorgung und -wandlung in Kraftwerken (wird später vertieft)</i></p>	<p>Funktion mit der elektromagnetischen Induktion erklären</p> <ul style="list-style-type: none"> • in relevanten Anwendungszusammenhängen komplexere Vorgänge energetisch beschreiben und dabei Speicherungs-, Transport- und Umwandlungsprozesse erkennen und darstellen • Umwandlungsprozesse von Lage-, kinetischer und elektrischer Energie berechnen können • die Energieerhaltung als ein Grundprinzip des Energiekonzepts erläutern und sie zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen 	<p>präsentieren den Verlauf ihrer Arbeit (K5)</p>	<p>Funktion mit Hilfe der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes erklären und den Aufbau von Generator und Transformator beschreiben und ihre Funktionsweisen mit der elektromagnetischen Induktion erklären.</p>	
--	---	--	---	--	--

Radioaktivität und Kernenergie – Nutzen und Gefahren

<p>Radioaktivität</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie kann man radioaktive Strahlung nachweisen? Geiger-Müller-Zähler als Nachweisgerät für radioaktive Strahlung • Warum ist sie gefährlich für den Menschen? Die schädigende Wirkung radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Körper • Wie viel Strahlung ist gefährlich? Was verträgt der Körper ohne bleibende Schäden? Die Einheiten des Strahlenschutzes: Aktivität, Energiedosis und Äquivalentdosis 	<ul style="list-style-type: none"> • die Wechselwirkung zwischen radioaktiver Strahlung und Materie und die daraus resultierenden Veränderungen der Materie beschreiben • durch Berechnung mit den Einheiten zum Strahlenschutz weiter den Umgang mit physikalischen Formeln in Anwendungssituationen trainieren • den Aufbau der Atome mithilfe eines Kern- Hülle- Modells beschreiben und 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren in unterschiedlichen Quellen und werten die Daten und Informationen kritisch aus (E6) • referieren ihre Arbeitsergebnisse (K1,K4,K5) • kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und vertreten sie begründet sowie adressatengerecht (K2) • nutzen das Atommodell zur Beschreibung physikalischer Vorgänge 	<p>haben das Materiekonzept durch die Erweiterung der Teilchenvorstellung soweit formal entwickelt, dass sie... verschiedene Stoffe bzgl. Ihrer thermischen, mechanischen oder elektrischen Stoffeigenschaften vergleichen. können mithilfe des Materiekonzepts Beobachtungen und Phänomene erklären</p>	<p>Referate</p> <p>Exkursion: DLR TU Dortmund</p> <p>Gruppenpuzzle zu Alpha, Beta, Gammastrahlung mit Comic</p>
-----------------------	---	--	---	--	---



		<p>die Bestandteile eines Atoms unterscheiden</p> <ul style="list-style-type: none"> • die physikalische Schreibweise zur Angabe der Zahl der verschiedenen Kernbausteine anwenden • radioaktive Zerfallsketten von einer Ausgangssubstanz beginnend vervollständigen • α-, β- und γ-Strahlung in ihrem Durchdringungsvermögen und ihrer magnetischen Ablenkung unterscheiden • die schädigende Wirkung radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Körper beschreiben und erklären • die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählers als Nachweisgerät für radioaktive Strahlung erklären • die Einheiten des Strahlenschutzes Aktivität, Energiedosis und Äquivalentdosis formelmäßig erfassen und in ihrer Wirkung einschätzen 	<p>(E11)</p> <ul style="list-style-type: none"> • nutzen das Atommodell zur Beurteilung und Bewertung der Chancen und Risiken der Nutzung der Kernenergie und Beurteilung der Gefährlichkeit radioaktiver Strahlung (B8) • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt (B10) • wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen und prüfen sie auf Relevanz und Plausibilität (E7) • beurteilen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit (B5) • verwenden einfache Mathematisierungen $H=Q \cdot D$ (E9) 	<p>sowie Vorgänge teilweise formal beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von Materie mit einem angemessenen Atommodell beschreiben. • die Entstehung von ionisierender Strahlung beschreiben. • Eigenschaften und Wirkungen verschiedener Arten radioaktiver Strahlung nennen. • Prinzipien von Kernspaltung und Kernfusion auf atomarer Ebene beschreiben. • Zerfallsreihen mithilfe der Nuklidkarte identifizieren. • Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung bewerten <p>können mithilfe des Wechselwirkungskonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie experimentelle Nachweismöglichkeiten für radioaktive Strahlung</p>	
Strahlendiagnostik und Strahlentherapie	<ul style="list-style-type: none"> • Bringt die Radioaktivität auch Nutzen? Anwendungen radioaktiver Strahlung in der Medizin: Röntgenaufnahme, CT auch im Vergleich zur MRT 	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungen in der Medizin erklären und Schutzmaßnahmen einordnen 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Hypothesen auf (E8) • kommunizieren in fachbegrifflich richtigen Termini (K1) • beschreiben den Aufbau technischer Geräte und ihrer Wirkungsweise (K8) 		Einfache Experimente mit dem Röntgengerät (Bildentstehung bei Röntgenstrahlung)



				beschreiben und die Wechselwirkung zwischen Strahlung, insbesondere ionisierender Strahlung, und Materie sowie die daraus resultierenden Veränderungen der Materie beschreiben und damit mögliche medizinische Anwendungen und Schutzmaßnahmen erklären.	
Kernkraftwerke (und Fusionsreaktoren)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Traum von der unerschöpflichen Energiequelle: Die Kernspaltung • Die ungeheuren Energiemengen der Kernspaltung friedlich nutzen: Aufbau eines Atomkraftwerkes am Beispiel eines Reaktortypes (z. B. Siedewasserreaktor) • Tschernobyl und Fukushima; Gefahren der Kernspaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • die Vorgänge bei der Kernspaltung beschreiben und damit die Kernspaltung als Möglichkeit zur Energiegewinnung erklären • erklären, wie die Energieübertragung im Kernkraftwerk zustande kommt • Risiken und Gefahren beim Betrieb eines Kernkraftwerkes einschätzen • den Aufbau eines Atomkraftwerkes am Beispiel eines Reaktortypes (z. B. Siedewasserreaktor) beschreiben 	<ul style="list-style-type: none"> • trainieren durch Berechnung mit den Einheiten zum Strahlenschutz den Umgang mit physikalischen Formeln in Anwendungssituationen (E9) • verwenden diese Berechnungen zur Beurteilung von Gefährdungssituationen (B6,B7) • beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und geeigneter Medien (K4) • nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Chancen und Risiken der Kernenergie (B4) • unterscheiden auf der Grundlage ethischer Maßstäbe zwischen beschreibenden Aussagen und Bewertungen (B2) 	<p>können mithilfe des Systemkonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben, sodass sie... den Aufbau von Systemen beschreiben und die Funktionsweise ihrer Komponenten erklären (etwa Kraftwerke, medizinische Geräte, Energieversorgung) und Energieflüsse in den oben genannten offenen Systemen beschreiben.</p>	Film zu Tschernobyl



Effiziente Energienutzung: eine wichtige Zukunftsaufgabe der Physik

<p>Energieumwandlung in einem Kraftwerk</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie wird die elektrische Energie zurzeit erzeugt? Wie sieht die Energieversorgung der Zukunft aus? Kohlekraftwerk, Kernkraftwerk, Windkraftwerk und Sonnenkraftwerk im Vergleich; Energieumwandlung und Energieentwertung; <i>Wiederholung: Generator</i> • Wie viel elektrische Energie wird zum Leben benötigt? Berechnungen zum Energiebedarf von einzelnen Haushalten, Städten und Staaten 	<ul style="list-style-type: none"> • den Wirkungsgrad verschiedener Kraftwerkstypen berechnen und einschätzen • den Unterschied zwischen der Nutzung erschöpfbarer und regenerativen Energiequellen erklären • physikalische Vorgänge in verschiedenen Kraftwerkstypen beschreiben (Kohlekraftwerk, Windkraftwerk, Kernkraftwerk) • Energieerhaltung, Energieumwandlung und Energieentwertung als Grundprinzipien der Physik beschreiben und in den Energieversorgungszusammenhängen erkennen und anwenden • an Beispielen Energiefluss und Energieentwertung auch quantitativ darstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunizieren in fachbegrifflich richtigen Termini (K1) • verwenden beim Umgang mit großen Zahlen Vorsilben vor den Einheiten (K1) • stellen Anwendungsbereiche dar, in denen physikalische Kenntnisse bedeutsam sind (B3) • vergleichen technische Anlagen unter Berücksichtigung von Nutzen, Gefahren und Belastung der Umwelt (B10) • beschreiben die Problematik der zukünftigen Energieversorgung der Welt und beurteilen alternative Lösungsmöglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen (B4) • diskutieren, vergleichen und bewerten verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung und -nutzung unter physikalisch-technischen, wirtschaftlichen und ökologischen und gesellschaftlichen Aspekten (B4,B6) 	<p>können mithilfe des Energiekonzepts Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge formal beschreiben, sodass sie...</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, dass die Energie, die wir nutzen, aus erschöpfbaren oder regenerativen Quellen gewonnen werden kann. • die Notwendigkeit zum „Energiesparen“ begründen sowie Möglichkeiten dazu in ihrem persönlichen Umfeld erläutern. • verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung, Energieaufbereitung und -nutzung unter physikalisch-technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten vergleichen und bewerten sowie deren gesellschaftliche Relevanz und Akzeptanz diskutieren. 	
---	---	--	--	--	--



<p>Strom für zu Hause</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie kommt die Elektrizität zu uns nach Hause? Wozu braucht man Hochspannungsmasten? Transformator als Gerät zum Verändern von Spannungen und Stromstärken (erstes und zweites Transformatorgesetz) • Übertragung elektrischer Energie durch Hochspannungsleitung als Möglichkeit der verlustarmen Energieübertragung • <i>Wiederholung: Ohmsches Gesetz</i> • <i>Die Versorgung mit Elektrizität am Beispiel der Gemeinde Gummersbach kennenlernen</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • den Aufbau des Transformators beschreiben und dessen Funktion mit der elektromagnetischen Induktion erklären • Berechnungen von Leitungsverlusten bei der Übertragung von elektrischer Energie zur Planung einer Energieübertragung nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren zu einem Thema(E6) • referieren zu einem Thema (K1,K2) • gewinnen aus Messergebnissen quantitative Zusammenhänge und können diese auch als Formeln ausdrücken (E4, E9) 		<ul style="list-style-type: none"> • Schülerexperiment zum einfachen Transformator: Erarbeitung 1. und 2. Transformatorgesetz • Demonstrationsexperimente zu Hochspannungs- und Hochstromtransformatoren: Hornerblitz, Schweißen und Schmelzen • Referat: Versorgung mit Elektrizität in Gummersbach
<p>Energiesparen im Haushalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie kann man durch sinnvolle Maßnahmen den Energieverbrauch im Haushalt senken? (z.B. Energiesparhaus, Mini-BHKW, Wärmepumpe, Energiesparlampe) 	<ul style="list-style-type: none"> • die Notwendigkeit zum Energiesparen begründen sowie Möglichkeiten dazu in ihrem Umfeld erläutern • <i>die Energieerhaltung als ein Grundprinzip des Energiekonzepts erläutern und sie zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben physikalische Sachverhalte unter Verwendung geeigneter Modelle (E11) • stellen Hypothesen auf und überprüfen diese im Experiment (E8) 		
<p>Nutzung elektrischer Energie zu Hause</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie viel elektrische Energie benötige ich zum Kochen eines Liters Wasser? Wie lange dauert das? Spezifische Wärme; Energieumwandlung; Energieerhaltungssatz; Energie und Leistung • Wie viel kochendes Wasser benötige ich für eine heiße Badewanne? Energieerhaltung beim Mischen von Flüssigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • die quantitative Beschreibung der Wärmeenergie in Alltagssituationen anwenden • den Energieerhaltungssatz innerhalb der Wärmeübertragung anwenden • die Energie, die zum Erwärmen eines Körpers notwendig ist, in verschiedenen Situationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Messen systematisch und werten ihre Schülerexperimente zur Temperaturerhöhung auch quantitativ aus (E4,E9) • verwenden einfache Mathematisierungen $\Delta W=c \cdot m \cdot \Delta T$ (E9) 		



		<p><i>berechnen</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>verschiedene Stoffe bzgl. Ihrer thermischen Eigenschaften miteinander vergleichen</i>			
--	--	--	--	--	--



2.4 Einführungsphase

Inhaltsfeld: *Mechanik*

Kontext: *Physik und Sport*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können ...

- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.
- (K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.
- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport Aristoteles vs. Galilei (2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).	Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi</i> zur Mechanik und zu den Fallgesetzen Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z. B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)	Einstieg über faire Beurteilung sportlicher Leistungen (Weitsprung in West bzw. Ostrichtung, Speerwurf usw., Konsequenzen aus der Ansicht einer ruhenden oder einer bewegten Erde) Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe, Analyse von Kraftwirkungen auf reibungsfreie Körper Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen.



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Ustd.)	unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1), planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1), stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t - s - und t - v -Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3), erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5), bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6).	evtl. Digitale Videoanalyse (z.B. mit <i>VIANA</i> , <i>Tracker</i>) von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. a. Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen) Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung Freier Fall und Bewegung auf einer schiefen Ebene Wurfbewegungen Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel	Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen mithilfe einer Software zur Tabellenkalkulation) Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung) Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen im Labor Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung Erstellung von t - s - und t - v -Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden. Planung von Experimenten durch die Schüler (Auswertung mithilfe der Videoanalyse) Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen, auch die Argumentation von Galilei ist besonders gut geeignet, um Argumentationsmuster in Physik explizit zu besprechen Wesentlich: Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenerlegung und Addition vektorieller Größen) <i>Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve nur optional</i>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)	berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6), entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4), reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen), 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,E2,E4).	Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft Protokolle: Funktionen und Anforderungen	Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I. Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Energie und Leistung Impuls (12 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4), analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1), verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1), begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4), bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).</p>	<p>Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals Fadenpendel (Schaukel) Sportvideos, Schülerversuche, ...</p> <p>Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen z.B. Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung</p>	<p>Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung) Begriff des Impulses und Impuls als Erhaltungsgröße Elastischer und inelastischer Stoß auch an anschaulichen Beispielen aus dem Sport (z.B. Impulserhaltung bei Ballsportarten, Kopfball beim Fußball, Kampfsport) <i>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Weltraum“</i></p>
42 Ustd.	Summe		



Kontext: Auf dem Weg in den Weltraum

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

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können ...

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (3 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).	Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell	Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt <i>Optional: Besuch in einer Sternwarte, Planetarium Bochum, Beobachtungen am Himmel</i> Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (5 Ustd.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).	Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Orientierung am Himmel Beobachtungsaufgabe: Finden von Planeten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Benutzung geeigneter Apps
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (6 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6).	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Kreisbewegungen (8 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	Messung der Zentralkraft An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanthaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten Bahnen von Satelliten und Planeten
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 Ustd.)	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).	Skateboards und Medizinball Wasserrakete Raketentriebwerke für Modellraketen Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR , auch zur Finanzierung	Impuls und Rückstoß Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete in einer Excel-Tabelle Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme
28 Ustd.	Summe		



Kontext: Schall

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

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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

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



2.5 Qualifikationsphase: Grundkurs

Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

Kontext: *Erforschung des Photons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen 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).	Doppelspalt und Gitter , Wellenwanne 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).	Photoeffekt Hallwachsversuch Vakuumphotozelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit <i>Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben.</i> <i>Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden.</i>
14 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
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 Millikanversuch 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).	e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar 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.



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
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).	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung
15 Ustd.	Summe		



Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können...

- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.
- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.
- (K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Licht und Materie (5 Ustd.)	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).	Computersimulation Doppelspalt Photoeffekt	Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik
5 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung (5 Ustd.)	erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, 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).	bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „ Leiterschaukelversuch “ Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel) Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird. Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U , v und B .	Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele. 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. Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)	recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2), erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), 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).	Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem	Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen. Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ 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 Messwerterfassungssystem 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).	Modellexperiment (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.
18 Ustd.	Summe		



Kontext: Wirbelströme im Alltag

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
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 Thomson'scher Ringversuch 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)
4 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
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 Linienpektren 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).	Franck-Hertz-Versuch	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen).



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren 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 Röntgenspektren	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden <i>Mögliche Ergänzungen: Bremsspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion</i>
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).	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
13 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden α -, β -, γ -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 Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	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).	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.



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



Kontext: Forschung am CERN und DESY

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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



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

Kontext: *Navigationssysteme*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
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>Myonenzerfall</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>Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)</p> <p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenzerfall (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>
5 Ustd.	Summe		



Kontext: Teilchenbeschleuniger

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
„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).	Zyklotron (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.
6 Ustd.	Summe		



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.

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



2.6 Qualifikationsphase: Leistungskurs

Inhaltsfeld: *Relativitätstheorie (LK)*

Kontext: *Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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



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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., zusätzlich Exkursion)	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 γ 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
4 Ustd.	Summe		



Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
„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
8 Ustd.	Summe		



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

Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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



Kontext: Das heutige Weltbild

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

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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



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.

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



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator Elementarladung (10 Ustd.)</p>	<p>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), leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1).</p>	<p>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), evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>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. 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.</p>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Bestimmung der Masse eines Elektrons: magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse (10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3), ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1), erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p>	<p>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.)</p>	<p>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, Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), 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), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m -Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2).		
24 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
Anwendungen in Forschung und Technik: Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)	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),	Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen),	Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen, Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde,



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	<p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>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 E-Feld) problembezogen aus (UF2).</p>	<p>Elektronenstrahlröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>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>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung: 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 E-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), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker, Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwerterfassungssystemen), Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern). 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, 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>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), 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).		
22 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie: 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), 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), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5), 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>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie, Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel, einfaches elektrodynamisches Mikrofon, Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke) quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von B(t) und $U_{ind}(t)$, „Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar, Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt. Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet: 1. Flächenänderung (deduktive Herleitung) 2. Änderung der Feldgröße B (quantitatives Experiment) Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung) Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert. qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	<p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3), treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4), 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), ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2), bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6), 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, 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), 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 Definition der Induktivität, messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>
22 Ustd.	Summe		



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/didaktische Hinweise
Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis (12 Ustd.)	erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),	MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren, einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),	Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung vorgestellt. 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.



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	<p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p> <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>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 problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</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 Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</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> <p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</p>
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen (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 B- bzw. E-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>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>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>



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
	<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>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), 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 magneto-elektrischen Induktion,</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen, Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.)</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen, Wellenwanne</p> <p>Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente, Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>	<p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt! • (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird. • Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld. <p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen</p>
28 Ustd.	Summe		



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.

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



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



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/didaktische Hinweise
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. http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php oder http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html)	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



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



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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
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: http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/)	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 nicht lichtschneller) Quantenobjekte
6 Ustd.	Summe		



Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

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

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

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

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

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



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



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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Atomaufbau: 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. http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html)
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
10 Ustd.	Summe		



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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Ionisierende Strahlung: 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 α -, β -, γ -Strahlung Ablenkung von β -Strahlen im Magnetfeld Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten



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



Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

Leitfrage: Wie funktioniert die ^{14}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.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Radioaktiver Zerfall: 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
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).	Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008)	Siehe http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler
	nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3).	Tabellenkalkulation	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung
	leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6).	Ggf. CAS	Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der ^{14}C -Methode (UF2).	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung
10 Ustd.	Summe		



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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Kernspaltung und Kernfusion: 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. http://www.leifiphysik.de Siehe http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm
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 Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
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: http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/ 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.



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
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“: http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8	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
11 Ustd.	Summe		



3. 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 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 Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.
- 22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
- 23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
- 24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
- 25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zu selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.

Im Physikunterricht wird ein GTR verwendet. Die Messwertauswertung kann auf diese Weise oder per PC erfolgen.

4. Leistungsbewertung im Fach Physik

Die Lehrkraft informiert die Schülerinnen und Schüler zu Beginn eines jeden Schuljahres über die vorgesehenen Unterrichtsinhalte und die Grundsätze der Leistungsbewertung in angemessenem Umfang.

Die Schülerinnen und Schüler können jederzeit kurzfristig Auskunft über ihren Leistungsstand und ggf. Förderempfehlungen erhalten.

4.1 Leistungsbewertung in der Sekundarstufe I

Auf der Basis der §§ 48 und 70 des SchG sowie des § 6 der APO-SI und unter Berücksichtigung des Kernlehrplans für das Fach Physik für die Jahrgangsstufen 5 – 9 in Gymnasien trifft die Fachkonferenz folgende Vereinbarungen:

Alle Bereiche der im Lehrplan ausgewiesenen prozessbezogenen und konzeptbezogenen Kompetenzen sind auf der Basis genauer Beobachtungen von Schülerhandlungen angemessen und mit vergleichbarem Stellenwert bei der Leistungsbeurteilung zu berücksichtigen. Dabei ist sowohl dem Prinzip des kumulativen Lernens als auch der Prozesshaftigkeit des Kompetenzerwerbs Rechnung zu tragen.



Den Schülerinnen und Schülern sollen vielfältige Möglichkeiten für die Beteiligung am Unterricht in mündlicher, schriftlicher und praktischer Form in den unterschiedlichen Anforderungsbereichen gegeben werden. Diese Unterrichtsbeiträge sind Gegenstand der Beobachtungen durch die Lehrkraft und somit ebenso Grundlage für die Leistungsbewertung wie die Kriterien der Qualität, Häufigkeit und Kontinuität der Mitarbeit.

Die Zeugnisnote eines Schülers/ einer Schülerin der Mittelstufe setzt sich aus einer sinnvollen Gewichtung der folgenden Leistungen zusammen:

- mündliche Mitarbeit im Unterricht (40-50%)
- Heftführung (10-20%)
- Hausaufgaben (10-20%)
- Referate (10% stufenabhängig)
- Experimentierfähigkeit (20-30% stufenabhängig)
- Versuchsprotokolle (siehe Exp.).

In den Klassen der Sekundarstufe eins können Lernzielkontrollen geschrieben werden (Dauer: ca. 20 Minuten). In diesen sollen maximal die Inhalte der vergangenen vier Unterrichtsstunden thematisiert werden.

Sonstige Mitarbeit

Im Folgenden sind mögliche Bewertungsaspekte für den Bereich „Sonstige Mitarbeit“ aufgeführt. Jeder der aufgeführten Bewertungsaspekte kann in die Gesamtheit der Leistungsbewertung eingehen. Dabei werden jeweils die Aspekte bewertet, in die der Lehrer aufgrund der gewählten Methodik und der fachlichen Inhalte Einblick nehmen kann. Die Beobachtungen erfassen die Qualität, Häufigkeit und Kontinuität der Beiträge, die die Schülerinnen und Schüler im Unterricht einbringen.

Bei der Qualität der Beiträge werden die drei Anforderungsstufen Reproduktion, Transferleistung und selbstständige Problemlösung berücksichtigt, wobei in der Sekundarstufe I der Schwerpunkt auf den beiden ersten Anforderungsstufen liegt.

Zu solchen Unterrichtsbeiträgen zählen:



Mündliche Beiträge	<ul style="list-style-type: none">• Verwendung einer korrekten Allgemein- und Fachsprache• Qualitatives und quantitatives Beschreiben und Darstellen von Sachverhalten und Zusammenhängen, auch in mathematischer Form• Entwickeln von Hypothesen und Lösungsvorschlägen• Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen• Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken oder Diagrammen• Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit• Wiederholung der Inhalte vorangegangener Stunden
Experimentieren	<ul style="list-style-type: none">• Arbeiten nach Anweisung und unter Beachtung der Sicherheitshinweise• Erstellen von Versuchsprotokollen, Darstellen und Auswerten von Ergebnissen in fachlich angemessener Form• Selbständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten
Schriftliche Beiträge	<ul style="list-style-type: none">• Sorgfältige Führung eines Heftes, einer Mappe oder eines Lerntagebuchs• Anwenden erlernter Methoden bzgl. Darstellung und Dokumentation• Fähig sein, auf Dokumentiertes bei späteren Anwendungen zurückgreifen zu können• Erstellung und Präsentation von Referaten• Erstellen von Produkten wie Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Lernplakate, Modelle, Präsentationen, Protokolle, schriftliche Aufgaben aus dem Unterricht ...
Lernzielkontrollen	<ul style="list-style-type: none">• Kurze schriftliche und mündliche Überprüfungen (diese müssen nicht angekündigt sein)• In der Regel werden pro Halbjahr zwei kurze schriftliche Lernzielkontrollen durchgeführt



Bewertungskriterien der „Sonstigen Mitarbeit“ für die Sekundarstufe I

a) Mündliche Mitarbeit im Unterricht

Note	Kriterien
1	<ul style="list-style-type: none">• arbeitet kontinuierlich in den Unterrichtsstunden mit• Beiträge dienen in der Regel dem Fortgang des Themas/Unterrichts• zeigt selbständige, sachlich fundierte und angemessene Auseinandersetzung mit den Unterrichtsgegenständen (eigene Ideen, wie z.B. weiter mit Texten zu verfahren ist; eigene Vergleiche, Aufspüren von Problemen und kritischen Aspekten ohne Anleitung)• fördert Denkprozesse in der Lerngruppe• hört anderen zu und geht auf deren Beiträge ein• ist stets aufmerksam• ist in der Lage, eigene Standpunkte zu gewinnen (kann Urteile fällen und überzeugend begründen und vermitteln; auch in abstrakteren Zusammenhängen)
2	<ul style="list-style-type: none">• beteiligt sich mehrmals in der Unterrichtsstunde aus Eigeninitiative• kann eigene Beiträge zusammenhängend, präzise und anschaulich formulieren• ist aufmerksam• erfasst Fragen, Aufgaben und Problemstellungen selbstständig und klar• kann Zusammenhänge angemessen und deutlich erklären• zieht selbständig Schlussfolgerungen und begründet Urteile• geht auf Beiträge der Mitschüler ein• kann Mitschülern Hilfe geben
3	<ul style="list-style-type: none">• meldet sich öfter aus Eigeninitiative in der Unterrichtsstunde• kann Fragen und Problemstellungen (teilweise erst nach Hilfestellung) erfassen• ist meist aufmerksam• kann sich, wenn er aufgefordert wird in den Unterricht einbringen• kann fachspezifische Kenntnisse wiedergeben bzw. sachgerecht ins Gespräch einbringen (Kenntnisse inhaltlicher und formaler Art; auch Fachbegriffe)• kann Unterrichtsergebnisse selbst zusammenfassen• bemüht sich um Klärung von eigenen Fragen• zeigt die Bereitschaft, eigene Ideen und Schlussfolgerungen ins Gespräch einzubringen• kann Zusammenhänge erkennen, Vergleiche anstellen und ansatzweise Kenntnisse auf andere Sachbereiche übertragen
4	<ul style="list-style-type: none">• meldet sich mindestens ein Mal in der Unterrichtsstunde aus Eigeninitiative• kann sich zumeist, wenn er aufgefordert wird in den Unterricht einbringen• ist gelegentlich abgelenkt oder passiv• stellt Fragen bei Verständnisschwierigkeiten• kann den bereits behandelten Stoff in der Regel reproduzieren



5	<ul style="list-style-type: none"> • meldet sich nicht von selbst • kann direkte Fragen nur selten beantworten • kann wesentliche Ergebnisse des Unterrichts (Inhalte, Begriffe, methodisches Vorgehen, Diskussionsergebnisse, Zusammenfassungen) nicht reproduzieren • kann grundlegende Zusammenhänge nicht darstellen • ist öfter unkonzentriert und abgelenkt, usw.
6	<ul style="list-style-type: none"> • verweigert die Mitarbeit • folgt dem Unterricht nicht • kann in der Regel keine Frage beantworten • stört den Unterricht bzw. ist oft abgelenkt oder anders beschäftigt

Praktische Mitarbeit im Unterricht

Note	Kriterien
1	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitet bei Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit zügig und ist stets bemüht um eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Zeit • hat bei der praktischen Arbeit einen sehr hohen Anspruch an die eigene Leistung • erbringt zum Teil mehr Leistung als gefordert • bringt in Gruppen- und Partnerarbeit die Gruppe bzw. das Paar sichtbar voran • ist stets bereit Mitschülern Hilfestellungen in Gruppen- und Partnerarbeit zu geben • die Qualität der Leistungen ist immer sehr gut
2	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitet eigenständig auch ohne Lehrerkontrolle • die Ergebnisse sind in der Regel gut und gelungen • arbeitet ausführlich und gut durchdacht • ist in der Regel in der Lage leistungsschwächeren Mitschülern zu helfen
3	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitet in der Regel eigenständig • benötigt manchmal Hilfestellung durch den Lehrer • das Zeitmanagement ist teilweise nicht optimal • die Ergebnisse weisen Unterschiede in Qualität und Umfang auf
4	<ul style="list-style-type: none"> • muss öfter zur Arbeit aufgefordert werden • die Ergebnisse sind teilweise knapp und mitunter fehlerhaft • arbeitet selten intensiv und ausführlich
5	<ul style="list-style-type: none"> • weist kaum fertige Ergebnisse auf • muss häufig zur Arbeit aufgefordert werden • die Qualität der Ergebnisse ist nicht ausreichend
6	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitet nicht • erbringt keine Ergebnisse



4.2 Leistungsbewertung in der Sekundarstufe II

Erfolgreiches Lernen ist kumulativ. Entsprechend sind die Kompetenzerwartungen im Kernlehrplan in der Regel in ansteigender Progression und Komplexität formuliert. Dies erfordert, dass Lernerfolgsüberprüfungen darauf ausgerichtet sein müssen, Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu geben, Kompetenzen, die sie in den vorangegangenen Jahren erworben haben, wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen unter Beweis zu stellen. Für Lehrerinnen und Lehrer sind die Ergebnisse der begleitenden Diagnose und Evaluation des Lernprozesses sowie des Kompetenzerwerbs Anlass, die Zielsetzungen und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Für die Schülerinnen und Schüler sollen ein den Lernprozess begleitendes Feedback sowie Rückmeldungen zu den erreichten Lernständen eine Hilfe für die Selbsteinschätzung sowie eine Ermutigung für das weitere Lernen darstellen. Die Beurteilung von Leistungen soll demnach grundsätzlich mit der Diagnose des erreichten Lernstandes und Hinweisen zum individuellen Lernfortschritt verknüpft sein.

Die Leistungsbewertung ist so anzulegen, dass sie den in den Fachkonferenzen gemäß Schulgesetz beschlossenen Grundsätzen entspricht, dass die Kriterien für die Notengebung den Schülerinnen und Schülern transparent sind und die Korrekturen sowie die Kommentierungen den Lernenden auch Erkenntnisse über die individuelle Lernentwicklung ermöglichen. Dazu gehören – neben der Etablierung eines angemessenen Umgangs mit eigenen Stärken, Entwicklungsnotwendigkeiten und Fehlern – insbesondere auch Hinweise zu individuell erfolgversprechenden allgemeinen und fachmethodischen Lernstrategien.

Auf der Basis der §§ 48 und 70 des SchG sowie der §§ 13 bis 16 der APO-GOST und unter Berücksichtigung des Kernlehrplans für das Fach Physik für Gymnasiale Oberstufe trifft die Fachkonferenz folgende Vereinbarungen:

Überprüfungsformen

Die Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans ermöglichen eine Vielzahl von Überprüfungsformen. Im Verlauf der gesamten gymnasialen Oberstufe soll – auch mit Blick auf die individuelle Förderung - ein möglichst breites Spektrum der genannten Formen in schriftlichen, mündlichen oder praktischen Kontexten zum Einsatz gebracht werden. Darüber hinaus können weitere Überprüfungsformen nach Entscheidung der Lehrkraft eingesetzt werden. Wichtig für die Nutzung der Überprüfungsformen im Rahmen der Leistungsbewertung ist es, dass sich die Schülerinnen und Schüler zuvor im Rahmen von Anwendungssituationen hinreichend mit diesen vertraut machen konnten.

Die folgende Auflistung der Überprüfungsformen ist nicht abschließend.



Überprüfungsform	Beschreibung
Darstellungsaufgaben	Beschreibung und Erläuterung eines physikalischen Phänomens Darstellung eines physikalischen Zusammenhangs Bericht über Erfahrungen und Ereignisse, auch aus der Wissenschaftsgeschichte
Experimentelle Aufgaben	qualitative Erkundung von Zusammenhängen Messung physikalischer Größen quantitative Untersuchung von Zusammenhängen Prüfung von Hypothesen und theoretischen Modellen
Aufgaben zur Datenanalyse	Aufbereitung und Darstellung von Daten Beurteilung und Bewertung von Daten, Fehlerabschätzung Prüfen von Datenreihen auf Trends und Gesetzmäßigkeiten Auswertung von Daten zur Hypothesengenerierung Videoanalysen
Herleitungen mithilfe von Theorien und Modellen	Erklärung eines Zusammenhangs oder Überprüfung einer Aussage mit einer Theorie oder einem Modell Vorhersage bzw. Begründung eines Ereignisses oder Ergebnisses aufgrund eines theoretischen Modells Mathematisierung und Berechnung eines physikalischen Zusammenhangs Deduktive Herleitung eines bekannten oder neuen Zusammenhangs mithilfe theoretischer Überlegungen
Rechercheaufgaben	Erarbeiten von physikalischen Zusammenhängen oder Gewinnung von Daten aus Fachtexten und anderen Darstellungen in verschiedenen Medien Strukturierung und Aufbereitung recherchierter Informationen Kriteriengestützte Bewertung von Informationen und Informationsquellen



Dokumentationsaufgaben	Protokolle von Experimenten und Untersuchungen Dokumentation von Projekten Portfolio
Präsentationsaufgaben	Vorführung/ Demonstration eines Experiments Vortrag, Referat Fachartikel Medienbeitrag (Text, Film, Podcast usw.)
Bewertungsaufgaben	Physikalische fundierte Stellungnahme zu (umstrittenen) Sachverhalten oder zu Medienbeiträgen Abwägen zwischen alternativen wissenschaftlichen bzw. technischen Problemlösungen Argumentation und Entscheidungsfindung in Konflikt- oder Dilemmasituationen

Aufgabenstellungen, die sich auf Experimente beziehen, werden in besonderem Maße den Zielsetzungen des Physikunterrichts gerecht.



Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“

Im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ können – neben den nachfolgend aufgeführten Überprüfungsformen – vielfältige weitere zum Einsatz kommen, für die kein abschließender Katalog festgesetzt wird. Im Rahmen der Leistungsbewertung gelten auch für diese die oben ausgeführten allgemeinen Ansprüche der Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung. Im Verlauf der gymnasialen Oberstufe ist auch in diesem Beurteilungsbereich sicherzustellen, dass Formen, die im Rahmen der Abiturprüfungen – insbesondere in den mündlichen Prüfungen – von Bedeutung sind, frühzeitig vorbereitet und angewendet werden.

Zu den Bestandteilen der „Sonstigen Leistungen im Unterricht/Sonstigen Mitarbeit“ zählen u.a. unterschiedliche Formen der selbstständigen und kooperativen Aufgabenerfüllung, Beiträge zum Unterricht, von der Lehrkraft abgerufene Leistungsnachweise wie z.B. die schriftliche Übung, von der Schülerin oder dem Schüler vorbereitete, in abgeschlossener Form eingebrachte Elemente zur Unterrichtsarbeit, die z.B. in Form von Präsentationen, Protokollen, Referaten und Portfolios möglich werden. Schülerinnen und Schüler bekommen durch die Verwendung einer Vielzahl von unterschiedlichen Überprüfungsformen vielfältige Möglichkeiten, ihre eigene Kompetenzentwicklung darzustellen und zu dokumentieren.

Der Bewertungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch mündliche, schriftliche und ggf. praktische Beiträge sichtbare Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Schuljahres (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt.

Das nachfolgende Tableau zeigt die zugrunde liegenden Bewertungskriterien. Das Tableau soll den Schülerinnen und Schülern zu Beginn eines jeden Halbjahrs transparent gemacht werden.



Bewertungskriterien der „Sonstigen Mitarbeit“ für die Sekundarstufe II

SoMi Sek. II (Mündliche Mitarbeit, Motivation & Engagement zu ergänzen durch Projekt- und Gruppenarbeit, Referate, Präsentationen, Außerschulisches, Lernkontrollen etc.)						
	<i>Ungenügend</i>	<i>Mangelhaft</i>	<i>Ausreichend</i>	<i>Befriedigend</i>	<i>Gut</i>	<i>Sehr gut</i>
Regelmäßige Mitarbeit vor punktueller	Keine freiwillige Mitarbeit, häufiges unentschuldigtes Fehlen	Seltene Mitarbeit, meist nur nach Aufforderung	Gelegentliche freiwillige Mitarbeit	Regelmäßige freiwillige Mitarbeit	Regelmäßige freiwillige Mitarbeit, die über den Unterricht hinausgeht	Regelmäßig freiwillige Mitarbeit, häufig Beiträge, die über den Unterricht hinausgehen
Hausaufgaben	Sehr häufig nicht gemacht	Häufig nicht oder/ und in nicht angemessener Form gemacht	Regelmäßig gemacht	Regelmäßig und selbstständig gemacht	Regelmäßig und selbstständig, in Ansätzen mit eigenen Ideen	Eigenständig und selbstständig gemacht
Beherrschung von Fachsprache	Ungenügende sprachliche Ausdrucksfähigkeit, keine Fachsprache	Mangelhafte spr. Ausdrucksfähigkeit, nicht ausreichende Anwendung der Fachsprache	Ausreichende spr. Ausdrucksfähigkeit, gelegentlich korrekte Fachsprache	Zusammenhängende sprachlich angemessene Darstellung, weitgehend korrekte Anwendung der Fachsprache, eigene Gesprächsbeiträge, informativ und verständlich	Zusammenhängende, sprachlich korrekte Darstellung, korrekte Anwendung der Fachsprache	Zusammenhängende, umfassende und präzise Darstellung, korrekte und souveräne Anwendung der Fachsprache
Sachliches Argumentieren	Keine unterrichtlich verwendbaren Beiträge	Beiträge unterrichtlich kaum verwendbar	Äußerungen beschränken sich auf die Wiedergabe	Richtige Wiedergabe von Fakten und Zusammenhängen aus dem Stoffgebiet	Überwiegend eigenständige fortgeführte Beiträge	Sachgerechte und ausgewogene Beurteilung
Erfassen & Darstellen von Problemen	Falsche Äußerungen nach Aufforderung	Beiträge unterrichtlich kaum verwendbar	Nur fachl. Grundkenntnisse, keine Lernfortschritte	Erworbene Fachkenntnisse mit Hilfe angewendet	Verständnis schwieriger Sachverhalte und Einordnung in den Gesamtzusammenhang, Problemlösende Beiträge	Erkennen des Problems und Einordnen in größeren Zusammenhang
Finden & Begründen von Lösungswegen	Keine unterrichtlich verwendbaren Beiträge	Beiträge unterrichtlich kaum verwendbar	Beiträge sind im wesentlichen richtig	Erworbene Fachkenntnisse mit Hilfe angewandt	Erkennen des Problems, Unterschiede: wesentliche und unwesentliche Inhalte	Eigenständige, den Unterricht ragende neue Gedanken
Reproduktion von Wissen & Methoden	Keine Fachkenntnisse und kein Lernfortschritt	Beiträge zeigen ganz geringe Fachkenntnisse und kaum Lernfortschritt	Geringe Fachkenntnisse und kleine Lernfortschritte	Verknüpfung mit Kenntnissen der gesamten Unterrichtsreihe	Fundierte Anwendung von Kenntnissen	Differenzierte und fundierte Kenntnisse
Interaktion	Teilnahmslosigkeit	Mangelnde Bereitschaft, personen- oder sachbezogen zu reagieren	Bereitschaft, Beiträge anderer inhaltlich wiederzugeben	Bereitschaft Beiträge anderer aufzunehmen und konstruktiv zu nutzen	Kritische Bewertung, Arbeit in Kleingruppen steuern	Kritische Bewertung, Zielgerichtete Gesprächsführung, Unterrichtsgespräch mitgestalten



Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“

Klausuren (für Abiturjahrgänge bis Schuljahr 2019/2020)

In der Sekundarstufe II gehen neben der sonstigen Mitarbeit die Ergebnisse der Klausuren gleich gewichtet in die Zeugnisnote ein. Die Anzahl und Länge der Klausuren sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

	Grundkurs	Leistungskurs
Einführungsphase	1. HJ 2 Klausuren (je 2 USTD) 2. HJ 1 Klausur (2 USTD – 3.Quartal))	entfällt
Qualifikationsphase 1	1. HJ 2 Klausuren (je 2 USTD) 2. HJ 2 Klausuren (je 2 USTD)	1. HJ 2 Klausuren (je 3 USTD) 2. HJ 2 Klausuren (je 4 USTD)
Qualifikationsphase 2	1. HJ 2 Klausuren (je 3 USTD) 2. HJ 1 Klausur (unter Abiturbedingungen)	1. HJ 2 Klausuren (je 5 USTD) 2. HJ 1 Klausur (unter Abiturbedingungen)

Klausuren (für Abiturjahrgänge ab Schuljahr 2020/2021)

In der Sekundarstufe II gehen neben der sonstigen Mitarbeit die Ergebnisse der Klausuren gleich gewichtet in die Zeugnisnote ein. Die Anzahl und Länge der Klausuren sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

	Grundkurs	Leistungskurs
Einführungsphase	1. HJ 2 Klausuren (je 90 min) 2. HJ 1 Klausur (90 min – 3.Quartal))	entfällt
Qualifikationsphase 1	1. HJ 2 Klausuren (je 135 min) 2. HJ 2 Klausuren (je 135 min)	1. HJ 2 Klausuren (je 135 min) 2. HJ 2 Klausuren (je 180 min)
Qualifikationsphase 2	1. HJ 2 Klausuren (je 180 min) 2. HJ 1 Klausur (unter Abiturbedingungen, also 225 min)	1. HJ 2 Klausuren (je 225 min) 2. HJ 1 Klausur (unter Abiturbedingungen, also 270 min)



Die Beurteilung der Leistung in schriftlichen Arbeiten erfolgt in der Sekundarstufe II analog der Beurteilung im Zentralabitur (Die Prozentangaben beziehen sich auf die zu erbringende Gesamtleistung.)

Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
Punkte (in %)	≥95	≥90	≥85	≥80	≥75	≥70	≥65	≥60	≥55	≥50	≥45	≥40	≥33	≥26	≥20	≥0

Die Schülerinnen und Schüler müssen mit den Überprüfungsformen, die im Rahmen von Klausuren eingesetzt werden, vertraut sein und rechtzeitig sowie hinreichend Gelegenheit zur Anwendung haben.

Über ihre unmittelbare Funktion als Instrument der Leistungsbewertung hinaus sollen Klausuren im Laufe der gymnasialen Oberstufe auch zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen des schriftlichen Teils der Abiturprüfungen vorbereiten. Dazu gehört u.a. auch die Schaffung angemessener Transparenz im Zusammenhang mit einer kriteriengeleiteten Bewertung. Beispiele für Prüfungsaufgaben und Auswertungskriterien sowie Konstruktionsvorgaben und Operatorenübersichten können im Internet auf den Seiten des Schulministeriums abgerufen werden.

Da in Klausuren neben der Verdeutlichung des fachlichen Verständnisses auch die Darstellung bedeutsam ist, muss diesem Sachverhalt bei der Leistungsbewertung hinreichend Rechnung getragen werden. Gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit führen zu einer Absenkung der Note gemäß APO-GOST. Abzüge für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit sollen nicht erfolgen, wenn diese bereits bei der Darstellungsleistung fachspezifisch berücksichtigt wurden.

Die Leistungsbewertung bei Klausuren erfolgt mittels eines Punktesystems bzw. Kriterienrasters, weil sich dadurch Teilleistungen transparent erkennen lassen und das Gewicht einzelner Fehler durchschaubar wird. Für jede Teilaufgabe wird der erreichbaren Punktezahl die erreichte Punktezahl gegenübergestellt.

Im Sinne einer übergreifenden Qualitätssicherung besteht Einvernehmen darüber, dass die Physikkolleginnen und -kollegen ihre Aufgabenstellungen und ihre Bewertungsmaßstäbe untereinander offenlegen und insbesondere bei den schriftlichen Arbeiten sowohl hinsichtlich ihrer Erstellung als auch ihrer Korrektur durch kommunikativen Abgleich ein interpersonal objektives, fachlich vergleichbares Niveau sicherstellen.



Facharbeit

Im 2. Halbjahr der Qualifikationsphase I kann die 1. Klausur durch eine Facharbeit ersetzt werden.

Die folgenden Beurteilungskriterien mit entsprechender Gewichtung sollen dabei zugrunde gelegt werden. Wünschenswert ist es in der Regel Themen zu vergeben, die dem Verfasser Gelegenheit zu Experimenten geben, die Beurteilung muss diese dann angemessen berücksichtigen.

Beurteilungskriterien der Facharbeit

Arbeitsprozess

10 %

Gelingt das Bemühen um eine eigenständige Schwerpunktsetzung und Selbstständigkeit im Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen der Sachverhalte?	
In welchem Maße gelang Selbstständigkeit, Zeitplanung und Organisation?	
Wurden auftretende Probleme selbstständig gelöst oder gezielt Hilfestellung/Beratung eingefordert und genutzt?	

Formales

20 %

Ist die Arbeit vollständig?(mit Deckblatt, Inhaltsverzeichnis und Literaturverzeichnis, Daten-CD)	
Sind die Zitate exakt wiedergegeben, mit genauer Quellenangabe?	
Ist ein sinnvolles und korrektes Literaturverzeichnis vorhanden mit einer angemessenen Anzahl verschiedener Literaturstellen?	
Wie werden Bildmaterialien, Tabellen, Grafiken als Darstellungsmöglichkeiten genutzt?	
Wie ist der äußere Eindruck (einheitliches Seitenlayout, leserfreundliches Schriftbild, angemessene Zeichenformatierung); sind die typographischen Vereinbarungen eingehalten?	



Inhaltlicher und fachlich/methodischer Aspekt 35 %

Ist die Arbeit themengerecht, sachlogisch und differenziert gegliedert?	
Wird der Schwerpunkt/die Fragestellung der Arbeit präzise erfasst und erläutert?	
Ist die Gesamtdarstellung in sich stringent?	
Ist ein durchgängiger Zusammenhang/ Themenbezug mit Interdependenzen gegeben oder werden Teilaspekte eher undurchdacht und lose aneinandergereiht?	
Wird die Beherrschung fachspezifischer Methoden und deren Anwendung gezeigt?	
Sind die notwendigen fachlichen Begriffe bekannt? Werden neue Begriffe klar definiert und eindeutig verwendet?	
Werden die fachlichen Grundlagen und Zusammenhänge verstanden?	

Sprachlicher und fachsprachlicher Aspekt 35 %

Werden die fachlichen Grundlagen und Zusammenhänge verständlich und differenziert dargestellt?	
Wird, wo notwendig und sinnvoll, die (mathematische) Fach- und Symbolsprache sachgerecht verwendet?	
In welchem Maße hat sich der Verfasser um die Beschaffung von Informationen und Literatur und deren sinnvoller Einbindung bemüht?	
Wie steht es mit der sprachlichen Richtigkeit (Rechtschreibung, Zeichensetzung, Grammatik) und dem sprachlichen Ausdruck (Satzbau, Wortwahl)?	
Ist der Sprachstil dem Thema angemessen?	