

# Physik in der Oberstufe am Evangelischen Gymnasium Siegen

---

Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe knüpft an den Unterricht in der Sekundarstufe an und vermittelt, neben grundlegenden Kenntnissen und Qualifikationen, Einsichten auch in komplexere Naturvorgänge sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme.

Aufgabe der Einführungsphase ist es, Schülerinnen und Schüler auf einen erfolgreichen Lernprozess in der Qualifikationsphase vorzubereiten. Wesentliche Ziele bestehen dabei darin, neue fachliche Anforderungen, unter anderem bezüglich einer verstärkten Formalisierung, Systematisierung und reflexiven Durchdringung sowie einer größeren Selbstständigkeit beim Erarbeiten fachlicher Fragestellungen und Probleme zu verdeutlichen und einzuüben.

In der Qualifikationsphase findet der Unterricht im Fach Physik in einem Kurs auf grundlegendem Anforderungsniveau (GK) oder in einem Kurs auf erhöhtem Anforderungsniveau (LK) statt. Während in beiden Kursarten das Experiment im Zentrum steht, unterscheiden sie sich deutlich hinsichtlich der zu erreichenden fachlichen Tiefe, der Systematisierung und Vernetzung der fachlichen Inhalte, der Vielfalt des fachmethodischen Vorgehens sowie dem Grad an Mathematisierung.

## Physik in der Einführungsphase

Wesentliche Aspekte des Inhaltsfelds *Mechanik* markieren den Beginn und die Grundlagen der Physik nach heutigem Verständnis. Der Bereich Mechanik beinhaltet die Analyse und Beschreibung von Bewegungen und von Kräften und deren Einfluss auf Bewegungsveränderungen sowie von Energie- und Impulserhaltung. Bedeutsam sind hier auch grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Gravitation und von Schwingungen. Im Bereich Mechanik entwickeln sich zentrale Konzepte und Sichtweisen, die für das Verstehen der Physik in allen Bereichen einen fundamentalen Referenzrahmen bilden.

Die folgende Tabelle stellt einen Überblick über die Inhaltsfelder und zugehörigen Kompetenzen gemäß dem Kernlehrplan Physik NRW dar. Die Themenfelder werden von den unterrichtenden Kollegen in selbst gewählter Reihenfolge unterrichtet.

## Einführungsphase Physik

### Inhaltsfeld Mechanik

#### 1) Kontext und Leitfrage: Physik und Sport, Straßenverkehr - Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren?

##### Inhalte

Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen

##### Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...

unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen,  
vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition,  
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,  
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,  
erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen,  
bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR).

**Zentrale Medien und Experimente: Digitale Videoanalyse (z.B. mit VIANA, Tracker) von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen), Fahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung, Freier Fall und Bewegung auf einer schiefen Ebene, Wurfbewegungen (Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel)**

<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung</p>	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher, entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind, reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen), geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Fahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft, Protokolle: Funktionen und Anforderungen</b></p>
<p>Energie und Leistung Impuls</p>	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen, analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht, verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen, beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen, begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran, bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals, Fadenpendel (Schaukel), Sportvideos</b></p>

**2) Kontext und Leitfrage: Auf dem Weg in den Weltraum -  
Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?**

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
Aristoteles vs. Galilei Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar, entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten.  <b>Zentrale Medien und Experimente: 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)</b>
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen, beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden.  <b>Zentrale Medien und Experimente: Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen, Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen</b>
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept.  <b>Zentrale Medien und Experimente: Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet</b>
Kreisbewegungen	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen.  <b>Zentrale Medien und Experimente: 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.)</b>
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen, erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B.

	Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu. <b>Zentrale Medien und Experimente: Skateboards und Medizinball, Wasserrakete, Raketentriebwerke für Modellraketen , Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung</b>
<b>3) Kontext und Leitfrage: Schall - Wie kann man Schwingungen physikalisch untersuchen?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Schwingungen	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte. <b>Zentrale Medien und Experimente: Feder- und Fadenpendel</b>
Erzwungene Schwingungen und Resonanz	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie. <b>Zentrale Medien und Experimente: Stimmgabeln</b>

## Physik im Grundkurs der Qualifikationsphase

Im Inhaltsfeld **Quantenobjekte** dienen das Photon und das Elektron als zwei beispielhafte Quantenobjekte, die beide in unterschiedlichen Experimenten sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter zeigen. In der Quantenmechanik gelingt die Aufhebung dieses Welle-Teilchen-Dualismus'. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekt der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die Quantenphysik stellt neben der Relativitätstheorie eine der Säulen der modernen Physik dar.

Im Inhaltsfeld **Elektrodynamik** stehen physikalische Grundlagen der Versorgung mit elektrischer Energie im Vordergrund. Die elektromagnetische Induktion spielt hier eine wesentliche Rolle sowohl bei der Erzeugung elektrischer Spannung als auch bei der Verteilung der elektrischen Energie. Elektrodynamische Vorgänge haben in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige und umfangreiche Anwendung gefunden und beeinflussen unser tägliches Leben in deutlichem Maße.

Das Inhaltsfeld **Strahlung und Materie** beinhaltet den Aufbau des Atoms aus Elementarteilchen, die Entstehung des Lichts in der Hülle der Atome, die Emission und Ausbreitung ionisierender Strahlung aus den radioaktiven Isotopen der Materie sowie deren Einfluss auf den Menschen und auf Materie. Diese Kenntnisse bieten Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit ionisierender Strahlung. Einblicke in Verfahrensweisen der aktuellen theoretischen und experimentellen physikalischen Forschung ermöglichen ein grundlegendes Verständnis neuerer Modelle zum Aufbau der Materie.

Das Inhaltsfeld **Relativität von Raum und Zeit** liefert einen Einblick in die spezielle Relativitätstheorie. Aus der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit lassen sich Phänomene wie die Zeitdilatation auch quantitativ begründen. Die Ergebnisse der (speziellen) Relativitätstheorie scheinen unserer täglichen Erfahrung zu widersprechen, da Zeit und Raum „relativ“ sind. Der für diese Veränderungen von Raum und Zeit entscheidende Term ist der sog. relativistische Faktor. Weitere Resultate der speziellen Relativitätstheorie, sind Vorhersagen zur der Veränderlichkeit der Masse und der Energie-Masse Äquivalenz.

Die folgende Tabelle stellt einen Überblick über die Inhaltsfelder und zugehörigen Kompetenzen gemäß dem Kernlehrplan Physik NRW dar. Die Themenfelder werden von den unterrichtenden Kollegen in selbst gewählter Reihenfolge unterrichtet.

## GK Physik Q1

### Inhaltsfeld Quantenobjekte

#### 1) Kontext und Leitfrage: Erforschung des Photons - Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
Entstehung und Ausbreitung von Wellen Modelle der Wellenausbreitung	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums, beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte. <b>Zentrale Medien und Experimente: Lange Schraubenfeder, Wellenwanne</b>
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung	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, bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt und Gitter</i> . <b>Zentrale Medien und Experimente: Doppelspalt und Gitter, Wellenwanne</b>
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	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. <b>Zentrale Medien und Experimente: Photoeffekt, Hallwachsversuch, Vakuumphotozelle</b>

#### 2) Kontext und Leitfrage: Erforschung des Elektrons - Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
Elementarladung	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung, untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten. <b>Zentrale Medien und Experimente: schwebender Wattebausch, Millikanversuch mit Schwebefeldmethode; Simulationen.</b>

Elektronenmasse	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen, bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung, 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.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: <i>e/m</i>-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</b></p>
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge	<p>erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</b></p>
<p><b>3) Kontext und Leitfrage: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte - Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</b></p>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Licht und Materie	<p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik, verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme), zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf, beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Computersimulation, Doppelspalt, Photoeffekt</b></p>



Inhaltsfeld Elektrodynamik	
<b>4) Kontext und Leitfrage: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren - Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger, definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen, bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel, werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“, Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel), Gedankenexperimente zur Überföhrungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird. <span style="float: right;">Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</span></b></p>
Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen, erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich, erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren, werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus, föhren Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück. <span style="float: right;"><b>Zentrale Medien und Experimente: Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip, Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren Messung und</b></span></p>

	<p><b>Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</b></p>
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“, Transformator</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich, ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i>, geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an, werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus, führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück.</p> <p style="text-align: right;"><b>Zentrale Medien und Experimente: diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (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</b></p>
<p>Energieerhaltung, Ohm´sche „Verluste“</p>	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären, bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen, zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf, beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: 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</b></p>

### 5) Kontext und Leitfrage: Wirbelströme im Alltag - Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Lenz'sche Regel	erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel, bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme. <b>Zentrale Medien und Experimente:</b> 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.

### GK Physik Q2

#### Inhaltsfeld Strahlung und Materie

### 1) Kontext und Leitfrage: Erforschung des Makrokosmos - Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Kern-Hülle-Modell	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen <b>Zentrale Medien und Experimente:</b> Literaturrecherche, Schulbuch
Energieniveaus der Atomhülle	erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle <b>Zentrale Medien und Experimente:</b> Erzeugung von Linienspektren mithilfe von Gasentladungslampen
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches sowie die charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle <b>Zentrale Medien und Experimente:</b> Franck-Hertz-Versuch
Röntgenstrahlung	erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches sowie die charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der

	<p>Atomhülle</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Aufnahme von Röntgenspektren (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)</b></p>
Sternspektren und Fraunhoferlinien	<p>interpretieren Spektraltafeln des Sonnenspektrums im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe, erklären</p> <p>Sternspektren und Fraunhoferlinien, stellen dar, wie</p> <p>mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können <b>Zentrale Medien</b></p> <p><b>und Experimente: Flammenfärbung Darstellung des</b></p> <p><b>Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse</b></p>
<b>2) Kontext und Leitfrage: Mensch und Strahlung - Wie wirkt die Strahlung auf den Menschen?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Strahlungsarten	<p>unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung, erläutern</p> <p>den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von</p> <p>Absorptionsexperimenten,</p> <p>bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik <b>Zentrale</b></p> <p><b>Medien und Experimente: Recherche</b></p> <p><b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b></p>
Elementumwandlung	<p>erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Nuklidkarte</b></p>
Detektoren	<p>erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Geiger-Müller-Zählrohr</b></p>
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen, bereiten</p> <p>Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf, begründen in einfachen</p>

Dosimetrie	<p>Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften, 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, bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten, bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien.</p> <p style="text-align: right;"><b>Zentrale</b></p> <p><b>Medien und Experimente: ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</b></p>
<b>3) Kontext und Leitfrage: Forschung am CERN und DESY - Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Kernbausteine und Elementarteilchen	<p>erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik, erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell, recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik.</p> <p style="text-align: right;"><b>Zentrale</b></p> <p><b>Medien und Experimente: In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich.</b></p> <p><b>Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.</b></p>
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung	<p>vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes</p>
Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept	<b>Zentrale Medien und Experimente: Lehrbuch, Animationen</b>

## Themenfeld Relativität von Raum und Zeit

### 4) Kontext und Leitfrage: Navigationssysteme - *Welchen Einfluss hat die Bewegung auf den Ablauf der Zeit?*

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
Relativität der Zeit	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation, erläutern qualitativ den <i>Myonenerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation, erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung, begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt, erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie. <b>Zentrale Medien und Experimente: Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation), Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation), Myonenerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)</b></p>

### 5) Kontext und Leitfrage: Teilchenbeschleuniger - *Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?*

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	<p>erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte <b>Zentrale Medien und Experimente: Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)</b></p>
Ruhemasse und dynamische Masse	<p>erläutern die Energie-Masse Äquivalenz, zeigen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für die Kernspaltung und -fusion auf. <b>Zentrale Medien und Experimente: Film / Video</b></p>

**6) Kontext und Leitfrage: Das heutige Weltbild - Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?**

<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie, beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen. <b>Zentrale</b> <b>Medien und Experimente: Lehrbuch, Film / Video</b>

## Physik im Leistungskurs der Qualifikationsphase

Das Inhaltsfeld **Relativitätstheorie** umfasst inhaltliche Aspekte der speziellen Relativitätstheorie wie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, relativistische Massenzunahme, Äquivalenz von Masse und Energie sowie einen Ausblick auf Grundaussagen der allgemeinen Relativitätstheorie. Die Relativitätstheorie hat Naturzusammenhänge aufgedeckt, die sich der unmittelbaren Erfahrung und der anschaulichen Vorstellung zu entziehen scheinen, die sich aber mathematisch exakt beschreiben lassen und inzwischen auch experimentell vielfältig bestätigt sind. Die Relativitätstheorie hat das Verständnis von Raum und Zeit zu Beginn des 20. Jahrhunderts und damit wesentliche Grundanschauungen der Physik revolutioniert.

Im Inhaltsfeld **Elektrik** werden Eigenschaften elektrischer Ladungsträger und ihr Verhalten in elektrischen und magnetischen Feldern untersucht. Weitere Schwerpunkte liegen auf den Beziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen, insbesondere auf der Beschreibung von elektromagnetischer Induktion und von elektromagnetischen Schwingungen und Wellen. Die Elektrik stellt neben der Mechanik den zweiten Teil der klassischen Beschreibung der physikalischen Natur dar. Sie liefert fundamentale Aussagen über elektrische und magnetische Sachverhalte, die in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige Anwendung gefunden haben und unser tägliches Leben in deutlichem Maße beeinflussen.

Das Inhaltsfeld **Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik** beinhaltet den Aufbau des Atoms, seiner Hülle und seines Kerns sowie den Aufbau der Materie im Kleinsten nach dem so genannten Standardmodell. Inhalte sind außerdem ionisierende Strahlung und radioaktiver Zerfall von Atomkernen sowie Kernumwandlungen durch Kernspaltung und Kernfusion. Die Behandlung von Atom- und Kernphysik bietet einerseits einen Einblick in den Aufbau der Materie unter dem Aspekt des Wandels historischer Atommodelle und liefert andererseits Entscheidungsgrundlagen für die Einschätzung des Für und Wider im Umgang mit ionisierender Strahlung und der Nutzung von Kernenergie.

Im Inhaltsfeld **Quantenphysik** geht es um Eigenschaften von Photonen und Elektronen als Quantenobjekte, um den Welle-Teilchen-Dualismus und seine Aufhebung durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation, um Ab-grenzungen und Unterschiede zwischen Ideen der klassischen Physik und der Quantenphysik und um Ansätze quantenphysikalischer Atommodelle. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekt der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Sie stellt neben der Relativitätstheorie eine der Säulen der modernen Physik dar.

Die folgende Tabelle stellt einen Überblick über die Inhaltsfelder und zugehörigen Kompetenzen gemäß dem Kernlehrplan Physik NRW dar. Die Themenfelder werden von den unterrichtenden Kollegen in selbst gewählter Reihenfolge unterrichtet.



## LK Physik Q1

### Inhaltsfeld Relativitätstheorie

#### 1) Kontext und Leitfrage: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut. Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit, Inertialsysteme, Relativität der Gleichzeitigkeit	begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren,  begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten. <b>Zentrale Medien und Experimente: Experiment von Michelson und Morley, Relativität der Gleichzeitigkeit (Video/Film)</b>

#### 2) Kontext und Leitfrage: Höhenstrahlung - Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?

Inhalte	Verbundene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler...
Zeitdilatation und relativistischer Faktor	leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her, reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors, erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie.  <b>Zentrale Medien und Experimente: Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation), Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)</b>
Längenkontraktion	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion, erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des

	<p>Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen, beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: s.o.</b></p>
<p><b>3) Kontext und Leitfrage: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten. Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</b></p>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	<p>erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)</b></p>
Ruhemasse und dynamische Masse	<p>erläutern die Energie-Masse-Beziehung, berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung.</p>
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation	<p>beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen, bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag, beurteilen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Historische Aufnahmen von Teilchenbahnen</b></p>
<p><b>4) Kontext und Leitfrage: Satellitennavigation - Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation. Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?</b></p>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Gravitation und Zeitmessung	<p>beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig), Flug von Atomuhren um die Erde (Video)</b></p>

Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit)	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“. <b>Zentrale Medien und Experimente: Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment, Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung (Film / Video)</b>
<b>5) Kontext und Leitfrage: Das heutige Weltbild - Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?</b>	
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds. <b>Zentrale Medien und Experimente: Lehrbuchtexte, Internetrecherche</b>
<b>Inhaltsfeld Elektrik</b>	
<b>1) Kontext und Leitfrage: Untersuchung von Elektronen - Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und Masse eines Elektrons gemessen werden?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
<b>Grundlagen:</b> Ladungstrennung, Ladungsträger	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen. <b>Zentrale Medien und Experimente: 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</b>
<b>Bestimmung der Elementarladung:</b> elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld Spannung Kondensator Elementarladung	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken, erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder. <b>Zentrale Medien und Experimente: Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien</b>

	<p>(z. B: RCL (remote control laboratory), einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, Plattenkondensator (homogenes E-Feld)</p>
	<p>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, entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</b></p>
<p><b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b> magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse</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), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung, beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre, ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch).</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: 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 <math>e/m</math> – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</b></p>

	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf, entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist, erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder, bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel, leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her, beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern.</p>
<p><b>2) Kontext und Leitfrage: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen - Wie und warum werden <i>physikalische Größen meistens erfasst und wie werden sie verarbeitet?</i></b></p>	
<p><b>Inhalte</b></p>	<p><b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...</p>
<p><b>Anwendungen in Forschung und Technik:</b> Bewegung von Ladungsträgern in Feldern</p>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität, beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre, ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern,</p>

	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf,  erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron,  leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen), Elektronenstrahlableitkröhre, visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</b></p>
<p><b>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</b>  Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes</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),  erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder,  entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist,  wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus,  leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her,  ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator),  beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: diverse Kondensatoren (als Ladungs-/Energiespeicher), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den</b></p>

	<p>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><b>3) Kontext und Leitfrage: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie - Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</b></p>	
<p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b> Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist, 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, leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her, planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes, 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), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik, treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung, identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen. <b>Zentrale Medien und Experimente: 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),</b></p>

	Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse „Ringversuche“
<b>4) Kontext und Leitfrage: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung -  Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
<b>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</b> Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis	erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus, treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung, erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse, beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung.  <b>Zentrale Medien und Experimente: MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren, einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik)</b>
	wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse, entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist, wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus, leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her.  <b>Zentrale Medien und Experimente: RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren, ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung</b>



<p><b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b> Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen</p>	<p><b>/ Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</b></p> <p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis, erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <math>B</math>- bzw. <math>E</math>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang, erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen, ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit, beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips, erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt, dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe), Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen, Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion), visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion, Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen, Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.)</b></p>
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist, leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her, beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her, wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus,</p>

	<p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen, Wellenwanne, 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)</b></p>
<b>LK Physik Q2</b>	
<b>Inhaltsfeld Quantenphysik</b>	
<b>1) Kontext und Leitfrage: Die Erforschung des Photons – Besteht Licht doch aus Teilchen?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Lichtelektrischer Effekt	<p>diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse, 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.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)</b></p>
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum	<p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts), erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese, diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen,</p>

	<p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung), ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: 1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspammungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode), 2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)</b></p>
<p><b>2) Kontext und Leitfrage: Röntgenstrahlung – Was ist Röntgenstrahlung?</b></p>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
<p>Röntgenröhre Röntgenspektrum Bragg'sche Reflexionsbedingung Planck'sches Wirkungsquantum Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer</p>	<p>beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre, erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung, deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung, Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)</b></p>
Röntgenröhre in Medizin und Technik	<p>führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Film / Video / Foto, Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)</b></p>
<p><b>3) Kontext und Leitfrage: Erforschung des Elektrons – Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</b></p>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Wellencharakter von Elektronen	<p>interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen.</p> <p><b>Zentrale Medien und Experimente: Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre, Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <a href="http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/">http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</a> )</b></p>

Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur $h$ -Bestimmung und zur Elektronenbeugung), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen.  <b>Zentrale Medien und Experimente: Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre</b>
<b>4) Kontext und Leitfrage: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie.          Was ist anders im Mikrokosmos?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen, ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen.
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit	erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation, erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten, erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität, diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen, stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1).  <b>Zentrale Medien und Experimente: Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos</b>
Heisenberg'sche Unschärferelation	erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen, bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes

	und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis.
<b>Inhaltsfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</b>	
<b>1) Kontext und Leitfrage: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht – Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
<b>Atomaufbau:</b> Kern-Hülle-Modell	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder. <b>Zentrale Medien und Experimente: Recherche in Literatur und Internet, Rutherford'scher Streuversuch</b>
Energiequantelung der Hüllelektronen	erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5). <b>Zentrale Medien und Experimente: Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch</b>
Linienspektren	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar. <b>Zentrale Medien und Experimente: Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H</b>
Bohr'sche Postulate	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik. <b>Zentrale Medien und Experimente: Literatur, Arbeitsblatt</b>
<b>2) Kontext und Leitfrage: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie) – Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
<b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien. <b>Zentrale Medien und Experimente: Geiger-Müller-Zählrohr, Nebelkammer</b>
Strahlungsarten	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren

	<p>Eigenschaften, erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung, benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien, erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien. <b>Zentrale Medien und Experimente: Absorption von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung, Ablenkung von <math>\beta</math>-Strahlen im Magnetfeld, Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)</b></p>
Dosimetrie	<p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz. <b>Zentrale Medien und Experimente: Video zur Dosimetrie, Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich</b></p>
Bildgebende Verfahren	<p>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar, beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten. <b>Zentrale Medien und Experimente: Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen), Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses</b></p>
<b>3) Kontext und Leitfrage: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen – Wie funktioniert die C14-Methode?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte Zerfallsprozesse	<p>benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte, identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte, entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen, nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln, leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die</p>

	Halbwertszeit her. <b>Zentrale Medien und Experimente: (Elektronische) Nuklidkarte, Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008), Tabellenkalkulation</b>
Altersbestimmung	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode.
<b>4) Kontext und Leitfrage: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse – Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
<b>Kernspaltung und Kernfusion:</b> Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie, bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik. <b>Zentrale Medien und Experimente: Video zu Kernwaffenexplosion</b>
Kettenreaktion	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich, beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien. <b>Zentrale Medien und Experimente: Mausefallenmodell, Video, Applet</b>
Kernspaltung, Kernfusion	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion. <b>Zentrale Medien und Experimente: Diagramm B/A gegen A, Tabellenwerk, ggf. Applet, Recherche in Literatur und Internet, Schülerdiskussion</b>
<b>5) Kontext und Leitfrage: Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen. Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?</b>	
<b>Inhalte</b>	<b>Verbundene Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler...
Kernbausteine und Elementarteilchen	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik.

	<b>Zentrale Medien und Experimente: Existenz von Quarks (Video), Internet (CERN / DESY)</b>
<b>Kernkräfte</b> Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte), erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz. <b>Zentrale Medien und Experimente: Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)</b>
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik. <b>Zentrale Medien und Experimente: Literatur und Recherche im Internet, „CERN-Rap“:</b> <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8</a>



## Leistungsbewertung im Physikunterricht

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

### Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen notwendig. Besonderes Gewicht wird im Grundkurs auf experimentelle Aufgaben und Aufgaben zur Datenanalyse gelegt. In Rahmen dieser Bereiche legt jeder Fachkollege entsprechend seiner Unterrichtsgestaltung selbständig Schwerpunkte und Gewichtungen fest. Um die Bewertung ihrer Leistungen für die Schülerinnen und Schüler transparent zu machen, werden die Bewertungskriterien von den Fachlehrern zu Beginn des Schuljahres offen gelegt.

### Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

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

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

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

### *Beurteilungsbereich Klausuren*

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

Einführungsphase:

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

Qualifikationsphase 1:

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

Qualifikationsphase 2.1:

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

Qualifikationsphase 2.2:

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

### *Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung*

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

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