

Schulinternes Curriculum im Fach Physik SII Qualifikationsphase Leistungskurs



Inhalte der Jahrgangsstufe Q1

Inhaltsfeld: Relativitätstheorie

Kontexte: Satellitennavigation, Höhenstrahlung, Teilchenbeschleuniger, heutiges Weltbild

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

Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?

Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6) - erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2) - begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2) 	<p>Experiment von Michelson Morley</p> <p>Relativität der Gleichzeitigkeit</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>Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Zeitdilatation und relativistischer Faktor	<ul style="list-style-type: none"> - leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeildilatation her (E5) - reflektieren die Nützlichkeit des Modells der 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 Myonenzerfall	<p>Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor γ hergeleitet.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</p>
Längenkontraktion	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s.o.</p> <p>Herleitung der Formel für die Längenkontraktion</p>
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3) 	Bertozzi-Experiment	Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse	<ul style="list-style-type: none"> - 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.

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation	<ul style="list-style-type: none"> - 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 freiwerdenden Energiebetrag (E, B1) - beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3) 	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	<p>Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen.</p> <p>Erzeugung und Vernichtung von Teilchen</p>
Gravitation und Zeitmessung	<ul style="list-style-type: none"> - beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4) 	<p>Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum</p> <p>Flug von Atomuhren um die Erde</p>	<p>Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.</p> <p>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.</p>
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit)	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 	<p>Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment</p> <p>Das Zwillingsparadoxon</p>	
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	<ul style="list-style-type: none"> - bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4) 	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	

Inhaltsfeld: Elektrik – Bestimmung der Elementarladung und der Masse eines Elektrons

Kontext: Untersuchung von Elektronen

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

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<p><u>Grundlagen:</u> Ladungstrennung, Ladungsträger</p>	<ul style="list-style-type: none"> - erkläre elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6) 	<p>Einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung/Abstoßung</p> <p>Halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers, Influenzversuche</p>	<p>Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.</p>
<p><u>Bestimmung der Elementarladung:</u> Elektrische Felder, Feldlinien</p> <p>Potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung</p> <p>Kondensator</p> <p>Elementarladung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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>Millikanversuchs, einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, Plattenkondensator (homogenes E-Feld)</p> <p>Evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition</p> <p>Spannungsmessung am Plattenkondensator</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet.</p> <p>Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt.</p> <p>Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.</p> <p>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<u>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</u> Magnetische Felder, Feldlinien Potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger Elektronenmasse	<ul style="list-style-type: none"> - 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 zeugen 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 (K2, E6, B4) - bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6) 	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 zu e/m-Bestimmung	Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlagerungen. Als Versuchsidee wird 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.

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 		

Inhaltsfeld: Elektrik – Anwendungen in Forschung und Technik, Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung

Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

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

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<u>Anwendungen in Forschung und Technik:</u> Bewegung von Ladungsträgern in Feldern	<ul style="list-style-type: none"> - 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 Elektrik (K1, K3, UF3) - beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3) 	Hallsonde Halleffektgerät Helmholtzspulen Elektronenstrahlableit- röhre	Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m-Berechnung) wird wieder aufgegriffen Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber)

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
	<ul style="list-style-type: none"> - ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1) - schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2) - erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6) erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4) - leiten physikalisch Gesetze 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) - 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>Kalibrierung einer Hallsonde, Messungen mit der Hallsonde, u.a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes</p> <p>Bestimmung der magnetischen Feldkonstante</p> <p>Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht</p>
<p><u>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</u> Auf- und Entladung von Kondensatoren</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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>Diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher)</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladung-/ Energiespeicher vorgestellt.</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Energie des elektrischen Feldes	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4) - entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, 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) - ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2) - beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6) - treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1) - wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungen, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4) 	<p>Statische Voltmeter bzw. Elektromessverstärker</p> <p>Auf- und Entladungen von Kondensatoren</p> <p>Computer oder GTR-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell.</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung).</p> <p>Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben.</p> <p>Deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie.</p>

Inhaltsfeld: Elektrik – Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie

Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie

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

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz</p> <p>Lenz'sche Regel</p> <p>Energie des magnetischen Feldes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 der Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6) - erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3) - treffen im Bereich Elektrik 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) 	<p>Medien zu Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie.</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld – Leiterschaukel.</p> <p>Quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B.</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar.</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <p>Flächenänderung</p> <p>Änderung der Feldgröße B</p> <p>Drehung einer Leiterschleife</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>Qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
	<ul style="list-style-type: none"> - wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungen, 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>Versuch zur Demonstration der Selbstinduktion.</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse „Ringversuche“.</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel.</p> <p>Definition der Induktivität</p> <p>Messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen.</p> <p>Deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie.</p>

Inhaltsfeld: Elektrik – Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik

Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<p>Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis</p> <p>Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 	<p>Einfache Resonanzversuche</p> <p>RLC-Serienschwingkreis</p>	<p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2) - beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5) - wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungen, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4) - entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1) - wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2) - leiten physikalische aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2) 		<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL-Schwingkreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Qualitativ 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>

Inhalte der Jahrgangsstufe Q2

Inhaltsfeld: Elektrik – Materiefreie Übertragung von Information und Energie

Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen</p> <p>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6) - erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6) - beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6) - erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6) - ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5) - beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6) - erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1) - entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1) 	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld zu Schwingungen anregen lässt.</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol</p> <p>Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion)</p> <p>Visuelle Medien zur elektromagnetischen Induktion</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen.</p> <p>Das Phänomen der elektromagnetischen Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet.</p> <p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C.</p> <p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen.</p> <p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
	<ul style="list-style-type: none"> - leiten physikalisch Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2) 	Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine	
	<ul style="list-style-type: none"> - beschreiben die Interferenz am Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2) - wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2) - erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerte (K1, K3, UF3) 	Wellenwanne Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie an Kanten und dünnen Schichten (qualitativ)	

Inhaltsfeld: Quantenphysik

Kontext: Erforschung des Photons

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Lichtelektrischer Effekt	<ul style="list-style-type: none"> - 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 Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe	Qualitative Demonstration des Photoeffekts

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<p>Teilcheneigenschaften von Photonen</p> <p>Planck'sches Wirkungsquantum</p>	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3) 	<p>h-Bestimmung mit der Gegenspannungsmethode</p>	<p>Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung.</p> <p>Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - 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 den 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) 		

Inhaltsfeld: Quantenphysik

Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Röntgenröhre Röntgenspektrum	- beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1)	Röntgenröhre	
Bragg'sche Reflexionsbedingung	- erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6)	Aufnahme eines Röntgenspektrums	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund.
Planck'sches Wirkungsquantum	- deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum.
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer		Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode	
Röntgenröhre in Medizin und Technik	- führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3)		

Inhaltsfeld: Quantenphysik

Kontext: Erforschung des Elektrons

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

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Wellencharakter von Elektronen	- interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6)	Qualitative Demonstration mit der Elektronenbeugungsröhre	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung
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) (K3, K2) - erklären die De-Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1)	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten. Betonung der Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte.

Inhaltsfeld: Quantenphysik

Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf	- 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)		Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebenden DGL mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGL strukturell übereinstimmt.

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> - 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 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) 		
Heisenberg'sche Unschärferelation	<ul style="list-style-type: none"> - 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.

Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<u>Atomaufbau:</u> Kern-Hülle-Modell	- geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1)	Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)
Energiequantelung der Hüllelektronen	- 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	- 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	
Bohr'sche Postulate	- formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4)		Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius

Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

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

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<u>Ionisierende Strahlung:</u> Detektoren	<ul style="list-style-type: none"> - 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 Nebelkammer	
Strahlungsarten	<ul style="list-style-type: none"> - 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	
Dosimetrie	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3) 	Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	
Bildgebende Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4) 		Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen.

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
	- beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)		

Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

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

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<u>Radioaktiver Zerfall:</u> Kernkräfte	- benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1)		Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I.
Zerfallsprozesse	- identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2) - entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5) - nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3) - leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6)		Umgang mit einer Nuklidkarte Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen
Altersbestimmung	- bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der ^{14}C -Methode (UF2)		Ggf. Uran-Blei-Datierung

Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
<u>Kernspaltung und Kernfusion</u> : Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 	Z.B. Video zu Kernwaffenexplosion	
Kettenreaktion	<ul style="list-style-type: none"> - 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	Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar
Kernspaltung, Kernfusion	<ul style="list-style-type: none"> - 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	

Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar / didaktischer Hinweis
Kernbausteine und Elementarteilchen	<ul style="list-style-type: none"> - systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3) 	Existenz von Quarks	
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</p> <p>Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.</p>
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik	<ul style="list-style-type: none"> - recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2) 		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, ...)