



## Inhalt

1. Vorwort.....	3
2. Die Fachgruppe Physik am Pius-Gymnasium.....	4
3. Der Kompetenzbegriff im Physikunterricht.....	5
4. Stoffverteilung der Jahrgangsstufen 6 bis 9.....	7
4.1. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen.....	7
4.2. Klasse 6 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern).....	7
4.3. Klasse 7 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern).....	10
4.4. Klasse 8 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern).....	11
4.5. Klasse 9 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern).....	14
5. Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe.....	17
6. Unterrichtsvorhaben für die Sekundarstufe II.....	18
6.1. Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben.....	20
6.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben.....	27
6.2.1. Einführungsphase.....	27
6.2.2. Qualifikationsphase: Grundkurs.....	36
6.2.3. Qualifikationsphase: Leistungskurs.....	54
7. Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung.....	91
7.1. Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung.....	91
7.2. Beurteilungsbereiche für die Sonstige Mitarbeit Sek I und Sek II.....	92
7.3. Beurteilungsbereich Klausuren in der Sek II.....	93
7.4. Zuordnung von Leistungen zu Noten.....	94
8. Lehr- und Lernmittel.....	98
9. Exkursionen und Projekte.....	99
10. Qualitätssicherung und Evaluation.....	100

## 1. Vorwort

Der Fachkonferenz Physik ist bewusst, dass ihr Fach bei der Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler keinen Spitzenplatz in der Beliebtheitskala der Fächer belegt. Daher sehen sich die Lehrkräfte vor die Aufgabe gestellt, einerseits durch interessante Experimente und Einzelaktionen nachhaltig Begeisterung bei den Schülerinnen und Schülern zu wecken, andererseits aber auch die erforderlichen fachwissenschaftlichen Grundlagen für die spätere, intensivere Beschäftigung mit Physik, z.B. in einem ingenieurs- oder naturwissenschaftlichen Studium zu legen.

Als eine Maßnahme konnte in den vergangenen Jahren im Wahlpflichtbereich II der Sekundarstufe I die Fächerkombination MPI – Mathematik-Physik-Informatik eingeführt und etabliert werden. Auch konnten in den letzten Jahren mit einer einzigen Ausnahme stets Leistungskurse in Physik eingerichtet werden. Durch die beiden Ergänzungsstunden, die dem Fach Physik zugewiesen sind, sehen wir gute Voraussetzungen neben den zu vermittelnden Kompetenzen auch physikalische Inhalte in einem solchen Umfang zu vermitteln, dass der Übergang in die Sekundarstufe II gut gelingen kann.

Im Lehrplan werden die prozess-, konzept- bzw. inhaltsbezogenen Kompetenzen den jeweiligen Kontexten und Inhaltsfeldern aus den Kernlehrplanes zugeordnet.

Darüber hinaus ist der Lehrplan für die Sekundarstufe II an den neuen Kernlehrplan für die Oberstufe angepasst. Wir zitieren in diesem Bereich hauptsächlich aus dem Beispiel für einen schulinternen Lehrplan Physik vom Lehrplannavigator und aus dem Kernlehrplan Physik für die beiden Sekundarstufen an Gymnasien und Gesamtschulen. Eine weitere Anpassung und Überarbeitung erfolgt an den relevanten Stellen nach Erprobung der vorgeschlagenen Unterrichtseinheiten.

Fachkonferenz Physik

September 2016

## 2. Die Fachgruppe Physik am Pius-Gymnasium

Das Pius-Gymnasium befindet sich in Aachen, der westlichsten Großstadt Deutschlands. Zurzeit unterrichten ca. 80 Lehrerinnen und Lehrer um die 1000 Schülerinnen und Schüler, die sowohl aus dem Stadtteil des Schulstandorts stammen aber auch zum Teil erhebliche Anfahrtswege aus weiter gelegenen Aachener Stadtteilen haben. Insgesamt ist die Schülerschaft in ihrer Zusammensetzung vom Leistungspotential eher heterogen.

Auch mit Blick auf diese Zusammensetzung besteht ein wesentliches Leitziel der Schule in der individuellen Förderung. Die Fachgruppe Physik versucht in besonderem Maße, jeden Lernenden in seiner Kompetenzentwicklung möglichst weit zu bringen. Außerdem wird angestrebt, Interesse an einem naturwissenschaftlich geprägten Studium oder Beruf zu wecken. In diesem Rahmen sollen u.a. Schülerinnen und Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Dieses drückt sich in der regelmäßigen Teilnahme von Schülergruppen an Wettbewerben wie z.B. *Jugend forscht*, dem *Bundeswettbewerb Physik* oder der *Physikolympiade* aus. In enger Kooperation mit der RWTH Aachen und der Sparkassenstiftung ermöglichen wir besonders begabten Lernenden der Q1 die Teilnahme an der Physikwoche an der RWTH.

Der Unterricht wird – soweit möglich – innerhalb der Unter- und Mittelstufe parallelisiert, es findet auch ein reger Materialaustausch zwischen den Kollegen statt. Auch in der Oberstufe ist der Austausch zu Inhalten, methodischen Herangehensweisen und zu fachdidaktischen Problemen intensiv. Die Fachgruppe nimmt darüber hinaus regelmäßig an Fortbildungen teil, um sich weiterzubilden. Hierzu gehören auch Fortbildungen unter den Aspekten der Neuen Medien- wie Physik mit dem Smartphone. Im Fach Physik gehört dazu auch die Erfassung von Daten und Messwerten mit modernen digitalen Medien – seien dies Apps oder Systeme wie CASSY von Leybold. An der Schule existieren zwei Computerräume, die nach Reservierung auch von Physikkursen für bestimmte Unterrichtsprojekte genutzt werden können.

Die Ausstattung des Übungsraums und der Schülerexperimentiermaterialien ist zufriedenstellend. Der Lehrsaal wird in naher Zukunft neugestaltet werden, sodass hier auch ein schüleraktivierender, experimentell ausgerichteter Physikunterricht stattfinden kann.

In der Mittelstufe sind in unsere Schule zusätzlich zwei Ergänzungsstunden Physik vorgesehen. Sodass wir die Physik durchgehen zweitündig von der 6. Klasse bis zur 9. Klasse unterrichten können. Dies bietet Möglichkeiten Inhalte zu vertiefen, Projekte durchzuführen – wie den verbindlichen Papierbrückenbau in der Klasse 8 oder den Bau eines eigenen Elektromotors in Klasse 9. Das Fach Physik ist in der Regel in der Einführungsphase mit drei Grundkursen, in der Qualifikationsphase je Jahrgangsstufe mit ein bis zwei Grundkursen und seit sehr vielen Jahren bereits auch mit einem Leistungskurs vertreten. Die Lehrerbesetzung in Physik ermöglicht einen ordnungsgemäßen Fachunterricht in der Sekundarstufe I, auch die Kursangebote in der Oberstufe sind gesichert.

Darüber hinaus organisiert die Fachgruppe Physik zusammen mit den Fachgruppen Biologie und Chemie vor den Sommerferien einen Naturwissenschaftsnachmittag mit Experimenten für Grundschüler der 3. Klasse.

### 3. Der Kompetenzbegriff im Physikunterricht

Mit dem vieldeutigen Begriff „Kompetenz“ tut sich die Fachkonferenz schwer: Vom lateinischen Wortsinn verstehen wir Kompetenz als „Zusammentreffen“, auch als „Zuständigkeit“. Diese Deutung ist nicht recht passend, also folgen wir Klafki und verstehen unter Kompetenzen die Fähigkeit und Fertigkeit, in den unten jeweils genannten Gebieten Probleme zu lösen, sowie die Bereitschaft, dies auch zu tun und umzusetzen. Natürlich werden solche Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern nur im Idealfall vollständig zu erreichen sein.

Wir zitieren größtenteils aus dem Kernlehrplan des Landes NRW die im Physikunterricht der Sekundarstufe I und II zu vermittelnden Kompetenzen und ergänzen wo nötig.

Der Physikunterricht will den Erwerb von Kompetenzen ermöglichen, die naturwissenschaftliche Grundbildung ausmachen. Gemäß den Bildungsstandards unterscheiden wir konzeptbezogene und prozessbezogene Kompetenzen.

Die **konzeptbezogenen Kompetenzen** beschreiben die Inhaltsdimension und legen somit das Fachwissen fest. Sie beziehen sich auf die vier **naturwissenschaftlichen Basiskonzepte (Energie, Struktur der Materie, System, Wechselwirkung)** und beziehen die damit verbundenen Vorstellungen und Begriffe mit ein.

Die **prozessbezogenen Kompetenzen** beschreiben die Handlungsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern in Situationen, in denen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen erforderlich sind. In den verschiedenen Jahrgangsstufen lernen die Schülerinnen und Schüler in aufsteigender Komplexität dem jeweiligen altersgemäßen Entwicklungsstand gemäß vielfältige Situationen kennen, die den Einsatz bisher gelernter Kenntnisse, Fertigkeiten und Erfahrungen erfordern. Dabei werden Kooperation und Kommunikation auch als Elemente fachmethodischen Arbeitens verstanden. Der gesamte Physikunterricht legt besonderen Wert auf die Pflege einer sachgerechten Fachsprache, die sich im Laufe der Zeit entwickelt.

Die Vermittlung und Förderung der genannten Kompetenzen erfolgt in einem Unterricht, der durch Inhaltsfelder strukturiert wird. Dies ermöglicht eine schülerorientierte Erarbeitung physikalischer Sachverhalte gekoppelt mit der Weiterentwicklung prozessbezogener Kompetenzen, in Anlehnung an das Schulbuch.

Im Folgenden erscheint eine tabellarische Darstellung der Inhalte für die Sekundarstufe I nach Jahrgängen. Hierbei erfolgt eine detaillierte Auflistung der Inhalte, die durch die Benennung der in diesem Fall vermittelten konzept- und prozessbezogenen Kompetenzen ergänzt wird. Auf diesem Wege ist direkt zu sehen, in welcher Form die Entwicklung und Förderung der Kompetenzen erfolgt und im Sinne des kumulativen Lernens wieder aufgegriffen wird.

Eine Verschiebung von Inhalten ist in Absprache mit den anderen Lehrkräften zwischen einzelnen Halbjahren möglich und aus aktuellen Anlässen sinnvoll.

Zusätzlich ist zu den konzept- und prozessbezogenen Kompetenzen in jeder Klassenstufe noch ein spezieller für das Fach typischer und wichtiger Methodenschritt verpflichtend notiert. Diese

stammen aus „**dem Haus des Lernens**“ bzw. „**der Straße des Lernens**“. Hierbei handelt es sich um ein in den Jahren 2006/07 entwickeltes Konzept zur Methodenschulung in der Erprobungsstufe des Pius-Gymnasiums, zu dem die einzelnen Fächer konkrete, in den hausinternen Fachcurricula festgelegte Beiträge leisten („Haus des Lernens“). Dieses Konzept wurde in den Jahren 2007/08 auch auf die Mittelstufe ausgedehnt („Straße des Lernens“). Seit dem Schuljahr 2009/10 wird dieses Konzept in der gesamten Sekundarstufe I umgesetzt.

Darüber hinaus ist noch die zusätzliche Spalte Synergien zwischen den einzelnen Fächern aufgeführt. Hier wird vermerkt, wo bereits auf Kenntnisse anderer Fächer zurückgegriffen werden kann bzw. wo andere Fächer auf bereits vermitteltes Wissen im Fach Physik zurückgreifen können.

Die Fachkonferenz verfolgt das Ziel, durch die Pflege einer sachgerechten Fachsprache auch die Kommunikationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in Wort und Schrift im Laufe der Entwicklung fördernd zu begleiten. Die jungen Leute erhalten Gelegenheit im Unterrichtsgespräch, bei den Schülergruppenübungen, bei Referaten und Kurzvorträgen diese Kompetenzen zu erproben und zu festigen. Diese Methoden erweitern zudem die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Bereich des selbstständigen Lernens.

Als konfessionell gebundene bischöfliche Schule des Bistums Aachen fühlen wir uns selbstverständlich auch verpflichtet, die Werte, die dem christlichen Menschbild entsprechen, den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln. Die Werteerziehung sehen wir im Rahmen der prozessbezogenen Kompetenzen angesiedelt. Sie geschieht immanent in jedem Fachunterricht und sollte sich im mitmenschlichen Umgang und der entsprechenden Gesprächskultur zeigen. Im oben angesprochenen Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung ergeben sich einige innerphysikalische Aspekte, die hier genannt werden.

#### Wahrhaftigkeit:

Versuchsergebnisse werden nicht verfälscht, damit sie besser zu unseren Vermutungen „passen“, sondern objektiv dargestellt.

#### Gründlichkeit:

Finden wir andere Ergebnisse, als aus der Theorie zu erwarten war, so klären wir, welche Aspekte womöglich außer Acht gelassen wurden, z.B. Reibungsverluste, Wärmeverluste, Ursachen weiterer Messfehler usw.

#### Grenzen von Modellen:

Modelle stellen zwar einzelne Aspekte richtig dar, versagen aber in anderen. Wir vermitteln, dass im Lauf der Geschichte Modelle weiterentwickelt und damit verbessert wurden. Die plakative Einteilung in richtig oder falsch ist hier wenig hilfreich. Die Newton'sche Mechanik stellt aus heutiger Sicht das Verhalten von Massepunkten für uns hinreichend exakt dar, wurde aber durch die Relativitätstheorie weiter verbessert, sodass nun weitere Phänomene verständlich werden.

#### Grenzen der einfachen Anschauung:

Im Unterricht der Oberstufe kommen Ergebnisse der speziellen Relativitätstheorie und der Quantenphysik zur Sprache. Wir diskutieren scheinbar anschaulich klare Begriffe, z.B. die Existenz einer objektiven Zeit oder die Gleichzeitigkeit von Ereignissen und kommen zu interessanten philosophischen Diskussionen. Anhand der Heisenberg-Unschärferelation wird klar, dass Ort und Impuls eines Objekts nicht gleichzeitig beliebig genau messbar sind.

## 4. Stoffverteilung der Jahrgangsstufen 6 bis 9

### 4.1. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Bevor im Folgenden die Stoffverteilung beschrieben wird, soll die letzte Spalte der jeweiligen Tabellen erläutert werden. Unter dem Hinweis „Synergien mit anderen Fächern“ werden fach- und fächerübergreifende Inhalte vermerkt. Hier werden Inhalte aufgelistet, die im entsprechenden Fach im gleichen Schuljahr (idealerweise parallel) unterrichtet werden. Bei Abweichungen, z.B. Physik 7 (Auge) – Biologie 6 erfolgen kurze Erläuterungen. Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Schülerinnen und Schüler Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen. Es wird Wert darauf gelegt, dass in bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

### 4.2. Klasse 6 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern)

Wochenstunden	Inhalte	Konzeptbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Synergien zwischen anderen Fächern
<b>Sonne – Temperatur – Jahreszeiten (Temperatur und Energie)</b>				
30	Thermometer, Temperaturmessung, Volumen- und Längenänderung bei Temperaturänderung, Bimetalle, Aggregatzustände (Teilchenmodell), Einführung des Energiebegriffs, Energieübertragung zwischen Körpern verschiedener Temperatur	Materiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Materiekonzept an Hand von Phänomenen so weit entwickelt, dass sie Aggregatzustände und deren Übergänge auf der Ebene einer einfachen Teilchenvorstellung beschreiben und durch die Aufnahme bzw. Abgabe von thermischer Energie (Wärme) beispielhaft erklären.	Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge und unterscheiden unter Anleitung Beobachtung und Erklärung. Die Schülerinnen und Schüler können ein Versuchsprotokoll anfertigen (Haus des Lernens). Sie führen qualitative (Thermometereichung im Schülerexperiment) und einfache quantitative (Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis) Experimente durch und protokollieren sie. Sie untersuchen das Phänomen der Wärmestrahlung mit dem Rotlichtlampenversuch. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von Texten, Skizzen, Tabellen und Diagrammen (Zeit-Temperatur-Diagramm beim Eisschmelzen). Sie stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (Anomalie des Wassers, Luftmatratze im kalten Wasser) und erklären physikalische Sachverhalte (Aggregatzustände) mithilfe des Teilchenmodells.	Diagramme (Zeit-Temperatur-Diagramm beim Eisschmelzen) Mathematik 6  Ganze Zahlen - Temperaturskala- Mathematik 6

	(Wärmeleitung, Wärmeströmung, Wärmestrahlung)	Energiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler zeigen an Beispielen, dass Energie, die als Wärme in die Umgebung abgegeben wird, in der Regel nicht weiter genutzt werden kann: Energieentwertung beim Heizen. Die Schülerinnen und Schüler stellen Energieflussdiagramme auf.	Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler erklären den Aufbau einfacher technischer Geräte (Thermometer, Sprinkleranlage, Thermoskanne) und deren Wirkungsweise. Sie tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus und dokumentieren den Verlauf ihrer Arbeit angemessen.  Bewertung: Die Schülerinnen und Schüler beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen (Treibhauseffekt) die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt.  Die schüleraktiven Durchführungen und Planungen der Experimente (s.o.) tragen zum selbstständigen Lernen der Schülerinnen und Schüler bei.	
<b>Elektrizität im Alltag (Elektrizität) zusätzlich: Magnetismus</b>				
30	Der einfache Stromkreis, Leiter und Isolatoren, UND-, ODER- und Wechselschaltung, Fahrradbeleuchtung alter Bauart, Wärmewirkung des Stromes, die Sicherung, Nennspannungen von Quellen und Verbrauchern.  Elektrischer Strom und Energie; Energiewandler. Elektrische Geräte mit Thermostat (Kaugummipapier als Bimetall). Speicherung und Transport von Energie, Entwertung von Energie; Energie	Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler planen und bauen einfache elektrische Stromkreise auf. Sie erklären an Beispielen, dass Funktionen von Elektrogeräten einen geschlossenen Stromkreis voraussetzen.  Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden und zeigen an Beispielen aus ihrem Alltag verschiedene Wirkungen des elektrischen Stroms auf. Sie beschreiben geeignete Maßnahmen für den sicheren Umgang mit elektrischem Strom. Beim Magnetismus erklären sie, dass Körper ohne direkten Kontakt eine anziehende oder abstoßende Wirkung aufeinander ausüben können.  Materiekonzept:	Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie führen qualitative (Schaltungen bauen) Experimente durch und protokollieren sie. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von Texten, Tabellen und Skizzen (Schaltskizzen). Sie stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (Klingelschaltung, Mikrowellenschaltung). Sie nutzen das Modell des Magneten, zusammengesetzt aus Elementarmagneten, zur Erklärung magnetischer Phänomene (Magnetisieren).  Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler erklären den Aufbau einfacher technischer Geräte (Stromkabel, Sicherung) und deren Wirkungsweise. Sie tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus (speziell: Stationenlernen zum Magnetismus) und dokumentieren den Verlauf ihrer Arbeit angemessen.  Bewertung: Die Schülerinnen und Schüler wenden Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten im Alltag an. Sie kennen und nutzen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit (Umgang mit elektrischem Strom).  Insbesondere durch die Schülerversuche und insbesondere das Stationenlernen „Magnetismus“, in dem verschiedene Aspekte zum Thema an verschiedenen Stationen inkl. Experimenten bzw. Freihandversuchen bearbeitet werden, arbeiten die Schülerinnen und Schüler selbstständig.	



	<p>und Umwelt.</p> <p>Dauermagnete und Elektromagnete, Magnetfelder, Klingel.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler vergleichen verschiedene Stoffe bezüglich ihrer elektrischen Stoffeigenschaften.</p> <p>Energiekonzept: Sie zeigen Beispiele für den Transport, die Speicherung und die Umwandlung z.B. in Transportketten von Energie auf.</p>		
<b>Sehen und Hören (Das Licht und der Schall)</b>				
16	<p>Licht und Sehen, Lichtquellen und Empfänger, geradlinige Lichtausbreitung (Strahlenmodell), Schatten, Mondphasen, Finsternisse.</p> <p>Schallquellen und Schallempfänger, Schwingungen, Ausbreitung als Welle, Tonhöhe und Frequenz, Lautstärke und Amplitude, Lärm und Lärmschutz.</p>	<p>Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler erklären Bildentstehung und Schattenbildung der geradlinigen Ausbreitung des Lichts. Sie identifizieren Schwingungen als Ursache von Schall und Hören als Aufnahme von Schwingungen durch das Ohr. Sie nennen geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdung durch Schall und Strahlung nennen. Sie verstehen, wie Töne bei Instrumenten entstehen.</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie führen qualitative (Schatten) und einfache quantitative (Reflexionsgesetz) Experimente durch und protokollieren sie. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von Texten, Tabellen, Zeichnungen und Diagrammen (Einfallswinkel, Reflexionswinkel). Sie stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (Schatten im Weltall – Mondphasen). Sie nutzen das Strahlenmodell zur Erklärung physikalischer Sachverhalte.</p> <p>Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus und dokumentieren den Verlauf ihrer Arbeit angemessen. Sie stellen Daten angemessen dar. Planung eines Experiments zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit angemessener Hilfestellung.</p>	<p>Aufbau und Funktionsweise des Ohrs (optional – siehe Biologie 6)</p> <p>Schall und Schallausbreitung, Entstehung von Tönen durch schwingende Saiten und Luftsäulen: Musik 6</p>

### 4.3. Klasse 7 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern)

Wochenstunden	Inhalte	Konzeptbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	
<b>Optik hilft dem Auge auf die Sprünge (Optische Instrumente, Farbzerlegung des Lichts)</b>				
38 (1. Halbjahr)	<p>Strahlenoptik: Licht an Grenzflächen: Reflexion am ebenen Spiegel, Spiegelbilder, Brechung an einer ebenen Grenzfläche, Qualitatives Verhalten des Graphen <math>n = f(\lambda)</math>, Totalreflexion, Lichtleiter. Aufbau und Bildentstehung beim Auge – Strahlenverlauf bei Linsen, z.B. Fotoapparat, Diaprojektor, Lupe, Fernrohr, Mikroskop. Zerlegung und Zusammensetzung des weißen Lichtes, infrarote und ultraviolette Strahlung</p>	<p>Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und formal so weit entwickelt, dass sie Absorption und Brechung von Licht beschreiben. Sie unterscheiden Infrarot-, Licht- und Ultraviolettstrahlung und beschreiben mit Beispielen ihre Wirkung.</p> <p>Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung und den Aufbau einfacher optischer Systeme.</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie führen qualitative (Strahlenverlauf bei Linsen) und quantitative (Brechung) Experimente durch und protokollieren sie. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von Texten, Skizzen, Tabellen und Diagrammen (x-y-Diagramme). <b>Im Rahmen der Straße des Lernens bauen die Schülerinnen und Schüler selber eine Lochkamera und experimentieren mit dieser. Dieses Unterrichtsvorhaben stellt einen deutlichen Bezug zu den Methoden des selbstständigen Lernens dar.</b> Sie stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (Endoskopie – Totalreflexion, Kristalle - Farbzerlegung), wobei sie Fachbegriffe von Alltagsbegriffen unterscheiden. Sie recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Schulbuch, Internet → IT-Einsatz) mit angemessener Hilfestellung.</p> <p>Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler erklären selbstständig den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Wirkungsweise, indem sie Kurzreferate inklusive Handouts zu optischen Systemen (Fotoapparat, Diaprojektor, Lupe, Fernrohr, Mikroskop) vorbereiten. Sie tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus: Stationenlernen zum Thema „Sehen“. Sie stelle Daten (<math>n = f(\lambda)</math>, Brechung) mit Hilfe elektronischer Werkzeuge (Tabellenkalkulation → IT-Einsatz) dar.</p>	<p>Aufbau und Funktionsweise des Auge (optional bzw. Rückgriff auf Biologie 6 - Lernspirale)</p> <p>Tabellenkalkulation, Darstellung von Zusammenhängen: Mathematik 7</p>
<b>Elektrizität – messen, verstehen, anwenden (Elektrizität)</b>				
38 (2. Halbjahr)	<p>Elektrische Ladung, Ladungsarten, Elektrostatik, Elektronen und Ionen, elektrischer Strom als bewegte Ladung, Definition von Stromstärke und Ladung,</p>	<p>Materiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Materiekonzept durch die Erweiterung der Teilchenvorstellung soweit formal entwickelt, dass sie die elektrischen Eigenschaften von Stoffen (Ladung und Leitfähigkeit) mit Hilfe eines</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie führen quantitative Experimente (Messung von Spannung und Stromstärke) durch und üben den korrekten Umgang mit Messgeräten. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von</p>	<p>Teilchenaufbau der Materie: Chemie 7</p>

	Wärmewirkung, chemische Wirkung und magnetische Wirkung des elektrischen Stromes, Stromstärke im unverzweigten und im verzweigten Stromkreis unterscheiden (Kirchhoff I) Schaltungen; Spannungsbegriff, elektrische Quelle als Energiewandler, Verbraucher als Energiewandler.	einfachen Kern-Hülle-Modells erklären.  Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Spannung als Indikator für durch Ladungstrennung gespeicherte Energie. Sie beschreiben und wenden die Beziehung von Spannung und Stromstärke in elektrischen Stromkreisen an.  Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler setzen die Stärke des elektrischen Stroms zu seinen Wirkungen in Beziehung und führen die Funktionsweise einfacher elektrischer Geräte darauf zurück.	Texten, Tabellen und Skizzen (Schaltskizzen). Durch die schüleraktiven Versuche werden die Kompetenzen im Bereich des selbstständigen Lernens gefördert. Sie stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und erklären sie (Blitze, Kopiergerät).  Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus und dokumentieren den Verlauf ihrer Arbeit angemessen.	
--	--	---	---	--

#### 4.4. Klasse 8 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern)

Wochenstunden	Inhalte	Konzeptbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Synergien zwischen anderen Fächern
<b>Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit (Kraft, mechanische Arbeit und Energie)</b>				
38 (1. Halbjahr)	Mechanik: Geschwindigkeit, Kraft als vektorielle Größe, Zusammenwirken von Kräften, Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen und Verformungen; Hooke'sches Gesetz; Kraftpfeile; Kräfteparallelogramm, geneigte Ebene; Gewichtskraft und Masse, Proportionalität zwischen beiden an festem Ort; mechanische Arbeit und Energie, Energieerhaltung, einfache Maschinen als Kraftwandler, Anwendung: Hebel und	Materiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Materiekonzept durch die Erweiterung der Teilchenvorstellung soweit formal entwickelt, dass sie verschiedene Stoffe bzgl. mechanischer Stoffeigenschaften vergleichen.  Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und soweit formal entwickelt, dass sie Bewegungsänderungen oder Verformungen von Körpern auf das Wirken von Kräften zurückführen, Kraft und Geschwindigkeit als vektorielle Größen beschreiben, die Wirkungsweisen und die	Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Die Lernenden stellen Hypothesen auf und planen geeignete Versuche zur Überprüfung. Sie führen qualitative (beschleunigte Bewegung, Newton'sche Axiome) und einfache quantitative Experimente zur gleichförmigen Bewegung, zum Hooke'schen Gesetz, zur Gewichtskraft, zur Kräftezerlegung an der schiefen Ebene und zum ein- und zweiseitigen Hebel durch (Flaschenzug optional auch als Schülerexperiment möglich). Sie protokollieren ihre Ergebnisse in Tabellen und Diagrammen. Sie mathematisieren diese und stellen hieraus Gesetzmäßigkeiten auf (Hooke'sches Gesetz, $F = mg$ , Hebelgesetz, Goldene Regel der Mechanik).  Die Lernenden führen in Kleingruppen ein Projekt zur Planung,	Ausgleichsgeraden: Mathematik 8

	Flaschenzug (optional)	<p>Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern an Beispielen beschreiben und die Beziehung und den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft beschreiben.</p> <p>Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Systemkonzept erweitert und beschreiben technische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt beurteilen.</p>	<p>zum Bau und zum Test von Brücken durch. Diese Brücken werden in 3 Doppelstunden im Physikunterricht aus Papier gebaut. Sie recherchieren hierzu in verschiedenen Medien (→ IT-Einsatz) Informationen zu Brücken und zum Brückenbau. Diese Methode des selbstständigen Lernens fordert und fördert die Schülerinnen und Schüler.</p> <p>Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler erklären selbstständig den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Wirkungsweise, indem sie ein arbeitsteiliges Experiment zur festen und losen Rolle durchführen, auswerten und sich anschließend über die physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen. Darüber hinaus können in Kurzreferaten die Anwendung und Funktionsweise von Hebeln im Alltag erklärt werden.</p> <p>Bewertung: Die Lernenden können Aspekte der Auswirkungen der Anwendung physikalischer Erkenntnisse und die hieraus resultierende Entwicklung einfacher (Hebel, Flaschenzug) und komplexer (z.B. Dampfmaschine) Werkzeuge und Maschinen in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen an ausgewählten Beispielen erläutern.</p> <p>Die Lernenden bewerten ihre experimentellen Ergebnisse und diskutieren mögliche Ausgleichsgeraden zur Mathematisierung des Zusammenhangs (z.B. <math>v=s/t</math>, Steigung der Ausgleichsgeraden bestimmen).</p>	
<b>Effiziente Energienutzung: eine wichtige Zukunftsaufgabe der Physik (Energie, Leistung, Wirkungsgrad)</b>				
20 (2.Halb- jahr)	<p>Arbeit-Energie-Leistung: Bewegungsenergie, Lageenergie, Spannenergie, Umwandlungen; Präzisierung der Energieeinheit Joule. Arbeit als Änderung der Energie. Rechenaufgaben zur Leistung. Energieerhaltung,</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler können in relevanten Anwendungszusammenhängen komplexere Vorgänge energetisch beschreiben und dabei Speicherungs-, Transport-, Umwandlungsprozesse erkennen und darstellen. Sie können die Energieerhaltung als ein Grundprinzip des</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler lernen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen herzustellen und den Energiebegriff im Alltag vom physikalischen abzugrenzen und dabei ihr erworbenes Wissen zu transferieren.</p>	

	Einfluss der Reibung, Temperaturänderung und innere Energie. Mechanisches Wärmeäquivalent; Spezifische Wärme und Arbeit, Arbeit mit der Gleichung $\Delta W_j = c \cdot m \cdot \Delta T$ . Energieentwertung.	<p>Energiekonzepts erläutern und sie zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen. Des Weiteren erkennen Sie das Prinzip der Energieerhaltung und können an Beispielen Energiefluss und Energieentwertung quantitativ darstellen. Sie kennen den quantitativen Zusammenhang von umgesetzter Energiemenge (bei Energieumsetzung durch Kraftwirkung: Arbeit), Leistung und Zeitdauer des Prozesses und nutzen ihn in Beispielen aus Natur und Technik. Sie können Lage-, kinetische und durch den elektrischen Strom transportierte sowie thermisch übertragene Energie (Wärmemenge) unterscheiden, formal beschreiben und für Berechnungen nutzen.</p> <p>Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Systemkonzept erweitert und beschreiben technische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und beurteilen ihrer Auswirkungen auf die Umwelt.</p>	<p>Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler können die Notwendigkeit zum „Energiesparen“ begründen sowie Möglichkeiten dazu in ihrem persönlichen Umfeld erläutern. Sie diskutieren und vergleichen verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung, -aufbereitung und -nutzung unter physikalisch-technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten.</p> <p>Bewertung: Die Lernenden bewerten die gesellschaftliche Relevanz und Akzeptanz von Energiesparmaßnahmen.</p>	
<b>Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit (Kraft, Druck, mechanische und innere Energie)</b>				
18	Der hydrostatische Druck, Deduktion von $p = \rho \cdot g \cdot h$ . Luftdruck als Schweredruck. Auftrieb in Flüssigkeiten. Deduktion des Archimedischen Prinzips und Experiment. Sinken, Schweben, Steigen. Der Kolbendruck, Maßeinheit Pascal, Teilchenmodell für Flüssigkeiten, Boyle-Mariotte-Gesetz mit Experiment	<p>Materiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Materiekonzept durch die Erweiterung der Teilchenvorstellung so weit formal entwickelt, dass sie verschiedene Stoffe bzgl. mechanischen Stoffeigenschaften vergleichen.</p> <p>Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Wechselwirkungskonzept erweitert und so weit formal entwickelt, dass Druck als physikalische Größe quantitativ beschreiben und in Beispielen anwenden und Schweredruck und Auftrieb formal beschreiben und in Beispielen anwenden.</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie werten Experimente zur Dichte (optional auch als Schülerexperiment) und zum Kolbendruck aus und protokollieren sie. Sie nutzen das Teilchenmodell zur Beschreibung physikalischer Phänomene und entwickeln hiermit Vorstellungen zum Druck in Gasen und in Flüssigkeiten. Sie lernen anhand der Herleitung zum Schweredruck die deduktive Vorgehensweise der Physik kennen und von der induktiven abzugrenzen. Die Lernenden planen im Sinne des selbstständigen Lernens ein Experiment zur Auftriebskraft, führen dies durch, werten es aus und leiten hieraus das Archimedische Prinzip ab.</p>	

		<p>Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler haben das Systemkonzept erweitert und beschreiben technische Geräte (z.B. Wagenheber) hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt beurteilen</p>	<p>Bewertung: Die Lernenden können Aspekte der Auswirkungen der Anwendung physikalischer Erkenntnisse und die hieraus resultierende Entwicklung technischer Geräte in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen an ausgewählten Beispielen erläutern.</p>	
--	--	--	--	--

#### 4.5. Klasse 9 – Sortiert nach Kontexten (Inhaltsfeldern)

Wochenstunden	Inhalte	Konzeptbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Synergien zwischen anderen Fächern
<b>Effiziente Energienutzung: eine wichtige Zukunftsaufgabe der Physik (Das Blockheizkraftwerk, das Energiesparhaus, Verkehrssysteme und Energieeinsatz)</b>				
38 (1. Halbjahr)	<p><b>Elektrische Energie:</b> Ohm'sches Gesetz, Widerstand; Experiment zur Messung der im Verbraucher gewandelten elektrischen Energie (Tauchsiederexperiment). Definition der Spannung als Quotient aus gewandelter Energie und geflossener Ladung. Leistung im Stromkreis. Verzweigter und unverzweigter Stromkreis: Kirchhoff'sche Gesetze. Elektromotor und Generator; Wirkungsgrad; Wechselstrom als Schwingung der Leitungselektronen. [Braun'sche Röhre, Lorentzkraft] Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie: Kraftwerkstypen, Trafo und Fernleitungen, Bestandteile des</p>	<p>Materiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe des Materiekonzepts Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge teilweise formal beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie die elektrischen Eigenschaften von Stoffen (Ladung und Leitfähigkeit) mit Hilfe eines einfachen Kern-Hülle-Modells erklären.</p> <p>Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe des Wechselwirkungskonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie den Aufbau eines Elektromotors beschreiben und seine Funktion mit Hilfe der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes erklären. Des Weiteren können die Schülerinnen und Schüler den Aufbau von Generator und Transformator beschreiben und</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie führen qualitative (Bau eines Elektromotors [Schülerbausatz von Eschke] - entdeckendes Lernen, Funktionsweise eines Generators,) und quantitative (Ohm'sches Gesetz, Kirchhoff'sche Gesetze, Tauchsiederexperiment, Transformatorgesetze) Experimente durch und protokollieren sie. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von Texten, Skizzen, Tabellen und Diagrammen bzw. werten diese digital (z.B. Excel) aus → IT-Einsatz. Sie stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und dem Alltag her (Dynamo, Funktionsweise von Kraftwerken), wobei sie Fachbegriffe von Alltagsbegriffen unterscheiden. Sie recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Schulbuch, Internet →IT-Einsatz) mit angemessener Hilfestellung. <b>Praktische Erkenntnisgewinnung erlangen die Schülerinnen und Schüler bei der verbindlichen Exkursion zum Braunkohlekraftwerk der RWE Weisweiler.</b></p>	

	<p>Haushaltsnetzes (Phase, Nulleiter, Schutzerde, Sicherung, Fehlerstromschutzschalter – Wiederaufgreifen der Inhalte aus Klasse 6)</p>	<p>ihre Funktionsweisen mit der elektromagnetischen Induktion erklären. Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe des Systemkonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben, sodass sie den quantitativen Zusammenhang von Spannung, Ladung und gespeicherter bzw. umgesetzter Energie zur Beschreibung energetischer Vorgänge in Stromkreisen nutzen. Die Schülerinnen und Schüler können die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Schaltungen beschreiben und anwenden sowie die umgesetzte Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen aus Spannung und Stromstärke bestimmen.</p>	<p>Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler erklären selbstständig den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Wirkungsweise, indem sie im Sinne des selbstständigen Lernens Kurzreferate inklusive Handouts zu Anwendungen der Induktion (z.B. Windkraftwerk, elektrische Zahnbürste, Mikrophon, Fahrradacho, Ampelanlage, Münzgeldautomat, Festplatte, Kreditkarte, E-Gitarre) vorbereiten und präsentieren. Sie tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus. <b>Sie stellen ihre experimentell gewonnenen Daten angemessen mit mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln wie Graphiken und Tabellen mit Hilfe elektronischer Werkzeuge (Excel →IT-Einsatz) dar. Dies erfolgt im Zusammenhang mit dem Schülerexperiment zum Ohm'schen Gesetz (Straße des Lernens).</b></p>	
<b>Radioaktivität und Kernenergie: Grundlagen, Anwendung, Verantwortung (Kernkraftwerke; Strahlendiagnostik und Strahlentherapie)</b>				
<p>38 (2.Halb-jahr)</p>	<p><b>Radioaktivität und Kernenergie:</b> Aufbau der Atome aus Kern und Hülle, Protonenzahl. Ionisierende Strahlung: Prinzip der Registrierung durch das Zählrohr; Arten der Strahlung, Zerfallsreihe, Halbwertszeit. Medizinische Anwendungen- Strahlenschäden und Strahlenschutz. Energie aus Kernkraftwerken: Kernspaltung und Kettenreaktion, Funktionsweise eines Reaktors, energetische Vorgänge, Entsorgung, Nutzen und Risiken der Kerntechnik.  Sofern die Zeit es erlaubt: <b>[Akustik, aufgreifen und erweitern aus Klasse 6]:</b> Schall und Schwingung, Frequenz, Periodendauer, Amplitude.</p>	<p>Materiekonzept: Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe des Materiekonzepts Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge teilweise formal beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie Eigenschaften von Materie mit einem angemessenen Atommodell beschreiben. Sie können die Entstehung von ionisierender Teilchenstrahlung beschreiben. Desweiteren nennen sie die Eigenschaften und Wirkungen verschiedener Arten radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung. Die Schülerinnen und Schüler können Prinzipien von Kernspaltung und Kernfusion auf atomarer Ebene beschreiben. Die Schülerinnen und Schüler können Zerfallsreihen mithilfe der Nuklidkarte identifizieren. Die Schülerinnen und Schüler können Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung bewerten.  Wechselwirkungskonzept: Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe des</p>	<p>Erkenntnisgewinnung: Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben physikalische Phänomene und Vorgänge. Sie führen quantitative Experimente (Nulleffekt und Nullrate, Impulsrate verschiedener Radioaktiver Stoffe, Abstandsgesetz, Absorption, Halbwertszeit) durch und üben den korrekten Umgang mit Messgeräten. In diesem Zusammenhang dokumentieren sie ihre Ergebnisse in Form von Texten, Tabellen und Skizzen. Die Experimente erfolgen mit einem extra für Schülerinnen und Schüler entwickelten Experimentierkasten zur Radioaktivität. Insbesondere soll die Schülerinnen und Schüler hier erkennen, dass Radioaktivität erst einmal etwas ganz natürliches ist und z.B. auch unsere Luft, Kaffeebohnen oder Kunstdünger radioaktiv sind.  Kommunikation: Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen – auch im Team – aus und bringen den Mitschülern als Expertenteam physikalische Inhalte bei. <b>Dies geschieht, indem sie Kurzreferate (selbstständiges Lernen) inklusive Handouts und PowerPointPräsentationen (→ IT-Einsatz) zum Thema</b></p>	

	<p>Schallempfänger, Resonanz: erzwungene Schwingung. Schallausbreitung und Wellen: Experiment zur Schallgeschwindigkeit, Wellen können reflektiert und gebeugt werden; Lärmschutz.]</p>	<p>Wechselwirkungskonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben und Ergebnisse vorhersagen, sodass sie experimentelle Nachweismöglichkeiten für radioaktive Strahlung beschreiben. Des Weiteren können die Schülerinnen und Schüler die Wechselwirkung zwischen Strahlung, insbesondere ionisierender Strahlung, und Materie sowie die daraus resultierenden Veränderungen der Materie beschreiben und damit mögliche medizinische Anwendungen und Schutzmaßnahmen erklären.</p> <p>Systemkonzept: Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe des Systemkonzepts auch auf formalem Niveau Beobachtungen und Phänomene erklären sowie Vorgänge beschreiben, sodass sie den Aufbau von Systemen beschreiben und die Funktionsweise ihrer Komponenten erklären (z. B. Kraftwerke, medizinische Geräte, Energieversorgung). Energieflüsse in den oben genannten offenen Systemen beschreiben. Darüber hinaus können die Schülerinnen und Schüler technische Geräte und Anlagen unter Berücksichtigung von Nutzen, Gefahren und Belastung der Umwelt vergleichen und bewerten und Alternativen erläutern. Die Schülerinnen und Schüler können die Funktionsweise einer Wärmekraftmaschine erklären.</p>	<p>Radioaktivität und Kernenergie (Atomaufbau, Geiger-Müller-Zählrohr- Alphastrahlung, Betastrahlung und Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, Wirkung ionisierender Strahlung, Kernreaktion und Kernspaltung, Kernkraftwerk, Tschernobyl/Fukushima (dazu: Naturgewalten über dem Menschen) halten und hierzu auch interaktive Übungen für die Schülerinnen und Schüler entwerfen (Straße des Lernens). Regionaler Bezug: Tihange (!)</p> <p>Bewertung: Die Schülerinnen und Schüler schätzen auf Grund ihres erworbenen, physikalischen Wissens Chancen und Risiken moderner Technologien und deren Nutzung von Kernenergie ab. Sie wenden bei Schülerexperimenten die erlernten Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit radioaktiven Stoffen an. Sie kennen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit und sind sich ihrer sozialen Verantwortung bewusst. Sie erläutern Aspekte der Auswirkungen der Anwendung physikalischer Erkenntnisse im Bereich der Kernspaltung und Kernfusion in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen. Regionaler Bezug: Tihange (!)</p>	
--	---	--	---	--



## 5. Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe

Die Fachkonferenz Physik hat die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 26 sind fachspezifisch angelegt. Sie sind in weiten Teilen aus dem schulinternen Lehrplan des Lehrplannavigators übernommen.

### **Überfachliche Grundsätze:**

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

### **Fachliche Grundsätze:**

- 15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und nach Kontexten ausgerichtet.
- 16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
- 17.) Der Physikunterricht unterstützt durch seine experimentelle Ausrichtung Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern.
- 18.) Der Physikunterricht knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an.
- 19.) Der Physikunterricht stärkt über entsprechende Arbeitsformen kommunikative Kompetenzen.
- 20.) Der Physikunterricht bietet nach experimentellen oder deduktiven Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Reflexion, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung bewusst gemacht wird.
- 21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.
- 22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.

- 23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
- 24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
- 25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen, wiederholenden Üben sowie zu selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.
- 26.) Im Physikunterricht wird der eingeführte Taschenrechner verwendet. Die Messwertauswertung kann auf diese Weise oder per PC erfolgen.

## 6. Unterrichtsvorhaben für die Sekundarstufe II

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben für die Sekundarstufe II im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen abzudecken. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, Schülerinnen und Schülern Lerngelegenheiten zu ermöglichen, so dass alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans von ihnen erworben werden können.

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

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 6.1.1), angelehnt an den Kernlehrplan, wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten sowie in der Fachkonferenz verabredeten verbindlichen Kontexten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, individuelle Förderung, besondere Schülerinteressen oder aktuelle Themen zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant. Da in der Einführungsphase das Sozialpraktikum und Europaprojekte stattfinden, ist der didaktische Freiraum in dieser Jahrgangsstufe stärker begrenzt.

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 6.2., Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter

Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden müssen.

## 6.1. Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Physik und Sport</i> Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 42 Unterrichtsstunden</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kräfte und Bewegungen</li> <li>• Energie und Impuls</li> </ul>	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation E5 Auswertung E6 Modelle UF2 Auswahl</p>
<p><i>Auf dem Weg in den Weltraum</i> Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem? Zeitbedarf: 28 Unterrichtsstunden</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravitation</li> <li>• Kräfte und Bewegungen</li> <li>• Energie und Impuls</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung E3 Hypothesen E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Schall</i> Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen? Zeitbedarf: 10 Unterrichtsstunden</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingungen und Wellen</li> <li>• Kräfte und Bewegungen</li> <li>• Energie und Impuls</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung UF1 Wiedergabe K1 Dokumentation</p>
<p><b>Summe Einführungsphase: 80 Stunden</b></p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 14 Unterrichtsstunden</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photon (Wellenaspekt)</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 15 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron (Teilchenaspekt)</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle</p>
<p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 5 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>	<p>E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 18 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung und elektrische Energie</li> <li>• Induktion</li> <li>• Spannungswandlung</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien</p>
<p><i>Wirbelströme im Alltag</i> Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 56 Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i>  Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?  Zeitbedarf: 13 Ustd.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung der Atomhülle</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  E5 Auswertung  E2 Wahrnehmung und Messung</p>
<p><i>Mensch und Strahlung</i>  Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?  Zeitbedarf: 9 Ustd.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernumwandlungen</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  B3 Werte und Normen  B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Forschung am CERN und DESY</i>  Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?  Zeitbedarf: 6 Ustd.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>	<p>UF3 Systematisierung  E6 Modelle</p>
<p><i>Navigationssysteme</i>  Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?  Zeitbedarf: 5 Ustd.</p>	<p><i>Relativität von Raum und Zeit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  E6 Modelle</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger</i>  Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?  Zeitbedarf: 6 Ustd.</p>	<p><i>Relativität von Raum und Zeit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung  B1 Kriterien</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i>  Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?  Zeitbedarf: 2 Ustd.</p>	<p><i>Relativität von Raum und Zeit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen  K3 Präsentation</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: 41 Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle</p>
<p><i>Höhenstrahlung</i> Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> </ul>	<p>E5 Auswertung K3 Präsentation (selbstständiges Lernen)</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> </ul>	<p>UF4 Vernetzung B1 Kriterien</p>
<p><i>Satellitenavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 24 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i> Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet? Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li> <li>Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 22 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetische Induktion</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i> Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden? Zeitbedarf: 28 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: 120 Stunden</b></p>		



Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 10 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</i> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 9 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Erforschung des Elektrons</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 6 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus</li> </ul>	UF1 Wiedergabe K3 Präsentation
<i>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</i> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 10 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Quantenphysik und klassische Physik</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i>  Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?  Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe  E5 Auswertung (selbstständiges Lernen)  E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i>  Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?  Zeitbedarf: 14 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> </ul>	<p>UF3 Systematisierung  E6 Modelle  UF4 Vernetzung</p>
<p><i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i>  Wie funktioniert die <sup>14</sup>C-Methode?  Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> </ul>	<p>UF2 Auswahl  E5 Auswertung</p>
<p><i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i>  Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?  Zeitbedarf: 9 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernspaltung und Kernfusion</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> </ul>	<p>B1 Kriterien  UF4 Vernetzung</p>
<p><i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i>  Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?  Zeitbedarf: 11 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</li> </ul>	<p>UF3 Systematisierung  K2 Recherche</p>
<p><b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: 89 Stunden</b></p>		

## 6.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### 6.2.1. Einführungsphase

**Inhaltsfeld:** *Mechanik*

**Kontext:** *Physik und Sport*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können ...

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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)	berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6), entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4), reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4), 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 (B1).	Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung: Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft Protokolle: Funktionen und Anforderungen	Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I. Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften

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

**Kontext:** *Auf dem Weg in den Weltraum*

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können ...

- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.
- (E3) mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (3 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).	Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell	Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt, Besuch in einer Sternwarte, Beobachtungen am Himmel , Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen  <i>Geschichte der Weltbilder - Rehabilitation Galileis durch Johannes Paul II.</i>
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (5 Ustd.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).	Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Orientierung am Himmel Beobachtungsaufgabe: Finden von Planeten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Benutzung geeigneter Apps



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (6 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6).	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“
Kreisbewegungen (8 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	Messung der Zentralkraft An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanzhaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten Bahnen von Satelliten und Planeten

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 Ustd.)	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).	Skateboards und Medizinball Wasserrakete Raketentriebwerke für Modellraketen Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung	Impuls und Rückstoß Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete in einer Excel-Tabelle Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme
<b>28 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Schall**

Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können ...

- (E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (K1) Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.

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

## 6.2.2. Qualifikationsphase: Grundkurs

**Inhaltsfeld:** *Quantenobjekte*

**Kontext:** *Erforschung des Photons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (E2) Kriterien geleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	<b>Doppelspalt</b> und <b>Gitter</b> , <b>Wellenwanne</b> quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2).	<b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotozelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überföhrungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden.
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext:** *Erforschung des Elektrons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.

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

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

**Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte**

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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



**Inhaltsfeld:** *Elektrodynamik (GK)*

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

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.
- (E2) Kriterien geleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:</b> Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung (5 Ustd.)	erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).	bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - <b>„Leiterschaukelversuch“</b> Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b> ) Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird. Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen $U$ , $v$ und $B$ .	Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele. Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet. Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.
<b>Technisch praktikable Generatoren:</b> Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)	recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2), erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).	Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren	Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselfspannungen in Generatoren (E2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4).</p>	<p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und <b>digitalem Messwerterfassungssystem</b></p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p><b>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</b> Transformator (5 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2). geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselfspannung an (E4), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5), führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4).</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator) Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwerterfassungssystem</b> zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen. Die registrierten Messdiagramme werden von den Schülerinnen und Schüler eigenständig ausgewertet.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> , um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1), zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).	<b>Modellexperiment</b> (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.
<b>18 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Wirbelströme im Alltag**

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten.

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

**Inhaltsfeld: Strahlung und Materie**

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von <b>Linienpektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7).	<b>Franck-Hertz-Versuch</b>	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von <b>Röntgenspektren</b> (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden Mögliche Ergänzungen: Bremsspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1).	<b>Flammenfärbung</b> Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b> <b>Spektralanalyse</b>	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
<b>13 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext:** *Mensch und Strahlung*

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können ...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

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



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

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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

**Inhaltsfeld:** *Relativität von Raum und Zeit*

**Kontext:** *Navigationssysteme*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,  
 (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.

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

**Kontext:** *Teilchenbeschleuniger*

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.  
 (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten.

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

**Kontext:** *Das heutige Weltbild*

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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

### 6.2.3. Qualifikationsphase: Leistungskurs

**Inhaltsfeld:** *Relativitätstheorie*

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

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,  
 (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.

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

**Kontext: Höhenstrahlung**

Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmo-sphäre die Erdoberfläche?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren.

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

4 Ustd.	Summe
---------	-------

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

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen,
- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten. Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht. Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1), berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2),		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.



Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (2 Ustd.)	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3).	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen. Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen
<b>8 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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

**Kontext:** *Das heutige Weltbild*

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

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

**Kompetenschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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

**Inhaltsfeld:** *Elektrik*

**Kontext:** *Untersuchung von Elektronen*

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6), 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).</p>		<p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>
<b>24 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

Leitfrage: Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?  
Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen,
- (E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.



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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</b> Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Ustd.)	erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), 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),	diverse Kondensatoren (als Ladungs-/Energiespeicher), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, statische Voltmeter bzw. Elektrometernmessverstärker, 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	Kondensatoren werden als Ladungs-/Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern). Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt. Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell, Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung), Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben. deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie

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

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

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	
<p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b>  Induktionsvorgänge,  Induktionsgesetz,  Lenz'sche Regel,  Energie des magnetischen Feldes  (22 Ustd.)</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),  wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),  leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),  planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),  führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),  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 <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,  Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,  einfaches elektrodynamisches Mikrofon,  Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)  quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße <math>B</math>,  registrierende Messung von <math>B(t)</math> und <math>U_{\text{ind}}(t)</math>,  „Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,  Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.  Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:  1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)  2. Änderung der Feldgröße <math>B</math> (quantitatives Experiment)  Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)  Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.  qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>

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

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

Leitfrage:                    Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?  
Inhaltliche Schwerpunkte:        Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

**Kompetenzschwerpunkte:**    Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- (E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
- (B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

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



Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),		Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.
<b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b> Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen, (16 Ustd.)	beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6), erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <i>B</i> - bzw. <i>E</i> -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),	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.),	Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen, Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet. Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C, Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!</li> <li>• (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird.</li> <li>• Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.</li> </ul>

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

**Inhaltsfeld:** *Quantenphysik*

**Kontext:** *Erforschung des Photons*

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

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

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

**Kontext:** *Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons*

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,  
 (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre der Schul- röntgeneinrichtung; Möchte man nicht mit der Röntgenröhre arbeiten, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php">http://www.mackspace.de/unter richt/simulationen_physik/quant enphysik/sv/roentgen.php</a> oder <a href="http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni- due.de/physik/ap/iabe/roentgen _b10/roentgen_b10_uebersicht. html)</a>	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“) Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden. Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligeren Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3).	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext:** *Erforschung des Elektrons*

Leitfrage: Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,  
 (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren.

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

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

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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



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

**Inhaltsfeld:** *Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik*

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Bohr'sche Postulate (2 Ustd.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4).	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren (3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Nebelkammer	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.) Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz Material zu Halbleiterdetektoren

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Strahlungsarten (5 Ustd.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1), benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6), erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),	Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung Ablenkung von $\beta$ -Strahlen im Magnetfeld Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten
Dosimetrie (2 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),	Video zur Dosimetrie Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4).	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen) Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

Leitfrage: Wie funktioniert die 14C-Methode?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,  
 (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Radioaktiver Zerfall:</b> Kernkräfte (1 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),	Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008)	Siehe <a href="http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html">http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html</a> Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	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),	Tabellenkalkulation  Ggf. CAS	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung  Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2).	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse**

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,  
 (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Kernspaltung und Kernfusion:</b> Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),	Video zu Kernwaffenexplosion	Z.B. YouTube
Kettenreaktion (2 Ustd.)	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),	Mausefallenmodell, Video, Applet	Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),	Diagramm $B/A$ gegen $A$ , Tabellenwerk, ggf. Applet	Z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Siehe <a href="http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm">http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm</a>
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?  
 Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können...

- (UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,  
 (K2) zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden. Internet: <a href="http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/">http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/</a> Ggf. Schülerreferate



<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6). erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den Schülerinnen und Schüler bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ (den Schülerinnen und Schüler bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	Literatur und Recherche im Internet „CERN-Rap“: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8</a>	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik
<b>11 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

Hinweis: Da in diesem Bereich in Schulen keine Realexperimente durchgeführt werden können, sind wir darauf angewiesen auf geeignete Internetmaterialien zurückzugreifen. Eventuell bietet sich auch eine Exkursion zum Teilchenbeschleuniger am Forschungszentrum Jülich an. Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet. Internet-Materialien (Letzter Aufruf Okt 2015):

- CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich):

- <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/kurzvideos/film6.wmv>
- Weiter Filme zum Standardmodell im Netz verfügbar (z.B. bei YouTube)
- Einführung in Teilchenphysik (DESY):
  - <http://teilchenphysik.desy.de/>
  - <http://kworkquark.desy.de/1/index.html>
- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer:
  - <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
  - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
  - <http://physicsmasterclasses.org/neu/>
  - <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
  - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
  - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik>

## 7. Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen, die sowohl für die Sekundarstufe I und II zählen.

### Überprüfungsformen

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

### Lern- und Leistungssituationen

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

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

Bekanntlich ist erfolgreiches Lernen kumulativ. Dies bedingt, dass Unterricht und Lernerfolgsüberprüfungen darauf ausgerichtet sein müssen, Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu geben, grundlegende Kompetenzen, die sie in den vorangegangenen Jahren erworben haben, wiederholt und in wechselnden Kontexten anzuwenden. Es kann nicht ausreichend sein, wenn nur Einzelergebnisse zusammenhanglos wiedergegeben werden. Wir erwarten von unseren Schülerinnen und Schülern eine gründliche Auseinandersetzung mit dem erlernten Stoff und bieten dazu u.a. im Unterrichtsgespräch, in Demonstrationsexperimenten und Schülerübungen sowie Referaten vielfältige Anregungen, die durch die Darstellungen im Schulbuch ergänzt werden.

### ***7.1. 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 sowohl zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Fachkonferenz hat unter Berücksichtigung von § 48 SchulG und §13 APO-GOST festgelegt, dass am Ende jedes Quartals den Schülerinnen und Schülern eine Leistungsrückmeldung zu geben ist. Die Rückmeldung erfolgt auf Grundlage der dargestellten Kriterien für die Überprüfung der sonstigen Leistungen und schließt Hinweise zur individuellen Förderung ein.

### **7.2. Beurteilungsbereiche für die Sonstige Mitarbeit Sek I und Sek II**

	Sek I	Sek II
regelmäßiges Anfertigen von Hausaufgaben (Sek. I – Einbringen der HA in das Unterrichtsgespräch)	x	x
Erledigung von Arbeitsaufträgen	x	x
Mitarbeit in der Gruppe, insbesondere bei Schülerübungen	x	x
Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte	x	x
Einbringen des eigenen Fachwissens in der Gruppe	x	x
Kreative Ideen, besondere (auch elegante) Beiträge und Ideen zu Problemen	x	x
Anwendung von Fachbegriffen	x	x
Fachsprache und Verwendung der deutschen Sprache, sachgerechte Kommunikationsfähigkeit im Unterrichtsgespräch und in Kleingruppenarbeiten	x	x
Sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (physikalische Größen, Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)	x	x
Führung der Mappe/des Heftes	x	x
Arbeit am Gerät und fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimenten	x	x
Referate (Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von auch mediengestützten Präsentationen)	x	x
Verständlichkeit und Präzession beim Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit	x	x
Protokolle	x	x
eventuell Facharbeit (ersetzt Klausur in Q1.2)		x
Schriftliche Übung (auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkt) max. 2 pro Halbjahr bzw. max. 1 pro Quartal	x	x
Fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen	x	x
Sicherheit und Eigenständigkeit beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen	x	x
Schriftliche Kontrolle in der EF, da nur eine Klausur pro Halbjahr		x

### **7.3. Beurteilungsbereich Klausuren in der Sek II**

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt. Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel 3 des Kernlehrplans formuliert sind:

Wenn sich Aufgaben auf ein Demonstrationsexperiment beziehen, beginnt in diesem Fall die Arbeitszeit erst nach Durchführung des Experimentes.

Wenn in den Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung ein Schülerexperiment vorgesehen ist, wird die Arbeitszeit um die Zeit zur Durchführung des Experimentes durch die Schülerinnen und Schüler verlängert.

#### ***Dauer und Anzahl richten sich nach den Angaben der APO-GOST:***

Einführungsphase:

In jedem Halbjahr wird eine Klausur (je 90 Minuten) geschrieben.

Qualifikationsphase 1:

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

Qualifikationsphase 2.1:

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

Qualifikationsphase 2.2:

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

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht. Dabei sind alle Anforderungsbereiche zu berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet.

Die Leistungsbewertung in den Klausuren wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Kriterienraster für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird.

Die Bewertung der Klausuren erfolgt nach dem folgenden Schema:

**Einführungsphase:**

Note	sehr gut (1)	gut (2)	befriedigend (3)	ausreichend (4)	mangelhaft (5)	ungenügend (6)
ab ca.	85%	70%	55%	40%	20%	0%

Eine Angabe von Notentendenzen (plus/ minus) ist bei der Benotung der Klausuren möglich.

**Qualifikationsphase:**

<b>Punkte</b>	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
<b>Note</b>	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
<b>ab ca. [%]</b>	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	33	27	20	0

Der defizitäre Bereich beginnt bei der Note „ausreichend minus“.

Eine Musterklausur mit Informationen zu Voraussetzungen, Kompetenzerwartungen und Anforderungsbereichen sowie mit einem Bewertungsbogen einschließlich Musterlösung kann auf Nachfrage eingesehen werden und wird demnächst auch digital zugänglich gemacht.

#### **7.4. Zuordnung von Leistungen zu Noten**

Die nachfolgende Zuordnung wurde im Wesentlichen von der Fachgruppe Katholische Religion unserer Schule erarbeitet und für Physik angepasst. Sie soll helfen die Notenbereiche gegeneinander abzugrenzen.

In der Sek I ergibt sich die Gesamtnote nur aus der sonstigen Mitarbeit (incl. Schriftl. Übungen), in der Sek II im Verhältnis schriftlich – mündlich zu etwa gleichen Teilen.

Note	Klasse 6
sehr gut	regelmäßige und gleichmäßig hohe und selbstständige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (sehr hohes Maß an Selbstständigkeit in Einzelarbeit, sehr hohes Maß an Kooperations- und Teamfähigkeit in Partner- und Gruppenarbeiten); sachgerechte und ausgewogene Beurteilung; eigenständige gedankliche Leistung als Beitrag zur Problemlösung; angemessene und richtige Verwendung von neu erlernten Fachbegriffen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden sicher beherrscht und angewendet; vollständiges, vorbildliches Heft/Portfolio
gut	regelmäßig hohe und selbstständige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (hohes Maß an Selbstständigkeit in Einzelarbeit, hohes Maß an Kooperations- und Teamfähigkeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Verständnis schwierigerer Sachverhalte; Fähigkeit zur Problemerkennung; weitgehend sachgerechte und angemessene Verwendung von neu erlernten Fachbegriffen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden beherrscht und angewendet; ansprechendes Heft/Portfolio
befriedigend	insgesamt regelmäßig freiwillige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (freiwillige und bemühte Arbeit in Einzelarbeit, freiwillige Teilnahme und Mitarbeit in Partner- und Gruppenarbeiten); im Wesentlichen richtige Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus unmittelbar behandeltem Stoff; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden überwiegend beherrscht und angewendet; gelegentlich selbstständige Anwendung von neu erlernten Fachbegriffen; weitestgehend ansprechendes Heft/Portfolio
ausreichend	nur gelegentlich freiwillige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (nur gelegentlich freiwillige Arbeit in Einzelarbeit, gelegentliche bis passive Teilnahme und Mitarbeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Äußerungen beschränken sich auf die Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus dem unmittelbar behandelten Stoffgebiet und sind im Wesentlichen richtig; reproduktives Wissen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden mit Einschränkungen beherrscht; unvollständiges Heft/Portfolio
mangelhaft	überwiegend passives Verhalten im Unterricht, Einzelarbeiten werden nur mühsam nach Aufforderung begonnen, Mitarbeit und Teilnahme an Partner- und Gruppenarbeiten auch nach Aufforderung passiv; Äußerungen nach Aufforderung sind nur teilweise richtig; sehr lückenhafte Sach- und Methodenkompetenz; unvollständiges, unordentliches Heft/ Portfolio
ungenügend	keine freiwillige Mitarbeit im Unterricht, weder in Einzel-, Partner- noch Gruppenarbeiten; Äußerungen nach Aufforderung sind falsch; nicht zu motivieren.

Note	Klasse 7/8	Klasse 9 und Sek II
sehr gut	regelmäßige und gleichmäßig hohe und selbstständige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (sehr hohes Maß an Selbstständigkeit in Einzelarbeit, sehr hohes Maß an Kooperations- und Teamfähigkeit in Partner- und Gruppenarbeiten); sachgerechte und ausgewogene Beurteilung; erkennbare Grundkenntnisse; eigenständige gedankliche Leistung als Beitrag zur Problemlösung; angemessene und richtige Verwendung von Fachbegriffen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden sicher beherrscht und angewendet; vollständiges, ordentliches Heft/Portfolio	regelmäßige und gleichmäßig hohe und selbstständige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (sehr hohes Maß an Selbstständigkeit in Einzelarbeit, sehr hohes Maß an Kooperations- und Teamfähigkeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Erkennen eines Problems und dessen Einordnung in einen größeren Zusammenhang; sachgerechte und ausgewogene Beurteilung; fundierte Grundkenntnisse; eigenständige gedankliche Leistung als Beitrag zur Problemlösung; angemessene, klare sprachliche Darstellung und richtige Verwendung von Fachbegriffen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden sicher beherrscht und zielorientiert angewendet; vollständiges, ordentliches Heft/Portfolio
gut	regelmäßig hohe und selbstständige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (hohes Maß an Selbstständigkeit in Einzelarbeit, hohes Maß an Kooperations- und Teamfähigkeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Verständnis schwierigerer Sachverhalte und deren Einordnung in den Gesamtzusammenhang des Themas; gute Grundkenntnisse; Fähigkeit zur Problemerkennung; weitgehend sachgerechte und angemessene Verwendung von Fachbegriffen;  vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden beherrscht und angewendet; ansprechendes Heft/Portfolio	regelmäßig hohe und selbstständige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (hohes Maß an Selbstständigkeit in Einzelarbeit, hohes Maß an Kooperations- und Teamfähigkeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Verständnis schwierigerer Sachverhalte und deren Einordnung in den Gesamtzusammenhang des Themas; gute Grundkenntnisse; Fähigkeit zur Problemerkennung; es sind Kenntnisse vorhanden, die über die Unterrichtsreihe hinausreichen; weitgehend sachgerechte und angemessene Verwendung von Fachbegriffen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden beherrscht und angewendet; ansprechendes Heft/Portfolio
befriedigend	insgesamt regelmäßig freiwillige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (freiwillige und bemühte Arbeit in Einzelarbeit, freiwillige Teilnahme und Mitarbeit in Partner- und Gruppenarbeiten); im Wesentlichen richtige Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus unmittelbar	insgesamt regelmäßig freiwillige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (freiwillige und bemühte Arbeit in Einzelarbeit, freiwillige Teilnahme und Mitarbeit in Partner- und Gruppenarbeiten); im Wesentlichen richtige Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus unmittelbar



	<p>behandeltem Stoff; solide Grundkenntnisse; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden überwiegend beherrscht und angewendet; gelegentlich selbstständige Anwendung von Fachbegriffen; weitestgehend ansprechendes Heft/Portfolio</p>	<p>behandeltem Stoff; solide Grundkenntnisse; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden überwiegend beherrscht und angewendet; gelegentliche Verknüpfung mit Kenntnissen des Stoffes der gesamten Unterrichtsreihe; gelegentlich selbstständige Anwendung von Fachbegriffen; weitestgehend ansprechendes Heft/Portfolio</p>
ausreichend	<p>nur gelegentlich freiwillige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (nur gelegentlich freiwillige Arbeit in Einzelarbeit, gelegentliche bis passive Teilnahme und Mitarbeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Äußerungen beschränken sich auf die Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus dem unmittelbar behandelten Stoffgebiet und sind im Wesentlichen richtig; Grundkenntnisse in Einzelfällen abrufbar; reproduktives Wissen; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden mit Einschränkungen beherrscht; unvollständiges Heft/Portfolio</p>	<p>nur gelegentlich freiwillige Mitarbeit im Unterricht, dies beinhaltet auch die unterschiedlichen Sozialformen (nur gelegentlich freiwillige Arbeit in Einzelarbeit, gelegentliche bis passive Teilnahme und Mitarbeit in Partner- und Gruppenarbeiten); Äußerungen beschränken sich auf die Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus dem unmittelbar behandelten Stoffgebiet und sind im Wesentlichen richtig; fachliches Verständnis und Gebrauch von Fachbegriffen nur unter intensiver Anleitung; vermittelte Fachkenntnisse und Methoden werden mit Einschränkungen beherrscht und angewendet; reproduktives Wissen; unvollständiges Heft/Portfolio</p>
mangelhaft	<p>überwiegend passives Verhalten im Unterricht, Einzelarbeiten werden nur mühsam nach Aufforderung begonnen, Mitarbeit und Teilnahme an Partner- und Gruppenarbeiten auch nach Aufforderung passiv; Äußerungen nach Aufforderung sind nur teilweise richtig; sehr lückenhafte Sach- und Methodenkompetenz; defizitäre Grundkenntnisse; unvollständiges, unordentliches Heft/ Portfolio</p>	<p>überwiegend passives Verhalten im Unterricht, Einzelarbeiten werden nur mühsam nach Aufforderung begonnen, Mitarbeit und Teilnahme an Partner- und Gruppenarbeiten auch nach Aufforderung passiv; Äußerungen nach Aufforderung sind nur teilweise richtig; sehr lückenhafte Sach- und Methodenkompetenz; defizitäre Grundkenntnisse; unvollständiges, unordentliches Heft/ Portfolio</p>
ungenügend	<p>keine freiwillige Mitarbeit im Unterricht, weder in Einzel-, Partner- noch Gruppenarbeiten; Äußerungen nach Aufforderung sind falsch; nicht zu motivieren.</p>	<p>keine freiwillige Mitarbeit im Unterricht, weder in Einzel-, Partner- noch Gruppenarbeiten; Äußerungen nach Aufforderung sind falsch; nicht zu motivieren.</p>

## 8. Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht sind folgende Schulbücher eingeführt worden:

Klasse 6:

Duden Physik Gymnasium Nordrhein-Westfalen 5/6. Schuljahr Schülerbuch mit CD-ROM  
ISBN 9783835530638, 978-3-8355-3063-8

Klasse 7-9:

Duden Physik Gymnasium Nordrhein-Westfalen 7.-9. Schuljahr Schülerbuch mit CD-ROM  
ISBN 9783835530652, 978-3-8355-3065-2

Sek II:

J. Grehn, J. Krause (Hrsg.), Metzler Physik, Schroedel, Braunschweig: 2007<sup>4</sup>, Schülerband S II  
ISBN 978-3-507-10710-6

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten die im Unterricht behandelten Inhalte in häuslicher Arbeit nach. Hierzu dienen die Mitschriften aus dem Unterricht, die ausgeteilten Arbeitsblätter, die das Lehrbuch ergänzen sowie das eingeführte Lehrbuch.

## 9. Exkursionen und Projekte

In der gymnasialen Oberstufe sollen in Absprache mit der Stufenleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese sollen im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden.

Die FK beteiligt sich an dem Projekt *Teach/ING* des WZL an der RWTH- Aachen mit der Zielsetzung, den Nachwuchs in den ingenieurwissenschaftlichen Fächern frühzeitig zu fördern. Seit 1995 besteht eine Kooperation mit der **RWTH** Aachen. So besuchten Mittelstufenschüler im Rahmen des Physikunterrichts das **Werkzeugmaschinenlabor** (WZL) der RWTH. Diese Exkursion wird seit 2014 durch einen zweitägigen Workshop zum Thema „*Effiziente Produktion*“, ebenfalls vom WZL (Werkzeugmaschinenlabor der RWTH), ersetzt und richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis Q2. Der Workshop soll jährlich bzw. alle zwei Jahre (je nach den Möglichkeiten des WZL) angeboten werden (letzter Termin: Sept. 31.08./1.09.2016). Dieser Workshop wird durch die Hermann-Voss-Stiftung ermöglicht.

Von 2005 bis 2010 besuchten Schülerinnen und Schüler der Klassen 9 im Rahmen des Physikunterrichts das **Forschungszentrum Jülich (FZJ)**. Seit 2011 liegt der Schwerpunkt auf der Sekundarstufe II: Nun suchen unsere Leistungskurse regelmäßig die Forschungseinrichtung auf, insbesondere das Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-4), das Institut für Plasmaphysik, das Institut für Kernphysik (IKP) Cosy und den Jülicher Supercomputer. Des Weiteren besteht die Möglichkeit Programmpunkte im Bereich Brennstoffzellenforschung, Photovoltaik und Nanoelektronik zu buchen. Ein entsprechender Kooperationsvertrag wurde abgeschlossen (letzter Besuch: 11.01.2016).

Für Klassen der Unter- und Mittelstufe besteht die Möglichkeit das Schülerlabor des FZJ *Julab* zu besuchen, an dem sich nachmittags stets der Besuch eines Forschungsinstitutes anschließt.

Darüber hinaus finden im Fach Physik für Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse regelmäßig Exkursionen zum naheliegenden Braunkohletagebau und zum angegliederten Kraftwerk der **RWE in Weisweiler** statt (letzter Besuch: April 2016).

Des Weiteren ist das Pius-Gymnasium **Gründungsmitglied des zdi-Netzwerks** (Zukunft durch Innovation) der StädteRegion Aachen, welches seit Dezember 2013 existiert. Es handelt sich hierbei um ein Netzwerk aus Schulen und Unternehmen, welches durch den Bereich Wirtschaftsförderung der Stadt Aachen koordiniert wird. Insbesondere die MINT-Fächer stehen hier im Fokus. Das Netzwerk vermittelt außerschulische Lernorte (z.B. Besuch des FabBusses (Thema: 3D-Drucken) der FH Aachen im September 2016), Kurse und Wettbewerbe, bringt Unternehmen in die Schule und ermöglicht Schülerinnen und Schülern berufsorientierende Einblicke in Unternehmen. Der enge Kontakt zwischen der Stadt Aachen, den Unternehmen und den teilnehmenden Schulen wird unter anderem durch die regelmäßigen Treffen aller Teilnehmer des Netzwerks am „Runden Tisch“ gewährleisten.

## **10. Qualitätssicherung und Evaluation**

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

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

Durch Diskussion und Austausch der Aufgabenstellung von Klausuren in Fachdienstbesprechungen und eine regelmäßige Erörterung der Ergebnisse von Leistungsüberprüfungen wird ein hohes Maß an fachlicher Qualitätssicherung erreicht.

Das schulinterne Curriculum ist zunächst bis 2017 für den ersten Durchgang durch die gymnasiale Oberstufe nach Erlass des Kernlehrplanes verbindlich. Jeweils zu Beginn eines neuen Schuljahres, d.h. werden in einer Dienstbesprechung für die nachfolgenden Jahrgänge zwingend erforderlich erscheinende Veränderungen diskutiert und ggf. beschlossen, um erkannten, ungünstigen Entscheidungen schnellstmöglich entgegenwirken zu können.