

**Weiterbildungskolleg Bonn**

**Schulinterner Lehrplan zum Kernlehrplan für  
das Abendgymnasium und Kolleg in Nord-  
rhein-Westfalen**

**Physik**

Entwurfsstand: Juni 2015

# Inhalt

	Seite
<b>1 Die Fachgruppe Physik am Weiterbildungskolleg Bonn</b>	<b>3</b>
1.1 Allgemeine Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit	3
1.2 Fachspezifische Rahmenbedingungen	4
<b>2 Entscheidungen zum Unterricht</b>	<b>5</b>
2.1 Unterrichtsvorhaben	5
2.1.1 <i>Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben</i>	7
2.1.2 <i>Konkretisierte Unterrichtsvorhaben</i>	10
2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe	40
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	42
2.4 Lehr- und Lernmittel	46
<b>3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen</b>	<b>47</b>
<b>4 Qualitätssicherung und Evaluation</b>	<b>48</b>

# 1 Die Fachgruppe Physik am Weiterbildungskolleg Bonn

## 1.1 Allgemeine Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Das Weiterbildungskolleg (WbK) und Abendgymnasium (AG) der Bundesstadt Bonn ist eine Einrichtung des Zweiten Bildungswegs. Es ermöglicht Erwachsenen Schulabschlüsse nachzuholen. Nach dem 4. Semester kann der Fachhochschulreifeabschluss (schulischer Teil) erreicht werden, nach dem 6. Semester die Allgemeine Hochschulreife.

Die Hauptstelle in Bonn **bietet im Sekundar-II-Bereich die Bildungsgänge** Kolleg, Abendgymnasium und abitur-online.nrw (aol) an, die Außenstelle in Euskirchen das Abendgymnasium und abitur-online.nrw. Je nach Eingangsvoraussetzungen und persönlicher Planung entscheiden sich die Studierenden für einen der Bildungsgänge bei der Anmeldung.

Die **Lebenswelt der Studierenden im zweiten Bildungsweg** ist oftmals durch folgende Aspekte gekennzeichnet:

- Viele Studierende wohnen nicht mehr im Elternhaus, sondern in einer eigenen Wohnung bzw. in einer Wohngemeinschaft. Sie erhalten meist BA-fög und/oder üben eine geringfügige Beschäftigung aus.
- Die Studierenden des Abendgymnasiums besuchen den Unterricht parallel zu einer beruflichen Tätigkeit.
- Für viele Studierende ist Deutsch nicht die Herkunftssprache.

D.h.: Die Studierenden des Weiterbildungskollegs Bonn zeigen die für Weiterbildungskollegs **typischen heterogenen Bildungs- und Berufsbiographien**. Ein einheitlicher Kenntnis- und Bildungsstand bezüglich des Faches Physik ist je nach Bildungsbiographie nur in Ansätzen gegeben. Hinzu kommt, dass neben Absolventen der verschiedenen deutschen Bildungsgänge in der Sekundarstufe I und den Berufskollegs auch Zuwanderer mit anerkannten ausländischen Bildungsabschlüssen die Einführungs- und Qualifikationsphase besuchen.

Mit den daraus resultierenden Unterschieden in den fachspezifischen Voraussetzungen korrespondieren Unterschiede in den allgemeinen sprachlichen Kompetenzen. Das hat **Einfluss auf die Auswahl von geeignetem Arbeitsmaterial** und erfordert entsprechende Unterrichtsmethoden.

In der Einführungsphase ist eine hohe Abbrecherquote festzustellen. Durch berufliche und familiäre Zwänge entstehen Verspätungen und Fehlzeiten bei einzelnen Studierenden. Die **Unterrichtsgestaltung muss sich auf diese Rahmenbedingungen einrichten**.

Allen Studierenden steht ein Selbstlernzentrum mit Internetzugang zur Verfügung. Dort können eigenständige Recherchen und rechnergestützte Präsentationen für den Unterricht erarbeitet und vorbereitet werden.

Das Weiterbildungskolleg Bonn versteht sich als Schule, in der gegenseitige Wertschätzung die Grundlage des gemeinsamen Lernens, Lehrens und Erlebens ist. Studierende, Lehrerinnen, Lehrer gehen respektvoll miteinander um. Dieser Respekt ist keiner Hierarchie geschuldet, sondern entsteht aus gegenseitiger Achtung. Dazu gehört, sich aufmerksam wahrzunehmen, sich auf Augenhöhe zu begegnen und eigene Grenzen und die Grenzen des Gegenübers anzuerkennen.

Im Zentrum der Arbeit steht der Unterricht mit berufstätigen Erwachsenen, die die Voraussetzungen für ein Studium erreichen wollen. Die Schule berücksichtigt den Erwachsenenstatus, die Berufstätigkeit und die Mehrfachbelastung der Studierenden angemessen und unterscheidet sich auch darin von der Regelschule.

Die **Einführungsphase** ist daher von besonderer Bedeutung, weil hier der Übergang aus einer bereits ausgeübten Erwerbstätigkeit oder aus dem Bildungsgang der Abendrealschule (ARS) erfolgt. **Häufig auftretende Übergangsprobleme sind:** ein von den Studierenden als zu schnell empfundenen Lerntempo bzw. Anforderungen, die als zu hoch eingeschätzt werden, eine nicht vertraute Lernkultur oder eine Gruppendynamik innerhalb des neuen Klassenverbandes, in die sich die Studierenden nicht eingebunden fühlen. Um die Anschlussfähigkeit der Studierenden sicher zu stellen, wird versucht, das Lerntempo der Lerngruppe anzupassen, die Unterrichtsinhalte stofflich zu entlasten, sowie Methoden zur Förderung der Basiskompetenzen durchzuführen und den Klassenverband zu stärken.

## 1.2 Fachspezifische Rahmenbedingungen

Das Fach Physik wird im zweiten Semester der **Einführungsphase** im Kolleg als Wahlkurs zweistündig (1 Block à 90 Minuten) unterrichtet.

In der **Qualifikationsphase** kann im Kolleg das Fach Physik als Grundkurs (3-stündig) belegt werden. Insgesamt wird zu Beginn der Qualifikationsphase in der Regel ein Grundkurs eingerichtet.

In den Bildungsgängen Abendgymnasium und abitur-online wird Physik nicht angeboten.

Digitale Werkzeuge für den Physikunterricht sind den Studierenden weitgehend unbekannt, sodass es zur besonderen Aufgabe aller Fachlehrkräfte gehört, die Studierenden für das Arbeiten damit zu befähigen. Im Fachraum Physik steht ein Beamer mit angeschlossenen PC bzw. Laptop mit funktionierender Internetverbindung zur Verfügung.

Darüber hinaus existiert eine eigene Physiksammlung zur Durchführung von Lehrer-/Schülerexperimenten.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

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

Der schulinterne Lehrplan gilt für das **Schuljahr 2015/16**. Eine Überarbeitung erfolgt nach **Evaluation** in der Fachkonferenz am Ende des Schuljahres im Juni 2016.

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

Im „**Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben**“ (Kapitel 2.1.1) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss **verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben** dargestellt.

Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen. Hinzu kommen die in der Fachkonferenz abgestimmten zugehörigen verbindlichen Kontexte. 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 benötigte Zeiten für die Leistungsüberprüfung und Spielraum für Vertiefungen, besondere Interessen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

Die im **Übersichtsraster festgelegte Reihenfolge der Unterrichtsvorhaben**, die Zuordnung zu den Semestern und die Schwerpunkte der Unterrichtsvorhaben, wie auch die Verknüpfung von prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen sind laut Beschluss der Fachkonferenz verbindlich für alle Kolleginnen und Kollegen vereinbart (vgl. Kapitel 2.1.2).

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Kurswechslern und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „**konkretisierter Unterrichtsvorhaben**“ (**Kapitel 2.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter**. Jedoch hat die Fachkonferenz die in diesen Spalten durch **Fettdruck** markierten Aspekte als verbindlich festgelegt.

Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Begründete 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. Dies ist durch entsprechende Kommunikation innerhalb der Fachkonferenz zu gewährleisten.

## 2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Die folgende Übersicht gibt die Reihenfolge der Unterrichtsvorhaben, Themen und Kompetenzen für den zeitlichen Ablauf am Weiterbildungskolleg Bonn verbindlich an. Die Termine für Klausuren und inhaltliche Schnittstellen werden jeweils abhängig von der Semesterlänge festgelegt. Die Konkretisierungen zu den einzelnen Unterrichtsvorhaben in Kapitel 2.1.2 sind hingegen nach Inhaltsfeldern zusammengestellt. Darüber hinaus enthält dieser schulinterne Lehrplan in den Kapiteln 2.2 bis 2.4 übergreifende sowie z.T. auch jahrgangsbezogene Absprachen zur fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit, zur Leistungsbewertung und zur Leistungsrückmeldung.

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Kraftwirkungen im Alltag</i> Was sind Kräfte und wie wirken sie? Zeitbedarf: 20 Ustd.	Mechanik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Gesetze, Größen und Einheiten</li> <li>• Kraft und Masse, Gravitation</li> </ul>	E2 Wahrnehmung und Messung E4 Untersuchung und Experimente E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen K1 Dokumentation
<i>Physik in Technik und Verkehr</i> Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 40 Ustd.	Mechanik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraft und Kraftwirkung</li> <li>• Lineare und zusammengesetzte Bewegungen</li> <li>• Energie</li> </ul>	E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl UF3 Systematisierung K1 Dokumentation
Summe Einführungsphase: 60 Stunden		

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: 22 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photon (Wellenaspekt)</li> </ul>	<p>E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 26 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron (Teilchenaspekt)</li> </ul>	<p>UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle</p>
<p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>	<p>E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Energieversorgung und -transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 20 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>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 72 Stunden</p>		



<b>Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS</b>		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 20 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung der Atomhülle</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: 11 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernumwandlungen</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> </ul>	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 6 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>	UF3 Systematisierung E6 Modelle
<i>Navigationssysteme</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 8 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> </ul>	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 8 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 2 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul>	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
<b>Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: 55 Stunden</b>		

## 2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### 2.1.2.1 Einführungsphase

#### Inhaltsfeld: *Mechanik*

#### Kontext: *Kräfte im Alltag*

Leitfrage: Was sind Kräfte und wie wirken sie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kraft und Masse, Physikalische Gesetze, Größen und Einheiten

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Studierenden können ...

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

(E4) Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten 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

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

(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 Studierenden können...	Experiment /Medium ( <i>optional / verbindlich</i> )	Kommentar ( <i>optional</i> )
Kraft und Masse: (1) Modelle und Begriffsbildung  (2)	(1) die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie und ihre Beziehungen zueinander erläutern (UF2, UF4),  (2) <i>Zusammenhang: <math>F = m \cdot g</math> erläutern</i>  Größe und Einheit unterscheiden und benennen für	(1) Buch, Info/Arbeitsblatt, L-S-Gespräch.  (2) <b>Messung von Massen</b> (2.1) mit Newtonmeter (2.2) mit Waage	(1) Einstieg in das Fach Physik in Form eines Info/Arbeitsblatts oder „Erkundung des Lehrbuchs“ oder eines gelenkten L-S-Gesprächs zu den Aspekten: Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit und Energie

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden können...	<b>Experiment /Medium</b> ( <i>optional / verbindlich</i> )	<b>Kommentar</b> ( <i>optional</i> )
Erkenntnisgewinnung in der Physik  <b>Zeitfenster: 2 Ustd.</b>	F : Kraft in Newton : N m : Masse in Kilogramm : kg g : Ortsfaktor in $N/kg$	Diskussion: Eichung von Waage und Newtonmeter  Herleitung: $F = g \cdot m$	(2) Dann Eingrenzung des Bereichs auf „Messung von Massen“
(3) Kräfte und Kraftwirkungen  <b>Zeitfenster: 4 Ustd</b>	(3) Gravitation als Wechselwirkung zwischen Massen beschreiben (UF2, E6),  Schwerelosigkeit  Träge und Schwere Masse	(3) <b>Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen</b> (Gegenstände mit sehr kleinen und großen Massen u. a. Vergleich Fall Stahlkugel und Blatt Papier (glatt vs. zur Kugel zusammengedrückt); Materialien zu Falltürmen)	(3) Aufgaben zur Sicherung des Zusammenhangs $F = m \cdot g$
(4) Hooke'sches Gesetz (Vom Experiment zum Gesetz)  <b>Zeitfenster: 6 Ustd.</b>	(4.1) mechanische Größen mit einfachen mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge bestimmen (E6).  (4.2) Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (Vektordiagramme, <i>s-F- t-s- und t-v-Diagramme,</i> ) angemessen präzise darstellen (K1, K3)  (4.3) argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen begründen	(4.1) Schülerexperiment zur elastische Verformung von Gummiband und Stahlfeder. Aufnahme einer Messreihe zur Verformung einer Feder und Darstellung in einem Diagramm in Excel oder GeoGebra.  (4.2) Darstellung von Sachzusammenhängen in Diagrammen mit Hilfe von Datensätzen, Arbeitsblättern, übliche Aufgabenstellung aus dem Mathematikunterricht.  (4.3) Messung der Federkonstanten	(4.1) (4.2) (4.3)  Erster Umgang mit einfachen Größengleichungen und Einheiten. Der Umgang mit Einheiten sollte immer kontextbezogen stetig weiterentwickelt werden.  Proportionalität  Einführung physikalischer Arbeitsweisen  Auswerten von Messreihen und Diagrammen  <i>s-F</i> -Diagramm zum Hooke'schen Gesetz.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden können...	<b>Experiment /Medium</b> ( <i>optional / verbindlich</i> )	<b>Kommentar</b> ( <i>optional</i> )
	und dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heranziehen (K4),	Der Hook'sche und der inelastische Bereich einer Feder Dehnung und Stauchung	
(5) Modellsystem Vektoraddition, Zusammenwirken von Kräften  <b>Zeitfenster: 8 Ustd.</b>	(5.1) (5.2) (5.3) Bewegungsabläufe und Kraftwirkungen durch graphische Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition gemäß dem Superpositionsprinzip vereinfachen (E1),  (5.1) (5.2) (5.3) Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (Vektordiagramme, s-F- t-s- und t-v-Diagramme,) angemessen präzise darstellen (K1, K3)	(5.1) Kräfteaddition Kräfteparallelogramm Kräftezerlegung  <b>(5.2)</b> <b>Kräftezerlegung an der schiefen Ebene;</b>	(5.1) Vektoraddition und –zerlegung bei Kräften  (5.2) geometrische Einführung der Winkelfunktionen  (5.3) komplexe Aufgaben zur Kräftezerlegung
<b>Gesamt: 20 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Physik in Technik und Verkehr**

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte, Lineare und zusammengesetzte Bewegungen, Energie

**Kompetenzschwerpunkte:** Die Studierenden können ...

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

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

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

(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

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden können...	<b>Experiment / Medium</b> (optional / verbindlich)	<b>Kommentar</b> (optional)
(6) Aufzeichnung, Beschreibung und Klassifizierung von Bewegungen im Verkehr  Zeitfenster: 2 Ustd.	(6) <ul style="list-style-type: none"> <li>in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ analysieren [<i>auch aus einer energetischen Sicht</i>] (E1, UF1),</li> <li>begründet entscheiden, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),</li> </ul>	(6) <b>Qualitativen Experimente zur Beobachtung von Bewegungen</b> (z. B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengeschrägtes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)	(6) Möglichkeiten der Aufzeichnung einer Bewegung  Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe  Einfluss von Störgrößen, z.B. Reibung, auf die Beschreibung und Analyse von Bewegungen.

<p>(7) Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen</p> <p>Zeitfenster: 20 Ustd.</p>	<p>(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, <i>[Masse, Kraft, Arbeit, Energie]</i> und ihre Beziehungen zueinander erläutern (UF2, UF4),</li> <li>• gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen unterscheiden und zugrundeliegende Ursachen erklären (UF2),</li> <li>• Bewegungsabläufe <i>[und Kraftwirkungen]</i> durch graphische Komponentenzzerlegung bzw. Vektoraddition gemäß dem Superpositionsprinzip vereinfachen (E1),</li> <li>• mechanische Größen mit einfachen mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge bestimmen (E6).</li> <li>• mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen (linear und quadratisch) zwischen mechanischen Größen erschließen und überprüfen (E5),</li> <li>• Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) angemessen präzise darstellen (K1, K3),</li> <li>• Kriterien angeben, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen (B1),</li> <li>• eigenständig Experimente zur Analyse von Bewegungen auswerten und Ergebnisse und Arbeitsprozesse bewerten (E2, E5, B1),</li> <li>• Arbeitsvorgänge bei der Untersuchung von Bewegungen in Form von Protokollen so beschreiben und dokumentieren, dass sie später auch von anderen Personen nachvollzogen werden können (K1),</li> </ul>	<p>(7)</p> <p>Messreihe zur gleichförmigen Bewegungen aufnehmen. Auswerten der Messreihe mit Excel oder GeoGebra</p> <p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerverfassung: <b>Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</b> Auswerten mit PC</p> <p><b>Freier Fall</b> als Sonderform der beschleunigten Bewegung</p> <p><b>Zusammengesetzte Bewegungen</b> Flussüberquerung, waagrechter Wurf lotrechter Wurf</p>	<p>(7)</p> <p>Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen, ggf. mit technischen Hilfsmitteln</p> <p>Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung)</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen im Labor</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>Erstellung von t-s- und t-v-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden.</p> <p>Planung von Experimenten durch die Studierenden (Auswertung mithilfe der Videoanalyse)</p> <p>Erarbeitung des Superpositionsprinzips an einem geeigneten Beispiel</p>
--	--	---	---

<p>(8) Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung</p> <p><b>Zeitfenster 8 Ustd.</b></p>	<p>(8)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, [<i>Arbeit, Energie</i>] und ihre Beziehungen zueinander erläutern (UF2, UF4),</li> <li>• mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen von Kräften auf Bewegungszustände berechnen (E6),</li> <li>• gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen unterscheiden und zugrundeliegende Ursachen erklären (UF2),</li> </ul>	<p>(8) Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung</p> <p><b>Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft</b></p> <p>Verallgemeinerung des Kraftgesetzes: <math>F = m \cdot a</math></p>	<p>(8) Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen</p> <p>Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen bei verschiedenen Fahrzeugen (z.B. PKW, LKW, Flugzeug, Bahn), Einfluss von Reibungskräften</p>
<p>(9) Energie und Leistung</p> <p><b>Zeitfenster 10 Ustd.</b></p>	<p>(9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebilanzen verwenden, um Bewegungszustände zu erklären (E3, E6),</li> <li>• argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen begründen und dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heranziehen (K4),</li> <li>• in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ analysieren, auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),</li> </ul>	<p>(9) <b>Einfaches, qualitatives Experiment zur Energieerhaltung</b> (z.B. <i>Fadenpendel, Flummi-Ball</i>)</p> <p><b>Quantitative Energiebilanzen</b></p> <p><b>Videos aus Motorsport, Verkehr und Technik</b></p> <p><i>Energieumsatz und Leistungsmessung bei verschiedenen Aktivität (z.B. Treppensteigen)</i></p>	<p>(9) Energie als Erhaltungsgröße (qualitativ)</p> <p>Beispiele für Umwandlungsketten, Wirkungsgrad</p> <p>Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit</p> <p>Energie als Fläche im s-F-Diagramm</p> <p>Energieerhaltung an Beispielen (Achterbahn, Federpistole u.a.) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Leistung beim Fahrradfahren (Bergtappe)</p>
<p><b>Gesamt: 40 Ustd.</b></p>	<p><b>Summe</b></p>		

## 2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

### Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

#### Kontext: *Erforschung des Photons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Studierende können

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Studierenden...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (14 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),	Grundexperimente zu mechanischen Schwingungen und Wellen <b>Doppelspalt</b> und <b>Gitter, Wellenwanne</b> quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Notwendige Grundkenntnisse über mechanische Schwingungen und Wellen als periodische Vorgänge müssen bereitgestellt werden. Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne 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 Studierenden...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>„Gibt es Experimente, die dem Wellenmodell des Lichtes nicht entsprechen?“ (Wofür bekam Albert Einstein 1921 den Nobelpreis?)</p> <p>Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (8 Ustd.)</p>	<p>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),</p>	<p><b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotозelle</p> <p>Recherchen, Informationen und Bearbeitung von Aufgaben zur Einsteinschen Lichtquantenhypothese, zur Deutung des Photoeffekts bzw. zum Nobelpreis des Jahres 1921 für Albert Einstein; z.B. Lehrbücher, Materialien Schulentwicklung NRW, <a href="http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/quantenobjekt-photon">http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/quantenobjekt-photon</a></p>	<p>Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung</p> <p>Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit</p> <p>Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden.</p>
<b>22 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:** Studierende 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 Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Elementarladung (6 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),  untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch <b>Millikanversuch</b> Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) Auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung  Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren
Elektronenmasse (12 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),	<i>Freihandexperimente zur Zentralkraft</i> <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  Nutzung der folgenden Lernumgebungen <a href="http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/elektronenbahnen/index.php">http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/elektronenbahnen/index.php</a>	Grundlagen der Kreisbewegung und Zentralkraft ohne Herleitungen. Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft: Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke. Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.

Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (8 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>26 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:** Studierende 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 Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Licht und Materie (4 Ustd.)	<p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</p> <p>verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p> <p>Sicherung aus den beiden vorhergehenden Inhalten mit AF3 Aspekten</p>	<p>Computersimulation</p> <p><b>Doppelspalt</b></p> <p><b>Photoeffekt</b></p> <p><u>YouTube:</u> Kopenhagener Deutung <a href="https://www.youtube.com/watch?v=6LX4HZ_p3DM">https://www.youtube.com/watch?v=6LX4HZ_p3DM</a></p> <p>Beugung von Elektronen am Doppelspalt <a href="https://www.youtube.com/watch?v=3ohjOltaO6Y">https://www.youtube.com/watch?v=3ohjOltaO6Y</a></p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=ZUI3lhRjeQ">https://www.youtube.com/watch?v=ZUI3lhRjeQ</a></p>	Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik

---

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

## Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

### Kontext: *Energieversorgung und -transport mit Generatoren und Transformatoren*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Studierende können

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

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

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

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

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

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

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

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Studierenden...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Elektromagnetische Induktion</b></p> <p>Induktionsgesetz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Der magnetische Fluss</li> <li>- Windungszahl <math>N</math></li> <li>- Lenz'sche Regel</li> </ul> <p>Folgerungen aus dem Induktionsgesetz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lorentzkraft</li> <li>- Induktive Kopplung: Der Transformator</li> <li>- Generator und Motor</li> </ul> <p>Zeitfenster: 6 Ustd.</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p>	<p>Thomsonscher Ringversuch</p> <p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „<b>Leiterschaukelversuch</b>“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b>)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überföhrungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</p>	<p>Grundlagen der Elektrizitätslehre aus der SI müssen bereit gestellt werden</p> <p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.</p> <p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet.</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen</p>

	werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).	→ Verweis auf Erforschung des Elektrons, wo Lorentzkraft schon eingeführt, aber nicht hergeleitet wird	werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.
<p><b>Technisch praktikable Generatoren:</b> Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>Zeitfenster: 4 Ustd.</p>	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>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><i>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</i></p> <p><i>Internetseiten: LEIFI (<a href="http://www.leifiphysik.de/">http://www.leifiphysik.de/</a>), Lehrstuhl Didaktik München (<a href="http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/index.html">http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/index.html</a>)</i></p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p>	<p>Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p> <p>Mathematische Grundbegriffe von Winkel-funktionen müssen sichergestellt werden</p>



<p><b>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</b> Transformator</p> <p>Zeitfenster: 4 Ustd.</p>	<p>erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>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), z.B. elektrische Zahnbürste</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen (siehe Generator)</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p> <p>Lehrerversuch: Hochstrom-/Hochspannungstransformator, Hörnerblitz</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit Messwerterfassungssystem 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.</p> <p>Schülerversuche in Kleingruppen</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen. (mit CASSY)</p>
<p>Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“</p> <p>Zeitfenster: 2 Ustd.</p>	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebens-</p>	<p><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</p> <p>Diskussion Kraftwerk, Übertragung in Haushalte, Umspannwerke</p>	

	<p>welt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>		
<p>Lenz'sche Regel</p> <p>Zeitfenster: 4 Ustd.</p>	<p>erläutern anhand des Thomson'schen Ringversuchs die Lenz'sche Regel (E5, UF4),</p> <p>bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),</p>	<p>Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten</p> <p><b>Thomson'scher Ringversuch</b></p> <p>diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.</p>	<p>Erinnerung an Einführung der elektromagnetischen Induktion</p> <p>Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet</p> <p>Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)</p>
<b>20 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

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

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Studierende 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 Studierenden...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell  Zeitfenster: 4 Ustd.	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Grundkenntnisse zum Atombau müssen bereitgestellt werden. Ausgewählte Beispiele für Atommodelle Eventuell Verweis auf Chemieunterricht
Energieniveaus der Atomhülle  Zeitfenster: 2 Ustd.	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von <b>Linienpektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung von Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen  Zeitfenster: 6 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> → Möglicherweise Durchführung im Schülerlabor der Uni Bonn, damit alle Studierenden etwas davon haben? → Ggf. auch Planung des gesamten Inhaltsfeldes Strahlung und Materie innerhalb eines solchen Versuchstages an der Uni (damit könnte Zeit gespart werden)	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)

Röntgenstrahlung (6 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>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> (ggf. mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch) → Siehe Franck-Hertz-Versuch: Durchführung im Schülerlabor, vielleicht beides kombiniert in arbeitsteiligen Gruppen	Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion
Sternspektren und Fraunhoferlinien  Zeitfenster: 2 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>	<i>Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)</i>
<b>20 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:** Studierende 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) die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen begründen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Strahlungsarten  Zeitfenster: 4 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>	Grundlagen der Kernphysik aus der Sek I müssen bereitgestellt werden.  Arbeitsteilige Vorbereitung der Grundlagen in Referaten / Präsentationen
Elementumwandlung  Zeitfenster: 1 Ustd.	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren  Zeitfenster: 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>	Mathematische Grundlagen von exp. Zerfallsprozessen müssen sichergestellt werden

		<b>Evtl. Bierschaumversuch, Würfel-Modellexperiment zum radioaktiven Zerfall</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.  Aufbau und Funktionsweise können ggf. auch in einer Schülerpräsentation erläutert werden
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie</p> <p>Zeitfenster: 3 Ustd.</p>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter</p>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p> <p>Materialien des „Informationskreis Kernenergie“</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>Themen: Strahlung in Medizin und Technik (Röntgenspektroskopie, Szintigraphie, CT, Radioiodtherapie, Radionuklidtherapie; Altersbestimmung mit Radiokarbonmethode, Dicken- und Füllstandmessungen, Werkstoffprüfung, Rauchmelder, Farbänderung bei Gläsern und Edelsteinen, Tracer, Lebensmittelbestrahlung, Schädlingskontrolle ); Kernspaltung und Kernfusion, Kernkraftwerk, Atombombe...</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffen: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>

	Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),		Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.  Fukushima!
<b>11 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:** Studierende können

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

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

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
<p>Forschung am CERN und DESY</p> <p>Wie ist die Materie im Innersten aufgebaut?</p>	<p>erklären das Standardmodell der Elementarteilchen (UF1,UF3)</p> <p>können den prinzipiellen Aufbau eines Teilchenbeschleunigers erläutern. (UF1)</p> <p>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären so Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),</p>	<p><b>Eigenrecherche</b> in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik</p> <p>Filme CERN zum Standardmodell (<a href="http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/kurzvideos/film6.wmv">http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/kurzvideos/film6.wmv</a>)</p> <p>Large Hadron Rap englisch: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=j50ZssEojtM&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=j50ZssEojtM&amp;feature=youtu.be</a> Bzw. Deutsch: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoG18">https://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoG18</a></p> <p><a href="http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/">http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/</a></p>	<p>Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung und Bewertung:</p> <p>diskutieren die Kosten-Nutzen-Relation in der Elementarteilchenphysik auch unter historischen Gesichtspunkten (B1)</p> <p>Kommunikation, Bewertung</p>



		<p>zum Standardmodell:  <a href="http://www.youtube.com/watch?v=WfiDw-mpdso">http://www.youtube.com/watch?v=WfiDw-mpdso</a></p> <p>zum Aufbau der Materie und zu den WW-Kräften:  <a href="http://m.youtube.com/watch?v=HVxBdMxgVX0">http://m.youtube.com/watch?v=HVxBdMxgVX0</a> (Teil 1)  <a href="http://m.youtube.com/watch?v=WGWIT8SqXLM">http://m.youtube.com/watch?v=WGWIT8SqXLM</a> (Teil 2)</p> <p><a href="http://particleadventure.org/german/frameless/startstandard.html">http://particleadventure.org/german/frameless/startstandard.html</a></p> <p>DESY Einführung in Teilchenphysik  <a href="http://teilchenphysik.desy.de/">http://teilchenphysik.desy.de/</a>  <a href="http://kworkquark.desy.de/1/index.html">http://kworkquark.desy.de/1/index.html</a></p> <p>Ggf. Organisation einer Teilchenphysik Masterclass im Schülerlabor der Uni Bonn (eigentlich etwas für einen LK)</p> <p>ggf. Besuch des Elektronenbeschleunigers der Uni Bonn mit angeschlossenen Experimenten</p> <p>Materialsammlung Teilchenphysik des „Netzwerk Teilchenwelt“</p>	
--	--	--	--

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
<b>6 Ustd</b>	<b>Summe</b>		

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

**Kontext: *Navigationssysteme***

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

**Kompetenzschwerpunkte:** Studierende 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 Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
<p><i>Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?</i></p>	<p>lernen den Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung:</p> <p>begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF1, E6)</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF1).</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p> <p>erläutern das Auftreten von Längenkontraktion und Zeitdilatation am Beispiel der Zerfallszeit kosmischer Myonen (UF1)</p>	<p><b>Experiment:</b> Michelson-Morley-Experiment</p> <p><b>Film:</b> Relativitätstheorie</p> <p>Animation zur Lichtuhr: <a href="http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/flashlets/lightclock.swf">http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/flashlets/lightclock.swf</a></p> <p><a href="http://www.tempolimit-lichtgeschwindigkeit.de/">http://www.tempolimit-lichtgeschwindigkeit.de/</a></p> <p>mit verschiedenen Artikeln und Visualisierungen / Filmen, z.B. „Bewegung am kosmischen Tempolimit“ (gitters-h0.9-xd-640x480.mpeg von Ute Kraus)</p> <p>Materialien Landesbildungsserver Baden-Württemberg: <a href="http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/relativitaet/">http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/relativitaet/</a></p> <p>Leifi: <a href="http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/spezielle-relativitaetstheorie">http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/spezielle-relativitaetstheorie</a></p> <p><a href="http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/erster-einblick/myonen">http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/erster-einblick/myonen</a></p>	<p>Umgang mit experimentellen Ergebnissen, Auswerten, Schlussfolgern, Diskussion</p> <p>Materialien z.B. aus „Bewegung am kosmischen Tempolimit“</p> <p>Thema: Wir beobachten (virtuell) Objekte, die sich fast so schnell bewegen wie das Licht - wie sehen sie aus?</p> <p>Lernziele: Die Längenkontraktion ist nicht ohne weiteres sichtbar; Warum Objekte scheinbar Überlichtgeschwindigkeit haben können (Astronomische Beobachtung: Quasarjets); Warum ein fast lichtschnelles Objekt i.a. verzerrt und verdreht aussieht.</p>

GPS	Erläutern die Funktionsweise der Standortbestimmung mittels GPS und erklären den Einfluss der relativistischen Zeitdilatation auf die Genauigkeit der GPS-Navigation (UF1, E6)	<p>Filme zur Einführung in GPS  <a href="http://www.planet-schule.de/sf/php/02_sen01.php?sendung=6557">www.planet-schule.de/sf/php/02_sen01.php?sendung=6557</a>  <a href="http://www.youtube.com/watch?v=waJ_P9Slecg">www.youtube.com/watch?v=waJ_P9Slecg</a>          Was spielt die Relativistik für eine Rolle? -&gt; Berechnung des Fehlers in der vom Satelliten bestimmten Position</p>	<p>Ggf. auch innerhalb einer Unterrichtsreihe zur Satellitennavigation eingebettet:          Erste Std.: Historische Entwicklung der Navigation; Positionsbestimmung über Trilateration bei GPS          2./3. Std.: GPS-Rallye, Experiment zur Trilateration und zum Ausgleich des Uhrenfehlers          4./5. Std.: Diskussion Fehlerquellen und Grenzen bei GPS, Einführung in die Relativitätstheorie, Berechnung der relativistischen Effekte bei GPS          6.. Std. Schülervorträge zu GPS, Galileo, Anwendungen, abschließende Diskussion</p>
8 Ustd	Summe		

**Kontext: Teilchenbeschleuniger**

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Studierende 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

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

(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 Studierenden...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<i>Ist die Masse konstant?</i>	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1), berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2).  Erläutern experimentelle Auswirkungen der relativistischen Massezunahmen am Beispiel des Zyklotrons (UF1)	<b>Interaktive Medien:</b> Zyklotron Animation <a href="https://www.youtube.com/watch?v=J14hiNd7wvw">https://www.youtube.com/watch?v=J14hiNd7wvw</a>	Beziehung zwischen Energie und Masse verstehen und deuten Aufbau und Funktionsweise der Zyklotron des verstehen  Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben.  Erzeugung und Vernichtung von Teilchen  Massendefekt
<b>8 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:** Studierende 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 Studierenden...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).  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	Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Problem der Gleichzeitigkeit Zeitdilatation und Längenkontraktion Relativistische Massenzunahme Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung
<b>2 Ustd</b>	<b>Summe</b>		

## **2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit**

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik fachmethodische und fachdidaktische Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 25 sind fachspezifisch angelegt.

### ***Überfachliche Grundsätze:***

- 1.) Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
- 2.) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts werden den heterogenen Voraussetzungen und Lebensumständen der Studierenden gerecht.
- 3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
- 4.) Medien und Arbeitsmittel sind rezipientengerecht gewählt und ermöglichen die eigenständige Nacharbeit von versäumten Inhalten.
- 5.) Die Studierenden 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 Studierenden.
- 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 Lernsituation ist erwachsenengerecht gestaltet.
- 13.) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
- 14.) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.

### ***Fachliche Grundsätze:***

- 15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und an Kontexten ausgerichtet.
- 16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
- 17.) Die Lernprozesse bei Studierenden im Physikunterricht werden durch eine experimentelle Ausrichtung unterstützt.
- 18.) Der Physikunterricht greift die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden positiv auf.



- 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 Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge geachtet. Studierende 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 Studierenden 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.

## 2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 17 - § 19 APO-WBK sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

### Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Studierenden alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sollen alle Überprüfungsformen herangezogen werden. Besonderes Gewicht wird im Physikunterricht auf Aufgaben mit experimentellem Bezug, inklusive Auswertung von Experimenten, gelegt.

### Lern- und Leistungssituationen

In **Lernsituationen** ist das Ziel der Kompetenzerwerb bzw. -ausbau. Fehler und Umwege dienen den Studierenden als Mittel der Erkenntnisgewinnung, 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 und sinnhaften Anwendung der erwarteten bzw. erworbenen Kompetenzen im Vordergrund.

### Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

Die Bewertung der sonstigen Mitarbeit erfolgt nicht defizitorientiert oder ausschließlich auf fachliche richtige Beiträge ausgerichtet. Vielmehr bezieht sie Fragehaltungen, begründete Vermutungen, sichtbare Bemühungen um Verständnis

und Ansatzfragmente sowie die Lernentwicklung mit in die Bewertung ein. Folgende Aspekte spielen bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle:

- Regelmäßige Anwesenheit im Unterricht
- Verlässliches und eigenständiges Nacharbeiten versäumter Unterrichtsinhalte
- Regelmäßiges Vor- und Nachbereiten des Unterrichts
- Regelmäßige Anfertigung von Hausaufgaben, Präsentation oder Abgabe angefertigter Hausaufgaben
- Vollständigkeit des Unterrichts- und Arbeitsmaterials
- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform
- kontinuierliche, aktive und konstruktive Mitarbeit in allen Sozialformen
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- sichere Verfügbarkeit der fachspezifischen Methoden (z.B. Diagramme erstellen, Diagramme interpretieren, physikalische Zusammenhänge mathematisieren, Nachvollziehen der Herleitung komplexerer physikalischer Formeln, Herleiten einfacher physikalischer Zusammenhänge)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvolle Auswertung (graphisch und rechnerisch) der durchgeführten Experimente einschließlich einer kritischen Formulierung der Ergebnisse und angemessener Schlussfolgerungen auf allgemeine Zusammenhänge
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen

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

Hausaufgaben sind in der Regel fakultativ und werden daher nicht mit einer eigenen Note bewertet, können aber als Leistungsbeitrag berücksichtigt werden. Den Studierenden ist aber bewusst zu machen, dass das Erledigen der Hausaufgaben für die erfolgreiche Mitarbeit im Unterricht sowie für die Vorbereitung auf schriftliche Arbeiten unerlässlich ist.

Ist aufgrund entschuldigter Fehlzeiten eine Beurteilung im Bereich der Sonstigen Mitarbeit nicht möglich, erfolgt in der Regel eine Feststellungsprüfung zur Notenfindung.

### **Beurteilungsbereich Klausuren**

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

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

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

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

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Punkteschemas zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Schema wird im Erwartungshorizont, in dem die Hilfspunkte den einzelnen Kriterien zugeordnet sind, transparent gemacht.

Dabei sind in der Qualifikationsphase alle Anforderungsbereiche zu berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll

bei Erreichen von ca. 40 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann im Einzelfall begründet abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine gestufte Abwertung wegen besonders schwacher sprachlicher oder formaler Darstellung (APO-WbK §17 (5)) angemessen erscheint.

Prozente	100-85	<85 - 70	<70 - 55	<55 - 40	<40 - 20	<20 - 0
Note	1	2	3	4	5	6

### **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.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen auf Nachfrage der Studierenden außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback.

Bei allen Rückmeldungen erfolgt immer eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

Jeweils zum Quartalswechsel finden in den ersten beiden Semestern des Kollegs und Abendgymnasiums pädagogische Konferenzen zum Austausch aller Lehrkräfte einer Klasse statt, damit die Studierenden frühzeitig eine Rückmeldung bezüglich Leistung und Verhalten bekommen und hiervon ausgehend beraten werden können. Die Studierenden werden danach noch einmal in Einzelgesprächen über ihre Sonstige Mitarbeit und den aktuellen Leistungsstand individuell beraten. Die Studierenden können außerdem selbst Beratungsgespräche initiieren und je nach Anliegen bei den unterschiedlichen Personen des schulischen Beratungsmodells Hilfe holen.

## 2.4 Lehr- und Lernmittel

E-Phase:

Spektrum Physik, NRW 7-9, Schroedel Verlag

Physik Oberstufe, Gesamtband, Cornelsen Verlag

Q-Phase:

Physik Oberstufe, Gesamtband, Cornelsen Verlag

Formelsammlung

Verlag: Duden Paetec Schulbuchverlag

Ausgabe:

Nordrhein–Westfalen

Formelsammlung Mathematik \* Physik \* Chemie \* Biologie \* Informatik

ISBN 978–3–8981**8–705**–3

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

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

Der Unterricht in Physik soll im Hinblick auf die benötigten Inhalte des Faches Mathematik soweit möglich mit diesem synchronisiert werden. Unabhängig von einer ggf. möglichen Synchronisation müssen im Kernlehrplan Mathematik nicht enthaltene mathematische Kompetenzen im Physikunterricht erworben werden.

Im Bereich „Strahlung und Materie“ kann u.U. eine Kooperation mit dem Fach Biologie zur biologischen Wirkung von Strahlung bzw. bildgebenden Verfahren erfolgen.

Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Studierende so weit möglich Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen.

#### **Exkursionen**

In der Qualifikationsphase können in Absprache mit der Schulleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese sollen im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden.

## **4 Qualitätssicherung und Evaluation**

Durch Absprachen parallel unterrichtender Lehrkräfte, durch Diskussion der Aufgabenstellung von Klausuren in Fachdienstbesprechungen und eine regelmäßige Erörterung der Ergebnisse von Leistungsüberprüfungen wird ein hohes Maß an fachlicher Qualitätssicherung erreicht.

### **Evaluation des schulinternen Curriculums**

Das schulinterne Curriculum (siehe 2.1) ist zunächst bis 2017 für den ersten Durchgang durch die zum Abitur führenden Bildungsgänge des Weiterbildungskollegs nach Erlass des Kernlehrplanes verbindlich. Jeweils vor Beginn eines neuen Schuljahres, d.h. erstmalig nach Ende der Einführungsphase im Sommer 2016, werden in einer Sitzung der Fachkonferenz für die nachfolgenden Jahrgänge zwingend erforderlich erscheinende Veränderungen diskutiert und ggf. beschlossen, um erkannten ungünstigen Entscheidungen schnellstmöglich entgegenwirken zu können.

Nach Abschluss der Einführungsphase 2015 sowie nach Abschluss des Abiturs 2017 wird eine Arbeitsgruppe aus den beteiligten Lehrkräften auf der Grundlage ihrer Unterrichtserfahrungen eine Sichtung der Einführungsphase beziehungsweise eine Gesamtsicht des schulinternen Curriculums vornehmen und eine Beschlussvorlage für die nächste Fachkonferenz erstellen.

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.

### **Fachgruppenarbeit**

Eine geeignete Dokumentation dient dazu, den Ist-Zustand bzw. auch Handlungsbedarf in der fachlichen Arbeit festzustellen, Beschlüsse der Fachkonferenz zur Fachgruppenarbeit in übersichtlicher Form festzuhalten sowie die Durchführung der Beschlüsse zu kontrollieren und zu reflektieren. Handlungsschwerpunkte für die Fachgruppe werden identifiziert und abgesprochen.