

## **Schulinterner Lehrplan für das Fach Physik**

(Stand: 4. Dezember 2019)



# Inhalt

## Inhalt 3

<b>1</b>	<b>Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Entscheidungen zum Unterricht .....</b>	<b>8</b>
2.1	Unterrichtsvorhaben .....	8
	Konkrete Unterrichtsvorhaben für die einzelnen Jahrgangsstufen	
	Jahrgangsstufe 6.....	9
	Jahrgangsstufe 8.....	12
	Jahrgangsstufe 9.....	16
	Jahrgangsstufe 10.....	20
	Jahrgangsstufe EF .....	25
	Jahrgangsstufe Q1/Q2 - GK .....	29
	Jahrgangsstufe Q1/Q2 - LK .....	43
2.2	Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit.....	68
2.3	Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung .....	69
<b>2.4</b>	<b>Lehr- und Lernmittel.....</b>	<b>75</b>
<b>3</b>	<b>Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen .....</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>Qualitätssicherung und Evaluation .....</b>	<b>76</b>

## **1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit**

### *Die Schule*

Das Gymnasium Horkesgath ist ein Gymnasium mit flexiblem Ganzttag, an dem zurzeit rund 780 Schülerinnen und Schüler von rund 70 Lehrpersonen unterrichtet werden. Es liegt am Grüngürtel der Stadt Krefeld mit etwa 250000 Einwohnern. Im wirtschaftlichen Leben der Stadt spielen kleinere verarbeitende Industriebetriebe, mit denen die Schule an geeigneten Stellen immer wieder kooperiert, eine bedeutende Rolle. Das Umland wird teilweise durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. In der Nähe des Gymnasiums befindet sich die Stadtbibliothek, so dass eine enge Zusammenarbeit bei bestimmten Unterrichtsvorhaben möglich ist.

Den im Schulprogramm ausgewiesenen Zielen, Schülerinnen und Schüler ihren Begabungen und Neigungen entsprechend individuell zu fördern und ihnen Orientierung für ihren weiteren Lebensweg zu bieten, fühlt sich die Fachgruppe Physik in besonderer Weise verpflichtet. Dazu siehe unten „Bedingungen für den Unterricht“: Profilklassen, Projektkurse u.m. .

Schülerinnen und Schüler aller Klassen- und Jahrgangsstufen werden zur Teilnahme an den vielfältigen Wettbewerben im Fach Physik angehalten und, wo erforderlich, begleitet. So werden Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen zur Teilnahme am Freestyle-Physics und an dem „Jugend-forscht“-Wettbewerb motiviert.

Im Schulprogramm ist als wesentliches Ziel der Schule beschrieben, die Lernenden als Individuen mit jeweils besonderen Fähigkeiten, Stärken und Interessen in den Blick zu nehmen. Es ist ein wichtiges Anliegen, durch gezielte Unterstützung des Lernens die Potenziale jeder Schülerin und jedes Schülers in allen Bereichen optimal zu entwickeln. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine gemeinsame Vorgehensweise aller Fächer erforderlich. In einem längerfristigen Entwicklungsprozess arbeitet die Schule daran, die Bedingungen für erfolgreiches und individuelles Lernen zu verbessern. Außerdem wird zurzeit ein fächerübergreifendes Konzept für Hausaufgaben und Lernzeiten entwickelt. Im Nachmittagsunterricht erhalten Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Projekten und Arbeitsgemeinschaften erweiterte Bildungsangebote.

### *Auszeichnungen als MINT-freundliche Schule und MINT-EC-Schule*

Das Gymnasium Horkesgath ist in den Jahren 2013 und 2016 als „MINT-freundliche Schule“ ausgezeichnet worden und strebt für das Jahr 2019 erneut die Wiederzertifizierung an.

Seit Juli 2018 ist das Gymnasium Horkesgath Mitglied im nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC und profitiert damit von vielen hochkarätigen Angeboten und Austauschmöglichkeiten mit anderen Schulen.

Beispielsweise können Schülerinnen und Schüler an gesponserten MINT-Camps teilnehmen, die an Forschungseinrichtungen in ganz Deutschland stattfinden. Dabei erleben sie aktuelle Forschung hautnah und knüpfen Kontakte mit Gleichgesinnten. Am Ende ihrer Schullaufbahn können sie zudem das MINT-EC-Zertifikat als zusätzliche Qualifikation zum Abitur erwerben. Auch die Lehrkräfte profitieren von exklusiven Fortbildungen und Erfahrungsaustausch im Netzwerk.

Die Mitgliedschaft im nationalen Excellence-Schulnetzwerk bringt spürbare Impulse für die Unterrichtsentwicklung im Fach Physik mit sich. Die SuS haben durch die Möglichkeit, Punkte für das MINT-EC-Zertifikat zu sammeln, ein gesteigertes Interesse an MINT-Angeboten auch im Fach Physik (Facharbeit, Teilnahme an Wettbewerben und MINT-EC-Camps usw.).

Das systematisch aufgebaute und curricular verankerte Spektrum an MINT-Angeboten am Gymnasium Horkesgath von der Jgst. 5 bis zum Abitur bietet ausgezeichnete Möglichkeiten, den kompletten MINT-Bereich im Unterricht und darüber hinaus in Form von AGs, Zusatzstunden, Projekttagen, Wettbewerben etc. kennenzulernen, sich darin zu erproben und die eigenen Talente zu entwickeln. Das Fach Physik leistet dazu einen wesentlichen Teil (konkret siehe unten).

Ausgebildete Lerncoaches unterstützen durch eine individuelle, professionelle Beratung im Dialog mit den Lernenden aller Jahrgangsstufen das selbstgesteuerte Lernen im MINT-Bereich und loten gemeinsam mit ihnen Lernchancen und die Gestaltung des persönlichen MINT-Fächerprofils aus.

### *Die Fachgruppe Physik*

Derzeit zählt die Fachgruppe fünf Vollzeitkräfte und eine Teilzeitkraft, die das Fach Physik unterrichten.

Die Fachgruppe Physik trägt in besonderem Maße zur Schärfung des MINT-Profiles am Gymnasium Horkesgath bei, indem die Mitglieder beispielsweise Konzepte für Projektkurse in der Sekundarstufe II, Arbeitsgemeinschaften in der Sek. I oder Besuche von außerschulischen Lernorten organisieren.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Fortführung des Physik Leistungskurses, der seit Jahrzehnten ohne Unterbrechung eingerichtet werden konnte. Hierbei werden in

den Jahrgangsstufen 9, 10 und EF besondere Maßnahmen zur individuellen Begabtenförderung und -motivation umgesetzt. Die Aufnahme in das deutschlandweite Netzwerk der MINT-EC-Schulen ermöglicht derzeit neue Aufgabenfelder zur Erweiterung und Intensivierung der über den Physikunterricht hinausgehenden Aktivitäten.

Die Betreuung von Schülerinnen und Schülern zur erfolgreichen Teilnahme an zahlreichen naturwissenschaftlichen Wettbewerben wird durch ein Mitglied der Fachgruppe durchgeführt.

Die Fachgruppe arbeitet regelmäßig an der Weiterentwicklung des schulinternen Lehrplans vor dem Hintergrund aktueller didaktischer Konzepte und neuer Ergebnisse aus der physikalischen Forschung.

### *Bedingungen des Unterrichts*

Das Fach Physik wird in den G8-Jahrgängen in den Jahrgangsstufen 6, 8 und 9 unterrichtet. In den kommenden G9-Jahrgängen erfolgt der Unterricht zusätzlich in der Jahrgangsstufe 10.

In der Oberstufe ist das Fach Physik in der Einführungsphase meist mit zwei Grundkursen, in der Qualifikationsphase je Jahrgangsstufe mit einem Grundkurs und einem Leistungskurs vertreten. Der Unterricht findet im 45-Minuten-Takt statt, die Kursblockung sieht grundsätzlich für Grundkurse eine, für Leistungskurse zwei Doppelstunden vor.

Am Gymnasium Horkesgath gibt es eine Profilklassse MINT, in der Jungen und Mädchen mit Stärken in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften und Technik gemeinsam unterrichtet werden. Die Schülerinnen und Schüler der Profilklassse MINT nehmen an besonderen AGs teil, in denen das selbständige Arbeiten und Experimentieren besonders gefördert wird.

In der Q-Phase wird ein Projektkurs Naturwissenschaften angeboten. Die dort behandelten Themen stammen unter anderem aus dem Bereich der Geophysik und der Astronomie. Dieser Kurs ist speziell darauf angelegt, das Interesse an der Aufnahme eines naturwissenschaftlichen Studiengangs zu wecken.

Es gibt zwei physikalische Fachräume, von denen einer (R012) mit fest installierten Stationen zur Spannungsversorgung für die Schülerinnen und Schüler ausgestattet ist. Selbiger Raum verfügt über ein WhiteBoard mit Beamer, PC- und Internetanschluss, eine Dokumentenkamera, über Pinnwände und Magnettafeln in der hinteren Raumwand und über Schränke mit Schülerexperimenten sowie eine Verdunklungsanlage. Ebenfalls ist ein Gasanschluss am Lehrerpult vorhanden. Das Mobiliar ist mobil verschiebbar. Der zweite Raum (036) verfügt lediglich über eine Schiefertafel und keinerlei

Anschlüsse für Schülerexperimente. Ein PC und ein Beamer sind fest installiert, bedürfen aber einer Generalüberholung.

Die Lehrmittelausstattung erfüllt das Soll vollends und wird regelmäßig erweitert bzw. erneuert.

*Verantwortliche der Fachgruppe*

Fachgruppenvorsitz: Peter Gronsfeld, StR

Stellvertretung: Philipp Schaffrin, StR

Sammlungsleitung - Pflege und Neubeschaffung von Lehrmitteln:

Peter Gronsfeld, StR

Philipp Schaffrin, StR

## **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 Schülerinnen und Schülern erworben werden können.

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. 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.

Begründete Abweichungen von den vorgeschlagenen 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 prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden. Dies ist durch entsprechende Kommunikation innerhalb der Fachkonferenz zu gewährleisten.

Im Sinne des Kernlehrplans wird ein kontextbezogener Unterricht umgesetzt. Die jeweils verwendeten Kontexte variieren je nach Lerngruppe und Interesse. Daher werden Sie hier nicht verbindlich festgelegt und sind der Entscheidung der Lehrkraft überlassen.



**Unterrichtsvorhaben 6.1: Elektrischer Strom und Magnetismus (IF 2)**

1. Sequenz: Sicherer Umgang mit Elektrizität, Stromkreise, Leiter und Isolatoren, Reihen- und Parallelschaltung, UND-, ODER- und Wechselschaltung, Dauermagnete und Elektromagnete, Magnetfelder, Wirkungen des elektrischen Stroms

**Umgang mit Fachwissen**

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Aufbau einfacher elektrischer Stromkreise und die Funktion ihrer Bestandteile erläutern und die Verwendung von Reihen- und Parallelschaltungen begründen (UF2, UF3, K4),
- Stromwirkungen (Wärme, Licht, Magnetismus) fachsprachlich angemessen beschreiben und Beispiele für ihre Nutzung in elektrischen Geräten angeben (K3, UF1, UF4),
- die Funktion von elektrischen Sicherungseinrichtungen (Schmelzsicherung, Sicherungsautomat) in Grundzügen erklären (UF1, UF4),
- an Beispielen von elektrischen Stromkreisen den Energiefluss sowie die Umwandlung und Entwertung von Energie darstellen (UF1, UF3, UF4),
- ausgewählte Stoffe anhand ihrer elektrischen und magnetischen Eigenschaften (elektrische Leitfähigkeit, Ferromagnetismus) klassifizieren (UF1),
- Kräfte zwischen Magneten sowie zwischen Magneten und magnetisierbaren Stoffen über magnetische Felder erklären (UF1, E6),
- in Grundzügen Eigenschaften des Magnetfeldes der Erde beschreiben und die Funktionsweise eines Kompasses erklären (UF3, UF4).

**Erkenntnisgewinnung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- zweckgerichtet einfache elektrische Schaltungen planen und aufbauen, auch als Parallel- und Reihenschaltung sowie UND- bzw. ODER-Schaltung (E1, E4, K1),
- Stromkreise durch Schaltsymbole und Schaltpläne darstellen und einfache Schaltungen nach Schaltplänen aufbauen (E4, K3),
- in eigenständig geplanten Versuchen die Leitungseigenschaften verschiedener Stoffe ermitteln und daraus Schlüsse zu ihrer Verwendbarkeit auch unter Sicherheitsaspekten ziehen (E4, E5, K1),

- den Stromfluss in einem geschlossenen Stromkreis mittels eines Modells frei beweglicher Elektronen in einem Leiter erläutern (E6),
- durch systematisches Probieren einfache magnetische Phänomene erkunden (E3, E4, K1),
- die Magnetisierung bzw. Entmagnetisierung von Stoffen sowie die Untrennbarkeit der Pole mithilfe eines einfachen Modells veranschaulichen (E6, K3, UF1),
- die Struktur von Magnetfeldern mit geeigneten Hilfsmitteln sichtbar machen und untersuchen (E5, K3).

**Bewertung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- auf einem grundlegenden Niveau (Sichtung mit Blick auf Nennspannung, offensichtliche Beschädigungen, Isolierung) über die gefahrlose Nutzbarkeit von elektrischen Geräten entscheiden (B1, B2, B3),
- Risiken und Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren mit elektrischen Geräten benennen und bewerten (B1, B3),
- Möglichkeiten zur sparsamen Nutzung elektrischer Energie im Haushalt nennen und diese unter verschiedenen Kriterien bewerten (B1, B2, B3)

**Besonderheiten/ Didaktischer Kommentar:**

- Die Unterrichtsreihe wird mit dem „Hausprojekt“ abgeschlossen, bei dem die Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit aus einem Schuhkarton ein Haus, Zimmer o.ä. gestalten und elektrisch versorgen
- Bezug zu Informatik (Differenzierungsbereich): UND-, ODER- Schaltung

**Zeitbedarf:** ca. 14 Std.

**Überprüfungsform:**

Bewertung des Hausprojekts: Bau eines Zimmers mit elektrischen Schaltungen

**Berufsorientierung:**

- Elektriker
- Architekt

**Verbraucherbildung: Einsatz von energiesparenden Geräten**

**Unterrichtsvorhaben 6.2: Temperatur und Wärme (IF 1)**

1. Sequenz: Temperaturmessung, Volumen- und Längenänderung bei Erwärmung und Abkühlung

**Umgang mit Fachwissen**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Begriffe Temperatur und Wärme unterscheiden und sachgerecht verwenden (UF1, UF2),
- an Beispielen aus Alltag und Technik Auswirkungen der Wärmeausdehnung von Körpern und Stoffen beschreiben (UF1, UF4),
- die Auswirkungen der Anomalie des Wassers und deren Bedeutung für natürliche Vorgänge beschreiben (UF4, UF1),
- die Definition der Celsiusskala zur Temperaturmessung erläutern (UF1),

**Erkenntnisgewinnung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Temperaturen mit analogen und digitalen Instrumenten messen (E2, E1),
- erhobene Messdaten zu Temperaturentwicklungen nach Anleitung in **Tabellen und Diagramme übertragen sowie Daten aus Diagrammen entnehmen** (E4, E5, K1),
- aus Beobachtungen und Versuchen zu Wärmephänomenen (u.a. Wärmeausdehnung, Wärmetransport, Änderung von Aggregatzuständen) einfache Schlussfolgerungen ziehen und diese nachvollziehbar darstellen (E3, E5, K3),

**Bewertung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- reflektiert und verantwortungsvoll Schutzmaßnahmen gegen Gefahren durch Verbrennung und Unterkühlung begründen (B1, B2, B3, B4).

**Zeitbedarf:** ca. 6 Std.

2. Sequenz: Aggregatzustände (Teilchenmodell), Energieübergang zwischen Körpern verschiedener Temperatur, Sonnenstand

**Umgang mit Fachwissen**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Veränderung der thermischen Energie unterschiedlicher Körper sowie den Temperaturengleich zwischen Körpern durch Zuführung oder Abgabe von Wärme an alltäglichen Beispielen beschreiben (UF1),
- die Auswirkungen der Anomalie des Wassers und deren Bedeutung für natürliche
- Verfahren der Wärmedämmung anhand der jeweils relevanten Formen des Wärmetransports (Mitführung, Leitung, Strahlung) erklären (UF3, UF2, UF1, UF4, E6).

**Erkenntnisgewinnung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Aggregatzustände, Übergänge zwischen ihnen sowie die Wärmeausdehnung von Stoffen mit einem einfachen Teilchenmodell erklären (E6, UF1, UF3).

**Zeitbedarf:** ca. 6 Std.

**Überprüfungsform:** Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.

**Medien im Unterricht:**

Messwerte erfassen und mit Excel auswerten

**Berufsorientierung:** Krankenpfleger & Messen der Körpertemperatur

**Verbraucherbildung:** Bewertung der richtigen Dämmmaterialien beim Hausbau

**Unterrichtsvorhaben 6.3: Licht und Schall (IF 3, IF 4)**

*1. Sequenz: Sehen, Reflexion, Absorption, Licht im Straßenverkehr, Gefahren des Sonnenlichts, Licht und Energie, geradlinige Ausbreitung des Lichts, Schatten, Mondphasen und Finsternisse, Abbildungen*

**Umgang mit Fachwissen**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen mit der Streuung, der gerichteten Reflexion und der Absorption von Licht an ihren Oberflächen erklären (UF1, K1, K3),
- die Entstehung von Abbildungen bei einer Lochkamera und Möglichkeiten zu deren Veränderung erläutern (UF1, UF3),
- Infrarotstrahlung, sichtbares Licht und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und an Beispielen ihre Wirkungen beschreiben (UF3),
- an Beispielen aus Technik und Alltag die Umwandlung von Lichtenergie in andere Energieformen beschreiben (UF1).

**Erkenntnisgewinnung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Ausbreitung des Lichts untersuchen und mit dem Strahlenmodell erklären (E4, E5, E6),
- Vorstellungen zum Sehen kritisch vergleichen und das Sehen mit dem Strahlenmodell des Lichts und dem Sender-Empfänger-Modell erklären (E6, K2),
- Abbildungen an einer Lochkamera sowie Schattenphänomene zeichnerisch konstruieren (E6, K1, K3).

**Bewertung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdungen durch helles Licht, Infrarotstrahlung und UV-Strahlung auswählen (B1, B2, B3),
- mithilfe optischer Phänomene die Schutz- bzw. Signalwirkung von Alltagsgegenständen begründen (B1, B4).

**Zeitbedarf:** ca. 9 Std.

**Überprüfungsform:** Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.

**Medien im Unterricht:**

Simulationen und Videos zu Mondphasen und Finsternissen

*2. Sequenz: Hören, Schallquellen und -empfänger, Schall fühlen und sehen, Schallausbreitung, Tonhöhe und Lautstärke, Aufbau des Ohrs, Gefahren durch Lärm*

**Umgang mit Fachwissen**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Entstehung und Wahrnehmung von Schall durch Schwingungen von Gegenständen mit den bestimmenden Grundgrößen Tonhöhe und Lautstärke beschreiben (UF1, UF4),
- Eigenschaften von hörbarem Schall, Ultraschall und Infraschall unterscheiden und dazu Beispiele aus Natur, Medizin und Technik nennen (UF1, UF3, UF4),
- Reflexion und Absorption von Schall anhand von Beispielen erläutern (UF1), Lautstärken den Skalenwerten des Schalldruckpegels zuordnen und Auswirkungen von Schall und Lärm auf die menschliche Gesundheit erläutern (UF1, UF4).

**Erkenntnisgewinnung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Ausbreitung von Schall in verschiedenen Medien mithilfe eines Teilchenmodells erklären (E6, UF1),
- an ausgewählten Musikinstrumenten (Saiteninstrumente, Blasinstrumente) Möglichkeiten der Veränderung von Tonhöhe und Lautstärke zeigen und erläutern (E3, E4, E5),
- mittels in digitalen Alltagsgeräten verfügbarer Sensoren Schallpegelmessungen durchführen und diese interpretieren (E4, E5),
- Schallschwingungen und deren Darstellungen auf digitalen Geräten in Grundzügen analysieren (E5, UF3).

**Bewertung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Maßnahmen benennen und beurteilen, die in verschiedenen Alltagssituationen zur Vermeidung von und zum Schutz vor Lärm ergriffen werden können (B1, B3),
- Lärmbelastungen bewerten und daraus begründete Konsequenzen ziehen B1, B2, B3, B4).

**Zeitbedarf:** ca. 9 Std.

**Überprüfungsform:** Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln, Basteln eines Instrumentes o.ä. erfolgen.

**Berufsorientierung:** Optiker, Fotograf, Hörakustiker, Astronom

**Verbraucherbildung:** sich gegen Lärmgefahren im heimischen Umfeld schützen

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe 8
<b>Unterrichtsvorhaben 8.1: Optische Instrumente (IF 5)</b>	
<p><u>1. Sequenz: Spiegelungen: Reflexionsgesetz, Bildentstehung am Planspiegel</u></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Eigenschaften und die Entstehung des Spiegelbildes mithilfe des Reflexionsgesetzes und der geradlinigen Ausbreitung des Lichts erklären (UF1, E6),</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>unter Verwendung eines Lichtstrahlmodells die Bildentstehung erläutern (Geometrie-Software, Simulationen) (E4, E5, UF3, UF1),</li> </ul> <p><b>Bewertung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gefahren beim Experimentieren mit intensiven Lichtquellen (Sonnenlicht, Laserstrahlung) einschätzen und Schutzmaßnahmen vornehmen (B1, B2),</li> <li>optische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für sich selbst, für die Forschung und für die Gesellschaft beurteilen (B1, B4, K2, E7).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 8 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p> <p><u>3. Sequenz: Zusammensetzung des weißen Lichtes</u></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b> Schülerinnen und Schüler sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>infrarot-, Licht- und Ultraviolettstrahlung unterscheiden</li> <li>die verschiedenen Strahlungsarten mit Beispielen ihrer Wirkung be-</li> </ul>	<p><u>2. Sequenz: Lichtbrechung: Brechung an Grenzflächen, Totalreflexion, Lichtleiter, Bildentstehung bei Sammellinsen, Auge und optischen Instrumenten</u></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Abhängigkeit der Brechung bzw. Totalreflexion des Lichts von den Parametern Einfallswinkel und optische Dichte qualitativ erläutern (UF1, UF2, E5, E6),</li> <li>die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung im Auge und für den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben (UF2, UF4, K3),</li> <li>die Funktionsweise von Endoskop und Glasfaserkabel mithilfe der Totalreflexion erklären (UF1, UF2, UF4, K3),</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>anhand einfacher Handexperimente die charakteristischen Eigenschaften verschiedener Linsentypen bestimmen (E2, E5),</li> <li>für Versuche zu optischen Abbildungen geeignete Linsen auswählen und diese sachgerecht anordnen und kombinieren (E4, E1),</li> <li>unter Verwendung eines Lichtstrahlmodells die Bildentstehung bei Sammellinsen sowie den Einfluss der Veränderung von Parametern mittels digitaler Werkzeuge erläutern (Geometrie-Software, Simulationen) (E4, E5, UF3, UF1),</li> </ul>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe 8
<b>Unterrichtsvorhaben 8.1: Optische Instrumente (IF 5)</b>	
<p><b>Bewertung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahren beim Experimentieren mit intensiven Lichtquellen (Sonnenlicht, Laserstrahlung) einschätzen und Schutzmaßnahmen vornehmen (B1, B2),</li> <li>• optische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für sich selbst, für die Forschung und für die Gesellschaft beurteilen (B1, B4, K2, E7).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 12 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p> <p><u>3. Sequenz: Licht und Farben: Spektralzerlegung, Absorption, Farbmischung</u></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Entstehung eines Spektrums durch die Farbzerlegung von Licht am Prisma darstellen und infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht einem Spektralbereich zuordnen (UF1, UF3, UF4, K3),</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• für Versuche zu optischen Abbildungen geeignete Linsen auswählen und diese sachgerecht anordnen und kombinieren (E4, E1),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• digitale Farbmodelle (RGB, CMYK) mithilfe der Farbmischung von Licht erläutern und diese zur Erzeugung von digitalen Produkten verwenden (E6, E4, E5, UF1).</li> </ul> <p><b>Bewertung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahren beim Experimentieren mit intensiven Lichtquellen (Sonnenlicht, Laserstrahlung) einschätzen und Schutzmaßnahmen vornehmen (B1, B2),</li> <li>• optische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für sich selbst, für die Forschung und für die Gesellschaft beurteilen (B1, B4, K2, E7).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 12 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p> <p><b>Besonderheiten:</b> Als außerschulische Lernorte eignen sich die Phaenomena (Lüdenscheid), Phaenomenia Erfahrungsfeld (Essen), Odysseum (Köln), DASA Arbeitswelt (Dortmund)</p> <p><b>Berufsorientierung:</b> Studiengänge im Bereich Optik, Physiklaborant, Physiker, Medizinische Berufe, Optiker, Fotograf</p> <p><b>Medien im Unterricht:</b> Simulationen und Versuche auf Video z.B. unter <a href="http://www.leifiphysik.de">www.leifiphysik.de</a>, Lehrfilme zu Lichtbrechung und Reflexion</p> <p><b>Verbraucherbildung:</b> Recycling von optischen Instrumenten, das unzerstörbare Brillenglas, Wiederaufbereitung von optischen Instrumenten für die Entwicklungsländer.</p>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe 8
<b>Unterrichtsvorhaben 8.2: Sterne und Weltall (IF 6)</b>	
<p><u>1. Sequenz: Sonnensystem: Mondphasen, Mond- und Sonnenfinsternisse, Jahreszeiten, Planeten</u></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Aufbau des Sonnensystems sowie wesentliche Eigenschaften der Himmelsobjekte Sterne, Planeten, Monde und Kometen erläutern (UF1, UF3),</li> <li>den Wechsel der Jahreszeiten als Folge der Neigung der Erdachse erklären (UF1),</li> <li>mit dem Maß Lichtjahr Entfernungen im Weltall angeben und vergleichen (UF2),</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Ablauf und die Entstehung von Mondphasen sowie von Sonnen- und Mondfinsternissen modellhaft erklären (E2, E6, UF1, UF3, K3),</li> <li>die Entstehung der Jahreszeiten modellhaft erklären (E2, E6, UF1, UF3, K3)</li> <li>Planeten bzgl. ihrer Größen und Daten vergleichen und gegenüberstellen (E2, E6, UF1, UF3, K3)</li> </ul> <p><b>Bewertung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wissenschaftliche und andere Vorstellungen über die Welt und ihre Entstehung kritisch vergleichen und begründet bewerten (B1, B2, B4, K2, K4),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>auf der Grundlage von Informationen zu aktuellen Projekten der Raumfahrt die wissenschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung dieser Projekte nach ausgewählten Kriterien beurteilen (B1, B3, K2).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 14 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p> <p><u>2. Sequenz: Universum: Himmelsobjekte, Sternentwicklung</u></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Aufbau des Sonnensystems sowie wesentliche Eigenschaften der Himmelsobjekte Sterne, Planeten, Monde und Kometen erläutern (UF1, UF3),</li> <li>mit dem Maß Lichtjahr Entfernungen im Weltall angeben und vergleichen (UF2),</li> <li>typische Stadien der Sternentwicklung in Grundzügen darstellen (UF1, UF3, UF4, K3),</li> <li>mithilfe von Beispielen Auswirkungen der Gravitation sowie das Phänomen der Schwerelosigkeit erläutern (UF1, UF4).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Ablauf und die Entstehung von Mondphasen sowie von Sonnen- und Mondfinsternissen modellhaft erklären (E2, E6, UF1, UF3, K3),</li> </ul>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe 8
<b>Unterrichtsvorhaben 8.2: Sterne und Weltall (IF 6)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bedeutung der Erfindung des Fernrohrs für die Entwicklung des Weltbildes und der Astronomie erläutern (E7, UF1),</li> <li>• an anschaulichen Beispielen qualitativ demonstrieren, wie Informationen über das Universum gewonnen werden können (Parallaxen, Spektren) (E5, E1, UF1, K3).</li> </ul> <p><b>Bewertung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftliche und andere Vorstellungen über die Welt und ihre Entstehung kritisch vergleichen und begründet bewerten (B1, B2, B4, K2, K4),</li> <li>• auf der Grundlage von Informationen zu aktuellen Projekten der Raumfahrt die wissenschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung dieser Projekte nach ausgewählten Kriterien beurteilen (B1, B3, K2).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 14 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p> <p><b>Berufsorientierung:</b> <b>ESA, NASA, SpaceX-Mars Mission, Ausbildungsoptionen der astronomischen Gesellschaft.</b></p> <p><b>Medien im Unterricht:</b> Sternenhimmelbeobachten mit dem Ipad-Koffer (u.a. den Apps: Sky View, Stellarium)</p>	<p><b>Verbraucherbildung:</b> Zukunft auf anderen Planeten?; Integration des Menschen in extraterrestrische Ökosystem und extraterrestrisches Leben.</p>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe 9
<b>Unterrichtsvorhaben 9.1: Elektrizität (IF 9)</b>	
<p><u>1. Sequenz:</u> Elektrische Quelle und elektrischer Verbraucher, Einführung von Stromstärke und Ladung, Eigenschaften der Ladung, Spannungsbegriff</p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Funktionsweise eines Elektroskops erläutern (UF1, E5, UF4, K3),</li> <li>- die Entstehung einer elektrischen Spannung durch den erforderlichen Energieaufwand bei der Ladungstrennung qualitativ erläutern (UF1, UF2),</li> <li>- Wirkungen von Elektrizität auf den menschlichen Körper in Abhängigkeit von der Stromstärke und Spannung erläutern (UF1),</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechselwirkungen zwischen geladenen Körpern durch elektrische Felder beschreiben (E6, UF1, K4),</li> <li>- elektrische Aufladung und Leitungseigenschaften von Stoffen mithilfe eines einfachen Elektronen-Atomrumpf-Modells erklären (E6, UF1),</li> <li>- elektrische Schaltungen sachgerecht entwerfen, in Schaltplänen darstellen und anhand von Schaltplänen aufbauen, (E4, K1),</li> <li>- Spannungen und Stromstärken messen und elektrische Widerstände ermitteln (E2, E5),</li> </ul> <p><b>Bewertung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit elektrischem Strom und elektrischen Geräten beurteilen (B1, B2, B3, B4),</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 14 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p>	<p><u>2. Sequenz:</u> Elektrischer Widerstand, das Ohm'sche Gesetz, Elektrische Leistung und Energie</p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zwischen der Definition des elektrischen Widerstands und dem Ohm'schen Gesetz unterscheiden (UF1),</li> <li>- die Definitionsgleichungen für elektrische Energie und elektrische Leistung erläutern und auf ihrer Grundlage Berechnungen durchführen (UF1),</li> <li>- Energiebedarf und Leistung von elektrischen Haushaltsgeräten ermitteln und die entsprechenden Energiekosten berechnen (UF2, UF4).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spannungen und Stromstärken messen und elektrische Widerstände ermitteln (E2, E5),</li> <li>- die mathematische Modellierung von Messdaten in Form einer Gleichung unter Angabe von abhängigen und unabhängigen Variablen erläutern und dabei auftretende Konstanten interpretieren (E5, E6, E7),</li> <li>- Versuche zu Einflussgrößen auf den elektrischen Widerstand unter Berücksichtigung des Prinzips der Variablenkontrolle planen und durchführen (E2, E4, E5, K1).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 12 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.</p>



**Unterrichtsvorhaben 9.1: Elektrizität (IF 9)**

3. Sequenz: Unterscheidung und Messung von Spannungen und Stromstärken in einfachen, Reihen- und Parallelschaltungen

**Umgang mit Fachwissen**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in Reihen- und Parallelschaltungen mathematisch beschreiben und an konkreten Beispielen plausibel machen (UF1, UF4, E6),
- den prinzipiellen Aufbau einer elektrischen Hausinstallation einschließlich der Sicherheitsvorrichtungen darstellen (UF1, UF4),

**Erkenntnisgewinnung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- elektrische Schaltungen sachgerecht entwerfen, in Schaltplänen darstellen und anhand von Schaltplänen aufbauen, (E4, K1),
- Spannungen und Stromstärken messen und elektrische Widerstände ermitteln (E2, E5),

**Bewertung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Kaufentscheidungen für elektrische Geräte unter Abwägung physikalischer und außerphysikalischer Kriterien treffen (B1, B3, B4, K2).

**Zeitbedarf:** ca. 14 Std.

**Überprüfungsform:**

Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.

**Berufsorientierung:**

Motor-Maschinenbau im Kraftfahrzeuggewerbe, Meteorologe, Energieanlagenelektroniker, Mechatroniker, Physiker, Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Energieberater

**Medieneinsatz:**

Programmieren von Formeln in Excel; Nutzen der Tabellenkalkulation als Eingabefeld mit variablen Größen, Apps auf Smartphones. Simulationen z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), Lehrfilme, Erstellen von Präsentationen mit PowerPoint o.ä.

**Verbraucherbildung:**

- Überprüfung von Elektrikerarbeiten auf Richtigkeit
- Überprüfung gekaufter Elektrogeräte auf deren elektrische Unversehrtheit

**Unterrichtsvorhaben 9.2: Energieversorgung (IF 11)**1. Sequenz: Induktion und Elektromagnetismus: Elektromotor, Generator, Wechselspannung, Transformator

**Umgang mit Fachwissen:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Einflussfaktoren für die Entstehung und Größe einer Induktionsspannung erläutern (UF1, UF3),
- den Aufbau und die Funktion von Generator und Transformator beschreiben und die Erzeugung und Wandlung von Wechselspannung mithilfe der elektromagnetischen Induktion erklären (UF1),
- den Aufbau und die Funktionsweise einfacher Elektromotoren anhand von Skizzen beschreiben (UF1).

**Erkenntnisgewinnung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- magnetische Felder stromdurchflossener Leiter mithilfe von Feldlinien darstellen und die Felder von Spulen mit deren Überlagerung erklären (E6).

**Zeitbedarf:** ca. 4 Std

**Überprüfungsform:**

Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.

2. Sequenz: Bereitstellung und Nutzung von Energie: Kraftwerke, regenerative Energieanlagen, Energieübertragung, Energieentwertung, Wirkungsgrad, Nachhaltigkeit

**Umgang mit Fachwissen:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Energieumwandlungen vom Kraftwerk bis zum Haushalt unter Berücksichtigung von Energieentwertungen beschreiben und dabei die Verwendung von Hochspannung zur Übertragung elektrischer Energie in Grundzügen begründen (UF1),
- an Beispielen aus dem Alltag die technische Anwendung der elektromagnetischen Induktion beschreiben (UF1, UF4),
- Beispiele für konventionelle und regenerative Energiequellen angeben und diese unter verschiedenen Kriterien vergleichen (UF4, UF1, K2, K3, B1, B2),
- Probleme der schwankenden Verfügbarkeit von Energie und aktuelle Möglichkeiten zur Energiespeicherung erläutern (UF2, UF3, UF4, E1, K4).

**Erkenntnisgewinnung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- den Wirkungsgrad eines Energiewandlers berechnen und damit die Qualität des Energiewandlers beurteilen (E4, E5, B1, B2, B4, UF1)
- Daten zur eigenen Nutzung von Elektrogeräten (u.a. Stromrechnungen, Produktinformationen,
- Angaben zur Energieeffizienz) auswerten (E1, E4, E5, K2).

**Bewertung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- die Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit (elektrischer) Energie argumentativ beurteilen (K4, B3, B4),
- Vor- und Nachteile erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energiequellen mit Bezug zum Klimawandel begründet gegeneinander abwägen und bewerten (B3, B4, K2, K3),
- Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei Entscheidungen für die Nutzung von Energieträgern aufzeigen (B1, B2),
- im Internet verfügbare Informationen und Daten zur Energieversorgung sowie ihre Quellen und dahinterliegende mögliche Strategien kritisch bewerten (B1, B2, B3, B4, K2).

**Zeitbedarf:** ca. 4 Std

**Überprüfungsform:**

Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen o. ä. erfolgen.

**Berufsorientierung:**

Motor-Maschinenbau im Kraftfahrzeuggewerbe, Meteorologe, Energieanlagenelektroniker, Mechatroniker, Physiker, Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Energieberater

**Medieneinsatz:**

Programmieren von Formeln in Excel; Nutzen der Tabellenkalkulation als Eingabefeld mit variablen Größen, Apps auf Smartphones. Simulationen z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), Lehrfilme, Erstellen von Präsentationen mit PowerPoint o.ä.

**Verbraucherbildung:**

- Kritische Bewertung elektromobiler Konsumgüter
- Nachhaltigkeit alternativer Stromerzeugung

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe 10
<b>Unterrichtsvorhaben 10.1: Bewegung, Kraft und Energie (IF 7)</b>	
<p><u>3. Sequenz: Bewegungen: Geschwindigkeit, Beschleunigung</u></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen:</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verschiedene Arten von Bewegungen mithilfe der Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung analysieren und beschreiben (UF1, UF3),</li> <li>- mittlere und momentane Geschwindigkeiten unterscheiden und Geschwindigkeiten bei gleichförmigen Bewegungen berechnen (UF1, UF2).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung:</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kurvenverläufe in Orts-Zeit-Diagrammen interpretieren (E5, K3),</li> <li>- Messdaten zu Bewegungen oder Kraftwirkungen in einer Tabellenkalkulation mit einer angemessenen Stellenzahl aufzeichnen, mithilfe von Formeln und Berechnungen auswerten sowie gewonnene Daten in sinnvollen, digital erstellten Diagrammformen darstellen (E4, E5, E6, K1).</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 8 Std.</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> s-t-Diagramme analysieren und Bewegungsabläufe sprachlich erfassen.</p> <p><b>Besonderheiten:</b> Die Schülerinnen und Schüler erfassen eigene Daten zur Erstellung von s-t-Diagrammen. Dabei dient der Sportplatz/ die Sporthalle als optimaler Ort für Messungen.</p>	<p><b>Medien im Unterricht:</b> Länge, Winkel, Entfernungsmessung, Wasserwaage, Vibration, Beschleunigung mittels Apps auf Smartphone. Simulationen z.B. unter <a href="http://www.leifiphysik.de">www.leifiphysik.de</a>, Lehrfilme</p> <p><b>Verbraucherbildung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strategien zum verantwortungsbewussten Autofahren</li> </ul> <p><u>4. Sequenz: Kraft: Bewegungsänderung, Verformung, Wechselwirkungsprinzip, Gewichtskraft und Masse, Kräfteaddition, Reibung,</u> <i>Goldene Regel der Mechanik: Einfache Maschinen</i></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen:</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kräfte als vektorielle Größen beschreiben und einfache Kräfteadditionen grafisch durchführen (UF1, UF2),</li> <li>- die Konzepte <i>Kraft und Gegenkraft</i> sowie <i>Kräfte im Gleichgewicht</i> unterscheiden und an Beispielen erläutern (UF3, UF1),</li> <li>- die Goldene Regel anhand der Kraftwandlung an einfachen Maschinen erläutern (UF1, UF3, UF4).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung:</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kräfte identifizieren, die zu einer Änderung des Bewegungszustands oder einer Verformung von Körpern führen (E2),</li> <li>- Massen und Kräfte messen sowie Gewichtskräfte berechnen (E4, E5, UF1, UF2),</li> <li>- die goldene Regel der Mechanik mit dem Energieerhaltungssatz begründen (E1, E2, E7, K4).</li> </ul> <p><b>Bewertung:</b> Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zugänge zu Gebäuden unter dem Gesichtspunkt Barrierefreiheit beurteilen (B1, B4)</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 10 Std.</p>

**Überprüfungsform:**

Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen o. ä. erfolgen.

**Besonderheiten:**

- Die newtonschen Axiome werden anhand von Experimenten erfasst; die Formel  $F = ma$  ist optional

**Berufsorientierung:**

Mechatroniker, Industriemechaniker, Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Physiklaborant, Physiker

5. Sequenz. Energieformen: Lageenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie. Energieumwandlung. Energieerhaltung: Leistung.

**Umgang mit Fachwissen:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Spannenergie, Bewegungsenergie und Lageenergie sowie andere Energieformen bei physikalischen Vorgängen identifizieren (UF2, UF3),
- Energieumwandlungsketten aufstellen und daran das Prinzip der Energieerhaltung erläutern (UF1, UF3),
- mithilfe der Definitionsgleichung für Lageenergie einfache Energieumwandlungsvorgänge berechnen (UF1, UF3),
- den Zusammenhang zwischen Energie und Leistung erläutern und formal beschreiben (UF1, UF3),
- an Beispielen Leistungen berechnen und Leistungswerte mit Werten der eigenen Körperleistung vergleichen (UF2, UF4).

**Bewertung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Nahrungsmittel auf Grundlage ihres Energiegehalts bedarfsgemessen bewerten (B1, K2, K4).

**Zeitbedarf:** ca. 10 Std.

**Überprüfungsform:**

Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen.

**Besonderheiten:**

Außerschulischer Lernort: Besuch eines Energiewerkes

**Berufsorientierung:**

- Polizeiliche Erfassung von Geschwindigkeiten (Auswertung und Beurteilung)
- Zukunftsjob regenerative Energien- Berufserkundung für Solar- und Windkraftwerke

**Medieneinsatz:**

- Erfassen und Auswerten von Weg und Zeit Daten mit Excel.
- Erstellen von s-t-Diagrammen mit Excel.
- Bewegungen erfassen mit dem Ultraschallsensor (GTR)

**Verbraucherbildung**

- Vergleich der Energiewerte verschiedener Lebensmittel zur kritischen Analyse der individuellen Essbiographie
- Reduzierung des persönlichen Energieverbrauchs

**Unterrichtsvorhaben 10.2: Druck und Auftrieb (IF 8)**

1. Sequenz: Bewegungen: Druck in Flüssigkeiten und Gasen: Dichte, Schweredruck, Auftrieb, Archimedisches Prinzip, Luftdruck.

Druckmessung: Druck und Kraftwirkungen

**Umgang mit Fachwissen:** Die Schülerinnen und Schüler können

- bei Flüssigkeiten und Gasen die Größen Druck und Dichte mithilfe des Teilchenmodells erläutern (UF1, E6),
- die Formelgleichungen für Druck und Dichte physikalisch erläutern und daraus Verfahren zur Messung dieser Größen ableiten (UF1, E4, E5),
- den Druck bei unterschiedlichen Flächeneinheiten in der Einheit Pascal angeben (UF1),
- Auftriebskräfte unter Verwendung des Archimedischen Prinzips berechnen (UF1, UF2, UF4).

**Erkenntnisgewinnung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- den Schweredruck in einer Flüssigkeit in Abhängigkeit von der Tiefe bestimmen (E5, E6, UF2),
- die Entstehung der Auftriebskraft auf Körper in Flüssigkeiten mithilfe des Schweredrucks erklären und in einem mathematischen Modell beschreiben (E5, E6, UF2),
- die Nichtlinearität des Luftdrucks in Abhängigkeit von der Höhe mithilfe des Teilchenmodells qualitativ erklären (E6, K4),
- anhand physikalischer Faktoren begründen, ob ein Körper in einer Flüssigkeit oder einem Gas steigt, sinkt oder schwebt (E3, K4).

**Bewertung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Angaben und Messdaten von Druckwerten in verschiedenen Alltagssituationen auch unter dem Aspekt der Sicherheit sachgerecht interpretieren und bewerten (B1, B2, B3, K2).

**Zeitbedarf:** ca. 8 Std.

**Überprüfungsform:**

Bewertung des Bootprojekts (Bau eines schwimmenden Körpers anhand bestimmter Eigenschaften (Material, Last, Größe etc.)

**Besonderheiten:**

Bootprojekt

**Berufsorientierung:**

- Arbeiten unter Extremen (Extreme Höhen und Extreme Tiefen)
- Transport von Flüssigkeiten als Problem des Drucks und der inneren Energie (Erschaffen optimaler Gefäße)

**Medieneinsatz:**

- Videoaufnahmen zur Bewertung des Drucks unter Wasser
- Arbeiten mit der Kamera
- Luftdruck bestimmen und Einheiten umwandeln mittels Apps auf Smartphone. Simulationen z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), Lehrfilme

**Verbraucherbildung:**

- Reifendruckkontrolle zur Verringerung des Spritverbrauchs

**Unterrichtsvorhaben 10.3: Ionisierende Strahlung und Kernenergie (IF 10)**

*1. Sequenz: Atomaufbau und ionisierende Strahlung: Alpha-, Beta-, Gamma- Strahlung, radioaktiver Zerfall, Halbwertszeit, Röntgenstrahlung. Wechselwirkung von Strahlung mit Materie: Nachweismethoden, Absorption, biologische Wirkungen, medizinische Anwendung, Schutzmaßnahmen. Kernenergie: Kernspaltung, Kernfusion, Kernkraftwerke, Endlagerung*

**Umgang mit Fachwissen:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Eigenschaften verschiedener Arten ionisierender Strahlung (Alpha-, Beta-, Gammastrahlung sowie Röntgenstrahlung) beschreiben (UF1, E4),
- mit Wirkungen der Lorentzkraft Bewegungen geladener Teilchen in einem Magnetfeld qualitativ beschreiben (UF1),
- verschiedene Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung beschreiben und erläutern (UF1, UF4, K2, K3),
- Quellen und die Entstehung von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung beschreiben (UF1),
- die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie erläutern sowie Gefährdungen und Schutzmaßnahmen erklären (UF1, UF2, E1),
- die kontrollierte Kettenreaktion in einem Kernreaktor erläutern sowie den Aufbau und die Sicherheitseinrichtungen von Reaktoren erklären (UF1, UF4, E1, K4),
- medizinische und technische Anwendungen ionisierender Strahlung sowie zugehörige Berufsfelder darstellen (UF4, E1, K2, K3).

**Erkenntnisgewinnung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- die Aktivität radioaktiver Stoffe messen (Einheit Bq) und dabei den Einfluss der natürlichen Radioaktivität berücksichtigen (E4),
- den Aufbau von Atomen, Atomkernen und Isotopen sowie die Kernspaltung und Kernfusion mit einem passenden Modell beschreiben (E6, UF1),
- mit dem zufälligen Prozess des radioaktiven Zerfalls von Atomkernen das Zerfallsgesetz und die Bedeutung von Halbwertszeiten erklären (E5, E4, E6),

- die Entwicklung und das Wirken von Forscherinnen und Forschern im Spannungsfeld von Individualität, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft darstellen (E7, K2, K3).

**Bewertung:** Die Schülerinnen und Schüler können

- Daten zu Gefährdungen durch Radioaktivität anhand der effektiven Dosis (Einheit Sv) unter Berücksichtigung der Aussagekraft von Grenzwerten beurteilen (B2, B3, B4, E1, K2, K3),
- Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung auf der Grundlage physikalischer und biologischer Erkenntnisse begründet abwägen (K4, B1, B2, B3),
- Maßnahmen zum persönlichen Strahlenschutz begründen (B1, B4),
- Informationen verschiedener Interessengruppen zur Kernenergienutzung aus digitalen und gedruckten Quellen beurteilen und eine eigene Position dazu vertreten (B1, B2, B3, B4, K2, K4).

**Zeitbedarf:** ca. 16 Std.

**Überprüfungsform:**

Aufgrund der Bedeutung und Notwendigkeit dieser Grundlagen für die Qualifikationsphase wird eine Lernzielkontrolle angesetzt.

**Besonderheiten:**

Der Massendefekt wird nicht behandelt.

Die Beta-plus Strahlung wird nicht behandelt.

Die Nuklearkatastrophen sind zu behandeln; mögliche Themen:

- Die Nuklearkatastrophe von Tschernobyl
- Die Nuklearkatastrophe von Fukushima
- **Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki – die Atombombe als Abschreckung zur Friedenserhaltung?**

**Berufsorientierung:**

- Zukunftsjob Kernkraftwerk? Von Berufen im Kernkraftwerk.
- Mediziner brauchen die Strahlung (Radioaktivität im Medizinwesen)
- Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Physikalaborant, Kernphysiker, Medizinische Berufe

**Medieneinsatz:**

- Anwenden einfacher Animation (Applets, javascript)

Simulationen und Versuche auf Video z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de),  
Lehrfilme Radioaktivität im Alltag (z. Tschernobyl). Strahlenbelastung im Alltag (z.B. <https://odlinfo.bfs.de/DE/themen/was-ist-odl/strahlenbelastung-vergleich.html>)

**Verbraucherbildung:**

- Bewertung des Atomausstiegs der BRD zu Zeiten des Klimawandels
-



**Unterrichtsvorhaben EF.1: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze**1. Sequenz: Bewegungen:

*Geradlinig, gleichförmige Bewegungen, (gleichmäßig) beschleunigte Bewegungen, Fallbewegungen, Wurfbewegungen, Kreisbewegungen*

**Zentrale Kompetenzen:**

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, [...] und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),
- unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen [...] (UF2),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ [...] (E1, UF1),
- vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1),
- planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1),
- 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),
- 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),
- erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5),
- stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),
- 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),

**Zeitbedarf:** ca. 25 Std

**Besonderheiten:** Messungen mit der Luftkissenbahn, Aufnahmen mit den CBR Sensoren des GTR, Videoanalyse

**Überprüfungsform:** Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen. (optional je nach Schülerwahl) eine Klausur.

**Berufsorientierung:**  
Geschwindigkeitskontrollen der Polizei

**Medieneinsatz:**  
Auswerten von Messdaten mit Excel; Nutzen der Tabellenkalkulation, Apps auf Smartphones. CBR Ultraschallsensor, GTR, Simulationen z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), Lehrfilme,

## 2. Sequenz: Masse und Kraft; Zusammenwirken von Kräften

*Newton'sche Axiome: Kraft, Masse und Beschleunigung, Trägheit, Gegenkraft, Zusammenwirken von Kräften, Reibungskräfte, Zentralkraft*

### **Zentrale Kompetenzen:**

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, [...] und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),
- unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen [...] quantitativ [...]
- berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),
- analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),
- begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)

**Zeitbedarf:** ca. 12 Std

**Überprüfungsform:** Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen. (optional je nach Schülerwahl) eine Klausur im 1.Hj.

### **Berufsorientierung:**

Astronaut (Raketenflug), Mechatroniker, Industriemechaniker, Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Physikkolaborant, Physiker

### **Medieneinsatz:**

Simulationen z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), Lehrfilme,

## 3. Sequenz: Erhaltungssätze

*Mechanische Arbeit und Energie, Energieübertragung, Energieerhaltung, Stoßvorgänge, Impuls, Impulserhaltung*

### **Zentrale Kompetenzen:**

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),
- beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),
- vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1),
- verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),

**Zeitbedarf:** ca. 12 Std

**Besonderheiten:** Messungen mit der Luftkissenbahn

**Überprüfungsform:** Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen. (optional je nach Schülerwahl) eine Klausur im 1. Hj. Und zwei Klausuren im 2.Hj.

### **Berufsorientierung:**

Astronaut (Raketenflug), Mechatroniker, Industriemechaniker, Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Physikkolaborant, Physiker

### **Medieneinsatz:**

Simulationen z.B. unter [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), Lehrfilme,

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe EF
<b>Unterrichtsvorhaben EF.2: Auf dem Weg in den Weltraum</b>	
<p><i>1. Sequenz: Weltmodelle, Kepler'sche Gesetze, Bewegungen am Himmel, Gravitation, das Gravitationsfeld</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),</li> <li>- stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),</li> <li>- ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6),</li> <li>- 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).</li> <li>- bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Print-medien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),</li> <li>- entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).</li> <li>- erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).</li> </ul>	<p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 21 Std</p> <p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen. (optional je nach Schülerwahl) zwei Klausuren im 2.Hj.</p> <p><b>Besonderheiten:</b> Möglichkeit zum Besuch einer Sternwarte</p> <p><b>Berufsorientierung:</b> Astronom, Mechatroniker, Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik, Physik, Astrophysik</p> <p><b>Medieneinsatz:</b> Simulationen z.B. unter <a href="http://www.leifiphysik.de">www.leifiphysik.de</a>, Lehrfilme, GPS Geräte und Smartphone Apps zur Navigation,</p>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Jahrgangsstufe EF
<b>Unterrichtsvorhaben EF.3: Schwingungen</b>	
<p><i>1. Sequenz: Merkmale von Schwingungen, Überlagerung von Schwingungen, Wellenausbreitung, Eigenschwingung und Resonanz</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b> Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),</li> <li>- erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).</li> <li>- reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),</li> <li>- erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),</li> <li>- 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)</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> ca. 10 Std</p>	<p><b>Überprüfungsform:</b> Die Leistungsüberprüfung kann in Form von Kurzvorträgen, Schriftlichen Leistungsüberprüfungen, Rätseln o. ä. erfolgen. (optional je nach Schülerwahl) zwei Klausuren im 2.Hj.</p> <p><b>Berufsorientierung:</b> Musiker, Studiengänge im Bereich der Physik, Musik</p> <p><b>Medieneinsatz:</b> Simulationen z.B. unter <a href="http://www.leifiphysik.de">www.leifiphysik.de</a>, Lehrfilme, GTR und CBR Sensor, Videoanalyse, Smartphone-Apps</p>

**Unterrichtsvorhaben: Quantenobjekte**

1. Sequenz: Erforschung des Photons

Inhalt:

- Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- veranschaulichen mithilfe der *Wellenwanne* 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 *Doppelspalt* und *Gitter* (E5).

**Didaktische Hinweise:**

- 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 Meeresswellen (s. Google-Earth)

**Besonderheiten:**

- **Doppelspalt** und **Gitter**, **Wellenwanne**
- quantitative Experimente mit Laserlicht

**Medieneinsatz:**

- **Einsatz der Wellenwanne**
- **Doppelspalt / Gitter mit Laserlicht oder Gaslampen**

Inhalt:

- Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- demonstrieren anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2).

**Didaktische Hinweise:**

- 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

**Besonderheiten:**

- **Photoeffekt**,
- Hallwachsversuch,
- Vakuumphotozelle

**Zeitbedarf:** ca. 14 Ustd.

**Berufsorientierung:**

- **Entwicklung von Photovoltaikanlagen**

**Medieneinsatz:**

- **Hallwachsversuch**

**Unterrichtsvorhaben: Quantenobjekte**

2. Sequenz: Erforschung des Elektrons

Inhalt:

- Elementarladung (5 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern anhand einer vereinfachten Version des *Millikanversuchs* die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),
- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).

**Didaktische Hinweise:**

- 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

**Besonderheiten:**

- schwebender Wattebausch
- **Millikanversuch**
- Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung)
- Auch als Simulation möglich

**Berufsorientierung:**

- **Grundlagen der Elektrotechnik**

**Medieneinsatz:**

- **Millikanversuch**

- **Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten ([www.leifi.de](http://www.leifi.de))**
- **Messung der Feldstärke im Plattenkondensator bei variablem Plattenabstand**

Inhalt:

- Elektronenmasse (7 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- 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 *Fadenstrahlrohr* (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).

**Didaktische Hinweise:**

- 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.

**Besonderheiten:**

- **$e/m$ -Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar**

**Unterrichtsvorhaben: Quantenobjekte**

- auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)
- evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit
- Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde

**Berufsorientierung:**

- **Elektroniker**
- **Ingenieur**

**Medieneinsatz:**

- **Fadenstrahlrohr**
- **Ablenkung eines Elektronenstrahls in der Elektronenröhre**
- **Leiterschaukel im Hufeisenmagnet**
- **Optional: Stromwaage**
- **Hallsonde**

Inhalt:

- Streuung von Elektronen an Festkörpern, de-Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim *Elektronenbeugungsexperiment* an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).
- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).

**Didaktische Hinweise:**

- Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung

**Besonderheiten:**

- **Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit**

**Zeitbedarf:** ca. 15 Ustd.

**Berufsorientierung:**

- **Analyse von unbekanntem Stoffen (Medizin, Kriminalpolizei)**

**Medieneinsatz:**

- **Experimente zur Elektronenbeugung**
- **Computersimulationen ([www.leifi.de](http://www.leifi.de))**

3. Sequenz: Photonen und Elektronen als

Inhalt:

- Licht und Materie (5 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- 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).

**Didaktische Hinweise:**

- Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik

**Besonderheiten:**

- Computersimulation
- **Doppelspalt**
- **Photoeffekt**

**Zeitbedarf:** ca. 5 Ustd.



**Unterrichtsvorhaben: Elektrodynamik**

1. Sequenz: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren

Inhalt:

**Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:**

- Elektromagnetische Induktion
- Induktionsspannung (5 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern am Beispiel der *Leiterschaukel* 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 *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwertfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).

**Didaktische Hinweise:**

- 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.

**Besonderheiten:**

- bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „**Leiterschaukelversuch**“
- Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der **Leiterschaukel**)
- Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.
- Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen  $U$ ,  $v$  und  $B$ .

**Berufsorientierung:**

- **Erzeugung von Strom im Kraftwerk**

**Medieneinsatz:**

- **Leiterschaukel**
- **Arbeit mit dem Oszilloskop**

Inhalt:

**Technisch praktikable Generatoren:**

- Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (4 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- 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).



**Unterrichtsvorhaben: Elektrodynamik**

**Didaktische Hinweise:**

- Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.

**Besonderheiten:**

- Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip
- Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren

**Berufsorientierung:**

- **Konstruktion von Lautsprechern**

**Medieneinsatz:**

- **Generator**
- **Präsentationen seitens der SuS mit Texten, Fotos und Applets aus verschiedenen Quellen**

Inhalt:

- **Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“**

- Transformator (5 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),
- werten Messdaten, die mit einem *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwerterfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).
- führen Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),

**Didaktische Hinweise:**

- Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.

- Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).

- Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.

- Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.

**Besonderheiten:**

- diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)

- Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen

- Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten

- ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit **Messwerterfassungssystem** zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes

**Berufsorientierung:**

- **Elektroniker**

**Medieneinsatz:**

- **Generator**
- **Arbeit mit dem Oszilloskop**
- **Transformator**
- **Induktionsversuche**
- **Aufnahme mit „CASSY“**

**Unterrichtsvorhaben: Elektrodynamik**

Inhalt:

- Energieerhaltung
- Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- verwenden ein physikalisches *Modellexperiment zu Freileitungen*, 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).

**Didaktische Hinweise:**

- Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.

**Besonderheiten:**

- **Modellexperiment** (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen

**Berufsorientierung:**

- **Elektroniker rund ums Kraftwerk**

**Medieneinsatz:**

- **Experiment zum Transport elektrischer Energie mit Transformatoren**

- **Gruppenpuzzle zu Modellexperimenten**

**Zeitbedarf:** ca. 18 Ustd.

2. Sequenz: Wirbelströme im Alltag

Inhalt:

- Lenz'sche Regel (4 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern anhand des *Thomson'schen Ringversuchs* die Lenz'sche Regel (E5, UF4),
- bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1).

**Didaktische Hinweise:**

- 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)

**Besonderheiten:**

- Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten
- **Thomson'scher Ringversuch**
- diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.

**Zeitbedarf:** ca. 4 Ustd.

*Unterrichtsvorhaben: Elektrodynamik*

**Berufsorientierung:**

- **Ingenieur für Bremsen (Freizeitpark, Züge)**

**Medieneinsatz:**

- **Wirbelstrombremse**
- **Thomsonscher Ringversuch**
- **Freihandversuche zur Lenz'schen Regel**

**Unterrichtsvorhaben: Strahlung und Materie**

1. Sequenz: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Inhalt:

- Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4).

**Didaktische Hinweise:**

- Ausgewählte Beispiele für Atommodelle

**Besonderheiten:**

- Literaturrecherche, Schulbuch

**Medieneinsatz:**

- **Literaturrecherche, Schulbuch**

Inhalt:

- Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären die Energie absorbiert und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6).

**Didaktische Hinweise:**

- Deutung der Linienspektren

**Didaktische Hinweise:**

- Deutung der Linienspektren

**Besonderheiten:**

- Erzeugung von **Linienspektren** mithilfe von Gasentladungslampen

**Berufsorientierung:**

- **Astronomie: Analyse der Zusammensetzung weit entfernter Sterne**

**Medieneinsatz:**

- **Erzeugung von Linienspektren mit Hilfe von Gasentladungslampen**

Inhalt:

- Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7).

**Didaktische Hinweise:**

- Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)

**Besonderheiten:**

- **Franck-Hertz-Versuch**

**Medieneinsatz:**

- **Franck-Hertz-Versuch**

**Unterrichtsvorhaben: Strahlung und Materie**

- **Versuche zur Flammenfärbung verschiedener Elemente**
- **Applet zur Erzeugung charakteristischer Röntgenspektren**

Inhalt:

- Röntgenstrahlung (3 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7).

**Didaktische Hinweise:**

- Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden
- Mögliche Ergänzungen: Bremsspektrum mit  $h$ -Bestimmung / Bragg-Reflexion

**Besonderheiten:**

- Aufnahme von **Röntgenspektren** (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)

**Berufsorientierung:**

- **Arzt**

**Medieneinsatz:**

- **Franck-Hertz-Versuch**
- **Versuche zur Flammenfärbung verschiedener Elemente**
- **Applet zur Erzeugung charakteristischer Röntgenspektren**
- **Applet zur Erzeugung des Bremsspektrums**

Inhalt:

- Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- interpretieren Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* 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).

**Didaktische Hinweise:**

- u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)

**Besonderheiten:**

- **Flammenfärbung**
- Darstellung des **Sonnenspektrums** mit seinen **Fraunhoferlinien**
- **Spektralanalyse**

**Berufsorientierung:**

- **Astronomie: Analyse der Zusammensetzung weit entfernter Sterne**

**Medieneinsatz:**

- **Flammenfärbung**

**Zeitbedarf:** ca. 13 Ustd.

**Unterrichtsvorhaben: Strahlung und Materie**

2. Sequenz: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Inhalt:

- Strahlungsarten (2 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- 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).

**Didaktische Hinweise:**

- Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I

**Besonderheiten:**

- Recherche

- **Absorptionsexperimente zu  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlung**

**Berufsorientierung:**

- **Arzt (Strahlungsschäden)**

**Medieneinsatz:**

- **Simulation von Absorptionsexperimenten**

Inhalt:

- Elementumwandlung (1 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),

**Besonderheiten:**

- Nuklidkarte

**Berufsorientierung:**

- **Arzt (Strahlungsschäden)**

- **Archäologe (Radiokarbonmethode)**

Inhalt:

- Detektoren (3 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),

**Didaktische Hinweise:**

- An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

**Besonderheiten:**

- **Geiger-Müller-Zählrohr**

**Berufsorientierung:**

- **Archäologe (Radiokarbonmethode)**

**Unterrichtsvorhaben: Strahlung und Materie**

**Medieneinsatz:**

- Geiger-Müller-Zählrohr

Inhalt:

- Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe

- Dosimetrie (3 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- 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).

**Didaktische Hinweise:**

- Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.

- Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis

**Besonderheiten:**

- ggf. Einsatz eines Films / eines Videos

**Berufsorientierung:**

- **Arzt (Strahlungsschäden)**

**Medieneinsatz:**

- **Internetrecherche zu Strahlungsschäden**

**Zeitbedarf:** ca. 9 Ustd.

3. Sequenz: Forschung am CERN und DESY

Inhalt:

- Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),

- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1),

- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).

**Unterrichtsvorhaben: Strahlung und Materie**

**Didaktische Hinweise:**

- Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung

**Besonderheiten:**

- In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich.
- Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.

Inhalt:

- (Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung
- Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).

**Didaktische Hinweise:**

- Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren

**Besonderheiten:**

- Lehrbuch, Animationen

**Berufsorientierung:**

- **Physiker/Ingenieur für Teilchenbeschleuniger**

**Medieneinsatz:**

- **Internetrecherche über das CERN**



**Unterrichtsvorhaben: Relativität von Raum und Zeit**

1. Sequenz: Navigationssysteme

Inhalt:

- Relativität der Zeit (5 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- interpretieren das *Michelson-Morley-Experiment* als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),

- erklären anschaulich mit der *Lichtuhr* grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),

- erläutern qualitativ den *Myonenerfalls* 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).

**Didaktische Hinweise:**

- 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 Myonenerfall 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.

**Besonderheiten:**

- **Experiment von Michelson und Morley** (Computersimulation)

- **Lichtuhr** (Gedankenexperiment / Computersimulation)

- **Myonenerfall** (Experimentepool der Universität Wuppertal)

**Berufsorientierung:**

- GPS Systeme entwickeln

**Medieneinsatz:**

- **Lichtuhr (Gedankenexperiment)**

- **Myonenerfall (Simulation)**

**Zeitbedarf:** ca. 5 Ustd.

2. Sequenz: Teilchenbeschleuniger

Inhalt:

- „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern die Funktionsweise eines *Zyklotrons* und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4).

**Unterrichtsvorhaben: Relativität von Raum und Zeit**

**Didaktische Hinweise:**

- Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.

**Besonderheiten:**

- **Zyklotron** (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)

**Medieneinsatz:**

- **Zyklotron (Simulation)**

Inhalt:

- Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).
- zeigen die Bedeutung der Beziehung  $E=mc^2$  für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3).

**Didaktische Hinweise:**

- 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.

**Besonderheiten:**

- Film / Video

**Medieneinsatz:**

- **Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki**
- **Entwicklung der Atombombe**

**Zeitbedarf:** ca. 6 Ustd.

Inhalt:

- Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)

**Zentrale Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler ...

- 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).

**Besonderheiten:**

- Lehrbuch, Film / Video

**Medieneinsatz:**

- **Internetrecherche**

**Zeitbedarf:** ca. 2 Ustd.

**Unterrichtsvorhaben Q1.1: Relativitätstheorie****1. Sequenz: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Inhalt:** (4 Ustd.)

Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit

Inertialsysteme

Relativität der Gleichzeitigkeit

**Kompetenzen: Die SuS ...**

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).

**Besonderheiten:**

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.

**Experimente/Medien:****Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)****Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)**

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.1: Relativitätstheorie</b>	
<p><u>2. Sequenz: Höhenstrahlung</u></p> <p>Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmo-sphäre die Erdoberfläche?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,</p> <p>(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,</p> <p><b>Inhalt:</b> (4 Ustd.)</p> <p>Zeitdilatation und relativistischer Faktor</p> <p>Längenkontraktion</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS ...</b></p> <p>leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),</p> <p>reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)</p>	<p>begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),</p> <p>erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),</p> <p>beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),</p> <p><b>Besonderheiten:</b></p> <p>Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor <math>\gamma</math> hergeleitet.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</p> <p>Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o.</p> <p>Herleitung der Formel für die Längenkontraktion</p> <p><b>Experimente/Medien:</b></p> <p><b>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</b></p> <p><b>Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)</b></p> <p><b>KAoO: Wartung von GPS-Systemen, Raumfahrttheoretiker</b></p>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.1: Relativitätstheorie</b>	
<p><b>3. Sequenz: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten</b></p> <p>Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.</p> <p>(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,</p> <p><b>Inhalt:</b> (8 Ustd.)          „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern          Ruhemasse und dynamische Masse          Bindungsenergie im Atomkern          Annihilation</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS ...</b>          erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),          erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1)          berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)</p>	<p>beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4),</p> <p>bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1),</p> <p>beurteilen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3)</p> <p><b>Besonderheiten:</b></p> <p>Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten.</p> <p>Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</p> <p>Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.</p> <p>Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.</p> <p>Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen.</p> <p>Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.</p> <p>Erzeugung und Vernichtung von Teilchen</p> <p><b>Experimente/Medien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)</li> <li>- Historische Aufnahme von Teilchenbahnen</li> </ul>

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.1: Relativitätstheorie</b>	
<p><b>4. Sequenz: Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</b></p> <p>Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,</p> <p><b>Inhalt:</b> (4 Ustd.)</p> <p>Gravitation und Zeitmessung</p> <p>Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit)</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS ...</b></p> <p>beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)</p> <p>veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).</p>	<p><b>Besonderheiten:</b></p> <p>Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben.</p> <p>Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.</p> <p>An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)</p> <p><b>Experimente/Medien:</b></p> <p><b>Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig)</b></p> <p><b>Flug von Atomuhren um die Erde (Video)</b></p> <p><b>Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment</b></p> <p><b>Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung)</b></p> <p><b>Film / Video</b></p>

**Unterrichtsvorhaben Q1.1: Relativitätstheorie****5. Sequenz: Das heutige Weltbild**

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

**Inhalt:** (2 Ustd.)

Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit

**Kompetenzen: Die SuS ...**

bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).

**Medien:**

**Lehrbuchtexte, Internetrecherche**

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.2: Elektrik</b>	
<p><b>1. Sequenz: <u>Untersuchung von Elektronen</u></b></p> <p>Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,</p> <p>(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,</p> <p>(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,</p> <p>(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,</p> <p>(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,</p> <p>(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.</p>	<p><b>Inhalt 1:</b> (4 Ustd.) Ladungstrennung, Ladungsträger</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b> erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),</p> <p><b>Besonderheiten:</b> 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.</p> <p><b>Experimente/Medien:</b> <b>einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung, halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche</b></p>



## Inhalt 2: (10 Std.)

### Bestimmung der Elementarladung:

elektrische Felder, Feldlinien

potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung

Kondensator

Elementarladung

### Kompetenzen: Die SuS...

beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),

erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),

leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),

entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),

### Besonderheiten:

Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet.

Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt.

Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.

Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld

Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit

An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.

### Experimente/Medien:

Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL (remote control laboratory),

einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell,

Plattenkondensator (homogenes E-Feld),

evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition,

Spannungsmessung am Plattenkondensator,

Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch

<p><b>Inhalt 3:</b> (10 Std.)</p> <p><b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b>  magnetische Felder, Feldlinien,  potentielle Energie im elektrischen Feld,  Energie bewegter Ladungsträger,  Elektronenmasse</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b>  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),</p> <p><b>Besonderheiten:</b>  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,</p>	<p><b>Experimente/Medien:</b></p> <p><b>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,</b></p> <p><b>Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft,</b></p> <p><b>Fadenstrahlrohr zur <math>e/m</math> – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</b></p> <p><b>Weitere Kompetenzen: Sie SuS...</b>  erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),  entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),  erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),  bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),  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 <math>e/m</math>-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p> <p><b>KAoA: Teilchenphysiker, Techniker bei der Bahn (Wirbelstrombremse)</b></p>
--	---

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.2: Elektrik</b>	
<p><b>2. Sequenz: <u>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</u></b></p> <p>Leitfrage: Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder ,Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,</p> <p>(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.</p> <p>(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,</p> <p>(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,</p> <p>(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,</p> <p>(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,</p> <p>(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,</p>	<p><b>Inhalt 1:</b> (12 Ustd.)</p> <p><b>Anwendungen in Forschung und Technik:</b></p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b></p> <p>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),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2)</p>

**Besonderheiten:**

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.

**Experimente/Medien:**

Hallsonde,

Halleffektgerät,

diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen),

Elektronenstrahlableitkröhre

visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern

**Inhalt 2: (10 Std.)****Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:**

Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes

**Kompetenzen: Die SuS...**

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),

treffen im Bereich Elektrizität 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 Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),

**Besonderheiten:**

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

**Experimente/Medien:**

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

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.2: Elektrik</b>	
<p><b>3. Sequenz: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung el. Energie</b>  Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,</p> <p>(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,</p> <p>(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.</p> <p><b>Inhalt:</b> (22 Ustd.)</p> <p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b></p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz,  Lenz'sche Regel,  Energie des magnetischen Feldes</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b></p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>	<p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4)</p> <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),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p>

**Besonderheiten:**

Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,

Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.

Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:

1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)
2. Änderung der Feldgröße  $B$  (quantitatives Experiment)

Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)

Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.

qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion

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

**Experiment/Medien:**

**Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,**

**Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,**

**einfaches elektrodynamisches Mikrofon,**

**Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)**

**quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße  $B$ , registrierende Messung von  $B(t)$  und  $U_{\text{ind}}(t)$ ,**

**„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung**

**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“**

**KAoA:**

**Arbeiten im Elektrizitätswerk,  
Der Alltag eines Elektrotechnikers**

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q1.2: Elektrik</b>	
<p><b>4. Sequenz: <i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i></b></p> <p>Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,</p> <p>(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,</p> <p>(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,</p> <p>(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,</p> <p>(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,</p> <p>(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,</p> <p>(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und</p>	<p><b>Inhalt 1:</b> (12 Ustd.)</p> <p><b>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</b></p> <p>Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b></p> <p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p>



<p><b>Besonderheiten:</b></p> <p>Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektrisammlung vorgestellt.</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p> <p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomsonformel).</p> <p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</p> <p><b>Experiment/Medien:</b></p> <p><b>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektrisammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren,</b></p> <p><b>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</b></p> <p><b>RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,</b></p> <p><b>ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</b></p> <p><b>KAoA:</b></p> <p>- <b>Radiotechniker, Fernmeldetechniker</b></p>	<p><b>Inhalt 2: (16 Ustd.)</b></p> <p><b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b></p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektro-magnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektro-magnetische Wellen,</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b></p> <p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6), erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <math>B</math>- bzw. <math>E</math>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6), beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6), erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6). ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5). beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6). erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), 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>
---	--

**Besonderheiten:**

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:

- Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!
- (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird.

Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbel-feld.

Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,

**Experiment/Medien:**

**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.),**

**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)**

**KAoA: Tontechniker**

**Unterrichtsvorhaben Q1.3: Quantenphysik****1. Sequenz: Erforschung des Photons**

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

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

**Inhalt 1:** (3 Ustd.) Lichtelektrischer Effekt

**Kompetenzen: Die SuS...**

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),

**Experiment/Medien: Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)**

**Inhalt 2:** (7 Ustd.) Teilcheneigenschaften von Photonen  
Planck'sches Wirkungsquantum

**Kompetenzen: Die SuS...**

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),

**Bemerkung:**

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

**Experiment/Medien: 1. Versuch zur  $h$ -Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)**

**2. Versuch zur  $h$ -Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)**

**Unterrichtsvorhaben Q1.3: Quantenphysik****2. Sequenz: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons**

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Inhalt:** (9 Ustd.)

Röntgenröhre

Röntgenspektrum

Bragg'sche Reflexionsbedingung

Planck'sches Wirkungsquantum

Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode

Strukturanalyse nach Debye-Scherrer

Röntgenröhre in Medizin und Technik

**Kompetenzen: Die SuS...**

beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),

erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),

deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),

führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),

**Bemerkung:**

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.

Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund

Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum

Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode

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)**

**Experiment/Medien: Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung**

**Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden**

**Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)**

**Film / Video / Foto**

**Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)**

**Unterrichtsvorhaben Q1.3: Quantenphysik****3. Sequenz: 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:** (6 Ustd.)

Wellencharakter von Elektronen

Streuung und Beugung von Elektronen

De Broglie-Hypothese

**Kompetenzen: Die SuS...**

interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),

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),

**Bemerkung:**

Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)

Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten

Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte

**Experiment/Medien: Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung**

**Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre**

Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/> )

**Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre**

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<p><b>Unterrichtsvorhaben Q1.3: Quantenphysik</b></p>	
<p><b>4. Sequenz: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</b></p> <p>Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,</p> <p>(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.</p> <p><b>Inhalt:</b> (10 Ustd.)</p> <p>linearer Potentialtopf, Energiewerte im linearen Potentialtopf Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit Heisenbergsche Unschärferelation</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b> 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). 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).</p>	<p>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), 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).</p> <p><b>Bemerkung:</b> 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. 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.</p> <p><b>Experiment/Medien:</b> <b>Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos</b></p> <p><b>KAoA: Heisenbergsche Unschärferelation im Alltag der Verkehrspolizei</b></p>

**Unterrichtsvorhaben Q2.1: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik****1. Sequenz: 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:** (10 Ustd.)

**Atomaufbau:** Kern-Hülle-Modell

Energiequantelung der Hüllelektronen

Linienspektren

Bohrsche Postulate

**Kompetenzen: Die SuS...**

geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),

erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),

stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).

formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),

**Experiment/Medien:**

**Recherche in Literatur und Internet**

**Rutherford'scher Streuversuch** Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B.. <http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html>)

**Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch**

**Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H**



Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<p><b>Unterrichtsvorhaben Q2.1: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</b></p>	
<p><u>2. Sequenz: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren und Radiologie)</u></p> <p>Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,</p> <p>(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,</p> <p>(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen</p> <p><b>Inhalt:</b> (14 Ustd.)</p> <p><b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren</p> <p>Strahlungsarten, Dosimetrie, Bildgebende Verfahren</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b></p> <p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p> <p>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</p> <p>erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</p>	<p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p> <p>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</p> <p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p> <p>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),</p> <p><b>Bemerkungen:</b></p> <p>Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt , Präparate)</p> <p>Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz</p> <p>Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten</p> <p>Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen</p> <p><b>Experiment/Medien:</b></p> <p><b>Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt, Nebelkammer</b></p> <p><b>Absorption von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung , Ablenkung von <math>\beta</math>-Strahlen im Magnetfeld</b></p> <p><b>Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)</b></p> <p><b>Video zur Dosimetrie, Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich</b></p> <p><b>Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)</b></p> <p><b>Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses</b></p>



**Unterrichtsvorhaben Q2.1: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik****3. Sequenz: Erdgeschichtliche Altersbestimmung**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

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

**Inhalt:** (10 Ustd.)

**Radioaktiver Zerfall:** Kernkräfte, Zerfallsprozesse, Altersbestimmung

**Kompetenzen: Die SuS...**

benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),  
 identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),  
 entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5), nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),  
 leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),  
 bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode (UF2),

**Bemerkungen:**

Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I

Umgang mit einer Nuklidkarte

Siehe <http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html>

Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler

Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung

Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen

Ggf. Uran-Blei-Datierung

**Experiment/Medien:**

**Nuklidkarte**

**Elektronische Nuklidkarte**

**Radon-Messung im Schulkeller**

**Tabellenkalkulation**

**CAS**

**KAoA: Strahlenschutz**

**Bauphysikalische Einblicke**

**Unterrichtsvorhaben Q2.1: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik****4. Sequenz: 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:** (9 Ustd.)

**Kernspaltung und Kernfusion:**

Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie

Kettenreaktion, Kernspaltung, Kernfusion

**Kompetenzen: Die SuS...**

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),

erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbst-ablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),

beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),

beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),

hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).

**Experiment/Medien:**

**Video zu Kernwaffenexplosion**

**Mausefallenmodell, Video, Applet**

**Diagramm  $B/A$  gegen  $A$ , Tabellenwerk, ggf. Applet**

**Recherche in Literatur und Internet**

**Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion**

**KAoA: Arbeit im Atomkraftwerk**

Konkrete Unterrichtsvorhaben:	Leistungskurs Q1/Q2
<b>Unterrichtsvorhaben Q2.1: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</b>	
<p><b>5. Sequenz: <i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i></b></p> <p>Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</p> <p><b>Kompetenzschwerpunkte:</b> Schülerinnen und Schüler können</p> <p>(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,</p> <p>(K2) zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,</p> <p><b>Inhalt:</b> (11 Ustd.)</p> <p>Kernbausteine und Elementarteilchen Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)</p> <p><b>Kompetenzen: Die SuS...</b> systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</p> <p>vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).</p> <p>erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).</p>	<p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),</p> <p><b>Bemerkungen:</b> Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden.</p> <p>Internet: <a href="http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/">http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/</a> Ggf. Schülerreferate</p> <p>Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</p> <p>Die Bedeutung der Gleichung <math>E=mc^2</math> (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form <math>\Delta E \cdot \Delta t \geq h</math> (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.</p> <p>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, ...)</p> <p>Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik</p> <p><b>Experiment/Medien:</b></p> <p><b>Existenz von Quarks (Video), Internet (CERN / DESY)</b> <b>Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)</b> <b>Literatur und Recherche im Internet</b> <b>„CERN-Rap“:</b> <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8</a></p> <p><b>KAoA: Arbeit im CERN</b></p>

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

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 15 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 16 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 entsprechen dem Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler.
- 3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
- 4.) Medien und Arbeitsmittel sind schülernah gewählt.
- 5.) Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
- 6.) Der Unterricht fördert und fordert eine aktive Teilnahme der Schüler/innen.
- 7.) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Schüler/innen und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
- 8.) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schüler/innen.
- 9.) Die Schüler/innen erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
- 10.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeit.
- 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.
- 15.) Wertschätzende Rückmeldungen prägen die Bewertungskultur und den Umgang mit Schülerinnen und Schülern.

### ***Fachliche Grundsätze:***

- 16.) Im Unterricht werden fehlerhafte Schülerbeiträge produktiv im Sinne einer Förderung des Lernfortschritts der gesamten Lerngruppe aufgenommen.
- 17.) Der Unterricht ermutigt die Schüler/innen dazu, auch fachlich unvollständige Gedanken zu äußern und zur Diskussion zu stellen.
- 18.) Die Bereitschaft zu problemlösenden Arbeiten wird durch Ermutigungen und Tipps gefördert und unterstützt.
- 19.) Die Einstiege in neue Themen erfolgen grundsätzlich mithilfe sinnstiftender Kontexte, die an das Vorwissen der Schüler/innen anknüpfen und deren Bearbeitung sie in die dahinter stehende Physik führt.
- 20.) Es wird genügend Zeit eingeplant, in der sich die Lernenden neues Wissen aktiv konstruieren und in der sie angemessene Grundvorstellungen zu neuen Begriffen entwickeln können.

- 21.) Durch regelmäßiges wiederholendes Üben werden grundlegende Fertigkeiten „wachgehalten“.
- 22.) Im Unterricht werden an geeigneter Stelle differenzierende Aufgaben eingesetzt.
- 23.) Die Schüler/innen werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und vollständiger Dokumentation der von ihnen bearbeiteten Aufgaben angehalten.
- 24.) Im Unterricht wird auf einen angemessenen Umgang mit fachsprachlichen Elementen geachtet.
- 25.) Digitale Medien werden regelmäßig dort eingesetzt, wo sie dem Lernfortschritt dienen.

### **Schülerorientierung:**

Schülerinnen und Schüler am Gymnasium Horkesgath sind unterschiedlich in ihren Lernvoraussetzungen. Es wird angestrebt, den verschiedenen Lerntypen gerecht zu werden, indem die Fachgruppe Physik individuelle Förderung mit folgenden Maßnahmen umsetzt:

- Unterschiedliche Zugänge zu den physikalischen Inhalten: Schülerexperimente, Demonstrationsexperimente, Simulationen/Animationen Filme, Hörbeiträge, Präsentationen Arbeitsblätter, Seiten aus dem Lehrbuch, die für eine eigenständige Erarbeitung geeignet sind
- Anregung durch abwechslungsreiche Unterrichtsgestaltung: Gruppenarbeit (z.B. bei Schülerexperimenten), Einzel- bzw. Partnerarbeit bei der Bearbeitung von Arbeitsblättern oder selbstständigem Lernen mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch, Schülerreferate
- Ausrichtung der Beurteilungsmaßstäbe nach persönlichen Stärken

## **2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung**

### **Sekundarstufe I:**

Leistungsbeurteilung:

Da im Fach Physik in der Sekundarstufe I keine Klassenarbeiten geschrieben werden, beruht die Notenfindung auf dem Feld der Sonstigen Mitarbeit. Diese ist sehr vielseitig und nicht ausschließlich an der Beteiligung im Unterricht zu messen. Die Fachschaft Physik setzt sich zum Ziel, eine größtmögliche Transparenz und Nachvollziehbarkeit in der Notengebung zu erreichen und sie im Rahmen der individuellen Förderung auch zu Gunsten unterschiedlicher Lerntypen anzupassen. Die Idee ist hierbei, die besonderen Stärken der Schülerinnen und Schüler auch mehr zu gewichten als die Schwachpunkte. Die Gewichtung der Bestandteile hängt vom Jahrgang, der Unterrichtseinheit und -gestaltung ab und obliegt der Entscheidung des Fachlehrers.

Hausaufgaben:

Als selbstverständliche Hausaufgabe gelten:

- Wiederholung der vorhergehenden Unterrichtsstunde, dies betrifft insb. Experimente und Merksätze
- Wiederholung der grundlegenden Inhalte der Unterrichtseinheit (Regeln, Gesetze, Formeln, physikalische Größen mit ihren Einheiten, Verfahren, Modelle).

Nur die entsprechenden Kenntnisse ermöglichen jedem einzelnen Schülern eine die Erwartungen erfüllende Mitarbeit und der Lerngruppe ein sinnvolles Weitergehen in der Unterrichtseinheit. Schriftliche Hausaufgaben oder Hausaufgaben in Form kleiner Experimente werden im Sinne des Ganztagskonzepts nur vereinzelt aufgegeben. Der Zeitaufwand sollte nicht mehr als 10-15 Minuten betragen.

### ***Sekundarstufe II:***

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

### ***Verbindliche Absprachen:***

- Klausuren können nach entsprechender Wiederholung im Unterricht auch Aufgabenteile enthalten, die Kompetenzen aus weiter zurückliegenden Unterrichtsvorhaben oder übergreifende prozessbezogene Kompetenzen erfordern.
- Alle Klausuren in der Q-Phase enthalten auch Aufgaben mit Anforderungen im Sinne des Anforderungsbereiches III (vgl. Kernlehrplan Kapitel 4).
- Für die Aufgabenstellung der Klausuraufgaben werden die Operatoren der Aufgaben des Zentralabiturs verwendet. Diese sind mit den Schülerinnen und Schülern zu besprechen. (Link: <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/fach.php?fach=22> )
- Die Korrektur und Bewertung der Klausuren erfolgt anhand eines kriterienorientierten Bewertungsbogens, den die Schülerinnen und Schüler als Rückmeldung erhalten.
- Schülerinnen und Schülern wird in allen Kursen Gelegenheit gegeben, physikalische Sachverhalte zusammenhängend (z. B. eine Hausaufgabe, einen fachlichen Zusammenhang, einen Überblick über Aspekte eines Inhaltsfeldes ...) selbstständig vorzutragen.

## Verbindliche Instrumente:

### Überprüfung der schriftlichen Leistung

- **Einführungsphase:** Eine Klausur im ersten Halbjahr, zwei Klausuren im zweiten Halbjahr. Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOST B § 14 (1) und VV 14.1.)
- **Grundkurse Q-Phase Q 1.1 – Q 1.2:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden plus Pause (110 Minuten) (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.1:** Zwei Klausuren. Dauer der Klausuren: 3 Unterrichtsstunden (135 Minuten) (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen für Schülerinnen und Schüler, die Physik als 3. Abiturfach gewählt haben. Dauer der Klausur: 3 Zeitstunden. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 1.1:** Zwei Klausuren. Dauer der Klausuren: 3 Unterrichtsstunden (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 1.2:** Zwei Klausuren. Dauer der Klausuren: 3 Unterrichtsstunden plus Pause (145 Minuten) (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 2.1:** Zwei Klausuren. Dauer der Klausuren: 3 Zeitstunden (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen. Dauer der Klausur: 4,25 Zeitstunden. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Facharbeit:** Gemäß Beschluss der Lehrerkonferenz wird die erste Klausur Q1 für diejenigen Schülerinnen und Schüler, die eine Facharbeit im Fach Physik schreiben, durch diese ersetzt. (Vgl. APO-GOST B § 14 (3) und VV 14.3.)

Klasse/Jahrgang	Anzahl	Dauer in UStd	Dauer in Min
Einführungsphase	3	2	90
Q1.1 GK	2	2 + große Pause	90 + 20
Q1.1 LK	2	3	135
Q1.2 GK	2	2 + große Pause	90 + 20
Q1.2 LK	2	3 + Pause	145
Q2.1 GK	2	3	135
Q2.1 LK	2	4	180 = 3 h
Q2.2 GK	1	4	180
Q2.2 LK	1	4,25 h	255 = 4,25 h
Abitur GK	1	4	180
Abitur LK	1	4,25 h	255

## *Überprüfung der sonstigen Leistung*

In die Bewertung der sonstigen Mitarbeit fließen folgende Aspekte ein, die den Schülerinnen und Schülern bekanntgegeben werden müssen:

- Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Quantität und Kontinuität)
- Qualität der Beiträge (inhaltlich und methodisch)
- Sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- Situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- Angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- Eingehen auf Beiträge und Argumentationen von Mitschülerinnen und -schülern, Unterstützung von Mitlernenden
- Umgang mit neuen Problemen, Beteiligung bei der Suche nach neuen Lösungswegen
- Selbstständigkeit im Umgang mit der Arbeit
- Umgang mit Arbeitsaufträgen (Hausaufgaben, Unterrichtsaufgaben...)
- Anstrengungsbereitschaft und Konzentration auf die Arbeit
- Beteiligung während kooperativer Arbeitsphasen
- Darstellungsleistung bei Referaten oder Plakaten und beim Vortrag von Lösungswegen
- Ergebnisse schriftlicher Übungen
- Erstellen von Protokollen
- Anfertigen zusätzlicher Arbeiten, z. B. eigenständige Ausarbeitungen im Rahmen binnendifferenzierender Maßnahmen, Erstellung von Computerprogrammen

### *Konkretisierte Kriterien:*

#### *Kriterien für die Überprüfung der schriftlichen Leistung*

Die Bewertung der schriftlichen Leistungen in Klausuren erfolgt über ein Raster mit Hilfspunkten, die im Erwartungshorizont den einzelnen Kriterien zugeordnet sind. Dabei sind in der Qualifikationsphase alle Anforderungsbereiche zu berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet.

Die Zuordnung der Hilfspunktsumme zu den Notenstufen orientiert sich in der Einführungsphase und in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des



Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 45% der Hilfspunkte erteilt werden. Von den genannten Zuordnungsschemata kann im Einzelfall begründet abgewichen werden, wenn sich z. B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizontes abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung (APO-GOST §13 (2)) angemessen erscheint.

### *Kriterien für die Überprüfung der sonstigen Leistungen*

Im Fach Physik ist in besonderem Maße darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler zu konstruktiven Beiträgen angeregt werden. Daher erfolgt die Bewertung der sonstigen Mitarbeit nicht defizitorientiert oder ausschließlich auf fachlich richtige Beiträge ausgerichtet. Vielmehr bezieht sie Fragehaltungen, begründete Vermutungen, sichtbare Bemühungen um Verständnis und Ansatzfragmente mit in die Bewertung ein.

Im Folgenden werden Kriterien für die Bewertung der sonstigen Leistungen jeweils für eine gute bzw. eine ausreichende Leistung dargestellt. Dabei ist bei der Bildung der Quartals- und Abschlussnote jeweils die Gesamtentwicklung der Schülerin bzw. des Schülers zu berücksichtigen, eine arithmetische Bildung aus punktuell erteilten Einzelnoten erfolgt nicht:

Leistungsaspekt	Anforderungen für eine	
	<b>gute Leistung</b>	<b>ausreichende Leistung</b>
	<i>Die Schülerin, der Schüler</i>	
Qualität der Unterrichtsbeiträge	nennt richtige Lösungen und begründet sie nachvollziehbar im Zusammenhang der Aufgabenstellung	nennt teilweise richtige Lösungen, in der Regel jedoch ohne nachvollziehbare Begründungen
	geht selbstständig auf andere Lösungen ein, findet Argumente und Begründungen für ihre/seine eigenen Beiträge	geht selten auf andere Lösungen ein, nennt Argumente, kann sie aber nicht begründen
	kann ihre/seine Ergebnisse auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichen Medien darstellen	kann ihre/seine Ergebnisse nur auf eine Art darstellen
Kontinuität/ Quantität	beteiligt sich regelmäßig am Unterrichtsgespräch	nimmt eher selten am Unterrichtsgespräch teil
Selbstständigkeit	bringt sich von sich aus in den Unterricht ein	beteiligt sich gelegentlich eigenständig am Unterricht
	ist selbstständig ausdauernd bei der Sache und erledigt Aufgaben gründlich und zuverlässig	benötigt oft eine Aufforderung, um mit der Arbeit zu beginnen; arbeitet Rückstände nur teilweise auf

	strukturiert und erarbeitet neue Lerninhalte weitgehend selbstständig, stellt selbstständig Nachfragen	erarbeitet neue Lerninhalte mit umfangreicher Hilfestellung, fragt diese aber nur selten nach
	erarbeitet bereitgestellte Materialien selbstständig	erarbeitet bereitgestellte Materialien eher lückenhaft
Hausaufgaben	erledigt sorgfältig und vollständig die Hausaufgaben	erledigt die Hausaufgaben weitgehend vollständig, aber teilweise oberflächlich
	trägt Hausaufgaben mit nachvollziehbaren Erläuterungen vor	nennt die Ergebnisse, erläutert erst auf Nachfragen und oft unvollständig
Kooperation	bringt sich ergebnisorientiert in die Gruppen-/Partnerarbeit ein	bringt sich nur wenig in die Gruppen-/Partnerarbeit ein
	arbeitet kooperativ und respektiert die Beiträge Anderer	unterstützt die Gruppenarbeit nur wenig, stört aber nicht
Gebrauch der Fachsprache	wendet Fachbegriffe sachangemessen an und kann ihre Bedeutung erklären	versteht Fachbegriffe nicht immer, kann sie teilweise nicht sachangemessen anwenden
Werkzeuggebrauch	setzt Werkzeuge im Unterricht sicher bei der Bearbeitung von Aufgaben und zur Visualisierung von Ergebnissen ein	benötigt häufig Hilfe beim Einsatz von Werkzeugen zur Bearbeitung von Aufgaben
Präsentation/ Referat	präsentiert vollständig, strukturiert und gut nachvollziehbar	präsentiert an mehreren Stellen eher oberflächlich, die Präsentation weist Verständnislücken auf
Schriftliche Übung	ca. 75% der erreichbaren Punkte	ca. 50% der erreichbaren Punkte

*Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung:*

- Jeweils zum Ende eines Quartals gibt die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern eine Rückmeldung über die im Quartal erreichten Leistungen in Form von Quartalsnoten.
- In der EF erhalten die Schülerinnen und Schüler mit nicht ausreichenden Leistungen einen Förderplan zum Schulhalbjahr.
- Eltern und Schüler werden an Elternsprechtagen und bei Bedarf nach persönlicher Terminvereinbarung beraten im Sinne individueller Lern- und Förderempfehlungen.

## **2.4 Lehr- und Lernmittel**

### ***Lehrbücher:***

Klassen 6 – 9: Lehrbuchreihe „Impulse Physik 1 & 2“ .- Ernst Klett, 2009

Jahrgang EF: Impulse Physik. Oberstufe. Einführungsphase.- Ernst Klett 2010

Grundkurs Q1/Q2: Impulse Physik Oberstufe.Qualifikationsphase.- Klett 2010

Leistungskurs Q1/Q2: Metzler Physik.- Schroedel, 2007, 4. Auflage

Einsatz moderner Informationstechnologien:

Beide Physikräume sind mit einem Computer mit Internetzugang, Beamer und Lautsprechern ausgestattet. Außerdem verfügt der Fachbereich Physik über eine Dokumentenkamera und ein Sensor-CASSY. Das Internet bietet die Möglichkeit neueste Informationen zu beschaffen und physikalische Sachverhalte mit Bildern, Animationen, Simulationen und Filmen zu visualisieren. Das Programm CASSY-Lab ermöglicht an vielen Stellen die Messwerterfassung mit Hilfe des Computers. Die Auswertung von Messergebnissen kann ggf. mit dem Programm CASSY-Lab erfolgen. Außerdem stehen Tabellenkalkulationsprogramme zur Verfügung. Der Einsatz eines Präsentationsprogramms (z.B. PowerPoint) bei Schülerreferaten ist anzustreben.

Schülerexperimente

Durch die Gestaltung des Raumes R012 als Schülerübungsraum, die Anschaffung von Schülerübungskästen sowie die Unterbringung von vorhandenen Materialien im Übungsraum sind Schülerexperimente in Elektrik, Optik und Mechanik in allen Jahrgangsstufen möglich. Die Materialien werden erweitert.

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

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen, vor die Schülerinnen und Schüler durch verschiedene Fächer gestellt werden, hat sich die Fachgruppe vorgenommen, durch einen Dialog mit Kollegen der anderen Fächer zu einer Abstimmung im Hinblick auf grundlegende Kriterien zur Bewertung von Schülerprodukten zu gelangen.

## 4 Qualitätssicherung und Evaluation

Die unterrichtliche Qualität soll gesichert werden, indem auf Grundlage von systematisch gewonnenen Informationen über die Ergebnisse und Prozesse im Unterricht geeignete Maßnahmen zur Unterrichtsentwicklung, zur Unterstützung sowie zur individuellen Förderung aller Schülerinnen und Schüler erarbeitet und umgesetzt werden. Die Informationen werden gewonnen durch das gemeinsame Besprechen der Ergebnisse der Lernstandserhebungen, eigener parallel gestellter Klassenarbeiten innerhalb eines Jahrgangs sowie nach Möglichkeit kollegialer Unterrichtshospitationen.

Die Teilnahme an Fortbildungen wird allen das Fach Physik unterrichtenden Lehrkräften ermöglicht, um fachliches Wissen zu aktualisieren und pädagogische und didaktische Handlungskompetenzen zu vertiefen. Die teilnehmenden Lehrkräfte bringen die gewonnenen Erkenntnisse in die gemeinsame Arbeit der Fachschaft ein.

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 bei.

Durch den Austausch von Klausuren wird ein hohes Maß an fachlicher Qualitätssicherung erreicht.

Jeweils vor Beginn eines neuen Schuljahres 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.

Als Instrument zur Qualitätssicherung dient außerdem der Dokumentationsbogen für Lehrerinnen und Lehrer über die MINT-Aktivitäten des vergangenen Schuljahres, der jeweils zum 1. Mai bei den MINT-Koordinatoren eingereicht wird. Darin werden folgende Punkte erfasst:

Teilnahme an Wettbewerben, Teilnahme von SuS an MINT-Camps / Workshops usw., Teilnahme des Lehrers/der Lehrerin an Fortbildungen, Kooperationen etc.