



**Gymnasium am Stadtpark Uerdingen**

**Schulinterner Lehrplan  
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe**

**im Fach**

**Physik**

**Entwicklungsstand: Dezember 2016**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Entscheidungen zum Unterricht.....</b>	<b>3</b>
1.1 Unterrichtsvorhaben.....	3
1.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben.....	4
1.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben.....	7
1.1.2.1 Einführungsphase.....	7
1.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs.....	16
<b>2 Leistungsbewertung.....</b>	<b>44</b>
2.1. Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit.....	44
2.2. Beurteilungsbereich Klausuren.....	46
<b>3 Lehr- und Lernmittel.....</b>	<b>47</b>
<b>4 Qualitätssicherung und Evaluation.....</b>	<b>49</b>

# 1 Entscheidungen zum Unterricht

## 1.1 Unterrichtsvorhaben

In diesem schulinternen Lehrplan werden die laut Kernlehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe verbindlichen Kompetenzen den verschiedenen Unterrichtsvorhaben zugeordnet.

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

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 1.1.1) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten sowie in der Fachkonferenz verabredeten Kontexten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden.

Die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 1.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) besitzt empfehlenden Charakter. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich.

Der Kernlehrplan unterscheidet vier Kompetenzbereiche, für die nachfolgenden Abkürzungen Verwendung finden.

U	Umgang mit Fachwissen
E	Erkenntnisgewinnung
K	Kommunikation
B	Bewertung

### 1.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

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

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

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

## 1.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### 1.1.2.1 Einführungsphase

**Inhaltsfeld:** *Mechanik*

**Kontext:** *Physik und Sport*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

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

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

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Mögliche Experimente / Medien</b>	<b>Kommentare</b>
<p>Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport</p> <p>Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen</p> <p>Seiten 7 - 26</p>	<p>unterscheiden <b>gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen</b> und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),</p> <p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch <b>Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition</b> (E1)</p> <p>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)</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <b>t-s- und t-v-Diagramme</b>, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3)</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen <b>funktionale Beziehungen</b> zwischen mechanischen Größen (E5)</p> <p>bestimmen mechanische Größen <b>mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge</b> (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6)</p>	<p>Ultraschallsensor</p> <p>Videoanalyse</p> <p>Luftkissenfahrbahn für gleichm. beschleunigte Bewegung</p> <p>Freier Fall</p> <p>Münze und Feder in Vakuumfallrohr</p> <p>Würfe (Vektorzerlegung)</p>	<p>Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>Erstellung und Interpretation von t-s- und t-v-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel, Einsatz von Ultraschallbewegungssensor und GTR möglich)</p> <p>„Alle Körper fallen gleich schnell“</p> <p>Ggf. Argumentation Galilei</p> <p>Superpositionsprinzip (waagerechter Wurf)</p> <p>Videoanalyse und Tabellenkalkulation</p> <p>Einsatz des GTR</p>
<p>Trägheit Aristoteles vs. Galilei</p>	<p>stellen Änderungen in den <b>Vorstellungen zu Bewegungen</b> und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)</p> <p>entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen <b>historischen Texten</b> (K2, K4)</p>	<p>Galileis Discorsi</p> <p>Freihandexperimente zur Trägheit</p>	<p>Trägheit (insb .auch Alltagsvorstellungen)</p> <p>Überleitung zum Kraftbegriff</p>



Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentare
<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung</p> <p>Seiten 35 - 42</p>	<p>berechnen mithilfe <b>des Newtonschen Kraftgesetzes</b> Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6)</p> <p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4)</p> <p>reflektieren <b>Regeln des Experimentierens</b> in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4)</p> <p>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)</p>	<p><math>F = m \cdot a</math></p> <p>(Luftkissenfahrbahn)</p> <p>evtl. Schiefe Ebene (Reibung, Kräftezerlegung)</p>	<p>Definition der Kraft</p> <p>Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Erarbeitung des Newtonschen Bewegungsgesetzes</p> <p>Parametervariationen im Experiment</p> <p>Laborbedingungen / Idealisierungen (Reibungsfreiheit)</p> <p>Einfluss von Reibungskräften</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentare
<p>Energie und Leistung Impuls</p> <p>Seiten 53 - 76</p>	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer <b>Wechselwirkungsperspektive</b> als auch aus einer <b>energetischen Sicht</b> (E1, UF1)</p> <p>verwenden <b>Erhaltungssätze</b> (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6)</p> <p>beschreiben eindimensionale <b>Stoßvorgänge</b> mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1)</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</p> <p>bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4)</p>	<p>Fadenpendel (Schaukel)</p> <p>Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen</p> <p>Fendt-Simulationen zu Stößen</p> <p>Wasserrakete, Luftballonraketen</p>	<p>Arbeit und der Energie wiederholen</p> <p>Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit</p> <p>Energieerhaltung (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Begriff des Impulses</p> <p>Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß (ggf.auch an anschaulichen Beispielen aus dem Sport, z.B. Billard)</p> <p>Impuls und Rückstoß (Raketenantrieb als Überleitung zum neuen Themengebiet)</p>

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

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?

Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Mögliche Experimente / Medien</b>	<b>Kommentare</b>
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende  Seiten 77 - 80	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum <b>Sonnensystem</b> beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)	Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell	Möglicher Besuch in einer Sternwarte, Planetarium Bochum  „Fixsterne und Wandelsterne“
Kreisbewegungen  Seiten 27 - 28 Seiten 43 - 45	analysieren und berechnen auftretende <b>Kräfte bei Kreisbewegungen</b> (E6)	Freihandversuch: Rotierender Ball mit Massestücken  Messung der Zentralkraft  Abrutschen von drehender Scheibe (Reibung, Grenzbedingung)	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen  Neue Größen: Winkelgeschwindigkeit, Bahngeschwindigkeit, Periode, Frequenz  Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung  Parametervariation (siehe $F = m \cdot a$ )  Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Ggf. Induktion und Deduktion
Planetenbewegungen und Keplersche Gesetze  Seiten 81 - 82	ermitteln mithilfe der <b>Kepler'schen Gesetze</b> und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6) beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der <b>Arbeitsweise der Naturwissenschaften</b> , die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3)	Gärtnerkonstruktion einer Ellipse  Rororo-Biographie Kepler	Unterschiedliche Geschwindigkeiten der Planeten als Grundlage der Ellipse

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentare
<p>Newton'sches Gravitationsgesetz</p> <p>Gravitationsfeld</p> <p>Seiten 84 - 94</p>	<p>beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen <b>Feldkonzept und Kraftkonzept</b> (UF2, E6)</p> <p>erläutern unterschiedliche Positionen zum <b>Sinn aktueller Forschungsprogramme</b> (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3)</p>	<p>Gravitationswaage (zur Ansicht)</p>	<p>Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze</p> <p>Deduziert aus 3. Keplerschen Gesetz und Kraftgesetz der Kreisbewegung</p> <p>Newton'sche „Mondrechnung“</p> <p>Berechnung von Satelliten- und Planetenbahnen Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten</p> <p>Feldbegriff, Energiedichte in Feldern</p> <p>Heutige Weltraumforschung: Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme</p>

**Kontext:** *Schall*

Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Mögliche Experimente / Medien</b>	<b>Kommentare</b>
Entstehung und Ausbreitung von Schall  Seiten 95 - 109	erklären qualitativ die <b>Ausbreitung mechanischer Wellen</b> (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6)	Stimmgabeln als Schallquelle  Lautsprecher  Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät  Schallpegelmesser (auch mit Smartphone)  rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel,  Klingel und Vakuumglocke	Grundlagen über Schwingungen  Neue Größen: Frequenz und Amplitude  Tonqualitäten, Höreindrücke des Menschen  Schalldruckkurve
Erzwungene Schwingungen und Resonanz  Seiten 110 - 112	erläutern das Auftreten von <b>Resonanz</b> mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1)	Stimmgabeln	Resonanz (ggf. auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge)  Resonanzkörper von Musikinstrumenten
Modelle der Wellenausbreitung  Seiten 117 - 125	beschreiben <b>Schwingungen und Wellen</b> als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4)	Wellenmaschine  Lange Schraubenfeder  Wellenwanne	Entstehung und Ausbreitung von Longitudinal- und Transversalwellen (Kopplung)  Neue Größe: Ausbreitungsgeschwindigkeit  Doppler-Effekt  Erdbebenwellen

### 1.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

#### Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

Übersicht über die **Schlüsselexperimente** (im Inhaltsverzeichnis des Lehrwerks **blau** hervorgehoben)

1. Wellenwanne
2. Doppelspalt
3. Gitter
4. Photoeffekt
5. Millikan-Versuch
6. Fadenstrahlrohr
7. Elektronenbeugung

#### **Kontext:** *Erforschung des Photons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

#### **Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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



Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentare
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung  Seiten 7 - 18	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des <b>Huygens'schen Prinzips</b> Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene <b>Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung</b> (K3)  bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5)	<b>Wellenwanne</b>  <b>Doppelspalt</b>  <b>Gitter</b>  Beugung an kleiner Kreisscheibe (Dia), Vorbereitung Elektronenbeugung  quantitative Experimente mit Laserlicht  Messungen an CD und DVD	Interferenz von Schall (anknüpfend an die EF)  Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht  Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne  Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter  Beugungsphänomene bei Meereswellen (s. Google-Earth)
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit  Seiten 26 - 32	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2)	<b>Photoeffekt:</b> <b>Hallwachsversuch</b> <b>Vakuumphotозelle</b> (nur als Animation)  Fendt-Simulation zur Gegenfeldmethode  Messungen an LEDs	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung  Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit  <u>Hinweis:</u> $W = eU$ wird vorgegeben und nur plausibel gemacht.

**Kontext:** *Erforschung des Elektrons*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
Elementarladung  Seiten 38 - 48	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5)  untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, <b>Computersimulationen</b> zum Verhalten von Quantenobjekten (E6)	schwebender Wattebausch (???)  <b>Millikanversuch</b> (Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung), <u>nur</u> als Simulation möglich)	Wiederholung: Ladung aus der Sek. I  elektrisches Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld  Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung  Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator  <u>Hinweis:</u> Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren
Elektronenmasse  Seiten 51 - 58	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener <b>elektrischer und magnetischer Felder</b> und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1)  bestimmen die <b>Geschwindigkeitsänderung</b> eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2)  modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die <b>Elektronenmasse</b> (E6, E3, E5)	Elektronenstrahlröhre (mit Helmholtzspulen), Wien-Filter  $e/m$ -Bestimmung mit dem <b>Fadenstrahlrohr</b> und Helmholtzspulenpaar  auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)  evtl. Stromwaage  evtl. Hallsonde  B-Messung auch mit Smartphone	Wiederholung: Magnetismus aus der Sek. I  Lorentzkraft (3-Finger-Regel)  magnetisches Feld (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter)  Energiedichte im magnetischen Feld  Zusammenhang zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke  Kin. Energie der Elektronen mit $W = eU$ (s.oben)

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
Streuung von Elektronen an Festkörpern,  de Broglie-Wellenlänge  <a href="#">Seiten 59 - 68</a>	erläutern die Aussage der <b>de Broglie</b> -Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4)	<b>Elektronenbeugung</b> (an polykristallinem Graphit)	Bragg-Bedingung (vgl. Gitter)  Abhängigkeit der Wellenlänge von der Beschleunigungsspannung

**Kontext:** *Photonen und Elektronen als Quantenobjekte*

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentare
<p>Licht und Materie</p> <p>Seiten 69 - 79</p>	<p>erläutern am Beispiel der <b>Quantenobjekte</b> Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7)</p> <p>verdeutlichen die <b>Wahrscheinlichkeitsinterpretation</b> für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3)</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von <b>Wellen- und Teilchenmodellen</b> für Licht und Elektronen auf (B4, K4)</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die <b>Kopenhagener Deutung</b> und den <b>Welle-Teilchen-Dualismus</b> (B4, K4)</p>	<p>Computersimulation</p> <p><b>Doppelspalt</b></p> <p><b>Photoeffekt</b></p> <p>Video zum Doppelspalt in der der Quantenphysik</p>	<p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p> <p>„Physik beschreibt nicht, wie die Welt wirklich ist, sondern liefert Bilder, die die Wirklichkeit mehr oder weniger gut abbilden.“</p>

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

Übersicht über die **Schlüsselexperimente** (im Inhaltsverzeichnis des Lehrwerks **blau** hervorgehoben)

8. Oszilloskop oder Messwerterfassungssystem
9. Leiterschaukel
10. Thomson'scher Ringversuch
11. Leiterschleife
12. Generator
13. Transformator
14. Modellexperiment zu Freileitungen

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

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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



Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
<p><b>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie</b></p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>Seiten 82 - 87</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer <b>Induktionsspannung</b> durch die Wirkung der <b>Lorentzkraft</b> auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6)</p> <p><b>definieren die Spannung</b> als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2)</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer <b>Drei-Finger-Regel</b> (UF2, E6)</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5)</p>	<p>Freihandversuche bzw. Schülerversuche zur Induktion</p> <p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.</p> <p>Ladungstrennarbeit und kinetische Energie</p> <p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt</p> <p>eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet</p> <p>Alternative Herleitung mit magnetischem Fluss</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
<p><b>Technisch praktikable Generatoren:</b></p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>Seiten 92 - 93</p>	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbau und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>erläutern das Entstehen <b>sinusförmiger Wechselspannungen</b> in Generatoren (E2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „<b>zeitlich veränderliche (effektive) Fläche</b>“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>drehende <b>Leiterschleifen</b> in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern</p> <p><b>Wechselstromgenerator</b></p> <p>(auch als Schülerversuch möglich)</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</b> (Cassy)</p>	<p>Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p> <p>U(t)-Diagramme aufzeichnen und auswerten</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
<p><b>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</b></p> <p>Transformator</p> <p>Seiten 97 - 99</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>„Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Demo-<b>Aufbautransformator</b></p> <p>Schülerversuche zum Transformator</p> <p>Hochstrom- und Hochspannungstransformator</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).</p> <p>Induktionsgesetz</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.</p> <p>Auswertung der Messdiagramme</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
<p>Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“</p> <p>Seiten 100 - 103</p>	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive <b>Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen</b> (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	<p>Modellexperiment zu Freileitungen</p>	<p>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</p> <p>Energiebilanzen</p>

**Kontext:** *Wirbelströme im Alltag*

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
<p>Lenz'sche Regel</p> <p>Seiten 88 - 90</p>	<p>erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die <b>Lenz'sche Regel</b> (E5, UF4),</p> <p>bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter <b>Wirbelströme</b> (B1),</p>	<p>Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten</p> <p><b>Thomson'scher Ringversuch</b></p> <p>Modellversuch zur Wirbelstrombremse mit Aluminiumteller</p>	<p>Lenzsche Regel</p> <p>Anwendungsbeispiele zur Lenzschen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)</p> <p>diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.</p>

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

Übersicht über die **Schlüsselexperimente** (im Inhaltsverzeichnis des Lehrwerks **blau** hervorgehoben)

15. Franck-Hertz-Versuch
16. Linienspektren
17. Sonnenspektrum
18. Flammenfärbung
19. Geiger-Müller-Zählrohr
20. Charakteristische Röntgenspektren
21. Absorptionsexperimente

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

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
Kern-Hülle-Modell  Seiten 108 - 112	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur <b>Struktur von Atomen</b> und Materiebausteinen (E6, UF3, B4)		Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen  Seiten 113- 114	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7)	<b>Franck-Hertz-Versuch</b> (nur als Animation oder Video)	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Energieniveaus der Atomhülle  Seiten 115 – 119, 121	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen <b>Energieniveaus in der Atomhülle</b> (UF1, E6)	Erzeugung von <b>Linienspektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen  Flammenschatten	Deutung der Linienspektren  Subjektive Methode
Sternspektren und Fraunhoferlinien  Seiten 115, 120	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1)  erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2)  stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	<b>Flammenfärbung</b>  Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen Fraunhoferlinien  Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
Röntgenstrahlung  Seiten 128 - 130	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7)	Aufnahme von <b>Röntgenspektren</b> (mit interaktiven Bildschirmexperimenten oder RCL)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden  Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion



**Kontext:** *Mensch und Strahlung*

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
Strahlungsarten  Seiten 136 - 137, 141 - 145	unterscheiden $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3),  erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5),  bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche  Absorptionsexperimente zu $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ -Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung  Seiten 146 – 150	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren  Seiten 138 - 141	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Mögliche Experimente / Medien</b>	<b>Kommentar</b>
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie</p> <p>Seiten 151 - 154</p>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p>	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffen: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>

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

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

- (UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Mögliche Experimente / Medien</b>	<b>Kommentar</b>
Kernbausteine und Elementarteilchen  <a href="#">Seiten 160 - 163</a>	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren

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

Übersicht über die **Schlüsselexperimente** (im Inhaltsverzeichnis des Lehrwerks **blau** hervorgehoben)

- 22. Michelson-Morley-Experiment
- 23. Myonenzerfall
- 24. Lichtuhr
- 25. Zyklotron

### **Kontext: *Navigationssysteme***

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
Relativität der Zeit  Seiten 168 - 179	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p><b>Experiment von Michelson und Morley</b> (Computersimulation)</p> <p><b>Lichtuhr</b> (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p><b>Myonenzerfall</b> (z.B. Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>

**Kontext:** *Teilchenbeschleuniger*

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

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



Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Mögliche Experimente / Medien	Kommentar
<p>„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern</p> <p>Seiten 180 - 182</p>	<p>erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),</p>	<p>Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)</p>	<p>Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</p>
<p>Ruhemasse und dynamische Masse</p> <p>Seiten 180 - 182</p>	<p>erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)</p>	<p>Film / Video</p>	<p>Die Formeln für die dynamische Masse und <math>E=mc^2</math> werden als deduktiv herleitbar angegeben.</p> <p>Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.</p>

**Kontext:** *Das heutige Weltbild*

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

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

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen
- (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren

<b>Inhalt</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Mögliche Experimente / Medien</b>	<b>Kommentar</b>
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.) <a href="#">(Seiten 168 - 184)</a>	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	

## 2 Leistungsbewertung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik GOST hat die Fachkonferenz die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung beschlossen.

Die Bewertungsmaßstäbe sollen den Schülerinnen und Schülern und den Erziehungsberechtigten im Voraus transparent gemacht werden. Den Schülerinnen und Schülern müssen vor den Lernerfolgsüberprüfungen genügend Gelegenheiten gegeben werden, die geforderten Kompetenzen zu erwerben.

„Im Sinne der Orientierung an den zuvor formulierten Anforderungen sind grundsätzlich alle in Kapitel 2 des Kernlehrplans ausgewiesenen Kompetenzbereiche (Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation sowie Bewertung) bei der Leistungsbewertung angemessen zu berücksichtigen. Überprüfungsformen schriftlicher, mündlicher und ggf. praktischer Art sollen deshalb darauf ausgerichtet sein, die Erreichung der dort aufgeführten Kompetenzerwartungen zu überprüfen.“ (vgl. Kernlehrplan Physik GOST, Seite 48)

In Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik GOST werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen.

### 2.1 Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

„Zu den Bestandteilen der „Sonstigen Leistungen im Unterricht/Sonstigen Mitarbeit“ zählen u.a. unterschiedliche Formen der selbstständigen und kooperativen Aufgabenerfüllung, Beiträge zum Unterricht, von der Lehrkraft abgerufene Leistungsnachweise wie z.B. die schriftliche Übung, von der Schülerin oder dem Schüler vorbereitete, in abgeschlossener Form eingebrachte Elemente zur Unterrichtsarbeit, die z.B. in Form von Präsentationen, Protokollen, Referaten und Portfolios möglich werden. Schülerinnen und Schüler bekommen durch die Verwendung einer Vielzahl von unterschiedlichen Überprüfungsformen vielfältige Möglichkeiten, ihre eigene Kompetenzentwicklung darzustellen und zu dokumentieren.“ (vgl. Kernlehrplan Physik GOST, Seite 50)

„Die Entwicklung der Kompetenzen wird durch genaue Beobachtungen der Schülerhandlungen festgestellt. Die Beobachtungen erfassen die **Qualität, Häufigkeit und Kontinuität** der Beiträge. Die Beiträge können in **mündlicher, schriftlicher und praktischer** Form erbracht werden.“(vgl. Kernlehrplan Physik Sek. I, Seite 37). Zu solchen **Unterrichtsbeiträgen** zählen beispielsweise:

- Mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen
- Qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form
- Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken und Diagrammen
- Selbständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten
- Erstellen von Produkten wie Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Protokollen, Präsentationen, Lernplakaten, Modellen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, Führung eines Heftes, Lerntagebuchs oder Portfolios
- Recherchen
- Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit
- Kurze schriftliche Überprüfungen

Zur kontinuierlichen Mitarbeit zählen auch Aufmerksamkeit und Mitdenken.

**Einzelne Beurteilungskriterien** können sein:

- Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens
- Sachgerechtes Kommunizieren / Diskutieren / Präsentieren
- Klarheit der Gedankenführung

- Angemessene Fachsprache
- Sachliche Richtigkeit und Vollständigkeit
- Grad der Selbstständigkeit, Kreativität
- Komplexitätsgrad
- Erfolgreiches Experimentieren,
- Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen

Eine **Gewichtung der einzelnen Kriterien** wurde in der Fachkonferenz nicht festgelegt, da sie abhängig ist vom Unterrichtsverlauf und von der Schülerbeteiligung. Die aufgeführten Kriterien finden ebenso Anwendung in der Bewertung von schriftlichen Leistungen.

## 2.2 Beurteilungsbereich Klausuren

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

Halbjahr	Anzahl	Dauer	
EF 1	1	90 Minuten	
EF 2	2	90 Minuten	
Q1.1	2	90 Minuten	
Q1.2	2	90 Minuten	Ausnahme: Facharbeit
Q2.1	2	135 Minuten	
Q2.2	1	180 Minuten	unter Abiturbedingungen

Von der angegebenen Dauer kann abgewichen werden, wenn in der Klausur der Einsatz eines Experimentes erfolgt.

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

### 3 Lehr- und Lernmittel

In der Einführungsphase kommt das Lehrwerk  
Impulse Physik Oberstufe Einführungsphase  
Ausgabe Nordrhein-Westfalen ab 2014  
ISBN: 978-3-12-772674-9

zum Einsatz. In der Qualifikationsphase kommt das Lehrwerk  
Impulse Physik Oberstufe Qualifikationsphase Grundkurs  
Ausgabe Nordrhein-Westfalen ab 2014  
ISBN: 978-3-12-772677-0

zum Einsatz.

**Seitenangaben** in den obigen Tabellen beziehen sich auf diese Bücher.

Als Hilfsmittel sind eine Formelsammlung, wobei es sich üblicherweise um

Tafelwerk  
Mathematik, Physik, Astronomie, Chemie, Biologie, Informatik  
Formeln, Daten, Tabellen  
ISBN: 978-3-12-718513-3

handelt, sowie ein graphikfähiger Taschenrechner vorgesehen. Bei dem an der Schule eingeführten GTR-Modell handelt es sich um den TI-Nspire CX (oder Touchpad).

Unterstützende Materialien sind im *Lehrplannavigator* des NRW-Bildungsportals angegeben. Dort sind insbesondere Informationen zu den 25 **Schlüsselexperimenten** verlinkt.

Es gibt Themengebiete, in denen nur in Ausnahmefällen Realexperimente für Schulen möglich sind. Es kann dann die Möglichkeit genutzt werden, auf geeignete Internetmaterialien zurück zu greifen. Nachfolgend sind einige Internetquellen aus dem Beispielcurriculum aufgelistet (Letzter Aufruf Jan 2012):

- CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich):
  - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/kurzvideos/film6.wmv>
  - Weitere Filme zum Standardmodell im WWW verfügbar
- Einführung in Teilchenphysik (DESY):
  - <http://teilchenphysik.desy.de/>
  - <http://kworkquark.desy.de/1/index.html>

- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer:
  - <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
  - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
  - <http://physicsmasterclasses.org/neu/>
  - <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
  - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
  - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>



## 4 Qualitätssicherung und Evaluation

### Evaluation des schulinternen Curriculums

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

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