



---

**Schiller-Schule Bochum**  
Städtisches Gymnasium für Jungen und Mädchen  
Sekundarstufen I und II

# **Schulinterner Lehrplan (SiLp)**

## **Schiller-Schule Bochum – Sekundarstufe II**

# **Physik**

**(Entwurfsstand: 23.08.2025)**

# Inhalt

<b>1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Entscheidungen zum Unterricht .....</b>	<b>4</b>
2.1 Unterrichtsvorhaben.....	4
2.1.1 Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (EF) .....	5
2.1.2 Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs .....	8
2.1.3 Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs .....	15
2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit .....	23
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung .....	25
2.3.1 Sonstige Mitarbeit .....	26
2.3.2 Klausuren.....	26
2.4 Lehr- und Lernmittel.....	28
<b>3 Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen .....</b>	<b>29</b>
<b>4 Qualitätssicherung und Evaluation .....</b>	<b>30</b>

Gemäß § 29 Absatz 2 des Schulgesetzes bleibt es der Verantwortung der Schulen überlassen, auf der Grundlage der Kernlehrpläne in Verbindung mit ihrem Schulprogramm schuleigene Unterrichtsvorgaben zu gestalten, welche Verbindlichkeit herstellen, ohne pädagogische Gestaltungsspielräume unzulässig einzuschränken.

Den Fachkonferenzen kommt hier eine wichtige Aufgabe zu: Sie sind verantwortlich für die schulinterne Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung der fachlichen Arbeit und legen Ziele, Arbeitspläne sowie Maßnahmen zur Evaluation und Rechenschaftslegung fest. Sie entscheiden in ihrem Fach außerdem über Grundsätze zur fachdidaktischen und fachmethodischen Arbeit, über Grundsätze zur Leistungsbewertung und über Vorschläge an die Lehrerkonferenz zur Einführung von Lernmitteln (§ 70 SchulG).

Getroffene Verabredungen und Entscheidungen der Fachgruppen werden in schulinternen Lehrplänen dokumentiert und können von Lehrpersonen, Lernenden und Erziehungsberechtigten eingesehen werden. Während Kernlehrpläne die erwarteten Lernergebnisse des Unterrichts festlegen, beschreiben schulinterne Lehrpläne schulspezifisch Wege, auf denen diese Ziele erreicht werden sollen.

# 1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

## **Fachliche Bezüge zum Leitbild der Schule**

In unserem 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 jedes Lernenden in allen Bereichen optimal zu entwickeln. In einem längerfristigen Entwicklungsprozess arbeitet das Fach Physik daran, die Bedingungen für erfolgreiches und individuelles Lernen zu verbessern. Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine gemeinsame Vorgehensweise aller Fächer des Lernbereichs angestrebt. Durch eine verstärkte Zusammenarbeit und Koordinierung der Fachbereiche werden Bezüge zwischen Inhalten der Fächer hergestellt.

## **Fachliche Bezüge zu den Rahmenbedingungen des schulischen Umfelds**

Das Fach Physik verfügt im Wesentlichen über zwei Fachräume. Neben den Unterrichtsräumen sind noch drei Sammlungs- bzw. Vorbereitungsräume vorhanden. Die Fachräume sind mit Strom- und Gasversorgungen sowie LAN- und WLAN-Zugriff und einem Beamer ausgestattet.

## **Fachliche Bezüge zu schulischen Standards zum Lehren und Lernen**

Dieser Abschnitt befindet sich derzeit in Überarbeitung.

## **Fachliche Zusammenarbeit mit außerunterrichtlichen Partnern**

Die Fachschaft Physik kooperiert im Unterricht und außerhalb des Unterrichtes mit der Rütgers Stiftung, dem Alfred-Krupp-Schülerlabor der Ruhruniversität Bochum, dem IST Bochum, das MINT-Cluster Bochum, das Klimanetzwerk Bochum, Area9, KInsecta, Institut für Geoinformatik (RUB), dem Planetarium Bochum und der Sternwarte Bochum.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

Die Umsetzung des Kernlehrplans mit seinen verbindlichen Kompetenzerwartungen im Unterricht erfordert Entscheidungen auf verschiedenen Ebenen:

Die Übersicht über die *Unterrichtsvorhaben* gibt den Lehrkräften eine rasche Orientierung bezüglich der laut Fachkonferenz verbindlichen Unterrichtsvorhaben und der damit verbundenen Schwerpunktsetzungen für jedes Schuljahr.

Die Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan sind die vereinbarte Planungsgrundlage des Unterrichts. Sie bilden den Rahmen zur systematischen Anlage und Weiterentwicklung *sämtlicher* im Kernlehrplan angeführter Kompetenzen, setzen jedoch klare Schwerpunkte. Sie geben Orientierung, welche Kompetenzen in einem Unterrichtsvorhaben besonders gut entwickelt werden können und berücksichtigen dabei die obligatorischen Inhaltsfelder und inhaltlichen Schwerpunkte. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, *alle* Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans bei den Lernenden auszubilden und zu fördern.

In weiteren Absätzen dieses Kapitels werden *Grundsätze der fachdidaktischen und fachmethodischen Arbeit*, Grundsätze der Leistungsbewertung und *Leistungsrückmeldung* sowie Entscheidungen zur Wahl der *Lehr- und Lernmittel* festgehalten, um die Gestaltung von Lernprozessen und die Bewertung von Lernergebnissen im erforderlichen Umfang auf eine verbindliche Basis zu stellen.

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

In der nachfolgenden Übersicht über die *Unterrichtsvorhaben* wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben im Fach Physik dargestellt.

Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen. Dadurch soll verdeutlicht werden, welches fachliche Wissen und welche Fähigkeiten in den jeweiligen Unterrichtsvorhaben besonders gut zu erlernen sind und welche Aspekte deshalb im Unterricht hervorgehoben thematisiert werden sollten.

Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Der schulinterne Lehrplan ist so gestaltet, dass er zusätzlichen Spielraum für Vertiefungen, besondere Interessen von Lernenden, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Studienfahrten o.Ä.) belässt. Abweichungen über die notwendigen Absprachen hinaus sind im Rahmen des pädagogischen Gestaltungsspielraumes der Lehrkräfte möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

## 2.1.1 Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (EF)

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte	Aspekte der Kompetenzerwartungen
<p><b>EF.1 Analysen von Bewegungen und deren Ursachen</b>  <i>mögliche Kontexte: Bewegungen im Sport, Straßenverkehr oder im Schüler*innen-Alltag</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen:            Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?            Wie lassen sich Bewegungen aufgrund ihrer Ursachen erklären und vorhersagen?</i></p> <p>ca. 28 – 46 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Grundlagen der Mechanik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen</li> <li>• Dynamik: Newton'sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte</li> </ul>	<p><b>Sachkompetenz</b>            Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, <b>Energie, Leistung, Impuls</b> und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7),</li> <li>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ <b>sowohl</b> anhand wirkender Kräfte <b>als auch aus energetischer Sicht</b> (S1, S3, K7),</li> <li>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</li> <li>• erklären <b>mithilfe von Erhaltungssätzen</b> sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</li> <li>• erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnungskompetenz</b>            Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),</li> <li>• interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),</li> <li>• untersuchen Bewegungen <b>mithilfe von Erhaltungssätzen</b> sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> <li>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen <b>mithilfe mathematischer Verfahren</b> und digitaler Werkzeuge (E4, S7). (MKR 1.2)</li> </ul> <p><b>Bewertungskompetenz</b>            Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen <b>mithilfe geeigneter Kriterien</b> (B4, B5, E7, K7), (MKR 1.2, 2.3)</li> <li>• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3)</li> <li>• bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3)</li> </ul>

## Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase

<p><b>EF.2 Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen</b>  <i>mögliche Kontexte: Bewegungen im Sport, Straßenverkehr oder im Schüler*innen-Alltag, sowie Kollision mit einem Kometen, Energie- und Impulserhaltung bei Raumschiffen, Raketenstarts</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren?</i></p> <p>ca. 12 – 18 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Grundlagen der Mechanik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltungssätze: Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen;</li> <li>• Impuls; Stoßvorgänge</li> </ul>	<p><b>Sachkompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> <li>• beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),</li> <li>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),</li> <li>• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnungskompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> <li>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> </ul> <p><b>Bewertungskompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3)</li> <li>• bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3)</li> </ul>
<p><b>EF.3 Bewegungen im Weltraum</b>  <i>mögliche Kontexte: Der Mond als Erd-Trabant, Planetenbahnen, New Space, ISS oder andere Satelliten</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobachtungen Gesetze ableiten? Wie bewegen sich die Planeten und Monde im Sonnensystem? Wie fliegt die Iss ohne Treibstoff?</i></p> <p>ca. 14 – 32 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft</li> <li>• Gravitation: Schwerkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz, Kepler'sche Gesetze, Gravitationsfeld</li> </ul>	<p><b>Sachkompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander an Beispielen (S1, S7, K4),</li> <li>• beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),</li> <li>• erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),</li> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnungskompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9),</li> <li>• deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6),</li> <li>• ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8).</li> </ul>

## Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase

<p><b>EF.4 Weltbilder in der Physik</b>  <i>mögliche Kontexte: „Flat Earther“, von der Antike über Kepler und Newton bis Einstein, Zwillingssparadoxon, Einsteins Revolution der Kosmologie</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie revolutioniert(e) die Physik unsere Sicht auf die Welt? Leben auf andere Planeten?</i></p> <p>ca. 10 – 20 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation, Längenkontraktion</li> </ul>	<p><b>Sachkompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Änderungen bei der Beschreibung von Bewegungen der Himmelskörper beim Übergang vom geozentrischen Weltbild zu modernen physikalischen Weltbildern auf der Basis zentraler astronomischer Beobachtungsergebnisse dar (S2, K1, K3, K10),</li> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> <li>• erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),</li> <li>• erklären mit dem Gedankenexperiment der Lichtuhr unter Verwendung grundlegender Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie das Phänomen der Zeitdilatation zwischen bewegten Bezugssystemen qualitativ und quantitativ (S3, S5, S7).</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnungskompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).</li> </ul> <p><b>Bewertungskompetenz</b>          Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3),</li> <li>• beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10) (MKR 5.2)</li> </ul>
---	--	---

## 2.1.2 Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte	Aspekte der Kompetenzerwartungen
<p><b>Q1 GK 1 Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen</b></p> <p><i>mögliche Kontexte:</i> <i>Federpendel, Fadenpendel</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen:</i> <i>Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 8 – 16 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> <li>erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),</li> <li>erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</li> <li>erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2)</li> <li>beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1)</li> </ul>
<p><b>Q1 GK 2 Beugung und Interferenz von Wellen - ein neues Lichtmodell</b></p> <p><i>mögliche Kontexte:</i> <i>Muster von Wasserwellen erkennen und erklären können, Warum schillert eine CD bunt? Doppelspalt-Versuch</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen:</i> <i>Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 10 – 26 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),</li> <li>erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>weisen anhand des Interferenzmusters bei <i>Doppelspalt- und Gitterversuchen</i> mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4).</li> </ul>

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

<p><b>Q1 GK 3 Erforschung des Elektrons</b></p> <p><i>mögliche Kontexte:</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</i></p> <p>ca. 15 – 35 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilchen in Feldern: elektrische und magnetische Felder; elektrische Feldstärke, elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> <li>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),</li> <li>• erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3)</li> <li>• berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),</li> <li>• erläutern am <i>Fadenstrahlrohr</i> die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektrischen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5),</li> <li>• entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),</li> <li>• modellieren mathematisch die Beobachtungen am <i>Fadenstrahlrohr</i> und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7),</li> <li>• erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4),</li> <li>• schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des <i>Millikan-Versuchs</i> auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8),</li> <li>• wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),</li> <li>• erschließen sich die Funktionsweise des <i>Zyklotrons</i> auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1),</li> <li>• beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall</li> </ul>
--	---	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

<p><b>Q1 GK 4 Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Wie funktioniert eine Solarzelle?</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</i></p> <p>ca. 10 – 25 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Quantenobjekte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt</li> <li>• Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt</li> <li>• Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3),</li> <li>• stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4),</li> <li>• wenden die De-Broglie-Hypothese an, um das Beugungsbild beim <i>Doppelspaltversuch mit Elektronen</i> quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9),</li> <li>• erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3),</li> <li>• berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),</li> <li>• erklären an geeigneten Darstellungen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3),</li> <li>• erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4),</li> <li>• leiten anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6),</li> <li>• untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2)</li> <li>• beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8),</li> <li>• erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),</li> <li>• stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),</li> <li>• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8).</li> </ul>
--	---	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

<p><b>Q2 GK 5 Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Wie funktioniert ein Generator? Wie lässt sich elektrischer Strom erzeugen?</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</i></p> <p>ca. 10 – 25 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Elektrodynamik und Energieübertragung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator</li> <li>• Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4),</li> <li>• führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),</li> <li>• beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7),</li> <li>• untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch <i>Transformatoren</i> mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8),</li> <li>• erklären am physikalischen <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),</li> <li>• interpretieren die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. <i>Messwerterfassungssystem</i> aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),</li> <li>• modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),</li> <li>• erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),</li> <li>• stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim <i>Thomson'schen Ringversuch</i> bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8),</li> <li>• beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2)</li> <li>• beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).</li> </ul>
--	--	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

<p><b>Q2 GK 6 Anwendungs- bereiche des Kondensa- tors</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Warum leuchtet die Fahr- rad-Lampe auch, wenn man an der Ampel steht?</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern? Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?</i></p> <p>ca. 10 – 20 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Elektrodynamik und Ener- gieübertragung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrodynamik: <b>magneti- scher Fluss, elektroma- gnetische Induktion, In- duktionsgesetz; Wechsel- spannung; Auf- und Ent- ladevorgang am Konden- sator</b></li> <li>• Energieübertragung: <b>Ge- nerator, Transformator; elektromagnetische Schwingung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhän- gigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3),</li> <li>• erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Pro- zesse (S1, S4, E4),</li> <li>• untersuchen den <i>Auf- und Entlade- vorgang bei Kondensatoren</i> unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6),</li> <li>• modellieren mathematisch den zeit- lichen Verlauf der Stromstärke bei <i>Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren</i> (E4, E6, S7),</li> <li>• interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszisse- nache im <i>Q-U-Diagramm</i> als En- ergiegehalt des Plattenkondensa- tors (E6, K8),</li> <li>• beurteilen den Einsatz des Kon- densators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situatio- nen (B3, B4, K9).</li> </ul>
<p><b>Q2 GK 7 Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Nutzen und Gefahren von ionisierender Strahlung</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den men- schlichen Körper?</i></p> <p>ca. 10 – 15 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Strahlung und Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller- Zählrohr, biologische Wir- kungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristi- scher Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4),</li> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerio- nenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• ordnen verschiedene Frequenzbe- reiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),</li> <li>• erläutern den Aufbau und die Funk- tionsweise des <i>Geiger-Müller-Zähl- rohrs</i> als Nachweisgerät für ionisie- rende Strahlung (S4, S5, K8),</li> <li>• untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei <i>Absorptionsexpe- rimenten</i> unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),</li> <li>• begründen wesentliche biologisch- medizinische Wirkungen ionisieren- der Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3),</li> <li>• quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ioni- sierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutz- maßnahmen (E8, S3, B2).</li> <li>• bewerten die Bedeutung hochener- getischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagno- se und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3).</li> </ul>

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

<p><b>Q2 GK 8 Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Woraus besteht die Sonne? Wie kann man Sterne erforschen? Nutzung der Spektralanalyse in der Kriminalistik</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?</i></p> <p>ca. 15 – 25 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Strahlung und Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomphysik: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Energie emittierter und absorbierter Photonen am Beispiel von Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'scher Linien mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S1, S3, E6, K4),</li> <li>• beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),</li> <li>• interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</li> <li>• erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristischer Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4),</li> <li>• interpretieren die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),</li> <li>• interpretieren die Messergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuchs</i> (E6, E8, K8),</li> <li>• erklären das <i>charakteristische Röntgenspektrum</i> mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6),</li> <li>• identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> (E3, E6, K1),</li> <li>• stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).</li> </ul>
---	--	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Grundkurs

<p><b>Q2 GK 9 Massendefekt und Kernumwandlungen</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Wo kommt die Energie beim AKW her? Warum strahlt radioaktiver Abfall so lange?</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren? Wie entsteht ionisierende Strahlung?</i></p> <p>ca. 10 – 20 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Strahlung und Materie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),</li> <li>• wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6),</li> <li>• erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2),</li> <li>• erläutern qualitativ am <math>\beta</math>-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),</li> <li>• erklären anhand des Zusammenhangs <math>E = \Delta m c^2</math> die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1),</li> <li>• ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),</li> <li>• vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).</li> </ul>
--	--	---

## 2.1.3 Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte	Aspekte der Kompetenzerwartungen
<p><b>Q-Phase LK 1: Eigenschaften von mechanischen Schwingungen und Wellen mit einer eindimensionalen Ausbreitungsrichtung</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Stoßdämpfer, Schaukeln, Millennium Bridge (London), Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, Saiteninstrumente, Ultraschall</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wieso funktionieren Federn als Stoßdämpfer gut? Wie lässt sich Schaukeln physikalisch begreifen? Wie muss eine gute Brücke gebaut sein? Wie lässt sich die Schallgeschwindigkeit in Luft anhand einer stehenden Welle messen? Warum entsteht beim Saiteninstrument nicht nur ein Ton, sondern ein Klang? Wie entsteht ein Ultraschallbild?</i></p> <p>ca. 25 – 40 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Schwingende Systeme und Wellen</b> Schwingungen und Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen</li> <li>• Polarisation,</li> <li>• Reflexion,</li> <li>• Superposition von Wellen</li> </ul> <p>Schwingende Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Federpendel</li> <li>• Fadenpendel</li> <li>• Resonanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),</li> <li>• vergleichen mechanische ... Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3),</li> <li>• erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen ... Schwingungen (S1, E1),</li> <li>• leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2),</li> <li>• ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung ... die Periodendauer ... (S3, S7, E8),</li> <li>• untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen ... harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4), (MKR 1.2)</li> <li>• untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),</li> <li>• beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),</li> <li>• unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4),</li> <li>• beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),</li> <li>• erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>• erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3).</li> </ul>

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q-Phase LK 2: Untersuchung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Der geladene Luftballon, Blitze und Blitzableiter, Kondensatoren als Ladungsspeicher, Braunsche Röhre, Erdmagnetfeld, Wienscher Geschwindigkeitsfilter, Massenspektroskopie, Zyklotron</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie lässt sich das elektrische Feld beim Gewitter beschreiben? Wie lassen sich Kräfte auf Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben? Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden? Wie lässt sich der menschengemachte Kohlenstoff-Dioxid-Gehalt der Atmosphäre bestimmen? Wie funktionieren Teilchenbeschleuniger?</i></p> <p>ca. 40 – 60 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Ladungen, Felder und Induktion</b></p> <p>Elektrische Ladungen und Felder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungen,</li> <li>• elektrische Felder,</li> <li>• elektrische Feldstärke;</li> <li>• Coulomb'sches Gesetz,</li> <li>• elektrisches Potential,</li> <li>• elektrische Spannung,</li> <li>• Kondensator und Kapazität;</li> <li>• magnetische Felder,</li> <li>• magnetische Flussdichte</li> </ul> <p>Bewegungen in Feldern:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern;</li> <li>• Lorentzkraft;</li> <li>• geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1),</li> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> <li>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),</li> <li>• bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3),</li> <li>• entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5),</li> <li>• erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9),</li> <li>• beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen (S3, S6, S7, E4, K7),</li> <li>• geben die in homogenen elektrischen ... Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2),</li> <li>• prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1),</li> <li>• erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5)</li> <li>• modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7),</li> <li>• erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5)</li> <li>• konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),</li> <li>• stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4),</li> <li>• bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7).</li> </ul>
--	---	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q-Phase LK 3:</b>  <b>Die elektromagnetische Induktion als Grundlage der Stromerzeugung</b></p> <p><i>mögliche Kontexte:</i>  <i>Generatoren, Transformator, Wechselspannung</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen:</i>  <i>Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?</i></p> <p>ca. 10 – 20 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Ladungen, Felder und Induktion</b>          Elektromagnetische Induktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• magnetischer Fluss,</li> <li>• Induktionsgesetz,</li> <li>• Lenz'sche Regel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen das Induktionsgesetz auch in differentieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7),</li> <li>• führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4),</li> <li>• begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3),</li> <li>• erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6),</li> <li>• identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8).(VB D Z3)</li> </ul>
--	---	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q-Phase LK 4: Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule und elektromagnetische Schwingung</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: L-R-C-Schwingkreis, Radio</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab? Wie funktioniert das Senden und Empfangen von Daten mittels Bluetooth, WLAN ...?</i></p> <p>ca. 24 – 40 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Ladungen, Felder und Induktion</b> Elektromagnetische Induktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktivität</li> <li>• Selbstinduktion</li> </ul> <p><b>Schwingende Systeme und Wellen</b> Schwingungen und Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen</li> </ul> <p>Schwingende Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingkreis,</li> <li>• Hertz'scher Dipol</li> <li>• Resonanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2),</li> <li>• konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),</li> <li>• ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6),</li> <li>• vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3),</li> <li>• erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen ... elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1),</li> <li>• ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für ... den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8),</li> <li>• beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8),</li> <li>• untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei ... elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4), (MKR 1.2)</li> <li>• beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1), (VB B Z 1)</li> </ul>
---	--	---

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q-Phase LK 5: Wellen mit mehrdimensionalen Ausbreitungsrichtungen und Interferenzphänomene</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Brechung und Beugung von Wasserwellen, Brechung von Licht, Licht am Einzelspalt, Doppelspalt und Gitter, Mi- chelson-Interferometer</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Ist Licht eine Welle? Ist für die Ausbreitung elektro- magnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig? (Gibt es den „Äther“?)</i></p> <p>ca. 14 – 26 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Schwingende Systeme und Wellen</b> Schwingungen und Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen</li> <li>• Huygens'sches Prinzip</li> <li>• Brechung</li> <li>• Beugung</li> <li>• Superposition von Wellen</li> <li>• Michelson- Interferometer</li> </ul> <p><b>Quantenphysik</b> Photonen und Elektronen als Quantenobjekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doppelspaltexperiment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),</li> <li>• erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),</li> <li>• beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),</li> <li>• erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</li> <li>• erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>• stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6),</li> <li>• erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E- Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4),</li> <li>• weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaftendes Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),</li> <li>• erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3).</li> </ul>
--	---	---

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q-Phase LK 6: Quantenphysik (Licht als Teilchen und Elektronen als Wellen)</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Solarzellen,</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Besteht Licht aus Teilchen? Sind Elektronen Wellen? Wie lassen sich Zustände von Quantenobjekte vorhersagen? Lebt Schrödingers Katze?</i></p> <p>ca. 14 – 26 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Quantenphysik</b> Teilchenaspekte von Photonen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung von Licht</li> <li>• Photoeffekt</li> </ul> <p>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doppelspaltexperiment</li> <li>• Bragg-Reflexion</li> <li>• Elektronenbeugung</li> <li>• Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li> <li>• Delayed-Choice-Experiment</li> <li>• Kopenhagener Deutung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3),</li> <li>• stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8)</li> <li>• erklären bei Quantenobjekten anhand des Delayed-Choice-Experiments unter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3),</li> <li>• erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3),</li> <li>• berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),</li> <li>• deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3),</li> <li>• erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeit-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4),</li> <li>• interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3),</li> <li>• bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6),</li> <li>• erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6),</li> <li>• modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4),</li> <li>• beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),</li> <li>• stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),</li> <li>• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).</li> </ul>
---	---	---

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q2 LK 8 Grundlagen Atom- und Kernphysik</b></p> <p><i>mögliche Kontexte:</i> <i>Flammenfärbung,</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen:</i> <i>Wie lässt sich das Wasserstoffatom beschreiben?</i></p> <p>ca. 30 – 40 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Atomaufbau:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atommodelle,</li> <li>• eindimensionaler Potentialtopf,</li> <li>• Energieniveauschema;</li> </ul> <p><b>Ionisierende Strahlung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlungsarten,</li> <li>• Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung</li> </ul> <p><b>Radioaktiver Zerfall:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernaufbau,</li> <li>• Zerfallsreihen,</li> <li>• Zerfallsgesetz,</li> <li>• Halbwertszeit;</li> <li>• Altersbestimmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3),</li> <li>• stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),</li> <li>• erklären die Energie absorbiert und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),</li> <li>• beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),</li> <li>• erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4),</li> <li>• beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10),</li> <li>• interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</li> <li>• ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),</li> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1),</li> <li>• erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3),</li> <li>• leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9),</li> <li>• erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8),</li> <li>• interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),</li> <li>• wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6),</li> <li>• konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5).</li> </ul>
---	---	--

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – Leistungskurs

<p><b>Q2 LK 9 Mensch und Strahlung</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Röntgenaufnahmen, Archäologie</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen? Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?</i></p> <p>ca. 14 – 26 Ustd. (je 45 min)</p>	<p><b>Quantenphysik</b> Teilchenaspekte von Photonen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiequantelung von Licht</li> <li>• Bremsstrahlung</li> </ul> <p>Atomaufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieniveauschema,</li> <li>• Röntgenstrahlung</li> </ul> <p>Ionisierende Strahlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften ionisierender Strahlung,</li> <li>• Absorption ionisierender Strahlung</li> </ul> <p>Radioaktiver Zerfall:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altersbestimmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),</li> <li>• interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1),</li> <li>• erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),</li> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1),</li> <li>• quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2),</li> <li>• wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3).</li> </ul>
<p><b>Q2 LK 10 Energie der Kernumwandlung</b></p> <p><i>mögliche Kontexte: Atomkraftwerke, Fusionskraftwerk</i></p> <p><i>Mögliche Fragestellungen: Wie funktioniert ein Atomkraftwerk? Welche Herausforderungen sind beim Fusionskraftwerk zu meistern?</i></p> <p>ca. 16 – 24 Ustd. (je 45 min)</p>	<p>Kernspaltung und -fusion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bindungsenergien,</li> <li>• Massendefekt,</li> <li>• Kettenreaktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2, K3),</li> <li>• beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1),</li> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2),</li> <li>• erläutern den Ablauf einer Kettenreaktion als zentrales Merkmal bei der Energie-freisetzung durch Kernspaltung (S1),</li> <li>• erläutern qualitativ an der <math>\beta^-</math>-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauscheteilchen (S1, S2, K4),</li> <li>• bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10),</li> <li>• diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10).</li> </ul>

## 2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit

Die Lehrerkonferenz hat unter Berücksichtigung des Schulprogramms als überfachliche Grundsätze für die Arbeit im Unterricht bekräftigt, dass die im Referenzrahmen Schulqualität NRW formulierten Kriterien und Zielsetzungen als Maßstab für die kurz- und mittelfristige Entwicklung der Schule gelten sollen. Gemäß dem Schulprogramm sollen insbesondere die Lernenden als Individuen mit jeweils besonderen Fähigkeiten, Stärken und Interessen im Mittelpunkt stehen. Die Fachgruppe vereinbart, der individuellen Kompetenzentwicklung (Referenzrahmen Kriterium 2.2.1) und den herausfordernden und kognitiv aktivierenden Lehr- und Lernprozessen (Kriterium 2.2.2) besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik bezüglich ihres schulinternen Lehrplans die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen:

### Lehr- und Lernprozesse

- Schwerpunktsetzungen nach folgenden Kriterien:
  - Herausstellung zentraler Ideen und Konzepte, auch unter Nutzung von Synergien zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern
  - Zurückstellen von Verzichtbarem bzw. eventuell späteres Aufgreifen, Orientierung am Prinzip des exemplarischen Lernens
  - Anschlussfähigkeit (fachintern und fachübergreifend)
  - Herstellen von Zusammenhängen statt Anhäufung von Einzelfakten
- Lehren und Lernen in sinnstiftenden Kontexten nach folgenden Kriterien
  - Eignung des Kontextes zum Erwerb spezifischer Kompetenzen („Was kann man an diesem Thema besonders gut lernen“?)
  - klare Schwerpunktsetzungen bezüglich des Erwerbs spezifischer Kompetenzen, insbesondere auch bezüglich physikalischer Denk- und Arbeitsweisen
  - eingegrenzte und altersgemäße Komplexität
  - authentische, motivierende und tragfähige Problemstellungen
  - Nachvollziehbarkeit/Schülerverständnis der Fragestellung
  - Kontexte und Lernwege sollten nicht unbedingt an fachsystematischen Strukturen, sondern eher an Erkenntnis- und Verständnisprozessen der Lernenden ansetzen.
- Variation der Lernaufgaben und Lernformen mit dem Ziel einer kognitiven Aktivierung aller Lernenden nach folgenden Kriterien
  - Aufgaben auch zur Förderung von vernetztem Denken mit Hilfe von übergreifenden Prinzipien, grundlegenden Ideen und Basiskonzepten
  - Einsatz von digitalen Medien und Werkzeugen zur Verständnisförderung und zur Unterstützung und Beschleunigung des Lernprozesses.
  - Einbindung von Phasen der Metakognition, in denen zentrale Aspekte von zu erwerbenden Kompetenzen reflektiert werden, explizite Thematisierung der erforderlichen Denk- und Arbeitsweisen und ihrer zugrundeliegenden Ziele und Prinzipien, Vertrautmachen mit dabei zu verwendenden Begrifflichkeiten
  - Vertiefung der Fähigkeit zur Nutzung erworbener Kompetenzen beim Transfer auf neue Aufgaben und Problemstellungen durch hinreichende Integration von Reflexions-, Übungs- und Problemlösephasen in anderen Kontexten

- ziel- und themengerechter Wechsel zwischen Phasen der Einzelarbeit, Partnerarbeit und Gruppenarbeit unter Berücksichtigung von Vielfalt durch Elemente der Binnendifferenzierung
- Beachtung von Aspekten der Sprachsensibilität bei der Erstellung von Materialien.
- bei kooperativen Lernformen: insbesondere Fokussierung auf das Nachdenken und den Austausch von naturwissenschaftlichen Ideen und Argumenten

### **Experimente und eigenständige Untersuchungen**

- Verdeutlichung der verschiedenen Funktionen von Experimenten in den Naturwissenschaften und des Zusammenspiels zwischen Experiment und konzeptionellem Verständnis
- überlegter und zielgerichteter Einsatz von Experimenten: Einbindung in Erkenntnisprozesse und in die Klärung von Fragestellungen
- schrittweiser und systematischer Aufbau von der reflektierten angeleiteten Arbeit hin zur Selbstständigkeit bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Untersuchungen
- Nutzung sowohl von manuell-analoger, aber auch digitaler Messwerterfassung und Messwertauswertung
- Entwicklung der Fähigkeiten zur Dokumentation der Experimente und Untersuchungen (Versuchsprotokoll) in Absprache mit den Fachkonferenzen der anderen naturwissenschaftlichen Fächer

### **Individuelles Lernen und Umgang mit Heterogenität**

Gemäß ihren Zielsetzungen setzt die Fachgruppe ihren Fokus auf eine Förderung der individuellen Kompetenzentwicklung. Die Gestaltung von Lernprozessen kann sich deshalb nicht auf eine angenommene mittlere Leistungsfähigkeit einer Lerngruppe beschränken, sondern muss auch Lerngelegenheiten sowohl für stärkere als auch schwächere Schüler\*innen bieten. Mögliche Ideen für individuellen Lernen und dem Umgang mit Heterogenität sind zunächst

- unterrichtsbegleitende Testaufgaben zur Diagnose individueller Kompetenzentwicklung in allen Kompetenzbereichen
- komplexere Lernaufgaben mit gestuften Lernhilfen für unterschiedliche Leistungsanforderungen
- unterstützende zusätzliche Maßnahmen für erkannte oder bekannte Lernschwierigkeiten
- herausfordernde zusätzliche Angebote für besonders leistungsstarke Schüler\*innen (auch durch Helfersysteme oder Unterrichtsformen wie „Lernen durch Lehren“)

## 2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Die Fachkonferenz hat im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen:

### Grundsätzliche Absprachen:

Erbrachte Leistungen werden auf der Grundlage transparenter Ziele und Kriterien in allen Kompetenzbereichen benotet, sie werden den Schüler\*innen jedoch auch mit Bezug auf diese Kriterien rückgemeldet und erläutert. Auf dieser Basis sollen die Schüler\*innen ihre Leistungen zunehmend selbstständig einschätzen können. Die individuelle Rückmeldung erfolgt stärkenorientiert und nicht defizitorientiert, sie soll dabei den tatsächlich erreichten Leistungsstand weder beschönigen noch abwerten. Sie soll Hilfen und Absprachen zu realistischen Möglichkeiten der weiteren Entwicklung enthalten.

Die Bewertung von Leistungen berücksichtigt Lern- und Leistungssituationen. Einerseits soll dabei Schüler\*innen deutlich gemacht werden, in welchen Bereichen aufgrund des zurückliegenden Unterrichts stabile Kenntnisse erwartet und bewertet werden. Andererseits dürfen sie in neuen Lernsituationen auch Fehler machen, ohne dass sie deshalb Geringschätzung oder Nachteile in ihrer Beurteilung befürchten müssen.

### Überprüfung und Beurteilung der Leistungen

Die Leistungen im Unterricht werden in der Regel auf der Grundlage einer kriteriengeleiteten, systematischen Beobachtung von Unterrichtshandlungen beurteilt.

Weitere Anhaltspunkte für Beurteilungen lassen sich mit kurzen schriftlichen, auf stark eingegrenzte Zusammenhänge begrenzten Tests gewinnen.

### Kriterien der Leistungsbeurteilung:

Die Bewertungskriterien für Leistungsbeurteilungen müssen den Schüler\*innen bekannt sein. Die folgenden Kriterien gelten allgemein und sollten in ihrer gesamten Breite für Leistungsbeurteilungen berücksichtigt werden:

- für Leistungen, die zeigen, in welchem Ausmaß Kompetenzerwartungen des Lehrplans bereits erfüllt werden. Beurteilungskriterien können hier u.a. sein:
  - die inhaltliche Geschlossenheit und sachliche Richtigkeit sowie die Angemessenheit fachtypischer qualitativer und quantitativer Darstellungen bei Erklärungen, beim Argumentieren und beim Lösen von Aufgaben,
  - die zielgerechte Auswahl und konsequente Anwendung von Verfahren beim Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten und bei der Nutzung von Modellen,
  - die Genauigkeit und Zielbezogenheit beim Analysieren, Interpretieren und Erstellen von Texten, Graphiken oder Diagrammen.
  
- für Leistungen, die im Prozess des Kompetenzerwerbs erbracht werden. Beurteilungskriterien können hier u.a. sein:
  - die Qualität, Kontinuität, Komplexität und Originalität von Beiträgen zum Unterricht (z. B. beim Generieren von Fragestellungen und Begründen von Ideen und Lösungsvorschlägen, Darstellen, Argumentieren, Strukturieren und Bewerten von Zusammenhängen),
  - die Vollständigkeit und die inhaltliche und formale Qualität von Lernprodukten (z. B. Protokolle, Materialsammlungen, Hefte, Mappen, Portfolios, Lerntagebücher, Dokumentationen, Präsentationen, Lernplakate, Funktionsmodelle),

- Lernfortschritte im Rahmen eigenverantwortlichen, schüleraktiven Handelns (z. B. Vorbereitung und Nachbereitung von Unterricht, Lernaufgabe, Referat, Rollenspiel, Befragung, Erkundung, Präsentation),
- die Qualität von Beiträgen zum Erfolg gemeinsamer Gruppenarbeiten.

### Verfahren der Leistungsrückmeldung und Beratung

Die Leistungsrückmeldung kann in mündlicher und schriftlicher Form erfolgen.

- **Intervalle**  
Eine differenzierte Rückmeldung zum erreichten Lernstand sollte mindestens einmal pro Quartal erfolgen. Aspektbezogene Leistungsrückmeldung erfolgt anlässlich der Auswertung benoteter Lernprodukte.
- **Formen**  
Schülergespräch, individuelle Beratung, schriftliche Hinweise und Kommentare (Selbst-)Evaluationsbögen

### **2.3.1 Sonstige Mitarbeit**

Zur Benotung der sonstigen Mitarbeit können folgenden Formate eingesetzt werden:

- Beiträge zum Unterrichtsgespräch
- Hausaufgaben
- Beiträge zu Untersuchungen und Experimenten
- Referat/Präsentation von Arbeitsergebnissen
- Protokolle
- Mitarbeit in Projekten
- Mündliche Übungen
- schriftliche Übungen

### **2.3.2 Klausuren**

In Physik werden schriftliche Klausuren zentral durch die Oberstufenverwaltung geplant. Die Anzahl, Dauer, Kriterien und Bewertung der Klausuren kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

	<b>Anzahl pro Halb-</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gewichtung</b>
Einführungsphase	1	90 Min.	50 %
GK Q1	2	100 Min.	50 %
LK Q1	2	160 Min.	50 %
GK Q2.1	2	160 Min.	50 %
LK Q2.1	2	225 Min.	50 %
GK Q2.2	1	225 Min.	50 %
LK Q2.2	1	270 Min.	50 %

Schriftliche Leistungen		Kriterien
Klausuren	differenziert nach Jahrgang, Art, Anzahl, Umfang, Gewichtung	Der Bewertung von Klausuren wird ein schriftlicher Kriterienkatalog in Form eines Erwartungshorizontes und einer Modelllösung zugrunde gelegt. Bewertet werden dabei auch Darstellungsleistungen
	Sek II: Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt: vgl. auch Operatorenliste für das Fach	• Zusammenfassen von Untersuchungsergebnissen
		• Erklärung der spezifischen Versuchsergebnisse
		• Beschreibung von Darstellungen
		• Auswertung von Darstellungen
		• Analyse von Versuchsdaten
		• Hypothesenbildung
• Bewertung von Versuchsergebnissen		
Facharbeiten	ersetzen ggf. die 1. Klausur in Q 2.1	Formales, Inhaltliche Darstellungsweise, Wissenschaftliche Arbeitsweise, Ertrag der Arbeit - auch der Prozess der Erstellung - "Etappenziele" wie Gliederung, Gespräch über Fortschritte/Probleme etc. - werden bewertet

### Bewertung von Klausuren: Notenstufen/Punkte

Note	Notenpunkte	ab ...%
sehr gut plus	15	95 %
sehr gut	14	90 %
sehr gut minus	13	85 %
gut plus	12	80 %
gut	11	75 %
gut minus	10	70 %
befriedigend plus	9	65 %
befriedigend	8	60 %
befriedigend minus	7	55 %
ausreichend plus	6	50 %
ausreichend	5	45 %
ausreichend minus	4	40 %
mangelhaft plus	3	33 %
mangelhaft	2	27 %
mangelhaft minus	1	20 %
ungenügend	0	0 %

## 2.4 Lehr- und Lernmittel

Übersicht über die verbindlich eingeführten Lehr- und Lernmittel, ggf. mit Zuordnung zu Jahrgangsstufen (ggf. mit Hinweisen zum Eltern-Eigenanteil)

Jahrgangsstufe	Lehr- und Lernmittel	Hinweis
EF	Dorn; Bader: Physik Einführungsphase. Gymnasium SEK II. NRW. Schroedel Verlag 2014.	wird von der Schule verliehen
Q1 + Q2 Grundkurs	Dorn; Bader: Physik Qualifikationsphase. Gymnasium SEK II. NRW. Schroedel Verlag 2014.	wird von der Schule verliehen

Auswahl ergänzender, fakultativer Lehr- und Lernmittel

Plattformen für Unterrichtsmaterialien und digitale Instrumente:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="http://www.mabo-physik.de/index.html">http://www.mabo-physik.de/index.html</a>	Simulationen zu allen Themenbereichen der Physik
2	<a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a>	Aufgaben, Versuch, Simulationen etc. zu allen Themenbereichen
3	<a href="http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/">http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/</a>	Fachbereich Physik des Landesbildungsservers Baden-Württemberg
4	<a href="https://www.howtosmile.org/topics">https://www.howtosmile.org/topics</a>	Digitale Bibliothek mit Freihandexperimenten, Simulationen etc. diverser Museen der USA
5	<a href="http://phyphox.org/de/home-de">http://phyphox.org/de/home-de</a>	phyphox ist eine sehr umfangreiche App mit vielen Messmöglichkeiten und guten Messergebnissen. Sie bietet vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Physikunterricht. Sie läuft auf Smartphones unter IOS und Android und wurde an der RWTH Aachen entwickelt.
6	<a href="http://www.viananet.de/">http://www.viananet.de/</a>	Videoanalyse von Bewegungen
7	<a href="https://www.planet-schule.de">https://www.planet-schule.de</a>	Simulationen, Erklärvideos,...
8	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/category/physics">https://phet.colorado.edu/de/simulations/category/physics</a>	Simulationen

u.v.a.m.

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

Die drei naturwissenschaftlichen Fächer beinhalten viele inhaltliche und methodische Gemeinsamkeiten, aber auch einige Unterschiede, die für ein tieferes fachliches Verständnis genutzt werden können. Synergien beim Aufgreifen von Konzepten, die schon in einem anderen Fach angelegt wurden, nützen dem Lehren, weil nicht alles von Grund auf neu unterrichtet werden muss und unnötige Redundanzen vermieden werden. Es unterstützt aber auch nachhaltiges Lernen, indem es Gelerntes immer wieder aufgreift und in anderen Kontexten vertieft und weiter ausdifferenziert. Es wird dabei klar, dass Gelerntes in ganz verschiedenen Zusammenhängen anwendbar ist und Bedeutung besitzt. Verständnis wird auch dadurch gefördert, dass man Unterschiede in den Sichtweisen der Fächer herausarbeitet und dadurch die Eigenheiten eines Konzepts deutlich werden lässt.

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

Die schulinternen Lehrpläne und der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern sollen den Schüler\*innen aufzeigen, dass bestimmte Konzepte und Begriffe in den verschiedenen Fächern aus unterschiedlicher Perspektive beleuchtet, in ihrer Gesamtheit aber gerade durch diese ergänzende Betrachtungsweise präziser verstanden werden können. Dennoch ist der Zusammenarbeit in der gymnasialen Oberstufe aufgrund der Auswahl der Fächer Grenzen gesetzt.

Bei der Nutzung von Synergien stehen auch Kompetenzen, die das naturwissenschaftliche Arbeiten betreffen, im Fokus. Um diese Kompetenzen bei den Schüler\*innen gezielt und umfassend zu entwickeln, werden gemeinsame Vereinbarungen bezüglich des hypothesengeleiteten Experimentierens, des Protokollierens von Experimenten, des Auswertens von Diagrammen und des Verhaltens in den Fachräumen (gemeinsame Sicherheitsbelehrung) getroffen. Damit die hier erworbenen Kompetenzen fächerübergreifend angewandt werden können, ist es wichtig, sie im Unterricht explizit zu thematisieren und entsprechende Verfahren als Regelwissen festzuhalten.

#### **Zusammenarbeit mit außerschulischen Kooperationspartnern**

Dieser Abschnitt befindet sich derzeit in Überarbeitung.

## 4 Qualitätssicherung und Evaluation

### Maßnahmen der fachlichen Qualitätssicherung:

Das Fachkollegium überprüft kontinuierlich, inwieweit die im schulinternen Lehrplan vereinbarten Maßnahmen zum Erreichen der im Kernlehrplan vorgegebenen Ziele geeignet sind. Dazu dienen beispielsweise auch der regelmäßige Austausch sowie die gemeinsame Konzeption von Unterrichtsmaterialien, welche hierdurch mehrfach erprobt und bezüglich ihrer Wirksamkeit beurteilt werden.

Kolleg\*innen der Fachschaft (ggf. auch die gesamte Fachschaft) nehmen regelmäßig an Fortbildungen teil, um fachliches Wissen zu aktualisieren und pädagogische sowie didaktische Handlungsalternativen zu entwickeln. Zudem werden die Erkenntnisse und Materialien aus fachdidaktischen Fortbildungen und Implementationen zeitnah in der Fachgruppe vorgestellt und für alle verfügbar gemacht.

Feedback von Schüler\*innen wird als wichtige Informationsquelle zur Qualitätsentwicklung des Unterrichts angesehen. Sie sollen deshalb Gelegenheit bekommen, die Qualität des Unterrichts zu evaluieren. Dafür kann bspw. das Online-Angebot SEFU (Schüler als Experten für Unterricht) genutzt werden ([www.sefu-online.de](http://www.sefu-online.de)).

### Überarbeitungs- und Planungsprozess:

Eine Evaluation erfolgt jährlich. In den Dienstbesprechungen der Fachgruppe zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vorangehenden Schuljahres ausgewertet und diskutiert sowie eventuell notwendige Konsequenzen formuliert. Die vorliegende Checkliste wird als Instrument einer solchen Bilanzierung genutzt. Nach der jährlichen Evaluation (s.u.) finden sich die Jahrgangsstufenteams zusammen und arbeiten die Änderungsvorschläge für den schulinternen Lehrplan ein. Insbesondere verständigen sie sich über alternative Materialien, Kontexte und die Zeitkontingente der einzelnen Unterrichtsvorhaben.

Die Ergebnisse dienen der/dem Fachvorsitzenden zur Rückmeldung an die Schulleitung und u.a. an den/die Fortbildungsbeauftragte, außerdem sollen wesentliche Tagesordnungspunkte und Beschlussvorlagen der Fachkonferenz daraus abgeleitet werden.

### Checkliste zur Evaluation

*Zielsetzung:* Der schulinterne Lehrplan ist als „dynamisches Dokument“ zu sehen. Dementsprechend sind die dort getroffenen Absprachen stetig zu überprüfen, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachschaft trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches bei.

*Prozess:* Die Überprüfung erfolgt jährlich. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachkonferenz ausgetauscht, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen formuliert. Die Checkliste dient dazu, mögliche Probleme und einen entsprechenden Handlungsbedarf in der fachlichen Arbeit festzustellen und zu dokumentieren, Beschlüsse der Fachkonferenz zur Fachgruppenarbeit in übersichtlicher Form festzuhalten sowie die Durchführung der Beschlüsse zu kontrollieren und zu reflektieren. Die Liste wird als externe Datei regelmäßig überarbeitet und angepasst. Sie dient auch dazu, Handlungsschwerpunkte für die Fachgruppe zu identifizieren und abzusprechen.

<b>Handlungsfelder</b>		<b>Handlungsbedarf</b>	<b>Verantwortlich</b>	<b>Zu erledigen bis</b>
<i>Ressourcen</i>				
räumlich	Unterrichtsräume			
	Bibliothek			
	Computer- raum			
	Raum für Fachteam- arbeit			
	...			
materiell/ sachlich	Lehrwerke			
	Fachzeit- schriften			
	Geräte/ Me- dien			
	...			
<i>Kooperation bei Unterrichtsvorhaben</i>				
<i>Leistungsbewertung/ Leistungsdiagnose</i>				
<i>Fortbildung</i>				
<i>Fachspezifischer Bedarf</i>				
<i>Fachübergreifender Bedarf</i>				