Schulinterner Lehrplan des Alexander-von-Humboldt-Gymnasiums Neuss
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe

Physik

(Fassung vom 07.09.2022)

Hinweis:

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.

Dieser schulinterne Lehrplan berücksichtigt in seinen Kapiteln die obligatorischen Beratungsgegenstände der Fachkonferenz. Eine Übersicht über die Abfolge aller Unterrichtsvorhaben des Fachs ist enthalten und für alle Lehrpersonen der Schule einschließlich der vorgenommenen Schwerpunktsetzungen verbindlich.

Auf dieser Grundlage plant und realisiert jede Lehrkraft ihren Unterricht in eigener Zuständigkeit und pädagogischer Verantwortung. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben, wie sie exemplarisch im Lehrplannavigator NRW unter „Hinweise und Materialien“ zu finden sind, besitzen demgemäß nur empfehlenden Charakter und sind somit nicht zwingender Bestandteil eines schulinternen Lehrplans. Sie dienen der individuellen Unterstützung der Lehrerinnen und Lehrer.

Inhalt

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit 1

2 Entscheidungen zum Unterricht 2

2.1 Unterrichtsvorhaben 2

2.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben - Einführungsphase 4

2.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Qualifikationsphase (Grundkurs) 7

2.4 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Qualifikationsphase (Leistungskurs)....14

2.5 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben - Wahlmodule 23

2.6 Lehr- und Lernmittel 24

2.7 Bücher....24

2.8 Digitalisierung 24

3 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe 25

4 Grundsätze der Leistungsbewertung 27

4.2 Anforderungsbereiche 27

4.3 Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ 27

4.4 Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ 30

4.5 Mündliche Abiturprüfung 31

4.6 Nachteilsausgleiche....32

4.7 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen 32

5 Evaluation des Unterrichts 33

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Das Alexander-von-Humboldt-Gymnasium liegt im Schulzentrum in Neuss und kooperiert in der Sekundarstufe II mit dem nahe gelegenen Nelly-Sachs-Gymnasium, so dass regelmäßig Physik-Grund- und Leistungskurse angeboten werden können. Der Unterricht und dessen Gestaltung in der Sekundarstufe I arbeitet darauf hin, die Lernenden zur Wahl eines Physikkurses in der EF zu motivieren und somit eine Basis für den weiteren Oberstufenunterricht zu schaffen.

Zentrales Element des Physikunterrichts ist das Experiment: Neben Demonstrationsexperimenten werden auch Schülerübungsversuche durchgeführt, die in der Physiksammlung in geeignetem Umfang vorhanden sind. Neben der experimentellen Arbeit greift der Physikunterricht in der Sek II, falls angebracht, auch auf moderne Auswertungsmethoden wie die Arbeit mit einer Tabellenkalkulation zurück. Auf diese Art und Weise lernen die Jugendlichen einen vertieften Einblick in die elementaren Zusammenhänge naturwissenschaftlicher Alltagsphänomene kennen.

Die Messwerterfassung findet sowohl analog als auch digital statt. Dazu stehen Oszilloskope, einige Mobile CASSYs aber auch Tablets zur Verfügung. Letztere werden zum Beispiel in der Videoanalyse mit viana aber auch zur Magnetfeldmessung mit phyphox eingesetzt.

Die Tablets werden in der Oberstufe aber noch in anderen Bereichen eingesetzt. Insbesondere die Website leifi-Physik bietet einen umfangreichen Aufgabenpool in allen Schwierigkeitsgraden und es finden sich eine Vielzahl von Simulationen wie zum Beispiel bei PhET oder tetfolio. Selbstverständlich wird, wo immer es möglich ist, dem Realexperiment der Vorzug gegeben. Im Rahmen der Vermittlung vertiefter Medienkompetenz spielen solche Simulationen jedoch eine nicht unwesentliche Rolle.

Das Gymnasium ist eine MINT-freundliche Schule: In der Sekundarstufe I wird jedes Schuljahr mindestens eine MathNat-Klasse eingeführt, die jedes Jahr eine Stunde naturwissenschaftlichen Unterricht durchführt. Der Physikunterricht in den MatNat-Klassen findet somit in der Jahrgangsstufe 6 dreistündig und in den anderen Jahrgängen zweistündig statt. Ergänzt werden diese Angebote zur Förderung naturwissenschaftlich begabter Lernender durch ein breit gefächertes Spektrum an Wettbewerbsangeboten. Somit baut der Oberstufenunterricht auf einem soliden Grundstock auf.

Der Schule stehen zwei gut ausgestattete Fachräume zur Verfügung. Die Physiksammlung ist mit einer Vielzahl von Schüler- und Demonstrationsexperimenten ebenfalls ordentlich ausgestattet.

Neben den rein fachlichen Unterrichtsinhalten legt die Physikfachschaft auch großen Wert auf Medienerziehung und Verbraucherbildung. Durch eine Vielzahl vorhandener Tablets und angestrebter 1:1-Ausstattung lassen sich im Fachunterricht viele Anknüpfpunkte zu diesen wichtigen Säulen des schulischen Lernens finden.

Ebenso spielt die Verkehrserziehung, insbesondere in der Einführungsphase eine wichtige Rolle.

ENTWURF

Die Physiklehrkräfte am Alexander-von-Humboldt-Gymnasium bilden sich regelmäßig fachlich und methodisch fort, so dass die Lernenden von einem großen Kenntnis- und Erfahrungsschatz sowie großer Methodenvielfalt – analog wie digital – profitieren können.

Im Physikunterricht wird logineoLMS als Lernplattform eingesetzt. Hier finden die Lernenden Lernmaterial für den Unterricht – wie zum Beispiel die eingesetzten Skripte – aber auch interaktive Übungsmöglichkeiten und Austauschplattformen. Im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung wird die Lernplattform eine weiterhin wichtige Rolle spielen.

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 dargestellt. Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen schnellen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen.

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 der 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.

Die im Kernlehrplan angegebenen Unterrichtsinhalte bilden etwa 75% der gesamten Unterrichtszeit ab. Über die Nutzung der fehlenden 25% kann die Fachkonferenz frei entscheiden. Die hiermit, über die Kompetenzerwartungen hinausgehenden Kompetenzen, sind nicht Teil der schriftlichen Abiturprüfung, können aber ohne weiteres im mündlichen Abitur geprüft werden. Zur Nutzung der 25% hat die Fachkonferenz folgende Vereinbarungen getroffen: Es ist der Fachlehrkraft überlassen, ob sie …

- … die gewählten Sachinhalte vertieft (z.B. indem Formeln hergeleitet werden, wo dies nicht in den Kompetenzerwartungen steht, mehr „Rechenaufgaben“ als vorgesehen gemacht werden, vertiefende Experimente gemacht werden…)
- … ein weiteres Inhaltsfeld unterrichtet, das so nicht im Kernlehrplan steht oder nur angeschnitten wird (zum Beispiel Teilchenphysik, Relativitätstheorie, Thermodynamik, Akustik).

Sollte die Lehrkraft sich für die zweite Alternative entscheiden, hat die Fachkonferenz hierzu im Anhang an die Darstellung der Unterrichtsvorhaben eine Übersicht erstellt.

Hinweise zur Lesart der Übersicht der Unterrichtsvorhaben: Die Unterrichtsvorhaben werden zuerst benannt und mit einer sprechenden Fragestellung versehen. Diese kann so übernommen werden, aber auch abgeändert werden. Die Inhaltsfelder stellen eine kurze Übersicht über die physikalischen Inhalte des Unterrichtsvorhabens dar. In den konkretisierten Kompetenzerwartungen wird genauer aufgeschlüsselt, welche Kompetenzen die Lernenden erlangen müssen. Einige Stellen sind in grau gedruckt, was bedeutet, dass diese Teile der so aus dem Kernlehrplan übernommenen Kompetenz in diesem Unterrichtsvorhaben noch keine Rolle spielen. In Klammern sind jeweils die Kompetenzen noch einmal abgekürzt angegeben. Diese Angaben finden sich auch noch einmal detaillierter im Kernlehrplan wieder und dienen im Prinzip als Indikator für die Ausprägung der zu erwerbenden Kompetenz.

Die Vorgaben erwarten außerdem, dass die Medienkompetenz sowie die Verbraucherbildung gestärkt werden. Dies ist in den entsprechenden Synopsen nachzulesen. Im schulinternen Lehrplan sind die entsprechenden Verknüpfungen mit gelber Farbe (Medienkompetenz) und blauer Farbe (Verbraucherbildung) markiert.

Auch der Verkehrserziehung kommt der schulinterne Lehrplan nach: Insbesondere in der Einführungsphase spielt der Straßenverkehr in den behandelten Inhaltsfeldern eine große Rolle

ENTWURF

2.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben - Einführungsphase

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (ca. 80 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	**Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte**	**Konkretisierte Kompetenzerwartungen** Die Lernenden…
<u>Unterrichtsvorhaben I</u> **Physik in Sport und Verkehr I** *Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?* ca. 25 Ustd.	**Grundlagen der Mechanik** • Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen	• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), • unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7), • stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7), • planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5), • interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9), • ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6), • bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7). (MKR 1.2) • beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7), (MKR 1.2, 2.3)

<u>Unterrichtsvorhaben II</u> **Physik in Sport und Verkehr II** *Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären?* ca. 15 Ustd.	**Grundlagen der Mechanik** • Dynamik: Newton‘sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte	• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7), • stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7), • erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton’schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4), • erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4). • untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton‘schen Kraftgesetzes (E4, K4), • begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),
<u>Unterrichtsvorhaben III</u> **Superhelden und Crashtests - Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen** *Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren?* ca. 12 Ustd.	**Grundlagen der Mechanik** • Erhaltungssätze: Impuls; Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge	• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), • beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3), • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7), • erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton’schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4), • untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton‘schen Kraftgesetzes (E4, K4), • begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4), • bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3) • bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3)

<u>Unterrichtsvorhaben IV</u> **Bewegungen im Weltraum** *Wie bewegen sich die Planeten im Sonnensystem?* *Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobachtungen Gesetze ableiten?* ca. 20 Ustd.	**Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder** • Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft • Gravitation: Schwerkraft, Newton´sches Gravitationsgesetz, Kepler´sche Gesetze, Gravitationsfeld • Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder;	• 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), • beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3), • erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton´schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4), • erläutern die Bedeutung von Bezugsystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4), • interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9), • deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6), • ermitteln mithilfe der Kepler‘schen Gesetze und des Newton’schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8),
<u>Unterrichtsvorhaben V</u> **Weltbilder in der Physik** *Revolutioniert die Physik unsere Sicht auf die Welt?* ca. 8 Ustd.	**Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder** • Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation	• 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), • erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4), • erläutern die Bedeutung von Bezugsystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4), • 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). • ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1). • ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3), • beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10) (MKR 5.2)

2.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Qualifikationsphase (Grundkurs)

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Grundkurs (ca. 242 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	**Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte**	**Konkretisierte Kompetenzerwartungen** Die Lernenden…
<u>Unterrichtsvorhaben I</u> **Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen** *Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?* ca. 10 Ustd.	**Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern** • Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen	• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3), • erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4), • erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3), • erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2) • beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1)
<u>Unterrichtsvorhaben II</u> **Beugung und Interferenz von Wellen - ein neues Lichtmodell** *Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?* ca. 18 Ustd.	**Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern** • Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen	• 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), • erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • weisen anhand des Interferenzmusters bei *Doppelspalt- und Gitterversuchen* mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4).

<u>Unterrichtsvorhaben III</u> **Erforschung des Elektrons** *Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?* ca. 26 Ustd.	**Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern** • Teilchen in Feldern: elektrische und magnetische Felder; elektrische Feldstärke, elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern	• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6), • erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3) • berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3), • erläutern am *Fadenstrahlrohr* 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), • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6), • modellieren mathematisch die Beobachtungen am *Fadenstrahlrohr* und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7), • erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4), • schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des *Millikan-Versuchs* auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8), • wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6), • erschließen sich die Funktionsweise des *Zyklotrons* auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1), • beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall

<u>Unterrichtsvorhaben IV</u> **Photonen und Elektronen als Quantenobjekte** *Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?* ca. 18 Ustd.	**Quantenobjekte** • Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt • Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt • Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung	• erläutern anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3), • stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4), • wenden die De-Broglie-Hypothese an, um das Beugungsbild beim *Doppelspaltversuch mit Elektronen* quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9), • erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3), • berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3), • erklären an geeigneten Darstellungen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3), • erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4), • leiten anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6), • untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2) • beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8), • erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8), • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9), • beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8).

<u>Unterrichtsvorhaben V</u> **Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren** *Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?* ca. 18 Ustd.	**Elektrodynamik und Energieübertragung** • Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator • Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung	• erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der *Leiterschaukel* durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4), • führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4), • beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7), • untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch *Transformatoren* mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8), • erklären am physikalischen *Modellexperiment zu Freileitungen* technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8), • interpretieren die mit einem *Oszilloskop* bzw. *Messwerterfassungssystem* aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9), • modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7), • erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in *Generatoren* mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4), • stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim *Thomson'schen Ringversuch* bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8), • beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2) • beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).

<u>Unterrichtsvorhaben VI</u> **Anwendungsbereiche des Kondensators** *Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern?* *Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?* ca. 15 UStd.	**Elektrodynamik und Energieübertragung** • Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator • Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung	• beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3), • erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4), • untersuchen den *Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren* unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6), • modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei *Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren* (E4, E6, S7), • interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im *Q-U*-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8), • beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9).
<u>Unterrichtsvorhaben VII</u> **Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung** *Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?* ca. 12 Ustd.	**Strahlung und Materie** • Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische Wirkungen	• erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4), • unterscheiden α-, β-, γ- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des *Geiger-Müller-Zählrohrs* als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8), • untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei *Absorptionsexperimenten* unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5), • begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3), • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). • bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3).

<u>Unterrichtsvorhaben VIII</u> **Erforschung des Mikro- und Makrokosmos** *Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?* ca. 19 Ustd.	**Strahlung und Materie** • Atomphysik: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung	• 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), • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2), • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8), • erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4), • interpretieren die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienspektren* bzw. *Spektralanalyse* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10), • interpretieren die Messergebnisse des *Franck-Hertz-Versuchs* (E6, E8, K8), • erklären das *charakteristische Röntgenspektrum* mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6), • identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* (E3, E6, K1), • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).

<u>Unterrichtsvorhaben IX</u> **Massendefekt und Kernumwandlungen** *Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?* *Wie entsteht ionisierende Strahlung?* ca. 16 Ustd.	**Strahlung und Materie** • Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion	• erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2), • wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6), • 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), • erläutern qualitativ am β^--Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4), • erklären anhand des Zusammenhangs $E = \Delta m\, c^2$ die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1), • ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6), • vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).

2.4 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Qualifikationsphase (Leistungskurs)

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Leistungskurs (ca. 150 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	**Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte**	**Konkretisierte Kompetenzerwartungen** Die Lernenden ...
<u>Unterrichtsvorhaben I</u> **Untersuchung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern** *Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?* *Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden?* ca. 40 Ustd.	**Ladungen, Felder und Induktion** – Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte – Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern	• erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1), • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6), • erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9) • erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5) • bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3), • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzip elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5), • modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7), • erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5) • konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),

<u>Unterrichtsvorhaben II</u> **Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung** *Welche weiterführende Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?* ca. 10 Ustd.	**Ladungen, Felder und Induktion** • Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern	• modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7), • stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4), • bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7),
<u>Unterrichtsvorhaben III</u> **Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten** *Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?* ca. 25 Ustd.	**Ladungen, Felder und Induktion** • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität	• nutzen das Induktionsgesetz auch in differenzieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7), • erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungsstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6), • führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4), • begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3). • identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8).(VB D Z3)

<u>Unterrichtsvorhaben IV</u> **Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule** *Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?* ca. 20 Ustd.	**Ladungen, Felder und Induktion** • Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität	• 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), • geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2) • prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1), • ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6).

<u>Unterrichtsvorhaben V</u> **Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften** *Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?* ca. 40 Ustd.	**Schwingende Systeme und Wellen** • Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer • Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol	• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4), • vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3), • erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1), • leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2), • ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung und den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8), • beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8), • untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4), (MKR 1.2) • untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1), • beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2), • unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4)

<u>Unterrichtsvorhaben VI</u> **Wellen und Interferenz-phänomene** *Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?* *Ist für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig? (Gibt es den „Äther“?)* ca. 10-15 Ustd.	**Schwingende Systeme und Wellen** • Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens‘sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer	• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4), • 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), • beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7), • erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3), • erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • 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), • erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4). • weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6), • erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3). • beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1), (VB B Z 1)

<u>Unterrichtsvorhaben VII</u> **Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes** *Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?* ca. 30 Ustd.	**Quantenphysik** • Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung • Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung	• erklären den Photoeffekt mit der Einstein´schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3). • beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1), • stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8) • 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), • erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3), • berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quanten objekte (S3), • deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3), • erläutern die Heisenberg´sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeits-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4). • interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3), • bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck´sche Wirkungsquantum (E6, S6), • interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1), • erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6), • modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4). • beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8), • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9), • beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).

<u>Unterrichtsvorhaben VIII</u> **Struktur der Materie** *Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?* ca. 20 Ustd.	**Atom- und Kernphysik** • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung	• geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3), • erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4), • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2), • erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4), • 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), • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8), • 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), • interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6), • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9)

<u>Unterrichtsvorhaben IX</u> **Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung** *Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen?* *Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?* ca. 22 Ustd.	**Atom- und Kernphysik** • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung	• erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), • unterscheiden α-, β-, γ- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8), • erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3), • erläutern qualitativ an der β^--Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4). • leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9), • wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6), • konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5), • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). • wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3), (VB B Z 3)

<u>Unterrichtsvorhaben X</u> **Massendefekt und Kernumwandlung** *Wie kann man natürliche Kernumwandlung beschreiben und wissenschaftlich nutzen?* *Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?* ca. 20 Ustd.	**Atom- und Kernphysik** • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung • Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion	• beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1), • beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2) • bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1), • bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10), (VB D Z3), • diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10).(MKR 2.1, 2.3) (VB D Z3)

2.5 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben - Wahlmodule

Die 25% der Unterrichtszeit, die nicht vom Kernlehrplan abgedeckt sind, können entweder in Form von Vertiefungen oder in Form eines der folgenden Wahlmodule gefüllt werden.

Akustik (Einführungsphase)

Im Vorgriff auf die mechanischen Schwingungen in der Qualifikationsphase und als runder Schuljahresabschluss, der von den Lernenden gerne angenommen wird, bietet sich die Akustik an:

- Wie entsteht Schall?
- Welche Grundbegriffe gehören zum Themenfeld der Schwingungen und Wellen?
- Was sind Schallwellen?
- Wie kann man Schallwellen sichtbar machen?
- Was steckt physikalisch hinter verschiedenen Tönen und Klängen?
- Wie schnell ist der Schall?
- Wieso hört sich das Martinshorn beim Vorbeifahren so komisch an?

Elementarteilchenphysik (Qualifikationsphase)

Hier handelt es sich nur um ein Überblickswissen. Mögliche Kontextfragen sind:

- Wie ist die Welt der kleinsten Teilchen aufgebaut?
- Was ist jenseits des Atomkernbereichs?
- Welche kleinsten Teilchen gibt es?
- Wie erforscht man die Welt der kleinsten Teilchen?
- Wie funktionieren Detektoren?
- Wie wertet man originale Detektordaten aus (Blasenkammer)?

Relativistik (Qualifikationsphase)

Auch hier geht es nur um das Schaffen eines Überblickwissens:

- Welche Erkenntnisse liefert das Experiment „Lichtuhr“ (siehe Einführungsphase)?
- Welche Konsequenzen hat das für die Anschauung des Raums?
- Wie werden die Gedankenexperimente physikalisch mit Messdaten untermauert (Myonenzerfall)?
- Welche Paradoxa entstehen aus der Relativitätstheorie (Zwillingsparadoxon)?

ENTWURF

2.6 Lehr- und Lernmittel

2.7 Bücher

In der Oberstufe wurde bislang auf die Lehrwerke der Reihe *Dorn Bader* zurückgegriffen. Mit Einführung der neuen Kernlehrpläne sind diese Bücher nicht mehr absolut passgenau. Sie werden in einer Übergangsphase trotzdem weiter genutzt.

Zusätzlich zu den Lehrbüchern werden in der Einführungsphase und der Qualifikationsphase Skripte benutzt, die von den Lehrkräften verfasst und an die Ausstattung der Schule angepasst sind. Diese Skripte sind am Kernlehrplan orientiert und werden ständig evaluiert und überarbeitet.

2.8 Digitalisierung

Momentan wird noch der grafikfähige Taschenrechner TI nspire CX-II im Unterricht – sowohl zum Rechnen als auch zur Datenauswertung – benutzt. Dieser wird, sobald die neuen Rahmenvorgaben bezüglich der Hilfsmittel für den Mathematikunterricht durch ein entsprechendes Gerät bzw. eine App ersetzt. Die Entscheidung zum benutzten Hilfsmittel fällt dann die Fachkonferenz Mathematik nach Beratung durch die Fachkonferenz Physik.

Als zentrales Lern- und Kommunikationsmittel steht die Plattform logineoNRW zur Verfügung, die in allen Kursen genutzt wird. Hier werden die Lernenden übelicherweise eine Vielzahl von h5p- und anderen digitalen interaktiven Aktivitäten finden. Auch der Einsatz von Simulationen ist vorgesehen, sofern sie nicht als Realexperiment durchgeführt werden können.

Den Lernenden ist generell die Nutzung eines Tablets im Unterricht gestattet, bzw. dies ist ausdrücklich erwünscht, damit für interaktives Arbeiten ausreichend Endgeräte zur Verfügung stehen. Die Erfahrung zeigt, dass dies generell gut funktioniert. Von der Nutzung des Smartphones ist – außer bei der Messwerterfassung mittels der App phyphox – generell abzusehen.

Der Arbeitskreis Digitalisierung hat dem Kollegium mit der Lehrerkonferenz vom 20.9.2022 den Auftrag gegeben, in der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II jeweils eine Unterrichtsreihe mit vorwiegend digitalen Elementen zu planen und durchzuführen. In der Physik bieten sich dazu verschiedene Möglichkeiten an. Insbesondere die Wurfbewegungen können mithilfe der Videoanalyse in Kombination mit einer Tabellenkalkulation gut ausgewertet und dokumentiert werden.[1] Auch in der Wellenoptik finden sich viele Ansatzpunkte für den Einsatz digitaler Werkzeuge: Die Tabellenkalkulation kann beispielsweise zur Auswertung von Spektren benutzt werden, Simulationen der Wellenwanne liefern deutlich schönere Interferenzbilder als die vorhandene Wellenwanne, die von den Lernenden gut analysiert werden. Bei der Vermessung von Magnetfeldern ist

[1] Die Videoanalyse ist seit langem Bestandteil des Physikunterrichts in der Einführungsphase und somit liegt bereits einige Erfahrung bei den Lehrkräften vor.

ENTWURF

auch der Einsatz von phyphox anstelle einer Hall-Sonde denkbar. Induktionversuche können mit dem Pocket-CASSY und der zugehörigen App durchgeführt werden.

Von der Fachkonferenz verbindlich festgelegte digitale Werkzeuge:

- **Grafiktaschenrechner / entsprechende App:** Rechenmodus, Tabellenmodus, Statistikmodus, Regression.
- **Phyphox:** Magnetfeldmessung.
- **Viana:** Videoanalyse
- **Numbers:** Auswertung von Messdaten am Tablet (alternativ zum GTR).
- **Simulationen:** zur Wellenwanne, Franck-Hertz-Versuch (als Erklärung zum Realexperiment), …. Hier beispielsweise PhET.

Der Prozess der Digitalisierung und die obige Liste sind nicht als abgeschlossen anzusehen.

ENTWURF

3 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen.

Es werden zunächst (in kursiver Schrift) die fächerübergreifenden Aspekte benannt, die anschließend fachspezifisch konkretisiert werden und auch Gegenstand der Qualitätsanalyse sind.

1. *Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse:*

   Für den Physikunterricht bedeutet das eine kontextorientierte Anlage sowohl der gesamten Unterrichtsreihen wie auch, wenn möglich und sinnvoll, der Unterrichtseinheiten. Dazu gehört, dass möglichst aufgrund lebensweltnaher, technisch-gesellschaftlicher oder forschungspraktischer Ausgangssituationen die – physikalischen – Problemfragen von den Lernendenn formuliert werden, diesen Fragen anschließend auf experimentellem bzw. deduktiven Wege nachgegangen wird, die Ergebnisse hinsichtlich der Erkenntnisgewinnung und Bedeutung reflektiert sowie der Lernprozess bewusst gemacht wird.

2. *Medien und Arbeitsmittel sind schülernah gewählt:*

   Die Lernenden müssen ein Mindestmaß an Formeln auswendig kennen. Die Verwendung der in der gymnasialen Oberstufe eingeführten Formelsammlung dient der Vorbereitung auf die Zentralabiturklausur.

   Der an der Schule eingeführte grafikfähige Taschenrechner soll im Unterricht und in den Klausuren der Oberstufe verwendet werden.

Für den Physikunterricht ist die Nutzung digitaler Werkzeuge selbstverständlich: Das Tablet wird sowohl bei Messwerterfassung bei Realexperimenten (Videoanalyse viana, oder Cassy für andere Arten der Messwerterfassung) und zur Simulation, zur Durchführung interaktiver Bildschirmexperimente oder ferngesteuerter Realexperimente (z. B. RCL der Uni Kaiserslautern), zur Simulation in der Sammlung nicht vorhandener Realexperimente sowie zur Recherche und als Literaturquelle im Internet (insb. leifiphysik.de) genutzt. Das Tablet soll auch bei der häuslichen Arbeit der Lernenden Einsatz finden.

Der Physikunterricht bietet gute Gelegenheit, den Einsatz weiterer Medien, wie beispielsweise die Nutzung von Smartphones über deren eingebaute Sensoren bzw. mit Hilfe entsprechender Apps zu erproben. Smartphones können in folgenden Gebieten eingesetzt werden: „Aufnahme von Videos zur Videoanalyse“, „Beschleunigungsmessungen im Mechanikunterricht der EF“, „Nutzen des GPS-Empfängers für Zeit-Positionsmessungen“, „Messungen mit dem Mikrofon“, „Messung radioaktiver Strahlung“, „Aufnahme von Beugungsmustern im sichtbaren und infraroten Bereich“. Die gewonnenen Erfahrungen werden auf den Fachkonferenzen abgesprochen bzw. ausgetauscht.

Auf der Schulhomepage und in den Skripten werden Links zum selbständigen Wiederholen und Weiterlernen bereitgestellt und laufend aktualisiert.

3. *Der Unterricht fördert eine aktive Teilnahme der Lernenden. Sie erhalten Gelegenheit zu selbstständiger und kooperativer Arbeit und werden dabei unterstützt:*

Im Physikunterricht sollen immer wieder sowohl Phasen der Einzelarbeit und kooperative Lernformen (letztere nicht nur bei Schülerexperimenten) realisiert werden, um sowohl die individuelle selbstständige Arbeit der Lernenden als auch deren fachlich-kommunikativen Kompetenzen zu stärken. Wenn die Größe der Lerngruppe es erlaubt, kann bei intensiven fachlichen Diskussionen und Analysen auch eine problemorientierte Plenumsphase sinnvoll sein. Es ist darauf zu achten, für das Erreichen des jeweiligen Unterrichtsziels eine geeignet erscheinende Unterrichtsmethode zu wählen, wobei jede Einseitigkeit in der Wahl der Aktions- und Sozialformen vermieden werden sollte.

4. *Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden, bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen und berücksichtigt die individuellen Lernwege der Lernenden:*

Für den Physikunterricht bedeutet das die besondere Wertschätzung verschiedener, individueller Lösungsideen, um fachlich richtige Lösungsalternativen zu gewinnen und diese entsprechend zu würdigen. Dazu gehört auch, eventuell auftretende Fehler in der Gemeinschaft aller zu klären und sich der Fehlerursachen bewusst zu werden, um aus den Fehlern zu lernen. Maßnahmen der Binnendifferenzierung unterstützen individuelle Lernwege.

Im Zuge der Korrektur und Rückgabe von Klausuren in der Oberstufe sollen bedeutsame oder mehrfach aufgetretene Fehler und deren Ursachen analysiert werden. Die Lernenden sollen individuell für sich eine Fehlerliste erstellen, in der sie ihre typischen Fehler mit Beispielen notieren. Dabei können sie von ihrer Lehrperson beraten werden. Über die (o. g.) Lernplattform wird den Lernenden eine Liste mit den von der Lehrkraft zusammengefassten (anonymisierten) Fehlertypen zur Verfügung gestellt. Diese Liste sollte jahrgangsunabhängig laufend aktualisiert werden, wenn weitere typische Fehler erkannt werden. Den Lernenden dient diese als Hilfe zur Entwicklung, den Lehrenden als zusätzliche Unterstützung bei der Diagnose von Schülerkompetenzen.

ENTWURF

4 Grundsätze der Leistungsbewertung

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

4.5 Anforderungsbereiche

Die Leistungsbewertung in der Sekundarstufe II bezieht sich auf die im Kernlehrplan benannten Kompetenzbereiche und unterscheidet dabei jeweils die drei verschiedenen Anforderungsbereiche.

- **Anforderungsbereich I** umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang, die Verständnissicherung sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.
- **Anforderungsbereich II** umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.
- **Anforderungsbereich III** umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Lernenden selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

4.6 Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“

Im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ können – neben den nachfolgend aufgeführten Überprüfungsformen – weitere zum Einsatz kommen. Im Verlauf der gymnasialen Oberstufe ist in diesem Beurteilungsbereich sicherzustellen, dass Formen, die im Rahmen der Abiturprüfungen – insbesondere in den mündlichen Prüfungen – von Bedeutung sind, frühzeitig vorbereitet und angewendet werden. 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.

EINWURF

Die Lernenden bekommen durch die Verwendung unterschiedlicher Überprüfungsformen vielfältige Möglichkeiten, ihre eigene Kompetenzentwicklung darzustellen und zu dokumentieren. Der Bewertungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch mündliche, schriftliche und ggf. praktische Beiträge sichtbare Kompetenzentwicklung der Lernenden. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Schuljahres (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt. Die nachfolgenden Überprüfungsformen sind verbindlich an geeigneten Stellen im Unterricht einzusetzen. Darüber hinaus sind weitere Überprüfungsformen zulässig.

- **Experimentelle und fachpraktische Aufgaben**: Aufgabenstellungen, die sich auf Experimente beziehen, werden in besonderem Maße den Zielsetzungen des wissenschaftspropädeutischen Physikunterrichts gerecht. Diese können auch Bestandteil von fachpraktischen Aufgaben sein. Neben Formulierung einer Fragestellung, der hypothesengeleiteten Planung, Durchführung und Auswertung liegt in diesem Zusammenhang ein weiteres Augenmerk auf der Dokumentation. Experimentelles Arbeiten umfasst die qualitative und/oder Untersuchung von Zusammenhängen, aber auch den Umgang mit umfangreichen Daten aus Messreihen sowie die Arbeit mit bzw. an Modellen. Erkenntnisse, die aus experimentellen Arbeiten gewonnen werden, können die Grundlage bilden für die nachfolgenden Überprüfungsformen.
- **Aufgaben zur Arbeit mit Theorien und Modellen:** Neben experimentellen Aufgaben kommt der Arbeit mit Theorien und Modellen im Physikunterricht eine besondere Bedeutung zu. Hierzu zählen insbesondere die Erklärung von Zusammenhängen oder die Überprüfung von Aussagen mit Modellen oder Theorien. Dies kann beispielsweise die Vorhersage bzw. Begründung von physikalischen Sachverhalten und Ergebnissen auf Grundlage von Modellen sein. Mithilfe theoretischer Überlegungen können physikalische Zusammenhänge deduktiv hergeleitet sowie mathematisch modelliert und berechnet werden.
- **Präsentationsaufgaben:** Präsentationsaufgaben lassen sich in vielfältigen Formen einsetzen und reichen von einfachen Vorträgen bzw. Referaten bis hin zur Erstellung und Darbietung von Medienbeiträgen oder der Durchführung von Diskussionen. Im Rahmen von Präsentationen spielen auch immer Recherche- und Darstellungsaspekte eine bedeutende Rolle.
- **Darstellungsaufgaben:** Mittels Darstellungsaufgaben erfolgt ein strukturiertes Beschreiben, Darstellen und/oder Erklären eines physikalischen Phänomens, Konzepts oder Sachverhalts, wobei auch Modelle zum Einsatz kommen können. Darstellungsaufgaben beziehen sich auf die Beschreibung und Erläuterung von Tabellen, Grafiken und Diagrammen. Werden komplexe Zusammenhänge und Sachverhalte durch geeignete graphische Darstellungsformen zusammengefasst oder Informationen aus einer Darstellungsform in eine andere überführt, kommt der Charakter von Darstellungsaufgaben ebenfalls zum Tragen. Das Verfassen fachlicher Texte erfolgt adressaten- und anlassbezogen.
- **Bewertungs-/ Beurteilungsaufgaben:** Das Fach Physik trägt zur Entwicklung von Wertvorstellungen, Meinungsbildung und Entscheidungsfindung bei. Dabei ist in auftretenden Problemsituationen die Unterscheidung von Werten, Normen und Fakten wichtig. Die Benennung von Handlungsoptionen erfolgt aus der Beachtung verschiedener Perspektiven. Umstrittene Sachverhalte oder Medienbeiträge werden unter fachlichen Gesichtspunkten überprüft.

Die Bewertung der mündlichen Mitarbeit im Unterricht orientiert sich anhand der folgenden Übersicht. Der Lehrkraft sind dabei Spielräume gegeben, zum Beispiel in der Gewichtung der jeweiligen Aspekte.

ENTWURF

Note	Kriterien
sehr gut	sehr kontinuierliche, ausgezeichnete Mitarbeit, sehr umfangreiche, produktive und kreative Beiträge, kommunikationsfördernd, souveräner Gebrauch der Fachsprache und souveräne Anwendung der physikalischen Kenntnisse und Fähigkeiten, erscheint immer vorbereitet zum Unterricht.
gut	kontinuierliche, gute Mitarbeit, gute und produktive Beiträge, kommunikationsfördernd, sicherer Gebrauch der Fachsprache und sichere Anwendung der physikalischen Grundkenntnisse, erscheint meist vorbereitet zum Unterricht.
befriedigend	durchschnittliche Mitarbeit, kommunikativ, fachlich korrekte Beiträge, meistens sicherer Gebrauch der Fachsprache und sichere Anwendung der physikalischen Grundkenntnisse, erscheint in der Regel vorbereitet zum Unterricht.
ausreichend	selten eigenständige Beteiligung, fachliche Ungenauigkeiten, auch unstrukturierte oder unproduktive Beiträge, kann sich grundlegend in der Fachsprache verständlich machen und physikalische Grundkenntnisse in der Regel anwenden, erscheint häufig unvorbereitet zum Unterricht.
ausreichend minus	Beteiligung nur nach Aufforderung, häufig fachliche Ungenauigkeiten, unstrukturierte oder unproduktive Beiträge, kann sich kaum in der Fachsprache verständlich machen und physikalische Grundkenntnisse sporadisch anwenden, erscheint häufig unvorbereitet zum Unterricht.
mangelhaft	wiegende und anhaltende fachliche Defizite, meistens fehlerhafte oder lückenhafte Anwendung der Fachsprache und der physikalischen Grundkenntnisse, erscheint trotz Aufforderung selten vorbereitet zum Unterricht.
ungenügend	keine Beteiligung trotz Aufforderung und Hilfsangeboten, fehlende fachliche Kenntnisse auch in elementaren Grundlagen, kann die Fachsprache nicht anwenden und sich mit ihr verständlich machen, es ist erkennbar, dass die Defizite nicht in absehbarer Zeit behoben werden können, erscheint unvorbereitet im Unterricht.

ENTWURF

4.7 Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“

Für den Einsatz in Klausuren kommen Aufgabenarten in Betracht, wie sie in Kapitel 4 des Kernlehrplans aufgeführt sind. Neben materialgebundenen Aufgaben sind nach Möglichkeit auch fachpraktische Aufgaben im Verlauf der gymnasialen Oberstufe zu bearbeiten, so dass die Lernenden damit vertraut sind und hinreichend Gelegenheit zur Anwendung hatten. Über ihre unmittelbare Funktion als Instrument der Leistungsbewertung hinaus sollen Klausuren im Laufe der gymnasialen Oberstufe auch zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen des schriftlichen Teils der Abiturprüfungen vorbereiten. Dazu gehört u. a. die Schaffung angemessener Transparenz im Zusammenhang mit einer kriteriengeleiteten Bewertung unter Berücksichtigung der drei Anforderungsbereiche. Beispiele für Prüfungsaufgaben und Auswertungskriterien sowie Konstruktionsvorgaben und Operatorenübersichten können im Internet auf den Seiten des Bildungsportals unter www.schulministerium.nrw abgerufen werden. Da in Klausuren neben der Verdeutlichung des fachlichen Verständnisses auch die Darstellung bedeutsam ist, muss diesem Sachverhalt bei der Leistungsbewertung gemäß APO-GOSt hinreichend Rechnung getragen werden. Abzüge für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit sollen allerdings nicht erfolgen, wenn diese bereits bei der Darstellungsleistung fachspezifisch berücksichtigt wurden. In der Qualifikationsphase trägt zudem eine komplexe Leistungsüberprüfung (u. a. Facharbeit, Projektkurs) dazu bei, die Lernenden mit den Prinzipien und Formen selbstständigen, wissenschaftspropädeutischen Lernens vertraut zu machen.

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

- **Einführungsphase:** Eine Klausur im 1. Halbjahr, zwei Klausuren im 2. Halbjahr. Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (1) und VV 14.1.)
- **Grundkurse Q-Phase Q 1.1 – Q 2.1:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausren: 2 Schulstunden in Q1.1, 3 Schulstunden in Q1.2 und Q2.1. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen für die Lernenden, die Physik als 3. Abiturfach gewählt haben. Dauer der Klausur: 3 Zeitstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Facharbeit:** Gemäß Beschluss der Lehrerkonferenz wird die erste Klausur Q1.2 für diejenigen Lernenden, die eine Facharbeit im Fach Physik schreiben, durch diese ersetzt. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (3) und VV 14.3.)

Die Fachkonferenz hat verabredet, dass in jedem Schuljahr mindestens ein Experiment als Teil der Klausur durchgeführt wird. Dabei kann es sich auch um ein Schülerexperiment handeln. Da ab dem Jahr 2025 eine Aufgabenauswahl durch die Prüflinge erfolgt, ist dies in der Vorabiturklausur zwingend durchzuführen (drei aus vier Aufgaben müssen bearbeitet werden). In einer weiteren Klausur in der Qualifikationsphase II soll das ebenfalls der Fall sein.

Die Notenfestsetzung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel. In Ausnahmefällen kann begründet davon abgewichen werden.

Note	Prozentpunktebereich
sehr gut	[85;100]
gut	[70;85[
befriedigend	[55;70[
ausreichend	[45;55[
ausreichend minus	[40;45[
mangelhaft	[20;40[
ungenügend	[0;20[

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht. Die Klausurnote „ausreichend minus“ wird nur in der Qualifikationsphase erteilt.

Die Leistungsbewertung in den Klausuren wird mit der Perspektive schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster ist auch für die Lernenden transparent.

Gem. § 13 Abs.2 APO-GOSt werden in schriftlichen Arbeiten Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der deutschen Sprache und gegen die äußere Form angemessen berücksichtigt.

Die dritte Klausur in der Qualifikationsphase I kann durch eine Facharbeit ersetzt werden. Die Fachkonferenz Physik hat verabredet, dass die Facharbeit zwingend ein Experiment enthalten muss, das selbständig durchgeführt, vollständig dokumentiert und ausgewertet werden muss. Im weiteren Sinne gehören dazu auch die Auswertungen von Prozessen mittels Videoanalyse. Eine theoretische Arbeit kann nur gestattet werden, wenn diese Simulationen oder eigene Programmierungen zu physikalischen Sachverhalten enthält. Die Themenfindung hat eigenständig, aber in enger Absprache mit der Lehrkraft zu erfolgen.

4.8 Mündliche Abiturprüfung

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) soll ein Kriterienraster für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt werden, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird. Es gelten generell die Vorgaben der APO-GOSt. Grundsätzlich können alle im Unterricht der Qualifikationsphase behandelten Unterrichtsinhalte geprüft

werden. Es wird dabei gewährleistet, dass die Prüfungsgegenstände Teil von mindestens zwei Halbjahren sind.

4.9 Nachteilsausgleiche

Nachteilsausgleiche werden individuell von Fall zu Fall beraten. Diese erstrecken sich von längeren Klausurzeiten über die Möglichkeit, Klausuren am Computer zu schreiben oder ergänzend zum Unterricht individuelle Ausarbeitungen anzufertigen und abzugeben.

Bei visueller Einschränkung kann im Unterricht auf die vorhandenen Dokumentenkameras und Beamer zurückgegriffen werden.

4.10 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, finden im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums zwei fachübergreifende Projekttage statt. Die AG Facharbeit hat schulinterne Richtlinien für Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit angefertigt, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen. Im Verlauf der Projekttage werden den Lernenden diese schulinternen Richtlinien vermittelt.

Exkursionen

Bis auf das Abiturhalbjahr **können** in Absprache mit den übrigen Naturwissenschaften und der Mathematik Exkursionen durchgeführt werden. Aus Sicht der Physik sind folgende Ziele denkbar:

- EF 1: Besuch eines Science Centers
- EF 2: Besuch eines Planetariums
- Q1.1: Besuch eines Industrieunternehmens
- Q1.2: Besuch eines Schülerlabors
- Q2.1: Besuch einer Physikveranstaltung der Universität

Mögliche Kooperation mit anderen Fächern

Die Physik kann auf mehreren Ebenen mit anderen Fachbereichen kooperieren:

- **Sport:** Aufnahme von Videos von Bewegungsabläufen für den Kinematikunterricht.

- **Mathematik:** Einführung der Statistikmodi des GTR zum Auswerten von Messreihen.

Berufsorientierung

Die Lernenden werden regelmäßig motiviert, an Angeboten des ZDIs Neuss oder Lernferien teilzunehmen. In einer der nächsten Fachkonferenzen wird über diesen Aspekt gesondert beraten.

ENTWURF

5 Evaluation des Unterrichts

Der folgende Abschnitt dient dazu, den Ist-Zustand 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 regelmäßig überarbeitet und angepasst. Sie dient auch dazu, Handlungsschwerpunkte für die Fachgruppe zu identifizieren und abzusprechen.

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

Jeweils vor Beginn eines neuen Schuljahres werden in einer Sitzung der Fachkonferenz für die nachfolgenden Jahrgänge zwingend erforderlich erscheinende Veränderungen diskutiert und ggf. beschlossen, um erkannten ungünstigen Entscheidungen

Fachgruppenarbeit im Überblick	
Funktionen	
Fachvorsitz	M. Kirschner
Stellvertretung	K. Friesen
Sammlungsleitung	M. Kirschner
Strahlenschutzbeauftragungen	K. Friesen, A. Kopner, M. Kirschner, J. Martin, A. Sawroch.
Fachlehrkräfte	C. Arens, L. Bröckers, K. Friesen, A. Kopner, M. Kirschner, J. Martin, A. Sawroch.

Räumliche / materielle Ressourcen	
Fachräume	R. 0.020, R. 0.023
Sammlungsräume	R. 0.021, R. 0.022
Lehrwerke	Fokus Physik (Sek I), Dorn Bader, Skripte (Sek II)

Leistungsbewertung	
Klausuren	Drei in der EF, je zwei pro Halbjahr in der Q1 und Q2.1, eine unter Abiturbedingungen für SchülerInnen, die Physik als 3. Abiturfach gewählt haben.
Facharbeit	Ersetzt die dritte Klausur in der Q1

Evaluation des Unterrichts durch die Lernenden

ENTWURF

Die Evaluation erstreckt sich auch auf die Rückmeldung der Lernenden. Dazu werden unterschiedliche Instrumente eingesetzt. Ein verbindliches Evaluationsinstrument ist bislang nicht vorgesehen. In einer der nächsten Fachkonferenzen wird über weitere Evaluationsmöglichkeiten beraten.

ENTWURF