Schulinterner Lehrplan Physik

Sekundarstufe II (G9)

Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe in Nordrhein-Westfalen
(Fassung vom 25.8.25)

Inhalt

1. **Rahmen der fachlichen Arbeit**
- **Link: 25 Schlüsselexperimente**
- **Strukturierung und Vernetzung von Wissen und Konzepten**
- **Lehren und Lernen in sinnstiftenden Kontexten**
- **Individuelle Förderung**
- **Kooperation**
- **Fachliche Bezüge zu schulischen Standards zum Lehren und Lernen**
- **Fachliche Bezüge zu den Rahmenbedingungen des schulischen Umfelds**
- **Fachliche Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern**

2. **Entscheidungen zum Unterricht**
- **Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung**
- **Grundsätze der Leistungsbewertung**
- **Kommunikation der Kriterien**
- **Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“**
- **Beurteilungsgrundlagen**

- **Kriterien der Leistungsbeurteilung**
- **Übersicht: Beurteilungskriterien – Sonstige Mitarbeit im Unterricht**
- **Beurteilungsbereich: Klausuren**
- **Übersicht über Anzahl und Dauer der Klausuren im Fach Physik (Sekundarstufe**
- **Leistungsbewertung in Klausuren**
- **Anforderungsbereiche in Klausuren**
- **Korrektur- und Beurteilungsgrundsätze im Fach Physik (Sekundarstufe II, NRW)**

- **Korrekturzeichen**

-

- **Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen – Physik Oberstufe**

-

- **Zusammenarbeit mit anderen Fächern**
- **Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit**
- **Wettbewerbe**
- **Exkursionen**
- **Qualitätssicherung und Evaluation**
- **Maßnahmen zur Qualitätssicherung**
- **Evaluation**
- **Unterrichtsvorhaben**

1. Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Der schulinterne Lehrplan für das Fach Physik am Albertus-Magnus-Gymnasium Bensberg basiert auf den verbindlichen Vorgaben des Kernlehrplans Physik für die Sekundarstufe I und II (G9) in Nordrhein-Westfalen. Er passt diese Vorgaben an die besonderen Rahmenbedingungen und Schwerpunkte unserer Schule an und dient dem Fachkollegium als gemeinsame Grundlage für Planung, Durchführung und Reflexion des Unterrichts.

Physikunterricht am AMG hat das Ziel, Schülerinnen und Schülern einen fundierten Zugang zu den Naturphänomenen, den physikalischen Gesetzmäßigkeiten sowie deren Anwendungen in Technik und Gesellschaft zu ermöglichen. Dabei steht nicht nur die Vermittlung fachlicher Inhalte im Vordergrund, sondern auch die Förderung eines naturwissenschaftlichen Denkens, das geprägt ist von Neugier, kritischer Analyse und verantwortungsbewusstem Handeln in einer von Wissenschaft und Technik geprägten Welt.

Im Fach Physik wird an unserer Schule insbesondere das Interesse der Schülerinnen und Schüler an physikalisch-technischen Fragestellungen entwickelt und gestärkt. Darüber hinaus wird angestrebt, Begeisterung für ein physikalisch-technisch geprägtes Studium oder einen entsprechenden Beruf zu wecken. In diesem Rahmen unterstützen wir gezielt Lernende mit besonderen Stärken im Fach Physik und fördern ihre Kompetenzentwicklung optimal.

Ein zentrales Anliegen ist die Entwicklung von Methoden- und Handlungskompetenzen. Schülerinnen und Schüler planen, führen und werten Experimente aus – vom grundlegenden Schülerexperiment bis hin zu komplexen Untersuchungen. Dabei nutzen sie klassische Versuchsanordnungen ebenso wie moderne digitale Messwerterfassungssysteme und Simulationssoftware. Schrittweise werden an unserer Schule weitere Möglichkeiten für die Durchführung von Realexperimenten geschaffen, sowohl in Form von Schüler- als auch Demonstrationsexperimenten.

Die Einführung von stufen- und fachbezogenen Lehrkräfteteams hat die Zusammenarbeit in Experimentier-, Unterrichts- und Erziehungsfragen wesentlich verbessert. Fachteams erarbeiten gemeinsam Unterrichtsmaterialien, bereiten Experimente vor und stimmen ihre Arbeit eng ab. Soweit möglich, wird der Unterricht auf Stufenebene parallelisiert. Auch in der Oberstufe findet ein intensiver Austausch zu Inhalten, methodischen Vorgehensweisen und fachdidaktischen Fragestellungen statt.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Nutzung neuer Medien: Neben der klassischen experimentellen Arbeit gehört dazu auch die systematische Erfassung und Auswertung von Daten mithilfe moderner Sensoren und digitaler Werkzeuge. Ein regelmäßiger kollegiumsinterner Austausch, in dem Best-Practice-Beispiele geteilt werden, unterstützt die kontinuierliche Weiterentwicklung des Fachunterrichts.

Der Physikunterricht am AMG trägt darüber hinaus wesentlich zum pädagogischen Profil der Schule bei: Teamarbeit, selbstständiges Arbeiten, Verantwortungsbewusstsein und ein reflektierter Umgang mit Technik und Umwelt werden gezielt gestärkt. Damit fördert das Fach Physik nicht nur die naturwissenschaftliche Grundbildung, sondern auch die Persönlichkeitsentwicklung der Schülerinnen und Schüler – im Sinne unseres Schulmottos, das Bildung als Verbindung von Wissen, Verantwortung und Menschlichkeit versteht.

Der schulinterne Lehrplan dokumentiert schließlich, wie die Kompetenzbereiche des Kernlehrplans systematisch in der Sekundarstufe I und II umgesetzt werden. Er gewährleistet eine qualitativ hochwertige und profilgerechte Physikausbildung, die die Schülerinnen und Schüler sowohl auf die Anforderungen der Oberstufe und des Zentralabiturs als auch auf eine verantwortungsbewusste Teilhabe an einer wissenschaftlich-technischen Gesellschaft vorbereitet.

Link: 25 Schlüsselexperimente https://lehrplannavigator.nrw.de/sekundarstufe-ii/kernlehrplaene-fuer-die-gymnasiale-oberstufe-neue-klp/physik/schluesselexperimente

Die Lehrerkonferenz hat – im Einklang mit dem Schulprogramm – die im Referenzrahmen Schulqualität NRW formulierten Kriterien und Zielsetzungen als verbindliche Orientierung für die kurz- und mittelfristige Schulentwicklung bestätigt.

Zentraler Ausgangspunkt ist dabei das im Schulprogramm verankerte Prinzip, die Schülerinnen und Schüler als individuelle Persönlichkeiten mit jeweils eigenen Fähigkeiten, Stärken und Interessen in den Mittelpunkt der pädagogischen Arbeit zu stellen. Vor diesem Hintergrund verpflichtet sich die Fachgruppe, der individuellen Kompetenzentwicklung (Referenzrahmen, Kriterium 2.2.1) sowie der Gestaltung herausfordernder, kognitiv aktivierender Lehr- und Lernprozesse (Kriterium 2.5.1) besondere Beachtung zu schenken.

In Abstimmung mit der Lehrerkonferenz und unter Berücksichtigung der Leitlinien des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik für ihren schulinternen Lehrplan folgende fachdidaktischen und fachmethodischen Grundsätze verabschiedet:

Strukturierung und Vernetzung von Wissen und Konzepten

- Herausstellung zentraler Ideen und Konzepte, auch unter Nutzung von Synergien zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern
- Orientierung am Prinzip des exemplarischen Lernens
- Anschlussfähigkeit (fachintern und fachübergreifend)
- Herstellen von Zusammenhängen statt Anhäufung von Einzelfakten
- 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

Lehren und Lernen in sinnstiftenden Kontexten

- altersgemäße Komplexität
- authentische, motivierende, tragfähige und geschlechtersensible Problemstellungen, auch als Grundlage für problemlösendes Vorgehen

Einbindung von Experimenten und Untersuchungen

- Lernwege sollten sich auch an der Wissenschaftspropädeutik orientieren und den Erkenntnis- und Verständnisprozess der Lernenden unterstützen.
- 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
- Förderung der Selbstständigkeit bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Untersuchungen
- Förderung der Primärerfahrungen für die Lernenden durch authentische Begegnung mit dem lebendigen Objekt (z. B. durch Realobjekte im Unterricht) und Aufbau einer unmittelbaren Beziehung zur Natur (z. B. auch durch Unterrichtsgänge und Exkursionen)
- Vertiefung der Fähigkeiten zur Dokumentation der Experimente und Untersuchungen (Versuchsprotokoll) in Absprache mit den Fachkonferenzen der anderen naturwissenschaftlichen Fächer

Individuelle Förderung

- Variation der Lernaufgaben und Lernformen mit dem Ziel einer kognitiven Aktivierung aller Lernenden, ggf. mit gestuften Lernhilfen für unterschiedliche Leistungsanforderungen
- Einsatz von digitalen Medien und Werkzeugen zur Verständnisförderung und zur Unterstützung und Individualisierung des Lernprozesses
- Beachtung von Aspekten der Sprachsensibilität wie auch der Geschlechtersensibilität bei der Erstellung von Materialien
- unterstützende zusätzliche Maßnahmen bei Lernschwierigkeiten
- herausfordernde zusätzliche Angebote für besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler

Kooperation

- Einbeziehen von kooperativen Lernformen zur Förderung der Interaktion und Kommunikation von Schülerinnen und Schülern in fachlichen Kontexten

- gemeinsame Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Lernarrangements und binnendifferenzierenden Materialien durch die Lehrkräfte zur Qualitätssicherung und Arbeitsentlastung

Fachliche Bezüge zu schulischen Standards zum Lehren und Lernen

zum Beispiel (ggf. mit Verweis auf entsprechende Unterrichtsvorhaben)

- *kooperative Lernformen*
- *sprachsensibler Fachunterricht*
- *Kontextorientierung*
- *eigenständige Projektvorhaben*

Fachliche Bezüge zu den Rahmenbedingungen des schulischen Umfelds

zum Beispiel

- *Umspannwerk*
- *regenerative Energiewandler (Windräder, Solaranlagen)*

Fachliche Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern

zum Beispiel

- *Unterrichtsprojekte in Kooperation mit regionalen Partnerschaftsunternehmen*
- *Experimentalpraktika im Schülerlabor einer regionalen Hochschule*

2. Entscheidungen zum Unterricht

Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Grundsätze der Leistungsbewertung

Die Fachkonferenz legt verbindliche Kriterien und Gewichtungen für die Leistungsbewertung fest. Ziel ist es, innerhalb der gesetzlichen Vorgaben Transparenz und Vergleichbarkeit zu sichern. Grundlage sind § 48 SchulG, § 13–16 APO-GOSt sowie Kapitel 3 *Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung* des Kernlehrplans Physik für die gymnasiale Oberstufe.

Die Bewertung orientiert sich an den im Unterricht erworbenen Kompetenzen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Schülerinnen und Schüler ausreichend Gelegenheit hatten, diese Kompetenzen zu entwickeln. Die Leistungsfeststellung erfolgt durch Beobachtung von Schülerhandlungen sowie durch ihre mündlichen, schriftlichen und praktischen Beiträge, die stets auf die jeweilige Aufgabenstellung und das Anspruchsniveau abgestimmt sind.

Die Gesamtnote setzt sich aus den Klausurergebnissen (ca. 50 %) und der sonstigen Mitarbeit (ca. 50 %) zusammen. Dabei ist keine rein rechnerische Mittelwertbildung zulässig; vielmehr muss die individuelle Gesamtentwicklung im Kurshalbjahr berücksichtigt werden (APO-GOSt § 13).

Kommunikation der Kriterien

Die Fachkonferenz legt zu Beginn jedes Schuljahres die Bewertungsgrundsätze verbindlich fest. Diese werden den Schülerinnen und Schülern transparent gemacht. Im Kernlehrplan ausgewiesene Überprüfungsformen sind verbindlich zu berücksichtigen, damit am Ende der Qualifikationsphase alle Kompetenzen nachgewiesen werden können.

Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“

Beurteilungsgrundlagen

Die Bewertung der sonstigen Mitarbeit erfolgt kriteriengeleitet und systematisch auf Grundlage von Unterrichtsbeobachtungen. Ergänzend können kurze schriftliche Lernkontrollen eingesetzt werden. Entscheidend sind Qualität, Quantität und Kontinuität der Beiträge. Die Kompetenzentwicklung wird sowohl im Prozess (kontinuierliche Beobachtung) als auch punktuell (z. B. durch Überprüfungen oder Präsentationen) erfasst.

Auch Leistungen aus Partner- und Gruppenarbeiten können bewertet werden, sofern der individuelle Beitrag erkennbar ist. Ebenso werden selbstständige und kooperative Arbeitsformen außerhalb des Unterrichts (z. B. Hausaufgaben, Vorträge, Protokolle, Portfolios) berücksichtigt.

Kriterien der Leistungsbeurteilung

Leistungen, die die Erfüllung von Kompetenzerwartungen belegen, werden u. a. anhand folgender Kriterien beurteilt:

- fachliche Richtigkeit, inhaltliche Geschlossenheit und Angemessenheit fachtypischer Darstellungen,
- zielgerichtete Auswahl und Anwendung von Verfahren beim Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten sowie beim Umgang mit Modellen,
- Genauigkeit und Zielorientierung bei der Analyse, Interpretation und Erstellung von Texten, Grafiken oder Diagrammen.

Leistungen im Prozess des Kompetenzerwerbs werden u. a. beurteilt nach:

- Qualität, Kontinuität und Originalität der Beiträge zum Unterricht (z. B. bei Fragestellungen, Argumentationen, Strukturierungen und Bewertungen),

- Vollständigkeit sowie inhaltliche und formale Qualität von Lernprodukten (z. B. Protokolle, Portfolios, Präsentationen, Modelle),
- Lernfortschritten im Rahmen eigenverantwortlichen, aktiven Handelns (z. B. Vorbereitung, Nachbereitung, Referate, Projekte),
- Qualität der individuellen Beiträge zu kooperativen Arbeitsformen.

Übersicht: Beurteilungskriterien – Sonstige Mitarbeit im Unterricht

	Unterrichtsvorbereitung	**Quantität**	**Qualität**	**GA & PA**
sehr gut	- **Wiederholungsfragen** werden stets **richtig** und **vollständig** beantwortet. - **HA** werden immer angefertigt	- permanente **Beteiligung** am Unterrichtsgespräch	- problemlösende & weiterführende Unterrichtsbeiträge (**AFB III** wird regelmäßig erreicht) - ausnahmslos **korrekte** Anwendung der **Fachsprache**	- permanent **aktive** Mitarbeit; Leistungsträge Problemlösen
gut	- **Wiederholungsfragen** werden stets **richtig** und **vollständig** beantwortet. - **HA** werden immer angefertigt	- regelmäßige **Beteiligung** am Unterrichtsgespräch	- im Ansatz problemlösende & weiterführende Unterrichtsbeiträge (**AFB III** wird erreicht) - **Fachsprache** in den meisten Fällen **korrekt** angewendet	- meist **aktive** Mitarbeit; Problemlösen (**AFBIII**) im Ansatz
befriedigend	- **Wiederholungsfragen** werden meist **richtig** und **vollständig** beantwortet. - **HA** werden häufig angefertigt	- vorwiegend konstante **Beteiligung** am Unterrichtsgespräch - auch auf **Aufforderung**	- Anteil der reproduktiven Unterrichtbeiträge überwiegt (**AFB I**); Transfer (**AFB II**) kann jedoch geleistet werden - **Fachsprache** wird **weitestgehend korrekt** angewendet; gelegentliche **Fehler**	- teilweise **aktive** Mitarbeit - Beiträge aus **AFB III** eher selten

ausreichend	- **Wiederholungsfragen** werden meist **richtig** aber fast ausnahmslos **unvollständig** beantwortet. - **HA** werden unregelmäßig angefertigt	- unregelmäßige **Beteiligung** am Unterrichtsgespräch - oft nur nach **Aufforderung**	- fast nur reproduktive Unterrichtsbeiträge (**AFB I**); Transfer (**AFB II**) wird nur ganz selten und in Ausnahmefällen geleistet - **Fachsprache** wird in Ansätzen **korrekt** angewendet; häufig **umgangssprachliche** Formulierungen	- selten **aktive** Mitarbeit - eher **reproduktive** Beiträge
mangelhaft	- **Wiederholungsfragen** werden oft nicht **richtig** und vorwiegend **unvollständig** beantwortet. - **HA** werden sehr selten angefertigt	- seltene **Beteiligung** am Unterrichtsgespräch - meist nur nach **Aufforderung**	- **fehlerhafte** Unterrichtsbeiträge auch bei **AFBI**; - kaum Anwendung der **Fachsprache**; **umgangssprachliche** Formulierungen überwiegen deutlich	- kaum **aktive** Mitarbeit - nur **reproduktive** Beiträge, teilweise **fehlerhaft**
ungenügend	- **Wiederholungsfragen** werden nicht **richtig** und stets **unvollständig** beantwortet. - **HA** werden nicht angefertigt	- keine **Beteiligung** am Unterrichtsgespräch - auch nicht nach **Aufforderung**	- keine bzw. völlig falsche **Unterrichtsbeiträge** - keine Anwendung der **Fachsprache**	- keine Mitarbeit

Beurteilungsbereich: Klausuren

Verbindliche Absprache: Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt. Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel des KLP formuliert sind. Dauer und Anzahl richten sich nach den Angaben der APO-GOSt bzw. der Verwaltungsvorschriften zur APO-GOSt.

Übersicht über Anzahl und Dauer der Klausuren im Fach Physik (Sekundarstufe II, ab Abitur 2024)

Einführungsphase (EF)

- **1. und 2. Halbjahr**: je eine Klausur à **90 Minuten**

Qualifikationsphase 1.1 (Q1.1)

- **Grundkurs (GK)**: zwei Klausuren à **90 Minuten**
- **Leistungskurs (LK)**: zwei Klausuren à **135 Minuten** (3 Aufgaben, ca. 45 Minuten je Aufgabe)

Qualifikationsphase 1.2 (Q1.2)

- **Grundkurs (GK)**: zwei Klausuren à **135 Minuten** (3 Aufgaben, ca. 45 Minuten je Aufgabe)
- **Leistungskurs (LK)**: zwei Klausuren à **180 Minuten** (3 Aufgaben, ca. 60 Minuten je Aufgabe)
- In einem Fach kann die zweite Klausur durch eine **Facharbeit** ersetzt werden.

Qualifikationsphase 2.1 (Q2.1)

- **Grundkurs (GK)**: zwei Klausuren à **180 Minuten** (3 Aufgaben, ca. 60 Minuten je Aufgabe)
- **Leistungskurs (LK)**: zwei Klausuren à **225 Minuten** (3 Aufgaben, ca. 75 Minuten je Aufgabe)

Qualifikationsphase 2.2 (Q2.2) – Vorabiturklausur

- Eine Klausur unter **Abiturbedingungen**:
    - **Grundkurs (GK): 255 Minuten** (3 Aufgaben à ca. 75 Minuten, plus 30 Minuten Auswahlzeit; 4 Aufgaben stehen zur Wahl, 3 sind zu bearbeiten)
    - **Leistungskurs (LK): 300 Minuten** (3 Aufgaben à ca. 90 Minuten, plus 30 Minuten Auswahlzeit; 4 Aufgaben stehen zur Wahl, 3 sind zu bearbeiten)

Leistungsbewertung in Klausuren

- Die Bewertung erfolgt anhand eines **Erwartungshorizonts mit Kriterienraster**, das den korrigierten Klausuren beigefügt wird. Dadurch wird Transparenz für die Schülerinnen und Schüler gewährleistet.
- Die Punktevergabe richtet sich nach dem **Zuordnungsschema des Zentralabiturs**.

- Die Note *ausreichend* wird in der Regel bei etwa **45 % der Hilfspunkte** erreicht.
- Gemäß **APO-GOSt** kann eine Abwertung erfolgen, wenn häufige Verstöße gegen die Sprachrichtigkeit vorliegen.

Anforderungsbereiche in Klausuren

Die Aufgabenstellungen orientieren sich an den drei Anforderungsbereichen des Zentralabiturs. Die Gewichtung erfolgt gemäß Kernlehrplan Physik NRW:

- **Anforderungsbereich I (ca. 30 %) – Reproduktion**
  Wiedergabe und Beschreibung physikalischer Fakten und Zusammenhänge; Nachvollziehen einfacher Experimente oder Modellvorstellungen; Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form.
- **Anforderungsbereich II (ca. 50 %) – Reorganisation und Anwendung**
  Anwenden physikalischen Wissens in bekannten Kontexten; Strukturieren von Sachverhalten; Anwenden fachmethodischer Verfahren; Planen und Durchführen von Experimenten; Nutzung physikalischer Modelle.
- **Anforderungsbereich III (ca. 20 %) – Transfer, Verknüpfung und Problemlösung**
  Anwenden und Verknüpfen physikalischer Kenntnisse in neuen Situationen; Auswahl und Kombination von Methoden; eigenständige Bewertung von Sachverhalten auf Grundlage physikalischer Erkenntnisse.

Korrektur- und Beurteilungsgrundsätze im Fach Physik (Sekundarstufe II, NRW)

1. Positivkorrektur & sinnvolle Kommentierung

- Die Korrektur erfolgt grundsätzlich als **Positivkorrektur**: Hervorragende Teilleistungen werden markiert und anerkannt. Sachliche Fehler werden am Rand durch Kommentare präzise vermerkt.

2. Sprachliche Darstellung & formal-mathematische Richtigkeit

- Wichtige Aspekte wie Orthografie, Zeichensetzung, fachsprachliche Präzision und Argumentationsstruktur werden als Teil der **Darstellungsleistung** berücksichtigt — ca. 10 % der Gesamtpunktzahl der Klausur
- Wiederholt auftretende sprachliche Fehler (G = Grammatik, R = Rechtschreibung, Z = Zeichensetzung) werden im Kontext markiert (z. B. mit „s. o.“), sofern sie nicht erneut bewertet werden müssen
- Verstößt ein Schüler oder eine Schülerin häufig gegen sprachliche Richtigkeit, kann die Note gemäß § 13 APO-GOSt um bis zu eine Note (EF) bzw. zwei Notenpunkte (Q-Phase) gesenkt werden

3. Prozessorientierte, mehrfache Bewertung

- Die Bewertung berücksichtigt nicht nur Einzelleistungen, sondern auch Prozessaspekte: Qualität, Häufigkeit und Kontinuität von Beiträgen im Unterricht, eigenständiges Experimentieren, mündliche Beiträge, Lehr-Lernprodukte wie Protokolle, Präsentationen und Modelle

- In der Sekundarstufe II bilden die Noten gleichwertig die Bereiche **„Klausuren“** und **„Sonstige Mitarbeit“** ab; eine reine Durchschnittsbildung ist unzulässig – die individuelle Entwicklung im Halbjahr muss in der Bewertung einfließen.

4. Kompetenzorientierung und Transparenz

- Geleitet durch den Kernlehrplan Physik, sollen alle **Kompetenzbereiche** (Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) angemessen in der Bewertung berücksichtigt werden

- Aufgabenstellungen orientieren sich an unterschiedlichen **Anforderungsniveaus** (Reproduktion, Anwendung, Transfer), und die Bewertung soll transparent und nachvollziehbar sein

- Erwartungshorizonte (Kriterienraster) sind bei der Korrektur zugrunde zu legen und den Schülerinnen und Schülern zugänglich zu machen

5. Erst- und Zweitkorrektur (und ggf. Drittkorrektur)

- Die Korrektur folgt einem offiziellen Verfahren (§ 34 APO-GOSt):

    - Die **Erstkorrigierenden** markieren in **roter** Farbe, die **Zweitkorrigierenden** in **grüner oder brauner** Farbe.

    - Stellt die Zweitkorrektur Fehler anders dar oder gewichtet sie anders, erfolgt eine Kennzeichnung im Text sowie ein Hinweis am Rand Standardsicherung NRW.

    - In Fällen großer Bewertungsdifferenzen wird eine **Drittkorrektur** erforderlich

Korrekturzeichen

Neben der bereits beschriebenen Funktion der Kommentierung sollen Randbemerkungen für die Schülerinnen und Schüler wie auch für fachkundige Leser (z.B. Zweitkorrektoren) Hinweise auf besonders gelungene Teilleistungen geben, um so individuelle Stärken gezielt hervorzuheben. Daneben sind Fehler und Mängel durch die im Folgenden aufgeführten Korrekturzeichen genau zu lokalisieren und präzise zu bezeichnen. Erläuterungen können nach pädagogischem Ermessen der korrigierenden Lehrkraft, einer sachbezogenen Präzisierung dienen und / oder konkrete Verbesserungsvorschläge anbieten (nicht in Prüfungsarbeiten). Insgesamt sind einschlägige Stärken und Schwächen im Gutachten zu würdigen und bei der Notengebung zu berücksichtigen.

Beobachtbare Mängel in der textangemessenen Versprachlichung sind dabei zu unterscheiden von Verstößen gegen sprachliche Richtigkeit. Letztere werden überwiegend durch die Fehlerzeichen G, R, Z erfasst.

Fehler, die sich innerhalb einer Arbeit wiederholen, werden in der Regel mit „s.o.“ (z. B. „R s.o.“) gekennzeichnet und nicht gewertet. Wenn jedoch eine erneute Berücksichtigung für die Bewertung sachlich geboten sein sollte, so wird das Korrekturzeichen wiederholt. Eine Gewichtung von Fehlern nach halben (–), ganzen (|) und Doppelfehlern (+) kann nach pädagogischem Ermessen der Fachlehrkraft vorgenommen werden. Ein Fehlerquotient wird nicht errechnet.

Die nachfolgenden Korrekturzeichen gelten für alle in deutscher Sprache abgefassten Texte in Klausurarbeiten.

Zeichen	Beschreibung
R	Rechtschreibung
Z	Zeichensetzung
G*	Grammatik (wenn nicht weiter spezifiziert, auch Syntax)
W **	Wortschatz

* Zur Spezifizierung von Grammatik- und Syntaxfehlern stehen zudem folgende Korrekturzeichen zur Verfügung:

Zeichen	Beschreibung
T	Tempus
M	Modus
N	Numerus
Sb	Satzbau
St	Wortstellung
Bz	Bezug

** Zur Spezifizierung von Wortschatzfehlern stehen zudem folgende Korrekturzeichen zur Verfügung:

Zeichen	Beschreibung
A	Ausdruck/unpassende Stilebene o.ä.
FS	Fachsprache (fehlend/falsch)

Zeichen für die inhaltliche Korrektur:

Zeichen	Beschreibung
✓	richtig (Ausführung/Lösung/etc.)
f	falsch (Ausführung/Lösung/etc.)
(✓)	folgerichtig (richtige Lösung auf Grundlage einer fehlerhaften Annahme/Zwischenlösung)
≀	ungenau (Ausführung/Lösung/etc.)
[—]	Streichung (überflüssiges Wort/Passage)
⌜ bzw. #	Auslassung
Wdh	Wiederholung, wenn vermeidbar

Fachspezifisch für das Fach Biologie werden folgende Korrekturzeichen ergänzend verwendet:

Zeichen	Beschreibung
Sa	falsche Sachaussage, Material unzureichend ausgeschöpft, falsch zitiert
D	falscher Zusammenhang, falsche Schlussfolgerungen, lückenhafter Begründungszusammenhang, Widerspruch
Fa	falscher Fachausdruck
Bg	falsche, fehlende oder unvollständige Begründung
Th	Fehlender Bezug zum Thema/zur Aufgabenstellung

Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen – Physik Oberstufe

Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Die mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Fächer (Mathematik, Chemie, Informatik, Technik) weisen zahlreiche inhaltliche und methodische Gemeinsamkeiten auf, die über die Sekundarstufe I hinaus in der gymnasialen Oberstufe aufgegriffen und systematisch vertieft werden. Dadurch können fachübergreifende Synergien genutzt, unnötige Redundanzen vermieden und ein nachhaltiger Kompetenzerwerb gesichert werden.

So können etwa Konzepte wie Energie, Wellen, Felder oder Modelle in unterschiedlichen Fächern eingeführt und im Physikunterricht in erweiterten Kontexten aufgegriffen werden. Unterschiede in den Sichtweisen der Fächer werden bewusst herausgearbeitet, um den Eigenwert physikalischer Methoden (z. B. Modellbildung, experimentelle Überprüfung, mathematische Formalisierung) deutlich werden zu lassen.

Digitale Kompetenzen, die bereits in anderen Fächern aufgebaut werden, werden im Physikunterricht durch Simulationsprogramme, Messwerterfassung, digitale Auswertung und Präsentationsformen vertieft.

Eine jährlich stattfindende gemeinsame Konferenz der Kolleginnen und Kollegen der Naturwissenschaften ermöglicht Absprachen zur inhaltlichen und methodischen Zusammenarbeit. Am Tag der offenen Tür präsentieren sich die Fächer Physik, Chemie und Biologie mit einem gemeinsamen Programm. In einer naturwissenschaftlichen

Rallye können Schülerinnen und Schüler einfache Experimente durchführen und so einen Einblick in Arbeitsweisen der Naturwissenschaften gewinnen.

Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

Zur Sicherstellung einer einheitlichen Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 findet vor Beginn des Bearbeitungszeitraums ein fachübergreifender Projekttag statt, ergänzt durch den Besuch einer Universitäts- oder Hochschulbibliothek.

Die schulinterne AG Facharbeit hat Richtlinien für die Erstellung einer Facharbeit erarbeitet, die die Besonderheiten der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise (z. B. experimentelle Versuchsplanung, mathematische Modellierung, Literatur- und Datenrecherche) berücksichtigen. Diese Richtlinien werden den Schülerinnen und Schülern im Rahmen des Projekttages vermittelt und in Kleingruppen praktisch erarbeitet.

Wettbewerbe

Im Rahmen der Begabtenförderung werden Schülerinnen und Schüler gezielt auf Wettbewerbe wie z. B. die **Physikolympiade**, **Jugend forscht**, **Internationale Physikturniere** oder Schülerakademien hingewiesen. Eine schulische Unterstützung bei Anmeldung, Vorbereitung und Durchführung wird durch die Fachschaft Physik organisiert.

Exkursionen

In der gymnasialen Oberstufe sollen nach Möglichkeit fachlich sinnvolle Exkursionen in Absprache mit der Stufenleitung durchgeführt und in den Unterricht integriert werden (Vor- und Nachbereitung). Geeignet sind u. a.:

- Besuch eines **Schülerlabors für Teilchen- oder Quantenphysik** an einer Universität (Q2, LK), MasterClass Physik
- Exkursion ins **Deutsche Museum Bonn oder München** (Physik- und Technikgeschichte)
- Besuch einer **Forschungsanlage** (z. B. Deutsches Elektronen-Synchrotron Hamburg, Forschungszentrum Jülich)
- Teilnahme an Workshops zu erneuerbaren Energien oder Astronomieprojekten (z. B. Sternwartenbesuch)

Qualitätssicherung und Evaluation

Das schulinterne Curriculum Physik ist als „dynamisches Dokument“ konzipiert, das fortlaufend überprüft und angepasst wird. Die Fachkonferenz trägt so aktiv zur Qualitätsentwicklung und -sicherung des Unterrichts bei.

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Kontinuierliche Überprüfung der Wirksamkeit der im Curriculum vereinbarten Maßnahmen.
- Entwicklung, Erprobung und Evaluation gemeinsamer Unterrichtsmaterialien, die anschließend überarbeitet und ggf. differenziert werden.
- Einsatz von Diagnoseinstrumenten zur Erfassung des Kompetenzerwerbs gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern.
- Teilnahme der Fachkolleginnen und -kollegen an Fortbildungen (fachwissenschaftlich, fachdidaktisch, methodisch), mit Weitergabe relevanter Inhalte in der Fachgruppe.
- Nutzung von **Schülerfeedback** (z. B. über SEFU), um die Qualität des Physikunterrichts zu evaluieren und weiterzuentwickeln.

Evaluation

Die Evaluation des schulinternen Lehrplans Physik erfolgt jährlich.

- In den Fachkonferenzen zu Schuljahresbeginn werden Erfahrungen aus dem Vorjahr ausgewertet, Konsequenzen gezogen und ggf. Änderungen beschlossen.
- Jahrgangsstufenteams arbeiten Änderungsvorschläge in die Unterrichtsvorhaben ein (z. B. Anpassung von Materialien, Kontexte, Zeitkontingente).
- Ergebnisse werden durch die Fachvorsitzenden an die Schulleitung und die Fortbildungskoordination zurückgemeldet.
- Aus den Evaluationsergebnissen werden Tagesordnungspunkte und Beschlussvorlagen für die Fachkonferenz abgeleitet.

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 von Schülerinnen und Schülern, 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.

Übersicht der Unterrichtsvorhaben - Tabellarische Übersicht (SiLp)

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (ca. 80 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	**Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte**	**Konkretisierte Kompetenzerwartungen** **Schülerinnen und Schüler…**
<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?*	**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

ca. 15 Ustd.		(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),
Unterrichtsvorhaben III **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)
Unterrichtsvorhaben IV **Bewegungen im Weltraum** *Wie bewegen sich die Planeten im Sonnensystem?*	**Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder** • Kreisbewegung: gleichförmige	• 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

Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobachtungen Gesetze ableiten? ca. 20 Ustd.	Kreisbewegung, Zentripetalkraft • Gravitation: Schwerkraft, Newton´sches Gravitationsgesetz, Kepler´sche Gesetze, Gravitationsfeld • Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation	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)

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Grundkurs (ca. 242 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	**Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte**	**Konkretisierte Kompetenzerwartungen** Schülerinnen und Schüler…
<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>	**Quantenobjekte** • Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von	• 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),

Photonen und Elektronen als Quantenobjekte *Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?* ca. 18 Ustd.	Licht, Photoeffekt • Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt • Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung	• 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;	• 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

	elektromagnetische Schwingung	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>	**Strahlung und Materie**	• erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung*

Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung *Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?* ca. 12 Ustd.	• Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische Wirkungen	(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).

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Leistungskurs (ca. 150 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	**Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte**	**Konkretisierte Kompetenzerwartungen** Die Schülerinnen und Schüler ...
<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),

Unterrichtsvorhaben II **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),
Unterrichtsvorhaben III **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)
Unterrichtsvorhaben IV	**Ladungen, Felder und Induktion** • Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke;	• 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,

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.	Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität	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)
Unterrichtsvorhaben VI **Wellen und Interferenzphänomene** *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)
Unterrichtsvorhaben VII	**Quantenphysik** • Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht,	• erklären den Photoeffekt mit der Einstein´schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3). • beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),

Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes *Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?* ca. 30 Ustd.	Photoeffekt, Bremsstrahlung • Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung	• 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**	**Atom- und Kernphysik** • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf,	• 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

Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt? ca. 20 Ustd.	Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung	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?*	**Atom- und Kernphysik** • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau,	• 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).

Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin? ca. 22 Ustd.	Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung	• 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 Möglichkleiten 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)