**Mariengymnasium Warendorf**
**Europaschule**

# Schulinterner Lehrplan
## zum Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe II

# Physik

**(Stand:09.06.2022)**

# Inhalt

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit ....3
2 Entscheidungen zum Unterricht ....4
2. 1 Übersichtsraster der Unterrichtsvorhaben ....4
2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe ....20
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung ....22
2.3.1 Leistungskonzept SEK II ....22
2.3.2 Notendefinitionen im Bereich der sonstigen Mitarbeit ....24
2.3.3 Bewertungsbogen für die PowerPoint-Präsentation ....27
2.3.4 Anforderungen an ein Referat in der Oberstufe ....28
2.4 Lehr- und Lernmittel ....29
3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen ....30
3.1 Wettbewerbe ....30
3.2 Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit ....30
4 Qualitätssicherung und Evaluation ....31
5 Anhang: Progressionstabelle zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen ....32

# 1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

**Das Mariengymnasium Warendorf (MGW)**
Das Mariengymnasium Warendorf, eine Europaschule ohne gebundenen Ganztag und i. d. R. vierzügig. Es liegt im Zentrum von Warendorf, einer Kreisstadt mit etwa 40.000 Einwohnern. In unmittelbarer Nähe des Gymnasiums befindet sich die Stadtbibliothek, so dass eine enge Zusammenarbeit bei bestimmten Unterrichtsvorhaben möglich ist.

**Die Fachgruppe Physik**
Die Fachgruppe Physik umfasst derzeit 6 Lehrkräfte. In der Oberstufe werden Kooperationskurse mit dem Nachbargymnasium, mit dem die Unterrichtsinhalte abgestimmt sind, angeboten Die Fachkonferenz tritt mindestens einmal pro Schulhalbjahr zusammen, um notwendige Absprachen zu treffen. In der Regel nehmen auch zwei Mitglieder der Elternpflegschaft sowie eine gewählte Schülervertretung beratend an den Sitzungen teil.

**Bedingungen des Unterrichts**
Unterricht findet in Einzelstunden (45 Minuten) und Doppelstunden (90 Minuten) statt. Das Mariengymnasium verfügt über zwei Physikräume, in denen experimentiert werden kann.

# 2 Entscheidungen zum Unterricht

## 2. 1 Übersichtsraster der Unterrichtsvorhaben

Die Stundenzahl ist als Richtwert zu betrachten.

| **Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (ca. 80 Stunden)** | | |
|---|---|---|
| **Unterrichtsvorhaben** | **Inhaltsfelder,<br>Inhaltliche Schwerpunkte** | **Konkretisierte Kompetenzerwartungen[1]**<br><br>**Schülerinnen und Schüler…** |
| **<u>Unterrichtsvorhaben I</u>**<br><br>**Physik in Sport und Verkehr I**<br><br>*Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?*<br><br>ca. 25 Ustd. | **Grundlagen der Mechanik**<br>• 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),<br>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7),<br>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),<br>• planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),<br>• interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),<br>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),<br>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7). (MKR 1.2)<br>• beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7), (MKR 1.2, 2.3) |
| **<u>Unterrichtsvorhaben II</u>** | **Grundlagen der Mechanik**<br>• Dynamik: Newton‘sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; | • erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), |

[1] Die Kompetenzerwartungen werden im Anhang näher erläutert.

| | | |
|---|---|---|
| **Physik in Sport und Verkehr II**<br><br>*Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären?*<br><br>ca. 15 Ustd. | Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte | • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen, z. B. Wurf qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),<br>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),<br>• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),<br>• erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).<br>• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),<br>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben III</u>**<br><br>**Superhelden und Crashtests - Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen**<br><br>*Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren?*<br><br>ca. 12 Ustd. | **Grundlagen der Mechanik**<br>• 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),<br>• beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),<br>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),<br>• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),<br>• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),<br>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),<br>• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3)<br>• 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>**<br><br>**Bewegungen im Weltraum**<br><br>*Wie bewegen sich die Planeten im Sonnensystem?* | **Kreisbewegung, Gravitation und physikalische 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),<br>• beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in |

| | | |
|---|---|---|
| *Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobachtungen Gesetze ableiten?*<br><br>ca. 20 Ustd. | • Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft<br>• Gravitation: Schwerkraft, Newton´sches Gravitationsgesetz,<br>Kepler´sche Gesetze, Gravitationsfeld<br>• Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation | Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),<br>• erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton´schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),<br>• erläutern die Bedeutung von Bezugsystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),<br>• interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9),<br>• deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6),<br>• ermitteln mithilfe der Kepler‘schen Gesetze und des Newton’schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben V</u>**<br><br>**Weltbilder in der Physik**<br><br>*Revolutioniert die Physik unsere Sicht auf die Welt?*<br><br>ca. 8 Ustd. | **Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder**<br>• 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),<br>• erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),<br>• erläutern die Bedeutung von Bezugsystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),<br>• 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).<br>• ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).<br>• ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3),<br>• 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,<br>Inhaltliche Schwerpunkte** | **Konkretisierte Kompetenzerwartungen**<br><br>Schülerinnen und Schüler… |
| **<u>Unterrichtsvorhaben I</u>**<br><br>**Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen**<br><br>*Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?*<br><br>ca. 10 Ustd. | **Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern**<br><br>• 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),<br>• erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),<br>• erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),<br>• erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),<br>• konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2)<br>• beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben II</u>**<br><br>**Beugung und Interferenz von Wellen - ein neues Lichtmodell**<br><br>*Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?*<br><br>ca. 18 Ustd. | **Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern**<br><br>• Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens‘sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen | • erläutern mithilfe von experimentellen Beobachtungen an der *Wellenwanne* qualitativ auf der Grundlage des Huygens’schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),<br>• erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),<br>• 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>**<br><br>**Erforschung des Elektrons** | **Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern**<br>• Teilchen in Feldern: elektrische | • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),<br>• beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder |

| | | |
|---|---|---|
| *Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?*<br><br>ca. 26 Ustd. | und magnetische Felder; elektrische Feldstärke, elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern | und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),<br>• erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3),<br>• berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),<br>• 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),<br>• entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),<br>• modellieren mathematisch die Beobachtungen am *Fadenstrahlrohr* und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7),<br>• erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4),<br>• schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des *Millikan-Versuchs* auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8),<br>• wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),<br>• erschließen sich die Funktionsweise des *Zyklotrons* auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1),<br>• beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall, |
| **<u>Unterrichtsvorhaben IV</u>** | **Quantenobjekte**<br>• Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt<br>• Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt | • erläutern anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3),<br>• stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4),<br>• wenden die De-Broglie-Hypothese an, um das Beugungsbild beim *Doppelspaltversuch mit Elektronen* quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9), |

| | | |
|---|---|---|
| **Photonen und Elektronen als Quantenobjekte**<br><br>*Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?*<br><br>ca. 18 Ustd. | • Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung | • erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3),<br>• berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),<br>• erklären an geeigneten Darstellungen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3),<br>• erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg"-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4),<br>• leiten anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6),<br>• untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2),<br>• beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8),<br>• erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),<br>• stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),<br>• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben V</u>**<br><br>**Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren**<br><br>*Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?*<br><br>ca. 18 Ustd. | **Elektrodynamik und Energieübertragung**<br>• Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator<br>• 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),<br>• führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),<br>• beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7),<br>• 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),<br>• erklären am physikalischen *Modellexperiment zu Freileitungen* technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),<br>• interpretieren die mit einem *Oszilloskop* bzw. *Messwerterfassungssystem* aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die |

| | | |
|---|---|---|
| | | experimentellen Parameter (E6, E7, K9),<br>• modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),<br>• erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in *Generatoren* mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),<br>• 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),<br>• beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2),<br>• beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben VI</u>**<br>**Anwendungsbereiche des Kondensators**<br><br>*Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern?*<br><br>*Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?*<br><br>ca. 15 UStd. | **Elektrodynamik und Energieübertragung**<br>• Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator<br>• 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),<br>• erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4),<br>• untersuchen den *Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren* unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6),<br>• modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei *Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren* (E4, E6, S7),<br>• interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im *Q-U*-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8),<br>• beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben VII</u>** | **Strahlung und Materie**<br>• Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Mül- | • erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4),<br>• unterscheiden $\alpha$-, $\beta$-, $\gamma$- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), |

| | | |
|---|---|---|
| **Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung**<br><br>*Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?*<br><br>ca. 12 Ustd. | ler-Zählrohr, biologische Wirkungen | • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),<br>• erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des *Geiger-Müller-Zählrohrs* als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8),<br>• untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei *Absorptionsexperimenten* unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),<br>• begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3),<br>• quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2),<br>• 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>**<br><br>**Erforschung des Mikro- und Makrokosmos**<br><br>*Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?*<br><br>ca. 19 Ustd. | **Strahlung und Materie**<br>• 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),<br>• beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),<br>• interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),<br>• erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4),<br>• interpretieren die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienspektren* bzw. *Spektralanalyse* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),<br>• interpretieren die Messergebnisse des *Franck-Hertz-Versuchs* (E6, E8, K8),<br>• erklären das *charakteristische Röntgenspektrum* mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6),<br>• identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* (E3, E6, K1),<br>• stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben IX</u>** | **Strahlung und Materie** | • erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2), |

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

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

| | | |
|---|---|---|
| **<u>Unterrichtsvorhaben II</u>**<br><br>**Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung**<br><br>*Welche weiterführende Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?*<br><br>ca. 10 Ustd. | **Ladungen, Felder und Induktion**<br>• 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),<br>• stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4),<br>• bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben III</u>**<br><br>**Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten**<br><br>*Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?*<br><br>ca. 25 Ustd. | **Ladungen, Felder und Induktion**<br>• 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),<br>• erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungsstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6),<br>• führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4),<br>• begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3),<br>• identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8).(VB D Z3), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben IV</u>**<br><br>**Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule** | **Ladungen, Felder und Induktion**<br>• Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische | • 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),<br>• geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2), |

| | | |
|---|---|---|
| *Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?*<br><br>ca. 20 Ustd. | Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte<br>• Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität | • prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1),<br>• 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>**<br><br>**Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften**<br><br>*Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?*<br><br>ca. 40 Ustd. | **Schwingende Systeme und Wellen**<br>• Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer<br>• 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),<br>• vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3),<br>• erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1),<br>• leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2),<br>• 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),<br>• beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8),<br>• 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),<br>• untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),<br>• beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),<br>• unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben VI</u>** | **Schwingende Systeme und Wellen**<br>• Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, | • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),<br>• erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips |

| | | |
|---|---|---|
| **Wellen und Interferenzphänomene**<br><br>*Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?*<br><br>*Ist für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig?*<br>*(Gibt es den „Äther“?)*<br><br>ca. 10-15 Ustd. | Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer | Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),<br>• beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),<br>• erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),<br>• erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),<br>• 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),<br>• erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4),<br>• weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),<br>• erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3),<br>• 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>**<br><br>**Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes**<br><br>*Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?*<br><br>ca. 30 Ustd. | **Quantenphysik**<br>• Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung<br>• 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),<br>• beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),<br>• stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8),<br>• 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),<br>• erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3),<br>• berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quanten objekte (S3),<br>• 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),<br>• interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3),<br>• bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck´sche Wirkungsquantum (E6, S6),<br>• interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1),<br>• erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6),<br>• modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4),<br>• beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),<br>• stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),<br>• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben VIII</u>**<br><br>**Struktur der Materie**<br><br>*Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?*<br><br>ca. 20 Ustd. | **Atom- und Kernphysik**<br>• Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung<br>• 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),<br>• erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),<br>• erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),<br>• beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),<br>• erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4),<br>• 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),<br>• 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),<br>• interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),<br>• stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9), |
| **<u>Unterrichtsvorhaben IX</u>**<br><br>**Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung**<br><br>*Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen?*<br><br>*Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?*<br><br>ca. 22 Ustd. | **Atom- und Kernphysik**<br>• Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung<br>• Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung<br>• Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung | • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),<br>• ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),<br>• unterscheiden $\alpha$-, $\beta$-, $\gamma$- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),<br>• erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8),<br>• erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3),<br>• erläutern qualitativ an der $\beta^-$-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),<br>• leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9),<br>• wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6),<br>• konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5),<br>• quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2),<br>• 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>**<br><br>**Massendefekt und Kernumwandlung** | **Atom- und Kernphysik**<br>• Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, | • beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1),<br>• beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den |

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

Hinweis: In vielen Bereichen sind i. d. R. keine bzw. nur in Ausnahmefällen Realexperimente für Schulen möglich. Es sollte daher insbesondere die Möglichkeit genutzt werden, auf geeignete Internetmaterialien zurückzugreifen. Nachfolgend sind einige Internetquellen aufgelistet (Letzter Aufruf Jan 2023):

- Einführung in Teilchenphysik (DESY):
  - https://www.desy.de/forschung/teilchenphysik/index_ger.html
- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer:
  - Home | CERN
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
  - https://teacher-programmes.web.cern.ch/german-teacher-programme
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
  - International Masterclasses - hands on particle physics (physicsmasterclasses.org)
  - Start - Teilchenwelt
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
  - https://www.solstice.de

## 2.2 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. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 26 sind fachspezifisch angelegt.

**Überfachliche Grundsätze:**

1.) Geeignete Problemstellungen sind Ausgangspunkt der Erarbeitungen zur Erreichung der Unterrichtsziele und bestimmen entsprechend auch die Struktur der Lernprozesse.
2.) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts entsprechen dem Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler.
3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
4.) Medien und Arbeitsmittel sind schülerorientiert gewählt.
5.) Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
6.) Der Unterricht fördert und fordert eine aktive Teilnahme der Lernenden.
7.) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
8.) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schülerinnen und Schüler.
9.) Die Lernenden erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
10.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeit sowie Arbeit in kooperativen Lernformen.
11.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Arbeit im Plenum.
12.) Die Lernumgebung ist vorbereitet; der Ordnungsrahmen wird eingehalten.
13.) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
14.) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.

***Fachliche Grundsätze:***

15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und Kontexten ausgerichtet.
16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
17.) Der Physikunterricht unterstützt durch seine experimentelle Ausrichtung Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern.
18.) Der Physikunterricht knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an.
19.) Der Physikunterricht stärkt über entsprechende Arbeitsformen kommunikative Kompetenzen.

20.) Der Physikunterricht bietet nach experimentellen oder deduktiven Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Reflexion, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung bewusst gemacht wird.
21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.
22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zur selbstständigen Aufarbeitung von Unterrichtsinhalten.
26.) Im Physikunterricht werden im Abiturjahrgang 2025 ein GTR, danach Taschenrechner benutzt. Zur Messwerterfassung, zum wissenschaftlichen Arbeiten oder zur Recherche stehen Computer bzw. iPads mit entsprechenden Apps zur Verfügung

## 2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

### *2.3.1 Leistungskonzept SEK II*

| | |
|---|---|
| **Allgemeine Absprachen/ Vereinbarungen** (etwa in Bezug auf Aufgabenformate, Analysemethoden,Korrekturverfahren, Feedback) | • Aufgabenformate angelehnt an Abiturvorgaben<br>• Korrekturverfahren angelehnt an die Korrekturzeichen<br>• Notenstufen entsprechen den Vorgaben des Zentralabiturs<br>• Klausur: Die erwarteten Leistungen werden im Erwartungshorizont ausgewiesen(s. unten)<br>• Sonstige Mitarbeit: Kurzberatung im Rahmen der Bekanntgabe und Begründung der Quartalsnoten (s. unten) |
| Aspekte der Leistungsbewertung der **„Sonstigen Mitarbeit“:**<br>Formen und Kriterien der Bewertung:<br>Besonders für Referate und Gruppenarbeiten (Kriterienkatalog als Kopiervorlage) | • Selbstreflexion bzw. Selbsteinschätzung durch die Schülerinnen und Schüler bei der Bekanntgabe und Begründung der Quartalsnoten<br>• Kriterienkatalog siehe Anlage<br>• Referat: entspricht der Wertung von bis zu 3-5 Unterrichtsstunden je nach Umfang |
| **Beurteilungsbereich**<br>**Klausuren**:<br>Anzahl und Dauer der Klausuren in den einzelnen Jahrgangsstufen<br><br>Kriterien für die Überprüfung und Bewertung der schriftlichen Leistung,<br>Erwartungshorizont + Gutachten | **<u>Einführungsphase EF:</u>**<br>Je Halbjahr 1 Klausur (90 Minuten)<br>**<u>Qualifikationsphase GK:</u>**<br>1. Halbjahr der Q1: 2 Klausuren (90 Minuten)<br>2. Halbjahr der Q1: 2 Klausuren (90 Minuten)<br>1. Halbjahr der Q2: 2 Klausuren (135 Minuten)<br>2. Halbjahr der Q2: 1 Klausur (225 Minuten ab 2025 dann 255 Minuten)<br>Abitur ab 2025: 255 Minuten inkl. Auswahlzeit<br>(Bei Aufgaben mit fachpraktischen Anteilen, kann sich die Gesamtarbeitszeit erhöhen. Der zusätzliche Zeitaufwand wird verbindlich in der Aufgabe ausgewiesen.)<br>**<u>Qualifikationsphase LK:</u>**<br>1. Halbjahr der Q1: 2 Klausuren (135 Minuten)<br>2. Halbjahr der Q1: 2 Klausuren (135 Minuten)<br>1. Halbjahr der Q2: 2 Klausuren (225 Minuten)<br>2. Halbjahr der Q2: 1 Klausur (270 Minuten ab 2025 dann 300 Minuten)<br>Abitur ab 2025: 300 Minuten inkl. Auswahlzeit<br>(Bei Aufgaben mit fachpraktischen Anteilen, kann sich die Gesamtarbeitszeit erhöhen. Der zusätzliche Zeitaufwand wird verbindlich in der Aufgabe ausgewiesen.) |

| | |
|---|---|
| | Innerhalb der Qualifikationsphase sollte möglichst einmal einen experimentellen Bezug in der Klausur enthalten sein. Es sollten möglichst zwei Aufgaben erstellt werden, die etwa gleichgewichtig bezogen auf Umfang und Anspruchsniveau sind. Es gilt die folgende Verteilung auf die Anforderungsbereiche (AFB):<br>AFB I: ca. 30-35 %<br>AFB II: ca. 50 %<br>AFB III: ca. 15-20 %<br><br>Jeder Fachlehrer im Grundkurs informiert seine Schülerinnen und Schüler zu Beginn jedes Halbjahres über die Dokumentation der Bewertung. Es kann sich hierbei um einen Erwartungshorizont oder ein individuelles Gutachten handeln. Im Leistungskurs wird ein Erwartungshorizont erstellt.<br>Sollte es Nachschreiber im GK oder LK geben, kann es klausurbedingt entschieden werden. Der Umgang mit physikalischen-Einheiten geht in die Bewertung der Klausur mit ein. |
| **Beurteilungsbereich Facharbeiten**: | Kriterien für die Bewertung von Facharbeiten liegen vor (siehe Workshop Bewertungsbögen) |

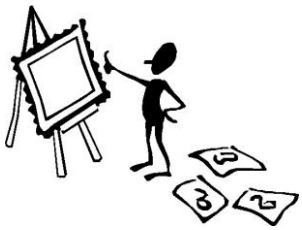
### *2.3.2 Notendefinitionen im Bereich der sonstigen Mitarbeit*

| | ***Beiträge zum Unterrichtsgespräch*** | ***Beiträge in Phasen individueller Arbeit*** | ***Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses*** | ***Verhalten beim Experimentieren*** | ***Produkte wie Dokumentationen, Referate etc.*** | ***Schriftliche Übungen*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Die Schülerin/ Der Schüler…*** | | | | | | |
| **sehr gut** | ist durch seine Beiträge wesentlich am Unterrichtsfortschritt beteiligt verfügt über sehr gute Sachkenntnisse und eine angemessene klare sprachliche | leistet produktive, eigenständige Beiträge in Phasen individueller Arbeit und stellt diese eindeutig dar kann aufgrund der Hausaufgaben Kenntnisse immer so einbringen, dass sie in umfassende Zusammenhänge | leistet eigenständige gedankliche Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses zeigt im Rahmen eines Gruppenprozesses Kommunikation, Kooperation und Einsatzbereitschaft und beteiligt sich dadurch wesentlich an der Lösung der gestellten Aufgaben | zeigt immer korrektes Verhalten beim Einhalten der Vorgaben und der Genauigkeit bei der Durchführung von Experimenten erarbeitet Dokumentationen, die immer vollständig und sachlich richtig sind. | zeigt bei der Erstellung von Produkten bezogen auf die dort genannten Aspekte eine Leistung, die den Anforderungen in besonderem Maße entspricht | Erreicht ca. 85 % und mehr der erwarteten Leistungen in den oben ausgeführten Bereichen |
| **gut** | ist durch seine Beiträge am Unterrichtsfortschritt beteiligt verfügt über gute Sachkenntnisse und eine weitgehend korrekte Fachsprache | leistet erfolgreiche Beiträge in Phasen individueller Arbeit und kann diese darstellen kann aufgrund der Hausaufgaben immer wesentliche Beiträge zum Unterricht leisten | leistet gelungene Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses zeigt im Rahmen eines Gruppenprozesses Kommunikation, Kooperation und Einsatzbereitschaft und beteiligt sich an der Lösung der gestellten Aufgaben | zeigt korrektes Verhalten beim Einhalten der Vorgaben und der Genauigkeit bei der Durchführung von Experimenten erarbeitet Dokumentationen, die vollständig und sachlich richtig sind. | zeigt bei der Erstellung von Produkten eine Leistung, die den Anforderungen voll entspricht | erreicht ca. 70% der erwarteten Leistungen in den oben ausgeführten Bereichen |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **befriedigend** | ist durch seine Beiträge am Unterrichtsfortschritt beteiligt verfügt über Grundlagenkenntnisse und bemüht sich um eine fachsprachliche Darstellung | leistet im Allgemeinen erfolgreiche Beiträge in Phasen individueller Arbeit und bemüht sich um deren Darstellung kann aufgrund der Hausaufgaben meistens etwas zum Unterricht beitragen | leistet im Allgemeinen gelungene Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses zeigt im Rahmen eines Gruppenprozesses Kommunikation, Kooperation und Einsatzbereitschaft und beteiligt sich dadurch im Allgemeinen an der Lösung der gestellten Aufgaben | zeigt im Allgemeinen korrektes Verhalten beim Einhalten der Vorgaben und der Genauigkeit bei der Durchführung von Experimenten erarbeitet Dokumentationen, die im Allgemeinen vollständig und sachlich richtig sind. | zeigt bei der Erstellung von Produkten eine Leistung, die den Anforderungen im Allgemeinen entspricht | erreicht ca. 55 % der erwarteten Leistungen in den oben ausgeführten Bereichen |
| **ausreichend** | ist durch seine Beiträge wenig am Unterrichtsfortschritt beteiligt beschränkt sich bei Äußerungen auf die Reproduktion einfacher Fakten und Zusammenhänge benutzt die Fachsprache wenig | leistet wenige Beiträge in Phasen individueller Arbeit und hat Schwierigkeiten bei deren Darstellung kann aufgrund der Hausaufgaben gelegentlich etwas zum Unterricht beitragen | leistet wenig gelungene Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses zeigt im Rahmen eines Gruppenprozesses kaum Kommunikation, Kooperation und Einsatzbereitschaft und beteiligt sich wenig an der Lösung der gestellten Aufgaben | zeigt Mängel beim Einhalten der Vorgaben und der Genauigkeit bei der Durchführung von Experimenten erarbeitet Dokumentationen, die Mängel aufweisen und nur einfache Fakten und Zusammenhänge darstellen | zeigt bei der Erstellung von Produkten eine Leistung, die den Anforderungen im Ganzen entspricht, aber Mängel aufweist | Erreicht ca. 40% der erwarteten Leistungen in den oben ausgeführten Bereichen |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **mangelhaft** | ist durch seine Beiträge nicht am Unterrichts-fortschritt beteiligt zeigt erhebliche Mängel in den Grundlagenkenntnissen und benutzt kaum die Fachsprache | leistet keine Beiträge in Phasen individueller Arbeit hat Hausaufgaben nur selten oder aber so unvollständig gemacht, dass dadurch kaum etwas zum Unterricht beigetragen werden kann | leistet sehr selten Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses zeigt im Rahmen eines Gruppenprozesses sehr selten Kommunikation, Kooperation und Einsatzbereitschaft und beteiligt sich nicht an der Lösung der gestellten Aufgaben | zeigt erhebliche Mängel beim Einhalten der Vorgaben und der Genauigkeit bei der Durchführung von Experimenten erarbeitet Dokumentationen, die erhebliche Mängel aufweisen | zeigt bei der Erstellung von Produkten eine Leistung, die den Anforderungen nicht entspricht, aber Grundkenntnisse zeigt | Erreicht mehr als ca. 20 % der erwarteten Leistungen in den oben ausgeführten Bereichen |
| **ungenügend** | ist durch seine Beiträge gar nicht am Unterrichtsfortschritt beteiligt zeigt erhebliche Mängel in den Grundlagenkenntnissen und verwendet die Fachsprache nicht zeigt keine freiwillige Mitarbeit | leistet keine Beiträge in Phasen individueller Arbeit macht die Hausaufgaben nicht, so dass auch nichts zum Unterricht beigetragen werden kann | leistet keine Beiträge im Rahmen eines Gruppenprozesses zeigt im Rahmen eines Gruppenprozesses keine Kommunikation, Kooperation und Einsatzbereitschaft und beteiligt sich nicht an der Lösung der gestellten Aufgaben | zeigt selten korrektes Verhalten beim Einhalten der Vorgaben und der Genauigkeit bei der Durchführung von Experimenten erarbeitet keine Dokumentationen | zeigt bei der Erstellung von Produkten eine Leistung, die den Anforderungen nicht entspricht und nur sehr geringe Grundkenntnisse zeigt | Erreicht weniger als ca. 20% der erwarteten Leistungen in den oben ausgeführten Bereichen |

### *2.3.3 Bewertungsbogen für die PowerPoint-Präsentation*



zum Thema:

_____

von:

_____

| **PowerPoint-Präsentation** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Informationsgehalt**<br>• Reduktion der Informationen auf das Wesentliche<br>• Verständlichkeit<br>• Sinnvoller Einsatz von Bildern, Zeichnungen usw.<br>• Sprachliche Richtigkeit | | | | | | |
| **Gestaltung**<br>• Klare Struktur<br>• Passender Einsatz von Farben und Unterstreichungen<br>• Lesbarkeit (geeignete Schriftgröße von Überschriften usw.)<br>• Einfallsreiche und individuelle Gestaltung | | | | | | |
| **Gesamtnote Power Point Präsentation** | | | | | | |
| **Vortrag** | | | | | | |
| • Nachvollziehbare Gliederung<br>• Freier Vortrag mit Blickkontakt und Gestik<br>• Deutliche und laute Aussprache<br>• Sinnvolle Dauer der Präsentation einer Seite | | | | | | |

**Präsentation: Vortrag = 1 : 1** **Gesamtnote** **-->**

_____

### *2.3.4 Anforderungen an ein Referat in der Oberstufe*

1. Inhalt und Quellen:
    a. Umfangreicher Informationsgehalt (etwa 10 Minuten langer Vortrag)
    b. Korrekte und verständliche Erklärung
    c. Fähigkeit zum Antworten auf Zuhörer-Fragen (d.h. Überblick über die vorgestellten Informationen hinaus)
    d. mind. 3 Quellen

2. Aufbau:
    a. logische Reihenfolge (klarer Anfang/ Ende)
    b. Strukturierung des Vortrags + Deutlichmachen der Struktur
3. Vortrag
    a. Sprache verständlich und angemessen (Fachsprache)
    b. Freier Vortrag (mit Karteikarten o.ä.)
    c. Falls möglich: Einbezug der Zuhörer
    d. Auftreten (Körpersprache, Haltung…)
    e. Sinnvoller Medieneinsatz: irgendeine Form der Visualisierung (zielgerichtet, übersichtlich, lesbar, nicht zu viel und nicht zu wenig)
4. Handout (max. 1 Din A4-Seite):
    a. Muss in geeigneter Form beim Halten des Referates vorliegen
    b. Strukturierte Zusammenfassung der wesentlichen! Informationen, ggf. Abbildung
    c. Angabe der Quellen, des eigenen Namens sowie des Datums des Referates

## 2.4 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist derzeit das Lehrwerk *Dorn-Bader* vom Schroedel Verlag eingeführt.

In der Sekundarstufe I wird der in der Jahrgangsstufe 7 eingeführte Taschenrechner fx-991DEX20 von CASIO genutzt. Bis 2025 darf in der Sekundarstufe II noch der grafikfähige Taschenrechner fx-CG 20 von CASIO eingesetzt werden. Zudem werden Videoanalyseprogramme wie VIMPS verwendet, um Bewegungen zu analysieren.

# 3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

## 3.1 Wettbewerbe

Die Teilnahme an den Wettbewerben wie Jugend forscht oder der internationalen Physikolympiade wird den Schülerinnen und Schülern ermöglicht und die Teilnahme gefördert.

## 3.2 Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

Informationen zur Erstellung und Bewertung einer Facharbeit werden in einer zentralen Veranstaltung vermittelt.
Die Physik hat in Kooperation mit den anderen naturwissenschaftlichen Fächern und Gymnasien einen Bogen zur Bewertung von Facharbeiten erstellt.

Bei der Themenwahl wird verstärkt darauf geachtet, dass die Facharbeit möglichst einen experimentellen Anteil beinhaltet.

# 4 Qualitätssicherung und Evaluation

Das schulinterne Curriculum wird regelmäßig überarbeitet. Fortlaufend werden die Inhalte überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Physik bei.

Während des Schuljahres werden die Erfahrungen in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.

# 5 Anhang: Progressionstabelle zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen

Am Ende der Einführungsphase sollen die Schülerinnen und Schüler (aufbauend auf die Kompetenzentwicklung in der Sekundarstufe I) und am Ende der Qualifikationsphase (aufbauend auf die Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase) über die folgenden übergeordneten Kompetenzerwartungen verfügen:

| **Sachkompetenz** | | |
|---|---|---|
| | Am Ende der Einführungsphase | Am Ende der Qualifikationsphase |
| | Die Schülerinnen und Schüler … | |
| S1 | erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen, | erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf Grundlage eines vernetzen physikalischen Wissens, |
| S2 | beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage, und Vorhersagemöglichkeiten an, | beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage, und Vorhersagemöglichkeiten, |
| S3 | wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus, | wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus, |
| S4 | bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte, | bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte, |
| S5 | beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus, | erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus, |
| S6 | nutzen bekannte Auswerteverfahren für Messergebnisse, | erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an, |
| S7 | wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an. | wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an. |

| **Erkenntnisgewinnung** | | |
|---|---|---|
| | Am Ende der Einführungsphase | Am Ende der Qualifikationsphase |
| | Die Schülerinnen und Schüler … | |
| E1 | identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten, | identifizieren und in unterschiedlichen Kontexten naturwissenschaftlich-technische Probleme und Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten, |
| E2 | stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf, | stellen theoriebegleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf, |

| | | |
|---|---|---|
| E3 | erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen, | beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen, |
| E4 | modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, | modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen, |
| E5 | konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle, | konzipieren geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle, |
| E6 | untersuchen mithilfe bekannter Modelle und Konzepte die in erhobenen oder recherchierten Daten vorliegenden Strukturen und Beziehungen | erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen |
| E7 | berücksichtigen Messunsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse, | berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses, |
| E8 | untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen, | beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen, |
| E9 | beschreiben an ausgewählten Beispielen die Relevanz von Modellen, Konzepten, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung. | reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung, |
| E10 | | beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte und reflektieren ihre Generalisierbarkeit, |
| E11 | | reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsequenz, Vorläufigkeit). |

| **Kommunikation** | | |
|---|---|---|
| | Am Ende der Einführungsphase | Am Ende der Qualifikationsphase |
| | Die Schülerinnen und Schüler … | |
| K1 | recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus, | recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus, |
| K2 | analysieren verwendete Quellen hinsichtlich ihrer Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt, | prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt, |
| K3 | entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder, | entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder, |

| | | |
|---|---|---|
| K4 | formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt, | formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert, |
| K5 | wählen ziel-, sach-, und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von kurzen Vorträgen und schriftlichen Ausarbeitungen aus, | wählen ziel-, sach-, und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von kurzen Vorträgen und schriftlichen Ausarbeitungen aus, |
| K6 | veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge, | veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge, |
| K7 | präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien, | präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien, |
| K8 | nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen, | nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen, |
| K9 | tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, | tauschen sich mit anderen konstruktiv über Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt, |
| K10 | belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate. | prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate. |

| **Bewertung** | | |
|---|---|---|
| | Am Ende der Einführungsphase | Am Ende der Qualifikationsphase |
| | Die Schülerinnen und Schüler … | |
| B1 | erarbeiten aus verschiedenen Perspektiven eine schlüssige Argumentation, | erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation, |
| B2 | analysieren Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich ihrer Relevanz, | beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz, |
| B3 | entwickeln anhand festgelegter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug, | entwickeln anhand geeigneter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen diese gegeneinander ab, |
| B4 | bilden sich reflektiert ein eigenes Urteil, | bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil, |
| B5 | vollziehen Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen nach, | reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich der |

| | | |
|---|---|---|
| | | Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses, |
| B6 | beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen, | beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein, |
| B7 | identifizieren kurz- und langfristige Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund, | reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund, |
| B8 | identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen. | Reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen. |