

Bildungsplan Studienstufe

Physik

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Alle Rechte vorbehalten.

Referat: Unterrichtsentwicklung mathematisch-naturwissenschaftlich-
technischer Fächer und Aufgabengebiete

Referatsleitung: Dr. Najibulla Karim

Fachreferentin: Dr. Eva-Maria Richter

Redaktion 2022: Timm Fuhrmann
Clemens Krietemeyer
Arne Stührk
Anika Vogel
Gabriele Mai

Hamburg 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Lernen im Fach Physik	4
1.1	Didaktische Grundsätze	5
1.2	Beitrag des Faches zu den Leitperspektiven	7
1.3	Sprachbildung als Querschnittsaufgabe	9
2	Kompetenzen und Inhalte im Fach Physik	9
2.1	Überfachliche Kompetenzen.....	10
2.2	Fachliche Kompetenzen	11
2.3	Inhalte	21

1 Lernen im Fach Physik

Naturwissenschaftliche und technische Entwicklungen spielen mit ihren Fortschritten, aber auch Risiken sowohl für das alltägliche individuelle Leben als auch für gesamtgesellschaftliche und globale Herausforderungen eine zentrale Rolle. Der Umgang mit natürlichen Ressourcen und der Klimawandel sind Beispiele dafür, dass sowohl individuelle als auch gesamtgesellschaftliche Entscheidungen betroffen sind. Naturwissenschaftliche und technische Entwicklungen sind dabei nicht isoliert, sondern stehen in einem wechselseitigen Zusammenhang mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Systemen.

Voraussetzung sowohl für das Verstehen unserer Lebenswelt als auch für die Auseinandersetzung mit gesellschaftlich relevanten naturwissenschaftsbezogenen Themen über die Schulzeit hinaus ist eine naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy). Naturwissenschaftliche Grundbildung ist notwendig, um naturwissenschaftliche Informationen hinsichtlich ihrer Plausibilität einzuschätzen, von nicht wissenschaftlichen Aussagen (oder Fake News) zu differenzieren, fundierte Meinungen auch zu komplexen Problemen zu entwickeln und Entscheidungen zu treffen. Allgemeiner formuliert: Teilhabe an der Gesellschaft erfordert naturwissenschaftliche Grundbildung. Ein Ziel des Physikunterrichts ist es daher, die Schülerinnen und Schüler auf eine selbstgesteuerte lebenslange Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen vorzubereiten. Voraussetzung hierfür sind auch motivationale Orientierungen. Dazu gehören beispielsweise Interesse, Einstellungen und auch die Fähigkeitseinschätzungen in einem Schulfach. Nur wer ein Fach als reizvoll und für sich oder die Gesellschaft als wichtig annimmt und Freude an der Beschäftigung mit Inhalten hat, wird sich langfristig damit auseinandersetzen.

Physikalische Konzepte und deren Anwendungsmöglichkeiten sind kulturelle Errungenschaften, die unsere Umwelt mit geformt haben. Die Offenheit und das Bestreben in der Physik zur ständigen Weiterentwicklung verdeutlichen den Wandel in unserem Denken und tragen sowohl zum Aufbau eines historisch gewachsenen Weltbildes als auch zur Kritikoffenheit gegenüber dem eigenen Handeln bei. Die Physik beschreibt Naturphänomene und liefert Gesetzmäßigkeiten und Erklärungen für diese. Sie tritt in der Sekundarstufe II verstärkt als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft in das Bewusstsein der Schülerinnen und Schüler. Über den Weg des abstrahierenden Beschreibens von Vorgängen in Natur und Technik sowie des physikalischen Modellierens mit steigendem Mathematisierungsgrad können zunehmend tragfähige Vorhersagen getroffen und komplexere Probleme gelöst werden. Der Einsatz moderner Messmethoden ermöglicht es, die Grenzen der menschlichen Wahrnehmung zu überschreiten. Zugleich erkennen die Schülerinnen und Schüler die Veränderlichkeit physikalischen Wissens und die Grenzen der Gültigkeit von Modellen und Theorien, z. B. bei der Betrachtung der klassischen Physik im Vergleich zur Quantenphysik. Der Physikunterricht fördert Neugier für wissenschaftliche Fragen und Herangehensweisen.

Neben einer vertieften Grundbildung im Fach Physik zielt die Sekundarstufe II auch im Sinne einer wissenschaftspropädeutischen Bildung verstärkt darauf ab, Voraussetzungen für erfolgreiche Übergänge in ein Studium oder eine Berufsausbildung zu schaffen. Neben der Anbahnung von Fachkompetenz müssen dafür Einblicke in die vielfältigen Berufsfelder der Naturwissenschaften und der angrenzenden Bereiche wie Technik und Ingenieurwissenschaften geschaffen werden.

1.1 Didaktische Grundsätze

Lernwirksamer naturwissenschaftlicher Unterricht ist durch allgemeingültige Merkmale wie eine optimale Nutzung der zur Verfügung stehenden Lernzeit, ein unterstützendes Lernklima und kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten gekennzeichnet. Kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten regen Schülerinnen und Schüler z. B. an, über relevante und kognitiv herausfordernde Inhalte und Vorgehensweisen nachzudenken, eigene Vorstellungen zu hinterfragen, neue Erkenntnisse in verschiedenen Kontexten anzuwenden und Inhalte zueinander in Beziehung zu setzen. Dabei müssen die unterschiedlichen Voraussetzungen von Schülerinnen und Schülern, etwa hinsichtlich ihres Vorwissens, ihrer Erfahrungen, ihrer Interessen sowie ihrer fach- und bildungssprachlichen Kompetenzen, berücksichtigt werden. Dies erfordert neben der Reflexion des eigenen Unterrichts regelmäßige diagnostische Fragen oder Aufgaben zur Einschätzung der Voraussetzungen und der aktuellen Lernentwicklung, deren Auswertung mit der Umsetzung geeigneter Differenzierungsmaßnahmen einhergehen muss.

Im Folgenden werden einige zentrale fachdidaktische Grundsätze von lernwirksamem Physikunterricht ausgeführt.

Ein kompetenzorientierter Physikunterricht nimmt den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler in den Blick. Er ist somit schüler-, ergebnis- und prozessorientiert, wird weniger von der Fachsystematik strukturiert und fordert die Schülerinnen und Schüler zu selbstständigem Arbeiten auf. Für die Rolle der Lehrerin bzw. des Lehrers ergibt sich dadurch, dass neben Instruktion auch Moderation, Beratung und Organisation von Lernprozessen Bestandteil des Unterrichtshandelns sind.

Kompetenzen werden in einem längeren Prozess erworben. Das Konzept der Lehrkraft sollte folglich auf die Entwicklung von Kompetenzen über einen längeren Zeitraum angelegt sein. Diese bauen sich dann kumulativ bei den Schülerinnen und Schülern auf; nach einiger Zeit können bestimmte Stufen der Kompetenz erreicht sein. Im Zuge ihrer Untersuchung von spezifischen Fragen und Problemen, Begründungen und Argumentationen, Antworten und Positionen erwerben die Schülerinnen und Schüler die physikalische Fachkompetenz, die in die vier Kompetenzbereiche Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz eingeordnet wird (Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz, KMK, 2020). Hinzu kommen Basiskonzepte, die für diesen Prozess eine ergänzende Rolle spielen. Sie unterstützen die Schülerinnen und Schüler dabei, neue Inhalte einzuordnen und zu erschließen sowie mit bereits bekannten Inhalten vertikal oder horizontal zu vernetzen. Ein zunehmend tiefergehendes und differenziertes Verständnis der Basiskonzepte entwickelt sich kumulativ über den Fachunterricht der Sekundarstufe I bis zum Abitur. In den Bildungsstandards werden vier Bereiche von Basiskonzepten formuliert (KMK, 2020): (1) Erhaltung und Gleichgewicht, (2) Superposition und Komponenten, (3) Mathematisieren und Vorhersagen, (4) Zufall und Determiniertheit.

Die Auseinandersetzung mit der Physik im Unterricht muss für Schülerinnen und Schüler sinnstiftend sein. Dies erfordert einen problem- und kontextorientierten Unterricht. Der Physikunterricht bezieht die vielfältigen Lebens- und Erfahrungswelten der Schülerinnen und Schüler in die Auswahl und die Gestaltung des Unterrichts ein. Ein solcher schülerorientierter Unterricht fördert die Selbstständigkeit, indem er Probleme, die verschiedene Lösungswege eröffnen, anbietet. Das Methodenrepertoire der Physik wird zielbezogen zum Lösen dieser Probleme eingesetzt. Die Schülerinnen und Schüler erhalten immer wieder Gelegenheit, komplexe Zusammenhänge mündlich und schriftlich in unterschiedlichen Darstellungsformen wiederzugeben. Dabei wird bei der Begriffsbildung auf angemessene Formen der Mathematisierung geachtet.

Auch im Physikunterricht wird die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler gefördert, Informationsgehalt, Intention und Argumentationsstruktur anspruchsvoller Texte zu erschließen und sie zeitökonomisch zu bearbeiten. Die Lehrerinnen und Lehrer unterstützen die Schülerinnen und Schüler durch gezielte Rückmeldungen darin, wichtige Arbeitsergebnisse zu überarbeiten. Der Physikunterricht fördert die Fähigkeit zum Einsatz formalsprachlicher Mittel und mathematischer Modellierungen der fachlichen Inhalte und Theorien sowie deren Kommunikation auch in den außerschulischen Bereichen.

Im Unterricht unterstützen digitale Medien den eigenen Lernprozess und erweitern das Repertoire im Hinblick auf neue Möglichkeiten. Die Schülerinnen und Schüler besitzen mittlerweile oftmals Endgeräte (Tablets, Smartphones, Laptops etc.), die neben Kommunikationsfunktionen auch Sensorik ansteuern und vielfältige Applikationen bereitstellen können, die die eigenen Endgeräte für den Physikunterricht einsatzfähig machen, wenn sie bspw. über die entsprechende Applikation Sensoren von Messwerterfassungssystemen auslesen. Ferner spielen Lernplattformen eine immer größere Rolle, die es ermöglichen, die verschiedensten Inhaltsformate (u. a. Simulationen, Bildschirmexperimente, Videos, interaktive Inhalte) für den Lehr- und Lernprozess neuartig zu strukturieren. Die Schüler, die nicht über eine entsprechend gute technische Ausstattung verfügen, werden aus dem Bestand der Schule für die entsprechenden Unterrichtsstunden mit Tablets oder Laptops ausgestattet; dazu wurden die Schulen über den Digitalpakt mit Geräten ausgestattet.

Neben den notwendigen Lehrgangs- und Trainingsphasen wählen Lehrerinnen und Lehrer solche Arbeits- und Sozialformen, die den Schülerinnen und Schülern eigene Entscheidungsspielräume und Verantwortung einräumen und sie darin unterstützen, sich in selbst regulierten Lernprozessen mit dem Lerngegenstand sowie den eigenen Lernstrategien aktiv und reflektierend auseinanderzusetzen. Gerade das eigenständige Erarbeiten von Inhalten in einem arbeitsteiligen Unterricht bietet in diesem Sinne vielfältige Lernchancen. Für den Erwerb zahlreicher Kompetenzen bedarf es für die Schülerinnen und Schüler der selbstständigen, häufig fehlerbehafteten, Auseinandersetzung mit den Gegenständen und den Problemen. Fehler, etwa bei der Hypothesenbildung, bei der Durchführung und der Auswertung von Experimenten, beim Argumentieren oder bei fachsprachlich nicht korrekten Ausdrucksweisen, gehören zum Lernprozess. Die Schülerinnen und Schüler sollen Gelegenheit erhalten, ihre Fehler zunehmend selbst zu erkennen und zu korrigieren. Typische Fehler sollten in einer zusammenfassenden Rückschau auf angemessenem Abstraktionsniveau aufgegriffen und thematisiert werden. Kooperatives Arbeiten, angefangen von der Arbeitsplanung bis hin zur Präsentation der gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse, versetzt die Schülerinnen und Schüler in die Lage, eigene Vorstellungen und Ideen zu Problemlösungen selbst einzubringen, in der Diskussion mit anderen zu überprüfen, zu bewerten und zu modifizieren.

Der Physikunterricht fördert in individualisierten Lernphasen die Arbeit an selbst entwickelten Forschungsfragen, die unterschiedliche Zugriffe, Lösungen und Gestaltungsmittel erlauben. Dazu gehören insbesondere selbstständig geplante und durchgeführte Experimente, Recherchen, Dokumentationen, Präsentationen sowie eigene Experimentalvorträge. Der Besuch außerschulischer Lernorte kann dabei neue Impulse bieten. Ferner werden die Schülerinnen und Schüler zur Teilnahme an Wettbewerben ermutigt.

Die Diskrepanz zwischen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu Phänomenen und Fragestellungen aus dem Alltag und wissenschaftlichen Konzepten kann oftmals als Hürde im Lernprozess betrachtet werden. Auf der einen Seite gibt es einen intuitiven und legitimen Zugang aus dem Alltag, der sich im alltagssprachlichen Zugang zu den Phänomenen zeigt, auf der anderen Seite einen abstrakten und zunächst fremden Zugang durch die Fachwissenschaft mit ihrer Fachsprache. Für einen gelingenden Physikunterricht ist es wichtig, die Ebene

der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen und sprachlich zwischen den verschiedenen sprachlichen Registern situationsgerecht wechseln zu können.

1.2 Beitrag des Faches zu den Leitperspektiven

Wertebildung/Werteorientierung (W)

Im Physikunterricht lassen sich vielfältige Bezüge zur Leitperspektive Wertebildung/Werteorientierung herstellen. Der Wert des naturwissenschaftlichen Arbeitens mit seinen zukunftsweisenden Erkenntnissen für unsere moderne Gesellschaft wird von den Schülerinnen und Schülern in den Blick genommen. Die Schüler und Schülerinnen müssen vor dem Hintergrund von Werten und Normen die Relevanz naturwissenschaftlicher Entdeckungen und technische Entwicklungen für die Zukunft erkennen und ein Verständnis für die langfristigen Folgen eigener, politischer und gesellschaftlicher Entscheidungen entwickeln.

Das Arbeiten in Forschungsgruppen der Physik erfolgt im Rahmen einer international kooperierenden Gemeinschaft. Im Physikunterricht erhalten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, ihre personalen Kompetenzen und damit ihre Teamfähigkeit auszubauen. Das gemeinsame Lösen experimenteller und theoretischer Probleme bietet hierfür einen Rahmen und ermöglicht die Arbeit an der eigenen Haltung zu Selbstdisziplin und Anstrengungsbereitschaft. Zudem bietet der Physikunterricht die Gelegenheit, geschlechterbezogene Stereotypisierungen bezüglich der Sichtweise auf das Fach Physik aufzulösen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Der Physikunterricht stellt direkte Bezüge zu einem globalen Denken und einem nachhaltigen Handeln im Sinne der Agenda 2030 her. Einzelne Herausforderungen und Themenfelder, die in den Zielen für eine nachhaltige Entwicklung beschrieben werden, sind konkrete Lerngegenstände im Fach Physik. „Maßnahmen zum Klimaschutz“ sowie „bezahlbare und saubere Energie“ sind zwei Ziele, die dabei besonders im Fokus stehen. Der Physikunterricht kann zum Verständnis weiterer Nachhaltigkeitsziele (z. B. sauberes Wasser) beitragen, deren Umsetzung auf technologischen Grundlagen aufbaut. Er thematisiert globale Herausforderungen sowie Lösungsansätze und fördert die Bereitschaft zur aktiven Teilhabe am gesellschaftlichen Wandel. Den Schülerinnen und Schülern wird Gelegenheit gegeben, Themen mehrperspektivisch und kontrovers zu betrachten. So müssen nicht nur fachliche, sondern ebenso gesellschaftliche, ökonomische und politische Aspekte in die Auseinandersetzung miteinbezogen werden – und es muss vor allem auch unser individuelles Handeln reflektiert werden. Diese Themen können nicht lediglich fachinhaltlich erarbeitet werden, vielmehr müssen die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Allerdings geht es nicht nur um das Bewusstsein um die weitreichenden Probleme, sondern auch um deren Lösungen. Im Bereich der Technik und der Ingenieurwissenschaften werden schon heute und ebenso in Zukunft Lösungsbeiträge für die mit dem Klimawandel zusammenhängenden großen Probleme erarbeitet. Diese mit den Schülern in den Blick zu nehmen, ist ebenso eine Aufgabe des Physikunterrichts.

Leben und Lernen in einer digital geprägten Welt (D)

Der Erwerb physikalischer Fachkompetenz bietet vielfältige Möglichkeiten, Schülerinnen und Schüler auf ein Leben in einer digital geprägten Welt vorzubereiten. So ist der Einsatz von digitalen Werkzeugen, Programmen und unterschiedlich komplexer Software heute in nahezu allen Berufen, im Handwerk so wie in akademischen Berufen, unabdingbar geworden. Das Erlernen von Flexibilität im Umgang mit und die Anpassungsfähigkeit an immer neue digitale

Anwendungen müssen als grundsätzliche Fähigkeit erlernt werden. Dazu bietet sich der Physikunterricht aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten besonders an. Der Einsatz digitaler Technologien zur Erkenntnisgewinnung sowie Medien zur Recherche und kritischen Bewertung von Informationen sind bereits ein etablierter Bestandteil des Physikunterrichts. Mit dem digitalen Wandel kommen neue Anforderungen und Wege der Kooperation sowie der Gestaltung von Lernergebnissen hinzu. Der Physikunterricht integriert dafür Wege für einen Kompetenzerwerb, wie ihn die Kultusministerkonferenz mit der Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2016) darstellt.

Im Folgenden wird anhand von Beispielen ausgeführt, wie der Physikunterricht zu einzelnen Bereichen des Kompetenzspektrums einen Beitrag leisten kann.

- **Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren**

Im Physikunterricht können vielfältige Anlässe geschaffen werden, in denen Schülerinnen und Schüler Informationen zu Fachthemen suchen, analysieren und bewerten müssen. Es geht in diesem Kompetenzbereich nicht nur um das effiziente Nutzen von Suchmaschinen im Verbund geschickter Suchstrategien, sondern auch um die Sammlung geeigneter Quellen, die immer wieder direkt genutzt werden können. Das können etablierte Lernplattformen oder Internetauftritte von Forschungseinrichtungen sein.

- **Kommunizieren und Kooperieren**

Im Physikunterricht können Schülerinnen und Schüler gemeinsam an digital gestützten Projekten arbeiten und Dateien austauschen bzw. Dokumente oder Messwerte kollaborativ bearbeiten sowie Kommunikationswerkzeuge, z. B. Wikis, Blogs und Foren, nutzen lernen, die ein Teil von Lernplattformen sind.

- **Produzieren und Präsentieren**

Im Physikunterricht können Schülerinnen und Schüler Messwerte über die Sensorik der eigenen Endgeräte (BYOD) oder über komplexere Messwerterfassungssysteme erheben und auswerten sowie über vielfältige Kommunikationswerkzeuge präsentieren. Ferner können Protokolle digital geführt und auf unterschiedliche Art und Weise verfügbar gemacht werden. Das Erstellen von Wikis und Blogs im Kontext größerer Projekte (z. B. der Teilnahme an einem Wettbewerb) ist im Sinne des Schlagworts „Web 2.0“ ebenfalls möglich.

- **Problemlösen und Handeln**

Neben der Verwendung eigenständig erhobener digitaler Messdaten oder recherchierter Informationen für fachspezifische Problemlöseprozesse können digitale Medien im Physikunterricht genutzt werden, um individuelle Lernprozesse zu steuern und zu unterstützen, z. B. durch das Annähern an abstrakte physikalische Prozesse, Modelle und Theorien mithilfe von Animationen und Simulationen.

- **Analysieren und Reflektieren**

In Anbetracht der zunehmenden Fülle an Informationen, die über das Internet verfügbar sind, wird die Kompetenz, relevante Informationen zu identifizieren und Informationen und deren Quellen zu beurteilen, zunehmend wichtiger. Im Physikunterricht müssen Internetquellen hinsichtlich ihrer Relevanz, ihrer Verständlichkeit und ihrer Glaubwürdigkeit analysiert sowie bewertet werden. Nicht nur Quellen, die als Nachschlagewerk für die physikalischen Inhalte gelten, sind zu prüfen, sondern dies gilt auch für die Analyse von Internetquellen, die bspw. den Klimawandel und erneuerbare Energien thematisieren. Angesichts der zunehmenden Bedeutung von Fake News wird diese Kompetenz zum Teil als Facette naturwissenschaftlicher Grundbildung angeführt.

1.3 Sprachbildung als Querschnittsaufgabe

Für die Umsetzung der Querschnittsaufgabe Sprachbildung im Rahmen des Fachunterrichts sind die im allgemeinen Teil des Bildungsplans niedergelegten Grundsätze relevant. Die Darstellung und Erläuterung fachbezogener sprachlicher Kompetenzen erfolgt in der Kompetenzmatrix Sprachbildung. Innerhalb der Kerncurricula werden die zentralen sprachlichen Kompetenzen durch Verweise einzelnen Themen- bzw. Inhaltsbereichen zugeordnet, um die Planung eines sprachsensiblen Fachunterrichts zu unterstützen.

2 Kompetenzen und Inhalte im Fach Physik

2.1 Überfachliche Kompetenzen

Überfachliche Kompetenzen bilden die Grundlage für erfolgreiche Lernentwicklungen und den Erwerb fachlicher Kompetenzen. Sie sind fächerübergreifend relevant und bei der Bewältigung unterschiedlicher Anforderungen und Probleme von zentraler Bedeutung. Die Vermittlung überfachlicher Kompetenzen ist somit die gemeinsame Aufgabe und gemeinsames Ziel aller Unterrichtsfächer sowie des gesamten Schullebens. Die überfachlichen Kompetenzen lassen sich vier Bereichen zuordnen:

- **Personale Kompetenzen** umfassen Einstellungen und Haltungen sich selbst gegenüber. Die Schülerinnen und Schüler sollen Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und die Wirksamkeit des eigenen Handelns entwickeln. Sie sollen lernen, die eigenen Fähigkeiten realistisch einzuschätzen, ihr Verhalten zu reflektieren und mit Kritik angemessen umzugehen. Ebenso sollen sie lernen, eigene Meinungen zu vertreten und Entscheidungen zu treffen.
- **Motivationale Einstellungen** beschreiben die Fähigkeit und Bereitschaft, sich für Dinge einzusetzen und zu engagieren. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, Initiative zu zeigen und ausdauernd und konzentriert zu arbeiten. Dabei sollen sie Interessen entwickeln und die Erfahrung machen, dass sich Ziele durch Anstrengung erreichen lassen.
- **Lernmethodische Kompetenzen** bilden die Grundlage für einen bewussten Erwerb von Wissen und Kompetenzen und damit für ein zielgerichtetes, selbstgesteuertes Lernen. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, Lernstrategien effektiv einzusetzen und Medien sinnvoll zu nutzen. Sie sollen die Fähigkeit entwickeln, unterschiedliche Arten von Problemen in angemessener Weise zu lösen.
- **Soziale Kompetenzen** sind erforderlich, um mit anderen Menschen angemessen umgehen und zusammenarbeiten zu können. Dazu zählen die Fähigkeiten, erfolgreich zu kooperieren, sich in Konflikten konstruktiv zu verhalten sowie Toleranz, Empathie und Respekt gegenüber anderen zu zeigen.

Die in der nachfolgenden Tabelle genannten überfachlichen Kompetenzen sind jahrgangsübergreifend zu verstehen, d. h., sie werden anders als die fachlichen Kompetenzen in den Rahmenplänen nicht für unterschiedliche Jahrgangsstufen differenziert ausgewiesen. Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den beschriebenen Bereichen wird von den Lehrkräften kontinuierlich begleitet und gefördert. Die überfachlichen Kompetenzen sind bei der Erarbeitung des schulinternen Curriculums zu berücksichtigen.

Selbstkompetenzen (Selbstkonzept und Motivation)	Sozial-kommunikative Kompetenzen	Lernmethodische Kompetenzen
Die Schülerin bzw. der Schüler ...		
... hat Zutrauen zu sich und dem eigenen Handeln,	... übernimmt Verantwortung für sich und für andere,	... beschäftigt sich konzentriert mit einer Sache,
... traut sich zu, gestellte/schulische Anforderungen bewältigen zu können,	... arbeitet in Gruppen kooperativ,	... merkt sich Neues und erinnert Gelerntes,
... schätzt eigene Fähigkeiten realistisch ein,	... hält vereinbarte Regeln ein,	... erfasst und stellt Zusammenhänge her,
... entwickelt eine eigene Meinung, trifft Entscheidungen und vertritt diese gegenüber anderen,	... verhält sich in Konflikten angemessen,	... hat kreative Ideen,
... zeigt Eigeninitiative und Engagement,	... beteiligt sich an Gesprächen und geht angemessen auf Gesprächspartner ein,	... arbeitet und lernt selbstständig und gründlich,
... zeigt Neugier und Interesse, Neues zu lernen,	... versetzt sich in andere hinein, nimmt Rücksicht, hilft anderen,	... wendet Lernstrategien an, plant und reflektiert Lernprozesse,
... ist beharrlich und ausdauernd,	... geht mit eigenen Gefühlen, Kritik und Misserfolg angemessen um,	... entnimmt Informationen aus Medien, wählt sie kritisch aus,
... ist motiviert, etwas zu schaffen oder zu leisten und zielstrebig.	... geht mit widersprüchlichen Informationen angemessen um und zeigt Toleranz und Respekt gegenüber anderen.	... integriert Informationen und Ergebnisse, bereitet sie auf und stellt sie dar.

2.2 Fachliche Kompetenzen

Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz

Das den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife zugrunde liegende Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz (KMK, 2020) baut auf den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss auf. Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden und im Folgenden gemäß der KMK-Vorgaben genauer erläutert:

- **Sachkompetenz;**
- **Erkenntnisgewinnungskompetenz;**
- **Kommunikationskompetenz;**
- **Bewertungskompetenz.**

Die vier Kompetenzbereiche durchdringen einander und bilden gemeinsam die **Fachkompetenz** im jeweiligen Fach ab. Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Wissen und Können in den jeweiligen Kompetenzbereichen, d. h. von Kenntnissen und Fähigkeiten, und sind nur im Umgang mit Inhalten zu erwerben. Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert.

Die Kompetenzbereiche erfordern jeweils bereichsspezifisches **Fachwissen**. Letzteres besteht somit aus einem breiten Spektrum an Kenntnissen als Grundlage fachlicher Kompetenz. Zu diesem Spektrum gehören naturwissenschaftliche Konzepte, Theorien, Verfahren, Denk-

und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren.

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler bis zum Ende der Sekundarstufe II erwerben sollen. Diese Kompetenzen werden im Unterricht sowohl auf **grundlegendem** als auch auf **erhöhtem Anforderungsniveau** entwickelt.

Der Unterschied in den Anforderungen der beiden **Anforderungsniveaus** liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und des Wissens über deren Verknüpfungen. Zudem unterscheiden sie sich im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Anforderungsbereiche sind kein Bestandteil fachspezifischer Kompetenzbereiche, sondern ein Merkmal von Aufgaben.

Die zunehmende Digitalisierung führt zu gesellschaftlichen Veränderungen, die viele Lebens- und Arbeitsbereiche betreffen. Daraus resultieren veränderte Anforderungen an naturwissenschaftliche Kompetenz. Daher beschreiben die Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern Möglichkeiten, wie die Nutzung digitaler Medien und Werkzeuge Bildungsprozesse in den Naturwissenschaften unterstützen kann. Kompetenzen des fachlichen Umgangs mit digitalen Medien und Werkzeugen sind ebenfalls integraler Bestandteil der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern.

Im Rahmen der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ wurden ebenfalls Kompetenzbereiche und Kompetenzen definiert, die in die nachfolgenden fachlichen Kompetenzen integriert werden, indem sie in Klammern mit ihrer jeweiligen Nummer aus dem KMK-Strategiepapier hinter den jeweiligen fachlichen Kompetenzen aufgeführt werden. Folgende Kompetenzen aus der KMK-Strategie Bildung in der digitalen Welt wurden zugeordnet:

1. Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren

1.1. Suchen und Filtern

- 1.1.1. Arbeits- und Suchinteressen klären und festlegen
- 1.1.2. Suchstrategien nutzen und weiterentwickeln
- 1.1.3. In verschiedenen digitalen Umgebungen suchen
- 1.1.4. Relevante Quellen identifizieren und zusammenführen

1.2. Auswerten und Bewerten

- 1.2.1. Informationen und Daten analysieren, interpretieren und kritisch bewerten
- 1.2.2. Informationsquellen analysieren und kritisch bewerten

1.3. Speichern und Abrufen

- 1.3.2. Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen
- 1.3.3. Informationen und Daten zusammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren

2. Kommunizieren und Kooperieren

2.1. Interagieren

- 2.1.1. Mit Hilfe verschiedener digitaler Kommunikationsmöglichkeiten kommunizieren
- 2.1.2. Digitale Kommunikationsmöglichkeiten zielgerichtet und situationsgerecht auswählen

- 2.2. Teilen
 - 2.2.1. Dateien, Informationen und Links teilen
 - 2.2.2. Referenzierungspraxis beherrschen (Quellenangaben)
- 2.3. Zusammenarbeiten
 - 2.3.1. Digitale Werkzeuge für die Zusammenarbeit bei der Zusammenführung von Informationen, Daten und Ressourcen nutzen
 - 2.3.2. Digitale Werkzeuge bei der gemeinsamen Erarbeitung von Dokumenten nutzen
- 3. Produzieren und Präsentieren**
 - 3.1. Entwickeln und Produzieren
 - 3.1.1. Mehrere technische Bearbeitungswerkzeuge kennen und anwenden
 - 3.1.2. Eine Produktion planen und in verschiedenen Formaten gestalten, präsentieren, veröffentlichen oder teilen
 - 3.2. Weiterverarbeiten und Integrieren
 - 3.2.1. Inhalte in verschiedenen Formaten bearbeiten, zusammenführen, präsentieren und veröffentlichen oder teilen
 - 3.2.2. Informationen, Inhalte und vorhandene digitale Produkte weiterverarbeiten und in bestehendes Wissen integrieren
 - 3.3. Rechtliche Vorgaben beachten
 - 3.3.1. Bedeutung von Urheberrecht und geistigem Eigentum kennen
 - 3.3.2. Urheber- und Nutzungsrechte (Lizenzen) bei eigenen und fremden Werken berücksichtigen
- 5. Problemlösen und Handeln**
 - 5.1. Technische Probleme lösen
 - 5.1.1. Anforderungen an digitale Umgebungen formulieren
 - 5.1.2. Technische Probleme identifizieren
 - 5.1.3. Bedarfe für Lösungen ermitteln und Lösungen finden bzw. Lösungsstrategien entwickeln
 - 5.2. Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen
 - 5.2.1. Eine Vielzahl von digitalen Werkzeugen kennen und kreativ anwenden
 - 5.2.2. Anforderungen an digitale Werkzeuge formulieren
 - 5.2.3. Passende Werkzeuge zur Lösung identifizieren
 - 5.2.4. Digitale Umgebungen und Werkzeuge zum persönlichen Gebrauch anpassen
 - 5.3. Eigene Defizite ermitteln und nach Lösungen suchen
 - 5.3.1. Eigene Defizite bei der Nutzung digitaler Werkzeuge erkennen und Strategien zur Beseitigung entwickeln
 - 5.3.2. Eigene Strategien zur Problemlösung mit anderen teilen
 - 5.4. Digitale Werkzeuge und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen nutzen
 - 5.4.1. Effektive digitale Lernmöglichkeiten finden, bewerten und nutzen
 - 5.4.2. Persönliches System von vernetzten digitalen Lernressourcen selbst organisieren können
 - 5.5. Algorithmen erkennen und formulieren

- 5.5.1. Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt kennen und verstehen
- 5.5.2. Algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools erkennen und formulieren
- 5.5.3. Eine strukturierte, algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems planen und verwenden

6. Analysieren und Reflektieren

- 6.1. Medien analysieren und bewerten
 - 6.1.1. Gestaltungsmittel von digitalen Medienangeboten kennen und bewerten
 - 6.1.2. Interessengeleitete Setzung, Verbreitung und Dominanz von Themen in digitalen Umgebungen erkennen und beurteilen
 - 6.1.3. Wirkungen von Medien in der digitalen Welt (z. B. mediale Konstrukte, Stars, Idole, Computerspiele, mediale Gewaltdarstellungen) analysieren und konstruktiv damit umgehen

Sachkompetenz

Die Sachkompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu verarbeiten.

Das wissenschaftliche Vorgehen der Physik lässt sich im Wesentlichen in zwei fundamentale Bereiche einteilen, die eine starke Wechselwirkung sowie eine gegenseitige Durchdringung aufweisen: die theoretische Beschreibung von Phänomenen und das experimentelle Arbeiten. Die Vertrautheit mit physikalischem Fachwissen sowie mit der Nutzung physikalischer Grundprinzipien und Arbeitsweisen bildet eine unverzichtbare Grundlage für das Verständnis wissenschaftlicher sowie alltäglicher Sachverhalte aus vielen Bereichen, z. B. aus den anderen Naturwissenschaften, der Technik oder der Medizin. Daher leistet physikalische Sachkompetenz einen wichtigen Beitrag sowohl zur Studierfähigkeit als auch zur Allgemeinbildung.

Sachkompetenz zeigt sich in der Physik in der Nutzung von Fachwissen zur Bearbeitung von sowohl innerfachlichen als auch anwendungsbezogenen Aufgaben und Problemen. Dazu gehören die theoriebasierte Beschreibung von Phänomenen sowie die qualitative und die quantitative Auswertung von Messergebnissen anhand geeigneter Theorien und Modelle. Ihre Eigenschaften wie Gültigkeitsbereiche, theoretische Einbettungen und Angemessenheit sowie ein angemessener Grad der Mathematisierung sind dabei zu berücksichtigen.

Das **erhöhte Anforderungsniveau** äußert sich im Physikunterricht im Bereich der Sachkompetenz darin, dass zu bestimmten Themen mehr Sachverhalte evtl. in höherer Komplexität der verwendeten Modelle detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus nutzen Schülerinnen und Schüler des erhöhten Anforderungsniveaus auch eine deutlich umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Fertigkeiten wie das Durchführen eines Experiments nach einer Anleitung, der Umgang mit Messgeräten oder die Anwendung bekannter Auswertverfahren sind Bestandteil der **Sachkompetenz**. Die Planung und die Konzeption von Experimenten hingegen sind dem Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung** zugeordnet.

Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien (1.1., 1.2.);
- S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten (1.2.);
- S3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

Verfahren und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung digitaler Messwerterfassungssysteme nach Anleitung auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen (2.3., 3.1., 3.2. 5.1., 5.2.);
- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus (5.3.);
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an (5.3.);
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an (3.2., 5.5.).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen **Denk- und Arbeitsweisen** sowie in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Physikalische Erkenntnisgewinnung ist zum einen bestimmt durch die theoretische Beschreibung der Natur, die mit der Bildung von Fachbegriffen, Modellen und Theorien einhergeht, zum anderen durch empirische Methoden, v. a. das Experimentieren, mit denen Gültigkeit und Relevanz dieser Beschreibung abgesichert werden

Dieses Wechselspiel von Theorie und Experiment in der naturwissenschaftlichen Forschung umfasst typischerweise folgende zentrale Schritte:

- Formulierung von Fragestellungen;
- Ableitung von Hypothesen;
- Planung und Durchführung von Untersuchungen;
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz wird auf **erhöhtem Anforderungsniveau** vermehrt auf einen formalen Umgang mit Messunsicherheiten sowie auf die Reflexion über Vor- und Nachteile oder die Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren Wert gelegt.

Experimentelle Ergebnisse und aus Modellen abgeleitete Annahmen werden interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess wird im Hinblick auf wissenschaftliche Güte reflektiert. Auf der Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Verfahren und Methoden charakterisiert und von den nicht naturwissenschaftlichen abgegrenzt. Das Durchfüh-

ren eines erlernten Verfahrens oder einer bekannten Methode ohne die Einbettung in den Prozess der Erkenntnisgewinnung als Ganzes ist in den Bildungsstandards der Sachkompetenz zugeordnet. Dieser Prozess sollte exemplarisch und auf angemessenem Niveau an einigen Stellen durchgeführt werden – ein Erkenntnisprozess, der ausschließlich wie oben beschrieben fortschreitet, kann in der Schule natürlich nicht geleistet werden.

Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten;
- E2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen;
- E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen (5.1., 5.2. 5.4., 5.5.);
- E5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung (3.1.).

Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen (1.1., 1.2., 1.3.);
- E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses (5.3.);
- E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen;
- E9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung.

Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit;
- E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

Kommunikationskompetenz

Die Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen sowie in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen.

Die Physik hat ihre spezifische Art, Kommunikation zu gestalten. Die strukturierten und standardisierten Formulierungen sind grundlegend für eine rationale, fakten- oder evidenzbasierte Kommunikation. Das Verständnis dieser Art der Kommunikation sowie die Fähigkeit, sie mitzugestalten, ermöglichen die selbstbestimmte **Teilhabe an wissenschaftlichen und gesellschaftlich relevanten Diskussionen**.

Physikalische Kommunikationskompetenz zeigt sich im Verständnis und in der Nutzung von definierten Begrifflichkeiten, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen, die mathematische Logik sowie verlässliche Quellen als Belege für die Glaubwürdigkeit und Objektivität von Aussagen und Argumenten verwenden. Das physikalische Fachvokabular setzt sich dabei zusammen aus etablierten Fachbegriffen, abstrakten Symbolen und standardisierten Einheiten. Für Diskussionen außerhalb der Physik sind vor allem die physiktypische Nutzung bestimmter Arten von Abbildungen, Diagrammen und Symbolen, die Betonung logischer Verknüpfungen sowie der Wechsel zwischen situationsspezifischen und verallgemeinerten Aussagen und mehreren Darstellungsformen relevant.

Die Schülerinnen und Schüler des **erhöhten Anforderungsniveaus** besitzen im Bereich der Kommunikationskompetenz ein umfangreicheres Fachvokabular und drücken sich fachlich präziser aus. Sie sind in der Lage, sprachlich und inhaltlich komplexere Fachtexte zu verstehen.

Physikalisch kompetentes Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Fach Physik tauschen die Schülerinnen und Schüler Informationen mit Kommunikationspartnern kompetent aus, wenn sie Informationen aus Quellen entnehmen, überzeugend präsentieren und sich reflektiert an fachlichen Diskussionen im Unterricht beteiligen. Die sprachliche sowie die mathematische Darstellung von Zusammenhängen und Lösungswegen sind dagegen Ausdruck von Sach- bzw. Erkenntnisgewinnungskompetenz, die Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung ist in den Bildungsstandards im Kompetenzbereich Bewerten enthalten.

Informationen erschließen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus (1.1.);
- K2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt (1.2.);
- K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

Informationen aufbereiten

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;
- K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus;
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge (2.2., 2.3.);
- K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen;
- K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt (2.1., 2.2., 2.3.);
- K10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate (2.2., 3.3.).

Bewertungskompetenz

Die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis fachlicher und überfachlicher Perspektiven und Bewertungsverfahren sowie in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

Um in Praxissituationen einen Bewertungsprozess durchführen zu können, ist es notwendig, Wissen über Bewertungsverfahren zu haben, wissenschaftliche sowie nicht wissenschaftliche Aussagen anhand von formalen und inhaltlichen Kriterien prüfen sowie den Einfluss von Werten, Normen und Interessen auf Bewertungsergebnisse einschätzen zu können. Im Zentrum des Bewertungsprozesses stehen dabei das **Entwickeln und Reflektieren geeigneter Kriterien** als Grundlage für eine Entscheidung oder Meinungsbildung und das Zusammentragen physikalischer Erkenntnisse, die – organisiert anhand der Kriterien – als Argumente dienen.

Um selbstbestimmt an gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozessen teilhaben zu können, beziehen Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Bewerten bei gesellschaftlich relevanten Fragestellungen mit fachlichem Bezug kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen. Dazu tragen sie relevante physikalische, aber auch nicht physikalische (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammen, sammeln geeignete Belege und wägen sie unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander ab.

Auf **erhöhtem Anforderungsniveau** können die Schülerinnen und Schüler mehr und komplexere Argumente mit Belegen heranziehen. Auch gelingt es ihnen, eigene Standpunkte differenzierter zu begründen und so besser gegen sachliche Kritik zu verteidigen.

Physikalisch kompetent bewerten heißt folglich, über die rein sachliche Beurteilung physikalischer Aussagen hinauszugehen, weshalb rein innerfachliche Bewertungen, z. B. der Anwendbarkeit eines Modells, der Güte von Experimentierergebnissen oder der Korrektheit fachwissenschaftlicher Argumentationen, den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind.

Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation;
- B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (6.1.).

Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich relevanten oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;
- B4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.

Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses;
- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein;
- B7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen;
- B8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

Basiskonzepte

Der Beschreibung physikalischer Sachverhalte liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Physik ermöglichen somit die **Vernetzung fachlicher Inhalte** und deren **Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven**. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern. Basiskonzepte werden in Lehr-Lernprozessen wiederholt thematisiert und ausdifferenziert. Den Schülerinnen und Schülern wird aufgezeigt, dass diese grundlegenden Konzepte in vielen verschiedenen Lernbereichen einsetzbar sind und einen systematischen Wissensaufbau und somit den Erwerb eines strukturierten und mit anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften vernetzten Wissens unterstützen. In der folgenden Beschreibung der Basiskonzepte werden illustrierende Beispiele angeführt.

Erhaltung und Gleichgewicht – Denken in Bilanzen und Gleichgewichten

- statische und dynamische Gleichgewichtsbestimmungen
- Erhaltungssätze (z. B. der Energie- und der Impulserhaltungssatz)

- quantifizierender Zugang zu Themen wie dem Hall-Effekt, der Gegenfeldmethode bei der Fotozelle, dem Franck-Hertz-Versuch, der Absorption und Emission von Licht sowie der charakteristischen Strahlung oder der Kernstrahlung

Superposition und Komponenten – eine Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise

- Überlagerung gleicher physikalischer Größen
- Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten
- z. B. bei der Kräfteaddition, bei der Vektorsumme von Feldstärken, bei der Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, beim Induktionsgesetz sowie bei der Polarisation
- Superposition als zentraler Begriff in der Quantenphysik

Mathematisieren und Vorhersagen – Erkenntnisse aus mathematischen Vorgangs- und Zusammenhangsbeschreibungen

- Beschreibung von Größenabhängigkeiten anhand von Gleichungen und Funktionen
- physikalische Interpretation von grafisch ermittelten Ableitungen und Integrationen
- z. B. beim Lade- und Entladevorgang eines Kondensators, bei Schwingungen oder bei Induktionsvorgängen

Zufall und Determiniertheit – Beschreibung von Phänomenen durch Gesetzmäßigkeiten

- Vorhersage von Ereignissen
- Modellierung, z. B. durch Ausgleichskurven
- Zufall in unterschiedlichen Interpretationen
- z. B. als Messunsicherheit, als statistische Verteilung physikalischer Größen oder im Zusammenhang mit Quantenobjekten
- z. B. der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom in der Gasentladungsröhre
- am Beispiel der Quantenphysik: prinzipielle Nichtdeterminiertheit des Verhaltens einzelner Quantenobjekte und der Determiniertheit von Nachweiswahrscheinlichkeiten durch die Versuchsbedingungen

2.3 Inhalte

Der Physikunterricht der Sekundarstufe II greift Inhalte der Sekundarstufe I auf, vertieft sie und führt sie weiter. Er ist im Vergleich zur Sekundarstufe I stärker durch die formale, quantitative Beschreibung der Naturgesetze sowie das Arbeiten und das Denken in Modellen geprägt, insbesondere im Unterricht auf erhöhtem Anforderungsniveau. Die folgende Übersicht der Inhalte berücksichtigt die verbindliche **Vorgabe durch die Bildungsstandards** der Kultusministerkonferenz mit ihren Konkretisierungen zu den curricularen Vorgaben (KMK, 2020) und ist als Regelstandard zu verstehen. Für die Erstellung von Aufgaben im Rahmen der Prüfung für die Allgemeine Hochschulreife werden die aufgeführten Inhalte verbindliche Grundlage sein. Zur inhaltlichen Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung wird auch auf die „**Inhaltliche[n] Vereinbarungen zur Gestaltung der Aufgaben**“ auf den Internetseiten des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) verwiesen.

Die in den folgenden Tabellen aufgeführten Inhalte mit den zugeordneten Kompetenzen und Bezugspunkten zu Leitperspektiven müssen nicht in der dargestellten Reihenfolge behandelt werden. Individuelle Anpassungen und Ergänzungen unter Berücksichtigung des vorangegangenen Unterrichts, z. B. an schulinterne Curricula, aktuelle Ereignisse und Interessen von Schülerinnen und Schülern, sind notwendig und wünschenswert. Kursiv dargestellte Inhalte sind für das **erhöhte Anforderungsniveau** vorgesehen.

Übersicht der Themenfelder zu den verbindlichen Inhalten:

Elektrische und magnetische Felder <ul style="list-style-type: none">• Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen• Körper in statischen Feldern• Veränderliche elektromagnetische Felder
Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen <ul style="list-style-type: none">• Schwingungen• Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen• Überlagerung von Wellen
Quantenphysik und Materie <ul style="list-style-type: none">• Quantenobjekte• Atomvorstellungen
Wahlthema: Gravitation und Astrophysik <ul style="list-style-type: none">• Planetenbewegungen• Aspekte der Astrophysik

Themenbereich 1: Elektrische und magnetische Felder

S1-4

1.1 Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																						
<p>Leitperspektiven</p> <p>BNE D</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umwelterziehung • Medienerziehung <p>Sprachbildung</p> <p>3 4 8 9</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat</p>	<p>Elektrische Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> • grundlegende Eigenschaften eines Feldes und Definition des Begriffs „Feld“, Feldlinienmodell • grundlegende elektrische Felder: Radialfeld, Dipolfeld, homogenes Feld (Feldlinienbilder) • Superposition von Feldern, zeichnerische Addition zweier feldbeschreibender Vektoren in der Ebene • Definition der elektrischen Feldstärke • Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im Plattenkondensator <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Coulomb'sches Gesetz und radialsymmetrisches Feld</i> • <i>Betrachtung der zweidimensionalen Superposition von zwei Feldern für die Fälle paralleler und orthogonaler Feldvektoren (quantitativ)</i> <p>Elektrische Energie in einem geladenen Kondensator</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energie im elektrischen Feld eines Plattenkondensators (quantitativ) • Definition der Kapazität • Abhängigkeit der Kapazität von geometrischen Daten des Plattenkondensators sowie der Dielektrizitätszahl • Beispiel für eine Einsatzmöglichkeit des Kondensators als Energiespeicher • zeitlicher Verlauf der Stromstärke beim Auflade- und Entladevorgang am Kondensator (qualitativ), $I(t)$ beim Entladen auch quantitativ mit Anwendung der Exponentialfunktion • Einfluss der Parameter Widerstand und Kapazität beim Aufladevorgang mit Übertragung auf den Entladevorgang (qualitativ) <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Potenzial, Spannung als Potentialdifferenz</i> • <i>Influenz</i> • <i>Polarisation eines Dielektrikums im elektrischen Feld</i> • <i>zeitlicher Verlauf von Stromstärke und Spannung beim Auf- und Entladevorgang am Kondensator (quantitativ), Einfluss der Parameter Widerstand und Kapazität (dabei Anwendung der Exponentialfunktion)</i> <p>Magnetische Felder</p> <p>Die Grundlagen für die magnetischen Felder werden in Jahrgang 10 verschoben.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition der magnetischen Flussdichte B • Superposition von Feldern, zeichnerische Addition zweier feldbeschreibender Vektoren in der Ebene <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>magnetische Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule</i> • <i>Energie im magnetischen Feld einer stromdurchflossenen Spule</i> • <i>Betrachtung der zweidimensionalen Superposition von zwei Feldern für die Fälle paralleler und orthogonaler Feldvektoren (quantitativ)</i> 	<p>Kompetenzen</p> <table border="1"> <tr> <td>S1</td> <td>E1</td> <td>K3</td> <td>B1</td> </tr> <tr> <td>S7</td> <td>E4</td> <td>K4</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>E5</td> <td>K8</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>E6</td> <td>K9</td> <td></td> </tr> </table> <p>Fachbegriffe</p> <p>das (in-)homogene Feld der Elektronen-mangel/-überschuss die Probeladung die Elementarladung die Ladungstrennung die Ladungserhaltung der Leiter der Isolator die elektrische Feldkonstante der Widerstand der Nord-/Südpol der Stab-/Hufeisenmagnet die Rechte-Faust-Regel (magnetische Feldlinien um einen stromdurchflossenen Leiter) die magnetische Feldkonstante</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>die Äquipotenziallinie die Flächenladungsdichte die Zeitkonstante die Permeabilität</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S1	E1	K3	B1	S7	E4	K4			E5	K8			E6	K9		S1-4	1.2	S1-4	1.3			
S1	E1	K3	B1																						
S7	E4	K4																							
	E5	K8																							
	E6	K9																							
S1-4	1.2																								
S1-4	1.3																								

	<p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen Simulationen zur Veranschaulichung von Feldeigenschaften. Durch Messwerterfassung und Datenanalyse lernen sie den Umgang mit digitalen Werkzeugen.</p> <p>Feldlinienbilder von elektrischen Ladungsanordnungen können mit Simulationstools untersucht werden. Ladungen werden gesetzt, Feldlinienbilder skizziert und dann mithilfe der Simulation überprüft. Das Feld eines Elektromagneten in Abhängigkeit der Stromstärke und der Windungsanzahl kann so auch simuliert werden.</p> <p>Mit einem Kondensatorlabor können die Abhängigkeit der Kapazität von geometrischen Daten des Plattenkondensators sowie die Dielektrizitätszahl untersucht werden.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive BNE</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler diskutieren die Nutzungsdauerverkürzung, die durch zunehmende Obsoleszenz technischer Produkte fortschreitet. Daraus resultieren mehr Müll und wachsende Ressourcenbedarfe. Mit der Fehlersuche bei defekten Alltagsgeräten und deren Reparatur kann dem entgegengewirkt werden (siehe NiU Physik 189/190).</p>		
--	--	--	--

Themenbereich 1: Elektrische und magnetische Felder

S1-4 1.2 Körper in statischen Feldern

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																				
<p>Leitperspektiven</p> <p style="text-align: center;">W D</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesundheitsförderung • Berufsorientierung • Medienerziehung <p>Sprachbildung</p> <p style="text-align: center;">2 9 10 14</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p style="text-align: center;">Che Mat</p>	<p>Geladene Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kräfte auf geladene Teilchen bei gegebener elektrischer Feldstärke • Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen Längs- und Querfeldern (qualitativ) • potenzielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld • kinetische Energie und Geschwindigkeit geladener Teilchen im elektrischen Längsfeld in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung (quantitativ), Elektronenvolt (eV) als Einheit • Lorentzkraft auf geladene Teilchen bei gegebener magnetischer Flussdichte • Richtung und Betrag der Lorentzkraft für den orthogonalen Fall • Bahnformen geladener Teilchen in homogenen magnetischen Feldern; Lorentzkraft als Radialkraft (qualitativ) <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>quantitative Betrachtung von Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen Längs- und Querfeldern</i> • <i>quantitative Betrachtung von Kreisbahnen geladener Teilchen in homogenen magnetischen Feldern</i> • <i>Hall-Effekt (ohne Begründung der Hall-Konstante)</i> • <i>quantitative Betrachtung von geladenen Teilchen in orthogonal aufeinander stehenden, homogenen elektrischen und magnetischen Feldern in technischen Anwendungen (z. B. der Kreisbeschleuniger, der Geschwindigkeitsfilter, das Massenspektrometer)</i> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Darstellungsformen von Modellen und arbeiten mit Simulationen und mit digitalen Messwerterfassungen zur Erschließung und Untersuchung des Verhaltens von geladenen Teilchen in statischen Feldern. Sie ermitteln dabei auch die Grenzen digitaler Simulationen.</p> <p>Hierzu gibt es viele virtuelle Demonstrationsexperimente, die von jedem Schüler/jeder Schülerin individuell durchgeführt und ausgewertet werden können. So steht z. B. die Elektronenkanone zur Verfügung, anhand derer die Ausdampf- und Beschleunigungsphase von Elektronen untersucht werden kann. Darauf aufbauend stehen dann die virtuellen Experimente „Elektronenablenkröhre“ und „Kathodenstrahlröhre“ (Elektronen im homogenen B-Feld) zur Verfügung.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive W</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler befassen sich mit der Kooperation im Rahmen internationaler Forschung am Beispiel von Arbeitsgruppen zur Beschleunigerphysik. Sie arbeiten selbst in kooperativ angelegten Arbeitsformen und befassen sich mit Stereotypisierungen in der Physik. Hier bieten sich außerschulische Lernorte physikalischer Großforschungseinrichtungen an (z. B. DESY-Schülerlabor „eLab: Teilchen und Felder“).</p>	<p>Kompetenzen</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>S5</td> <td>E1</td> <td>K2</td> <td>B1</td> </tr> <tr> <td>S6</td> <td>E2</td> <td>K3</td> <td>B4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>E4</td> <td>K4</td> <td>B6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>E6</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Fachbegriffe</p> <p>die Drei-Finger-Regel (oder linke Handregel: Kraftwirkung auf ein bewegtes Elektron im Magnetfeld) der Teilchenbeschleuniger die Zentripetalkraft</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.3</td> </tr> </table>	S5	E1	K2	B1	S6	E2	K3	B4		E4	K4	B6		E6			S1-4	1.1	S1-4	1.3	
S5	E1	K2	B1																				
S6	E2	K3	B4																				
	E4	K4	B6																				
	E6																						
S1-4	1.1																						
S1-4	1.3																						

Themenbereich 1: Elektrische und magnetische Felder

S1-4 1.3 Veränderliche elektromagnetische Felder

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen				
<p>Leitperspektiven</p> <p>BNE D</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umwelterziehung • Berufsorientierung • Verkehrserziehung • Medienerziehung <p>Sprachbildung</p> <p>4 9 13 14</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat</p>	<p>Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition des magnetischen Flusses • Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient) • Anwendung des Induktionsgesetzes in den Spezialfällen konstanter Fläche oder konstanter magnetischer Flussdichte • Zusammenhang zwischen der Richtung des Induktionsstroms und seiner Wirkung • Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Induktionsgesetz in differentieller Form</i> • <i>Definition der Induktivität</i> • <i>Selbstinduktion, Ein-/Ausschaltvorgänge bei der Spule</i> <p>Beitrag zur Leitperspektive BNE</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler befassen sich mit der Grundlage zur „Gewinnung“ elektrischer Energie. Dabei wird ein Fokus auf Technologien für eine zukunftsorientierte Gesellschaft gelegt. Mögliche Kontexte wie Schwankungen im Energienetz durch erneuerbare Energien oder die Speicherung von Energie bieten die Möglichkeit, aktuelle Probleme im Unterricht sinnstiftend zu diskutieren und Lösungsansätze zu finden.</p> <p>Weitere mögliche Kontexte mit BNE-Bezug sind der Synchronmotor des Elektroautos oder oberleitungsfreie Straßenbahnen.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler setzen digitale Messwerterfassung bei Induktionsversuchen ein, nutzen Tabellenkalkulation zur Auswertung von Messdaten im Rahmen von Experimenten zur Induktion und nutzen Simulationen und virtuelle Experimente.</p> <p>In Faradays elektromagnetischem Labor können sie die Auswirkungen unterschiedlicher Parameter auf Helligkeit und Spannung einer Lampe untersuchen. Auch Transformatoren und Generatoren können mit Simulationen analysiert werden.</p>	<p>Kompetenzen</p> <p>S1 E3 K1 B7 S3 E5 K3 S4 K7 S7</p> <p>Fachbegriffe</p> <p>die Wechselspannung der Generator der Elektromotor</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>die Lenz'sche Regel</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	S1-4	1.1	S1-4	1.2	
S1-4	1.1						
S1-4	1.2						

Themenbereich 2: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

S1-4 2.1 Schwingungen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																										
<p>Leitperspektiven</p> <p>D</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> Berufsorientierung Medienerziehung <p>Sprachbildung</p> <p>3 8 9 13</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat</p>	<p>Mechanische und elektromagnetische harmonische Schwingungen</p> <p>Die grundlegenden Begriffe und mechanische Schwingungen werden in Jahrgangsstufe 10 behandelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetischer Schwingkreis (qualitativ) <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung (Fadenpendel unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung) gedämpfte Schwingungen (nur schwache Dämpfung, geschwindigkeitsproportionale Dämpfung, auch mathematische Beschreibung) Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen unter energetischen Aspekten elektromagnetischer Schwingkreis, insbesondere Abhängigkeit der Periodendauer von systembeschreibenden Größen Resonanz bei erzwungenen Schwingungen (nur phänomenologische Betrachtung) <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler setzen digitale Messwerterfassung ein und nutzen Tabellenkalkulation zur Auswertung von Messdaten im Rahmen von Experimenten zu schwingenden Körpern.</p> <p>Beispielsweise ist hier der Einsatz der App Phyphox mit dem eigenen Smartphone möglich, um (auch gedämpfte) Schwingungen zu analysieren.</p> <p>Der elektromagnetische Schwingkreis lässt sich sehr gut mit dem virtuellen Labor untersuchen. Dort entwerfen die Schülerinnen und Schüler einen elektromagnetischen Schwingkreis und untersuchen dessen Funktionsweise. Ebenso sind Strom- und Spannungsverlauf darstellbar.</p>	<p>Kompetenzen</p> <table border="1"> <tr> <td>S2</td> <td>E2</td> <td>K6</td> <td>B3</td> </tr> <tr> <td>S4</td> <td>E3</td> <td>K9</td> <td>B5</td> </tr> <tr> <td>S6</td> <td>E5</td> <td></td> <td>B6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>E7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>E10</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Fachbegriffe</p> <p>die Elongation die Kreisfrequenz die rücktreibende Kraft die Richtgröße/ die Federkonstante die potenzielle, die kinetische und die Gesamtenergie</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>das Bogenmaß die Phase die Halbwertszeit die Thomson'sche Schwingungsgleichung die erzwungene Schwingung die Resonanzkatastrophe die Eigenfrequenz die Erregerfrequenz</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td></td> </tr> </table>	S2	E2	K6	B3	S4	E3	K9	B5	S6	E5		B6		E7				E10			S1-4	2.2	S1-4	2.3	S1-4		
S2	E2	K6	B3																										
S4	E3	K9	B5																										
S6	E5		B6																										
	E7																												
	E10																												
S1-4	2.2																												
S1-4	2.3																												
S1-4																													

Themenbereich 2: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

S1-4 2.2 Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																								
<p>Leitperspektiven</p> <p>D BNE</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medienerziehung • Umwelterziehung <p>Sprachbildung</p> <p>3 4 6 9</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat Geo</p>	<p>Harmonische Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung und Ausbreitung harmonischer Wellen • Definition der Begriffe „Welle“ (Transversal- und Longitudinalwellen), „Wellenfront“, „Wellenlänge“, „Frequenz“ und „Ausbreitungsgeschwindigkeit“ • Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz • Grundlegende Wellenphänomene: Beugung, Reflexion und Brechung <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>mathematische Darstellung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle</i> <p>Lineare Polarisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Transversal- und Longitudinalwelle • polarisierte und unpolarisierte Wellen <p>Spektrum elektromagnetischer Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frequenzbereiche elektromagnetischer Wellen <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen Simulationen und lernen den Umgang mit digitaler Messwerterfassung. Sie verwenden Tablets oder Smartphones und lesen Sensoren aus.</p> <p>In der Simulation zu Seilwellen können die Schüler und Schülerinnen die charakteristischen Welleneigenschaften erforschen (mit und ohne Dämpfung). Dabei können Frequenz, Amplitude und Kopplung der Oszillatoren verändert und die Auswirkungen beobachtet werden.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive BNE</p> <p>Es ist wichtig, zu verstehen, wie Erd- und Seebeben entstehen und sich ausbreiten, um Zerstörungen zu verhindern und Menschenleben zu retten. Für viele Gebiete der Erde sind die Vorhersage von Beben sowie die Anpassung an Beben eine wichtige Grundlage der nachhaltigen Entwicklung. Hier bieten sich viele Verknüpfungen zum Themenbereich Wellen an (Longitudinal- und Transversalwellen, Resonanz und Ausbreitung). Wie funktionieren Frühwarnsysteme und wie können diese genutzt werden, um die Menschen möglichst gut zu schützen? Welche Präventionen können ergriffen werden, um die Auswirkungen möglichst gering zu halten, z. B. durch erdbebensicheres Bauen?</p>	<p>Kompetenzen</p> <table border="1"> <tr><td>S1</td><td>E4</td><td>K3</td><td>B2</td></tr> <tr><td>S2</td><td>E6</td><td>K6</td><td>B5</td></tr> <tr><td>S3</td><td>E8</td><td></td><td>B6</td></tr> <tr><td>S5</td><td>E9</td><td></td><td>B7</td></tr> <tr><td></td><td>E11</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Fachbegriffe:</p> <p>der Oszillator der Wellenberg das Wellental das Ausbreitungsmedium die Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>die Wellengleichung die Phase</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr><td>S1-4</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>S1-4</td><td>3.1</td></tr> </table>	S1	E4	K3	B2	S2	E6	K6	B5	S3	E8		B6	S5	E9		B7		E11			S1-4	2.1	S1-4	3.1	
S1	E4	K3	B2																								
S2	E6	K6	B5																								
S3	E8		B6																								
S5	E9		B7																								
	E11																										
S1-4	2.1																										
S1-4	3.1																										

Themenbereich 2: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

S1-4 2.3 Überlagerung von Wellen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen						
<p>Leitperspektiven</p> <p>W D</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medienerziehung <p>Sprachbildung</p> <p>4 8 9 13</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat Mus</p>	<p>Interferenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Superposition von Wellen • Interferenz am Doppelspalt mit mono- und polychromatischem Licht • Wellenlängenbestimmung von monochromatischem Licht • Entstehung des Spektrums von weißem Licht beim Doppelspalt <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Beurteilung der Anwendbarkeit der Kleinwinkelnäherung bei Spaltexperimenten</i> • <i>Einzelspalt mit monochromatischem Licht, Beugung und Interferenz</i> • <i>Aufbau und Funktionsweise eines Interferometers</i> <p>Stehende Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überlagerung von Wellen (eindimensional) • Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle bei festen und losen Enden <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>stehende eindimensionale Wellen zwischen zwei festen Enden</i> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen Simulationen und lernen den Umgang mit digitaler Messwerterfassung. Sie verwenden Tablets oder Smartphones und lesen Sensoren aus.</p> <p>In der Simulation zu Seilwellen können die Schüler und Schülerinnen die charakteristischen Welleneigenschaften von stehenden Wellen erforschen (mit und ohne Dämpfung). Dabei können Frequenz, Amplitude und Kopplung der Oszillatoren und feste oder lose Enden eingestellt werden sowie die Auswirkungen beobachtet werden.</p> <p>Das Simulationslabor zur Interferenz ermöglicht zahlreiche Versuche zu Wasserwellen, Schallwellen und Lichtwellen. Dabei können die Schülerinnen und Schüler die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede untersuchen. Es gibt die Möglichkeit, mehrere Quellen mit unterschiedlichen Abständen einzustellen und Veränderungen am Interferenzmuster zu analysieren. Außerdem kann das Verhalten der Wellen beim Durchgang durch eine oder zwei Spalten untersucht werden und die Interferenzmuster können verglichen werden.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive W</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler befassen sich mit der Kooperation im Rahmen internationaler Forschung am Beispiel von Arbeitsgruppen des ILPs der Uni Hamburg. Im dort angesiedelte Schullabor „Light and Schools“ können sie selbst in kooperativ angelegten Arbeitsformen arbeiten.</p>	<p>Kompetenzen</p> <p>S1 E2 K3 S3 E4 K6 B8 S4 E7 K8 S5 E11 S7</p> <p>Fachbegriffe:</p> <p>die konstruktive und destruktive Interferenz der Gangunterschied der Schwingungsbauch und –knoten</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>die Phasendifferenz die Eigenschwingung</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S1-4	2.1	S1-4	3.1			
S1-4	2.1								
S1-4	3.1								

Themenbereich 3: Quantenphysik und Materie

S1-4 3.1 Quantenobjekte

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																										
<p>Leitperspektiven</p> <p>D W BNE</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> Berufsorientierung Umwelterziehung Medienerziehung <p>Sprachbildung</p> <p>2 12 15 16</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat Che Phi</p>	<p>Grundlegende Aspekte der Quantentheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> stochastische Vorhersagbarkeit Interferenz und Superposition: Elektron und Photon als Quantenobjekte, z. B. Elektron am Doppelspalt Determiniertheit der Zufallsverteilung Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit (Unterschied zwischen Superposition und Gemisch) Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelationen zwischen Ort und Impuls (Unmöglichkeit, einen Zustand zu präparieren, bei dem zwei zueinander komplementäre Größen jeweils einen exakten Wert haben) <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>Stochastische Deutung der quantenmechanischen Wellenfunktion (qualitativ)</p> <ul style="list-style-type: none"> Betragsquadrat der Wellenfunktion zur Beschreibung der Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte Delayed-Choice-Experiment mit einem Interferometer <p>Beschreibung von Quantenobjekten</p> <ul style="list-style-type: none"> Zusammenhang zwischen Energie und Frequenz eines Photons (quantitativ) photoelektrischer Effekt mit Einsteinbeziehung und h-Bestimmung Zusammenhang zwischen Impuls und Wellenlänge (De-Broglie-Beziehung) <p>Quantenphysikalisches Weltbild</p> <ul style="list-style-type: none"> Problematik der Übertragung von Begriffen (z. B. Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus) aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen am Beispiel des „Quantenradierers“ <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau empfohlen, aber nicht von der KMK gefordert:</p> <ul style="list-style-type: none"> verschränkte Zustände und die Grundidee hinter EPR die Widerlegung lokal-realistischer Theorien (nur das Prinzip) <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Experimente können durch geeignete interaktive virtuelle Experimente oder mithilfe von Simulationen veranschaulicht werden.</p> <p>In der Simulation zum photoelektrischen Effekt können die Schülerinnen und Schüler verschiedene Elemente mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen bestrahlen und die Auswirkungen auf die Elektronen untersuchen. Es lässt sich ebenso eine Gegenspannung einstellen, um die kinetische Energie der ausgelösten Elektronen zu ermitteln.</p> <p>Virtuelle Experimente gibt es auch zur Schattenkreuzröhre.</p> <p>Mit dem virtuellen Experiment zur Elektronenbeugung können die Schülerinnen und Schüler selbstständig die Beugung von Elektronen an Graphit-Kristallen untersuchen. Außerdem gibt es gute Simulationen zum Mach-Zehnder-Interferometer.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit den möglichen Zukunftstechnologien, wie der Quantenkryptografie oder dem Quantencomputer, auseinander und lernen Qubits als Superpositionszustände kennen. Sie können im Schullabor „Light and Schools“ z. B. das Analogexperiment zur Quantenkryptographie durchführen.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive BNE</p> <p>Hier bietet sich als Kontext die Funktion von Solarzellen als wichtige</p>	<p>Kompetenzen</p> <table border="1"> <tr> <td>S1</td> <td>E8</td> <td>K1</td> <td>B1</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>E9</td> <td>K3</td> <td>B2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>E10</td> <td>K4</td> <td>B8</td> </tr> <tr> <td></td> <td>E11</td> <td>K5</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>K10</td> <td></td> </tr> </table> <p>Fachbegriffe:</p> <p>die Interferenz der Zustand die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation die Streuung die Ortsunschärfe die Impulsunschärfe das Lichtquant die Austrittsarbeit/-energie die Grenzfrequenz der Realismus die Lokalität die Kausalität der Determinismus</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>die Wellenfunktion</p> <p>Empfohlen:</p> <p>die Verschränkung Hidden Variables die lokal-realistische Theorie</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.3</td> </tr> </table>	S1	E8	K1	B1	S2	E9	K3	B2		E10	K4	B8		E11	K5				K10		S1-4	1.2	S1-4	2.2	S1-4	2.3	
S1	E8	K1	B1																										
S2	E9	K3	B2																										
	E10	K4	B8																										
	E11	K5																											
		K10																											
S1-4	1.2																												
S1-4	2.2																												
S1-4	2.3																												

	<p>Anwendung des inneren fotoelektrischen Effekts an. Dazu sind auch Grundlagen über Halbleiter notwendig. Auswirkungen der Quantencomputer auf die nachhaltige Entwicklung können diskutiert und bewertet werden.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive W</p> <p>Der Wert des kooperativen naturwissenschaftlichen Arbeitens mit seinen zukunftsweisenden Erkenntnissen für unsere moderne Gesellschaft wird von den Schülerinnen und Schülern in den Blick genommen, z. B. durch Besuche von Schullabors von Forschungseinrichtungen. Das sachliche Infragestellen vermeintlicher Gewissheiten und Autoritäten sowie das Hinweisen auf Widersprüche sind positive Werte, die im Zusammenhang der Quantenphysik genauso thematisiert werden können wie philosophische Aspekte der Erkenntnistheorie</p>		
--	--	--	--

Themenbereich 3: Quantenphysik und Materie

S1-4 3.2 Atomvorstellungen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																
<p>Leitperspektiven</p> <p style="text-align: center; background-color: #1a3d54; color: white; padding: 2px; width: 30px; margin: 0 auto;">D</p> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berufsorientierung • Gesundheitserziehung • Umwelterziehung <p>Sprachbildung</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px 5px;">2</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px 5px;">12</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px 5px;">15</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px 5px;">16</div> </div> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px 5px;">Mat</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px 5px;">Che</div> </div>	<p>Qualitative Betrachtung eines quantenmechanischen Atommodells</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energiestufenmodell • Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron <hr/> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <p>Modell des eindimensionalen Potenzialtopfs und seine Grenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>diskrete Energiewerte, Wellenfunktionen und Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron im Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden; begrenzte Gültigkeit dieser Modellvorstellung</i> • <i>Ausblick auf Mehrelektronensysteme, Pauli-Prinzip</i> <hr/> <p>Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema (auch quantitativ)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emission und Absorption von Photonen als Energieabgabe und Anregung von Atomen • Veranschaulichung von Emission und Absorption im Energieniveauschema • Entstehung von Linienspektren <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Entstehung des kontinuierlichen und diskreten Röntgenspektrums</i> <hr/> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Experimente zur Röntgenstrahlung können durch geeignete interaktive Bildschirmexperimente (IBE) ersetzt oder mithilfe von Simulationen veranschaulicht werden.</p> <p>Die Schüler und Schülerinnen können z. B. die Simulation zum Frank-Hertz-Versuch durchführen oder Emissions- und Absorptionsspektren untersuchen.</p> <p>Die Funktion eines Lasers, der bei der Quantenkommunikation wichtig ist, könnte hier thematisiert werden.</p>	<p>Kompetenzen</p> <table style="margin-top: 5px;"> <tr> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">S1</td> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">E1</td> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K3</td> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">B1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">S2</td> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">E4</td> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K6</td> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">B8</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">S7</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Fachbegriffe:</p> <p>die Quantenzahl der Quantensprung das diskrete Spektrum das Linienspektrum das kontinuierliche Spektrum die Spektrallinie die Emission die Absorption</p> <p>Zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau <i>das Pauli-Prinzip das Röntgenspektrum</i></p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table style="margin-top: 5px;"> <tr> <td style="background-color: #1a3d54; color: white; padding: 2px;">S1-4</td> <td style="padding: 2px;">2.2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #1a3d54; color: white; padding: 2px;">S1-4</td> <td style="padding: 2px;">2.3</td> </tr> </table>	S1	E1	K3	B1	S2	E4	K6	B8	S7				S1-4	2.2	S1-4	2.3	
S1	E1	K3	B1																
S2	E4	K6	B8																
S7																			
S1-4	2.2																		
S1-4	2.3																		

Im grundlegenden Niveau kann wahlweise alternativ zum Inhaltsbereich Quantenphysik der Inhaltsbereich Gravitation behandelt werden, wobei folgende ausgesuchte Inhalte aus dem Bereich Quantenphysik auch in diesem Fall behandelt werden müssen.

Themenbereich 3: Quantenphysik																													
S1-4 3.1 Quantenobjekte																													
Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																										
<p>Leitperspektiven</p> <div style="background-color: #4f7942; color: white; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 5px;">W</div> <div style="background-color: #4f7942; color: white; padding: 2px; display: inline-block;">D</div> <p>Aufgabengebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berufsorientierung • Umwelterziehung <p>Sprachbildung</p> <div style="display: flex; gap: 5px;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">2</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">12</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">15</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">16</div> </div> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <div style="display: flex; gap: 5px;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">Mat</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">Che</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">Phi</div> </div>	<p>Grundlegende Aspekte der Quantentheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • stochastische Vorhersagbarkeit • Interferenz und Superposition • Determiniertheit der Zufallsverteilung • Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit (Unterschied zwischen Superposition und Gemisch) <hr/> <p>Beschreibung von Quantenobjekten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhang zwischen Energie und Frequenz eines Photons (quantitativ) • Zusammenhang zwischen Impuls und Wellenlänge (De-Broglie-Beziehung) • Elektron und Photon als Quantenobjekte, z. B. Elektron am Doppelspalt <hr/> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Experimente können gegebenenfalls – sofern eine entsprechende Ausstattung nicht zur Verfügung steht – durch geeignete interaktive Bildschirmexperimente oder mithilfe von Simulationen veranschaulicht werden.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive W</p> <p>Der Wert des naturwissenschaftlichen Arbeitens mit seinen zukunftsweisenden Erkenntnissen für unsere moderne Gesellschaft wird von den Schülerinnen und Schülern in den Blick genommen. Das sachliche Infragestellen vermeintlicher Gewissheiten und Autoritäten, das Hinweisen auf Widersprüche sind positive Werte, die in diesen Zusammenhängen thematisiert werden können.</p>	<p>Kompetenzen</p> <table style="border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">S1</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">E8</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K1</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">B1</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">S2</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">E9</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K3</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">B2</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">S7</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">E10</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K4</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">B8</td></tr> <tr><td></td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">E11</td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K5</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">K10</td><td></td></tr> </table> <p>Fachbegriffe: die Interferenz der Zustand die Streuung das Lichtquant</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr><td style="background-color: #1a3d54; color: white;">S1-4</td><td style="background-color: #1a3d54; color: white;">1.2</td></tr> <tr><td style="background-color: #1a3d54; color: white;">S1-4</td><td style="background-color: #1a3d54; color: white;">2.2</td></tr> <tr><td style="background-color: #1a3d54; color: white;">S1-4</td><td style="background-color: #1a3d54; color: white;">2.3</td></tr> </table>	S1	E8	K1	B1	S2	E9	K3	B2	S7	E10	K4	B8		E11	K5				K10		S1-4	1.2	S1-4	2.2	S1-4	2.3	
S1	E8	K1	B1																										
S2	E9	K3	B2																										
S7	E10	K4	B8																										
	E11	K5																											
		K10																											
S1-4	1.2																												
S1-4	2.2																												
S1-4	2.3																												

Themenbereich 4: Gravitation

S1-4 4.1 Planetenbewegungen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																
<p>Leitperspektiven</p> <p>W D BNE</p> <p>Sprachbildung</p> <p>3 4 9 14</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat Inf</p>	<p>Kräfte und Bahnen im Gravitationsfeld</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Gravitationskraft und das Gravitationsfeld • die Kepler'schen Gesetze • Zentralkörpermassen, Bahnradien, Umlaufzeiten und Bahngeschwindigkeiten auf stabilen Kreisbahnen <p>Potenzial und Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> • das Gravitationspotenzial • Fluchtgeschwindigkeiten (1. und 2. kosmische Geschwindigkeit) • kinetische und potenzielle Energie im Gravitationsfeld • Bahnen im Gravitationsfeld • gebundene, ungebundene Bahnen im Zusammenhang mit der Gesamtenergie <p>Beitrag zur Leitperspektive BNE</p> <p>Die Raumfahrt ist energieintensiv. Daher bieten sich als Themenbereich energieschonende Raumfahrtmanöver wie der Hohmann-Transfer und das Swing-by-Manöver an. Der Hohmann-Transfer bezeichnet den energie günstigsten Übergang von einem niedrigen in einen höheren Orbit. Beim Swing-by-Manöver wird der Drehimpuls eines Planeten genutzt, um eine Beschleunigung und Abbremsung zu erreichen, ohne dass dafür Treibstoff benötigt wird. Schülerinnen und Schüler recherchieren, diskutieren Vorteile und Nachteile der Raumfahrt und erarbeiten das Verständnis energieschonender Raumfahrtmanöver oder Antriebe. Simulationen bieten eine gute Möglichkeit, um das Verständnis zu unterstützen. Die Nutzung von Satelliten für Klima- und Umweltschutz kann thematisiert werden.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive W</p> <p>Zusammenhängend mit einem Besuch der Hamburger Sternwarte (Bergedorf) befassen sich die Schülerinnen und Schüler mit der Kooperation im Rahmen internationaler Forschung am Beispiel von Arbeitsgruppen zur Forschung in der Astrophysik.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Es bietet sich hier als differenzierendes Projekt eine iterative Berechnung von Planetenbahnen an. Dies ist mit verschiedenen Programmen möglich. So kann z. B. Excel als einfache Option genutzt werden, aber auch eine 3D-Darstellung mit einer Programmierung in Unity ist möglich</p>	<p>Kompetenzen</p> <table border="1"> <tr> <td>S1</td> <td>E1</td> <td>K3</td> <td>B1</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>E4</td> <td>K6</td> <td>B8</td> </tr> <tr> <td>S7</td> <td>E8</td> <td>K9</td> <td></td> </tr> </table> <p>Fachbegriffe:</p> <p>die Gravitationskonstante Winkelgeschwindigkeit Bahngeschwindigkeit Umlaufdauer/Periodendauer Umlauffrequenz Zentripetalbeschleunigung die Zentripetalkraft Ellipsen der Fahrstrahl die große und die kleine Halbachse der Brennpunkt</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	S1	E1	K3	B1	S2	E4	K6	B8	S7	E8	K9		S1-4	1.1	S1-4	1.2	
S1	E1	K3	B1																
S2	E4	K6	B8																
S7	E8	K9																	
S1-4	1.1																		
S1-4	1.2																		

Themenbereich 4: Gravitation

S1-4 4.2 Aspekte der Astrophysik

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen
<p>Leitperspektiven</p> <p>BNE D W</p> <p>Sprachbildung</p> <p>3 4 9 13</p> <p>Fachübergreifende Bezüge</p> <p>Mat Geo</p>	<p>Orientierung und Beobachtungen am Himmel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sternbilder: Sichtbarkeit in Abhängigkeit von Uhr- und Jahreszeit • Sonnenlauf, Mondlauf, Tierkreiszeichen, Planetenbahnen am Himmel • optische Elemente: Linsen und Spiegel • Vergrößerung (als "Winkelstreckung") im Gegensatz zur Auflösung (Bezug: Beugung) • astronomische Beobachtungsinstrumente für elektromagnetische Wellen (Röntgen-, UV-, IR-, Radiowellen) <p>Allgemeine Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen: die Raumzeit, „Eigenzeit“ als zentraler Begriff, Lichtbahnen in der Raumzeit, Einfluss von Masse (und Energie) auf Zeit und Raum • die Entwicklung der Sonne und massereicher Sterne und ihre Endstadien (weißer Zwerg vs. schwarzes Loch) • schwarze Löcher: Aufbau, zentraler Begriff „Ereignishorizont“, Fallzeiten außen und innen • Gravitationswellen: Abstrahlung bei beschleunigten Massen, Messverfahren mit dem Interferometer LIGO <p><i>Nur bei einem drei- oder vierstündigen Grundkurs zusätzlich:</i></p> <p>Klimaten von Planeten und kurzer Überblick über die Kosmologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überblick: Skalen im Universum und ihre historische Erschließung, Zeitleiste des Universums (Urknall, Sonnensystem, Entwicklung irdischen Lebens) • (Exo-)Planeten: das Klima der Planeten (Strahlungsbilanzen) • Stefan-Boltzmann-Gesetz (schwarzer Strahler, Strahlungsleistung) • Abstrahlungsgesetz ($1/r^2$-Gesetz) • Aufbau und Energiebilanzen von Sonne, Gesteinsplaneten und Gasplaneten (primär an Beispielen: z.B. Erde, Venus, Jupiter) • (Exo-)Planeten, Klimaten und die „klassische“ habitable Zone (Bedingungen für mögliches flüssiges Oberflächenwasser) <p>Beitrag zur Leitperspektive BNE</p> <p>Mit dem Verständnis von Strahlungsprozessen im Hinblick auf Planeten mit und ohne Atmosphäre können die klimatischen Bedingungen und Probleme wie der anthropogene Treibhauseffekt auf der Erde aus anderem Blickwinkel betrachtet werden. Forschungen zu Klimaten auf Exoplaneten beschäftigen sich bereits seit Jahrzehnten mit Fragestellungen wie der Auswirkungen von Atmosphärenzusammensetzung auf die Klimabilanz.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive W</p> <p>Erst die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) ermöglicht unser heutiges Verständnis des Universums als Ganzes. Erst hier werden einige zentrale, seit Jahrzehnten erforschte Phänomene verstehbar: Gravitationswellen, schwarze Löcher, Gravitationslinsen, präzise Signallaufzeiten im Schwerfeld der Erde (Stichwort GPS) etc. Das sachliche Infragestellen vermeintlicher Gewissheiten und Autoritäten, das Hinweisen auf Widersprüche sowie die Akzeptanz kontraintuitiver Modelle sind positive Werte, die in diesen Zusammenhängen thematisiert werden können.</p> <p>Beitrag zur Leitperspektive D</p> <p>Es gibt auf allen inhaltlichen Ebenen interaktive Simulationen, die im Unterricht genutzt werden können.</p>	<p>Kompetenzen</p> <p>S1 E1 K1 B1 S2 E6 K3 B8 S7</p> <p>Fachbegriffe:</p> <p>Himmelskoordinatensystem Brennweite Lichtstärke</p> <p>Raumkrümmung Eigenzeit Fluchtgeschwindigkeit Ereignishorizont Schwarzschildradius</p> <p>thermische Strahlung Strahlungsleistung einer Punktquelle Planetenkategorien</p> <p>Strahlungsgleichgewicht Oberflächentemperatur Interferenz</p> <p>Fachinterne Bezüge</p> <p>S1-4 2.3 S1-4 3.2</p>	

www.hamburg.de/bildungsplaene