



Mecklenburg-Vorpommern
Ministerium für Bildung und
Kindertagesförderung

Rahmenplan

für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe

Physik

2022 – Erprobungsfassung –

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Bildung und Kindertagesförderung

Institut für Qualitätsentwicklung Mecklenburg-Vorpommern

Fachbereich 4 – Zentrale Prüfungen, Fach- und Unterrichtsentwicklung, Rahmenplanarbeit

19059 Schwerin

Verantwortlich: Anke Rösler (V.i.S.d.P.)

www.bm.regierung.-mv.de

www.bildung-mv.de

Fotonachweise

Simone Oldenburg: Anne Karsten

Stand

Monat Juli 2022

Diese Publikation wird als Fachinformation des Instituts für Qualitätsentwicklung (IQ M-V) des Ministeriums für Bildung und Kindertagesförderung Mecklenburg-Vorpommern kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Liebe Kolleginnen, liebe Kollegen,

wir haben gemeinsam die Aufgabe und die Verantwortung, die Kinder und Jugendlichen auf ihrem Weg ins Leben zu unterstützen, sie zu begleiten und ihnen zur Seite zu stehen. Unser Ziel dabei ist, dass sie ihren Platz in der Gesellschaft finden und somit ein eigenverantwortliches und selbstbestimmtes Leben führen können.

Der Fachunterricht sichert eine fundierte Grundlage für den weiteren Lebensweg und die Handlungsfähigkeit in der modernen Welt. Unter Beachtung der Themenbereiche, die für die gesellschaftliche Orientierung der Kinder und Jugendlichen von Bedeutung sind, ermöglicht der Ihnen vorliegende Rahmenplan einen lebensweltbezogenen Unterricht.

Der Fokus richtet sich gleichermaßen auf die fachspezifischen Schwerpunkte und die Kompetenzentwicklung, um eine Teilhabe der Lernenden am gesellschaftlichen Leben zu ermöglichen und die Entwicklung grundlegender Fähig- und Fertigkeiten zu fördern.

Sehen Sie diesen Rahmenplan im wortwörtlichen Sinne als dienendes Element. Der Aufbau ist so angelegt, dass die Inhalte für den Unterricht einerseits konkret und verbindlich benannt und andererseits mit den zu vermittelnden Kompetenzen verbunden werden. Zugleich steht Ihnen ausreichend Freiraum zur Verfügung, um den Unterricht methodisch vielfältig zu gestalten und die Inhalte nachhaltig zu vermitteln. Eine Vielzahl an fachspezifischen Hinweisen und Anregungen unterstützt Sie bei der Gestaltung eines abwechslungsreichen schülernahen Unterrichts.

Dabei wünsche ich Ihnen viel Freude.

Ihre Simone Oldenburg



Simone Oldenburg
Bildungsministerin

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen.....	1
1.1	Aufbau und Verbindlichkeit des Rahmenplans.....	1
1.2	Querschnittsthemen und Aufgabengebiete des Schulgesetzes	2
1.3	Bildung und Erziehung in der gymnasialen Oberstufe.....	3
2	Beitrag des Unterrichtsfaches Physik zum Kompetenzerwerb.....	4
2.1	Fachprofil	4
2.2	Bildung in der digitalen Welt.....	6
2.3	Bildung für eine nachhaltige Entwicklung.....	7
2.4	Interkulturelle Bildung	7
2.5	Inklusiver Unterricht	7
2.6	Meine Heimat – Mein modernes Mecklenburg-Vorpommern.....	8
2.7	Räumliche und technische Voraussetzungen für den Physikunterricht	9
3	Abschlussbezogene Standards	10
3.1	Konkretisierung der Standards in den einzelnen Kompetenzbereichen	10
	[S] Sachkompetenz.....	10
	[E] Erkenntnisgewinnungskompetenz.....	11
	[K] Kommunikationskompetenz.....	12
	[B] Bewertungskompetenz.....	13
3.2	Unterrichtsinhalte	15
	Jahrgangsübergreifende integrative Themen.....	15
	System – Erhaltungssätze.....	17
	Elektrische und magnetische Felder	19
	Schwingungen und Wellen.....	26
	Quantenphysik und Materie	32
4	Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung.....	36
4.1	Gesetzliche Grundlagen	36
4.2	Allgemeine Grundsätze	36
4.3	Fachspezifische Grundsätze	37

1 Grundlagen

1.1 Aufbau und Verbindlichkeit des Rahmenplans

Intention	Der Rahmenplan ist als verbindliches und unterstützendes Instrument für die Unterrichtsgestaltung zu verstehen. Die in Kapitel 3.2 benannten Themen füllen ca. 80 % der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit. Den Lehrkräften wird somit Freiraum für die eigene Unterrichtsgestaltung sowie für methodisch-didaktische Entscheidungen im Hinblick auf schulinterne Konkretisierungen eröffnet. Die Erstellung eines schulinternen Lehrplans mit dem Fokus auf inhaltliche Aspekte entfällt.
Grundstruktur	Der Rahmenplan gliedert sich in einen allgemeinen und einen fachspezifischen Teil. Der allgemeine Teil beschreibt den für alle Fächer geltenden Bildungs- und Erziehungsauftrag im gymnasialen Bildungsgang. Im fachspezifischen Teil werden die Kompetenzen und die Inhalte – mit Bezug auf die Bildungsstandards – ausgewiesen.
Kompetenzen	Im Zentrum des Fachunterrichts steht der Kompetenzerwerb. Die Kompetenzen werden in der Auseinandersetzung mit den verbindlichen Themen entwickelt. Der Rahmenplan benennt die verbindlich zu erreichenden fachspezifischen Kompetenzen.
Themen	Für den Unterricht werden verbindliche Themen benannt, denen Inhalte zugewiesen werden. Die Reihenfolge der Themen hat keinen normativen, sondern empfehlenden Charakter.
Stundenzahlen	Es wird eine Empfehlung für die für ein Thema aufzuwendende Unterrichtszeit gegeben. Die vor dem Schrägstrich stehende Zahl ist dabei die vorgeschlagene Stundenzahl für den Grundkurs, die zweite Zahl die für den Leistungskurs.
Inhalte	Die Konkretisierung der Themen erfolgt in tabellarischer Form, wobei die linke Spalte die verbindlichen Inhalte und die rechte Spalte Hinweise und Anregungen für deren Umsetzung im Unterricht enthält.
Hinweise und Anregungen	Neben Anregungen für die Umsetzung im Unterricht werden Hinweise für notwendige und hinreichende Tiefe der Auseinandersetzung mit den Inhalten gegeben.
Querschnittsthemen	Kompetenzen und Inhalte, die die im Schulgesetz festgelegten Aufgabengebiete berühren, werden im Rahmenplan als Querschnittsthemen gekennzeichnet.
Anforderungsniveaus	Die Anforderungen im Bereich Wissenserwerb und Kompetenzentwicklung werden für das grundlegende (Grundkurs) und das erhöhte Niveau (Leistungskurs) beschrieben. Die Anforderungen für den Grundkurs gelten für alle Schülerinnen und Schüler gleichermaßen. Die darüber hinaus geltenden Anforderungen für den Leistungskurs sind grau unterlegt.
Verknüpfungsbeispiele	Als Anregung für eine an den Bildungsstandards orientierte Unterrichtsplanung werden im Anschluss an jede tabellarische Darstellung eines Themas Beispiele für die Verknüpfung von Kompetenzen und Inhalten aufgeführt.
Experimente	Die Bezeichnungen DE und SE stehen für Demonstrations- und Schülerexperimente. Das Anfertigen eines Protokolls liegt im Ermessen der Lehrkraft.
Begleitdokumente	Begleitende Dokumente für die Umsetzung des Rahmenplans finden Sie auf der Portalseite des Faches auf dem Bildungsserver (https://bildung-mv.de).

1.2 Querschnittsthemen und Aufgabengebiete des Schulgesetzes

Die Schule setzt den Bildungs- und Erziehungsauftrag insbesondere durch Unterricht um, der in Gegenstandsbereichen, Unterrichtsfächern, Lernbereichen sowie Aufgabefeldern erfolgt. Im Schulgesetz werden zudem Aufgabengebiete benannt, die Bestandteil mehrerer Unterrichtsfächer sowie Lernbereiche sind und in allen Bereichen des Unterrichts eine angemessene Berücksichtigung finden sollen. Diese Aufgabengebiete sind als Querschnittsthemen in allen Rahmenplänen verankert. Im vorliegenden Plan sind die Querschnittsthemen durch Kürzel gekennzeichnet und den Aufgabengebieten des Schulgesetzes wie folgt zugeordnet:

- [DRF] – Demokratie-, Rechts- und Friedenserziehung
- [BNE] – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung
 - Bildung für eine nachhaltige Entwicklung
 - Förderung des Verständnisses von wirtschaftlichen, ökologischen, sozialen und kulturellen Zusammenhängen
- [BTV] – Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt
 - Europabildung
 - interkulturelle Bildung und Erziehung
 - ethische, kulturelle und soziale Aspekte der Sexualerziehung
- [PG] – Prävention und Gesundheitserziehung
 - Gesundheitserziehung
 - gesundheitliche Aspekte der Sexualerziehung
 - Verkehrs- und Sicherheitserziehung
- [MD] – Medienbildung und Digitale Kompetenzen
 - Medienbildung
 - Bildung in der digitalen Welt
 - [MD1] – Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren
 - [MD2] – Kommunizieren und Kooperieren
 - [MD3] – Produzieren und Präsentieren
 - [MD4] – Schützen und sicher Agieren
 - [MD5] – Problemlösen und Handeln
 - [MD6] – Analysieren und Reflektieren
- [BO] – berufliche Orientierung

1.3 Bildung und Erziehung in der gymnasialen Oberstufe

Der gymnasiale Bildungsgang bereitet junge Menschen darauf vor, selbstbestimmt zu leben, sich selbst zu verwirklichen und in sozialer Verantwortung zu handeln.

Zur Erfüllung des Bildungs- und Erziehungsauftrags im gymnasialen Bildungsgang sind der Erwerb anwendungsbereiten und über den schulischen Kontext hinausgehenden Wissens, die Entwicklung von allgemeinen und fachbezogenen Kompetenzen mit der Befähigung zu lebenslangem Lernen sowie die Werteorientierung an einer demokratischen und pluralistischen Gesellschaftsordnung zu verknüpfen. Die jungen Menschen sollen befähigt werden, mit den zukünftigen Herausforderungen des globalen Wandels nachhaltig umgehen zu können.

Die gymnasiale Oberstufe umfasst die Jahrgangsstufe 10 als Einführungsphase sowie die Jahrgangsstufen 11 und 12 als Qualifikationsphase. An den Fachgymnasien und den Abendgymnasien bilden die Jahrgangsstufe 11 die Einführungsphase und die Jahrgangsstufen 12 und 13 die Qualifikationsphase.

Die Einführungsphase greift unter größtmöglicher Berücksichtigung der unterschiedlichen Schullaufbahnen die im Sekundarbereich I erworbenen Kompetenzen auf und legt die Grundlagen für die Arbeit in der Qualifikationsphase. Hierbei hat die Einführungsphase Aufgaben der Kompensation und der Orientierung zu erfüllen, um die unmittelbare Anschlussfähigkeit an die Qualifikationsphase zu sichern.

Die Qualifikationsphase vermittelt eine vertiefte Allgemeinbildung sowie eine wissenschaftspropädeutische Grundbildung, welche in den Unterrichtsfächern auf erhöhtem Anforderungsniveau exemplarisch ausgeweitet wird.

Die bis zum Eintritt in die Qualifikationsphase erworbenen Kompetenzen werden mit dem Ziel der Vorbereitung auf die Anforderungen eines Hochschulstudiums oder einer gleichwertigen beruflichen Ausbildung erweitert und vertieft.

Somit erfordert der Unterricht in der Qualifikationsphase eine spezifische Didaktik und Methodik, die in besonderem Maße Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit sowie Team- und Kommunikationsfähigkeit fördern und damit eine unmittelbare Fortsetzung des Bildungsweges an einer Hochschule oder in unmittelbar berufsqualifizierenden Bildungsgängen ermöglichen.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass im Unterricht der Qualifikationsphase neben der Vorbereitung auf die Abschlussprüfungen sowohl auf erhöhtem als auch auf grundlegendem Anforderungsniveau von Beginn an die Ergebnisse in allen Unterrichtsfächern in die Gesamtqualifikation des Abiturs eingehen.

In den jeweiligen Unterrichtsfächern werden unterschiedliche, nicht wechselseitig ersetzbare Formen des Wissenserwerbs abgedeckt. Ein entsprechend breites fachliches Grundlagenwissen ist Voraussetzung für das Erschließen von Zusammenhängen zwischen den Wissensbereichen, für den Erwerb von Lernstrategien sowie für die Kenntnis von Arbeitsweisen zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Um einen stärkeren zukunftsorientierten Realitätsbezug der Unterrichtsfächer zu erreichen, ist die Orientierung am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung unerlässlich.

Hierzu führt der Unterricht in der Qualifikationsphase exemplarisch in wissenschaftliche Fragestellungen, Kategorien und Methoden ein. Dabei ist der Unterricht so auszugestalten, dass ein vernetzendes, fächerübergreifendes und problemorientiertes Denken gefordert und gefördert werden.

Grundsatz der gesamten Arbeit in der Qualifikationsphase ist eine Erziehung, die zur Persönlichkeitsentwicklung und -stärkung, zur Gestaltung des eigenen Lebens in sozialer Verantwortung sowie zur Mitwirkung in der demokratischen Gesellschaft befähigt. Eine angemessene Feedback-Kultur an allen Schulen ist ein wesentliches Element zur Erreichung dieses Ziels.

2 Beitrag des Unterrichtsfaches Physik zum Kompetenzerwerb

2.1 Fachprofil

Die Wissenschaft Physik strebt danach, Phänomene in Natur und Technik durch allgemeingültige Gesetze zu beschreiben. Sie bedient sich dabei einer Vielzahl von Methoden, allen voran der experimentellen Methode und der Modellmethode, sowie der Mathematik als Sprache und Werkzeug. Die wichtigsten Untersuchungsgegenstände der Physik sind Materie, Energie, Wechselwirkung und System. Die wichtigsten Denkweisen der Physik sind Erhaltung und Gleichgewicht, Superposition und Komponenten, Mathematisieren und Vorhersagen, Zufall und Determiniertheit. Die in der Physik gewonnenen Erkenntnisse über objektive Aspekte unseres Universums in allen Größenordnungen finden Anwendung in anderen (Natur)-wissenschaften und der Technik und bilden damit eine Grundlage für die kulturelle Entwicklung der Menschheit von den Anfängen der Werkzeugnutzung bis in die moderne, digital vernetzte Welt und Gesellschaft.

Im Fach Physik entwickeln die Schüler und Schülerinnen Kompetenzen, um ihr Leben in Natur und Gesellschaft gestalten zu können. Sie nutzen dabei das gewonnene Fachwissen und erlernte Erkenntnisgewinnungsmethoden, um über physikalische Aspekte von Natur und Technik in privaten und gesellschaftlichen Kontexten zu kommunizieren und Maßnahmen und Begründungen aus physikalischer Sicht zu beurteilen. Sie beschreiben und erklären, modellieren und leiten her, überprüfen experimentell und entwickeln und bewerten. Sie erkennen die Rolle der Physik in der historisch-kulturellen Entwicklung und können zu Chancen und Risiken des technischen Fortschritts Stellung nehmen. Die Schülerinnen und Schüler werden so in die Lage versetzt, ein wissenschaftlich fundiertes, eigenes Weltbild zu entwickeln und eigene Standpunkte und Handlungsweisen daraus abzuleiten.

Der Unterricht im Fach Physik gestaltet sich im Spannungsfeld von schülernahen und gesellschaftlich-technisch relevanten Phänomenen, einfachen und komplexen Fragestellungen, abstrakten Fachbegriffen sowie Gesetzen und konkreten Anwendungen. Theorie und Experiment unterstützen sich gegenseitig.

Die Geschichte der Wissenschaft Physik liefert einen Kontext für die Entwicklung der Gewinnung von Erkenntnissen. Die Technik hingegen bietet einen Kontext für die Anwendung dieser Erkenntnisse in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Die Physik als prägendes Kulturgut unserer Gesellschaft wird dadurch deutlich.

Das Experiment als Frage an die Natur und die experimentelle Methode bilden den wichtigsten, aber nicht alleinigen Weg der Erkenntnisgewinnung in der Wissenschaft Physik und im Physikunterricht in der Schule. Die Grundsätze der Meraner Beschlüsse gelten weiterhin, wonach der Unterricht die Physik als Naturwissenschaft behandelt, exemplarisch für Erfahrungswissenschaften wirken soll und regelmäßiges Beobachten und Experimentieren beinhalten muss. Experimente dienen im Unterricht außerdem der Veranschaulichung von Zusammenhängen, Motivation von Fragestellungen und Provokation von Widersprüchen zu Fehlvorstellungen und Übergeneralisierungen. Sie machen theoretische Erkenntnisse für Schülerinnen und Schüler erlebbar. Damit all diese Funktionen des Experiments erfüllt werden können, lernen Schüler und Schülerinnen Experimente zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dabei stellen Sie auch selbst Hypothesen auf und bestätigen oder verwerfen sie auf Grundlage der experimentellen Ergebnisse. Sie entwickeln dabei Kompetenz und Willen, die Gültigkeit von Gesetzen und die Grenzen von Modellen zu hinterfragen, auch in anscheinend trivialen Situationen. Zur Förderung dieser Fähigkeiten und der Kreativität ist ein hohes Maß an Schülerexperimenten anzustreben. Den verschiedenen Funktionen des Experiments wird im Unterricht hinreichend Bedeutung bzw. Zeit eingeräumt, ohne jedoch alle Funktionen in jedem einzelnen Experiment aufzurufen. Freihand- und Hausexperimente gehören dabei genauso zum Lernprozess wie Demonstrations- und Schülerexperimente im Physikraum.

Die Möglichkeiten des Lernens am anderen Ort z. B. in Schülerlaboren, in der Berufswelt oder an anderen Stätten physikalischer Betätigung sollten ausgeschöpft werden.

Der Physikunterricht macht den Unterschied zwischen Alltags- und Fachsprache deutlich und befähigt die Schüler situations- und adressatengerecht zu kommunizieren. Dabei spielen auch die Mathematisierung und der Umgang mit Messunsicherheiten eine Rolle. Der fortschreitenden Entwicklung der mathematischen Kompetenzen jeder Lerngruppe muss dabei Rechnung getragen werden. Es sollte das

der Lerngruppe angemessene Niveau (qualitativ, halbquantitativ, quantitativ) des betrachteten physikalischen Zusammenhangs gewählt werden. Die mathematische Auseinandersetzung umfasst das zielorientierte Berechnen von Größen, Interpretieren von Gleichungen und Diagrammen sowie Entwickeln von Größenvorstellungen. Den Schülerinnen und Schülern wird von Anfang an das Auftreten von Messunsicherheiten bewusstgemacht. Das Niveau des Umgangs mit Messunsicherheiten steigert sich im Verlauf des Unterrichtsfaches Physik.

Ausgehend von der natürlichen Motivation, die Welt zu entdecken und zu verstehen, bereitet der Physikunterricht die Schüler und Schülerinnen auf die Zukunft vor, indem er zusammen mit dem Chemie- und Biologieunterricht Allgemeinbildung vermittelt, Verständnis für natürliche Phänomene und technologische Prozesse aufbaut und die naturwissenschaftliche Methode der Erkenntnisgewinnung entwickelt.

2.2 Bildung in der digitalen Welt

„Der Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schule besteht im Kern darin, Schülerinnen und Schüler angemessen auf das Leben in der derzeitigen und künftigen Gesellschaft vorzubereiten und sie zu einer aktiven und verantwortlichen Teilhabe am kulturellen, gesellschaftlichen, politischen, beruflichen und wirtschaftlichen Leben zu befähigen.“¹

Durch die Digitalisierung entstehen neue Möglichkeiten, die mit gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Veränderungsprozessen einhergehen und an den Bildungsauftrag erweiterte Anforderungen stellen. Kommunikations- und Arbeitsabläufe verändern sich z. B. durch digitale Medien, Werkzeuge und Kommunikationsplattformen und erlauben neue schöpferische Prozesse und damit neue mediale Wirklichkeiten.

Um diesem erweiterten Bildungsauftrag gerecht zu werden, hat die Kultusministerkonferenz einen Kompetenzrahmen zur Bildung in der digitalen Welt formuliert, dessen Umsetzung integrativer Bestandteil aller Fächer ist.

Diese Kompetenzen werden in Abstimmung mit den im Rahmenplan „Digitale Kompetenzen“ ausgewiesenen Leitfächern, welche für die Entwicklung der Basiskompetenzen verantwortlich sind, altersangemessenen erworben und auf unterschiedlichen Niveaustufen weiterentwickelt.

Die Physik ist eine Naturwissenschaft, die sich mit der Beobachtung und Beschreibung von grundlegenden Erscheinungen der Natur und der Technik befasst und Gesetzmäßigkeiten daraus ableitet. Bei der Erkenntnisgewinnung nimmt das Experimentieren eine zentrale Stellung ein. Im Physikunterricht sind neben klassischen Versuchsanordnungen auch komplexere Messanordnungen zu thematisieren, deren Datenerfassung und/oder Datenauswertung digital erfolgt. Die Rolle für den modernen physikalischen Erkenntnisgewinnungsprozess von einerseits der massenhaften digitalen Datenerfassung und -auswertung sowie andererseits der Simulation physikalischer Prozesse ist herauszuheben. Neben den real durchzuführenden Experimenten bieten auch Animationen, Simulationen und interaktive Bildschirmexperimente (im Folgenden unter dem Begriff „Simulation“ zusammengefasst) vielfältige Möglichkeiten, den Unterricht in dieser Hinsicht zu vertiefen und zu erweitern. Schüler erhalten einen Einblick in die Nutzung digitaler vernetzter Datenbanken physikalisch-technischen Wissens. Bei jeglicher Nutzung digitaler Quellen sind die Ergebnisse stets kritisch zu reflektieren.

Die Entwicklung physikalischer Kompetenzen wird durch sinnvollen Einsatz digitaler Werkzeuge unterstützt. Das Potenzial dieser Werkzeuge entfaltet sich im Physikunterricht

- beim Entdecken physikalischer Phänomene in Natur und Technik durch interaktive Erkundungen bzw. Recherchen.
- durch die physikalische Modellierung natürlicher Phänomene, z. B. durch Simulation oder Mathematisierung
- durch die Kollaboration beim Erarbeiten von und die Kommunikation von Ergebnissen.

Die Verwendung digitaler Messwerterfassung erfolgt sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs. Dabei gelten folgende Mindestanforderungen.

Die Schülerinnen und Schüler verwenden im Grundkurs:

- dauerhaft Simulationen,
- punktuell digitale Messwerterfassung.

Die Schülerinnen und Schüler verwenden im Leistungskurs:

- dauerhaft Simulationen,
- projektartig digitale Messwerterfassung.

¹ KMK-Strategie zur Bildung in der Digitalen Welt, Berlin 2018, S.10

2.3 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) ist eine wichtige Querschnittsaufgabe von Schule. Entwicklung ist dann nachhaltig, wenn sie die Lebensqualität der gegenwärtigen und der zukünftigen Generationen unter der Berücksichtigung der planetaren Grenzen sichert.

Unterrichtsthemen sollten in allen Fächern so ausgerichtet werden, dass Schülerinnen und Schüler eine Gestaltungskompetenz erwerben, die sie zum nachhaltigen Denken und Handeln befähigt. Aktuelle Herausforderungen wie Klimawandel, internationale Handels- und Finanzbeziehungen, Umweltschutz, erneuerbare Energien oder soziale Konflikte und Kriege werden in ihrer Wechselwirkung von ökonomischen, ökologischen, regionalen und internationalen, sozialen und kulturellen Aspekten betrachtet. BNE ist dabei keine zusätzliche neue Aufgabe mit neuen Themen, sondern ein Perspektivwechsel mit neuen inhaltlichen Schwerpunkten.

Um diesen Bildungsauftrag zu konsolidieren, hat die Kultusministerkonferenz den Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung² verabschiedet. Er ist eine Empfehlung, um BNE mit globaler Perspektive fest in Schule und Unterricht zu verankern, und alle an der Bildung Beteiligten bei dieser Aufgabe konzeptionell zu unterstützen. Er ist Bezugsrahmen für die Entwicklung von Lehr- und Bildungsplänen sowie die Gestaltung von Unterricht und außerunterrichtlichen Aktivitäten. Darüber hinaus unterstützt der „Bildungsatlas Umwelt und Entwicklung“³ der Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung Mecklenburg-Vorpommern e. V. Lehrkräfte, passende Bildungsangebote außerschulischer Lernorte kennenzulernen und ihre Potenziale für die Planung und Gestaltung des Unterrichts zu nutzen.

2.4 Interkulturelle Bildung

Interkulturelle Bildung ist eine Querschnittsaufgabe von Schule. Vermittlung von Fachkenntnissen, Lernen in Gegenstandsbereichen, außerschulische Lernorte, grenzüberschreitender Austausch oder Medienbildung – alle diesbezüglichen Maßnahmen müssen koordiniert werden und helfen, eine Orientierung für verantwortungsbewusstes Handeln in der globalisierten und digitalen Welt zu vermitteln. Der Erwerb interkultureller Kompetenzen ist eine Schlüsselqualifikation im 21. Jahrhundert.

Kulturelle Vielfalt verlangt interkulturelle Bildung, Bewahrung des kulturellen Erbes, Förderung der kulturellen Vielfalt und der Dialog zwischen den Kulturen zählen dazu. Ein Austausch mit Gleichaltrigen zu fachlichen Themen unterstützt die Auseinandersetzung mit kultureller Vielfalt. Die damit verbundenen Lernprozesse zielen auf das gegenseitige Verstehen, auf bereichernde Perspektivwechsel, auf die Reflexion der eigenen Wahrnehmung und einen toleranten Umgang miteinander ab.

Fast alle Unterrichtsinhalte sind geeignet, sie als Gegenstand für bi- oder multilaterale Projekte, Schüleraustausche oder auch virtuelle grenzüberschreitende Projekte im Rahmen des Fachunterrichts zu wählen. Förderprogramme der EU bieten dafür exzellente finanzielle Rahmenbedingungen.

2.5 Inklusiver Unterricht

Inklusion ist als gesamtgesellschaftlicher Prozess zu verstehen. Dabei ist inklusive Bildung eine übergreifende Aufgabe von Schule und schließt alle Gegenstandsbereiche im Lernen ein.

Inklusive Bildung ist das gemeinsame Lernen von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Behinderung. Sie ist eine wichtige Voraussetzung für Selbstbestimmung, aktive Teilhabe an Gesellschaft, Kultur, Beruf und Demokratie.

Grundvoraussetzung für eine gelingende Inklusion ist die gegenseitige Akzeptanz und die Rücksichtnahme sowie die Haltung und Einstellung aller an Schule Mitwirkenden.

² <https://ges.engagement-global.de/orientierungsrahmen.html>

³ <https://www.umweltschulen.de/de/>

Ziel einer inklusiven Bildung ist, alle Schülerinnen und Schüler während ihrer Schullaufbahn individuell zu fördern, einen gleichberechtigten Zugang zu allen Angeboten des Unterrichts und der verschiedenen Bildungsgänge sowie des Schullebens insgesamt zu ermöglichen.

In Mecklenburg-Vorpommern werden Maßnahmen zur Einführung eines inklusiven Schulsystems umgesetzt, die Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte entlasten. Dazu werden neben dem Unterricht in Regelklassen eigene Lerngruppen für Schülerinnen und Schüler mit starken Auffälligkeiten in den Bereichen Sprache oder Lernen oder Auffälligkeiten im Verhalten gebildet. In inklusiven Lerngruppen erhalten Schülerinnen und Schüler eine kooperative Förderung. Dabei sind sie Schülerinnen und Schüler einer regulären Grundschulklasse oder einer regulären Klasse der weiterführenden allgemeinbildenden Schule (Bezugsklasse). In ihrer Lerngruppe werden die Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Unterrichts gezielt individuell gefördert. Der Unterricht in den Lerngruppen erfolgt durch sonderpädagogisches Fachpersonal.

Ein weiterer Baustein im inklusiven Schulsystem ist die Einrichtung von Schulen mit spezifischer Kompetenz. Diese ermöglichen Schülerinnen und Schülern mit sonderpädagogischem Förderbedarf in den Schwerpunkten Hören oder Sehen oder körperliche und motorische Entwicklung eine wohnortnahe Beschulung. Die Schülerinnen und Schüler können mit ihren Freundinnen und Freunden, beispielsweise aus der Kindertagesstätte oder aus der Nachbarschaft, gemeinsam in eine Schule gehen und gemeinsam lernen.

Für eine inklusive Bildung sind curriculare Anpassungen notwendig, um den Schülerinnen und Schülern einen individualisierten Zugang zum Rahmenplan der allgemein bildenden Schulen zu ermöglichen.

2.6 Meine Heimat – Mein modernes Mecklenburg-Vorpommern

Bildungs- und Erziehungsziel sowie Querschnittsaufgabe der Schule ist es, die Verbundenheit der Schülerinnen und Schüler mit ihrer natürlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Umwelt sowie die Pflege der niederdeutschen Sprache zu fördern. Weil Globalisierung, Wachstum und Fortschritt nicht mehr nur positiv besetzte Begriffe sind, ist es entscheidend, die verstärkten Beziehungen zur eigenen Region und zu deren kulturellem Erbe mit den Werten von Demokratie sowie den Zielen der interkulturellen Bildung zu verbinden. Diese Lernprozesse zielen auf die Beschäftigung mit Mecklenburg-Vorpommern als Migrationsgebiet, als Kultur- und Tourismusland sowie als Wirtschaftsstandort ab. Sie geben eine Orientierung für die Wahrnehmung von Originalität, Zugehörigkeit als Individuum, emotionaler und sozialer Einbettung in Verbindung mit gesellschaftlichem Engagement. Die Gestaltung des gesellschaftlichen Zusammenhalts aller Bevölkerungsgruppen ist eine zentrale Zukunftsaufgabe.

Eine Vielzahl von Unterrichtsinhalten eignet sich in besonderer Weise, regionale Literatur, Kunst, Kultur, Musik und die niederdeutsche Sprache zu erleben. In Mecklenburg-Vorpommern lassen sich Hansestädte, Welterbestätten, Museen und Nationalparks und Stätten des Weltnaturerbes erkunden. Außerdem lässt sich Neues über das Schaffen von Persönlichkeiten aus dem heutigen Vorpommern oder Mecklenburg erfahren, welche auf dem naturwissenschaftlich-technischen Gebiet den Weg bereitet haben. Unterricht an außerschulischen Lernorten in Mecklenburg-Vorpommern, Projekte, Schulfahrten sowie die Teilnahme am Plattdeutschwettbewerb bieten somit einen geeigneten Rahmen, um die Ziele des Landesprogramms „Meine Heimat – Mein modernes Mecklenburg-Vorpommern“⁴ umzusetzen.

⁴ https://www.bildung-mv.de/export/sites/bildungserver/downloads/Landesheimatprogramm_hochdeutsch.pdf

2.7 Räumliche und technische Voraussetzungen für den Physikunterricht

Der Unterricht im Fach Physik findet in einem Fachraum statt. Dieser soll so gestaltet und ausgestattet sein, dass das Experimentieren als ein Hauptbestandteil des Unterrichts problemlos realisiert werden kann.

Für die im Rahmenplan verbindlich genannten Experimente müssen die notwendigen Materialien und Geräte in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen. Die Aufbewahrung muss sicher und in der Regel in mindestens einem Vorbereitungsraum entsprechender Größe möglich sein. Dieser Raum muss so groß sein, dass Experimentieraufbauten vorbereitet und gelagert werden können.

Wenn möglich, sollten die Geräte für die Schülerexperimente im Unterrichtsraum aufbewahrt werden, um das eigenverantwortliche Experimentieren zu fördern.

Für die Lehrkraft steht am Arbeitsplatz im Physikraum ein Computer mit Projektions- und Präsentationstechnik sowie Zugang zum Internet zur Verfügung. Dieser muss der Lehrkraft sowohl die Durchführung digitaler Messungen in Experimenten als auch den Einsatz von Simulationsprogrammen, auch auf Java-Basis, ermöglichen, wodurch Medienbildung und digitale Kompetenzen vermittelt werden können.

Der Physikraum muss bis auf Sicherheitselemente wie Fluchtwegmarkierungen vollständig verdunkelbar sein.

Bei Experimenten mit ionisierender Strahlung sind die Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung zu beachten.

3 Abschlussbezogene Standards

3.1 Konkretisierung der Standards in den einzelnen Kompetenzbereichen

Naturwissenschaftliches Arbeiten erfolgt unabhängig von der speziellen Fachrichtung stets nach den gleichen Prinzipien. Daher weisen die im Physikunterricht und die in den anderen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern zu erwerbenden Kompetenzen große Gemeinsamkeiten auf. Um diese Gemeinsamkeiten zu verdeutlichen und Anhaltspunkte für fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten zu geben, sind die Kompetenzen für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer gleichlautend beschrieben. Im Detail sind sie nachfolgend auf das Unterrichtsfach Physik bezogen.

Der Kompetenzerwerb in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe erfolgt aufbauend auf den im Sekundarbereich I erworbenen Kompetenzen. Die Schülerinnen und Schüler vertiefen ihr Verständnis vom Wesen der Naturwissenschaften, ihrer Wechselbeziehung zur Gesellschaft, zur Umwelt und zur Technik.

Bei der Bearbeitung naturwissenschaftlicher Fragestellungen erschließen, verwenden und reflektieren die Schülerinnen und Schüler die grundlegenden Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften. Mit ihrer Hilfe verknüpfen sie nachhaltig neue Erkenntnisse mit bereits vorhandenem Wissen.

Sie bilden diejenigen Kompetenzen weiter aus, mit deren Hilfe sie naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen, Probleme unter Verwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden lösen, über naturwissenschaftliche Themen kommunizieren und auf der Grundlage der Kenntnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge Entscheidungen verantwortungsbewusst treffen und reflektieren.

[S] 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 und 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 auch 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 gehört die theoriebasierte Beschreibung von Phänomenen ebenso wie die qualitative und quantitative Auswertung von Messergebnissen anhand geeigneter Theorien und Modelle. Ihre Eigenschaften wie Gültigkeitsbereiche, theoretische Einbettungen und Angemessenheit ebenso wie ein angemessener Grad der Mathematisierung sind dabei zu berücksichtigen.

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

Im Leistungskurs Physik werden zu bestimmten Themen mehr Sachverhalte, teils in höherer Komplexität der verwendeten Modelle, teils detaillierter betrachtet. Darüber hinaus nutzen Schülerinnen und Schüler im Leistungskurs auch eine deutlich umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler können

- Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien erklären;
- Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien erläutern und deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten beschreiben;
- aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete auswählen, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schüler und Schülerinnen können

- Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen aufbauen, Experimente durchführen und ihre Beobachtungen protokollieren;
- bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus erklären;
- bekannte Auswertverfahren erklären und auf Messergebnisse anwenden;
- bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte anwenden.

[E] Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und 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, und 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.

Allen Phasen des Experimentierens wird im Unterricht hinreichend Zeit und Bedeutung eingeräumt, sodass verschiedene Funktionen und Rollen des Experiments im Erkenntnisgewinnungsprozess deutlich werden.

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 Durchführen eines erlernten Verfahrens oder einer bekannten Methode ohne die Einbettung in den Prozess der Erkenntnisgewinnung als Ganzes ist der Sachkompetenz zugeordnet.

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

Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Schülerinnen und Schüler können

- Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten identifizieren und entwickeln;
- Theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen aufstellen.

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

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen beurteilen;
- Phänomene physikalisch, auch mit Hilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge modellieren, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen;
- geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung planen.

Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler können

- mit Hilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen erklären;
- Messunsicherheiten berücksichtigen und die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses analysieren;
- die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen beurteilen;
- die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung reflektieren.

Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler können

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

[K] Kommunikationskompetenz

Die Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und 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 und 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 und 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 und der Wechsel zwischen situationspezifischen und verallgemeinerten Aussagen und mehreren Darstellungsformen relevant.

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

Die Schülerinnen und Schüler des Leistungskurses 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.

Informationen erschließen

Die Schülerinnen und Schüler können

- zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien recherchieren und für ihre Zwecke passende Quellen auswählen;
- verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt prüfen;
- unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen entnehmen und diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wiedergeben.

Informationen aufbereiten

Die Schülerinnen und Schüler können

- unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert formulieren;
- ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen auswählen;
- Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen veranschaulichen, auch mit Hilfe digitaler Werkzeuge;
- physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien präsentieren.

Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Schülerinnen und Schüler können

- ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen nutzen;
- sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte austauschen sowie den eigenen Standpunkt vertreten, reflektieren und gegebenenfalls korrigieren;
- die Urheberschaft prüfen, verwendete Quellen belegen und Zitate kennzeichnen.

[B] Bewertungskompetenz

Die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und 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 und 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 Lernende 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.

Physikalisch kompetent bewerten heißt also, über die rein sachliche Beurteilung von physikalischen 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.

Im Leistungskurs können Schülerinnen und Schüler im Bereich der Bewertungskompetenz mehr und komplexere Argumente mit Belegen heranziehen. Auch gelingt es ihnen, eigene Standpunkte differenzierter zu begründen und so besser gegen sachliche Kritik zu verteidigen.

Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Schülerinnen und Schüler können

- aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation erläutern;
- Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlichster Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz beurteilen.

Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Schülerinnen und Schüler können

- anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug entwickeln und gegeneinander abwägen;
- sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil bilden.

Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler können

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

3.2 Unterrichtsinhalte

Jahrgangübergreifende integrative Themen

Physik als Naturwissenschaft

integrativ

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
Verhältnis zu den anderen (Natur-) Wissenschaften <ul style="list-style-type: none"> • Naturbeobachtungen und Experimente als gemeinsamer Kern • Unterschiede der Beobachtungsobjekte zu Biologie und Chemie • Überschneidungen der Naturwissenschaften • Nutzung der Mathematik als Werkzeug • Anwendungswissenschaften • Fachübergreifende Themen mit anderen Wissenschaften • Verhältnis der Physik zur Technik 	
Teilgebiete der Physik <ul style="list-style-type: none"> • Gebiete der klassischen Physik • Gebiete der nichtklassischen Physik • Überschneidungen der Teilgebiete 	

15

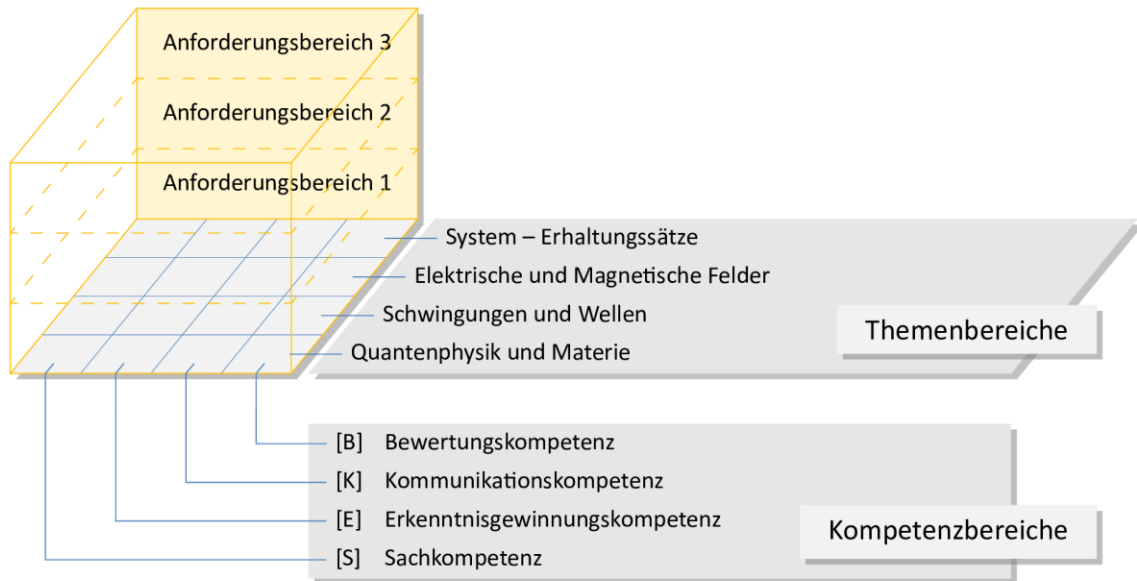
Modelle in der Physik

integrativ

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
Modelle als gedachte Vereinfachung der Realität <ul style="list-style-type: none"> • Grenzen und Potenzen eines Modells • Subjektive Auswahl eines Modells • Gültigkeitsbedingungen für Naturgesetze 	
Historische Entwicklung	
Fundamentalmodelle <ul style="list-style-type: none"> • Teilchen- und Atommodelle • Lichtmodelle • Modelle der Stromleitung • Modell Massenpunkt 	

Physikalische Größen**integrativ**

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
Größen als Produkt von Maßzahl und Maßeinheit	
Steckbrief <ul style="list-style-type: none"> • Definition • Formelzeichen • (Maß)-Einheit 	(Maß)-Einheiten werden mündlich mit Namen und schriftlich mit Kurzzeichen verwendet. Ihre Definition erfolgt in angemessenem Umfang.
SI-Einheitensystem <ul style="list-style-type: none"> • Grundeinheiten • Abgeleitete Einheiten • Einheitenpräfixe 	Es kann auch auf historische Einheiten oder historische Definitionen aktueller Einheiten eingegangen werden.



System – Erhaltungssätze

ca. 15/25 Unterrichtsstunden

System – Erhaltungssätze

ca. 15/25 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Energieformen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potenzielle Energien <ul style="list-style-type: none"> – $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ – $E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$ • Kinetische Energie $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ <p>Energiebilanzen</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Experimente zur Umwandlung mechanischer Energieformen <p>Energieerhaltungssatz</p> <ul style="list-style-type: none"> • $E_{\text{ges}} = \text{const.}$ • Gültigkeitsbedingungen <p>Impuls und Impulserhaltungssatz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impuls als [physikalische Größe] • Vektorieller Charakter • Impulserhaltungssatz $\vec{p}_{\text{ges}} = \text{const.}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Rückstoßexperimente mit verschiedenen Massen • DE: Überprüfung von Impuls- und Energieerhaltung beim Newtonpendel 	<p>Energie, Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad [Physik 7] [Physik 8]</p> <p>Prozess- und Zustandsgrößen müssen unterschieden werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rotationsenergie $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$ <p>Vielfältige Anwendungen und Experimente müssen betrachtet werden. Auch auf nicht mechanische Energieformen muss eingegangen werden. [BNE]</p> <p>Im Grundkurs genügen Berechnungen mit dem Impulserhaltungssatz in einfachen Fällen (z. B. Rückstoß). Anwendungen aus dem Sport und Straßenverkehr müssen betrachtet werden. [PG] [Sport]</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Mechanische Arbeit unter den jeweiligen Gültigkeitsbedingungen:

- $W = \int_{s_1}^{s_2} F(s) ds$
- $W = F \cdot s \cdot \cos(\alpha)$

Zentrale Stöße

- Vollständig elastischer Stoß
- Vollständig unelastischer Stoß
- Energiebetrachtungen
- Interpretation der Stoßgleichungen

Experimente:

- DE: Stoßexperimente
- SE: Fallenlassen eines Basketballs, auf dem ein Tischtennisball liegt (oder ähnlich komplexes System)

Der Zusammenhang zum mathematischen Integralbegriff muss entsprechend der Progression im Mathematikunterricht hergestellt werden. Zu Beginn genügt eine Betrachtung der Fläche unter der Kurve. [Mathematik]

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:

- Herleitung der Stoßgleichungen
- Teilweise elastischer/unelastischer Stoß
- Kraftstoß

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

S: Aufstellen von Energiebilanzen zur Berechnung gesuchter physikalischer Größen

E: Erörtern, inwiefern Energien gemessen werden können

K: Erklären der Funktionsweise einer Rakete

B: Diskutieren der Bedeutung des Impulserhaltungssatzes beim Kugelstoßen

Elektrische und magnetische Felder

ca. 39/70 Unterrichtsstunden

Elektrische Felder

ca. 9/15 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Ladung Q und Stromstärke I als [physikalische Größen]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhang von Ladung und Stromstärke als Änderungsrate bzw. Kumulation • Elementarladung e • Coulomb'sches Gesetz $F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Experimente zur Coulombkraft, z. B. geladene Kugeln an Fäden aufhängen <p>Elektrisches Feld</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feldbegriff • Elektrische Feldstärke \vec{E} als [physikalische Größe] • $\vec{F}_{El} = Q_p \cdot \vec{E}$ • Feldlinienmodell • Feldlinienbilder <ul style="list-style-type: none"> – Homogenes Feld – Radialfeld – Dipolfeld betragsgleicher, ungleichnamiger Ladungen <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Veranschaulichung elektrischer Felder <p>Superposition von elektrischen Feldern</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Experiment zur Superposition von elektrischen Feldern (Simulation) 	<p>Elektrische Kraft [Klasse 8]</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $I = Q'(t)$ und $Q = \int_{t_1}^{t_2} I dt$ <p>Im Grundkurs genügen einfache Berechnungen zum Coulomb'schen Gesetz und die Betrachtung unter der Bedingung $\epsilon_r = 1$.</p> <p>Es genügt eine qualitative Betrachtung des Radialfeldes und des Dipolfeldes. Der Schwerpunkt liegt auf der Betrachtung des homogenen Feldes.</p> <p>Analogie zur Kräfteaddition [Klasse 10] [Mathematik]</p> <p>Im Grundkurs genügt die graphische Superposition von zwei Feldstärkevektoren. Im Leistungskurs muss auch rechnerisch gearbeitet werden.</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Influenz und Abschirmung elektrischer Felder
(Faraday'scher Käfig)
Dielektrische Polarisierung

Experimente:

- DE: Faraday'scher Käfig (auch als Simulation)
- SE: Abschirmung von Handystrahlen durch Alufolie
- SE: Einfache Experimente zur Polarisierung mit Alltagsgegenständen

Arbeit im elektrischen Feld

- $W_{\text{EI}} = Q_p \cdot \Delta\varphi = Q_p \cdot U$
- Elektrisches Potenzial φ als Analogon zur Feldstärke
- Spannung als Potentialdifferenz
- Nutzung der Einheit Elektronenvolt (eV)

Experimente:

- DE: Nachweis der Arbeit im elektrischen Feld mit Glimmlampen oder elektrischem Glockenspiel

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S: Vergleichen des Coulomb'schen Gesetzes und des Gravitationsgesetzes [Physik 10]
E: Interpretieren des Feldlinienbildes zweier betragsungleicher Punktladungen
K: Erklären einer Bahn beim Elektrischen Hockey (Simulation)
B: Bewerten von baulichen Maßnahmen zur Verbesserung des Handyempfangs in Gebäuden

Kondensator

ca. 12/15 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Kondensator als Ladungsspeicher</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von Kondensatoren <ul style="list-style-type: none"> – Allgemein – Plattenkondensator • Kapazität C als [physikalische Größe] <ul style="list-style-type: none"> – $Q = C \cdot U$ – Plattenkondensator $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ • Anwendung von Kondensatoren in Sensoren <p>Kondensator als Energiespeicher</p> <ul style="list-style-type: none"> • $E_{\text{El}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ • Vergleich mit Akkumulatoren <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Nutzung eines Kondensators als portablen Energiespeicher 	<p>Die Bedeutung der Dielektrizitätszahl ϵ_r muss auch für allgemeine Kondensatoren besprochen werden.</p> <p>Die Bedeutung von Kondensatoren als kleine bzw. große Energiespeicher in verschiedenen Anwendungen und für die Gesamtstromversorgung muss besprochen werden. [BNE] [BO]</p>
<p>Elektrisches Feld im Plattenkondensator</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feldstärke $E = \frac{U}{d}$ • Potentielle Energie $W_{\text{El}} = Q_p \cdot U \cdot \frac{s}{d}$ • Millikanversuch <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Millikanversuch 	<p>Es genügt, den Schwebezustand beim Millikanversuch zu betrachten.</p> <p>Der Millikanversuch kann auch als Simulation oder Modellversuch mit Watte in einem horizontalen Plattenkondensator durchgeführt werden.</p>
<p>Auf- und Entladevorgang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stromstärke beim Aufladen (qualitativ) • Stromstärke beim Entladen (quantitativ): <ul style="list-style-type: none"> – $I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$, $I(t)$-Diagramm • Einfluss der Parameter R und C <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Untersuchen der Entladekurve $I(t)$ eines Kondensators • DE: Untersuchen der Entladekurven für verschiedene Werte von R bzw. C 	<p>Auf die Änderung der Stromrichtung beim Wechsel von Aufladen zu Entladen muss eingegangen werden.</p> <p>Im Grundkurs genügt die qualitative Betrachtung des Einflusses der Parameter R und C.</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Auf- und Entladevorgang

- Spannung und Stromstärke beim Aufladen (quantitativ):

$$- U(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$- I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

- Spannung beim Entladen (quantitativ):

$$- U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}, U(t)\text{-Diagramm}$$

- Verhältnis der Diagramme zueinander

Experimente:

- SE: Untersuchen der Auf- und Entladekurve $U(t)$ eines Kondensators im selben Aufbau
- DE: Nutzung eines Kondensators zur Zeitverzögerung bzw. Glättung

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

S: Bestimmen der Ladung eines Kondensators aus dem $I(t)$ -Diagramm

E: Diskutieren der Schwierigkeiten bei der ausschließlichen Betrachtung des Schwebezustands beim Millikanversuch

K: Beschreiben des Aufbaus und Erklären der Funktionsweise eines Defibrillators in Bezug auf verwendete Kondensatoren

B: Ableiten von Handlungsempfehlungen aus dem Vergleich von Kondensatoren und anderen elektrischen Energiespeichern [BNE] [BO]

Magnetische Felder und Induktion

ca. 9/20 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Lorentzkraft</p> <ul style="list-style-type: none"> • $F_L = I \cdot \ell \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ • $F_L = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ • UVW-Regel [Mathematik] <p>Magnetische Flussdichte B als [physikalische Größe]</p> <p>Magnetischer Fluss $\Phi = A \cdot B$</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Experiment zur UVW-Regel 	<p>Magnetische Kraft [Klasse 7]</p> <p>Im Grundkurs genügt die Betrachtung der Fälle $\ell \perp B$ und $\ell \parallel B$ bzw. $v \perp B$ und $v \parallel B$ ohne den Faktor $\sin(\alpha)$. [Mathematik]</p> <p>Es genügt, die magnetische Flussdichte B als Maß für die Stärke eines Magnetfeldes zu betrachten, die magnetische Feldstärke H muss nicht eingeführt werden.</p>
<p>Magnetische Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feldbegriff • Feldlinienbilder <ul style="list-style-type: none"> – Homogenes Feld – Stromdurchflossene Spule • Erdmagnetfeld • Magnetfeld einer langen, stromdurchflossenen Spule: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Inklination des Erdmagnetfeldes • SE: Vergleich der magnetischen Flussdichte verschiedener Spulen • DE: Untersuchung des magnetischen Feldes einer langen Spule 	<p>Feldlinienbilder [Klasse 9]</p> <p>Die magnetischen Flussdichten der Erde und typischer technischer Geräte müssen verglichen werden.</p> <p>Die Diskussion der Homogenität des Magnetfeldes einer langen Spule sowie die Betrachtung von kurzen Spulen muss nur im Leistungskurs erfolgen.</p>
<p>Induktionsgesetz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $U = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, Geltungsbedingungen • Lenz'sche Regel <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Aufnahme einer sinusförmigen Wechselspannung am Generator • DE: Experimente zur Lenz'schen Regel 	<p>[Physik 9]</p> <p>Im Grundkurs genügen Berechnungen zum Induktionsgesetz in einfachen Fällen, insbesondere $A = \text{const.}$ bzw. $B = \text{const.}$</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Induktionsgesetz: $U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$

Selbstinduktion

Experimente:

- DE: Nachweis der Selbstinduktion

Induktivität L als [physikalische Größe]

- $U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$
- Induktivität einer langen Spule $L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{\ell}$
- Spule als Energiespeicher: $E_{\text{magn}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$

Ein- und Ausschaltvorgang Spule

- $I(t)$ -Diagramm beim Einschaltvorgang
- Analogien der mathematischen Zusammenhänge zu Auf- und Entladevorgang beim Kondensator

Experimente:

- DE: Gleichzeitiges Ein- bzw. Ausschalten von zwei Lampen, eine mit und eine ohne in Reihe geschaltete Spule
- DE: Aufnahme des $I(t)$ -Diagramms beim Einschaltvorgang

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S:** Berechnen der Induktionsspannung für einfache Versuchsanordnungen und -durchführungen
- E:** Vermessen des magnetischen Feldes innerhalb und am Rand einer langen Spule
- K:** Erläutern, wie die Parameter einer sinusförmigen Induktionsspannung verändert werden können
- B:** Beurteilen von Aussagen zur Funktionsweise einer Magnetschwebebahn in gegebenen Quellen [MD6]

Die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Inhalte können bereits bei der Bearbeitung der entsprechenden Themen elektrisches Feld bzw. magnetisches Feld Berücksichtigung finden.

Bewegung geladener Teilchen in Feldern

ca. 9/20 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Bewegung elektrisch geladener Teilchen in homogenen, elektrischen Längs- und Querfeldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronenstrahlröhre • Linearbeschleuniger • Ablenkung im Querfeld (Bahnform) • Nutzung der Einheit Elektronenvolt (eV) <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Bewegung von Elektronen in einer Elektronenstrahlröhre <p>Kreisbewegung von elektrisch geladenen Teilchen in homogenen Magnetfeldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung der spezifischen Ladung <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: $\frac{e}{m_e}$-Bestimmung im Fadenstrahlrohr (auch als Simulation) • DE: Schraubenbahn 	<p>Die Gleichungen für die kinetische Energie und Geschwindigkeit eines im elektrischen Längsfeld beschleunigten Teilchens in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung müssen hergeleitet werden.</p> <p>Es müssen auch weitere Anwendungen qualitativ erwähnt werden, z. B. Wehneltzylinder, elektrische Gasreinigung.</p> <p>Im Grundkurs genügt die Betrachtung der Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons.</p> <p>Weitere prinzipielle technische Anwendungen wie Zyklotron oder Synchrotron müssen im Grundkurs überblicksweise und im Leistungskurs vertieft betrachtet werden. Des Weiteren müssen auch konkrete wissenschaftlich-technische Forschungseinrichtungen wie DESY oder CERN thematisiert werden. [DRF] [BO] [MD1] [MD3]</p>
<p><i>zusätzlich für den Leistungskurs</i></p>	
<p>Bewegung elektrisch geladener Teilchen in homogenen Querfeldern (quantitativ)</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Untersuchung der Abhängigkeit der Ablenkung von Beschleunigungs- bzw. Ablenkungsspannung <p>Bewegung von geladenen Teilchen in gekreuzten Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Massenspektrograph mit Geschwindigkeitsfilter • Halleffekt, Hallsonde <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Massenspektrograph (Simulation) [MD5] [MD6] 	<p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oszilloskop

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S:** Erklären der Elektronenbahn in einem elektrischen Querfeld
- E:** Nennen von möglichen Verfahrensfehlern bei der $\frac{e}{m_e}$ -Bestimmung im Fadenstrahlrohr
- K:** Beschreiben und Erklären des Aufbaus des Linearbeschleunigers TESLA anhand von Quellen
- B:** Reflektieren der Bewertung von Massenspektrographergebnissen in Gerichtsverfahren

Schwingungen und Wellen

ca. 39/65 Unterrichtsstunden

Mechanische und elektromagnetische Schwingungen

ca. 15/25 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begriffe Schwingung, schwingungsfähiges System und Schwingungsebene • Unterscheidung nach verschiedenen Eigenschaften <p>Mechanische Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auslenkung $y(t)$ • Kenngrößen <ul style="list-style-type: none"> – Amplitude y_{\max} – Periodendauer T – Frequenz $f = \frac{1}{T}$ • $y(t)$-Diagramm <p>Harmonische Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsgesetze <ul style="list-style-type: none"> – $y(t) = y_{\max} \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$ – $v(t) = v_{\max} \cdot \cos(2\pi f \cdot t)$ • Federschwinger $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$ • Energieumwandlungen <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Schwingungsfähige Systeme • SE: Bestimmung der Kenngrößen einer mechanischen Schwingung • DE: Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Federkonstante • SE: Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Masse <p>Elektromagnetische Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und prinzipielle Funktionsweise eines elektromagnetischen Schwingkreises • Energieumwandlungen analog zu den mechanischen Schwingungen <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Zeitliche Veränderung von Spannung und Stromstärke im elektromagnetischen Schwingkreis 	<p>Vielfältige schwingungsfähige Systeme, auch nicht harmonische Schwingungen aus der Natur und Technik müssen thematisiert werden. Im Grundkurs genügt die Betrachtung ungedämpfter Schwingungen.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwebungen <p>Federspannkraft $\vec{F}_R = -D \cdot \vec{y}$ [Physik 7]</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwendung der Kosinusfunktion für die Auslenkung [Mathematik] • Phasenverschiebung • Zusammenhang von y_{\max}, v_{\max} und f <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschlossener vs. offener Schwingkreis

zusätzlich für den Leistungskurs

Harmonische Schwingungen

- $a(t) = a_{\max} \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$
- Zusammenhang zum linearen Kraftgesetz

Fadenpendel

- $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ mit Gültigkeitsbedingungen
- Energieumwandlungen

Experimente:

- SE: Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Pendellänge
- DE: Unzulässigkeit der Kleinwinkelnäherung für große Amplituden

Elektromagnetischer Schwingkreis

- Kenngrößen analog zu den mechanischen Schwingungen
- Thomson'sche Schwingungsgleichung
 $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Experimente:

- DE: Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines Schwingkreises von C oder L

Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen

- Beteiligte Energieformen
- Verknüpfung der Energieformen

Gedämpfte Schwingungen

- Darstellung im $y(t)$ - bzw. $u(t)$ - und $i(t)$ -Diagramm, Einhüllende Kurve
 - $y(t) = y_{\max} \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$
 - $u(t) = u_{\max} \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$
 - $i(t) = i_{\max} \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$
- Ursachen der Dämpfung

Experimente:

- DE: Aufnahme eines $y(t)$ -Diagramms einer gedämpften mechanischen Schwingung
- DE: Aufnahme eines $u(t)$ - bzw. $i(t)$ -Diagramms einer gedämpften elektromagnetischen Schwingung

Resonanz bei erzwungenen Schwingungen

- Eigenfrequenz f_0 und Erregerfrequenz f_E
- Resonanzkurve $y_{\max}(f_E)$, Resonanzkatastrophe

Das Kraftgesetz muss an mindestens einem Beispiel untersucht werden.

Die Kleinwinkelnäherung muss thematisiert werden.

Die Prozesse der Energieumwandlung insbesondere im elektromagnetischen Schwingkreis müssen detailliert betrachtet werden.

Auf die Anwendungen gedämpfter Schwingungen muss eingegangen werden, insbesondere in sicherheitskritischen Bereichen [BO] [PG], z. B. Stoßdämpfer.

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:

- Rückkopplungsprinzip [Erzwungene Schwingungen]
- Differentialgleichungen

Reale Fälle von gefährlichen Resonanzkatastrophen müssen thematisiert werden. [MD1] [BO]

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S:** Interpretieren der Gleichungen von Federschwinger bzw. Schwingkreis
- E:** Erklären, wie der Einfluss der Hand-Augen-Koordinaten/Reaktionszeit auf die relative Messunsicherheit bei der Bestimmung der Schwingungsdauer eines Pendels verringert werden kann
- K:** Beschreiben der Energieumwandlungen in einem Schwingkreis
- B:** Reflektieren der Bedeutung von Stoßdämpfern bei Autos

Die Betrachtung der mechanischen und elektromagnetischen Wellen kann auch getrennt nacheinander erfolgen.

Mechanische und elektromagnetische Wellen

ca. 12/15 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Entstehung von mechanischen und elektromagnetischen Wellen</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Erzeugung und Ausbreitung einer Schallwelle (auch als Simulation [MD5]) • DE: Nachweis der Unterbrechung elektromagnetischer Wellen im Alltagsumfeld (Handy, Fernbedienung, ...) <p>Begriffe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welle • Auslenkung $y(x, t)$ • Kenngrößen <ul style="list-style-type: none"> – Kenngrößen der Schwingung – Wellenlänge λ – Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$ • Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit vom Medium • Harmonische Wellen (qualitativ) • Lineare, ebene und räumliche Wellen • Longitudinal- und Transversalwellen <ul style="list-style-type: none"> – Mechanische Wellen als Longitudinal- oder Transversalwellen – Elektromagnetische Wellen als Transversalwellen <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Bestimmung der Kenngrößen einer Seilwelle • DE: Mechanische Wellen mit verschiedenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten • SE: Erzeugung von Longitudinal- und Transversalwellen mit einer Schraubenfeder (Slinky) <p>Lineare Polarisation</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Lineare Polarisation von Seilwellen • DE: Lichtverlauf durch Polarisator und Analysator 	<p>Der Schwerpunkt liegt auf der Entstehung mechanischer Wellen. Die Bedeutung der Kopplung und Vielfalt möglicher Kopplungen muss thematisiert werden.</p> <p>Auf die Prozesse bei der Abstrahlung elektromagnetischer Wellen muss nicht eingegangen werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abstrahlung elektromagnetischer Wellen am offenen Schwingkreis <p>Für die Veranschaulichung und Kategorisierung von Wellen dienen vor allem Seilwellen, Schallwellen und Wasserwellen bzw. das Licht.</p> <p>Das Formelzeichen c wird für die Ausbreitungsgeschwindigkeit sowohl mechanischer als auch elektromagnetischer Wellen verwendet. Auf die Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit für die Ausbreitung aller elektromagnetischen Wellen muss eingegangen werden. [Astronomie]</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simulation mechanischer Wellen [MD5] • Seismische Wellen [PG] [Geografie] • Dopplereffekt <p>Auf die Polarisierbarkeit als Unterscheidungsmerkmal von Transversal- und Longitudinalwellen muss eingegangen werden.</p> <p>Vorkommen und Anwendungen polarisierten Lichts in Natur und Technik müssen erwähnt werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zirkulare Polarisation • Spannungsoptik

<p>Elektromagnetisches Spektrum</p> <ul style="list-style-type: none"> Natürliche und technische Anwendungen der jeweiligen Spektralbereiche 	<p>[Astronomie]</p> <p>Auf die Bedeutung der Hertz'schen Wellen für die historisch-technische Entwicklung der Informationsübertragung muss eingegangen werden. [Geschichte] [Informatik] [MD5]</p>		
<p><i>zusätzlich für den Leistungskurs</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td data-bbox="188 479 805 871"> <p>Mathematische Beschreibung von Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> Gleichung der harmonischen Welle $y(x, t) = y_{\max} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$ $y(t)$-Diagramm an einem Ort $y(x)$-Diagramm zu einem Zeitpunkt <p>Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$</p> </td> <td data-bbox="805 479 1422 871"> <p>Es müssen auch Zeiträume betrachtet werden, an denen die Welle noch nicht am betrachteten Ort angekommen ist. Es müssen auch Orte betrachtet werden, die die Welle zum betrachteten Zeitpunkt noch nicht erreicht hat.</p> <p>Würdigung von James Clerk Maxwell</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> Möglichkeiten der Messung der Lichtgeschwindigkeit </td> </tr> </table>		<p>Mathematische Beschreibung von Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> Gleichung der harmonischen Welle $y(x, t) = y_{\max} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$ $y(t)$-Diagramm an einem Ort $y(x)$-Diagramm zu einem Zeitpunkt <p>Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$</p>	<p>Es müssen auch Zeiträume betrachtet werden, an denen die Welle noch nicht am betrachteten Ort angekommen ist. Es müssen auch Orte betrachtet werden, die die Welle zum betrachteten Zeitpunkt noch nicht erreicht hat.</p> <p>Würdigung von James Clerk Maxwell</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> Möglichkeiten der Messung der Lichtgeschwindigkeit
<p>Mathematische Beschreibung von Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> Gleichung der harmonischen Welle $y(x, t) = y_{\max} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$ $y(t)$-Diagramm an einem Ort $y(x)$-Diagramm zu einem Zeitpunkt <p>Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$</p>	<p>Es müssen auch Zeiträume betrachtet werden, an denen die Welle noch nicht am betrachteten Ort angekommen ist. Es müssen auch Orte betrachtet werden, die die Welle zum betrachteten Zeitpunkt noch nicht erreicht hat.</p> <p>Würdigung von James Clerk Maxwell</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> Möglichkeiten der Messung der Lichtgeschwindigkeit 		

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S:** Berechnen der Auslenkung zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort
- E:** Beurteilen, inwiefern sich ein Verkehrsstau als mechanische Welle beschreiben lässt
- K:** Erläutern, wieso sich Seilwellen polarisieren lassen, Schallwellen in Luft aber nicht
- B:** Darstellen, wie die technische Nutzung elektromagnetischer Wellen zur Globalisierung beigetragen hat [Sozialkunde] [Geschichte] [Geographie]

Phänomene bei der Ausbreitung von Wellen

ca. 12/25 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Reflexion, Brechung und Beugung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reflexionsgesetz: $\alpha = \alpha'$ • Brechungsgesetz: $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$, Totalreflexion • Beugung als Eindringen von Wellen in den vermeintlichen Schattenbereich. <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Nachweis von Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz und Beugung <p>Stehende Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstruktive und Destruktive Superposition • Kohärenz, Kohärenzbedingung <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle <p>Interferenz am Doppelspalt und Gitter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spaltabstand/Gitterkonstante d • Gangunterschied kohärenten Lichts • Lage der Maxima $- \frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{s_k}{e_k} = \sin(\alpha_k), k \in \mathbb{N}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Interferenzmuster bei Schall- oder Wasserwellen • DE: Erzeugung eines kontinuierlichen Gitterspektrums • SE: Vergleich der diskreten Gitterspektren von Licht verschiedener Wellenlänge • SE: Bestimmung der Wellenlänge monochromatischem Lichts 	<p>Der Schwerpunkt liegt auf dem experimentellen Nachweis der Phänomene und der qualitativen Anwendung in verschiedenen Situationen in Alltag, Natur und Technik. Dabei soll das Verständnis entwickelt werden, dass gleiche Phänomene im gesamten elektromagnetischen Spektrum und bei mechanischen Wellen beobachtbar sind.</p> <p>Der Schwerpunkt liegt auf eindimensionalen stehenden Wellen.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chladni'sche Klangfiguren • Mikrowellenofen • Messung der Lichtgeschwindigkeit <p>Die Kleinwinkelnäherung kann im Grundkurs einfach verwendet werden und muss im Leistungskurs kritisch diskutiert werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss der Spaltbreite

zusätzlich für den Leistungskurs

Huygens'sches Prinzip

- Wellenfront und Wellennormale
- Elementarwelle

Stehende Wellen durch Reflexion

- Grund- und Oberschwingungen [Musik]
- Unterschied zwischen festen und freien Enden (qualitativ)

Beugung und Interferenz am Einzelspalt

- Lage der Minima
 - $\frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{s_k}{e_k} = \sin(\alpha_k), k \in \mathbb{N}$
- Lage der Maxima
 - $\frac{(2k+1) \cdot \lambda}{2d} = \frac{s_k}{e_k} = \sin(\alpha_k), k \in \mathbb{N}$

Experimente:

- DE: Interferenzmuster am Einzelspalt mit monochromatischem Licht

Interferometer

- Aufbau und Funktionsweise eines Mach-Zehnder-Interferometers

Es genügt die detaillierte Erklärung eines Wellenphänomens mit dem Huygens'schen Prinzip.

Der Schwerpunkt liegt auf der Reflexion am beiderseits festen Ende (siehe Potenzialtopfmodell).

Es genügt die Betrachtung mit monochromatischem Licht.

Auf die Betrachtung von Phasensprüngen kann verzichtet werden.

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S:** Planen, Durchführen und Auswerten eines Experimentes zur Bestimmung der Wellenlänge monochromatischen Lichts mit einem Gitter
- E:** Reflektieren der mikroskopischen und makroskopischen Überprüfbarkeit des Huygens'schen Prinzips
- K:** Exzerpieren eines Textes zur technischen Entwicklung optischer Speichermedien von CDs über DVDs zu Blu-ray Discs
- B:** Beurteilen von Darstellungen stehender Wellen in Musikinstrumenten

Quantenphysik und Materie

ca. 27/50 Unterrichtsstunden

Quantenobjekte

ca. 12/20 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Äußerer lichtelektrischer Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einstein'sche Gerade • $E_{\text{kin}} = h \cdot f - W_A$ • Planck'sches Wirkungsquantum h <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Hallwachs-Versuch mit Elektroskop (auch als Simulation) • SE: Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums (auch als Simulation) <p>Grundvorstellungen der Quantentheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stochastische Vorhersagbarkeit von Messergebnissen (Zufälligkeit einzelner Messergebnisse, Determiniertheit der Verteilung vieler Messergebnisse) • Interferenz und Superposition von Zuständen (z. B. Spaltdurchgang, Polarisation) • Komplementarität von Welcher-Weg-Information und Auftreten von Interferenzmustern <p>Grenzen bei Verallgemeinerung auf andere Teilchen und Körper und Vergleich mit Alltagsvorstellungen</p> <p>Experimente: DE: Doppelspaltexperimente mit Elektronen und Photonen (Simulation)</p>	<p>Der Schwerpunkt liegt auf der Interpretation in Hinblick auf den Zusammenhang von Energie und Frequenz der gequantelten Photonen.</p> <p>Auf die Konsequenzen der h-Bestimmung im Rahmen der Änderungen des SI-Systems durch die 26. CGPM kann eingegangen werden.</p> <p>Diese Grundvorstellungen und Aspekte müssen durch die Betrachtung von Doppelspaltversuchen mit Elektronen und Photonen aufgebaut werden. Dafür sind folgende historische bzw. archetypische Versuche geeignet: Taylor-Versuch, Jönsson-Versuch, Tonomura-Versuch, Interferenzversuche mit großen bzw. schweren Teilchen, z. B. Ionen, Fullerenen.</p> <p>Bei der Betrachtung der Grundvorstellungen der Quantentheorie muss auch auf die Aspekte Realität, Lokalität und Kausalität eingegangen werden.</p>
<p>Elektronen und Photonen als Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus • $p = \frac{h}{\lambda}$ bzw. $\lambda = \frac{h}{p}$ • $E = h \cdot f$ bzw. $f = \frac{E}{h}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Bestimmung der de-Broglie-Wellenlänge von Elektronen an einer Elektronenbeugungsröhre (Simulation) 	<p>Beim Welle-Teilchen-Dualismus muss darauf eingegangen werden, dass Quantenobjekte nicht-klassische Eigenschaften haben und weder Teilchen noch Welle sind.</p> <p>Es genügen nichtrelativistische Betrachtungen für Elektronen und andere massebehaftete Teilchen: $E = \frac{p^2}{2m}$.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronen-, Neutronen-, Ionenmikroskope

*zusätzlich für den Leistungskurs*Wellenfunktion Ψ (qualitativ)

- Deutung des Betragsquadrates als Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte

Quantenphysikalische Effekte

- Verschränkung von Quantenobjekten
 - Koinzidenzmethoden zum Nachweis einzelner Photonen
 - Unmöglichkeit der Informationsübertragung
- Diskussion von Kausalität und Lokalität
- Einfluss der Messung auf das Messergebnis
 - Delayed-Choice-Experimente
 - Präparation

Experimente:

- DE: Mach-Zehnder-Interferometer mit Einzelphotonen (Simulation/Gedankenexperiment)

Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation

- $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$
- Qualitative Aussagen

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:

- Andere Observablen
- Deutung des Erwartungswertes

Die Unbestimmtheitsrelation muss sowohl in Bezug auf die Messbarkeit als auch die Realität interpretiert werden. Auf Berechnungen von Unbestimmtheiten kann verzichtet werden.

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

- S:** Erklären der Beobachtungen bei Doppelspaltexperimenten mit Hilfe des Welle-Teilchen-Dualismus' von Elektronen
- E:** Bewerten der Genauigkeit der experimentellen Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums
- K:** Diskutieren, ob ein gegebener Lichtstrahl aus Lichtteilchen oder Lichtwellen besteht
- B:** Erläutern von Feynmans Zitat „Wer glaubt, die Quantentheorie verstanden zu haben, hat sie nicht verstanden.“ im Hinblick auf den scheinbaren Widerspruch von Quantenphysik und klassischer Physik [BTV]

Atomvorstellungen

ca. 15/30 Unterrichtsstunden

34

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Struktur des Atoms</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überblick über die historische Entwicklung von Atommodellen • Quantenphysikalischer Charakter des Elektrons im Atom <ul style="list-style-type: none"> – Diskrete Energieniveaus – Orbitale als Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Linienspektrum einer Dampfampe als Veranschaulichung diskreter Energieniveaus <p>Energiestufenmodell</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hauptquantenzahl n • Energiewerte des Wasserstoffatoms $E_n = -\frac{m \cdot e^4}{8 \cdot h^2 \cdot \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$ <ul style="list-style-type: none"> • Energieniveauschema <p>Wechselwirkung von Atomen mit Photonen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung von Linienspektren (Absorption und Emission) durch quantenhafte Emission und Absorption • Berechnung von Emissions- und Absorptionsvorgängen und Veranschaulichung im Energieniveauschema • Ionisierungsenergie <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Vergleich von monochromatischen und polychromatischen Spektren, z. B. Laser, Leuchtstoffröhre, weiße LEDs, RGB-LEDs 	<p>Begriffe und Größenverhältnisse des Atoms [Physik 10]</p> <p>Die Atommodelle bis Rutherford müssen nur kurz erwähnt werden. Das Bohr'sche Atommodell muss nur bezüglich seiner Kernaussagen und Grenzen betrachtet werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantenzahlen n, l und m in Bezug zu den Orbitalen <p>Die Verwendung des Begriffs Quantensprung in außerphysikalischen Kontexten kann kritisch betrachtet werden. [BTV]</p> <p>Energieniveauschemen müssen skaliert dargestellt werden. Unterbrochene Achsen können verwendet werden.</p> <p>Energieniveauschemen anderer Stoffe als Wasserstoff müssen betrachtet werden.</p> <p>Das Sonnenspektrum muss betrachtet werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktionsprinzip des Lasers
<p><i>zusätzlich für den Leistungskurs</i></p> <p>Franck-Hertz-Versuch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung mit verschiedenen Gasen • $I(U_B)$-Kurve <p>Experimente</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Franck-Hertz-Versuch <p>Modell des eindimensionalen Potenzialtopfes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wellenfunktionen $\Psi_n(x)$ und Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron im Potentialtopf • Energiewerte für wasserstoffähnliche Atome $E_n = \frac{h^2}{8mL^2} \cdot n^2$ 	

Der Bezug zu stehenden Wellen zwischen beiderseits festen Enden muss hergestellt werden. Es genügt, den Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden zu betrachten. Die begrenzte Gültigkeit dieser Vorstellung unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation muss besprochen werden.

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:

- Tunneleffekt

<p>Ausblick auf Mehrelektronensysteme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantenzahlen n, l, m und s • Pauli-Prinzip • Zusammenhang zum Periodensystem der Elemente [Chemie] <p>Röntgenstrahlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Röntgenröhre • Röntgenspektrum mit Bremsstrahlung und charakteristischer Strahlung • Kurzwellige Grenze <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Röntgenspektrum (Simulation) 	<p>Anwendung der Röntgenstrahlung für bildgebende Verfahren und andere Untersuchungen [BO] [PG]</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Röntgenbeugung, Bragg-Gleichung • Weitere Bildgebende Verfahren: MRT, Ultraschall, Szintigraphie
--	--

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und prozessbezogenen Kompetenzen:

S: Erklären eines Emissionsspektrums anhand eines Energieniveauschemas

E: Interpretieren der $|\Psi(r)|^2$ - r -Kurve eines angeregten Wasserstoffatoms

K: Recherchieren und Präsentieren von Informationen zur Fluoreszenz oder Phosphoreszenz

B: Diskutieren des Verhältnisses von Elektronenbahn- und Orbitalvorstellungen zur makroskopischen Alltagsvorstellung

Das Physikalische Praktikum kann zusammenfassend und systematisierend als Blockpraktikum durchgeführt werden oder bei der Bearbeitung der einzelnen Themen berücksichtigt werden.

Physikalisches Praktikum

9/15 Stunden oder integrativ

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten	<p>Hier können verpflichtend im Rahmenplan genannte aber auch weiterführende Experimente aufgegriffen werden.</p> <p>Des Weiteren sind Experimente aus weiteren Themenbereichen möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wechselstromtechnik • Elektronik • Klimaphysik • Thermodynamik • Akustik • Astrophysik, Geophysik, Biophysik, Physikalische Chemie

4 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung

4.1 Gesetzliche Grundlagen

Die Leistungsbewertung erfolgt auf der Grundlage der folgenden Rechtsvorschriften in den jeweils geltenden Fassungen:

- [Oberstufen- und Abiturprüfungsverordnung \(Abiturprüfungsverordnung – APVO M-V\)](#) vom 19. Februar 2019
- [Förderung von Schülerinnen und Schülern mit besonderen Schwierigkeiten im Lesen, im Rechtschreiben oder im Rechnen](#) (Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur)

4.2 Allgemeine Grundsätze

Leistungsbewertung umfasst mündliche, schriftliche und gegebenenfalls praktische Formen der Leistungsermittlung. Den Schülerinnen und Schülern muss im Fachunterricht die Gelegenheit dazu gegeben werden, Kompetenzen, die sie erworben haben, wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen zu üben und unter Beweis zu stellen. Die Lehrkräfte begleiten den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler, indem sie ein positives und konstruktives Feedback zu den erreichten Lernständen geben und im Dialog und unter Zuhilfenahme der Selbstbewertung der Schülerin beziehungsweise dem Schüler Wege für das weitere Lernen aufzeigen.

Es sind grundsätzlich alle Kompetenzbereiche bei der Leistungsbewertung angemessen zu berücksichtigen. Das Beurteilen einer Leistung erfolgt in Bezug auf verständlich formulierte und der Schülerin beziehungsweise dem Schüler bekannte Kriterien, nach denen die Bewertung vorgenommen wird. Die Kriterien zur Leistungsbewertung ergeben sich aus dem Zusammenspiel der im Rahmenplan formulierten Kompetenzen und ausgewiesenen Inhalte.

Anforderungsbereiche und allgemeine Vorgaben für Klausuren

Ausgehend von den verbindlichen Themen, zu denen erworbene Kompetenzen nachzuweisen sind, wird im Folgenden insbesondere benannt, nach welchen Kriterien die Klausuren zu gestalten und die erbrachten Leistungen zu bewerten sind. Die Klausuren sind so zu gestalten, dass sie Leistungen in den drei Anforderungsbereichen erfordern.

Obwohl sich weder die Anforderungsbereiche scharf gegeneinander abgrenzen noch die zur Lösung einer Aufgabe erforderlichen Teilleistungen in jedem Einzelfall eindeutig einem bestimmten Anforderungsbereich zuordnen lassen, kann die Berücksichtigung der Anforderungsbereiche wesentlich dazu beitragen, ein ausgewogenes Verhältnis der Anforderungen zu erreichen, die Durchschaubarkeit und Vergleichbarkeit der Aufgaben zu erhöhen sowie die Bewertung der Leistungen transparent zu machen.

Die Zuordnung zu den Anforderungsbereichen hängt davon ab, ob die jeweils aufgeworfene Problematik eine selbstständige Auswahl unter Bearbeitungsansätzen in einem durch Übung bekannten Zusammenhang erfordert oder ob kreatives Erarbeiten, Anwenden und Bewerten in komplexeren und neuartigen Zusammenhängen erwartet wird. Sie ist abhängig vom vorangegangenen Unterricht bzw. von im Lehrplan verbindlich vorgeschriebenen Zielen und Inhalten sowie von der Leistungsfähigkeit zugelassener Hilfsmittel.

Anforderungsbereich I umfasst

- das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang,
- die Verständnissicherung sowie
- das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

Anforderungsbereich II umfasst

- das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und
- das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.

Anforderungsbereich III umfasst

- das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Schülerinnen und Schüler selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Die mündlichen und schriftlichen Leistungsanforderungen sind im Verlauf der Oberstufe schrittweise den Anforderungen in der Abiturprüfung anzupassen.

Die Stufung der Anforderungsbereiche dient der Orientierung auf eine in den Ansprüchen ausgewogene Aufgabenstellung und ermöglicht so, unterschiedliche Leistungsanforderungen in den einzelnen Teilen einer Aufgabe nach dem Grad des selbstständigen Umgangs mit Gelerntem einzuordnen.

Der Schwerpunkt der zu erbringenden Leistungen liegt im Anforderungsbereich II. Darüber hinaus sind die Anforderungsbereiche I und III zu berücksichtigen. Auf Grundkursniveau sind die Anforderungsbereiche I und II, auf Leistungskursniveau die Anforderungsbereiche II und III stärker zu akzentuieren.

Unterschiedliche Anforderungen in den Klausuraufgaben auf Grundkurs- und Leistungskursniveau ergeben sich vor allem hinsichtlich der Komplexität des Gegenstandes, des Grades der Differenzierung und der Abstraktion, der Beherrschung der Fachsprache und der Methoden sowie der Selbstständigkeit bei der Lösung der Aufgaben.

Die in den Arbeitsaufträgen verwendeten Operatoren müssen in einen Bezug zu den Anforderungsbereichen gestellt werden, wobei die Zuordnung vom Kontext der Aufgabenstellung und ihrer unterrichtlichen Einordnung abhängig und damit eine eindeutige Zuordnung zu nur einem Anforderungsbereich nicht immer möglich ist.

Eine Bewertung mit „gut“ (11 Punkte) setzt voraus, dass annähernd vier Fünftel der Gesamtleistung erbracht worden sind, wobei Leistungen in allen drei Anforderungsbereichen erbracht worden sein müssen. Eine Bewertung mit „ausreichend“ (05 Punkte) setzt voraus, dass über den Anforderungsbereich I hinaus auch Leistungen in einem weiteren Anforderungsbereich und annähernd die Hälfte der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind.

4.3 Fachspezifische Grundsätze

Bei der Leistungsbewertung sind alle vier Kompetenzbereiche angemessen zu berücksichtigen.

Insbesondere soll auch das Experimentieren Bestandteil mündlicher, schriftlicher und praktischer Leistungsfeststellungen sein.

Klausuren

Eine Klausur besteht aus mehreren unabhängig voneinander bearbeitbaren Aufgaben, die in Teilaufgaben gegliedert sind. Die Teilaufgaben sollen nicht beziehungslos nebeneinanderstehen, aber doch so unabhängig voneinander sein, dass eine Fehlleistung – insbesondere am Anfang – nicht die weitere Bearbeitung der Aufgabe stark erschwert. Außerdem soll darauf geachtet werden, dass durch die Teilaufgaben nicht ein Lösungsweg zwingend vorgezeichnet wird.