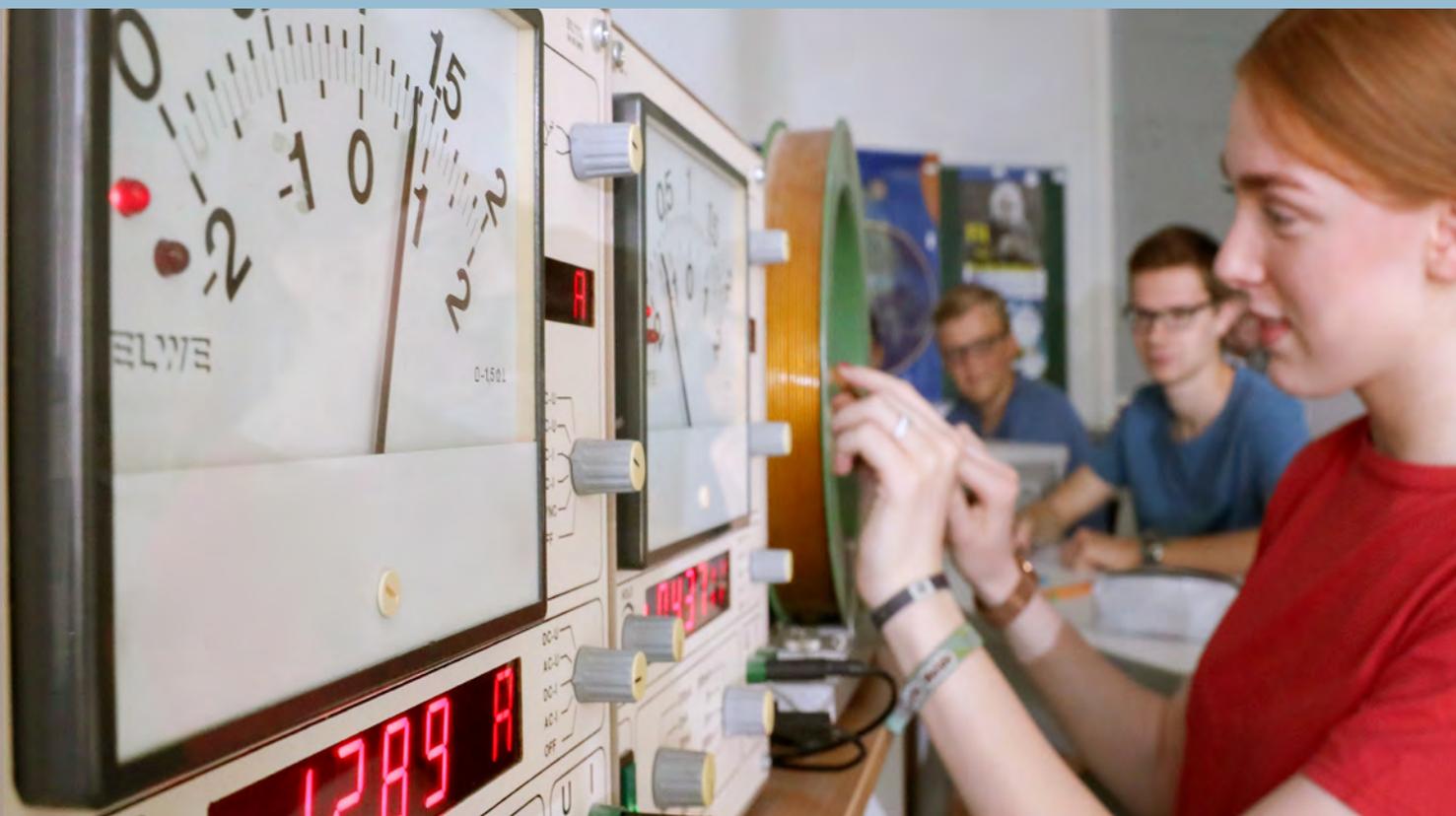


Rahmenplan

für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe



Physik
2019

**Mecklenburg
Vorpommern** 

Ministerium für Bildung,
Wissenschaft und Kultur

Vorwort

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

Schule und Unterricht, egal in welchem Fach, haben ein übergeordnetes Ziel:

Sie sollen Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, ein eigenverantwortliches Leben zu führen und ihren Platz in unserer Gesellschaft sowie in der modernen Arbeitswelt zu finden. Dafür muss Schule es schaffen, ihnen das Wissen, die Fertigkeiten und die Kompetenzen zu vermitteln, die zum Abitur führen: womit ihnen die Türen offen stehen, um zu studieren oder eine hochwertige Berufsausbildung zu absolvieren. Zudem sollen sie am Ende ihrer Schullaufbahn in der Lage sein, die Dynamiken einer globalisierten Welt individuell zu bewältigen.

Diese gezielte Förderung eines jeden Schülers und einer jeden Schülerin ist mit den neu eingeführten Grund- und Leistungskursen für Sie besser zu realisieren, und die neue Generation der Rahmenpläne liefert Ihnen die Basis für einen diesem Anspruch gerecht werdenden Unterricht.

Die Rahmenpläne sind nicht als Checkliste zu begreifen, anhand derer Sie behandelte Themengebiete und Lerninhalte abhaken. Der Fokus liegt nicht auf der Stofffülle, sondern vielmehr auf den zu vermittelnden Kompetenzen – und vor allem: auf den Schülerinnen und Schülern. Es geht darum, ihnen eine umfassende Allgemeinbildung mit auf ihren Weg zu geben und sie in ihrer Persönlichkeitsbildung zu unterstützen.

Sehen Sie die neuen Rahmenpläne dafür als im wortwörtlichen Sinne *dienende* Elemente. Sie sind so gehalten, dass sie auf der einen Seite die Inhalte Ihres Unterrichts konkret und verbindlich festlegen, diese Inhalte mit den zu vermittelnden Kompetenzen verbinden und auf der anderen Seite genügend Freiraum für Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler lassen: um den Unterricht eigenständig zu gestalten – und um das Gelernte zu verinnerlichen.

Dabei stehen die einzelnen Rahmenpläne nicht für sich, sondern sind mit denen anderer Fächer verknüpft. Es gibt Querschnittsthemen und Leitprinzipien, die in verschiedenen Rahmenplänen verankert sind, wie etwa die Demokratie-, Rechts- und Friedenserziehung.

Ein Querschnittsthema, das sich durch *alle* Rahmenpläne zieht, ist die Digitalisierung. Schule trägt ihren Teil dazu bei, die Schülerinnen und Schüler von heute für die selbstbestimmte Teilhabe am digitalisierten Alltag zu befähigen. Nicht alles, was technisch möglich ist, ist pädagogisch sinnvoll. Deshalb hat ganz klar das Vorrang, was dem Lernen und den Lernenden nutzt. Das ist die Haltung, die der neuen Generation der Rahmenpläne zugrunde liegt.

Zum einen geht es darum, dass digitale Werkzeuge und Medien den Fachunterricht verbessern und das Lernen erleichtern können. Deshalb sehen die einzelnen Fachpläne die jeweils passenden Anwendungen vor. Zum anderen muss die Digitalisierung selbst Unterrichtsgegenstand sein.

Es geht aber *nicht* darum, den Unterricht auf die Digitalisierung auszurichten, sondern darum, sie in den Unterricht zu integrieren.

Die Rahmenpläne sollen Sie genau dabei unterstützen und Ihnen auch jenseits der Digitalisierung das Grundgerüst für gelingenden Unterricht liefern. Bauen Sie darauf auf, schneiden Sie sie auf Ihre Schülerinnen und Schüler zu, dehnen oder stauchen sie ihre Teile – kurzum: füllen Sie sie mit lernwirksamem Leben!

Ihre



Bettina Martin

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.....	4
2.3	Interkulturelle Bildung	5
2.4	Meine Heimat – Mein modernes Mecklenburg-Vorpommern.....	6
3	Abschlussbezogene Standards	7
3.1	Kompetenzbereiche im Fach Physik.....	7
3.2	Konkretisierung der Standards in den einzelnen Kompetenzbereichen	9
3.3	Unterrichtsinhalte	13
	Translationsbewegungen.....	13
	Erhaltungssätze	14
	Rotationsbewegungen	16
	Beschreibung von Feldern.....	17
	Gravitationsfeld.....	18
	Elektrisches Feld.....	20
	Magnetisches Feld	22
	Bewegungen von Körpern in Feldern.....	23
	Elektromagnetische Induktion	24
	Elektromagnetische Schwingungen	25
	Elektromagnetische Wellen	26
	Optik.....	28
	Quantenphysik	30
	Physik der Atomhülle	32
	Röntgenstrahlung.....	33
	Laser	34
	Kernphysik.....	36
4	Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung.....	38
4.1	Gesetzliche Grundlagen	38
4.2	Allgemeine Grundsätze	38
4.3	Fachspezifische Grundsätze	39

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 3.3 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 Einheitlichen Prüfungsanforderungen – 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.
Textgrundlage	Bei der Erarbeitung des Rahmenplans wurden die einheitlichen Prüfungsanforderungen für die allgemeine Hochschulreife und das bisher in Mecklenburg-Vorpommern geltende Kerncurriculum für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe als Textgrundlage herangezogen.

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 und ökologischen 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 Schülerinnen und Schüler nehmen die Natur unter physikalischen Aspekten wahr. Sie beschreiben und erklären physikalische Phänomene, kommunizieren über physikalische Sachverhalte und sind in der Lage, auf der Grundlage von physikalischem Wissen persönlich, sachbezogen und kritikoffen Stellung zu beziehen.

Die Entwicklung physikalischer Erkenntnisse ist ein historisch-dynamischer Prozess. Die Verfügbarkeit physikalischen Wissens stellt eine wesentliche Voraussetzung für verantwortungsbewusstes, gesellschaftspolitisches Handeln und sachbezogenes, öffentliches Diskutieren dar.

Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft. Dabei besitzen das Formalisieren und das Mathematisieren physikalischer Sachverhalte einen hohen Stellenwert. Hierdurch wird ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung abstrakten und funktionalen Denkens geleistet. Sie wenden physikalische Methoden an, die auch in anderen lebensweltlichen Zusammenhängen von Bedeutung sind, wie z. B. das Aufstellen und das Prüfen von Hypothesen und das Experimentieren. Zudem erwerben sie grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten, die ihnen das Verstehen und Beherrschen physikalisch-technischer Geräte und Systeme in der Alltagswelt ermöglichen bzw. erleichtern.

Eine große Zahl von Studien- und Ausbildungsgängen setzt physikalische Kenntnisse und Fähigkeiten voraus. Der Erwerb entsprechender Kompetenzen stellt somit eine wichtige Voraussetzung für den Übergang der Schülerinnen und Schüler in das Studium und in das Berufsleben dar.

Bei der Behandlung verschiedener Inhalte ist die Verdeutlichung übergreifender Konzepte der Physik von besonderer Wichtigkeit. Hierdurch kann den Schülerinnen und Schülern eine systematische Wissensaneignung erleichtert werden, die sich nicht vordergründig an physikalischen Inhalten, sondern an den wesentlichen Prinzipien und Konzepten der Physik orientiert. Hierzu können zählen: Universalität der Naturgesetze, Objektivierung und Mathematisierung, Determinismus, Indeterminismus, Erhaltung, Symmetrie, Kausalität, System – Teilsystem, Wechselwirkung, Energie.

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, altersangemessen 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,

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

deren Datenerfassung und Datenauswertung digital erfolgt. Neben den real durchzuführenden Experimenten bieten auch Animationen und Simulationen vielfältige Möglichkeiten, den Unterricht in dieser Hinsicht zu vertiefen und zu erweitern. Dabei sind die Ergebnisse stets kritisch zu reflektieren.

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

Die Schülerinnen und Schüler verwenden im Grundkurs:

- dauerhaft Computersimulation,
- punktuell digitale Messwerterfassung.

Die Schülerinnen und Schüler verwenden im Leistungskurs:

- dauerhaft Computersimulation,
- projektartig digitale Messwerterfassung.

2.3 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.

2.4 Meine Heimat – Mein modernes Mecklenburg-Vorpommern

6

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 Erbe in Landschaft, Kultur und Architektur 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, Architektur, Kultur, Musik und die niederdeutsche Sprache zu erleben. In Mecklenburg-Vorpommern lassen sich Hansestädte, Welterbestätten, Museen und Nationalparks sowie Stätten des Weltnaturerbes erkunden. Außerdem lässt sich Neues über das Schaffen von Persönlichkeiten aus dem heutigen Vorpommern oder Mecklenburg erfahren, welche auf künstlerischem, geisteswissenschaftlichem sowie naturwissenschaftlich-technischem Gebiet den Weg bereitet haben. Unterricht an außerschulischen Lernorten in Mecklenburg-Vorpommern, Projekte, Schulfahrten sowie die Teilnahme an regionalen Wettbewerben wie dem Plattdeutschwettbewerb bieten somit einen geeigneten Rahmen, um die Ziele des Landesprogramms „Meine Heimat – Mein modernes Mecklenburg-Vorpommern“² umzusetzen.

² https://www.bildung-mv.de/export/sites/bildungserver/downloads/Landesheimatprogramm_hochdeutsch.pdf

3 Abschlussbezogene Standards

3.1 Kompetenzbereiche im Fach Physik

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.

Die Kompetenzen werden von den Lernenden nur in der aktiven Auseinandersetzung mit Fachinhalten erworben. Dabei beschreiben die drei Anforderungsbereiche unterschiedliche kognitive Ansprüche von kompetenzbezogenen naturwissenschaftlichen Aktivitäten. Die Kompetenzen manifestieren sich in jedem einzelnen naturwissenschaftlichen Inhalt, das heißt, allgemeine naturwissenschaftlichen Kompetenzen und Inhalte sind untrennbar miteinander verknüpft (in Abbildung 1 durch ein Raster angedeutet). Man wird erst dann vom hinreichenden Erwerb der Kompetenzen eines Kompetenzbereiches sprechen, wenn diese an ganz unterschiedlichen Inhalten in allen drei Anforderungsbereichen erfolgreich eingesetzt werden können.

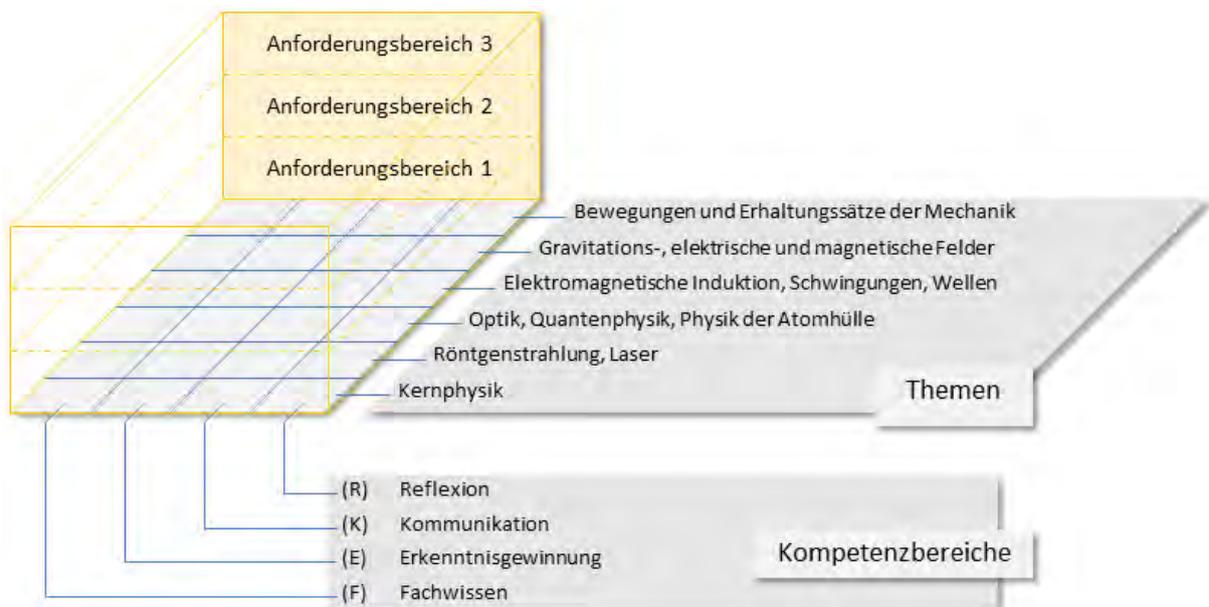


Abbildung 1

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.

Anforderungsbereiche

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.

8

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.

Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche

Die beschriebenen Kompetenzbereiche geben die Breite der fachlichen und methodischen Anforderungen an. Die fachspezifischen Anforderungsbereiche beschreiben deren Tiefe.

Anforderungsbereich I

Im Anforderungsbereich I beschränken sich die Aufgabenstellungen auf die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge.

Anforderungsbereich II

Im Anforderungsbereich II verlangen die Aufgabenstellungen die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen einfacher Bezüge.

Anforderungsbereich III

Im Anforderungsbereich III verlangen die Aufgabenstellungen das problembezogene Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen, das Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten.

3.2 Konkretisierung der Standards in den einzelnen Kompetenzbereichen

Fachwissen [F]

Fachwissen wird hier funktional im Sinne der Anwendung von Kenntnissen verstanden. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler identifizieren naturwissenschaftliche Aspekte in alltäglichen Situationen und setzen diese in Beziehung zu ihren naturwissenschaftlichen Kenntnissen und Erfahrungen. Mit Hilfe ihres Wissens bringen sie sich in die Diskussion alltäglicher und naturwissenschaftlicher Probleme ein. Bei der Bearbeitung bisher unbekannter naturwissenschaftlicher Problem- und Fragestellungen verwenden sie ihre vorhandenen Kenntnisse, ihre methodischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie heuristische Strategien und erschließen sich ggf. weitere erforderliche Informationen auch in fremdsprachigen Texten. Sie deuten und präsentieren die Ergebnisse und setzen sie in Beziehung zu vorhandenen Kenntnissen.

Die drei Anforderungsbereiche zu dieser Kompetenz lassen sich wie folgt beschreiben:

Anforderungsbereich I:

- Wiedergeben von einfachen Daten und Fakten sowie von Begriffen, Größen und Einheiten und deren Definitionen
- Wiedergeben von einfachen Gesetzen und Formeln sowie deren Erläuterung
- Entnehmen von Informationen aus einfachen Texten

Anforderungsbereich II:

- fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen
- Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets
- Entnehmen von Informationen aus komplexeren Texten

Anforderungsbereich III:

- Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden
- problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen in verschiedenen inner- und außerphysikalischen Wissensbereichen
- Entnehmen von Informationen aus komplexen Texten

Erkenntnisgewinnung [E]

Die Schülerinnen und Schüler wenden die Methoden und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften an, um neue Erkenntnisse über naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erwerben oder zu bestätigen und um das Auftreten bisher unbekannter Phänomene vorauszusagen. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler erfassen natürliche Phänomene oder technische Effekte zielorientiert, indem sie beobachten oder messen. Sie werten die Beobachtungs- oder Messdaten mit Hilfe mathematischer oder vergleichender Methoden aus. Sie reflektieren die Ergebnisse und setzen sie in Beziehung zu vorhandenen Erkenntnissen. Sie entwickeln dabei neue Modelle oder modifizieren vorhandene. Mit Hilfe von Modellen beschreiben, erklären und prognostizieren sie natürliche Phänomene und technische Effekte.

Die drei Anforderungsbereiche zu dieser Kompetenz lassen sich wie folgt beschreiben:

Anforderungsbereich I:

- Aufbauen eines einfachen Experiments nach vorgelegtem Plan oder eines bekannten Experiments aus der Erinnerung
- Beschreiben eines Experiments
- Durchführen von Messungen nach einfachen Verfahren
- Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln
- sachgerechtes Nutzen einfacher Software
- Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren

Anforderungsbereich II:

- Übertragen von Betrachtungsweisen und Gesetzen
- Selbstständiger Aufbau und Durchführung eines Experiments
- Planen einfacher experimenteller Anordnungen zur Untersuchung vorgegebener Fragestellungen
- Gewinnen von mathematischen Abhängigkeiten aus Messdaten
- Auffinden der relevanten physikalischen Variablen eines Vorgangs
- Erörtern von Fehlerquellen und Abschätzen des Fehlers bei Experimenten
- Erörtern des Gültigkeitsbereichs von Modellen und Gesetzen
- Optimieren von Modellen hinsichtlich eines Realexperiments
- Nutzen von Modellbildungssystemen zur Überprüfung oder zur grafischen Veranschaulichung physikalischer Abhängigkeiten
- mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene
- begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung eines einfachen physikalischen Sachverhaltes

Anforderungsbereich III:

- Entwickeln eigener Fragestellungen bzw. sinnvolles Präzisieren einer offenen Aufgabenstellung
- Planen und gegebenenfalls Durchführen und Auswerten eigener Experimente für vorgegebene Fragestellungen
- Erheben von Daten zur Überprüfung von Hypothesen
- Entwickeln alternativer Lösungswege, wenn dieses in der Aufgabenstellung gefordert wird
- Entwickeln neuer Modellelemente mit einem Modellbildungssystem
- begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung eines physikalischen Sachverhaltes

Kommunikation [K]

Die sichere Anwendung aller Formen der Kommunikation auch unter Verwendung von Fremdsprachen ist eine wichtige Voraussetzung für die aktive Teilnahme am politischen, kulturellen und wirtschaftlichen Leben sowie für wissenschaftliches Arbeiten. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler diskutieren und vermitteln naturwissenschaftliche Phänomene, Vorgänge, Sachverhalte und Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache situationsangemessen, zielorientiert und adressatengerecht. Sie nutzen Medien und Technologien zum Erschließen und Präsentieren von Inhalten sowie zur direkten Kommunikation und reflektieren deren Einsatz.

Die drei Anforderungsbereiche zu dieser Kompetenz lassen sich wie folgt beschreiben:

Anforderungsbereich I:

- Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (z. B. Tabelle, Graph, Skizze, Text, Bild, Diagramm, Mindmap, Formel)
- mündliches oder schriftliches Beantworten von Fragen zu einfachen physikalischen Sachverhalten
- schriftliches oder mündliches Präsentieren einfacher Sachverhalte
- fachsprachlich korrektes Fassen einfacher Sachverhalte
- Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen

Anforderungsbereich II:

- Strukturieren und schriftliches oder mündliches Präsentieren komplexerer Sachverhalte
- adressatengerechtes Darstellen physikalischer Sachverhalte in verständlicher Form
- Führen eines Fachgespräches auf angemessenem Niveau zu einem Sachverhalt
- fachsprachliches Fassen umgangssprachlich formulierter Sachverhalte
- präzises Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen

Anforderungsbereich III:

- Analysieren komplexer Texte und Darstellung der daraus gewonnenen Erkenntnisse
- Beziehen einer Position zu einem physikalischen Sachverhalt, Begründen und Verteidigen dieser Position in einem fachlichen Diskurs
- Darstellen eines eigenständig bearbeiteten komplexeren Sachverhalt für ein Fachpublikum (z. B. in einer Facharbeit)
- präzises Kommunizieren naturwissenschaftlicher Argumentationsketten

Reflektion [R]

Die mit naturwissenschaftlichen Methoden gewonnenen Erkenntnisse sowie deren Anwendung haben Auswirkungen auf Individuum und Gesellschaft. Daraus resultiert die Forderung nach einem bewussten und verantwortungsvollen Umgang mit ihnen. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler hinterfragen und überprüfen naturwissenschaftliche Aussagen und Situationen und bewerten diese in Relation zu den vorhandenen Informationen. Sie setzen naturwissenschaftliche Aussagen in Beziehung zu gesellschaftlich relevanten Fragestellungen. Sie prüfen, diskutieren und bewerten Anwendungsmöglichkeiten und deren individuelle sowie gesellschaftliche Folgen in Bereichen wie Technik, Gesundheit und Umwelt. Sie gestalten Meinungsbildungsprozesse und Entscheidungen mit und finden dabei für sich verschiedene Handlungsmöglichkeiten.

Die drei Anforderungsbereiche zu dieser Kompetenz lassen sich wie folgt beschreiben:

Anforderungsbereich I:

- Beschreiben einfacher Phänomene aus Natur und Technik
- Darstellen einfacher historischer Bezüge
- Beschreiben von Bezügen zu Natur und Technik

Anforderungsbereich II:

- Einordnen und Erklären von physikalischen Phänomenen aus Natur und Technik
- Einordnen von Sachverhalten in historische und gesellschaftliche Bezüge

Anforderungsbereich III:

- Erkennen physikalischer Fragestellungen
- Finden von Anwendungsmöglichkeiten physikalischer Erkenntnisse
- Erklären physikalischer Phänomene komplexer Art aus Natur und Technik
- bewusstes und begründetes Einnehmen einer physikalischen Perspektive
- Herausfinden von physikalischen Aspekten aus Fragekomplexen anderer Fachgebiete, Ausarbeiten und Bewerten dieser Aussagen
- Beziehen einer Position zu gesellschaftlich relevanten Fragen unter physikalischer Perspektive, Begründen und Verteidigen dieser Position in einem Diskurs

3.3 Unterrichtsinhalte

Translationsbewegungen

ca. 9/15 Unterrichtsstunden

13

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Bezugssystem, Inertialsystem, Modell Massenpunkt</p> <p>Bewegungsgesetze für geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen mit Anfangsbedingungen [Mathematik - Funktionen]</p> <ul style="list-style-type: none"> $s(t) = \frac{a}{2} t^2 + v_0 \cdot t + s_0$ $v(t) = a \cdot t + v_0$ $a(t) = \text{konst.}$ <p>Momentangeschwindigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = s'(t) = \frac{ds}{dt}$ <p>Momentanbeschleunigung</p> <ul style="list-style-type: none"> $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = v'(t) = \frac{dv}{dt}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> SE: gleichmäßig beschleunigte Bewegung 	<p>Die Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung und die Newton'schen Gesetze sollen wiederholt werden. [Physik - Mechanik Sek 1]</p> <p>Auf den vektoriellen Charakter des Weges, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung ist einzugehen. [Mathematik - Analytische Geometrie]</p> <p>Der Zusammenhang zum mathematischen Begriff der Ableitung ist herzustellen. [Mathematik]</p> <p>Es ist darauf hinzuweisen, dass in der Fachsprache der Physik für die Zeitableitungen in der Darstellung ein Punkt verwendet wird.</p>
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
Bewegungen von mehreren Körpern in einem Bezugssystem betrachten	<p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> ungleichmäßig beschleunigte Bewegungen

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Aufstellen von Bewegungsgleichungen für Körper mit Anfangsbedingungen in einem geeigneten Bezugssystem [Mathematik]
- E:** Experimente zu beschleunigten Bewegungsvorgängen mit digitaler Messwerterfassung planen, durchführen und auswerten [MD1] [MD5] [MD6]
- K:** Translationsbewegungen mit Hilfe geeigneter physikalischer Größen und durch deren Darstellung in Diagrammen beschreiben [Mathematik]
- R:** Finden von Maßnahmen, um den Bremsweg eines Autos zu verkürzen [PG]

Erhaltungssätze

ca. 9/20 Unterrichtsstunden

14

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Energieformen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> • kinetische Energie $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ • potentielle Energie $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ • Federspannenergie $E = \frac{1}{2} D \cdot s^2$ <p>Energieumwandlung und -übertragung Energiebilanzen Energieerhaltungssatz</p> <p>Mechanische Arbeit unter den jeweiligen Gültigkeitsbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • $W = \int_{s_1}^{s_2} F(s) ds$ • $W = F \cdot s \cdot \cos(\alpha)$ <p>Mechanische Leistung $P = \frac{W}{t}$</p> <p>Impuls</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impuls als vektorielle Größe [Mathematik - Analytische Geometrie] • Impulserhaltungssatz 	<p>Die bereits bekannten Energieformen sollten wiederholt werden. [Physik - Mechanik Sek 1]</p> <p>Prozess- und Zustandsgrößen sind zu unterscheiden.</p> <p>Vielfältige Anwendungen und Experimente sind zu betrachten. Auch auf nicht mechanische Energieformen soll eingegangen werden (z. B. Umwandlung in thermische Energie, Energieentwertung). [BNE]</p> <p>Der Zusammenhang zum mathematischen Integralbegriff ist entsprechend der Progression im Mathematikunterricht herzustellen. Zu Beginn reicht eine Betrachtung der Fläche unter der Kurve. [Mathematik]</p> <p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchschnitts- und Momentanleistung <p>Berechnungen mit dem Impulserhaltungssatz sollen im Grundkurs nur in einfachen Fällen (z. B. Rückstoß) erfolgen.</p> <p>Anwendungen z. B. aus dem Sport oder dem Straßenverkehr sind zu betrachten. [PG]</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Reibungsarbeit, Umwandlung in Wärmeenergie

- $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ [Chemie - Wärme]

Stoßvorgänge

- Vollständig elastischer Stoß
- Vollständig unelastischer Stoß
- Computersimulation von Stoßvorgängen [MD1] [MD5] [MD6]
- Stoßvorgänge unter energetischem Aspekt

Experimente:

- DE/SE Stoßexperimente

Es werden nur zentrale Stöße untersucht.

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung

- teilweise elastischer/unelastischer Stoß
- Kraftstoß

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Aufstellen von Energiebilanzen, um damit gesuchte physikalische Größen, wie z. B. die Geschwindigkeit, berechnen zu können [kulturelle Bildung]
- E:** Bestimmen eines Reibungskoeffizienten mit Hilfe einer geneigten Ebene
- K:** Halten eines Schülervortrages zu den Möglichkeiten der Definition der physikalischen Größe Kraft über eine Beschleunigung oder über einen Kraftstoß [MD1] [MD3]
- R:** Vergleichen der physikalischen Größe Leistung mit dem umgangssprachlichen Leistungsbe-griff

Rotationsbewegungen

ca. 6/ 10 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Gleichförmige Kreisbewegung [Mathematik - Trigonometrie]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umlaufdauer T, Frequenz f • Bahngeschwindigkeit $v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$ • Winkelgeschwindigkeit $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r}$ • Radialbeschleunigung $a = \frac{v^2}{r}$ • Zentripetalkraft, Radialkraft $F = m \cdot \frac{v^2}{r}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Zentripetalkraft 	<p>Auf die Vielfältigkeit der Kräfte, die als Radialkräfte wirken können, ist hinzuweisen. [PG] [BO]</p> <p>Im Hinblick auf das Bohr'sche Atommodell ist kurz auf den Bahndrehimpuls $L = m \cdot v \cdot r$ einzugehen.</p>
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
<p>Drehbewegung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modell starrer Körper • Trägheitsmoment J • Rotationsenergie $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$ • Drehimpuls $L = J \cdot \omega$ • Drehimpulserhaltungssatz <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Drehimpulserhaltung 	<p>Analogiebeziehungen zwischen Translations- und Rotationsbewegungen sind zu betrachten.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drehmoment • Grundgesetz der Rotation

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Angeben und skizzieren von Kräften, die auf eine mitfahrende Person in einem Kettenkarussell wirken
- E:** Charakterisieren der gleichförmigen Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung
- K:** Erklären unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeiten bei Pirouetten eines Eiskunstläufers [Sport]
- R:** Bewerten von Idealisierungen bei der mathematischen Beschreibung von Bewegungsvorgängen

Die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Inhalte können sowohl bei der Bearbeitung der Themen Gravitationsfeld, Elektrisches Feld und Magnetisches Feld als auch zusammenfassend und systematisierend berücksichtigt werden.

Beschreibung von Feldern

ca.3/5 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
Feldbegriff Feldstärke (mit vektoriellm Charakter) Feldlinienbilder Spezialfälle <ul style="list-style-type: none"> • homogen • radialsymmetrisch Superposition Vergleich von elektrischen, magnetischen und Gravitationsfeldern	Die herausragende Bedeutung des Feldbegriffs in der modernen Physik ist herauszustellen. Auf die Bedeutung der Naturkonstanten in der Physik (z.B. G und c) sowie auf deren Definition im SI-System (gemäß 26. CGPM) kann eingegangen werden. [DRF] Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung: <ul style="list-style-type: none"> • Streben nach der einheitlichen Feldtheorie [BO]
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
Äquipotenziallinien	Bedeutung von Materialkonstanten (ϵ_r , μ_r) für die Technik mit Ausblick auf Materialforschung [BO]

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Einzeichnen von Feldlinien bzw. Äquipotenziallinien in eine gegebene Darstellung
- E:** Erzeugen von trivialen und nichttrivialen Feldlinienbildern, z. B. von asymmetrischen Dipolen, mit Computersimulationen [MD1] [MD6]
- K:** Darstellen der Analogien von elektrischem und Gravitationsfeld
- R:** Reflektieren der historischen Entwicklung des Feldbegriffs in der Physik

Gravitationsfeld

ca. 6/10 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
Gravitationskraft, Gravitationsgesetz <ul style="list-style-type: none"> $F_G = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ Gravitationsfeldstärke <ul style="list-style-type: none"> $g = \frac{F_G}{m}$ Homogenes und radialsymmetrisches Gravitationsfeld Bewegung von Satelliten um Himmelskörper [Astronomie]	Im Grundkurs braucht das radialsymmetrische Gravitationsfeld nur bezüglich des Feldlinienbildes betrachtet zu werden. Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung: <ul style="list-style-type: none"> die Erde als Geoid [Geografie] Bei quantitativen Betrachtungen von Satellitenbahnen werden sie als Kreise idealisiert.
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
Arbeit im Gravitationsfeld $W = \int_{r_1}^{r_2} F_G dr$ Homogenes Feld als lokale Näherung des radialsymmetrischen Feldes	Der Zusammenhang zum mathematischen Integralbegriff ist entsprechend der Progression im Mathematikunterricht herzustellen. [Mathematik - Integralrechnung] Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung <ul style="list-style-type: none"> Gezeitenkräfte [Geografie] Potenzial im Gravitationsfeld

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Bestimmen der Erdmasse aus der Umlaufzeit des Erdmondes und der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde
- E:** Einordnen der Fallbeschleunigung als Gravitationsfeldstärke an einem Ort
- K:** Missionen der Raumfahrt recherchieren und präsentieren [MD1] [MD3]
- R:** Diskutieren einer Grenzhöhe über der Erdoberfläche, bis zu der mit einem homogenen Gravitationsfeld gearbeitet werden kann

Elektrisches Feld

ca. 12/20 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Ladung Q, Stromstärke I</p> <ul style="list-style-type: none"> $Q = \int_{t_1}^{t_2} I dt$ bzw. $I = Q'(t) = \frac{dQ}{dt}$ <p>Coulombkraft, Coulombsches Gesetz</p> <ul style="list-style-type: none"> $F_C = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ <p>Elektrische Feldstärke</p> <ul style="list-style-type: none"> $E = \frac{F_{el}}{Q_p}$ <p>Homogenes und radialsymmetrisches elektrisches Feld</p> <p>Influenz und Abschirmung elektrischer Felder</p> <p>Quantitative Betrachtung des Plattenkondensators mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kapazität $C = \frac{Q}{U}$ $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ Feldenergie $E_{el} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ Spannung $U = E \cdot d$ <p>Auf- und Entladevorgänge am Kondensator:</p> <ul style="list-style-type: none"> $U(t), I(t), Q(t)$ <p>Millikanversuch:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schwebezustand Elementarladung e <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> SE: Experimente zur Coulombkraft SE: Aufnahme der Lade- bzw. Entladekurve eines Kondensators DE: Millikanversuch (Simulation) 	<p>Der Zusammenhang zum mathematischen Integralbegriff ist entsprechend der Progression im Mathematikunterricht herzustellen. [Mathematik]</p> <p>Im Grundkurs genügt die Betrachtung von $\epsilon_r = 1$.</p> <p>Faraday'scher Käfig, Maßnahmen und Bestimmungen zum Schutz von Mensch, Natur und Technik vor elektrischen Feldern [PG] [BNE]</p> <p>Die Bedeutung des Kondensators als Ladungs- und Energiespeicher ist auch im Sinne der Bildung zur nachhaltigen Entwicklung zu betrachten. [BNE]</p> <p>Im Grundkurs kann auf eine vertiefte Betrachtung der relativen Permittivität ϵ_r verzichtet werden.</p> <p>Die Kenntnis und ein einfaches Verständnis der Funktionsgleichungen und Graphen reichen aus. Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zeitverzögerung und Glättung durch Kondensatoren [Informatik] <p>Die Schwierigkeiten bei der ausschließlichen Betrachtung des Schwebezustands sind zu diskutieren.</p> <p>Auf die Bedeutung der Elementarladung im SI-System gemäß der 26. CGPM ist einzugehen. [DRF]</p> <p>Im Grundkurs kann die quantitative Auswertung auf die Bestimmung der Ladung aus der Fläche unter dem Graphen von $I(t)$ beschränkt werden.</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Dielektrische Polarisierung
Flächenladungsdichte

Permittivität

Potenzial und Spannung als Potentialdifferenz

Einfluss der Parameter R und C auf Lade- und Entladevorgänge am Kondensator

Diese beiden Themen brauchen nur qualitativ betrachtet werden, wobei der Schwerpunkt auf der Verknüpfung der Phänomene Influenz und Polarisierung bzw. Flächenladungsdichte liegen soll.

Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:

- andere Bauformen und Prinzipien von Kondensatoren [BNE] [BO]

nicht nur rechnerisch betrachten, sondern auch grafisch im Sinn der Äquipotenziallinien

Lade- und Entladekurven am Kondensator müssen ausführlich betrachtet werden:

- zeitliche Grenzwerte [Mathematik - Grenzwerte von Funktionen]
- Interpretation von $\tau = R \cdot C$
- Betrachtung von Grenzfällen, z. B. $R = 0, C = 0$

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Wiedergeben des Zusammenhanges zwischen den Größen Stromstärke und Ladung
- E:** Abschätzen der Unsicherheit der Zeitkonstanten bei einem gemessenen Entladevorgang und Interpretieren des Ergebnisses in Konsequenz für die Bestimmung der beteiligten Bauteilgrößen [BO]
- K:** Interpretieren der Gleichung $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ in Bezug auf die Konstruktion von Kondensatoren
- R:** Erläutern der physikalischen Bedeutung der Quantisierung der Ladung als Ergebnis des Millikanversuchs

Magnetisches Feld

ca. 9/10 Unterrichtsstunden

22

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 - Vektorprodukt] <p>Magnetischer Fluss $\Phi = A \cdot B$ Magnetische Flussdichte B</p> <p>Magnetische Felder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabmagnet • Hufeisenmagnet • Lange Spule • Helmholtzspulenpaar • Erde [Geografie - Erdmagnetfeld] [Astronomie - Erdmagnetfeld] <p>Feldenergie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $E_{\text{magn}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$ <p>Induktivität einer langen Spule:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE/SE: Experimente zur Lorentzkraft 	<p>Im Grundkurs kann die Betrachtung auf die Fälle $\ell \perp B$ und $\ell \parallel B$ bzw. $v \perp B$ und $v \parallel B$ reduziert werden und der Faktor $\sin(\alpha)$ weggelassen werden. [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>Lediglich das Magnetfeld der langen Spule muss quantitativ betrachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $B = I \cdot \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N}{\ell}$ <p>Der Einfluss der relativen Permeabilität μ_r ist nur in geringem Umfang zu betrachten.</p> <p>Der Schwerpunkt liegt auf der Analogiebetrachtung zur Energie des elektrischen Feldes.</p> <p>Im Leistungskurs kann dieser Inhalt mit der Selbstinduktion behandelt werden.</p>
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
<p>Magnetische Felder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Langer, gerader Leiter • Kreisleiter <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Paar langer, gerader Leiter 	<p>Die Felder sollen sowohl theoretisch als auch experimentell quantitativ untersucht werden. Es sollen auch Überlagerungen von Kreisleitern zu Helmholtzspulen und langen Spulen betrachtet werden.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toroidspulen • Multipole • Ferromagnetismus

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Berechnen der Induktivität einer gegebenen Spule
- E:** Vermessen des magnetischen Feldes innerhalb und am Rand einer langen Spule
- K:** Recherchieren der Rolle des Erdmagnetfeldes als Schutz vor kosmischer Strahlung [PG] [MD1]
- R:** Beurteilen von Aussagen zur Funktionsweise einer Magnetschwebbahn in gegebenen Quellen [MD6]

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

Bewegungen von Körpern in Feldern**ca. 12/20 Unterrichtsstunden**

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Kinematik, Dynamik und Energetik von</p> <ul style="list-style-type: none"> • horizontalen und vertikalen Würfeln in homogenen Gravitationsfeldern • Bewegungen elektrisch geladener Körper in homogenen Längs- und Querfeldern <p>Kinematik und Dynamik von Kreisbewegungen in magnetischen Feldern</p> <p>Massenspektrograph [Chemie] [BO]</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Experimentelle Untersuchung von horizontalen Würfeln • DE: $\frac{e}{m}$-Bestimmung im Fadenstrahlrohr • DE/SE: Massenspektrograph (Simulation) [MD5] [MD6] 	<p>Interpretation verschiedener mechanischer und elektrischer Anwendungen in Analogie zu Wurfbewegungen</p> <p>Weitere prinzipielle technische Anwendungen wie Zyklotron oder Synchrotron sind im Grundkurs überblicksweise und im Leistungskurs vertieft zu betrachten. Desweiteren sind auch konkrete wissenschaftlich-technische Forschungseinrichtungen wie DESY oder CERN zu thematisieren. [DRF] [BO] [MD1] [MD3]</p> <p>Die $\frac{e}{m}$-Bestimmung kann auch als Simulation erfolgen.</p>
<p><i>zusätzlich für den Leistungskurs</i></p> <p>Halleffekt, Hallsonde</p> <p>Superposition verschiedener Felder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Betrachtung von Gleichgewichtssituationen • Qualitative Betrachtung von Ungleichgewichtssituationen 	

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Herleiten der Gleichung für die Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mit einer Fadenstrahlröhre
- E:** Auswerten eines Datensatzes zu Abwurfhöhen und Wurfweiten bei einem horizontalen Wurf
- K:** Halten eines Schülervortrags zu Polarlichtern [Geografie] [MD1] [MD3]
- R:** Beziehen einer Position zur gesellschaftlichen Bedeutung von Großforschungsprojekten am CERN [DRF] [BNE] [MD2]

Elektromagnetische Induktion

ca. 9/15 Unterrichtsstunden

24

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Induktionsgesetz</p> <ul style="list-style-type: none"> $U_{\text{ind}} = -N \cdot \Phi'(t) = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$ <p>Lenz'sche Regel als Ausdruck der Energieerhaltung</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> DE: Aufnahme einer sinusförmigen Wechselspannung DE: Aufnahme und Auswertung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop oder digitaler Messwerterfassung [MD5.2] DE: Experimente zur Lenz'schen Regel 	<p>Die qualitative Betrachtung des Induktionsgesetzes und das Generatorprinzip sind zu wiederholen.</p> <p>Berechnungen zum Induktionsgesetz sind auf die Fälle $A'(t) = 0$ sowie $B'(t) = 0$ zu reduzieren.</p> <p>Vielfältige technische Anwendungen und Praxisbeispiele sind zu betrachten. [MD1]</p> <p>Es ist auf den sinusförmigen Verlauf der Spannung an einem Generator einzugehen.</p>
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
<p>Selbstinduktion</p> <ul style="list-style-type: none"> $U_{\text{ind}} = -L \cdot I'(t) = -L \cdot \frac{dI}{dt}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> DE: Nachweis der Selbstinduktion DE/SE: Ein- und Ausschaltvorgang einer Spule im Gleichstromkreis 	<p>Bei den Betrachtungen der technischen Anwendungen ist auch auf die Möglichkeiten und Gefahren durch selbstinduzierte Spannungsspitzen einzugehen. [PG] [Informatik und Medienbildung - Technische Informatik/Elektronik]</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> Transformator und Fernübertragung elektrischer Energie im europäischen Verbundnetz [DRF] [BNE] [AWT] Wirbelströme und ihre technischen Anwendungen [BNE] Aussagen der Maxwell'schen Gleichungen im Überblick

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Erklären und berechnen von Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife
- E:** Auswerten von Induktionsspannungen mit Hinblick auf das verwendete Messgerät (Oszilloskop oder digitale Messwerterfassung) [MD2] [MD5] [MD6]
- K:** Recherchieren der Anwendung von Induktionsvorgängen, z. B. bei einem Roboterrasenmäher [BO] [MD1]
- R:** Diskutieren der Möglichkeit der technischen Nutzung der Spannungserzeugung bei der Bewegung eines Flugzeuges im Erdmagnetfeld [BNE]

Elektromagnetische Schwingungen

ca. 6/10 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Aufbau und Funktionsweise des geschlossenen Schwingkreises</p> <p>Qualitative Betrachtung von ungedämpften und gedämpften Schwingungen</p> <p>Thomson'sche Gleichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> DE: Elektromagnetische Schwingungen im geschlossenen Schwingkreis 	<p>Schwerpunkt der Betrachtung ist die Energiespeicherung in elektrischem und magnetischem Feld sowie der Energietransport zwischen diesen beiden Energiespeichern.</p> <p>Auf Resonanzfälle ist einzugehen, dabei sind Analogien zu den mechanischen Schwingungen herzustellen.</p>
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
<p>Quantitative Betrachtungen von ungedämpften Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> $U(t) = U_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke 	<p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> quantitative Betrachtung von gedämpften Schwingungen: $U(t) = U_0 \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Beschreiben des Schwingungsvorgangs im Schwingkreis als Energieumwandlungsprozess
- E:** Betrachten des geschlossenen Schwingkreises in Analogie zum Federschwinger
- K:** Darstellen der Prozesse im Schwingkreis in aussagekräftigen Diagrammen und Auswertung selbiger
- R:** Beschreiben der Vorgänge in einer Induktionsschleife einer Ampelsteuerung aus physikalischer Perspektive [PG]

Elektromagnetische Wellen

ca. 9/15 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Definition einer Welle Wellenfront, Wellennormale Kenngrößen einer Welle</p> <ul style="list-style-type: none"> • $c = \lambda \cdot f$ <p>Lichtgeschwindigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$ (im Vakuum) <p>Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit vom Medium</p> <p>Elektromagnetisches Spektrum [Kulturelle Bildung]</p> <p>Phänomene bei der Ausbreitung von Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reflexion mit Gesetz: $\alpha = \alpha'$ • Brechung mit Gesetz: $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$ • Beugung, Dispersion • Konstruktive und destruktive Überlagerung <ul style="list-style-type: none"> ○ Stehende Wellen ○ Interferenz kohärenter Wellen 	<p>Rückblick auf mechanische Wellen [Physik - Mechanik Sek 1]</p> <p>Auf die Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit für die Ausbreitung aller elektromagnetischen Wellen ist einzugehen. [Astronomie - Abstandsmessung]</p> <p>Es ist auf die Bedeutung der Hertz'schen Wellen für die historisch-technische Entwicklung der Informationsübertragung einzugehen. [Geschichte und Politische Bildung] [Informatik] [MD5]</p> <p>Hier ist exemplarisch auf Experimente mit verschiedenen elektromagnetischen Wellen, mechanische Analogieexperimente und Anwendungen einzugehen. Dabei soll das Verständnis entwickelt werden, dass die Phänomene im gesamten elektromagnetischen Spektrum beobachtbar sind. Ausführlichere Betrachtungen einzelner Phänomene erfolgen im Thema Optik.</p> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • akustischer Dopplereffekt • longitudinale und transversale Wellen • Polarisation

zusätzlich für den Leistungskurs

Huygens'sches Prinzip

Entstehung elektromagnetischer Wellen am Dipol

- Dipol als offener Schwingkreis
- Ladungsverteilung und Stromstärke am angeregten Dipol
- Feldverteilung am angeregten Dipol
- Abstrahlung
- Eigenfrequenz eines Dipols: $f = \frac{c}{2 \cdot l}$

Auf die Abstrahlung elektromagnetischer Wellen durch beschleunigte Ladungen ist hinzuweisen.

Auf weitere Dipole (z. B. beim Handy) kann eingegangen werden.

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Umrechnen der Frequenzen verschiedener elektromagnetischer Wellen in Wellenlängen
- E:** Nennen von typischen Messgeräten zur Untersuchung verschiedener elektromagnetischer Wellen
- K:** Exzerpieren von Informationen zur Leistungsverteilung im Sonnenspektrum außerhalb und innerhalb der Erdatmosphäre [Geografie] [MD1]
- R:** Erläutern der Funktionsweise von RFID-Chips und diskutieren möglicher Probleme beim uneingeschränkten Einsatz dieser Technologie [DRF] [BTV] [MD2] [MD3] [MD6]

Optik

ca. 12 /20 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Modell Lichtstrahl Modell elektromagnetische Welle</p> <p>Reflexion und Brechung von Licht an Grenzflächen</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Bestimmung einer Brechzahl • SE: Bestimmung eines Grenzwinkels für Totalreflexion • DE: Dispersion am Prisma <p>Interferenz am Doppelspalt und Gitter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abstand der Spalte, Gitterkonstante • Gangunterschied kohärenten Lichts • Lage der Maxima, Minima $\frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{s_k}{e_k} = \sin(\alpha_k), k \in \mathbb{N}$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Bestimmung einer Wellenlänge • SE: Bestimmung einer Gitterkonstanten 	<p>Historische Betrachtungen zu den Vorstellungen von Licht und zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit können thematisiert werden. [Geschichte] [Religion] [Deutsch]</p> <p>Auf die Totalreflexion im Lichtleiter ist einzugehen und die Bedeutung für die Informationsübertragung ist herauszustellen. [Informatik] [MD5]</p> <p>Auf die Gültigkeitsbedingungen der Gleichung ist einzugehen. Auf die Herleitung der Gleichung kann im Grundkurs verzichtet werden.</p> <p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich Gitter- und Dispersionsspektren <p>Es können verschiedene Lichtquellen, darunter mindestens ein Laser, verwendet werden. Auf die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen beim Umgang mit Lasern ist zu achten. [PG]</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Interferenz an dünnen Schichten
 Interferenz am Einfachspalt
 Interferometer

Experimente:

- DE: Interferometer (Simulation)

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung

- Abbildungsgleichung für dünne Linsen (Auge) [Biologie]
- Ausblick auf die Relativitätstheorie

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Beschreiben der Totalreflexion von Licht unter Beachtung notwendiger Bedingungen
- E:** Entwickeln und Durchführen eines Experimentes zur Bestimmung der Gitterkonstanten einer CD mit Hilfe von Interferenzerscheinungen [MD3] [MD5] [Informatik]
- K:** Erklären eines vielfarbigen Ölfilms unter Beachtung der physikalischen Fachsprache [BNE] [PG]
- R:** Zusammentragen von Anwendungsbeispielen für Schwingungen und Wellen [BO] [MD1]

Quantenphysik

ca. 12/20 Unterrichtsstunden

30

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 • Grenzfrequenz <p>Elektrolumineszenz bei Leuchtdioden [PG] [BNE]</p> <p>Natur des Lichts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lichtquantenhypothese, Photon • Energie eines Photons $E = h \cdot f$ • Welle-Teilchen-Dualismus für Photonen • Taylor-Versuch mit stochastischer Deutung [Mathematik] <p>Qualitative Verallgemeinerung des Quantenbegriffs auf andere Teilchen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus • Aufenthaltswahrscheinlichkeit • Doppelspaltversuch mit und ohne Durchgangsmessung • Quantenphysikalischer Messprozess • Masse-Energie-Äquivalenz : $E = m \cdot c^2$ <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE/SE: Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums 	<p>Auf die Bedeutung des Planck'schen Wirkungsquantums im SI-System gemäß der 26. CGPM ist einzugehen.</p> <p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • experimentelle Erfassung der kinetischen Energie der Elektronen mit der Gegenfeldmethode <p>Eine kurze Betrachtung der historischen Entwicklung der Modelle zur Natur des Lichts [Geschichte] sollte erfolgen.</p> <p>Es sind insbesondere Unterschiede zur klassischen Physik und scheinbare Widersprüche zur makroskopischen Alltagswelt zu betrachten. [Informatik]</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Quantitative Vertiefung des Quantenbegriffs

- Photonenimpuls $p = \frac{h}{\lambda}$
- De-Broglie-Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{p}$
- Compton-Effekt, Compton-Wellenlänge

Heisenberg'sche Unschärferelation

- $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:

- Paarbildung
- Auflösungsvermögen von Elektronen- oder Ionenmikroskopen [Biologie] [Chemie]
- EPR-Paradoxon, Interpretationen der Quantenphysik (z. B. Kopenhagener Interpretation, Viele-Welten-Theorie) [MD2]

Es ist insbesondere auf die qualitativen Aussagen der Unschärferelation, u. a. die Nichtlokalität des Elektrons in der Atomhülle, einzugehen.

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Berechnen der Grenzfrequenz, ab der durch Photonen aus einem gegebenen Material Elektronen ausgelöst werden können
- E:** Darstellen des Zusammenhangs zwischen dem Impuls eines Photons und der De-Broglie-Wellenlänge eines Materieteilchens
- K:** Beschreiben des Aufbaus eines Experimentes zur Aufnahme der Einstein'schen Geraden
- R:** Erläutern der Bedeutung 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]

Physik der Atomhülle

ca. 15/25 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen		
<p>Struktur des Atoms Historische Entwicklung der Atommodelle: [Geschichte] [Philosophie]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demokrit, Dalton, Thomson • Rutherford, Bohr • Orbitalmodell <p>Rutherford'sches Atommodell Rutherford'sche Streuversuche</p> <p>Bohr'sches Atommodell Bohr'sche Postulate</p> <ul style="list-style-type: none"> • $L_n = n \cdot \frac{h}{2\pi}$ • $\Delta E = E_m - E_n = h \cdot f, m, n \in \mathbb{N}^+$ <p>Energieniveauschema des Wasserstoffatoms</p> <ul style="list-style-type: none"> • $E_n = -\frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 \cdot h^2} \cdot \frac{1}{n^2} = \frac{-13,6\text{eV}}{n^2}, n \in \mathbb{N}^+$ <p>Anwendungen des Bohr'schen Atommodells</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linienspektrum des Wasserstoffatoms • Emissions- und Absorptionsspektren • Ionisierungsenergie 	<p>Begriffe und Größenverhältnisse der Atomhülle sind zu wiederholen. [Physik - Sek 1]</p> <p>Es ist auf die Leistungen und Grenzen der Modelle im technisch-historischen Kontext einzugehen. [Geschichte]</p> <p>Eine kritische Betrachtung des Bahnbegriffs muss erfolgen (Korrespondenzprinzip).</p>		
<p><i>zusätzlich für den Leistungskurs</i></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Franck-Hertz-Versuch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung mit verschiedenen Gasen • $I(U_B)$-Kurve <p>Energieniveauschema wasserstoffähnlicher Ionen</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Franck-Hertz-Versuch </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spektralanalyse • Ölfleckversuch zur Abschätzung des Atomdurchmessers <p>Grenzen der Verallgemeinerung auf weitere Atome/Ionen</p> <p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantenzahlen im Orbitalmodell [Chemie] </td> </tr> </table>		<p>Franck-Hertz-Versuch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung mit verschiedenen Gasen • $I(U_B)$-Kurve <p>Energieniveauschema wasserstoffähnlicher Ionen</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Franck-Hertz-Versuch 	<p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spektralanalyse • Ölfleckversuch zur Abschätzung des Atomdurchmessers <p>Grenzen der Verallgemeinerung auf weitere Atome/Ionen</p> <p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantenzahlen im Orbitalmodell [Chemie]
<p>Franck-Hertz-Versuch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung mit verschiedenen Gasen • $I(U_B)$-Kurve <p>Energieniveauschema wasserstoffähnlicher Ionen</p> <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Franck-Hertz-Versuch 	<p>Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spektralanalyse • Ölfleckversuch zur Abschätzung des Atomdurchmessers <p>Grenzen der Verallgemeinerung auf weitere Atome/Ionen</p> <p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantenzahlen im Orbitalmodell [Chemie] 		

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Herleiten der Terme für Bahnradien und Geschwindigkeiten des Elektrons im Wasserstoffatom [Chemie - Atomradien]
- E:** Interpretieren der $I(U_B)$ -Kurve des Franck-Hertz-Versuchs
- K:** Darstellen der Bedeutung von Spektren für die Erforschung von Sternen [Astronomie - Sternarten]
- R:** Einordnen der Beiträge von Physikerinnen und Physikern für die Entwicklung der Vorstellung von der Struktur eines Atoms [Geschichte und Politische Bildung] [BTV]

Röntgenstrahlung**ca. 0/5 Unterrichtsstunden**

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<i>Ausschließlich für den Leistungskurs</i>	
Röntgenröhre Bildgebende Verfahren mit Röntgenstrahlung [PG] [BO] Röntgenspektrum <ul style="list-style-type: none"> • Bremsstrahlung • Charakteristische Strahlung (qualitativ) • Kurzwellige Grenze 	Es reicht, ein Röntgenbildverfahren genauer zu betrachten (analog zu Nachweisgeräten in der Kernphysik). Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt in der Verknüpfung von Elektrodynamik, Quantenphysik und in der Physik der Atomhülle. Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung <ul style="list-style-type: none"> • Röntgenbeugung, Bragg-Gleichung

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Berechnen der kurzwelligen Grenze des Röntgenspektrums in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung
- E:** Interpretieren eines gegebenen Röntgenspektrums
- K:** Präsentieren von Aufbau und Funktionsweise einer medizinischen Röntgenuntersuchung [PG] [BO] [MD3]
- R:** Beurteilen der Darstellung von Röntgengeräten/Röntgenstrahlen in visuellen Medien verschiedener Epochen, z. B. in Comics der 1930er Jahre [Deutsch] [Kunst] [MD6]

Laser

ca. 3/5 Unterrichtsstunden

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Wechselwirkungen zwischen Photonen und Hüllenelektronen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorption • Spontane Emission • Stimulierte Emission <p>Laser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise • Eigenschaften des Laserlichts <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SE: Bestimmung der Wellenlängen unterschiedlicher Laser • SE: Material- oder Oberflächenuntersuchung mit Hilfe von Lasern [BO] 	<p>Im Grundkurs liegt der Schwerpunkt auf der stimulierten Emission für die Erklärung der prinzipiellen Funktionsweise eines Lasers.</p> <p>Betrachtet werden sowohl prinzipielle technische Anwendungen, als auch Anwendungen in der Medizin und Kultur. [PG] [BO]</p> <p>Auf die Gefahren bei der Anwendung eines Lasers ist einzugehen (Laserklassen) [PG].</p>
<i>zusätzlich für den Leistungskurs</i>	
<p>Laser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besetzungsinversion [Mathematik] • Gepulster und kontinuierlicher Betrieb 	<p>Vorschlag zur inhaltlichen Vertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterschiedliche Lasertypen

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- F:** Erklären der speziellen Eigenschaften von Laserlicht mithilfe der stimulierten Emission
- E:** Experimentelle Bestimmung der Wellenlängen von Laserlicht am optischen Gitter
- K:** Exzerpieren von Informationen über technische-medizinische Anwendungen von Lasern [PG] [BO] [BNE] [MD1] [MD3]
- R:** Vergleichen der Leistung gepulster Laser mit der anderer Geräte oder Kraftwerke

Kernphysik

ca. 18/25 Unterrichtsstunden

36

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Anregungen
<p>Ordnung der Nuklide</p> <p>Nuklidkarte</p> <p>Radioaktivität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arten und Eigenschaften ionisierender Strahlung: α, β^+, β^-, γ • Kernumwandlungen mit -gleichungen [Chemie] • Halbwertszeit und Zerfallskonstante $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$ • Zerfallsgesetz $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ • Aktivität $A = -N'(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$ <p>Wechselwirkung von Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachweisgeräte, Nulleffekt • Absorption ionisierender Strahlung • Schwächungsgesetz $I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$ • natürliche und künstliche Strahlenbelastung des Menschen [Geografie] • Strahlenschutz [PG] <p>Energiebetrachtungen bei Kernumwandlungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Massendefekt Δm • Kernbindungsenergie $E_B = \Delta m \cdot c^2$ • Kernspaltung und Kernfusion <p>Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DE: Nachweis für ionisierende Strahlung • DE: Absorption ionisierender Strahlung 	<p>Begriffe und Größenverhältnisse des Atomkerns sind zu wiederholen. [Physik - Sek 1] Detaillierte Informationen zu Nukliden sind digitalen Quellen zu entnehmen. [MD1] [MD6]</p> <p>Im Grundkurs kann auf die Betrachtung der Neutrinos bei den Kernumwandlungen verzichtet werden.</p> <p>Würdigung der Leistungen von Henri Becquerel und Marie Skłodowska Curie unter Berücksichtigung der sozialhistorischen Umstände [BTV]</p> <p>Altersbestimmung mit der Radiokarbonmethode [Geschichte] [BO] [MD1] [MD6]</p> <p>Es reicht, ein Nachweisgerät genauer zu besprechen.</p> <p>Nutzungsmöglichkeiten der Radioaktivität z. B. in Medizin oder Materialforschung [PG] [BO]</p> <p>Ökologische und ethische Aspekte bei der technischen und militärischen Nutzung sind zu thematisieren. [DRF] [BNE] [MD3]</p>

zusätzlich für den Leistungskurs

Zerfallsreihen [Geografie - Geologie]

Tröpfchenmodell

Potenzialtopfmodell

- Starke Kernkraft
- Coulomb-Potenzial
- Quantisierte Kernenergieniveaus

Energiebetrachtungen bei Kernumwandlungen

- Kernbindungsenergiekurve

Vorschläge zur inhaltlichen Vertiefung

- fundamentale Wechselwirkungen
- Yukawa-Potenzial
- Tunneleffekt
- Untersuchung ionisierender Strahlung mit Massenspektrographen

Beispiele für die Verknüpfung von Inhalten und Kompetenzen:

- E:** Beschreiben der Vorgänge im Atomkern bei der Entstehung der verschiedenen Strahlungsarten mit Hilfe von Zerfallsgleichungen
- E:** Bestimmen der Teilchenzahl eines radioaktiven Präparates aus seiner Aktivität
- K:** Führen einer Diskussion zur Strahlenbelastung des Menschen in der modernen Gesellschaft [BTV] [PG] [MD6]
- R:** Darstellen von Forschungsvorhaben zur Kernfusion, z. B. Wendelstein 7-X oder ITER vor ihrem gesellschaftlichen Hintergrund [BO] [MD3]

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)
- [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.

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 und schriftlicher Leistungsfeststellungen sein.

Klausuren

Eine Klausur besteht aus mehreren unabhängig voneinander bearbeitbaren Aufgaben, die in Teilaufgaben gegliedert sind. Die Teilaufgaben sollen nicht beziehungslos nebeneinander stehen, 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.

Herausgeber: Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur
des Landes Mecklenburg-Vorpommern,
Institut für Qualitätsentwicklung, Fachbereich 4
(Zentrale Prüfungen, Fach- und Unterrichtsentwicklung,
Rahmenplanarbeit – Leitung: Dr. Uwe Dietsche)

Verantwortlich: Henning Lipski (V.i.S.d.P.)

Redaktion: Matthias Apsel, Manuela Brandt

Foto: Silke Winkler

August 2019