

Fachanforderungen Physik
Sekundarstufe II
Allgemeinbildende Schulen

Anhörungsfassung

23.08.2021

Inhalt

1 Das Fach Physik in der Sekundarstufe II an Gymnasien und Gemeinschaftsschulen	3
1.1 Grundlagen und Lernausgangslage.....	3
1.2 Der Beitrag des Faches zur allgemeinen und fachlichen Bildung	3
1.3 Didaktische Leitlinien	4
1.4 Anforderungsniveaus und Anforderungsbereiche.....	5
2 Kompetenzbereiche, Basiskonzepte und Inhalte	7
2.1 Kompetenzbereiche	7
2.1.1 Sachkompetenz	8
2.1.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz	9
2.1.3 Kommunikationskompetenz.....	10
2.1.4 Bewertungskompetenz.....	12
2.1.5 Unterscheidung von grundlegendem und erhöhten Anforderungsniveau.....	13
2.2 Basiskonzepte.....	14
2.2.1 Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht.....	14
2.2.2 Basiskonzept Superposition und Komponenten	15
2.2.3 Basiskonzept Mathematisieren und Vorhersagen	15
2.2.4 Basiskonzept Zufall und Determiniertheit.....	16
2.3 Inhalte.....	17
2.3.1 Mechanik.....	19
2.3.2 Elektrische und magnetische Felder.....	20
2.3.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen	25
2.3.4 Quantenphysik und Materie.....	28
3 Themen und Inhalte des Unterrichts	32
4 Schulinternes Fachcurriculum	33
5 Leistungsbewertung	34
6 Die Abiturprüfung	36
6.1 Die schriftliche Abiturprüfung.....	36
6.2 Die mündliche Abiturprüfung	37
6.3 Die Präsentationsprüfung	37
6.4 Die besondere Lernleistung.....	37
IV Anhang	39
Operatoren.....	39

1 Das Fach Physik in der Sekundarstufe II an Gymnasien und Gemeinschaftsschulen

1.1 Grundlagen und Lernausgangslage

Die vorliegenden Fachanforderungen formulieren abschlussbezogenen Kompetenzerwartungen für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II an Gymnasien und Gemeinschaftsschulen. Sie orientieren sich dabei an den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.6.2020).

Der Physikunterricht der Sekundarstufe II baut auf den in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und den durch die Fachanforderungen Physik beziehungsweise den durch die Fachanforderungen Naturwissenschaften beschriebenen Kompetenzerwartungen auf. Die Sekundarstufe I dient der Vermittlung einer physikalischen Grundbildung. Die Sekundarstufe II zielt auf die Vermittlung einer erweiterten physikalischen Bildung im Rahmen der Allgemeinen Hochschulreife ab. Dabei werden die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz gefestigt und zugleich erweitert. Die Schülerinnen und Schüler erwerben im Sinne einer Wissenschaftspropädeutik insbesondere Kenntnisse über aktuelle Teilgebiete der Physik und deren Arbeitsweisen sowie ein grundlegendes Verständnis der Fachsystematik der Physik als Wissenschaft. Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen sind dafür unverzichtbar. Sie können folglich auch Bestandteil der Abiturprüfung sein.

1.2 Der Beitrag des Faches zur allgemeinen und fachlichen Bildung

Die Allgemeine Hochschulreife umfasst eine vertiefte Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung. Die naturwissenschaftlichen Fächer leisten dazu einen wesentlichen Beitrag durch die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz der Lernenden auf Basis der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss.

Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und deren Anwendung in Gebieten wie Gesundheit, Ernährung, Klima und Technik hat Einfluss auf ökologische, ökonomische und soziale Systeme. Das Erkennen, Einordnen, Bewerten und Berücksichtigen möglicher Folgen für

ökologische, ökonomische und soziale Systeme ist für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe notwendig und erfordert naturwissenschaftliche Kompetenz.

Der Beitrag des Faches Physik zur allgemeinen und fachlichen Bildung in der Sekundarstufe II schließt die für die Sekundarstufe I formulierten Ziele (vergleiche Abschnitt II.1.2) ein. Im Physikunterricht der Sekundarstufe II sollen Schülerinnen und Schüler neben einer Vertiefung ihres Wissens in den klassischen Inhaltsbereichen der Physik fundierte Kenntnisse insbesondere im Bereich der modernen Physik erwerben. Sie sollen dadurch einerseits dazu befähigt werden, wesentliche, unseren Alltag bestimmende Technologien in Grundzügen zu verstehen. Andererseits sollen sie auf ein Studium oder eine berufliche Ausbildung im Bereich Naturwissenschaften und Technik vorbereitet werden. Neben einem vertieften Fachwissen schließt dies vor allem ein zu lernen, eigenständig physikalische Fragestellungen zu entwickeln, theoretisch fundierte Hypothesen zu formulieren sowie entsprechende Experimente durchzuführen und auszuwerten. Die Vermittlung physikalischer Arbeitsweisen umfasst dabei auch das Modellieren, das gekennzeichnet ist durch Abstraktion, Idealisierung sowie die Beurteilung des Potentials und der Grenzen von Modellen für die Erklärung physikalischer Phänomene. Nicht zuletzt sollen sie die Erkenntnisse ihrer eigenen Arbeit, aber auch der Arbeit anderer, kritisch reflektieren und die Ergebnisse dieser Reflexion kommunizieren können.

Eine wichtige Aufgabe des Physikunterrichts in der Sekundarstufe II ist die Förderung eines nachhaltigen Interesses der Schülerinnen und Schüler an Physik und an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Zudem werden für die weitere Ausbildung sowie das Berufsleben Eigenschaften wie Eigenständigkeit, Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit weiterentwickelt.

Der aktiven Mitgestaltung des Physikunterrichts durch die Schülerinnen und Schüler kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Die Schülerinnen und Schüler sind gefordert, aus Theorien Vorhersagen abzuleiten und diese eigenständig experimentell zu prüfen. Der Physikunterricht der Sekundarstufe II bedient sich dabei in besonderem Maße der Mathematik. Nur in mathematischer Formulierung lassen physikalische Theorien präzise formulierte Vorhersagen zu, die einer experimentellen Prüfung zugänglich sind. Dies zu vermitteln, ist ebenfalls Aufgabe des Physikunterrichts der Sekundarstufe II.

Durch den Erwerb eines vernetzten Wissens auch in aktuellen Sachgebieten der Physik, die Aneignung physikalischer beziehungsweise naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, die Entwicklung eines besonderen Interesses an der physikalischen Beschreibung der Welt und der Fähigkeit, physikalische Beschreibungen mit Hilfe mathematischer Formalisierungen ausdrücken zu können, werden die Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht der Sekundarstufe II auf das wissenschaftliche Arbeiten in der Hochschule vorbereitet.

1.3 Didaktische Leitlinien

Die Vorgaben der Kultusministerkonferenz für die Abiturprüfung fordern den kumulativen Ausbau der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz. Die Fachanforderungen formulieren dazu verbindliche Grundsätze für den Unterricht, weisen gleichermaßen verbindlich Kerninhalte aus und zeigen den notwendigen und den zulässigen Gestaltungsrahmen für Konkretisierungen auf, die im schulinternen Fachcurriculum formuliert werden müssen. Beim Erwerb der geforderten Kompetenzen sind ergänzend zu den für die Sekundarstufe I formulierten Prinzipien die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

Naturwissenschaftliche Kompetenz

Naturwissenschaftliche Kompetenz bedeutet Vertiefung, Erweiterung und Vernetzung der vorhandenen Kompetenzen der Lernenden und eine Metaperspektive auf die Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften. Dazu zählen,

- Phänomene der Natur, der Technik und des Alltags aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu beobachten, mithilfe zunehmend abstrakter und komplexer Modelle zu beschreiben und naturwissenschaftliche Fragestellungen aus diesen abzuleiten;
- Hypothesen zu bilden, diese zum Beispiel durch systematisches Beobachten, Experimente, Modelle, Simulationen beziehungsweise theoretische Überlegungen zu prüfen und Schlussfolgerungen auch unter Verwendung von mathematischen Mitteln zu ziehen;
- die Methoden der Erkenntnisgewinnung wie zum Beispiel systematische Beobachtungen, Experimente und Modelle in den Naturwissenschaften zu reflektieren und

die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen dieser Methoden zu bewerten;

- neue naturwissenschaftliche Informationen zu erschließen, mit dem Vorwissen zu verknüpfen und dieses Wissen auch reflektiv auf Fragestellungen, Phänomene und zugrundeliegende Quellen anzuwenden;
- naturwissenschaftliche Sachverhalte fachsprachlich auch unter Verwendung von Mathematisierungen und fachtypischen Repräsentationsformen darzustellen, zu präsentieren, zu diskutieren, zu bewerten sowie naturwissenschaftlich zu argumentieren und damit am gesellschaftlichen Diskurs teilhaben zu können;
- zu erkennen und zu reflektieren, wie Naturwissenschaften und Technik unsere Umwelt in materieller, intellektueller und kultureller Hinsicht stetig verändern;
- gesellschaftliche Folgen von Entscheidungen, die in naturwissenschaftlichen Kontexten und deren Anwendungszusammenhängen getroffen wurden, anhand von Kriterien zu beurteilen.

Naturwissenschaftliche Kompetenz schließt das systematische Erfassen, Beschreiben und Erklären von Phänomenen in Natur und Technik ein. Für das Verständnis der Naturwissenschaften ist es zudem notwendig, deren Fachsprachen zu beherrschen und deren Historie zu kennen. Insofern ist naturwissenschaftliche Kompetenz auch mit sprachlicher und kultureller Bildung verbunden.

Naturwissenschaftliche Kompetenz bietet Orientierung in der durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Lebenswelt, eröffnet Perspektiven für die berufliche Orientierung und schafft Grundlagen für selbstgesteuertes, lebenslanges, globales und soziales Lernen.

Naturwissenschaftliche Kompetenz leistet somit einen Beitrag zu übergreifenden Zielen wie Bildung für nachhaltige Entwicklung, Medien-, Werte-, Verbraucher-, Demokratiebildung und damit zur Allgemeinbildung.

Die zunehmende Digitalisierung führt zu gesellschaftlichen Veränderungen, die viele Lebens- und Arbeitsbereiche betreffen. Dies führt zu veränderten Anforderungen an naturwissenschaftliche Kompetenz. Daher beschreiben die Fachanforderungen in den naturwissenschaftlichen Fächern

Möglichkeiten, wie die Nutzung digitaler Medien und Werkzeuge Bildungsprozesse in den **Naturwissenschaften unterstützen** kann. **Kompetenzen des fachlichen Umgangs mit digitalen Medien und Werkzeugen sind ebenfalls integraler Bestandteil der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern.** Dabei liegt ihnen die Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ zu grunde.

Physikalisches Fachwissen

Die in der Sekundarstufe I als Kernelement eines kumulativen Kompetenzaufbaus vermittelte vernetzte Wissensbasis soll in der Sekundarstufe II vertieft und durch Integration neuen Wissens erweitert werden. Wesentlich dafür ist die Verknüpfung von Inhalten sowohl zwischen den Sekundarstufen I und II als auch von Inhalten innerhalb der Sekundarstufe II. Zentraler Inhalt des Physikunterrichts in der Sekundarstufe II ist die Vermittlung physikalischer Modelle und Modellvorstellungen als Grundlage der Entwicklung eines Verständnisses der Physik als theoriegeleiteter Erfahrungswissenschaft. Dadurch soll gleichermaßen die Grundlage für die Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Fragestellungen mit naturwissenschaftlich-technischem Bezug als auch im Sinne einer Wissenschaftspropädeutik für ein Studium im naturwissenschaftlich-technischen Bereich geschaffen werden.

Naturwissenschaftliche Methodik

Die Physik als Naturwissenschaft bedient sich eines Repertoires an Erkenntnismethoden. Dieses Methodenrepertoire sowie ein Verständnis dafür zu erlangen, welche Methoden wann und wie einzusetzen sind, ist ein weiteres wichtiges Ziel des Physikunterrichts in der Sekundarstufe II. Das heißt, dass die Schülerinnen und Schüler neben methodischen Fähigkeiten und Fertigkeiten auch ein Verständnis von der Physik als Wissenschaft erwerben müssen. Insbesondere sollen Schülerinnen und Schüler Experimente zunehmend selbständig planen, durchführen und auswerten. Dies erfordert einen problem- und kontextorientierten Unterricht mit einem hohen Maß an Selbstständigkeit, in dem die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler zur Reflexion anleitet.

Experimente

Das Experiment erfüllt auch im Physikunterricht der Sekundarstufe II die beiden Funktionen, Medium und Methode zu sein. Dabei verschiebt sich jedoch der Fokus von der Funktion als Medium auf die Funktion als Methode.

Mathematisierung

Während sich die Mathematisierung im Physikunterricht der Sekundarstufe I erst langsam entwickelt, ist in der Sekundarstufe II die Mathematisierung von Zusammenhängen ein zentrales Element und gehört daher zu den Basiskonzepten des Physikunterrichts in der Sek. II. Physikalische Theorien werden mit Hilfe der Mathematik exakt formuliert. Zudem werden mit mathematischen Mitteln Vorhersagen über das Verhalten natürlicher und technischer Systeme hergeleitet und anschließend experimentell geprüft. Gleichwohl ist auch im Physikunterricht der Sekundarstufe II zu gewährleisten, dass der Schwerpunkt auf der Vermittlung physikalischer Sachverhalte gewahrt bleibt.

1.4 Anforderungsniveaus und Anforderungsbereiche

Die Vorgaben der Kultusministerkonferenz für die Abiturprüfung im Fach Physik unterscheiden das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau.

Unterricht auf **grundlegendem Anforderungsniveau** repräsentiert gemäß der *Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung* (in der Fassung vom 15.02.2018, Ziffer 3.2) „das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung. Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau repräsentiert das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung, die exemplarisch vertieft wird.“

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

Der Unterricht auf **grundlegendem Anforderungsniveau** soll in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen des Faches einführen. Er soll wesentliche Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen des Faches bewusst und erfahrbar machen. Darüber hinaus sollen Zusammenhänge im Fach und über die Grenzen des Faches hinaus in exemplarischer Form erkennbar werden.

Der Unterricht auf **erhöhtem Anforderungsniveau** zielt zusätzlich auf eine systematische Auseinandersetzung mit Inhalten, Theorien und Modellen, welche die Komplexität und

den Aspektreichtum des Faches verdeutlichen. Der Unterricht ist gerichtet auf eine vertiefte Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden und auf deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion. Die Anforderungen sollen sich nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ unterscheiden. Die Unterschiede bestehen insbesondere in folgenden Aspekten:

- Umfang und Spezialisierungsgrad bezüglich des Fachwissens, des Experimentierens und der Theoriebildung,
- Grad der Elementarisierung und Mathematisierung physikalischer Sachverhalte und Anspruch an die verwendete Fachsprache,
- Komplexität der Kontexte sowie der physikalischen Sachverhalte, Theorien und Modelle.

Nähere Ausführungen zur Unterscheidung der Anforderungsniveaus in den einzelnen Kompetenzbereichen finden sich in Kapitel 2 (Abschnitt 2.5).

Für die Gestaltung des Unterrichts, die Erstellung von Aufgaben und die Bewertung von Unterrichtsbeiträgen und Leistungsnachweisen sind auf beiden Anforderungsniveaus die folgenden **Anforderungsbereiche** zu berücksichtigen:

- **Anforderungsbereich I** umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang 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.

Im Unterricht muss jeder Schülerin und jedem Schüler in angemessenem Umfang Gelegenheit gegeben werden, Leistungen in allen drei Anforderungsbereichen zu erbringen.

2 Kompetenzbereiche, Basiskonzepte und Inhalte

2.1 Kompetenzbereiche

Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und Inhalte bilden die Grundlage für die unterrichtliche Arbeit in der Sekundarstufe II. Das den Fachanforderungen zu Grunde liegende Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz baut auf den Fachanforderungen für den Mittleren Schulabschluss auf. Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden:

Kompetenzbereiche im Fach Physik	
Sachkompetenz	Die Sachkompetenz der Lernenden 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.
Erkenntnisgewinnungskompetenz	Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden 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.
Kommunikationskompetenz	Die Kommunikationskompetenz der Lernenden 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.
Bewertungskompetenz	Die Bewertungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen beziehungsweise 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.

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

Die Kompetenzbereiche erfordern jeweils bereichsspezifisches Fachwissen. Das Fachwissen besteht somit aus einem breiten Spektrum an Kenntnissen als Grundlage fachlicher Kompetenz. Zu diesem Spektrum gehören naturwissenschaftliche Konzepte, Theorien, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren, die eine Grundlage für die Lösung heutiger Schlüsselprobleme sind. Die Kompetenzen in den vier Kompetenzbereichen dienen zum einen der Entwicklung des Fachwissens und stellen zum anderen einen eigenen Lerngegenstand dar.

Mit dem Erwerb dieser Kompetenzen wird zugleich ein wichtiger Beitrag des Faches Physik zum Erwerb überfachlicher Kompetenzen (Methodenkompetenz, Sozial- und Selbstkompetenz) geleistet.

Wegen der großen Bedeutung der Kompetenzen für die drei naturwissenschaftlichen Fächer und ihrer großen Überschneidungsbereiche ist eine Abstimmung mit den Fächern Biologie und Chemie notwendig, um die Gemeinsamkeiten gewinnbringend zu nutzen.

In den folgenden Abschnitten/Kapiteln werden die erwarteten Kompetenzen in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz sowie Bewertungskompetenz abschlussbezogen dargestellt. Die Ausprägung der beschriebenen Schüleraktivitäten, die Komplexität und der Grad der Selbstständigkeit werden in den verschiedenen Jahrgangsstufen in einer Form erwartet, die dem jeweiligen Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler entspricht. Eine Abgrenzung zwischen grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau für die einzelnen Kompetenzbereiche ist in Abschnitt 2.5 dargestellt.

Anforderungsbereiche sind kein Bestandteil fachspezifischer Kompetenzbereiche, sondern ein Merkmal von Aufgaben und werden separat (siehe Kapitel 1.4) beschrieben.

2.1.1 Sachkompetenz

Die Sachkompetenz der Lernenden 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, zum Beispiel 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.

Um das Wechselspiel zwischen Modell und Theorie beziehungsweise Verfahren und Experimenten abzubilden, gliedert sich die Sachkompetenz in zwei Teilkompetenzbereiche. Der erste Teilkompetenzbereich thematisiert die Kompetenzen zu den fachlichen Modellen und Theorien in Bezug auf die Bearbeitung von Aufgaben und Problemen. Der zweite Teilkompetenzbereich thematisiert die Kompetenzen zu den fachlichen Verfahren und Experimenten in Bezug auf die Bearbeitung von Aufgaben und Problemen.

Sachkompetenz in der Sekundarstufe II	
Die Lernenden ...	
Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen	<p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien im Rahmen einer Fragestellung und nehmen gegebenenfalls Veränderungen vor.</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen beziehungsweise Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p>
Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen	<p>S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messerteerfassungssystemen nach Anleitung auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Ergebnisse.</p> <p>S 5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus.</p> <p>S 6 erklären bekannte Auswertverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an.</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p>

2.1.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden 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 beziehungsweise Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

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 wird der Sachkompetenz zugeordnet.

Erkenntnisgewinnungskompetenz in der Sekundarstufe II		
Die Lernenden ...		
Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden	E 1	identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten.
	E 2	stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.
Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen	E 3	beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen.
	E 4	modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.
	E 5	planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.
Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren	E 6	erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen.
	E 7	berücksichtigen Messungenauigkeiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses.
	E 8	beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen.
	E 9	reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung.
Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren	E 10	beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit.
	E 11	reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (zum Beispiel Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

2.1.3 Kommunikationskompetenz

Die Kommunikationskompetenz der Lernenden 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 situationsspezifischen und verallgemeinerten Aussagen und mehreren Darstellungsformen relevant.

Physikalisch kompetent 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-beziehungsweise Erkenntnisgewinnungskompetenz, die Berücksichtigung von außerfachlichen Aspekten für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung ist im Kompetenzbereich Bewerten enthalten.

Kommunikationskompetenz in der Sekundarstufe II	
Die Lernenden ...	
Informationen erschließen	<p>K 1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus.</p> <p>K 2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt.</p> <p>K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p>
Informationen aufbereiten	<p>K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert.</p> <p>K 5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus.</p> <p>K 6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge.</p> <p>K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.</p>
Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren	<p>K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen.</p> <p>K 9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.</p> <p>K 10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.</p>

2.1.4 Bewertungskompetenz

Die Bewertungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen beziehungsweise 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 (zum Beispiel 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 zum Beispiel der Anwendbarkeit eines Modells, der Güte von Experimentierergebnissen oder der Korrektheit fachwissenschaftlicher Argumentationen den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind.

Bewertungskompetenz in der Sekundarstufe II	
Die Lernenden ...	
Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen	B 1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation.
	B 2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.
Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen	B 3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab.
	B 4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.
Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren	B 5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses.
	B 6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein.
	B 7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen.
	B 8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

2.1.5 Unterscheidung von grundlegendem und erhöhten Anforderungsniveau

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

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

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

Im Bereich der **Bewertungskompetenz** können Lernende auf erhöhtem Anforderungsniveau mehr und komplexere Argumente mit Belegen heranziehen. Auch gelingt es ihnen, eigene Standpunkte differenzierter zu begründen und so besser gegen sachliche Kritik zu verteidigen.

2.2 Basiskonzepte

Der Beschreibung von physikalischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Physik ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Basiskonzepte werden in Lehr-Lernprozessen wiederholt thematisiert und ausdifferenziert. Den Lernenden wird aufgezeigt, dass diese grundlegenden Konzepte in vielen verschiedenen Lernbereichen einsetzbar sind und einen systematischen Wissensaufbau und somit den Erwerb eines strukturierten und mit anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften vernetzten Wissens unterstützen. In der folgenden Beschreibung der Basiskonzepte werden illustrierende Beispiele genannt. Die in den folgenden Tabellen genannten Aspekte der Basiskonzepte treten oft gemeinsam auf oder beleuchten denselben Sachverhalt unter verschiedenen Gesichtspunkten.

2.2.1 Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht

Viele Sachverhalte und Vorgänge lassen sich in der Physik durch ein Denken in Bilanzen oder Gleichgewichten beschreiben und erklären. Hierbei spielen neben statischen und dynamischen Gleichgewichtsbedingungen auch Erhaltungssätze eine wichtige Rolle.

Das Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht ermöglicht einen auch quantifizierenden Zugang zu vielen Themen.

Aspekte	Beispielinhalte
Erhaltungssätze	<ul style="list-style-type: none"> • Energieerhaltung • Impulserhaltung • Ladungserhaltung
Gleichgewichte	<ul style="list-style-type: none"> • Kräftegleichgewicht bei der Bewegung mit Reibung (zum Beispiel Fallschirmsprung), beim Geschwindigkeitsfilter, beim Millikan-Versuch • Ladungsgleichgewicht

2.2.2 Basiskonzept Superposition und Komponenten

Die Superposition bildet eine wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise in der Physik. Die Überlagerung gleicher physikalischen Größen oder die

Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten tritt praktisch in allen Inhaltsbereichen auf:

Aspekte	Beispielinhalte
Superposition	<ul style="list-style-type: none"> • Kräfteaddition • Vektorsumme von Feldstärken • Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern • Kreisbewegung als Superposition zweier Schwingungen • Interferenz • Zusammenspiel von Flächen- und Magnetfeldänderung bei der Induktion • Superposition als zentraler Begriff in der Quantenphysik
Zerlegung in Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> • Waagerechterer Wurf • Kräfte am Hang • Anhalteweg als Summe von Reaktionsweg und Bremsweg • Bewegung von Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern • elektrische und magnetische Energie beim Schwingkreis

2.2.3 Basiskonzept Mathematisieren und Vorhersagen

Ein zentrales Merkmal der Physik ist es, Vorgänge und Zusammenhänge mathematisch zu beschreiben und daraus Erkenntnisse und Vorhersagen zu erhalten. Die Beschreibung von Größenabhängigkeiten erfolgt in Gestalt von Gleichungen und Funktionen. Die physikalische Interpretation

von gegebenenfalls grafisch ermittelten Ableitungen und Integrationen eröffnet weitere Möglichkeiten für die Erkenntnisgewinnung.

Aspekte	Beispielinhalte
Gleichungen und Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> • experimentelle Untersuchung von physikalischen Abhängigkeiten mittels gezielter Variablenuntersuchung • proportionale und antiproportionale Abhängigkeiten (Kapazität eines Plattenkondensators) • Gleichungen zur Winkelbestimmung (Interferenz am Gitter) • lineare und quadratische Funktionen (Bewegungen) • gebrochen-rationale Funktionen (Coulomb-Gesetz) • Wurzelfunktionen (Federpendel) • Exponentialfunktionen (Entladung eines Kondensators) • trigonometrische Funktionen (Wellengleichung)
Ableitungen und Integrationen	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit und Beschleunigung als differentielle Größen • Induktionsgesetz • Stromstärke als zeitliche Änderung der Ladungsmenge beziehungsweise Ladung als Fläche unterhalb des Zeit-Stromstärke-Graphen

	<ul style="list-style-type: none"> lineares Kraftgesetz als Differentialgleichung
--	--

2.2.4 Basiskonzept Zufall und Determiniertheit

In der Physik spielen Fragen nach Zufall und Determiniertheit sowohl auf einer philosophischen als auch auf einer praktischen Ebene eine Rolle.

Determiniertheit ist in der Physik die Grundvoraussetzung für eine Beschreibung von Phänomenen. Zufall tritt in der Physik in unterschiedlichen Interpretationen in Erscheinung.

In der Quantenphysik kann zwischen der prinzipiellen Nicht-determiniertheit des Verhaltens einzelner Quantenobjekte

und der Determiniertheit von Nachweiswahrscheinlichkeiten durch die Versuchsbedingungen unterschieden werden.

Zufall und Determinismus spielen häufig zugleich eine Rolle. Zum Beispiel erfolgt in der Gasentladungsröhre die Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom zu einem zufälligen Zeitpunkt. Bei einer festen angelegten Spannung stellt sich aber dennoch eine eindeutig vorher-sagbare Strahlungsleistung ein.

Aspekte	Beispielinhalte
Zufall	<ul style="list-style-type: none"> statistische Verteilung physikalischer Größen radioaktiver Zerfall stochastische Eigenschaften von Quantenobjekten Messunsicherheit Empfindlichkeit gegenüber den Anfangsbedingungen (deterministisches Chaos)
Determiniertheit	<ul style="list-style-type: none"> Modellierung durch Ausgleichskurven (Interpolation) Vorhersage von Ereignissen

2.3 Inhalte

Der kumulative Aufbau physikalischer Fachkompetenz beruht auf dem Erwerb eines breiten, innerhalb und über verschiedene Inhaltsbereiche hinweg vernetzten Fachwissens. Ein solches Fachwissen ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, die natürliche und vom Menschen veränderte Umwelt zu verstehen, Phänomene zu erklären und Probleme zu lösen. In der Sekundarstufe II schafft es zudem eine Grundlage für Studium und Beruf.

Die **Mechanik** dient dabei als Bindeglied zwischen dem Unterricht in der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II. Die in ihr behandelten Themen bilden zugleich die Grundlage für ein Verständnis der Inhaltsbereiche elektrische und magnetische Felder, mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik und Materie. In der Mechanik werden die zentralen Erhaltungssätze eingeführt. Durch die Mathematisierung von Gleichgewichten können Vorhersagen getroffen werden.

Elektrische und magnetische Felder

Die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung lassen sich oft nicht direkt beobachten, sondern müssen gedeutet werden. In der Physik sind hierzu vier fundamentale Wechselwirkungen bekannt, mit deren Hilfe sich nach heutigem Wissenstand alle bekannten Phänomene beschreiben lassen: Gravitation, elektromagnetische, schwache und starke Wechselwirkung. Zur Beschreibung dieser Wechselwirkungen wird in der Sekundarstufe II das Feldkonzept angewandt. Die Entwicklung der Kompetenz im Umgang mit dem Konzept der Wechselwirkung manifestiert sich in einer zunehmenden Abstraktion der Wechselwirkungen, ausgehend vom Verständnis direkter Wechselwirkungen, über mittelbare Wechselwirkungen durch Felder bis hin zu einer Wechselwirkung zwischen Feldern und Objekten. Damit erweitert das Feldkonzept das in der Sekundarstufe I angelegte Basiskonzept Wechselwirkung. Die bei der Beschreibung von Wechselwirkungen auftretende Überlagerung (Superposition) gleicher physikalischer Größen oder die Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten spielt im Bereich der elektrischen und magnetischen Felder eine zentrale Rolle.

Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Wellen und Wellenphänomene prägen das heutige physikalische Weltbild.

Wellenphänomene werden bei von mechanischen und elektromagnetischen Wellen im sichtbaren und im nicht sichtbaren Bereich untersucht.

Nachweismethoden, die auf Interferenzphänomenen basieren, stellen ein wichtiges Werkzeug naturwissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklungen dar. Darüber hinaus sind Schwingungen und Wellen grundlegend für die Darstellung und das Verständnis quantenmechanischer Vorgänge.

Quantenphysik und Materie

Die Erkenntnisse der Quantenphysik haben unsere naturwissenschaftliche Weltansicht im letzten Jahrhundert stark verändert. Ohne sie wäre ein Verständnis der Struktur der Materie nicht denkbar.

Quantenobjekte werden durch eine Reihe von Aspekten charakterisiert: Neben der stochastischen Vorhersagbarkeit und der Fähigkeit zu Interferenz und Superposition gehört auch die Determiniertheit der Zufallsverteilung zu diesen Eigenschaften. Ausgehend von diesen grundlegenden Aspekten entwickeln Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Sekundarstufe II eine zunehmend differenzierte Vorstellung von Quantenobjekten und den Grenzen der klassischen Physik.

Erwartete Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe II

Es folgen vier Tabellen zu den Inhaltsbereichen Mechanik, elektrische und magnetische Felder, mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik und Materie mit den am Ende der Sekundarstufe II erwarteten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler.

In der linken Spalte wird ausgeführt, über welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe II verfügen sollen. Die beschriebenen Kompetenzen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit jeweils einem der Inhaltsbereiche zugeordnet und nicht nach den Basiskonzepten aufgegliedert. Diese erwarteten Kompetenzen beschreiben die Anforderungen der Abiturprüfung. In der mittleren Spalte werden physikalische Inhalte ausgewiesen,

die verbindlich im Unterricht zu behandeln sind. Sie sind für alle Inhaltsbereiche nach Themen gegliedert.

In der rechten Spalte stehen didaktische Hinweise und einzelne Vorgaben.

Die Kompetenzen der linken Spalte beziehen sich auf die Begriffe und Hinweise in den beiden anderen Spalten bis zur nächsten waagerechten Trennlinie.

Die Anordnung der Kompetenzen und physikalischen Inhalte in den Tabellen macht abgesehen von den Regelungen in III.3 keine Vorgabe über die Reihenfolge, in der die Kompetenzen im Unterricht zu entwickeln sind.

In den beiden ersten Spalten sind diejenigen Kompetenzen beziehungsweise Inhalte **grau hinterlegt und fett gedruckt**, die über das grundlegende Anforderungsniveau hinausgehen und für einen Physikunterricht auf erhöhtem Anforderungsniveau verbindlich sind.

2.3.1 Mechanik

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Kinematik		
<ul style="list-style-type: none"> analysieren Bewegungen auch anhand von Bild- oder Videomaterial. identifizieren gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen als Spezialfälle allgemeiner Bewegungen. bestimmen Strecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auch mit Methoden der Differential- und Integralrechnung. führen komplexere Bewegungen auf die Überlagerung von einfachen Bewegungen zurück. führen eine quantitative Analyse des waagerechten Wurfes durch. wenden den Energieerhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von Bewegungen an. 	<ul style="list-style-type: none"> Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung freier Fall waagerechter Wurf Energieerhaltung 	<p>Es wird empfohlen, die Dynamik von Beginn an in den Mittelpunkt zu stellen und die Kinematik zu integrieren.</p> <p>Eine eigene Unterrichtseinheit zur Wiederholung der gleichförmigen Bewegung ist nicht vorgesehen.</p> <p>Der mathematische Zusammenhang zwischen einer Größe und ihrer zeitlichen Änderungsrate soll basierend auf dem Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler zur Differential- und Integralrechnung im Verlauf der Sekundarstufe II zunehmend an Relevanz gewinnen.</p>
Dynamik		
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben und berechnen Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen. nutzen ihr Wissen über den vektoriellen Charakter der Kraft zur Kräfteaddition und Kräftezerlegung. unterscheiden zwischen realen und idealisierten Bewegungen. modellieren reale Bewegungen mit Hilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge. sagen reale Bewegungen mithilfe iterativer Verfahren voraus. 	<ul style="list-style-type: none"> Masse, Kraft, Beschleunigung Trägheitsprinzip Reibungskraft 	<p>Die Betrachtung der einzelnen Phasen eines Fallschirmsprungs eignet sich für die Anwendung iterativer Verfahren (beispielsweise eines Modellbildungssystems oder einer Tabellenkalkulation)</p>
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben Kräfte als Ursache von Impulsänderungen erläutern den Impulserhaltungssatz an Beispielen. wenden den Impulserhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von elastischen und unelastischen Stößen an. 	<ul style="list-style-type: none"> Impuls Impulserhaltung 	

2.3.2 Elektrische und magnetische Felder

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen		
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben und vergleichen die grundlegenden Eigenschaften von Feldern an Beispielen (qualitativ). interpretieren Experimente zum Nachweis elektrischer Ladungen. beschreiben die Kräfte zwischen und innerhalb von geladenen Körpern. 	<ul style="list-style-type: none"> grundlegende Eigenschaften von Feldern am Beispiel des elektrischen, des Magnet- und des Gravitationsfeldes elektrische Ladung geladene Körper Influenz Kräfte zwischen Ladungen 	Es wird empfohlen, die grundlegenden Eigenschaften von Feldern zunächst qualitativ zu behandeln, bevor der Begriff der Feldstärke eingeführt wird.
<ul style="list-style-type: none"> erläutern den Zusammenhang von Kraft und elektrischer Feldstärke. skizzieren elektrische Felder und deren Superposition mittels Feldlinien und Äquipotentiallinien. vergleichen das Gravitationsgesetz mit dem Coulomb'schen Gesetz. wenden das Gravitationsgesetz und das Coulombsche Gesetz an. 	<ul style="list-style-type: none"> elektrische Feldstärke Feldlinien, Äquipotentiallinien (Radialfeld, Dipolfeld, homogenes Feld) Superposition und Abschirmung von elektrischen Feldern Gravitationsgesetz Coulomb'sches Gesetz 	Es ist keine umfassende Unterrichtseinheit zur Gravitation gefordert.
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben den Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen Feld des Plattenkondensators. erläutern den Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke in beliebigen elektrischen Feldern. erläutern den Zusammenhang von potentieller Energie einer Ladung und dem Potential im elektrischen Feld. 	<ul style="list-style-type: none"> Spannung und elektrische Feldstärke im Plattenkondensator Spannung und elektrische Feldstärke in beliebigen elektrischen Feldern Potential, Spannung als Potentialdifferenz 	
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> berechnen Kapazität und gespeicherte elektrische Energie eines Plattenkondensators. beschreiben die Einsatzmöglichkeiten eines Kondensators als Energiespeicher und kapazitives Bauelement in Stromkreisen. beschreiben das Verhalten eines Dielektrikums im elektrischen Feld. beschreiben und begründen den zeitlichen Verlauf der Stromstärke und Spannung bei Ladevorgängen und erläutern den Einfluss der Parameter Widerstand und Kapazität. 	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften des Plattenkondensators: <ul style="list-style-type: none"> Kapazität (auch in Abhängigkeit von den geometrischen Daten) gespeicherte Ladungsmenge gespeicherte Energie Dielektrikum Auf- und Entladevorgang eines Kondensators 	<p>Differentialgleichungen sind in den Fachanforderungen Mathematik nicht verbindlich als Unterrichtsgegenstand vorgesehen, können im Physikunterricht auf erhöhtem Niveau aber kurz behandelt werden.</p> <p>Es bietet sich an, geeignete digitale Werkzeuge (dynamische Geometrie-Software oder Computer-Algebra-Systeme) zur Veranschaulichung und Lösung von Differentialgleichungen zu verwenden.</p>
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben und berechnen die Kräfte auf stromdurchflossene oder bewegte Leiter im Magnetfeld. skizzieren das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule. erläutern den Halleffekt. messen die magnetische Flussdichte. berechnen die magnetische Flussdichte um einen Leiter und in einer langen Spule. 	<ul style="list-style-type: none"> magnetische Flussdichte magnetische Feldlinien, Superposition und Abschirmung Halleffekt Magnetfeld einer langen Spule 	<p>In der Literatur wird der Begriff magnetische Feldstärke häufig synonym zum Begriff der magnetischen Flussdichte verwendet. Es empfiehlt sich, die Lernenden insbesondere in Hinblick auf die schriftliche Abiturprüfung darauf hinzuweisen.</p>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Körper in statischen Feldern		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und berechnen die Kräfte auf Ladungen in elektrischen Feldern. • beschreiben und berechnen die Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld. • erläutern den Zusammenhang zwischen Kraft und magnetischer Flussdichte (Feldstärke). • analysieren und berechnen die Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Feld und vergleichen sie mit Bewegungen im Gravitationsfeld. • analysieren und berechnen die Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern. • berechnen die Geschwindigkeit von beschleunigten Ladungen mit Hilfe des Energiesatzes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ladungen in homogenen elektrischen Feldern • bewegte Ladungen im homogenen Magnetfeld (Lorentzkraft) • potentielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld • Energiebetrachtung beim Beschleunigen von geladenen Teilchen 	
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung. berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen. erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen. analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Magnetfeld und im Gravitationsfeld. erklären Drehbewegungen unter der Nutzung der Drehimpulserhaltung. 	<p>Untersuchung von Kreisbewegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bahn- und Winkelgeschwindigkeit Zentripetalkraft <ul style="list-style-type: none"> Kreisbewegungen in Gravitationsfeldern Kreisbewegungen von geladenen Teilchen in homogenen Magnetfeldern <ul style="list-style-type: none"> Drehimpuls und Drehimpulserhaltung 	<p>Kreisbewegungen können auch schon im Rahmen der Mechanik untersucht werden.</p> <p>Es ist keine umfassende Unterrichtseinheit zum Drehimpuls vorgesehen.</p> <p>Die kurze Behandlung des Drehimpulses ist auch im Zusammenhang mit den Quantenzahlen möglich.</p>
<ul style="list-style-type: none"> erläutern und analysieren Experimente zur Bestimmung der Ladung und der Masse des Elektrons. erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen beschleunigt beziehungsweise abgelenkt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Experimente zur Bestimmung von Eigenschaften des Elektrons: <ul style="list-style-type: none"> Millikanversuch, e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr Anwendung elektrischer und magnetischer Felder: <ul style="list-style-type: none"> Linear- und Kreisbeschleuniger Massenspektrometer Hallsonde 	<p>Im Zusammenhang mit der Beschleunigung von Ladungen bietet es sich an, auf die Grenzen der klassischen Physik bei höheren Geschwindigkeiten hinzuweisen.</p>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Veränderliche elektromagnetische Felder		
<ul style="list-style-type: none"> erläutern und wenden das Induktionsgesetz in den Spezialfällen konstanter Fläche oder konstanter magnetischer Flussdichte an. 	<ul style="list-style-type: none"> Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient) 	
<ul style="list-style-type: none"> erläutern und wenden das Induktionsgesetz in differentieller Form an. berechnen die Induktivität einer Spule. erläutern das zeitliche Verhalten einer Spule im Stromkreis. analysieren technische Anwendungen der Induktion (auch Wirbelströme). analysieren elektromagnetische Schwingkreise. berechnen frequenzabhängige Widerstände. vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten. 	<ul style="list-style-type: none"> Induktionsgesetz in differentieller Form Induktivität Energie des Magnetfeldes einer stromdurchflossenen Spule. Selbstinduktion, Ein- und Ausschaltvorgänge Beispiele für technische Anwendungen der Induktion (Wirbelströme) elektromagnetische Schwingungen, kapazitive, induktive und ohmsche Widerstände, Schwingkreise 	<p>Als Anwendung eignet sich beispielsweise die Analyse von passiven Frequenzweichen in Lautsprecherboxen.</p> <p>Ein Ausblick auf die Maxwell-Gleichungen und die Entstehung elektromagnetischer Wellen bietet sich an dieser Stelle an.</p>

2.3.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Mechanische und elektromagnetische Schwingungen		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Schwingungen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen. • berechnen Schwingungsdauern und Frequenzen von Schwingungen anhand systembeschreibender Größen an den Beispielen Faden- und Federpendel. • stellen Schwingungen und Wellen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar. ermitteln aus der Schwingungsgleichung die charakteristischen Größen. • erläutern Bedingungen für mechanische harmonische Schwingungen. • beschreiben zeitliche Entwicklungen von Schwingungen unter Berücksichtigung von Dämpfung und Resonanz. • vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Gesichtspunkten. 	<ul style="list-style-type: none"> • charakteristische Größen mechanischer und elektromagnetischer Schwingungen und ihre Zusammenhänge: • Schwingungsgleichung • lineares Kraftgesetz • gedämpfte Schwingungen • Resonanz bei erzwungenen Schwingungen • mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Gesichtspunkten 	<p>Zur Darstellung von harmonischen Schwingungen ist die Nutzung von Zeigerdiagrammen möglich.</p> <p>Zur Resonanz bietet sich die Betrachtung von Präventionsmaßnahmen in Gebäuden zur Verhinderung der Zerstörung bei Erdbeben an.</p>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Wellen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen. • erklären die Ausbreitung und Reflexion von Wellen mit Hilfe von gekoppelten Oszillatoren und mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips. • beschreiben die zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle mit Hilfe der Wellengleichung. 	<ul style="list-style-type: none"> • charakteristische Größen harmonischer Wellen und ihre Zusammenhänge: Wellenlänge, Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit • Erzeugung und Ausbreitung von Wellen, Huygens'sches Prinzip, Beugung, Brechung • Wellengleichung 	<p>Mechanische und akustische Wellen sind nur insoweit zu behandeln, als es zum Verständnis der optischen Wellen nötig ist. Dies kann sowohl vorgeschaltet als auch integriert geschehen.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • erklären Unterschiede von Transversal- und Longitudinalwellen. • wenden das Wellenkonzept zur Erklärung des Dopplereffekts an. • untersuchen Polarisationsphänomene experimentell. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transversal- und Longitudinalwellen • Dopplereffekt (qualitativ) • Polarisation 	<p>Beispiele aus der Akustik stellen eine sinnvolle Ergänzung dar.</p>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Überlagerung von Wellen		
<ul style="list-style-type: none"> untersuchen Interferenzphänomene experimentell. erklären mithilfe des Huygens'schen Prinzips die Entstehung von Interferenzmustern. berechnen die Lage von Maxima und Minima bei Interferenzphänomenen. bestimmen mit Hilfe der Interferenz die Wellenlänge der verwendeten Lichtquelle. nennen Bedingungen für das Auftreten von Interferenz. beschreiben den Aufbau und erklären die Funktionsweise eines Interferometers. beschreiben die Überlagerung von reflektierten Wellen und erklären das Entstehen von stehenden Wellen. bestimmen die Wellenlängen mittels einer durch Reflexion erzeugten Welle. 	<ul style="list-style-type: none"> Interferenzphänomene auch mit polychromatischem Licht Superposition, Interferenz am Doppelspalt und am Gitter Interferenz an dünnen Schichten Interferenz am Einzelspalt mit monochromatischem Licht zeitliche und räumliche Kohärenz Interferometer stehende Wellen, Wellenlängen stehender Wellen 	<p>Es bieten sich Darstellungen mit Hilfe von Zeigerdiagrammen an.</p> <p>Interferenzen an dünnen Schichten sind auf grundlegendem Niveau nur phänomenologisch zu betrachten.</p> <p>Interferometrie kann beim Thema Quanten wieder aufgegriffen werden.</p> <p>Für stehende Wellen gibt es viele Anwendungen beispielsweise bei Musikinstrumenten. Außerdem werden sie für die Bearbeitung des linearen Potentialtopfes im Thema Atommodelle genutzt.</p>
Spektren		
<ul style="list-style-type: none"> erklären das Entstehen eines Spektrums bei Interferenz mit weißem Licht. klassifizieren Bereiche des elektromagnetischen Spektrums anhand von Wellenlängen, Frequenzen und Energien. nutzen Spektren, um Eigenschaften der aussendenden Quelle zu bestimmen. 	<ul style="list-style-type: none"> Farben elektromagnetisches Spektrum diskrete und kontinuierliche Spektren Emissions- und Absorptionsspektren 	<p>Über die akustische Unschärferelation kann das Verständnis für die Heisenberg'sche Unschärferelation vorbereitet werden.</p>

2.3.4 Quantenphysik und Materie

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Quantenobjekte		
<ul style="list-style-type: none"> benennen und erklären grundlegende Aspekte der Quantentheorie. treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von Wahrscheinlichkeitsausagen. erläutern, dass sich der scheinbare Widerspruch des Welle-Teilchen-Dualismus durch eine Wahrscheinlichkeitsinterpretation beheben lässt. beschreiben die Probleme bei der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik. treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von stochastischen Aussagen. beschreiben den Zusammenhang zwischen Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Quantenobjekten und der Wellenfunktion. beschreiben die Komplementarität von Quantenobjekten anhand eines Delayed-Choice-Experiments. 	<ul style="list-style-type: none"> grundlegende Aspekte der Quantentheorie: stochastische Vorhersagbarkeit, Interferenz und Superposition, Determiniertheit der Zufallsverteilung, Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus stochastische Deutung mittels des Quadrats der quantenmechanischen Wellenfunktion (qualitativ) Delayed-Choice-Experiment 	<p>Nebenstehend wurden die in den Bildungsstandards formulierten grundlegenden Aspekte der Quantenphysik zur besseren Übersicht aus der Tabelle mit den einzelnen Inhalten herausgelöst. Die zugehörigen Kompetenzen sind abschlussbezogen und werden schrittweise im Laufe der Unterrichtseinheit entwickelt.</p> <p>Strahlteilerexperimente können in diesem Zusammenhang genutzt werden. Dies ist mit Hilfe von Simulationen oder einfachen Experimenten möglich.</p>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten am Doppelspalt. • werten Experimente zu Welleneigenschaft von Elektronen aus. • erläutern die experimentellen Befunde zum Photoeffekt und werten sie aus. • beschreiben das Verhalten des Lichts mithilfe von Teilcheneigenschaften. 	<ul style="list-style-type: none"> • Doppelspalt-Experimente und Simulationen mit Licht, einzelnen Photonen und Elektronen • Photoeffekt 	
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Zusammenhänge der Größen Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge von Quantenobjekten. • berechnen Impulse beziehungsweise Wellenlängen von Quantenobjekten unter anderem mit Hilfe der de Broglie-Beziehung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von Quantenobjekten (Photonen, Elektronen): Energie, Masse, Impuls, Frequenz, Wellenlänge • de Broglie-Wellenlänge 	
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Entstehung der Röntgenbremsstrahlung. • untersuchen mit Hilfe der Bragg-Reflexion Röntgenspektren. • erläutern die Konsequenzen für ein Quantenobjekt hinsichtlich der Bestimmung von komplementären Größen. • erläutern die Vorgänge beim Comptoneffekt. • beschreiben Nachweismöglichkeiten für einzelne Photonen oder Elektronen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Röntgenbremspektrum • Bragg-Reflexion • Ort-Impuls-Unbestimmtheit • Compton-Effekt • Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen 	
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
Atomvorstellungen		
<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Emission und Absorption von Licht mit Hilfe eines Energieniveauschemas. • erläutern den Zusammenhang von Linienspektren und Energieniveaus in Atomen. 	<ul style="list-style-type: none"> • quantenmechanisches Atommodell (qualitativ) • Linienspektren • Energieniveaus des Wasserstoffatoms 	<p>Viele der anschaulichen klassischen Vorstellungen vom Aufbau der Materie sind im Bereich der Atome nicht mehr anwendbar und sollen nur in einem historischen Überblick behandelt werden.</p> <p>Ziel des Unterrichts ist ein grundlegendes Verständnis einer quantenmechanischen Beschreibung eines Atoms, das über das Bohr'sche Atommodell hinausgeht.</p> <p>Die Behandlung der Schrödingergleichung für das Wasserstoffatom ist nicht verbindlich, kann aber der Vertiefung dienen.</p> <p>Am Beispiel des Franck-Hertz-Versuchs können die Lernenden die links genannten inhaltsbezogenen Kompetenzen in Bezug auf eine andere Form der Anregung vertiefen. Ferner können sie ihre Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung durch ein forschendes Vorgehen weiterentwickeln („Forscherkreislauf“). Deshalb ist er in besonderem Maße als Experiment im Unterricht geeignet.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • berechnen diskrete Energiewerte für den Potenzialtopf. • beschreiben Aufenthaltswahrscheinlichkeiten eines Elektrons im Potenzialtopf. • erläutern die Konsequenzen der Unbestimmtheitsrelation für das Potenzialtopfmodell. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modell des eindimensionalen Potenzialtopfes mit unendlich hohen Wänden 	<p>Die Behandlung der Schrödingergleichung für den eindimensionalen Potentialtopf ist nicht verbindlich, wird aber empfohlen.</p>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>		

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Verbindliche Inhalte	Vorgaben und Hinweise
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> erklären die Bedeutung eines Orbitals als Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit für das Elektron. beschreiben Emissions- und Absorptionsvorgänge als Energieabgabe und Anregung von Atomen. berechnen Linienspektren mit Hilfe von Energieniveaus für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome. erklären die Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung. 	<ul style="list-style-type: none"> Orbitale des Wasserstoffatoms Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema Energieniveaus von Wasserstoff und wasserstoffähnlicher Atome charakteristischen Röntgenstrahlung 	
<ul style="list-style-type: none"> stellen den Aufbau des Periodensystems mit Hilfe von Quantenzahlen und des Pauli-Prinzips dar. 	<ul style="list-style-type: none"> Ausblick auf Mehrelektronensysteme Aufbau des Periodensystems Pauli-Prinzip 	Grundsätzlich ist im Bereich der Atomphysik eine Absprache mit der Fachschaft Chemie notwendig.

3 Themen und Inhalte des Unterrichts

Die folgende Übersicht stellt dar, welche Inhalte der Mechanik und der Inhaltsbereiche elektrische und magnetische Felder, mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik und Materie im Laufe der Sekundarstufe II zu unterrichten sind, wenn Physik in der Sekundarstufe II durchgängig unterrichtet wird.

Innerhalb des ersten Halbjahres der Einführungsphase werden die Themen Kinematik und Dynamik unterrichtet, weil die dort zu erwerbenden Kompetenzen grundlegend für ein Verständnis der Inhaltsbereiche Felder, Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik sind. Daher soll für die Mechanik höchstens die Hälfte der in der Einführungsphase insgesamt zur Verfügung stehenden Lernzeit verwendet werden.

Im weiteren Verlauf der Sekundarstufe II sind unterschiedliche Themenreihenfolgen möglich. Im Rahmen des schulinternen Fachcurriculums trifft die Fachschaft

Vereinbarungen über Reihenfolge, Dauer und Umfang der entsprechenden Unterrichtseinheiten. Dabei sind die Inhaltsbereiche Felder, Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik in Form eines Spiralcurriculums wiederholt aufzugreifen. Die Fachanforderungen lassen dabei Raum für Vertiefungsthemen oder Kontexte. Diese können sowohl integriert als auch am Ende der Qualifikationsphase unterrichtet werden.

Wird Physik in der Sekundarstufe II nicht durchgängig belegt, sind die Inhalte und die zu erwerbenden Kompetenzen entsprechend zu reduzieren, so dass Schwerpunkte gesetzt werden können. Dabei sind auch Einblicke in die moderne Physik zu gewähren.

Ersetzt Physik das Profilstudium, so sind die Inhalte an der thematischen Ausrichtung des Profils zu orientieren.

Mechanik		
Dynamik inklusive Kinematik		
elektrische und magnetische Felder	mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen	Quantenphysik und Materie
<ul style="list-style-type: none"> • das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen • Körper in statischen Feldern • veränderliche elektromagnetische Felder 	<ul style="list-style-type: none"> • mechanische und elektromagnetische Schwingungen • Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen • Überlagerung von Wellen • Spektren 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantenobjekte • Atomvorstellungen
Mögliche Vertiefungsthemen oder Kontexte, zum Beispiel auch im Rahmen eines Profilstudiums: Astronomie, Astrophysik, Relativitätstheorie, Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Festkörperphysik, Thermodynamik, Klimaphysik, Biophysik, Ozean und Klima, Medizin und Sensorik, Elektromobilität		

4 Schulinternes Fachcurriculum

Im schulinternen Fachcurriculum dokumentiert die Fachkonferenz ihre Vereinbarungen zur Gestaltung des Physikunterrichts an ihrer Schule. Die Weiterentwicklung des schulinternen Fachcurriculums stellt eine ständige gemeinsame Aufgabe der Fachkonferenz dar.

Im schulinternen Fachcurriculum sind Vereinbarungen zu den in der folgenden Übersicht aufgeführten Aspekten zu

treffen. Darüber hinaus kann die Fachkonferenz auch weitere Vereinbarungen zur Gestaltung des Physikunterrichts an ihrer Schule treffen und im Fachcurriculum dokumentieren. Die im Fachcurriculum dokumentierten Beschlüsse sind für die Lehrkräfte verbindlich.

Aspekte	Vereinbarungen
Unterricht	<ul style="list-style-type: none"> · Reihenfolge, Zeitpunkt, Dauer und Umfang von Unterrichtseinheiten · Beitrag der jeweiligen Unterrichtseinheit zum Aufbau prozessbezogenen Kompetenzen · Möglichkeiten zur Ausgestaltung der fächerübergreifenden Arbeiten in Profilen · Fächer- und themenübergreifendes Arbeiten · verbindlich einzuführende Formeln · Möglichkeiten außerunterrichtlicher Lernangebote und Projekte · Festlegung zentraler Experimente
Fachsprache	<ul style="list-style-type: none"> · Einheitliche Verwendung anschlussfähiger Bezeichnungen, Begriffe und formalen Notationen · Möglichkeiten der durchgängigen Sprachbildung
Fördern und Fordern	<ul style="list-style-type: none"> · Fördermaßnahmen für besonders begabte Schülerinnen und Schüler sowie für Schülerinnen und Schüler, die Unterstützung bei der Erfüllung der Leistungsanforderungen benötigen · Fördermaßnahmen für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Interessen
Digitale Medien / Medienkompetenz	<ul style="list-style-type: none"> · Beitrag des Faches zur Medienkompetenz · Nutzung digitaler Medien im Unterricht
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> · Nutzung von Lehr- und Lernmaterial und von Experimentiergeräten · Anschaffung und Nutzung einer zugelassenen Formelsammlung und eines zugelassenen wissenschaftlichen Taschenrechners in Absprache mit anderen Fachkonferenzen
Leistungsbewertung	<ul style="list-style-type: none"> · Grundsätze zur Leistungsbewertung und zur Gestaltung von Leistungsnachweisen
Überprüfung und Weiterentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> · regelmäßige Evaluation und Weiterentwicklung des schulinternen Fachcurriculums

5 Leistungsbewertung

Grundlage für eine Beurteilung sowie gegebenenfalls eine Leistungsbewertung sind die von der Lehrkraft beobachteten Schülerhandlungen. Beurteilen bedeutet die kritische, wertschätzende und individuelle Rückmeldung auf der Grundlage von kompetenzbasierten Kriterien. In diesem Sinne stehen im Unterricht die Diagnostik und das Feedback unter Berücksichtigung des individuellen Lernprozesses im Vordergrund. Eine Bewertung lässt sich aus einer differenzierten Beurteilung ableiten.

Grundsätzlich sind alle Kompetenzbereiche (Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz) und die drei Anforderungsbereiche bei der Leistungsbewertung angemessen zu berücksichtigen. Überprüfungsformen schriftlicher, mündlicher und praktischer Art sollen deshalb darauf ausgerichtet sein, das Erreichen der dort aufgeführten Kompetenzerwartungen zu evaluieren. Lernerfolgsüberprüfungen sollen Schülerinnen und Schülern Gelegenheit geben, erworbene Kompetenzen wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen unter Beweis zu stellen.

Für Lehrkräfte sind die Ergebnisse der begleitenden Evaluation des Lernprozesses sowie des Kompetenzerwerbs Anlass, die Zielsetzungen und Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen. Schülerinnen und Schüler erhalten Rückmeldungen zu ihrem Lernprozess und zu den erreichten Lernständen. Beide Rückmeldungen sind eine Hilfe für die Selbsteinschätzung. Die Rückmeldungen müssen auch Hinweise für das weitere Lernen enthalten. Sie dienen damit der Lenkung und Unterstützung des individuellen Lernprozesses.

Grundsätze zur Beurteilung und Bewertung von Unterrichtsbeiträgen

Um dem unterschiedlichen Leistungsvermögen und den unterschiedlichen Persönlichkeiten der Schülerinnen und Schüler gerecht zu werden, aber auch, um das gesamte Spektrum der Leistungen angemessen berücksichtigen zu können, werden im Bereich der Unterrichtsbeiträge Leistungen aus unterschiedlichen Feldern der Unterrichtsarbeit herangezogen. Hierzu gehören unter anderem:

Unterrichtsgespräch

- Teilnahme am Unterrichtsgespräch mit konstruktiven Beiträgen
- Formulierung von Hypothesen und Problemstellungen
- Verwendung von Fachsprache und Modellen

Aufgaben und Experimente

- Formulierung von Problemstellungen und Hypothesen
- Organisation, Bearbeitung und Durchführung

- Formulierung von Vorgehensweisen, Beobachtungen, Ergebnissen
- Ziehen von Schlussfolgerungen und Ableiten von Regeln

Dokumentation

- Zusammenstellung von Materialsammlungen
- Verwendung von Fachsprache und Modellen
- geeignete Dokumentation von Versuchsergebnissen und Aufgaben
- Erstellen von Lerntagebüchern und Portfolios

Präsentation

- mündliche und schriftliche Darstellung von Arbeitsergebnissen
- Kurzvorträge und Referate
- Verwendung von Fachsprache und Modellen
- Präsentation von Wettbewerbsbeiträgen

Schriftliche Überprüfungen

- Schriftliche Leistungsüberprüfungen bis zu einer Arbeitsdauer von maximal 20 Minuten (sogenannte Tests) sind laut entsprechendem Erlass als Unterrichtsbeiträge zu berücksichtigen.

Die Lehrkraft initiiert, dass die Lernenden für Unterrichtsbeiträge eine durch Kriterien geleitete Rückmeldung erhalten. Die Lehrkraft gewährleistet die Transparenz der Kriterien. Das kann eine gemeinsame Erarbeitung von Kriterien mit der Lerngruppe einschließen. Die Bewertung liegt in der Verantwortung der Lehrkraft. Da die Unterrichtsbeiträge bei der Leistungsbewertung den Ausschlag geben, muss die Gewichtung einzelner Arten von Unterrichtsbeiträgen innerhalb dieses Teilbereiches transparent gestaltet werden.

Leistungsnachweise

Leistungsnachweise umfassen Klausuren (Klassenarbeiten) und zu Klausuren (Klassenarbeiten) gleichwertige Leistungsnachweise. Tests gelten nicht als Leistungsnachweise.

Grundsätze für die Erstellung von Klausuren (Klassenarbeiten)

- Gemäß den in diesen Fachanforderungen formulierten Zielen ist bei Leistungsnachweisen in Form von Klausuren (Klassenarbeiten) zu gewährleisten, dass die Inhalte mit den vier Kompetenzbereichen angemessen verknüpft werden.
- Die Klausur (Klassenarbeit) setzt sich aus mehreren – in der Regel zwei – unabhängig voneinander bearbeitbaren Aufgaben zusammen. Jede dieser Aufgaben kann in Teilaufgaben gegliedert sein, die jedoch nicht beziehungslos nebeneinanderstehen sollen. Die Teilaufgaben einer Aufgabe sollen so unabhängig voneinander sein, dass eine

Fehlleistung – insbesondere am Anfang – nicht die weitere Bearbeitung der Aufgabe stark erschwert. Falls erforderlich, können Zwischenergebnisse in der Aufgabenstellung enthalten sein.

- Folgende Arten von Aufgaben sind unter anderem möglich: Bearbeitung eines Schüler- oder Lehrerexperiments, Auswertung vorgelegten Materials, theoretische Anwendung erworbener Qualifikationen auf eine bisher nicht behandelte Problemstellung. Aufgaben, deren Lösung ausschließlich die Aufsatzform verlangt, sind nicht geeignet.
- Die Klausur (Klassenarbeit) auf erhöhtem Anforderungsniveau soll sich auf mehrere Inhaltsbereiche (Felder, Schwingungen und Wellen, Quantenphysik und Materie) beziehen.
- Bei der Formulierung der Aufgaben sind die vorgegebenen Operatoren zu verwenden.
- Die Klausur (Klassenarbeit) muss auch Operatoren enthalten, die Erläuterungen durch Texte in angemessenem Umfang verlangen.

Im schulinternen Fachcurriculum können die hier genannten Grundsätze für die Gestaltung von Klausuren (Klassenarbeiten) konkretisiert werden.

Für Schülerinnen und Schüler, die im Fach Physik eine schriftliche Abiturprüfung ablegen werden, sollen Klausuren (Klassenarbeiten) im Verlauf der Sekundarstufe II zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen der schriftlichen Abiturprüfung vorbereiten. In der Einführungsphase ist dabei der Gestaltungsspielraum größer; mit zunehmender Nähe zum Abitur orientieren sich die Aufgaben immer stärker am Format der Prüfungsaufgaben (siehe Kapitel 6).

Dauer und Anzahl

Anzahl und Dauer der Klausuren (Klassenarbeiten) in der Sekundarstufe II werden per Erlass geregelt.

Korrektur und Rückgabe

Die Korrekturanmerkungen müssen eine Lernhilfe bieten. Die Besprechung bei der Rückgabe von Klausuren (Klassenarbeiten) darf sich nicht auf die Leistungsbewertung beschränken. Eine inhaltliche Besprechung ausgewählter Schwerpunkte ist vorzusehen.

Bewertung von Klausuren (Klassenarbeiten)

In der Sekundarstufe II orientiert sich die Bewertung an den Vorschriften, die für die Bewertung der Prüfungsarbeiten im Abitur gelten. In der Einführungsphase ist dabei der Gestaltungsspielraum größer; mit zunehmender Nähe zum Abitur sind die Abiturmaßstäbe strenger anzulegen. Da in Klausuren (Klassenarbeiten) neben der Verdeutlichung des fachlichen Verständnisses auch die Darstellung bedeutsam ist, muss diesem Sachverhalt bei der Leistungsbewertung hinreichend Rechnung getragen werden.

Gleichwertige Leistungsnachweise

Gleichwertige Leistungsnachweise orientieren sich am Arbeitsumfang einer Klausur (Klassenarbeit) (inklusive Vor- und Nachbereitung). Sie bieten noch stärker als Klausuren (Klassenarbeiten) die Möglichkeit, die Anwendung der prozessbezogenen Kompetenzen zu fördern und zu fordern. Im schulinternen Fachcurriculum ist zu konkretisieren, welche Ersatzleistungen neben Klausuren (Klassenarbeiten) als Leistungsnachweise herangezogen werden können. Die Fachschaft legt formale und fachliche Anforderungen und grundsätzliche Beurteilungskriterien für gleichwertige Leistungsnachweise fest und berücksichtigt dabei wie in Klausuren (Klassenarbeiten) alle drei Anforderungsbereiche. Die Zusammenfassung mehrerer Tests zu einem gleichwertigen Leistungsnachweis ist ausgeschlossen.

6 Die Abiturprüfung

Für die Abiturprüfung gelten die Vorgaben der Kultusministerkonferenz nach Maßgabe dieser Bestimmungen. Grundlage für die Abiturprüfung sind die in den Fachanforderungen des Faches Physik beziehungsweise des Faches Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I und die in den Fachanforderungen des Faches Physik der Sekundarstufe II beschriebenen Kompetenzerwartungen.

Die Abiturprüfung im Fach Physik findet nach Maßgabe der geltenden Verordnungen auf erhöhtem beziehungsweise auf grundlegendem Anforderungsniveau statt.

Unterschiedliche Anforderungen in der Prüfungsaufgabe auf grundlegendem und auf erhöhtem Anforderungsniveau ergeben sich vor allem im Hinblick auf die Komplexität des Gegenstands, im Grad der Differenzierung und der Abstraktion der Inhalte, im Anspruch an die Beherrschung der Fachsprache, der Mathematisierung und der Methoden sowie an die Selbstständigkeit bei der Lösung der Aufgaben.

Eine Prüfungsaufgabe der Abiturprüfung ist die Gesamtheit aller Aufgaben, die ein Prüfling zu bearbeiten hat. Sie erwächst aus dem Unterricht in der Sekundarstufe II mit dem Schwerpunkt auf der Qualifikationsphase.

Die Prüfungsaufgabe setzt sich aus unabhängig voneinander bearbeitbaren Aufgaben zusammen. Jede Aufgabe zeichnet sich durch einen thematischen Zusammenhang aus, der sich auf einen oder mehrere Inhaltsbereiche bezieht. Jede Aufgabe berücksichtigt alle drei Anforderungsbereiche. Bei der Formulierung der Aufgaben werden die angegebenen Operatoren verwendet.

Die Aufgaben können in Teilaufgaben gegliedert sein, die nicht beziehungslos nebeneinanderstehen, jedoch so unabhängig voneinander sind, dass eine Fehlleistung in einer Teilaufgabe nicht die weitere Bearbeitung der Aufgabe ausschließt.

Die Inhalte der Prüfungsaufgabe müssen den curricularen Vorgaben der Qualifikationsphase entnommen sein und dürfen sich nicht nur auf ein Schulhalbjahr beschränken. Für die Lösung der Prüfungsaufgabe werden Kompetenzen aus vorangegangenen Schuljahren vorausgesetzt.

Der Schwerpunkt der zu erbringenden Prüfungsleistungen liegt im Anforderungsbereich II. Darüber hinaus sind die Anforderungsbereiche I und III in einem angemessenen Verhältnis zu berücksichtigen, wobei Anforderungsbereich I stärker als III zu gewichten ist.

Auf der Grundlage der Fachanforderungen erlässt das zuständige Ministerium Regelungen für die Durchführung der Abiturprüfungen, die auch thematische Vorgaben enthalten können.

6.1 Die schriftliche Abiturprüfung

Die Prüfungsaufgabe für die schriftliche Abiturprüfung hat mehrere Aufgaben, die jeweils den gleichen Zeitumfang beanspruchen und die gleiche Anzahl von Bewertungseinheiten aufweisen. Die Aufgabenstellung ermöglicht eine Auseinandersetzung mit einem komplexen Sachverhalt. Der Schwerpunkt jeder Aufgabe bezieht sich auf eines der in den Fachanforderungen genannten Inhaltsbereiche elektrische und magnetische Felder, mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik und Materie. Die Prüfungsaufgabe muss mindestens zwei der drei Inhaltsbereiche zum Schwerpunkt haben.

Im Zentrum der Aufgaben steht die Überprüfung des physikalischen Verständnisses. Die Aufgaben beziehen sich auf die in den Fachanforderungen beschriebenen vier Kompetenzbereiche, vier Basiskonzepte und drei Inhaltsbereiche.

Es sind folgende Arten von Aufgaben möglich:

Materialgebundene Aufgaben: Bei der materialgebundenen Aufgabe geht es um die Erläuterung, Auswertung, Kommentierung, Interpretation und Bewertung fachspezifischer Materialien (zum Beispiel Texte, Abbildungen, Tabellen, Messreihen, Filme, Versuchsergebnisse, Graphen, Simulationen, Diagramme, dokumentierte Experimente).

Fachpraktische Aufgaben: Die fachpraktische Aufgabe schließt zusätzlich zur materialgebundenen Aufgabe die Gewinnung von Beobachtungen und Daten sowie gegebenenfalls die Planung der Datengewinnung ein.

Für die Beurteilung der Prüfungsleistungen sind sowohl die rein formale Lösung als auch das zum Ausdruck gebrachte physikalische Verständnis maßgebend. Daher sind erläuternde, kommentierende und begründende Texte unverzichtbarer Bestandteil der Prüfungsleistung. Dies gilt auch für die Dokumentation im Falle des Einsatzes digitaler Werkzeuge.

Aufgaben, deren Lösung ausschließlich die Aufsatzform verlangt, sind nicht geeignet.

Mangelnde Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder unzureichende oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text sind als fachliche Fehler zu werten.

Für die Bewertung kommt den folgenden Kriterien besonderes Gewicht zu:

- Umfang und Qualität der nachgewiesenen fachspezifischen Kompetenzen,
- Verständnis für fachspezifische Probleme sowie die Fähigkeit, Zusammenhänge zu erkennen, darzustellen und Sachverhalte zu beurteilen,
- Eigenständigkeit der Auseinandersetzung mit Sachverhalten und Problemstellungen, Reflexionsfähigkeit und Kreativität der Lösungsansätze,
- Sicherheit im Umgang mit Fachsprache und Fachmethoden,
- Schlüssigkeit der Argumentation, Verständlichkeit und Qualität der Darstellung (Gedankenführung, Klarheit in Aufbau und Sprache, fachsprachlicher Ausdruck).

Die Benotung der Arbeiten erfolgt nach einem vorgegebenen Bewertungsschlüssel.

6.2 Die mündliche Abiturprüfung

Die mündliche Prüfungsaufgabe besteht aus zwei Aufgaben, deren Schwerpunkte sich auf mindestens zwei der Inhaltsbereiche elektrische und magnetische Felder, mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen sowie Quantenphysik und Materie beziehen. Die Prüfungsaufgabe ist so zu gestalten, dass mehrere Kompetenzbereiche berücksichtigt werden, sodass fachspezifisches/-methodisches Arbeiten in der Sekundarstufe II hinreichend erfasst wird. Die Aufgaben dürfen keine inhaltliche Wiederholung von Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung sein und sich nicht nur auf die Themen eines Halbjahres der Qualifizierungsphase beziehen. Bei Aufgaben mit einem experimentellen Anteil kann die Vorbereitungszeit von der Abiturprüfungskommission verlängert werden. Beide Aufgaben sollen etwa denselben Zeitumfang an der mündlichen Prüfung in Anspruch nehmen und sind bei der Beurteilung gleich zu gewichten. Neben dem Vortrag der Ergebnisse ihrer Vorbereitung müssen die Prüflinge in einem Prüfungsgespräch ergänzende oder weitergehende Kenntnisse und Fähigkeiten nachweisen und dabei Kompetenzen aus unterschiedlichen Kompetenzbereichen zeigen. Jede Aufgabe muss so angelegt sein, dass sie vom Anspruchsniveau her eine Bewertung innerhalb der gesamten Notenskala zulässt.

Bei der Bewertung sollen vor allem folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- Adäquate Präsentation der Ergebnisse für die gestellte Aufgabe in einem strukturierten, prägnanten, anhand von Aufzeichnungen frei gehaltenen Kurzvortrag,
- Erfassen von Fachfragen und Führung eines themengebundenen Gesprächs,
- Grad der Flexibilität und Beweglichkeit im Umgang mit unterschiedlichen Inhaltsbereichen und Basiskonzepten,
- Nachweis eigenständiger sach- und problemgerechter Bewertungskompetenz,
- Einordnung in größere fachliche und gegebenenfalls überfachliche Zusammenhänge,
- Verwendung einer präzisen, differenzierten, stilistisch angemessenen, adressaten- und normengerechten Ausdrucksweise unter adäquater Berücksichtigung der Fachsprache,
- Klarheit und Verständlichkeit der Darstellung.

Kommt ein Prüfling im Verlauf der mündlichen Prüfung nicht über die reine Reproduktion gelernten Wissens hinaus, so kann die Note nicht besser als „ausreichend (4 Punkte)“ sein. Soll die Leistung mit „sehr gut“ beurteilt werden, so muss dem Prüfungsgespräch ein eigenständiger Vortrag vorausgehen. Im Vortrag oder im Verlauf des Gesprächs müssen in diesem Fall dann auch Leistungen im Anforderungsbereich III erbracht werden.

6.3 Die Präsentationsprüfung

Die Präsentationsprüfung muss aus dem Unterricht in der Qualifikationsphase erwachsen und kann Inhalte und Methoden, die durch die anderen Fächer im Profil bereitgestellt werden, enthalten, soweit sie Gegenstand des Prüfungsfaches geworden sind. Die Bedingungen für eine Präsentationsprüfung als fünfte Prüfungskomponente richten sich nach den geltenden Rechtsvorschriften.

6.4 Die besondere Lernleistung

Schülerinnen und Schüler können gemäß den geltenden Rechtsvorschriften eine besondere individuelle Lernleistung, die im Rahmen oder Umfang von zwei aufeinander folgenden Schulhalbjahren erbracht wird, in das Abitur einbringen. „Besondere Lernleistungen“ können sein:

- eine Jahres- oder Seminararbeit,
- die Ergebnisse eines umfassenden, auch fachübergreifenden Projektes oder Praktikums,
- ein umfassender Beitrag aus einem von den Ländern geförderten Wettbewerb in Bereichen, die schulischen Referenzfächern zugeordnet werden können.

Eine solche „besondere Lernleistung“ ist schriftlich zu dokumentieren, ihre Ergebnisse stellt die Schülerin oder der Schüler in einem Kolloquium dar, erläutert sie und antwortet auf Fragen.

IV Anhang

Operatoren

Im Folgenden werden Operatoren erläutert, die im Fach Physik verwendet werden. Diese Operatoren können hinsichtlich ihrer Bedeutung durch Zusätze (zum Beispiel „rechnerisch“ oder „graphisch“) spezifiziert werden. Zugelassene Hilfsmittel dürfen zur Bearbeitung verwendet werden, wenn dem kein entsprechender Zusatz entgegensteht.

Sofern durch den Operator nichts anderes bestimmt ist, ist bei der Bearbeitung der Aufgabe das Vorgehen so zu dokumentieren, dass es für eine fachkundige Person nachvollziehbar ist.

Im Einzelfall können auch hier nicht aufgeführte Operatoren eingesetzt werden, wenn davon auszugehen ist, dass sich deren Bedeutung aus dem Kontext ergibt (zum Beispiel „beschriften“, „ankreuzen“).

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistungen
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen oder Daten sachgerechte Schlüsse ziehen
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben
analysieren	wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten
Hypothesen aufstellen	eine Vermutung über einen unbekanntem Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird
angeben, nennen	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben
auswerten	Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder Informationen in einen Zusammenhang stellen und daraus Schlussfolgerungen ziehen
begründen	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen
berechnen	die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen
beschreiben	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren
beurteilen	einen Sachverhalt mithilfe fachlicher Kriterien einschätzen und ein Sachurteil fällen
bewerten	einen Sachverhalt vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Werte und Normen einschätzen und dadurch zu einem Werturteil gelangen

darstellen	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe von Zeichnungen und Tabellen
diskutieren	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen, indem man ihn auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt
erläutern	einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen
ermitteln	ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen
herleiten	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen
interpretieren / deuten	naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen
ordnen	Begriffe, Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen
planen	zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege entwickeln und dokumentieren
skizzieren	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen
untersuchen	Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten
zeichnen	Objekte grafisch exakt darstellen

