



**KULTUSMINISTER  
KONFERENZ**

**Kerncurriculum  
für die gymnasiale Oberstufe  
an Deutschen Schulen im Ausland  
im Fach Physik**

Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.03.2024

# Inhalt

Vorwort.....	4
1 Vorbemerkung.....	5
2. Leitgedanken.....	7
2.1 Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften.....	7
2.2 Kompetenzmodell der Naturwissenschaften.....	8
2.3. Bildungsbeitrag des Faches Physik.....	9
3. Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Physik.....	11
3.1 Sachkompetenz .....	11
3.1.1 Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen	12
3.1.2 Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen .....	12
3.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz.....	13
3.2.1 Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden .....	13
3.2.2 Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen .....	13
3.2.3 Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren .....	14
3.3 Kommunikationskompetenz .....	15
3.3.1 Informationen erschließen .....	15
3.3.2 Informationen aufbereiten .....	15
3.3.3 Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren.....	16
3.4 Bewertungskompetenz.....	17
3.4.1 Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen .....	17
3.4.2 Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen .....	17
3.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren .....	18
3.5 Basiskonzepte.....	19
3.5.1 Erhaltung und Gleichgewicht.....	19
3.5.2 Superposition und Komponenten .....	19
3.5.3 Mathematisieren und Vorhersagen.....	19
3.5.4 Zufall und Determiniertheit .....	19
4. Kerncurriculum im Fach Physik .....	21
4.1 Eingangsvoraussetzungen .....	21
4.1.1 Sachkompetenz .....	21
4.1.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz .....	21
4.1.3 Kommunikationskompetenz .....	22
4.1.4 Bewertungskompetenz.....	22

4.2	Inhalte und konkretisierte Kompetenzerwartungen für die Qualifikationsphase .....	24
4.2.1	Elektrische und magnetische Felder.....	24
4.2.2	Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen.....	26
4.2.3	Quantenphysik und Materie.....	28

## **Vorwort**

Die Kultusministerkonferenz hat im Juni 2020 die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik verabschiedet. Daraus leitete sich die Aufgabe ab, die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife analog zu den entsprechenden Maßnahmen in allen Ländern in der Bundesrepublik Deutschland auch in den Deutschen Schulen im Ausland als Grundlage der fachspezifischen Anforderungen für die Allgemeine Hochschulreife in den o. g. Fächern zu übernehmen.

Das „Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe der Deutschen Schulen im Ausland im Fach Biologie, Chemie, Physik“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 29.04.2010) wurde daher in der Verantwortung des Bund-Länder-Ausschusses für schulische Arbeit im Ausland (BLASchA) in Zusammenarbeit mit Fachexpertinnen und Fachexperten der Länder in den naturwissenschaftlichen Fächern strukturell und inhaltlich an die „Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife“ in diesen Fächern angepasst. Die Darstellung erfolgt nun wie bei den Bildungsstandards in einzelnen Fächern, um den Besonderheiten der Fächer Rechnung zu tragen, jedoch mit einheitlicher Gliederung. Soweit wie möglich wurde auch versucht, einheitliche Konzepte und Begriffe zu verwenden.

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik wurde am 01.03.2024 durch die Kultusministerkonferenz in der neuen Fassung beschlossen.

Dieses Kerncurriculum stellt die verbindliche Grundlage für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe und für die Erstellung von Prüfungsaufgaben für das Regionalabitur an den Deutschen Schulen im Ausland dar.

Das Kerncurriculum gilt für Deutsche Schulen im Ausland und Deutsche Abteilungen an Schulen im Ausland, die zur allgemeinen Hochschulreife führen.

## 1 Vorbemerkung

Der Auftrag einer zeitgemäßen schulischen Bildung geht über die Vermittlung von Wissen hinaus. Er zielt auf Persönlichkeitsentwicklung und Weltorientierung, die sich aus der Begegnung und Beschäftigung mit zentralen Aspekten des kulturellen Lebens ergeben. Lernende sollen in die Lage versetzt werden, ihr berufliches und privates Leben verantwortungsbewusst zu gestalten und am kulturellen, gesellschaftlichen und politischen Leben teilzunehmen.

In diesem Zusammenhang vermitteln die Lehrkräfte an den Deutschen Schulen im Ausland und Deutschen Abteilungen die deutsche Sprache und Kultur sowie ein wirklichkeitsgerechtes Deutschlandbild. Unterrichtsziel ist es unter anderem, Interesse und Aufgeschlossenheit für die Kultur, die Geschichte und die Politik der Bundesrepublik Deutschland zu wecken und zur Verständigung zwischen Bürgerinnen und Bürgern des Sitzlandes und Deutschlands aktiv beizutragen. Vor dem Hintergrund der auswärtigen Kultur- und Bildungspolitik geht es in besonderem Maße um den Erwerb interkultureller und kommunikativer Kompetenz.

Kompetenzen beschreiben Dispositionen zur Bewältigung bestimmter Anforderungen. Solche Kompetenzen sind fach- und lernbereichsspezifisch ausformuliert, da sie an bestimmten Inhalten erworben werden. Es gehört auch zu den Zielen schulischer Bildung, sprachliche, kommunikative, methodische, soziale und personale Kompetenz zu vermitteln. Die verschiedenen Kompetenzen stehen dabei in keinem hierarchischen Verhältnis zueinander; sie bedingen, durchdringen und ergänzen sich gegenseitig.

Insbesondere in der gymnasialen Oberstufe erwerben Lernende das allgemeine und fachspezifische Wissen und Können für eine erfolgreiche Gestaltung ihrer Zukunft und werden auf Ausbildung, Studium und Beruf vorbereitet. Im Sinne einer wissenschaftspropädeutischen Bildung ist der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe ausgerichtet auf den Erwerb fachlich-methodischer Kompetenzen und die Einführung in wissenschaftliche Fragestellungen, Modelle und Verfahren.

Im Unterricht der gymnasialen Oberstufe geht es darüber hinaus um die Beherrschung von Arbeitsweisen zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Mittels Strategien, die Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit sowie Team- und Kommunikationsfähigkeit unterstützen, sollen die Lernenden in die Lage versetzt werden, in zunehmender Weise Verantwortung für ihr Handeln zu übernehmen.

Diese Zielsetzungen machen es erforderlich, dass Lehrkräfte sich im Sinne eines zeitgemäßen Unterrichts gezielt, auf die Bedürfnisse der jeweiligen Situation und Lerngruppe bezogen, für passende Arbeits- und Unterrichtsformen entscheiden.

Die Kerncurricula Biologie, Chemie und Physik zielen auf eine ganzheitliche Bildung im Sinne der Kompetenzorientierung und folgen einem einheitlichen naturwissenschaftlichen Modell. Sie definieren vor dem Hintergrund der „Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss“ sowie der „Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife“ klare und überprüfbare Anforderungen an die Lernenden sowie Kompetenzen und Inhalte, über die die Lernenden jeweils zu Beginn und am Ende der Qualifikationsphase verfügen sollen.

Mit dem Ziel, die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife möglichst genau und umfassend abzubilden, sind deren Formulierungen und Inhalte zum großen Teil übernommen worden. Dies betrifft die einleitenden Ausführungen und die im Abschnitt 3 aufgeführten

Kompetenzbereiche im jeweiligen Fach. Die Ausführungen im Kerncurriculum stellen die wesentliche Grundlage zur Entwicklung eigener Schulcurricula dar.

Abschnitt 4 ist untergliedert in Eingangsvoraussetzungen und das eigentliche Curriculum der Qualifikationsphase. Die im Abschnitt 4.2 ausgeführten Inhalte und konkretisierten Kompetenzerwartungen für die Qualifikationsphase sind didaktisch auf die Entwicklung von Curricula ausgerichtet und verknüpfen die im Abschnitt 3 benannten Kompetenzen mit den konkreten inhaltlichen Anforderungen.

In den Bildungsgängen an den Deutschen Schulen im Ausland, die zur Allgemeinen Hochschulreife führen, ist in den Naturwissenschaften der Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau mit zwei oder drei Wochenstunden vorgegeben. Daher definiert das vorliegende Kerncurriculum die fachbezogenen Kompetenzen für den Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau.

In einem nächsten Schritt erarbeiten die Schulen ihre eigenen Schulcurricula, auf deren Grundlage der Unterricht und die Abiturprüfungen gestaltet werden. Für die Berücksichtigung schulspezifischer Besonderheiten wurde Raum gelassen, der sowohl für Vertiefungen als auch für landestypische Ergänzungen genutzt werden kann. Als Grundlage für die Gestaltung von Abituraufgaben in regionalen Zusammenschlüssen ist es erforderlich, die Schulcurricula regional abzustimmen. Das vorliegende Kerncurriculum bietet hierfür die geeignete und verbindliche Grundlage.

## **2. Leitgedanken**

### **2.1 Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften**

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.

Naturwissenschaften prägen durch ihre Denk- und Arbeitsweisen, Erkenntnisse und die daraus resultierenden Anwendungen grundlegend unsere moderne Gesellschaft und kulturelle Identität sowie die globale ökologische, ökonomische und soziale Situation. Sie sind von fundamentaler Bedeutung für das Verständnis unserer Welt und leisten einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Die Naturwissenschaften bilden die Basis für eine Vielzahl von Berufen, Ausbildungswegen, Studiengängen und Forschungsgebieten.

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.

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 Historie zu kennen. Insofern ist naturwissenschaftliche Kompetenz auch mit sprachlicher und kultureller Bildung verbunden.

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

## 2.2 Kompetenzmodell der Naturwissenschaften

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den naturwissenschaftlichen Fächern knüpfen an die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss an. Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und Inhalte bilden die Grundlage für die unterrichtliche Arbeit in der Sekundarstufe II.

Das den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife zugrundeliegende **Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz** baut auf den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss auf. Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden:

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

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.

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 **Bewertungskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet

Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

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.

Der Beschreibung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von **Basiskonzepten** strukturieren lassen. Die Basiskonzepte des jeweiligen Faches 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.

### 2.3. Bildungsbeitrag des Faches Physik

Die Naturwissenschaft Physik leistet einen Beitrag für ein umfassendes Verständnis der Welt. Dazu gehört auch, die Grundlagen von Technologien zu verstehen und deren Nutzung im Hinblick auf das eigene Leben und die Gesellschaft zu bewerten, sowie Informationen, insbesondere in der digitalen Welt, selbstbestimmt zu nutzen. Physikalische Erkenntnisse prägen unser Weltbild und verdeutlichen durch den Wandel, dem sie unterworfen sind, die Offenheit der Physik für Weiterentwicklung.

Die Physik als **theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft** macht Vorgänge über die menschliche Wahrnehmung hinaus durch Messtechnik erfahrbar und durch Modelle beschreibbar, zeigt aber auch die Grenzen der Messbarkeit und Alltagserfahrung auf, z. B. im Bereich der Quantenphysik. Die Lernenden erfahren im Unterricht die Bedeutung der abstrahierenden, idealisierenden und formalisierten Beschreibung von Prozessen und Systemen, wenn sie regelmäßig mathematisch modellieren und Vorhersagen treffen. Gleichzeitig sind sich die Lernenden der begrenzten Gültigkeit der Modelle bewusst. Sie lernen, dass aus theoretischen Überlegungen Aussagen zu neuen Zusammenhängen und zur Vorhersagbarkeit von Ereignissen abgeleitet werden können.

Physik ist nicht nur Wissenschaft, sondern auch **Denkweise und Weltsicht**. Ihre rationale und analytische Sichtweise, Exaktheit der Sprache und planvollen, strukturierten Herangehensweisen haben eine zentrale Bedeutung in einer Vielzahl von Berufsfeldern und für die aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation. In der Auseinandersetzung mit typisch physikalischen Denk- und Arbeitsweisen, wie Analogiebetrachtungen, algorithmisiertem Vorgehen, probabilistischen Beschreibungen und Streben nach Vereinheitlichung und Kohärenz, erfahren die Lernenden den **Aspektcharakter spezifischer Perspektiven** und die

Vorteile von Verallgemeinerungen in wenige fundamentale Ideen, wie z. B. die Erhaltungssätze. Die Lernenden nutzen diese Denk- und Arbeitsweisen nicht nur innerhalb der Fachwissenschaft Physik, sondern transferieren diese auch als Strategien in ihren Lebensalltag. Sie entwickeln Verständnis und Wertschätzung für physikalische Sichtweisen, nutzen sie aktiv und fordern sie von anderen ein. Der fortwährende Wechsel zwischen Modellen und Realität und die kontinuierliche Reflexion von vereinfachenden Algorithmen sensibilisieren sie für Möglichkeiten und Gefahren, die besonders auch in der digitalen Welt auftreten können.

Als eine der ältesten Wissenschaften ist die Physik seit jeher in ein **Wechselspiel mit Technik und Gesellschaft** eingebunden. Sowohl historische als auch aktuelle Entwicklungen verdeutlichen die Notwendigkeit der Betrachtung gesellschaftlich relevanter Problemstellungen wie der Energieversorgung oder des Klimawandels aus physikalischer und technischer Sicht. Lernende werden dazu angeregt, sich rational reflektiert eine eigene Meinung zu bilden und sowohl in ihrem unmittelbaren Umfeld als auch in der Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen. Die enorme Größe einiger interdisziplinärer und internationaler Forschungsverbände zur Bearbeitung fundamentaler Fragen verdeutlicht die Relevanz von Zusammenarbeit. Für ein harmonisches und konstruktives Miteinander sind Rücksichtnahme und Kompromissbereitschaft einerseits und engagiertes Handeln andererseits notwendig. In diesem Sinne leistet auch der Physikunterricht einen wichtigen Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung und zur politischen Bildung von Jugendlichen.

### **3. Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Physik**

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese werden im Unterricht sowohl auf grundlegendem als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt.

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau repräsentiert gemäß der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (i. d. F. 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.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert. Dabei gelten die formulierten Standards für beide Anforderungsniveaus. Die Inhalte, an denen die Kompetenzen erworben werden, sind im Kapitel 4.2 aufgeführt.

#### **3.1 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, z. B. aus den anderen Naturwissenschaften, der Technik oder auch der Medizin. Daher leistet physikalische Sachkompetenz einen wichtigen Beitrag sowohl zur Studierfähigkeit als auch zur Allgemeinbildung.

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

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

### **3.1.1 Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen**

Die Lernenden ...

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

### **3.1.2 Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen**

Die Lernenden ...

- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwert-erfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen;
- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus;
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

### **3.2 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 bzw. 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 ist in den Bildungsstandards der Sachkompetenz zugeordnet.

#### **3.2.1 Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden**

Die Lernenden ...

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

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

Die Lernenden ...

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

### **3.2.3 Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren**

Die Lernenden ...

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

### **3.2.4 Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren**

Die Lernenden ...

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

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

#### **3.3.1 Informationen erschließen**

Die Lernenden ...

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

#### **3.3.2 Informationen aufbereiten**

Die Lernenden ...

- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;

- K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus;
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge;
- K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

### **3.3.3 Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren**

Die Lernenden ...

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

### **3.4 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 bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

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

Um selbstbestimmt an gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozessen teilhaben zu können, beziehen Lernende im Kompetenzbereich Bewerten bei gesellschaftlich relevanten Fragestellungen mit fachlichem Bezug kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen. Dazu tragen sie relevante physikalische, aber auch nicht physikalische (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammen, sammeln geeignete Belege und wägen sie unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander ab. Physikalisch kompetent bewerten heißt also, über die rein sachliche Beurteilung von physikalischen Aussagen hinauszugehen, weshalb rein innerfachliche Bewertungen z. B. der Anwendbarkeit eines Modells, der Güte von Experimentierergebnissen oder der Korrektheit fachwissenschaftlicher Argumentationen den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind.

#### **3.4.1 Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen**

Die Lernenden ...

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

#### **3.4.2 Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen**

Die Lernenden ...

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

### **3.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Lernenden ...

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

### **3.5 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.

#### **3.5.1 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 wie z. B. der Energie- und der Impulserhaltungssatz eine wesentliche Rolle. Das Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht ermöglicht einen auch quantifizierenden Zugang zu Themen wie z. B. dem Hall-Effekt, der Gegenfeldmethode bei der Fotozelle, dem Franck-Hertz-Versuch, der Absorption und Emission von Licht, der charakteristischen Strahlung oder der Kernstrahlung.

#### **3.5.2 Superposition und Komponenten**

Die Superposition bildet eine wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise in der Physik. Die Überlagerung gleicher physikalischer Größen oder die Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten wird z. B. bei der Kräfteaddition, bei der Vektorsumme von Feldstärken, bei der Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, beim Induktionsgesetz oder bei der Polarisierung verwendet. Darüber hinaus ist die Superposition ein zentraler Begriff in der Quantenphysik.

#### **3.5.3 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, z. B. bei dem Lade- und Entladevorgang eines Kondensators, bei Schwingungen oder bei Induktionsvorgängen.

#### **3.5.4 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 allen Bereichen der Physik die Grundvoraussetzung für eine Beschreibung von Phänomenen durch Gesetzmäßigkeiten, etwa für die Vorhersage von Ereignissen oder für die Modellierung durch Ausgleichskurven. Zufall tritt in der Physik in unterschiedlichen Interpretationen in Erscheinung, z. B. als Messunsicherheit, als statistische Verteilung physikalischer Größen oder im Zusammenhang mit Quantenobjekten.

In der Atomphysik ist z. B. bei einer Gasentladungsröhre der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom zufällig, bei einer festen angelegten Spannung stellt sich aber dennoch eine eindeutig vorhersagbare Strahlungsleistung ein. Am Beispiel der Quantenphysik kann zwischen der prinzipiellen Nichtdeterminiertheit des Verhaltens einzelner Quantenobjekte und der Determiniertheit von Nachweiswahrscheinlichkeiten durch die Versuchsbedingungen unterschieden werden.

## **4. Kerncurriculum im Fach Physik**

### **4.1 Eingangsvoraussetzungen**

Die Eingangsvoraussetzungen beschreiben die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Sekundarstufe I vor dem Eintritt in die Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese Kompetenzen werden unter anderem an den in 4.1.5 aufgeführten inhaltlichen Voraussetzungen vermittelt.

### **Kompetenzbereiche**

#### **4.1.1 Sachkompetenz**

Die Lernenden ...

- beschreiben zielgerichtet Beobachtungen und erklären Phänomene;
- unterscheiden zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen;
- bauen Versuchsanordnungen auf, führen Experimente durch und protokollieren die Ergebnisse;
- werten Messergebnisse, auch mithilfe digitaler Werkzeuge, mathematisch aus;
- formulieren Gleichungen aus proportionalen und antiproportionalen Zusammenhängen;
- erläutern die Funktion von Modellen in der Physik und beschreiben deren Grenzen.

#### **4.1.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz**

Die Lernenden ...

- begründen kausale Beziehungen;
- formulieren Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten und stellen Hypothesen zu diesen auf;
- planen Experimente zur Überprüfung von Hypothesen (unter anderem vermutete Einflussgrößen getrennt variieren);
- werten in Experimenten gewonnene Daten mathematisch auch unter Nutzung von digitalen Hilfsmitteln aus;
- identifizieren Zusammenhänge und erklären diese mithilfe bekannter Modelle;
- bewerten Ergebnisse von Experimenten auch unter der Beachtung von Messunsicherheiten und vergleichen sie mit theoretischen Überlegungen;
- nutzen einfache physikalische Modelle zur Erkenntnisgewinnung.

### **4.1.3 Kommunikationskompetenz**

Die Lernenden ...

- beschreiben, vergleichen und klassifizieren physikalische Sachverhalte;
- unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache und wenden physikalisch-naturwissenschaftliche Fachbegriffe sachgerecht an;
- recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Relevanz;
- wandeln Informationen aus Texten, Schemata, Grafiken, symbolischen Darstellungen, Gleichungen, Diagrammen und Tabellen in andere Darstellungsformen um;
- analysieren sachkritisch Informationen, strukturieren und präsentieren diese adressatengerecht;
- formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt;
- tauschen sich mit anderen über physikalische Sachverhalte aus; vertreten den eigenen Standpunkt mithilfe fachlicher Argumente, reflektieren und korrigieren diesen gegebenenfalls.

### **4.1.4 Bewertungskompetenz**

Die Lernenden ...

- prüfen eine vorgegebene Argumentation hinsichtlich Schlüssigkeit;
- beurteilen Informationen und deren Darstellung nach vorgegebenen Kriterien;
- bilden sich reflektiert und rational in bekannten alltagsnahen Kontexten ein eigenes Urteil;
- reflektieren Entscheidungen unter Berücksichtigung von fachlichen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten;
- benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen.

### 4.1.5 Inhaltliche Voraussetzungen

Das für die Entwicklung von Sachkompetenz erforderliche Fachwissen bezieht sich schwerpunktmäßig auf folgende Inhaltsbereiche, die schulspezifisch ergänzt werden können.

Inhaltsbereiche	
Mechanik	<ul style="list-style-type: none"><li>• Physikalische Größen (Masse, Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung)</li><li>• Kräfteaddition</li><li>• Kreisbewegung</li><li>• Gleichförmige / ungleichförmige Bewegung</li><li>• Newton'sche Axiome</li></ul>
Energie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elektrische Energie, Bewegungsenergie, potentielle Energie, qualitativ: Strahlungsenergie</li><li>• Energieumwandlungen und -transport</li><li>• Energieerhaltungssatz, quantitative Bilanzierung</li></ul>
Elektrizitätslehre	<ul style="list-style-type: none"><li>• Physikalische Größen (elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand)</li><li>• Ohm'sches Gesetz</li><li>• Elektromagnetische Induktion qualitativ</li><li>• Feldlinienbilder von Magneten, stromdurchflossenen Leitern und Spulen</li></ul>
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elektromagnetisches Spektrum</li><li>• Wechselwirkung von Strahlung und Materie (Reflexion, Absorption, Emission, Brechung)</li></ul>
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aufbau eines Atoms</li><li>• Radioaktiver Zerfall und Halbwertszeit</li></ul>

## 4.2 Inhalte und konkretisierte Kompetenzerwartungen für die Qualifikationsphase

Die Kompetenzerwartungen in den folgenden Tabellen stellen die Grundlage für die schriftliche Abiturprüfung dar. Zusätzliche Themen oder Vertiefungen sollen schulspezifisch gestaltet und nach der schriftlichen Prüfungsphase unterrichtet werden.

Die hinter den Kompetenzerwartungen genannten Verweise zu den Kompetenzen der Bildungsstandards AHR des Faches Physik stellen beispielhafte Zuordnungen dar, die eine mögliche Schwerpunktsetzung für die Kompetenzentwicklung aufzeigen.

### 4.2.1 Elektrische und magnetische Felder

Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen
Inhalte:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Begriff des Feldes am Beispiel von elektrischen und magnetischen Feldern</li><li>• Elektrische Feldstärke</li><li>• Elektrische Energie in einem geladenen Kondensator</li><li>• Kondensator als Energiespeicher, Kapazität</li><li>• Magnetische Flussdichte</li></ul>
Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ beschreiben die Struktur elektrischer und magnetischer Felder (Feldbegriff, Feldlinien, homogenes Feld, Radialfeld, Dipolfeld, Superposition von Feldern)</li><li>▪ (S1, E6, K3)</li><li>▪ beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper (S2, E4, K4)</li><li>▪ skizzieren und interpretieren Feldlinienbilder für das homogene Feld, das Feld einer Punktladung und das eines Dipols (S3, E6, K7, B2)</li><li>▪ beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen (S7, E5, K6)</li><li>▪ werten in diesem Zusammenhang Messreihen angeleitet aus (S6, E7, K8)</li><li>▪ beschreiben den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf eine Probeladung und der elektrischen Feldstärke (zum Beispiel Millikan-Versuch) (S3, E8, K5)</li><li>▪ beschreiben den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter und der magnetischen Flussdichte (Definition der magnetischen Flussdichte, Messung von Flussdichten zum Beispiel an stromdurchflossenen Spulen) (S5, E1, K5)</li><li>▪ berechnen charakteristische Größen (Kapazität, elektrische Feldstärke, elektrische Energie) eines Plattenkondensators und beschreiben technische Anwendungen (zum Beispiel Standlicht beim Fahrrad) (S5, E10, K9)</li><li>▪ erläutern qualitativ den Auflade- und Entladevorgang eines Kondensators anhand von t-I-Diagrammen und beschreiben mathematisch den Entladevorgang mithilfe der Exponentialfunktion sowie den Einfluss der Parameter R und C (S7, E5, E11)</li></ul>

## Körper in statischen Feldern

Inhalte:

- Kräfte auf Körper in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern, Bahnformen (qualitativ)
- Energiebetrachtungen von Körpern in homogenen elektrischen Feldern

Die Lernenden ...

- beschreiben qualitativ die Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu einem homogenen elektrischen Feld und wenden hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik an (Newtonsche Prinzipien, potentielle und kinetische Energie, Energieerhaltungssatz, Bahnformen qualitativ) (S3, E1, K7)
- erläutern die Kraftwirkung auf eine bewegte elektrische Ladung in einem homogenen Magnetfeld (Lorentzkraft, Dreifingerregel) (S1, E6, K8)
- beschreiben qualitativ die Bewegung geladener Teilchen senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld (Bahnformen qualitativ) (S5, E2, K9)

## Veränderliche elektromagnetische Felder

Inhalte:

- Induktion durch Änderung des magnetischen Flusses

Die Lernenden ...

- untersuchen experimentell das Faraday'sche Induktionsgesetz und beschreiben zugehörige Phänomene der Induktion (Definition magnetischer Fluss, Lenz'sche Regel) (S4, E9, K5, B4)
- berechnen Induktionsspannungen unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient) (S7, E4, K7)
- beschreiben qualitativ technische Anwendungen des Induktionsgesetzes (zum Beispiel Generator, Transformator, Induktionsladegerät, Induktionskochplatte) (S3, E10, B3, B5)

## 4.2.2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

### Schwingungen

#### Inhalte:

- Mechanische und elektromagnetische harmonische Schwingungen: charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge

#### Die Lernenden ...

- stellen harmonische Schwingungen grafisch dar (S7, E6, K3)
- beschreiben die Begriffe Schwingung, Schwingungsebene, Auslenkung und Amplitude (S2, E6, K2)
- wenden den Zusammenhang zwischen Frequenz und Periodendauer an (S3, E4, K6)
- beschreiben ungedämpfte harmonische Schwingungen mathematisch (Sinus und Kosinus ohne Nullphasenwinkel) (S7, E2, K3)
- untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer von der Masse beim Feder-Masse-Pendel und bestimmen den funktionalen Zusammenhang (S6, E4, K7)
- beschreiben den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises (S5, E5, K4, B6)
- vergleichen die Energieumwandlungen beim Federpendel mit denen beim elektromagnetischen Schwingkreis (S2, E2, K1, B1)

### Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen

#### Inhalte:

- Harmonische Wellen: charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge
- Longitudinal- und Transversalwelle, lineare Polarisierung
- Spektrum elektromagnetischer Wellen

#### Die Lernenden ...

- beschreiben die Erzeugung und Ausbreitung harmonischer Wellen, insbesondere mit den Begriffen Wellenlänge, Frequenz, Amplitude, Ausbreitungsgeschwindigkeit (S2, E6, K4)
- wenden den Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz an (S7, E4, K6)
- vergleichen longitudinale und transversale Wellen am Merkmal Polarisierbarkeit (S3, E3, K1, B2)
- beschreiben die Phänomene Brechung, Reflexion und Beugung als Phänomene, die bei der Wellenausbreitung auftreten (S3, E5, K4)
- ordnen die Farben des sichtbaren Lichts und weitere Wellenlängenbereiche in das elektromagnetische Spektrum ein (S2, E6, K1, B6)

## Überlagerung von Wellen

Inhalte:

- Interferenz am Doppelspalt auch mit polychromatischem Licht
- Stehende Wellen

Die Lernenden ...

- beschreiben die Interferenzmuster am Doppelspalt mit mono- und polychromatischem Licht (S4, E1, K4)
- erklären das Entstehen der Interferenzmaxima und -minima am Doppelspalt mit der Superposition von Wellen (S1, E6, K8)
- führen Experimente zur Untersuchung von Interferenzphänomenen beim Doppelspalt und Gitter durch (S4, E5, K7)
- berechnen die Wellenlänge von monochromatischem Licht (S7, E4, E7, K9)
- beschreiben stehende Wellen mit den Begriffen Knoten, Bäuche, konstruktive und destruktive Interferenz (S1, E6, K4)
- erklären stehende Wellen als Interferenzphänomen (S1, E4, K8, B1)
- ermitteln die Wellenlänge einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle (S3, E4, K7)

### 4.2.3 Quantenphysik und Materie

#### Quantenobjekte

Inhalte:

- Grundlegende Aspekte der Quantentheorie: Stochastische Vorhersagbarkeit, Interferenz und Superposition, Determiniertheit der Zufallsverteilung, Komplementarität
- Zusammenhänge der Größen Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten
- Quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus

Die Lernenden ...

- beschreiben ein Doppelspaltexperiment mit Elektronen, insbesondere das Entstehen des Interferenzmusters (S1, E4, K4, K10, B2)
- erläutern, dass für Quantenobjekte der Determinismus der klassischen Physik durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt wird (S2, E3, K4, B8)
- ermitteln die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung (S7, E4, K6)
- erläutern die Begriffe Interferenz, Superposition, stochastische Vorhersagbarkeit und Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit als Eigenschaften von Quantenobjekten (Elektronen, Photonen) (S1, E6, K4, B7)
- beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Energie der Photoelektronen beim äußeren lichtelektrischen Effekt mit der Vakuum-Fotozelle (S4, E2, K7)
- nennen die Einsteingleichung und interpretieren aufgrund der Lichtquantenhypothese das  $f$ - $E$ -Diagramm beim äußeren lichtelektrischen Effekt (S1, E4, E9, K6)

## Atomvorstellungen

Inhalte:

- Qualitative Betrachtung eines quantenmechanischen Atommodells
- Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema

Die Lernenden ...

- erläutern den Aufbau eines Atoms und beschreiben Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeitsverteilung für das Elektron (S1, E4, K1, B1)
- beschreiben das Energiestufenmodell (S2, E1, K2, B2)
- erklären das Entstehen von Linienspektren bei Gasentladungslampen (S1, E6, K8)
- erläutern Emission und Absorption von Photonen und deuten zugehörige Übergänge im Energieniveauschema (S6, E4, K4, B1)
- ermitteln die Wellenlängen der ausgesendeten Strahlung aus Energiedifferenzen im Energiestufenmodell (S7, E4, B2)