

**Kernlehrplan
für die Sekundarstufe II
Gymnasium / Gesamtschule
in Nordrhein-Westfalen**

Physik

NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN



NORDRHEIN-WESTFALEN

Ministerium für
Schule und Bildung
des Landes Nordrhein-Westfalen



Herausgeber:
Ministerium für Schule und Bildung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Völklinger Straße 49, 40221 Düsseldorf

Telefon 0211-5867-40
Telefax 0211-5867-3220

poststelle@msb.nrw.de
www.schulministerium.nrw.de

Vorwort

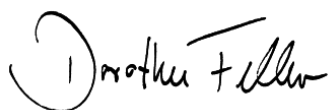
Liebe Leserinnen und Leser,

der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe ermöglicht jungen Menschen den Zugang zu einem Studium und eröffnet ihnen zahlreiche Möglichkeiten in der Berufswelt. Die Basis hierfür bilden die Richtlinien und Kernlehrpläne. Denn sie sind die Grundlage für die Gestaltung eines wissenschaftspropädeutischen Unterrichts, der zur allgemeinen Studierfähigkeit führt und auf die Berufs- und Arbeitswelt vorbereitet. Hierbei gilt, dass Bildungsziele und Bildungsinhalte immer wieder reflektiert und zeitgemäß gefasst werden und den gesellschaftlichen und technologischen Wandel berücksichtigen müssen.

Die vorliegenden Kernlehrpläne in ihrer Funktion als landeseigene Unterrichtsvorgaben berücksichtigen die von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife, die Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur sowie die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung. Die Kernlehrpläne stärken und schärfen den eingangs genannten Bildungsauftrag, indem sie obligatorische Wissensbestände, Fähigkeiten und Fertigkeiten konkreter und klarer als bislang ausweisen und die Einbindung von generativer Künstlicher Intelligenz mit einbeziehen.

Die Kernlehrpläne setzen landesweite Standards und konzentrieren sich auf die im Bildungsgang der gymnasialen Oberstufe von den Schülerinnen und Schülern zu erwartenden Lernergebnisse und Kompetenzen. Auf welche Weise die Lernergebnisse insgesamt erreicht werden, liegt in der Verantwortung der Lehrkräfte vor Ort und damit in deren pädagogischer Freiheit. Auf Schulebene werden die Unterrichtsvorgaben in schulinternen Lehrplänen konkretisiert. In ihnen verschränken sich die fachübergreifenden und fachlichen Unterrichtsvorgaben mit den konkreten Rahmenbedingungen der Schule und den Lernvoraussetzungen und Lernmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler. Auch die Einbindung außerschulischer Partner und Lernorte wird berücksichtigt.

Ich danke allen, die an der Entwicklung der neuen Kernlehrpläne mitgearbeitet haben, sowie der Schulaufsicht, die diese implementiert, und den Lehrkräften, die sich tagtäglich verantwortungsvoll der Bildung unserer Kinder und Jugendlichen widmen und die Kernlehrpläne in der Praxis mit Leben füllen.



Dorothee Feller

Ministerin für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen

Auszug Amtsblatt/Erlass

Zu BASS 15-31

Sekundarstufe II – Gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule; Richtlinien und Lehrpläne

Runderlass des Ministeriums für Schule und Bildung

Vom 7. August 2026 - 526-2026-0003217

1

Für die Gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule werden hiermit Kernlehrpläne gemäß § 29 SchulG (BASS 1-1) festgesetzt.

Sie treten am 1. August 2027 beginnend mit der Einführungsphase aufsteigend in Kraft.

Bereich/Fach	Bezeichnung
Biologie	Kernlehrplan
Chemie	Kernlehrplan
Chinesisch	Kernlehrplan
Deutsch	Kernlehrplan
Englisch	Kernlehrplan
Ernährungslehre	Kernlehrplan
Erziehungswissenschaft	Kernlehrplan
Französisch	Kernlehrplan
Geographie	Kernlehrplan
Geschichte	Kernlehrplan
Griechisch	Kernlehrplan
Hebräisch	Kernlehrplan
Informatik	Kernlehrplan
Italienisch	Kernlehrplan
Japanisch	Kernlehrplan
Kunst	Kernlehrplan
Latein	Kernlehrplan
Literatur	Kernlehrplan
Mathematik	Kernlehrplan
Musik	Kernlehrplan
Neugriechisch	Kernlehrplan
Niederländisch	Kernlehrplan
Philosophie	Kernlehrplan
Physik	Kernlehrplan
Portugiesisch	Kernlehrplan
Psychologie	Kernlehrplan
Recht	Kernlehrplan
Russisch	Kernlehrplan
Spanisch	Kernlehrplan
Sport	Kernlehrplan
Sozialwissenschaften Sozialwissenschaften / Wirtschaft	Kernlehrplan
Technik	Kernlehrplan
Türkisch	Kernlehrplan

2

Die Unterrichtsvorgaben sind veröffentlicht und abrufbar über den Lehrplannavigator: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/>
 Die Schulen überprüfen auf Grundlage der oben genannten Vorgaben ihre schuleigenen Vorgaben (schulinterne Lehrpläne) und entwickeln diese kontinuierlich weiter.

3

Mit Ablauf des 31. Juli 2027 treten die nachstehenden Kernlehrpläne auslaufend außer Kraft.

Heft-Nr.	Bezeichnung	Fundstelle
4722	Biologie	31.05.2022 (ABl. NRW. 06/22)
4723	Chemie	31.05.2022 (ABl. NRW. 06/22)
4735	Chinesisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4701	Deutsch	24.05.2023 (ABl. NRW. 06/23)
4704	Englisch	24.05.2023 (ABl. NRW. 06/23)
4724	Ernährungslehre	04.09.2013 (ABl. NRW. S. 512)
4719	Erziehungswissenschaft	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4705	Französisch	24.05.2023 (ABl. NRW. 06/23)
4715	Geographie	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4714	Geschichte	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4711	Griechisch	27.09.2013 (ABl. NRW. S. 560)
4712	Hebräisch	27.09.2013 (ABl. NRW. S. 560)
4725	Informatik	04.09.2013 (ABl. NRW. S. 512)
4709	Italienisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4733	Japanisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4703	Kunst	14.08.2013 (ABl. NRW. S. 512)
4710	Latein	27.09.2013 (ABl. NRW. S. 560)
4713	Literatur	28.05.2014 (ABl. NRW. S. 342)
4720	Mathematik	24.05.2023 (ABl. NRW. 06/23)
4702	Musik	14.08.2013 (ABl. NRW. S. 512)
4730	Neugriechisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4708	Niederländisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4716	Philosophie	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4721	Physik	31.05.2022 (ABl. NRW. 06/22)
4731	Portugiesisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4729	Psychologie	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4718	Recht	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4706	Russisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4707	Spanisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)
4734	Sport	14.08.2013 (ABl. NRW. S. 512)
4717	Sozialwissenschaften Sozialwissenschaften / Wirtschaft	26.06.2013 (ABl. NRW. S. 402)
4726	Technik	04.09.2013 (ABl. NRW. S. 512)
4732	Türkisch	18.10.2013 (ABl. NRW. S. 618)

4

Dieser Runderlass tritt am 1. August 2027 in Kraft.

Inhalt

	Seite
Vorbemerkungen: Kernlehrpläne als kompetenzorientierte Unterrichtsvorgaben	7
1 Aufgaben und Ziele des Faches	8
2 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen	13
2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches	15
2.1.1 Kompetenzbereiche	15
2.1.2 Inhaltsfelder	17
2.1.3 Basiskonzepte	20
2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase	21
2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase	28
2.3.1 Grundkurs	32
2.3.2 Leistungskurs	40
3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung	49
4 Abiturprüfung	54

Vorbemerkungen: Kernlehrpläne als kompetenzorientierte Unterrichtsvorgaben

Kernlehrpläne leisten einen wichtigen Beitrag zur Sicherung des Anspruchsniveaus an der Einzelschule sowie im ganzen Land und schaffen notwendige Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit von Lernergebnissen.

Kernlehrpläne

- bieten allen an Schule Beteiligten Orientierung über die Aufgaben und Ziele der Fächer,
- geben eine curriculare Stufung vor und legen fest, welche fachbezogenen Kompetenzen einschließlich zugrundeliegender Wissensbestände Schülerinnen und Schüler am Ende der Stufen erworben haben sollen,
- stellen eine landesweite Obligatorik strukturiert in fachspezifische Inhalte und darauf bezogene fachliche Kompetenzen dar,
- sind Grundlage für die Überprüfung von Lernergebnissen und Leistungsständen,
- fokussieren auf überprüfbares fachliches Wissen und Können. Aussagen zu allgemeinen, fächerübergreifend relevanten Bildungs- und Erziehungszielen werden im Wesentlichen außerhalb der Kernlehrpläne, u. a. in Richtlinien und Rahmenvorgaben getroffen. Sie sind neben den fachspezifischen Vorgaben der Kernlehrpläne bei der Entwicklung von schuleigenen Vorgaben und bei der Gestaltung des Unterrichts zu berücksichtigen;
- bilden die curriculare Grundlage für die Entwicklung schuleigener Unterrichtsvorgaben beziehungsweise schulinterner Lehrpläne (§ 29 sowie § 70 SchulG NRW),
- beschränken sich auf zentrale fachliche Fertigkeiten und Wissensbestände. So erhalten Schulen die Möglichkeit, aber auch die Aufgabe, gegebene Freiräume schul- und lerngruppenbezogen auszugestalten. In Verbindung mit dem Schulprogramm erfolgen Schwerpunktsetzungen im Unterricht in inhaltlicher, didaktischer und methodischer Hinsicht.

Die vorliegenden Kernlehrpläne für die gymnasiale Oberstufe lösen die bisherigen Kernlehrpläne ab und setzen die bundeseinheitlichen Vorgaben der Kultusministerkonferenz (Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife) für das Land Nordrhein-Westfalen um. Mit diesen landesweit einheitlichen Standards ist eine wichtige Voraussetzung dafür geschaffen, dass Schülerinnen und Schüler mit vergleichbaren Voraussetzungen die Zentralen Prüfungen des Abiturs ablegen können.

1 Aufgaben und Ziele des Faches

Gegenstand der Fächer im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld sind die empirisch erfassbare, die in formalen Strukturen beschreibbare und die durch Technik gestaltbare Wirklichkeit sowie die Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die ihrer Erschließung und Gestaltung dienen.

Naturwissenschaft und Technik prägen unsere Gesellschaft in allen Bereichen und bilden heute einen bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität. Sie bestimmen maßgeblich unser Weltbild, das schneller als in der Vergangenheit Veränderungen durch aktuelle Forschungsergebnisse erfährt. Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung bewirkt einerseits Fortschritte auf vielen Gebieten, vor allem auch bei der Entwicklung und Anwendung von neuen Technologien und Produktionsverfahren. Andererseits birgt das Streben nach Fortschritt auch Risiken, die bewertet und beherrscht werden müssen. Naturwissenschaftlich-technische Erkenntnisse und Innovationen stehen damit zunehmend im Fokus gesellschaftlicher Diskussionen und Auseinandersetzungen. Eine **vertiefte naturwissenschaftliche Bildung** bietet dabei die Grundlage für fundierte Urteile in Entscheidungsprozessen über erwünschte oder unerwünschte Entwicklungen.

Gemäß dem Bildungsauftrag von Gymnasium und Gesamtschule in der gymnasialen Oberstufe leistet das Fach Physik einen Beitrag dazu, den Schülerinnen und Schülern eine vertiefte Allgemeinbildung zu vermitteln. Die gymnasiale Oberstufe setzt die Bildungs- und Erziehungsarbeit der Sekundarstufe I fort, vertieft und erweitert sie; sie schließt mit der Abiturprüfung ab und vermittelt die Allgemeine Hochschulreife. Individuelle Schwerpunktsetzung und vertiefte allgemeine Bildung führen auf der Grundlage eines wissenschaftspropädeutischen Unterrichts zur allgemeinen Studierfähigkeit und bereiten auf die Berufs- und Arbeitswelt vor.

Im Rahmen des allgemeinen Bildungs- und Erziehungsauftrags der Schule unterstützt der Unterricht im Fach Physik die Entwicklung einer mündigen und sozial verantwortlichen Persönlichkeit und leistet weitere Beiträge zu fachübergreifenden Querschnittsaufgaben in Schule und Unterricht u. a. im Sinne von § 2 SchulG NRW und der [Richtlinien – Bildungs- und Erziehungsgrundsätze für die allgemeinbildenden Schulen](#).

Sprache ist ein notwendiges Hilfsmittel bei der Entwicklung von Kompetenzen und besitzt deshalb für den Erwerb einer vertieften naturwissenschaftlichen Grundbildung eine besondere Bedeutung. Kognitive Prozesse des Umgangs mit Fachwissen, der Erkenntnisgewinnung, der Kommunikation und der Bewertung sind ebenso sprachlich vermittelt wie der kommunikative Austausch darüber und die Präsentation von Lernergebnissen. In der aktiven Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten, Prozessen und Ideen erweitert sich der vorhandene Wortschatz, und es entwickelt sich ein zunehmend differenzierter und bewusster Einsatz von Sprache. Dadurch entstehen Möglichkeiten, Konzepte sowie eigene Wahrnehmungen, Gedanken und Interessen angemessen darzustellen.

Die interdisziplinäre Verknüpfung von Schritten einer kumulativen Kompetenzentwicklung, inhaltliche Kooperationen mit anderen Fächern und Lernbereichen sowie außerschulisches Lernen und Kooperationen mit außerschulischen Partnern können sowohl zum Erreichen und zur Vertiefung der jeweils fachlichen Ziele als auch zur Erfüllung übergreifender Aufgaben beitragen.

Ziele einer vertieften physikalisch-naturwissenschaftlichen Bildung

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 stellen einen historisch-dynamischen Prozess dar. Im Wandel, dem sie unterworfen sind, zeigt sich die Offenheit der Physik für Weiterentwicklungen.

Die Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft macht Naturphänomene über die menschliche Wahrnehmung hinaus durch Messungen erfahrbar und durch Modelle beschreibbar, zeigt aber auch die Grenzen der Messbarkeit und Alltagserfahrung auf, z. B. im Bereich der Quantenphysik. Die Schülerinnen und Schüler 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 Schülerinnen und Schüler 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, ihre Exaktheit der Sprache und ihre 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 Schülerinnen und Schüler den Aspektcharakter des Faches und die Vorteile von Verallgemeinerungen in wenige fundamentale Ideen, wie z. B. die Erhaltungssätze. Die Schülerinnen und Schüler 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. Zu den Zielen des Faches gehört es auch, Kompetenzen aus den Bereichen der 4 K (Kreativität, Kollaboration, Kommunikation, Kritisches Denken) zu entwickeln und zu fördern. In einer Kultur der Digitalität gehört hierzu auch die reflektierte Auseinandersetzung mit generativen KI-Systemen.

Unterricht in Physik muss Mädchen ebenso wie Jungen dazu ermutigen, ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Zusammenhängen selbstbewusst zu verfolgen und so ihre

Fähigkeiten und Entwicklungspotenziale zu nutzen. Er sollte außerdem aufzeigen, dass naturwissenschaftliche Kenntnisse sowohl für Frauen als auch Männer attraktive berufliche Perspektiven eröffnen.

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. Schülerinnen und Schüler 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 Komplexität bei der Bearbeitung von aktuellen Problemstellungen und Forschungsaufträgen in der Physik verdeutlicht die Relevanz interdisziplinärer und internationaler Zusammenarbeit. Für ein handelndes, konstruktives Miteinander sind Rücksichtnahme und Kompromissbereitschaft notwendig. In diesem Sinne leistet auch der Physikunterricht einen wichtigen Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung von Jugendlichen.

Physikalische Bildung hat insgesamt einerseits einen wissenschaftspropädeutischen Charakter, andererseits aber auch wesentlichen Einfluss auf den lebenslangen individuellen Kompetenzaufbau und stellt einen wichtigen Teilbereich der Allgemeinbildung dar.

Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe

Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe knüpft an den Unterricht in der Sekundarstufe I an und vermittelt, neben grundlegenden Kenntnissen und Fähigkeiten, Einsichten auch in komplexere Sach- und Naturvorgänge sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Probleme und Aufgaben. Dazu lernen Schülerinnen und Schüler zunehmend selbstständig physikalische Sichtweisen auf die Natur kennen und erfahren Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens. Sie intensivieren die qualitative und quantitative Erfassung physikalischer Phänomene, präzisieren Modellvorstellungen und thematisieren Modellbildungsprozesse, die auch zu einer umfangreicheren Theoriebildung führen. Die Betrachtung und Erschließung von komplexen Ausschnitten der Lebenswelt unter physikalischen Aspekten erfordert von den Schülerinnen und Schülern in hohem Maße Kommunikations- und Handlungsfähigkeit. Zur Erfüllung dieser Aufgaben und zum Erreichen der Ziele vermittelt der Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe fachliche und fachmethodische Inhalte unter Berücksichtigung von Methoden und Formen selbstständigen und kooperativen Arbeitens. Die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Interessen, kulturellen Hintergrund, Geschlechtersozialisation, Vorerfahrungen und fachspezifische Kenntnisse ist angemessen zu berücksichtigen.

Das Lernen in Kontexten ist verbindlich. Lernen in Kontexten bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, technische und gesellschaftliche Fragestellungen und solche aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Dafür geeignete Kontexte beschreiben reale Situationen mit authentischen Problemen, deren Relevanz auch für Schülerinnen und Schüler erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

Aufgabe der **Einführungsphase** ist es, Schülerinnen und Schüler auf einen erfolgreichen Lernprozess in der Qualifikationsphase vorzubereiten. Wesentliche Ziele bestehen darin, neue fachliche Anforderungen der gymnasialen Oberstufe, u. a. bezüglich einer verstärkten Formalisierung, Systematisierung und reflektierenden Durchdringung sowie einer größeren Selbstständigkeit beim Erarbeiten und Bearbeiten fachlicher Fragestellungen und Probleme zu verdeutlichen und einzuüben. Dabei ist es notwendig, die im Unterricht der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen zu konsolidieren und zu vertiefen, um eine gemeinsame Ausgangsbasis für weitere Lernprozesse zu schaffen. Insbesondere in dieser Phase ist eine individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern mit heterogenen Bildungsbiographien von besonderer Bedeutung.

In der **Qualifikationsphase** findet der Unterricht im Fach Physik in einem Kurs auf grundlegendem Anforderungsniveau (Grundkurs) oder einem Kurs auf erhöhtem Anforderungsniveau (Leistungskurs) statt.

Während in beiden Kursarten das Experiment im Zentrum stehen sollte, unterscheiden sich die beiden Kursarten deutlich hinsichtlich der zu erreichenden fachlichen Tiefe, der Systematisierung und Vernetzung der fachlichen Inhalte, der Vielfalt des fachmethodischen Vorgehens sowie dem Grad der Mathematisierung. Insbesondere im Grundkurs basiert der Unterricht auf der experimentellen Methode, da diese den besonderen Charakter der Physik als Experimentalwissenschaft verdeutlicht. Die Betonung liegt dabei auf spezifischen Funktionen von Experimenten im physikalischen Erkenntnisprozess wie auch auf ihrer Bedeutung für technische Anwendungen. Eine experimentell ausgerichtete Arbeitsweise im Physikunterricht trägt zu vertiefter Allgemeinbildung und Studierfähigkeit bei.

Während die Kompetenzen im **Grundkurs** mit einem klaren Fokus auf ausgewählten Kontexten und *Schlüsselexperimenten* (kursiv hervorgehoben) exemplarisch erarbeitet werden, werden die Kompetenzen im **Leistungskurs** aus verschiedenen Perspektiven sowie an Kontexten vermittelt und deutlich stärker vernetzt. Die Schülerinnen und Schüler erwerben dadurch zunehmend Fähigkeiten zum selbstständigen Arbeiten an physikalischen Problemstellungen. Um die beschriebenen Ziele des Faches und die Kompetenzerwartungen zu erreichen, sollte – wenn immer möglich – dem Realexperiment der Lehrkräfte oder der Schülerinnen und Schüler gegenüber alternativen medialen Formaten der Vorzug gegeben werden.

Im **Projektkurs** wird Schülerinnen und Schülern unter einem thematischen Dach ein projekt- und anwendungsorientiertes Arbeiten ermöglicht, das in besonderer Weise die Selbstständigkeit und die Fähigkeit zur Zusammenarbeit schult, auf das wissenschaftliche Arbeiten im Studium bzw. auf die Anforderungen des Berufslebens vorbereitet und gleichzeitig die Grundlagen für die Präsentationsprüfung im 5. Abiturfach legt. Dabei weisen die jeweils individuell oder in Kleingruppen erstellten Produkte Bezüge zu ausgewählten inhaltlichen Schwerpunkten und zugehörigen Kompetenzen des Kernlehrplans des von der Schülerin oder dem Schüler gewählten Referenzfaches auf.

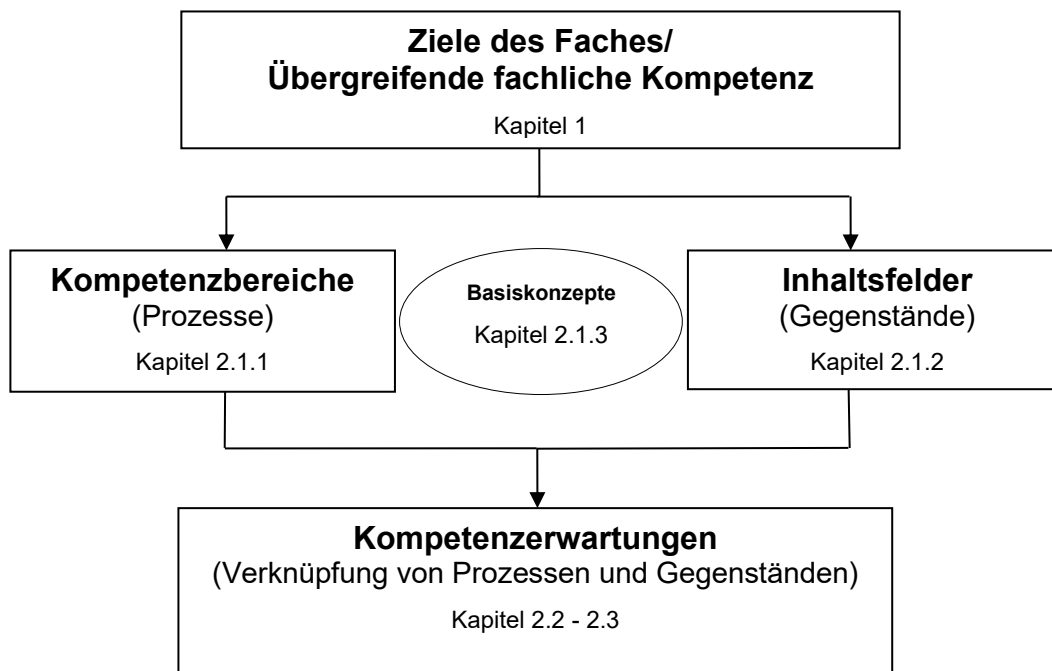
Der vorliegende Kernlehrplan ist so gestaltet, dass er Freiräume für Vertiefung, schuleigene Projekte und aktuelle Entwicklungen lässt. Die Umsetzung der verbindlichen curricularen Vorgaben in schuleigene Vorgaben liegt in der Gestaltungsfreiheit – und Gestaltungspflicht – der Fachkonferenzen sowie in der pädagogischen Verantwortung

der Lehrerinnen und Lehrer. Damit ist der Rahmen geschaffen, gezielt Kompetenzen und Interessen der Schülerinnen und Schüler aufzugreifen und zu fördern bzw. Ergänzungen der jeweiligen Schule in sinnvoller Erweiterung der Kompetenzen und Inhalte zu ermöglichen.

2 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen

Im Kapitel „Aufgaben und Ziele“ der Kernlehrpläne werden u. a. Ziele bzw. die übergreifende fachliche Kompetenz des Faches beschrieben, die Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Fach entwickeln sollen.

Diese werden ausdifferenziert, indem fachspezifische Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder identifiziert und ausgewiesen werden. Dieses analytische Vorgehen erfolgt, um die Strukturierung der fachrelevanten Prozesse einerseits sowie der Gegenstände andererseits transparent zu machen. In Kompetenzerwartungen werden beide Seiten miteinander verknüpft. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der gleichzeitige Einsatz von Können und Wissen bei der Bewältigung von Anforderungssituationen eine zentrale Rolle spielt.



Kompetenzbereiche repräsentieren die Grunddimensionen des fachlichen Handelns. Sie dienen dazu, die einzelnen Teiloperationen entlang der fachlichen Kerne zu strukturieren und den Zugriff für die am Lehr-Lernprozess Beteiligten zu verdeutlichen.

Inhaltsfelder systematisieren mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkten die im Unterricht verbindlichen und unverzichtbaren Gegenstände und liefern Hinweise für die inhaltliche Ausrichtung des Lehrens und Lernens.

Basiskonzepte strukturieren die Beschreibung fachlicher Sachverhalte denen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde liegen. Sie ermöglichen die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven.

Kompetenzerwartungen führen Prozesse und Gegenstände zusammen und beschreiben die fachlichen Anforderungen und intendierten Lernergebnisse, die kontinuierlich bis zum Ende der Sekundarstufe II erreicht werden sollen.

Kompetenzerwartungen

- beziehen sich auf beobachtbare Handlungen und sind auf die Bewältigung von Anforderungssituationen ausgerichtet,
- stellen im Sinne von Regelstandards die erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten auf einem mittleren Abstraktionsgrad dar,
- beschreiben Ergebnisse eines kumulativen, systematisch vernetzten Lernens,
- können in Aufgabenstellungen umgesetzt und überprüft werden.

Insgesamt ist der Unterricht in der Sekundarstufe II nicht allein auf das Erreichen der aufgeführten Kompetenzerwartungen beschränkt, sondern soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, diese weiter auszubauen und darüber hinausgehendes Wissen und Können zu erwerben.

2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches

Der Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe ermöglicht den Erwerb von Kompetenzen, die für eine vertiefte physikalisch-naturwissenschaftliche Bildung erforderlich sind.

2.1.1 Kompetenzbereiche

Die Physik unterscheidet die vier untereinander vernetzten Kompetenzbereiche Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz sowie Bewertungskompetenz.

Die **Sachkompetenz** der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren verbunden mit 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, eng miteinander verwobene Bereiche einteilen: 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 Umwelt, Technik oder auch 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 kontextbezogenen Aufgaben und Problemen. Dazu gehört die theoriebasierte Beschreibung von Phänomenen ebenso wie die qualitative und quantitative Auswertung von Messergebnissen anhand geeigneter Theorien und Modelle. Deren Eigenschaften wie Gültigkeitsbereiche, theoretische Einbettungen und Angemessenheit sind dabei ebenso zu berücksichtigen wie ein angemessener Grad der Mathematisierung.

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.

Die **Erkenntnisgewinnungskompetenz** der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen verbunden mit 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. Das 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 im Kernlehrplan der Sachkompetenz zugeordnet.

Die **Kommunikationskompetenz** der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen verbunden mit der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht, auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen, darzustellen und auszutauschen.

In der Physik wird unter Verwendung strukturierter und standardisierter Formulierungen und Darstellungen rational, fakten- oder evidenzbasiert kommuniziert. 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 Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Fach Physik tauschen die Schülerinnen und Schüler Informationen mit Kommunikationspartnern kompetent aus, wenn sie Informationen aus Quellen entnehmen, überzeugend präsentieren und sich reflektiert an fachlichen Diskussionen beteiligen. Die sprachliche sowie mathematische Darstellung von Zusammenhängen und Lösungswegen ist dagegen Ausdruck von Sach- bzw. Erkenntnisgewinnungskompetenz. Die Berücksichtigung von außerfachlichen Aspekten für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung ist im Kernlehrplan im Kompetenzbereich Bewerten enthalten.

Die **Bewertungskompetenz** der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren verbunden mit 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 Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Bewerten bei gesellschaftlich relevanten Fragestellungen mit fachlichem Bezug kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen. Dazu tragen sie relevante physikalische, aber auch nichtphysikalische (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammen, sammeln geeignete Belege und wägen diese unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander ab. Physikalisch kompetent bewerten heißt insbesondere, 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, zumeist den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind.

2.1.2 Inhaltsfelder

Kompetenzen sind immer an fachliche Inhalte gebunden. Eine vertiefte physikalisch-naturwissenschaftliche Bildung soll deshalb mit Blick auf die nachfolgenden Inhaltsfelder bis zum Ende der Sekundarstufe II entwickelt werden.

Grundlagen der Mechanik (Einführungsphase)

Wesentliche Aspekte des Inhaltsfelds *Grundlagen der Mechanik* markieren den Beginn und die Grundlagen der Physik nach heutigem Verständnis. Dieser Bereich der klassischen Mechanik beinhaltet die Analyse und Beschreibung von vorwiegend eindimensionalen Bewegungen, von Kräften und deren Einfluss auf Bewegungsänderungen sowie von Energie- und Impulserhaltung. Die Auseinandersetzung mit physikalischen Phänomenen erfolgt hier und in allen weiteren Inhaltsfeldern mit zunehmender Mathematisierung. Die funktionalen Beziehungen zwischen den mechanischen Größen werden in verschiedenen Darstellungsformen (Messwerttabellen, Diagramme, Gesetze) herausgestellt.

Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder (Einführungsphase)

Die Auseinandersetzung mit der gleichförmigen Kreisbewegung und der Gravitation vervollständigen die Erkenntnisse zur Mechanik, deren zentrale Konzepte und Sichtweisen für das Verstehen der Physik in allen Bereichen einen fundamentalen Referenzrahmen bilden. Die Übertragung mechanischer Gesetzmäßigkeiten auf die Bewegung von Himmelskörpern und die Würdigung bedeutsamer historischer Beiträge

zur Herausbildung eines wissenschaftlich-physikalischen Weltbilds stellen einen weiteren Aspekt dieses Inhaltsfelds dar. Mit dem Einblick in Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie am Beispiel der Zeitdilatation wird nachvollziehbar, dass das klassische physikalische Weltbild zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Revolutionierung erfuhr. Andere relativistische Phänomene sind exemplarisch in ihren Grundzügen in weiteren Inhaltsfeldern der Qualifikationsphase eingebunden.

Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern (Qualifikationsphase – Grundkurs)

Im Inhaltsfeld *Klassische Wellen und Teilchen in Feldern* wird die klassische Betrachtungsweise der Natur zunächst fortgesetzt. Eine Säule sind harmonisch-mechanische Schwingungen, deren Beschreibung und Eigenschaften einschließlich der auftretenden Energieumwandlungen sowie darauf aufbauend die Beschreibung mechanischer Wellen und deren typischer Eigenschaften unter Zugrundelegung des Huygens'schen Prinzips. Die elektrischen und magnetischen Felder begründen die zweite Säule dieses Inhaltsfelds. Neben deren qualitativer und quantitativer Beschreibung stehen die Auswirkungen dieser Felder auf die Bahnen geladener Teilchen einschließlich der wirkenden Kräfte im Mittelpunkt. Die Bestimmung der Elementarladung als kleinste, isoliert auftretende elektrische Ladung zeigt die besondere Eigenschaft dieser Größe.

Quantenobjekte (Qualifikationsphase – Grundkurs)

Im Inhaltsfeld *Quantenobjekte* dienen das Photon und das Elektron als zwei beispielhafte Quantenobjekte, die beide in unterschiedlichen Experimenten sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter zeigen. Mit der Physik der Quantenobjekte gelingt die Aufhebung dieser komplementären Beschreibungen. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekte der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die Quantenphysik ist ein Beispiel für ein Teilgebiet der modernen Physik, das die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit im Besonderen aufzeigt.

Elektrodynamik und Energieübertragung (Qualifikationsphase – Grundkurs)

Im Inhaltsfeld *Elektrodynamik und Energieübertragung* stehen physikalische Grundlagen der Versorgung mit elektrischer Energie im Vordergrund. Die elektromagnetische Induktion spielt sowohl bei der Erzeugung elektrischer Spannungen als auch bei der Verteilung der elektrischen Energie eine wesentliche Rolle. Elektrodynamische Prozesse bei Kondensatoren und Spulen sowie deren Zusammenwirken haben in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige und umfangreiche Anwendung gefunden. Fragen der Energieversorgung, -speicherung und -rückgewinnung sind wichtige Zukunftsfragen.

Strahlung und Materie (Qualifikationsphase – Grundkurs)

Das Inhaltsfeld *Strahlung und Materie* umfasst Modelle und Vorstellungen vom Aufbau des Atoms, seiner Hülle und seines Kerns sowie die Entstehung und Eigenschaften von Strahlung, insbesondere ionisierender Strahlung. Die Linienspektren leuchtender Gase und die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs begründen das Modell diskreter Energiezustände in der Atomhülle. Hochenergetische elektromagnetische Strahlung sowie Alpha- und Betastrahlung sind insbesondere durch ihre Ionisierungsfähigkeit gekennzeichnet. Die Entstehung und die Eigenschaften von ionisierender Strahlung

bieten Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit dieser Strahlung in Alltag und Medizin.

Ladungen, Felder und Induktion (Qualifikationsphase – Leistungskurs)

Im Inhaltsfeld *Ladungen, Felder und Induktion* stehen zunächst das elektrische Feld, elektrostatische Phänomene, das elektrische Potential und die Auf- und Entladevorgänge am Kondensator im Mittelpunkt. Es folgen die qualitative und quantitative Beschreibung des elektrischen und des magnetischen Felds. Eigenschaften elektrischer Ladungsträger und ihr Verhalten in elektrischen und magnetischen Feldern werden untersucht. Die elektromagnetische Induktion stellt eine Verbindung zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen dar. Dieses Inhaltsfeld liefert fundamentale Aussagen über elektrische und magnetische Phänomene, die in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige Anwendung gefunden haben und auch in der Zukunft bedeutsam bleiben werden.

Schwingende Systeme und Wellen (Qualifikationsphase – Leistungskurs)

Der Untersuchung harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen und der Beschreibung deren typischer Eigenschaften folgt weitgehend in Analogie die Betrachtung elektromagnetischer Schwingungen und Wellen auch unter Einbeziehung energetischer Aspekte. Die mathematische Modellierung mechanischer und elektromagnetischer Schwingungsvorgänge mittels Differentialgleichungen ist prägend für dieses Inhaltsfeld. Interferenz an Spalten, Gittern und beim Interferometer wird als typisches Wellenphänomen thematisiert.

Quantenphysik (Qualifikationsphase – Leistungskurs)

Im Inhaltsfeld *Quantenphysik* geht es um Eigenschaften von Photonen und Elektronen als Quantenobjekte mit dem Ziel, Abgrenzungen und Unterschiede zwischen Ideen der klassischen Physik und der Quantenphysik aufzuzeigen. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet den Wellen- und Teilchenaspekt der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. In der Quantenphysik spiegelt sich beispielhaft die moderne Weiterentwicklung des physikalischen Weltbilds wider.

Atom- und Kernphysik (Qualifikationsphase – Leistungskurs)

Das Inhaltsfeld *Atom- und Kernphysik* beinhaltet den Aufbau des Atoms, seiner Hülle und seines Kerns sowie den Aufbau der Materie im Kleinsten. Betrachtet werden außerdem ionisierende Strahlung, radioaktive Zerfallsprozesse bei Atomkernen sowie Kernumwandlungen durch Kernspaltung und Kernfusion. Die Behandlung von Atom- und Kernphysik bietet einerseits einen Einblick in den Aufbau der Materie unter dem Aspekt des Wandels historischer Atommodelle und liefert andererseits Entscheidungsgrundlagen für die Einschätzung des Für und Widers im Umgang mit ionisierender Strahlung und deren Nutzung in Alltag und Medizin.

2.1.3 Basiskonzepte

Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Basiskonzepte werden in Lehr-Lernprozessen wiederholt thematisiert und ausdifferenziert. Den Schülerinnen und Schülern wird aufgezeigt, dass diese grundlegenden Konzepte in vielen verschiedenen Lernbereichen einsetzbar sind und einen systematischen Wissensaufbau und somit den Erwerb eines strukturierten und mit anderen Naturwissenschaften vernetzten Wissens unterstützen.

Die Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife geben folgende Basiskonzepte vor:

- Erhaltung und Gleichgewicht
- Superposition und Komponenten
- Mathematisieren und Vorhersagen
- Zufall und Determiniertheit

In den Kapiteln 2.2 und 2.3 werden jeweils im Anschluss an die inhaltlichen Schwerpunkte und die konkretisierten Kompetenzerwartungen ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten aufgeführt. Die dort exemplarisch aufgezeigten Aspekte des Inhaltsfeldes eignen sich besonders als Beitrag zum Aufbau des jeweiligen Basiskonzepts, sind jedoch nicht als abschließende Auflistung zu verstehen.

2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase

Am Ende der Einführungsphase sollen die Schülerinnen und Schüler – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Sekundarstufe I – über die im Folgenden genannten **übergeordneten Kompetenzerwartungen** zu allen Kompetenzbereichen verfügen.

Während der Kompetenzbereich Kommunikation ausschließlich inhaltsfeldübergreifend angelegt ist, werden in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz und Bewertungskompetenz anschließend inhaltsfeldbezogen konkretisierte Kompetenzerwartungen formuliert. Hinter den konkretisierten Kompetenzerwartungen ist jeweils in Klammern angegeben, auf welche übergeordneten Kompetenzerwartungen aus allen Bereichen sich diese beziehen.

Sachkompetenz

Modelle und Konzepte zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- S1 erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen,
- S2 beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten an,
- S3 wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus.

Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- S4 bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,
- S5 beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,
- S6 nutzen bekannte Auswerteverfahren für Messergebnisse,
- S7 wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Konzepten bilden

Die Schülerinnen und Schüler

- E1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten,

E2 stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

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

Die Schülerinnen und Schüler

E3 erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,

E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge,

E5 konzipieren erste Experimente und Auswertungen, auch unter Einbezug generativer KI, zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle.

Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler

E6 untersuchen mithilfe bekannter Modelle und Konzepte die in erhobenen oder recherchierten Daten vorliegenden Strukturen und Beziehungen,

E7 berücksichtigen Messunsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse,

E8 untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen,

E9 beschreiben an ausgewählten Beispielen die Relevanz von Modellen, Konzepten, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung.

Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler

E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte,

E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses an ausgewählten Beispielen.

Kommunikationskompetenz

Informationen erschließen

Die Schülerinnen und Schüler

K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien, auch unter Einbezug generativer KI, und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,

K2 analysieren verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt,

- K3 entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

Informationen aufbereiten

Die Schülerinnen und Schüler

- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt,
K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von kurzen Vorträgen und schriftlichen Ausarbeitungen aus,
K6 veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Schülerinnen und Schüler

- K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen,
K9 tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus,
K10 belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Bewertungskompetenz

Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Schülerinnen und Schüler

- B1 erarbeiten aus verschiedenen Perspektiven eine schlüssige Argumentation,
B2 analysieren Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art, auch von KI-gestützten generativen Systemen, hinsichtlich ihrer Relevanz.

Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Schülerinnen und Schüler

- B3 entwickeln anhand festgelegter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug,
B4 bilden sich reflektiert ein eigenes Urteil.

Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler

- B5 vollziehen Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen nach,

- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen,
- B7 identifizieren kurz- und langfristige Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund,
- B8 identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Einführungsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Grundlagen der Mechanik
- Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder

Bezieht man übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kap. 2.2) sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**:

Inhaltsfeld Grundlagen der Mechanik

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen
- Dynamik: Newton'sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte
- Erhaltungssätze: Impuls; Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),
- unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S4, S7),
- beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, 4, K7),

- stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),
- erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),
- erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),
- interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),
- untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),
- begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),
- ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),
- bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7),
- bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B3, B6, B7, E1, K5),
- bewerten die Darstellung bekannter, vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Impuls sowie mechanische Energie sind erste Beispiele für streng bilanzierbare Erhaltungsgrößen in der Physik.

Superposition und Komponenten:

Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft und Impuls sind Beispiele für vektorielle Größen. Die Komponentenzerlegung dieser vektoriellen Größen erlaubt die Beschreibung komplexer Bewegungen.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Unterschiedliche mathematische Darstellungsformen mittels Tabellen, Diagrammen und Gesetzen ermöglichen eine formale Beschreibung von Bewegungen.

Zufall und Determiniertheit:

Die statistische Messunsicherheit bei der Aufnahme realer Messwerte von Bewegungen ist ein Beispiel für den Umgang mit dem Zufall in der Physik.

Inhaltsfeld Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft
- Gravitation: Schwerkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz, Kepler'sche Gesetze; Gravitationsfeld
- Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander (S1, S7, K4),
- beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),
- erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),
- stellen Änderungen bei der Beschreibung von Bewegungen der Himmelskörper beim Übergang vom geozentrischen Weltbild zu modernen physikalischen

Weltbildern auf der Basis zentraler astronomischer Beobachtungsergebnisse dar (S2, K1, K3, K10),

- erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),
- erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),
- erklären mit dem Gedankenexperiment der Lichtuhr unter Verwendung grundlegender Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie das Phänomen der Zeitdilatation zwischen bewegten Bezugssystemen qualitativ und quantitativ (S3, S5, S7).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9),
- deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6),
- ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8, E10),
- ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3),
- beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Mathematisieren und Vorhersagen:

Die Berechnung der Bahndaten von Satelliten und Planeten anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes sowie die Bestimmung astronomischer Größen auf Basis der Kepler'schen Gesetze zeigen die Vorhersagbarkeit dieser Vorgänge.

Zufall und Determiniertheit:

Die Regelmäßigkeit der Planetenbewegungen um die Sonne ist ein Beispiel für die Determiniertheit physikalischer Abläufe durch Naturgesetze.

2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase

Am Ende der Qualifikationsphase sollen die Schülerinnen und Schüler – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase – über die im Folgenden genannten **übergeordneten Kompetenzerwartungen** zu allen Kompetenzbereichen verfügen.

Während der Kompetenzbereich Kommunikation ausschließlich inhaltsfeldübergreifend angelegt ist, werden in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz und Bewertungskompetenz anschließend inhaltsfeldbezogen konkretisierte Kompetenzerwartungen formuliert. Hinter den konkretisierten Kompetenzerwartungen ist jeweils in Klammern angegeben, auf welche übergeordneten Kompetenzerwartungen aus allen Bereichen sich diese beziehen.

Sachkompetenz

Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- S1 erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- S2 beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
- S3 wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus.

Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwertfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,
- 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.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Schülerinnen und Schüler

- E1 identifizieren und entwickeln in unterschiedlichen Kontexten naturwissenschaftlich-technische Probleme und Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten,
- E2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

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

Die Schülerinnen und Schüler

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

Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler

- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- 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 im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung.

Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler

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

Kommunikationskompetenz

Informationen erschließen

Die Schülerinnen und Schüler

- K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien, auch unter Einbezug generativer KI, 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.

Informationen aufbereiten

Die Schülerinnen und Schüler

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

Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Schülerinnen und Schüler

- K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen,

- K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt,
- K10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Bewertungskompetenz

Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Schülerinnen und Schüler

- B1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation,
- B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art, auch von KI-gestützten generativen Systemen, hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.

Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Schülerinnen und Schüler

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

Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler

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

2.3.1 Grundkurs

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Qualifikationsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern
- Quantenobjekte
- Elektrodynamik und Energieübertragung
- Strahlung und Materie

Bezieht man übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kap. 2.3) sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**:

Inhaltsfeld Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisierung von Wellen
- Teilchen in Feldern: elektrische und magnetische Felder; elektrische Feldstärke, elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),
- erläutern am Beispiel des *Federpendels* Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),
- erläutern mithilfe der *Wellenwanne* qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),
- erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),
- erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),
- stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),

- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),
- erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3),
- berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),
- erläutern am *Fadenstrahlrohr* die Erzeugung freier Elektronen durch den glüh-elektrischen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim *Federpendel* und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6),
- ordnen dem zeitlichen Verlauf von Elongation, Geschwindigkeit und Beschleunigung deren Funktionsgleichungen zu und wenden diese an (E4, E6, S3),
- weisen anhand des Interferenzmusters bei *Doppelspalt*- und *Gitterversuchen* mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4),
- entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),
- modellieren mathematisch die Beobachtungen am *Fadenstrahlrohr* und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7),
- erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4),
- schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des *Millikan-Versuchs* auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8),
- wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),
- erschließen sich die Funktionsweise des *Zyklotrons* auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall (B4, K3),
- beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Mithilfe der Energieerhaltung können periodische Zustandsänderungen bei mechanischen Schwingungen erläutert werden.

Superposition und Komponenten:

Das Superpositionsprinzip kann die Überlagerung mechanischer Wellen beschreiben.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Im Rahmen der klassischen Betrachtung von Teilchen in Feldern lassen sich am Beispiel des Fadenstrahlrohrs exakte Vorhersagen über die Bahnen geladener Teilchen treffen.

Inhaltsfeld Quantenobjekte

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt
- Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt
- Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3),
- stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4),
- wenden die De-Broglie-Beziehung an, um das Beugungsbild beim *Doppelspaltversuch mit Elektronen* quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9),
- erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3),
- berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),
- erklären an einer exemplarischen Darstellung die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3),
- erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- leiten anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6),
- untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7),
- beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),
- stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),
- beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Die Deutung des Photoeffekts ist ein Beispiel für die Anwendung der Energieerhaltung.

Superposition und Komponenten:

Die konstruktive und destruktive Interferenz beim Doppelspaltexperiment mit Quantenobjekten sind ein Beispiel für die Superposition quantenmechanischer Zustände zu einer Auftreffwahrscheinlichkeit.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Die Lichtquantenhypothese ermöglicht zusammen mit Energie- und Impulserhaltung die Mathematisierung von Wechselwirkungsprozessen von Licht mit Materie. Die De-Broglie-Hypothese ermöglicht zusammen mit dem Konzept der Materiewellen eine Mathematisierung der räumlichen Ausbreitung von Elektronen am Doppelspalt.

Zufall und Determiniertheit:

Die Determiniertheit von Zufallsverteilungen ist charakteristisch für die Aussagen der Quantenphysik.

Inhaltsfeld Elektrodynamik und Energieübertragung

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator
- Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der *Leiterschaukel* durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4),
- führen Induktionserscheinungen bei einer *Leiterschleife* auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),
- beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7),
- untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch *Transformatoren* mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8),
- erklären am physikalischen *Modellexperiment zu Freileitungen* technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),
- beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten und der Dielektrizitätszahl (S1, S3),
- erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4),
- untersuchen den *Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren* unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren die mit einem *Oszilloskop* bzw. *Messwerterfassungssystem* aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),
- modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),
- modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei *Auf- und*

Entladevorgängen bei Kondensatoren unter Berücksichtigung des Widerstandes und der Kapazität (E4, E6, S7),

- erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in *Generatoren* mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),
- stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim *Thomson'schen Ringversuch* bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8),
- interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im *Q-U*-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10),
- beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9),
- beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Die Energieerhaltung ist die Grundlage für die qualitative Erklärung der Prozesse bei ungedämpften elektromagnetischen Schwingungen.

Superposition und Komponenten:

Die Komponentenzerlegung erklärt Induktionsphänomene bei einer rotierenden Leiterschleife in einem Magnetfeld.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Das Induktionsgesetz ermöglicht quantitative Vorhersagen von Spannungssignalen.

Inhaltsfeld Strahlung und Materie

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische Wirkungen
- Atomphysik: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung
- Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären die Energie emittierter und absorbierter Photonen am Beispiel von Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'scher Linien mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S1, S3, E6, K4),
- beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),
- interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),
- erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4),
- unterscheiden α -, β -, γ -Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),
- ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des *Geiger-Müller-Zählrohrs* als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8),
- erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),
- wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6),
- erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2),
- erläutern qualitativ an der β^- -Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),
- erklären anhand des Zusammenhangs $E = \Delta m c^2$ die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienpektren* bzw. *Spektralanalyse* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),
- interpretieren die Messergebnisse des *Franck-Hertz-Versuchs* (E6, E8, K8),
- erklären das *charakteristische Röntgenspektrum* mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6),
- identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* (E3, E6, K1),
- untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei *Absorptionsexperimenten* unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),
- ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),
- begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3),
- quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),
- vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9),
- bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Die Berücksichtigung des Massendefekts erweitert und verallgemeinert das Prinzip der Energieerhaltung in abgeschlossenen physikalischen Systemen.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Quantitative Atommodelle ermöglichen die Berechnung von Energieniveaus des Atoms.

Zufall und Determiniertheit:

Der Zerfall eines einzelnen Atomkerns und die Beschreibung des zeitlichen Ablaufs des Zerfalls einer großen Menge radioaktiver Atomkerne anhand des Zerfallsgesetzes sind ein Beispiel für den Zusammenhang von Zufall und Determiniertheit physikalischer Vorgänge.

2.3.2 Leistungskurs

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Qualifikationsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Ladungen, Felder und Induktion
- Schwingende Systeme und Wellen
- Quantenphysik
- Atom- und Kernphysik

Bezieht man übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kap. 2.3) sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**:

Inhaltsfeld Ladungen, Felder und Induktion

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte
- Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Quersfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern
- Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1),
- stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),
- erläutern den Zusammenhang von elektrischer Feldstärke, elektrischer Spannung und Energie quantitativ im Plattenkondensator und qualitativ im Radialfeld unter Verwendung der Begriffe Potential und Potentialdifferenz (S1, S3, K4),
- erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9),

- erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5),
- beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen (S3, S6, S7, E4, K7),
- nutzen das Induktionsgesetz auch in differenzieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7),
- erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungsschößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6),
- geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3),
- entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5),
- modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7),
- erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5),
- stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4),
- konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),
- prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1),
- ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6),
- führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4),
- begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7),
- identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Die Kompensation elektrischer und magnetischer Wirkungen auf bewegte geladene Teilchen bei speziell abgestimmten gekreuzten Feldern ist ein Beispiel für ein Kräftegleichgewicht.

Superposition und Komponenten:

Die Überlagerung zweier elektrischer Radialfelder zu einem Dipolfeld ist ein Beispiel für die Superposition von Feldern.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden mathematisch exakt beschrieben.

Inhaltsfeld Schwingende Systeme und Wellen

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisierung und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer
- Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),
- vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3),
- erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen

(S1, E1),

- leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2),
- ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung und den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8),
- beschreiben den Verlauf einer schwach gedämpften Schwingung mathematisch (S7, E4),
- erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),
- beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),
- erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),
- erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),
- stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6),
- beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8),
- erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4),
- untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),
- weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),
- erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),
- beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1),
- unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Die Energieerhaltung ist die Grundlage für die Erklärung der Prozesse bei mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen. Schwingende Systeme in der Physik oszillieren immer um einen Gleichgewichtszustand.

Superposition und Komponenten:

Interferenzphänomene mit Licht sind ein Beispiel für die Superposition elektromagnetischer Wellen.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Mithilfe von Differentialgleichungen und deren Lösungen kann der zeitliche Verlauf von Schwingungen exakt vorhergesagt werden.

Inhaltsfeld Quantenphysik

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung
- Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3),
- beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),
- erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (S1, S3, E4, K4),
- stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8),

- erklären bei Quantenobjekten anhand eines Delayed-Choice-Experiments unter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden des Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3),
- erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3),
- berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),
- deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3),
- erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeits-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3),
- bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6),
- interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1),
- erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6),
- modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),
- stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),
- beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Superposition und Komponenten:

Die konstruktive und destruktive Interferenz beim Doppelspaltexperiment mit Quantenobjekten sind ein Beispiel für Superposition quantenmechanischer Zustände zu einer Auftreffwahrscheinlichkeit.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Die mathematische Darstellung der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdarstellung von Quantenobjekten in Form des Quadrats der Wellenfunktion ist ein Beispiel für die Mathematisierung in der Quantenphysik.

Zufall und Determiniertheit:

Die Determiniertheit von Zufallsverteilungen ist charakteristisch für die Aussagen der Quantenphysik.

Inhaltsfeld Atom- und Kernphysik

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung
- Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung
- Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung
- Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3),
- erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),
- beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),
- erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4),
- beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Ver-

allgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10),

- interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),
- erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2, K3),
- ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),
- unterscheiden α -, β -, γ - Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),
- beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1),
- erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3),
- leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8),
- erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),
- beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2),
- erläutern den Ablauf einer Kettenreaktion als zentrales Merkmal bei der Energiefreisetzung durch Kernspaltung (S1),
- erläutern qualitativ an der β^- -Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),
- wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6),
- konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5),

- bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1),
- quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2).

Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),
- wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3),
- bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10),
- diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10).

Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Erhaltung und Gleichgewicht:

Die Berücksichtigung des Massendefekts erweitert und verallgemeinert das Prinzip der Energieerhaltung in physikalischen Systemen.

Mathematisieren und Vorhersagen:

Quantitative Atommodelle ermöglichen die Berechnung von Energieniveaus des Atoms.

Zufall und Determiniertheit:

Der Zerfall eines einzelnen Atomkerns und die Beschreibung des zeitlichen Ablaufs des Zerfalls einer großen Menge radioaktiver Atomkerne anhand des Zerfallsgesetzes sind ein Beispiel für den Zusammenhang von Zufall und Determiniertheit physikalischer Vorgänge.

3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung

Erfolgreiches Lernen ist kumulativ. Entsprechend sind die Kompetenzerwartungen im Kernlehrplan in der Regel in ansteigender Progression und Komplexität formuliert. Dies erfordert, dass Lernerfolgsüberprüfungen darauf ausgerichtet sein müssen, Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu geben, Kompetenzen, die sie in den vorangegangenen Jahren erworben haben, wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen unter Beweis zu stellen. Für Lehrerinnen und Lehrer sind die Ergebnisse der begleitenden Diagnose und Evaluation des Lernprozesses sowie des Kompetenzerwerbs Anlass, die Zielsetzungen und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Für die Schülerinnen und Schüler sollen ein den Lernprozess begleitendes Feedback sowie Rückmeldungen zu den erreichten Lernständen eine Hilfe für die Selbsteinschätzung sowie eine Ermutigung für das weitere Lernen darstellen. Die Beurteilung von Leistungen soll demnach grundsätzlich mit der Diagnose des erreichten Lernstandes und Hinweisen zum individuellen Lernfortschritt verknüpft sein.

Die Leistungsbewertung ist so anzulegen, dass sie den in den Fachkonferenzen gemäß Schulgesetz beschlossenen Grundsätzen entspricht, dass die Kriterien für die Notengebung den Schülerinnen und Schülern transparent sind und die Korrekturen sowie die Kommentierungen den Lernenden auch Erkenntnisse über die individuelle Lernentwicklung ermöglichen. Dazu gehören – neben der Etablierung eines angemessenen Umgangs mit eigenen Stärken, Entwicklungsnotwendigkeiten und Fehlern – insbesondere auch Hinweise zu individuell erfolgversprechenden allgemeinen und fachmethodischen Lernstrategien.

Im Rahmen der Leistungsbewertung sind verschiedene Dimensionen der Leistungserbringung zu unterscheiden. Die unten genannten Dimensionen kommen in unterschiedlichen Ausprägungsgraden, in unterschiedlicher Weise und Gewichtung sowie in Kombination zum Tragen. Grundlage jeder Leistungserbringung in sämtlichen Dimensionen und Ausprägungen ist die Fachlichkeit.

		Ausprägungen der Dimensionen	
		I	II
Dimensionen der Leistungserbringung	A	Individualleistung	Kooperative/kollaborative Leistung
	B	Hilfsmittel-/werkzeugfreie Leistung	Hilfsmittel-/werkzeugunterstützte Leistung
	C	Ad-hoc Leistung	Leistung, die auf einem längerfristig vorbereiteten Produkt beruht
	D	Monologische Leistung	Dialogische Leistung
	E	Inhaltlich geprägte Leistung	Präsentativ geprägte Leistung

Um Schülerinnen und Schüler mit vielfältigen Überprüfungsformen vertraut zu machen, ist in jedem Schuljahr sicherzustellen, dass alle Dimensionen der Leistungserbringung in den oben genannten Ausprägungen Berücksichtigung finden.

Im Sinne der Orientierung an den zuvor formulierten Anforderungen sind grundsätzlich alle in Kapitel 2 des Lehrplans ausgewiesenen Kompetenzbereiche bei der Leistungs-

bewertung angemessen zu berücksichtigen. Überprüfungsformen schriftlicher, mündlicher und praktischer Art sollen deshalb darauf ausgerichtet sein, die Erreichung der in Kapitel 2 aufgeführten Kompetenzen und Inhalte zu überprüfen. Ein isoliertes, lediglich auf Reproduktion angelegtes Abfragen einzelner Daten und Sachverhalte allein kann dabei den zuvor formulierten Ansprüchen an die Leistungsfeststellung nicht gerecht werden.

Die Nutzung von und Auseinandersetzung mit generativen KI-Systemen ist in angemessenem Umfang in allen Jahrgangsstufen verpflichtend. Neben die kompetente Bedienung der KI tritt ein kritisch-reflektierter Umgang mit Ergebnissen generativer KI. Die Leistungsbewertung muss beides berücksichtigen.

Die rechtlich verbindlichen Grundsätze der Leistungsbewertung sind im Schulgesetz benannt und in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOST) näher spezifiziert. Demgemäß sind bei der Leistungsbewertung von Schülerinnen und Schülern erbrachte Leistungen in den Beurteilungsbereichen „Schriftliche Arbeiten“ sowie „Sonstige Mitarbeit“ entsprechend den in der APO-GOST angegebenen Gewichtungen zu berücksichtigen. Dabei bezieht sich die Leistungsbewertung insgesamt auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kompetenzen und erfassten Inhalte und nutzt unterschiedliche Formen der Lernerfolgsüberprüfung.

Hinsichtlich der einzelnen Beurteilungsbereiche sind die folgenden Regelungen zu beachten.

Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten“

Klausuren

Für den Einsatz in Klausuren kommen Aufgabenarten in Betracht, wie sie in Kapitel 4 aufgeführt sind.

Über ihre unmittelbare Funktion als Instrument der Leistungsbewertung hinaus sollen Klausuren im Laufe der gymnasialen Oberstufe auch zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen des schriftlichen Teils der Abiturprüfungen vorbereiten. Dazu gehört u. a. die Schaffung angemessener Transparenz im Zusammenhang mit einer kriteriengeleiteten Bewertung unter Berücksichtigung der drei Anforderungsbereiche. Beispiele für Prüfungsaufgaben und Auswertungskriterien sowie Konstruktionsvorgaben und Operatorenübersichten können auf den Seiten des Bildungsportals unter <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/> abgerufen werden.

Da in Klausuren neben der Verdeutlichung des fachlichen Verständnisses auch die Darstellung bedeutsam ist, muss diesem Sachverhalt bei der Leistungsbewertung hinreichend Rechnung getragen werden. Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit oder gegen die äußere Form führen zu einem Abzug um eine Notenstufe in der Einführungsphase und um bis zu zwei Notenpunkte in der Qualifikationsphase. Ein Abzug für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit soll nicht erfolgen, wenn diese bereits Gegenstand der fachspezifischen Bewertungsvorgaben sind.

Gleichwertige komplexe Leistungsnachweise

Neben Klausuren tragen in der gymnasialen Oberstufe gleichwertige komplexe Leistungsnachweise dazu bei, die Schülerinnen und Schüler zunehmend mit den Anforderungen der mündlichen Abiturprüfungen, Präsentationsprüfungen und Besonderen Lernleistungen vertraut zu machen. Vor diesem Hintergrund kommen im Rahmen gleichwertiger komplexer Leistungsnachweise insbesondere solche Überprüfungsformen zur Anwendung, die auf diese Prüfungsformate vorbereiten.

In ihrer jeweiligen Ausgestaltung orientieren sich auch gleichwertige komplexe Leistungsnachweise an den Prinzipien und Formen wissenschaftspropädeutischen Arbeitens. Als Wissenschaftspropädeutik wird eine Hinführung zu wissenschaftlichen Denkweisen und Arbeitstechniken (u. a. Stellen von Fragen, Definieren von Problemen, Bilden von Hypothesen, treffendes Interpretieren, schlüssiges Argumentieren und adressatenbezogenes Kommunizieren, Gliedern von Themen und Strukturieren von Texten, zielführendes Präsentieren und Visualisieren von Informationen), zu Methoden des Erkenntnisgewinns (u. a. selbstständige Materialrecherche, nachvollziehbares Belegen und plausibles Begründen) sowie zu einer wissenschaftlichen Grundhaltung (u. a. Reflektiertheit, Interessiertheit, neugierige Haltung, kritisches Hinterfragen, Kausalitätsergründung, Offenheit) verstanden.

Gleichwertige komplexe Leistungsnachweise können grundsätzlich schriftliche, mündliche oder praktische Vermittlungsformen umfassen. Die Vermittlungsformen können in Teilen auch überlappen.

Fachspezifisch ist als gleichwertiger komplexer Leistungsnachweis grundsätzlich möglich:

Vermittlungsform	Format
Mündlich	Fachlicher Vortrag mit vertiefendem Fachgespräch; ggf. angebunden an ein Produkt, das aus dem Unterricht entstanden ist.
Praktisch	Fachpraktische Aufgabe

Die Fachkonferenz kann, nach vorheriger Vorstellung und Beratung in der Lehrerkonferenz, die Zulassung weiterer fachspezifischer Formate beschließen, die dem Anspruch an einen gleichwertigen komplexen Leistungsnachweis genügen. Der Beschluss bedarf unter dem Gesichtspunkt der Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung der Zustimmung der Schulleitung. Die entsprechenden Formate sind in den fachspezifischen schulinternen Lehrplan aufzunehmen und der zuständigen Fachaufsicht bei der oberen Schulaufsichtsbehörde anzuzeigen.

Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“

Im Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ werden die in Kapitel 2 beschriebenen Kompetenzbereiche überprüft. Im Rahmen der Leistungsbewertung gelten die oben ausgeführten allgemeinen Ansprüche der Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung. Im Verlauf der gymnasialen Oberstufe ist auch in diesem Beurteilungsbereich sicherzustellen, dass Formen, die im Rahmen der Abiturprüfungen – insbesondere in

Prüfungen des vierten und fünften Prüfungsfaches – von Bedeutung sind, frühzeitig vorbereitet und angewendet werden.

Zu den Bestandteilen der „Sonstigen Mitarbeit“ zählen u. a. unterschiedliche Formen der individuellen und kooperativen/kollaborativen Aufgabenerfüllung, Beiträge zum Unterricht, von der Lehrkraft abgerufene Leistungsnachweise wie z. B. die schriftliche Übung, von der Schülerin oder dem Schüler vorbereitete, in abgeschlossener Form eingebrachte Elemente zur Unterrichtsarbeit, die z. B. in Form von Präsentationen, Protokollen, Referaten und Portfolios möglich werden. Schülerinnen und Schüler bekommen durch die Verwendung unterschiedlicher Überprüfungsformen vielfältige Möglichkeiten, ihre eigene Kompetenzentwicklung darzustellen und zu dokumentieren.

Der Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch schriftliche, mündliche und praktische Beiträge sichtbare Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Schuljahres (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt. Der „Sonstigen Mitarbeit“ insgesamt liegen die Kriterien Qualität, Quantität und Kontinuität zugrunde.

Überprüfungsformen beider Beurteilungsbereiche

Die Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans ermöglichen eine Vielzahl von Überprüfungsformen. Im Verlauf der gesamten gymnasialen Oberstufe soll ein möglichst breites Spektrum verschiedener Formen in schriftlichen, mündlichen und praktischen Kontexten zum Einsatz kommen. Wichtig für die Nutzung der Überprüfungsformen im Rahmen der Leistungsbewertung ist es, dass sich die Schülerinnen und Schüler zuvor in geeigneten Anwendungssituationen hinreichend mit diesen vertraut machen konnten.

Die nachfolgenden Überprüfungsformen sind verbindlich einzusetzen. Sie können Schülerinnen und Schülern auch die Möglichkeit bieten, generative Assistenzsysteme (KI) unter Beachtung von kritischer Reflexion und Metakognition zu nutzen. Darüber hinaus sind weitere Überprüfungsformen zulässig.

Experimentelle und fachpraktische Aufgaben

Aufgabenstellungen, die sich auf Experimente beziehen, werden in besonderem Maße den Zielsetzungen des wissenschaftspropädeutischen Physikunterrichts gerecht. Diese können auch Bestandteil von fachpraktischen Aufgaben sein. Neben Formulierung einer Fragestellung sowie der hypothesengeleiteten Planung, Durchführung und Auswertung liegt in diesem Zusammenhang ein weiteres Augenmerk auf der Dokumentation. Experimentelles Arbeiten umfasst die qualitative und/oder quantitative Untersuchung von Zusammenhängen, aber auch den Umgang mit umfangreichen Daten aus Messreihen sowie die Arbeit mit bzw. an Modellen. Erkenntnisse, die aus experimentellen Arbeiten gewonnen werden, können die Grundlage für die nachfolgenden Überprüfungsformen bilden.

Aufgaben zur Arbeit mit Theorien und Modellen

Neben experimentellen Aufgaben kommt der Arbeit mit Theorien und Modellen im Physikunterricht eine besondere Bedeutung zu. Hierzu zählen insbesondere die Erklärung von Zusammenhängen oder die Überprüfung von Aussagen mit Modellen oder Theorien. Dies kann beispielsweise die Vorhersage bzw. Begründung von physikalischen Sachverhalten und Ergebnissen auf Grundlage von Modellen sein. Mithilfe theoretischer Überlegungen können physikalische Zusammenhänge deduktiv hergeleitet sowie mathematisch modelliert und berechnet werden.

Präsentationsaufgaben

Präsentationsaufgaben lassen sich in vielfältigen Formen einsetzen und reichen von einfachen Vorträgen bzw. Referaten bis hin zur Erstellung und Darbietung von Medienbeiträgen oder der Durchführung von Diskussionen. Im Rahmen von Präsentationen spielen auch immer Recherche- und Darstellungsaspekte eine bedeutende Rolle.

Darstellungsaufgaben

Mittels Darstellungsaufgaben erfolgt ein strukturiertes Beschreiben, Darstellen und/oder Erklären eines physikalischen Phänomens, Konzepts oder Sachverhalts, wobei auch Modelle zum Einsatz kommen können. Darstellungsaufgaben beziehen sich auf die Beschreibung und Erläuterung von Tabellen, Grafiken und Diagrammen. Werden komplexe Zusammenhänge und Sachverhalte durch geeignete graphische Darstellungsformen zusammengefasst oder Informationen aus einer Darstellungsform in eine andere überführt, kommt der Charakter von Darstellungsaufgaben ebenfalls zum Tragen. Das Verfassen fachlicher Texte erfolgt adressaten- und anlassbezogen.

Bewertungs-/ Beurteilungsaufgaben

Das Fach Physik trägt zur Entwicklung von Wertvorstellungen, Meinungsbildung und Entscheidungsfindung bei. Dabei ist in auftretenden Problemsituationen die Unterscheidung von Werten, Normen und Fakten wichtig. Die Benennung von Handlungsoptionen erfolgt aus der Beachtung verschiedener Perspektiven. Umstrittene Sachverhalte oder Medienbeiträge werden unter fachlichen Gesichtspunkten überprüft.

4 Abiturprüfung

Die allgemeinen Regelungen zur schriftlichen und mündlichen Abiturprüfung sowie zur Präsentationsprüfung und zur Besonderen Lernleistung, mit denen zugleich die Vereinbarungen der Kultusministerkonferenz umgesetzt werden (u. a. Bildungsstandards), basieren auf dem Schulgesetz sowie dem entsprechenden Teil der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe.

Fachlich beziehen sich alle Teile der Abiturprüfung auf die in Kapitel 2 dieses Kernlehrplans für das Ende der Qualifikationsphase ausgewiesenen Lernergebnisse. Bei der Lösung von Abituraufgaben sind generell Kompetenzen und Inhalte nachzuweisen, die im Unterricht der gesamten Qualifikationsphase erworben wurden und deren Erwerb in vielfältigen Zusammenhängen angelegt wurde.

Die jährlichen „Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftlichen Prüfungen im Abitur“ (Abiturvorgaben) sind auf den Seiten des Bildungsportals unter <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/> abrufbar. Die Verpflichtung zur Umsetzung des gesamten Kernlehrplans bleibt unberührt.

Im Hinblick auf die Anforderungen im schriftlichen und mündlichen Teil der Abiturprüfungen sowie in der Präsentationsprüfung und in der Besonderen Lernleistung ist grundsätzlich von einer Strukturierung in drei Anforderungsbereiche auszugehen, die die Transparenz bezüglich des Selbstständigkeitsgrades der erbrachten Prüfungsleistung erhöhen soll.

- Anforderungsbereich I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang, die Verständnissicherung sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.
- Anforderungsbereich II umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.
- Anforderungsbereich III umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Schülerinnen und Schüler selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Für alle Fächer gilt, dass die Aufgabenstellungen in allen Abiturprüfungen alle Anforderungsbereiche berücksichtigen müssen, der Anforderungsbereich II aber den Schwerpunkt bildet.

Fachspezifisch ist die Ausgestaltung der Anforderungsbereiche an den Kompetenzerwartungen und Inhalten der jeweiligen Kursart und des jeweiligen Prüfungsformates zu orientieren. Für die Aufgabenstellungen im ersten bis vierten Prüfungsfach werden die für Abiturprüfungen geltenden Operatoren des Faches, für die Präsentationsprüfung im fünften Prüfungsfach wird die Passepartoutaufgabe gemäß dem zentral vorgegebenen Bewertungsraster für Präsentationsprüfungen verwendet.

Die Bewertung der Prüfungsleistung erfolgt jeweils auf einer zuvor festgelegten Grundlage. Diese besteht im schriftlichen Abitur aus dem zentral vorgegebenen kriteriellen Bewertungsraster für Klausuren, im vierten Prüfungsfach sowie im Kolloquium der Besonderen Lernleistung aus der im Fachprüfungsausschuss abgestimmten schriftlichen Festlegung der erwarteten Schülerleistung und bei einer Präsentationsprüfung im fünften Prüfungsfach aus dem vom Fachprüfungsausschuss für den zweiten Prüfungsteil ergänzten zentral vorgegebenen kriteriellen Bewertungsraster für Präsentationsprüfungen.

Übergreifende Bewertungskriterien für die erbrachten Leistungen sind

- die Komplexität der Gegenstände,
- die sachliche Richtigkeit und die Schlüssigkeit der Aussagen,
- die Vielfalt der Gesichtspunkte und ihre jeweilige Bedeutsamkeit,
- die Differenziertheit des Verstehens und Darstellens,
- das Herstellen geeigneter Zusammenhänge,
- die Eigenständigkeit der Auseinandersetzung mit Sachverhalten und Problemstellungen,
- die argumentative Begründung eigener Urteile, Stellungnahmen und Wertungen,
- die Selbstständigkeit und Klarheit in Aufbau und Sprache,
- die Sicherheit im Umgang mit Fachsprache und -methoden sowie
- die Erfüllung standardsprachlicher Normen.

Hinsichtlich der einzelnen Prüfungsformate im Abitur sind die folgenden Regelungen zu beachten:

Schriftliche Prüfung im Abitur

Die Aufgaben für die schriftliche Prüfung im Abitur werden landesweit zentral gestellt.

Alle Aufgaben entsprechen den öffentlich zugänglichen Konstruktionsvorgaben und nutzen die fachspezifische Operatorenübersicht. Beispiele für Abiturklausuren sind auf den Seiten des Bildungsportals unter <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/> abrufbar.

Für die schriftliche Abiturprüfung enthalten die aufgabenbezogenen Unterlagen für die Lehrkraft jeweils Hinweise zu Aufgabenart und zugelassenen Hilfsmitteln, die Aufgabenstellung, die Materialgrundlage, die Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Abiturvorgaben, die Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen sowie den Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit. Die Anforderungen an die zu erbringenden Klausurleistungen werden durch das zentral vorgegebene kriterielle Bewertungsraster definiert.

Die Bewertung erfolgt über Randkorrekturen sowie das ausgefüllte Bewertungsraster, mit dem die Gesamtleistung dokumentiert wird.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen:

Für die Prüfung im Fach Physik sind analog zu den Bildungsstandards folgende **Aufgabenarten** zulässig:

- **Aufgabenart I:** Materialgebundene Aufgabe (ggf. mit Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments)
- **Aufgabenart II:** Fachpraktische Aufgabe

Mischformen der genannten Aufgabenarten sind möglich. Eine ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgabenstellung, d. h. eine Aufgabe ohne Material- oder Experimentbezug, ist nicht zulässig.

Wenn die Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung fachpraktische Anteile enthalten, kann sich die Arbeitszeit erhöhen. Der zusätzliche Zeitaufwand wird verbindlich in der Aufgabe ausgewiesen.

Weitergehende Regelungen finden sich an entsprechender Stelle in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOST).

Mündliche Prüfung im Abitur

Die Aufgaben für die mündliche Abiturprüfung werden dezentral durch die Fachprüferin bzw. den Fachprüfer – im Einvernehmen mit dem jeweiligen Fachprüfungsausschuss – gestellt. Dabei handelt es sich um jeweils neue, begrenzte Aufgaben, die den Prüflingen einschließlich der ggf. notwendigen Texte (hierzu zählen auch anderweitige Materialien) für den ersten Teil der mündlichen Abiturprüfung schriftlich vorgelegt werden. Die Aufgaben für die mündliche Abiturprüfung insgesamt sind so zu stellen, dass sie hinreichend breit angelegt sind und sich nicht ausschließlich auf den Unterricht eines Kurshalbjahres beschränken.

Die Berücksichtigung aller Anforderungsbereiche soll eine Beurteilung ermöglichen, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Auswahlmöglichkeiten für die Schülerin bzw. den Schüler bestehen nicht. Der Erwartungshorizont ist zuvor mit dem Fachprüfungsausschuss abzustimmen.

Der Prüfling soll in der Prüfung, die mindestens 20, höchstens 30 Minuten dauert, in einem ersten Teil selbstständig die vorbereiteten Ergebnisse zur gestellten Aufgabe in zusammenhängendem Vortrag präsentieren. In einem zweiten Teil sollen vor allem größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge in einem Prüfungsgespräch angesprochen werden. Es ist nicht zulässig, zusammenhanglose Einzelfragen aneinanderzureihen.

Bei Bewertung mündlicher Prüfungen liegen der im Fachprüfungsausschuss abgestimmte Erwartungshorizont sowie die eingangs dargestellten übergreifenden Kriterien zugrunde. Die Fachprüferin oder der Fachprüfer schlägt dem Fachprüfungsausschuss eine Note, ggf. mit Tendenz, vor. Die Mitglieder des Fachprüfungsausschusses stimmen über diesen Vorschlag ab.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen:

Die Aufgabenarten stimmen mit denen der schriftlichen Abiturprüfung überein. Doch ist bei der Aufgabenstellung zu bedenken, dass die Dauer der Vorbereitungszeit in der

mündlichen Prüfung deutlich kürzer als in der schriftlichen Abiturprüfung ist. Die Aufgabe für den ersten Prüfungsteil enthält daher Material von geringerem Umfang und weniger komplexe Aufgabenstellungen als die Aufgabe der schriftlichen Prüfung.

Wenn in den Aufgaben des ersten Prüfungsteils der mündlichen Abiturprüfung im Rahmen einer materialgebundenen Aufgabe ein Demonstrationsexperiment vorgesehen ist, ist dieses vorher aufzubauen und vor Beginn der Vorbereitungszeit in Anwesenheit des Prüflings durchzuführen.

Für den Fall, dass in den Aufgaben der mündlichen Abiturprüfung im ersten Prüfungsteil eine fachpraktische Aufgabe vorgesehen ist, kann die Vorbereitungszeit angemessen verlängert werden.

Weitergehende Regelungen finden sich an entsprechender Stelle in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOST).

Präsentationsprüfung

Die Präsentationsprüfung dient in Ergänzung der Formate der schriftlichen und mündlichen Abiturprüfung dazu, das Spektrum der in den Kernlehrplänen verankerten Kompetenzen insgesamt möglichst umfassend im Rahmen der Abiturprüfung abzubilden. Bei der Präsentationsprüfung als fünfter Prüfungskomponente werden deshalb verstärkt auch längerfristig vorbereitete präsentative und dialogische, ggf. kooperative/kollaborative und hilfsmittel-/werkzeugunterstützte Leistungen in den Blick genommen.

Den Ausgangspunkt für die Präsentationsprüfung bilden in der Qualifikationsphase im Rahmen von Leistungsnachweisen erstellte Schülerprodukte, wobei von einem weit gefassten Produktbegriff auszugehen ist. Bei einer Präsentationsprüfung in Anbindung an den Projektkurs sind dies die beiden Produkte des Projektkurses. Bei einer Präsentationsprüfung in Anbindung an einen Grundkurs können dies gleichwertige komplexe Leistungsnachweise, Klausuren bzw. Leistungsnachweise aus dem Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ sein.

Der Fachprüfungsausschuss nimmt die vorliegenden Schülerprodukte vor der Prüfung zur Kenntnis. Anhand der Festlegungen und Schülerprodukte, die der Prüfling seiner Präsentation zugrunde legt, stimmt der Fachprüfungsausschuss auf Vorschlag der Fachprüferin oder des Fachprüfers mögliche Frageimpulse für den zweiten Prüfungsteil ab und legt entsprechende Erwartungen fest.

Die Präsentationsprüfung dauert mindestens 20, höchstens 30 Minuten. Der Prüfling soll im 10-minütigen ersten Prüfungsteil selbstständig die Aufgabe der Prüfung auf der Grundlage der für die Prüfung festgelegten Schülerprodukte in einem zusammenhängenden Vortrag lösen. Hierbei stehen die präsentativen und reflexiven Leistungen des Prüflings im Fokus. Im mindestens 10- bis maximal 20-minütigen zweiten Prüfungsteil sollen in einem Fachgespräch vor allem den Vortrag fachlich kontextualisierende und vertiefende reflexive Leistungen nachgewiesen werden. Es ist nicht zulässig, zusammenhanglose Einzelfragen aneinanderzureihen. Bei Prüfungen, an denen mehrere Schülerinnen und Schüler beteiligt werden, verlängert sich die Prüfungsdauer je zu-

sätzlichem Prüfling um mindestens 10 Minuten und höchstens 30 Minuten; die individuelle Schülerleistung muss in der Prüfung zum überwiegenden Teil erkennbar sein und bewertet werden.

Die Bewertung der Prüfungsleistung erfolgt anhand des zentral vorgegebenen kriteriellen Bewertungsrasters für Präsentationsprüfungen. Gegenstand der Bewertung sind die im Vortrag (erster Prüfungsteil) sowie im Fachgespräch (zweiter Prüfungsteil) gezeigten Leistungen. Die Fachprüferin oder der Fachprüfer schlägt die Noten für die jeweiligen Prüfungsleistungen gemäß kriteriellem Bewertungsraster vor, aus denen sich die Gesamtnote der Präsentationsprüfung ergibt. Die Mitglieder des Fachprüfungsausschusses stimmen über diesen Vorschlag ab und setzen die Note, ggf. mit Tendenz, fest.

Weitergehende Regelungen finden sich an entsprechender Stelle in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOST).

Besondere Lernleistung

Eine weitere Möglichkeit, Prüfungsleistungen im Rahmen der verpflichtenden fünften Prüfungskomponente nachzuweisen, stellt die Besondere Lernleistung dar. Ziel des Prüfungsformats der Besonderen Lernleistung ist es, Schülerinnen und Schülern über einen längerfristigen Zeitraum Gelegenheit zu vertiefter individueller, ggf. kooperativer/kollaborativer und hilfsmittel-/werkzeugunterstützter, weitgehend selbstgesteuerter Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten zu geben.

Vor diesem Hintergrund ist eine Besondere Lernleistung eine Arbeit, die aus dem Ergebnis eines umfassenden fachlichen oder fachübergreifenden Arbeitsvorhabens oder aus einem umfassenden Beitrag aus einem von den Ländern geförderten Wettbewerb hervorgeht. Sie wird im Umfang von zwei Schulhalbjahren erbracht.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen:

Grundlage einer besonderen Lernleistung in Physik kann zum Beispiel die experimentelle Bearbeitung und Umsetzung einer Fragestellung mit Auswertung und Interpretation sein ebenso wie eine theoretisch-analytische Arbeit, bei der eine wissenschaftliche Theorie – auch historisch – bearbeitet wird.

Weitergehende Regelungen finden sich an entsprechender Stelle in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOST).