

Kernlehrplan für das Abendgymnasium und Kolleg in Nordrhein-Westfalen

Physik

Die Online-Fassung des Kernlehrplans, ein Umsetzungsbeispiel für einen schulinternen Lehrplan sowie weitere Unterstützungsmaterialien können unter www.lehrplannavigator.nrw.de abgerufen werden.

Herausgegeben vom
Ministerium für Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Völklinger Straße 49, 40221 Düsseldorf
Telefon 0211-5867-40
Telefax 0211-5867-3220
poststelle@schulministerium.nrw.de

www.schulministerium.nrw.de
Heftnummer 8204

1. Auflage 2015

Vorwort

Klare Ergebnisorientierung in Verbindung mit erweiterter Schulautonomie und konsequenter Rechenschaftslegung begünstigt gute Leistungen.
(OECD, 2002)

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse internationaler und nationaler Schulleistungsstudien sowie der mittlerweile durch umfassende Bildungsforschung gestützten Qualitätsdiskussion wurde in Nordrhein-Westfalen wie in allen Bundesländern sukzessive ein umfassendes System der Standardsetzung und Standardüberprüfung aufgebaut.

Neben den Instrumenten der Standardüberprüfung wie Vergleichsarbeiten, Zentrale Prüfungen am Ende der Klasse 10, Zentralabitur und Qualitätsanalyse beinhaltet dieses System als zentrale Steuerungselemente auf der Standardsetzungsseite das Qualitätstableau sowie kompetenzorientierte Kernlehrpläne, die in Nordrhein-Westfalen die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz aufgreifen und konkretisieren.

Der Grundgedanke dieser Standardsetzung ist es, in kompetenzorientierten Kernlehrplänen die fachlichen Anforderungen als Ergebnisse der schulischen Arbeit klar zu definieren. Die curricularen Vorgaben konzentrieren sich dabei auf die fachlichen „Kerne“, ohne die didaktisch-methodische Gestaltung der Lernprozesse regeln zu wollen. Die Umsetzung des Kernlehrplans liegt somit in der Gestaltungsfreiheit – und der Gestaltungspflicht – der Fachkonferenzen sowie der pädagogischen Verantwortung der Lehrerinnen und Lehrer.

Schulinterne Lehrpläne konkretisieren die Kernlehrplanvorgaben und berücksichtigen dabei die konkreten Lernbedingungen in der jeweiligen Schule. Sie sind eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Studierenden die angestrebten Kompetenzen erreichen und sich ihnen verbesserte Lebenschancen eröffnen.

Ich bin mir sicher, dass mit den nun vorliegenden Kernlehrplänen für das Abendgymnasium und Kolleg die konkreten staatlichen Ergebnisvorgaben erreicht und dabei die in der Schule nutzbaren Freiräume wahrgenommen werden können. Im Zusammenwirken aller Beteiligten sind Erfolge bei der Unterrichts- und Kompetenzentwicklung keine Zufallsprodukte, sondern geplantes Ergebnis gemeinsamer Bemühungen.

Bei dieser anspruchsvollen Umsetzung der curricularen Vorgaben und der Verankerung der Kompetenzorientierung im Unterricht benötigen Schulen und Lehrkräfte Unterstützung. Hierfür werden Begleitmaterialien – z. B. über den „Lehrplannavigator“,

das Lehrplaninformationssystem des Ministeriums für Schule und Weiterbildung – sowie Implementations- und Fortbildungsangebote bereitgestellt.

Ich bin zuversichtlich, dass wir mit dem vorliegenden Kernlehrplan und den genannten Unterstützungsmaßnahmen die kompetenzorientierte Standardsetzung in Nordrhein-Westfalen stärken und sichern werden. Ich bedanke mich bei allen, die an der Entwicklung des Kernlehrplans mitgearbeitet haben und an seiner Umsetzung in den Schulen des Landes mitwirken.

A handwritten signature in black ink, reading 'Sylvia Löhrmann'. The signature is written in a cursive, flowing style.

Sylvia Löhrmann

Ministerin für Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen

**Auszug aus dem Amtsblatt des
Ministeriums für Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Nr. 09/14**

**Zweiter Bildungsweg –
Weiterbildungskolleg (Abendgymnasium und Kolleg);
Richtlinien und Lehrpläne
Kernlehrpläne Biologie, Chemie, Physik, Mathematik und Informatik**

RdErl. d. Ministeriums
für Schule und Weiterbildung
v. 23. 7. 2014 – 53-6.08.01.13-119212

Für das Weiterbildungskolleg (Abendgymnasium und Kolleg) werden hiermit Kernlehrpläne gemäß § 29 SchulG (BASS 1-1) festgesetzt.

Sie treten zum 19. 8. 2014, beginnend mit der Einführungsphase, aufsteigend in Kraft.

Die Veröffentlichung der Kernlehrpläne erfolgt in der Schriftenreihe „Schule in NRW“:

Heft 8201 Kernlehrplan Biologie

Heft 8222 Kernlehrplan Chemie

Heft 8208 Kernlehrplan Physik

Heft 8207 Kernlehrplan Mathematik

Heft 8223 Kernlehrplan Informatik

Die übersandten Hefte sind in die Schulbibliothek einzustellen und dort auch für die Mitwirkungsberechtigten zur Einsichtnahme bzw. zur Ausleihe verfügbar zu halten.

Zum 18. 8. 2014 treten die bisherigen Unterrichtsvorgaben zu den o. g. Fächern, beginnend mit der Einführungsphase, auslaufend außer Kraft.

Inhalt

Vorbemerkungen: Kernlehrpläne als kompetenzorientierte Unterrichtsvorgaben	9
1 Aufgaben und Ziele des Faches	11
2 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen	16
2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches	17
2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase	21
2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase	25
2.3.1 Grundkurs	28
2.3.2 Leistungskurs	36
3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung	49
4 Abiturprüfung	54
5 Anhang – Progressionstabelle zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen	59

Vorbemerkungen: Kernlehrpläne als kompetenzorientierte Unterrichtsvorgaben

Kompetenzorientierte Kernlehrpläne sind ein zentrales Element in einem umfassenden Gesamtkonzept für die Entwicklung und Sicherung der Qualität schulischer Arbeit. Sie bieten allen an Schule Beteiligten Orientierungen darüber, welche Kompetenzen zu bestimmten Zeitpunkten im Bildungsgang verbindlich erreicht werden sollen, und bilden darüber hinaus einen Rahmen für die Reflexion und Beurteilung der erreichten Ergebnisse. Kompetenzorientierte Kernlehrpläne

- sind curriculare Vorgaben, bei denen die erwarteten Lernergebnisse im Mittelpunkt stehen,
- beschreiben die erwarteten Lernergebnisse in Form von fachbezogenen Kompetenzen, die fachdidaktisch begründeten Kompetenzbereichen sowie Inhaltsfeldern zugeordnet sind,
- zeigen, in welchen Stufen diese Kompetenzen in den Bildungsgängen Abendgymnasium und Kolleg erreicht werden können, indem sie die erwarteten Kompetenzen jeweils bis zum Ende der Einführungs- und Qualifikationsphase näher beschreiben,
- beschränken sich dabei auf zentrale kognitive Prozesse sowie die mit ihnen verbundenen Gegenstände, die für den weiteren Bildungsweg unverzichtbar sind,
- bestimmen durch die Ausweisung von verbindlichen Erwartungen die Bezugspunkte für die Überprüfung der Lernergebnisse und Leistungsstände in der schulischen Leistungsbewertung und
- schaffen so die Voraussetzungen, um definierte Anspruchsniveaus an der Einzelschule sowie im Land zu sichern.

Indem sich Kernlehrpläne dieser Generation auf die zentralen fachlichen Kompetenzen beschränken, geben sie den Schulen die Möglichkeit, sich auf diese zu konzentrieren und ihre Beherrschung zu sichern. Die Schulen können dabei entstehende Freiräume zur Vertiefung und Erweiterung der aufgeführten Kompetenzen und damit zu einer schulbezogenen Schwerpunktsetzung nutzen. Die im Kernlehrplan vorgenommene

Fokussierung auf rein fachliche und überprüfbare Kompetenzen bedeutet in diesem Zusammenhang ausdrücklich nicht, dass fachübergreifende und ggf. weniger gut zu beobachtende Kompetenzen – insbesondere im Bereich der Personal- und Sozialkompetenzen – an Bedeutung verlieren bzw. deren Entwicklung nicht mehr zum Bildungsauftrag der Schule gehört. Aussagen hierzu sind jedoch aufgrund ihrer überfachlichen Bedeutung außerhalb fachbezogener Kernlehrpläne zu treffen.

Die nun vorgelegten Kernlehrpläne für die Bildungsgänge Abendgymnasium und Kolleg vollziehen somit auch für das Weiterbildungskolleg den Paradigmenwechsel von der Input- zur Output-Orientierung.

Darüber hinaus setzen die neuen Kernlehrpläne die inzwischen auf KMK-Ebene vorgenommenen Standardsetzungsprozesse (Bildungsstandards, Einheitliche Prüfungsanforderungen für das Abitur) für das Land Nordrhein-Westfalen um.

Abschließend liefern die neuen Kernlehrpläne eine landesweit einheitliche Obligatorik, die die curriculare Grundlage für die Entwicklung schulinterner Lehrpläne und damit für die unterrichtliche Arbeit in Schulen bildet. Mit diesen landesweit einheitlichen Standards ist eine wichtige Voraussetzung dafür geschaffen, dass Studierende unter vergleichbaren Voraussetzungen die zentralen Prüfungen des Abiturs ablegen können.

1 Aufgaben und Ziele des Faches

Gegenstand der Fächer im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld (III) 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.

Innerhalb der von allen Fächern zu erfüllenden Querschnittsaufgaben tragen insbesondere auch die Fächer des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfelds im Rahmen der Entwicklung von Gestaltungskompetenz zur kritischen Reflexion geschlechter- und kulturstereotyper Zuordnungen, zur Werteerziehung, zur Empathie und Solidarität, zum Aufbau sozialer Verantwortung, zur Gestaltung einer demokratischen Gesellschaft, zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen, auch für kommende Generationen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, und zur kulturellen Mitgestaltung bei. Darüber hinaus leisten sie einen Beitrag zur interkulturellen Verständigung, zur interdisziplinären Verknüpfung von Kompetenzen, auch mit gesellschaftswissenschaftlichen und sprachlich-literarisch-künstlerischen Feldern, sowie zur Vorbereitung auf berufliche Entwicklung und Studium.

Besondere Ziele der Physik

Die Physik als theoriegeleitete experimentell orientierte Erfahrungswissenschaft stellt wesentliche Grundlagen für das Verstehen natürlicher Phänomene und Prozesse zur

Verfügung. Sie macht Vorgänge über die menschliche Wahrnehmung hinaus quantifizierbar und messbar und stellt gefundene Zusammenhänge als Gesetzmäßigkeiten dar. Sie liefert übergreifende Theorien sowie Modelle zur Vorhersage der Ergebnisse von Wirkungszusammenhängen, zur Erklärung und Beschreibung natürlicher und technischer Abläufe und darüber hinaus Kriterien für die Beurteilung technischer Systeme und Entwicklungen. Dabei spielen sowohl die Beschreibung von Phänomenen in einer exakten Fachsprache, das zielgerichtete, ergebnisorientierte Testen von Hypothesen durch Experimente als auch das logische Schließen und Argumentieren eine besondere Rolle. Kennzeichnend sind dabei das Formalisieren und Mathematisieren physikalischer Sachverhalte als auch das ordnende Strukturieren fachwissenschaftlicher Erkenntnisse.

Ziele einer vertieften physikalisch-naturwissenschaftlichen Bildung

Physikalisches Wissen ermöglicht dem Individuum ein Verständnis der materiellen Welt sowie eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation, Meinungsbildung und Entscheidungsfindung zu naturwissenschaftlichen Problemlösungen und technischen Entwicklungen. Es trägt deshalb zu einer vertieften Allgemeinbildung bei.

Das übergreifende Ziel des Kompetenzerwerbs besteht in einer **vertieften physikalisch-naturwissenschaftlichen Bildung**, insbesondere darin, die besonderen Denk- und Arbeitsweisen der Physik als Naturwissenschaft und deren Entstehung zu verstehen und diese für Problemlösungen und die Erweiterung des eigenen Wissens zu nutzen. Sie umfasst Fähigkeiten, konzeptionelles Wissen und methodische Fertigkeiten anzuwenden, um spezifische Fragestellungen, Probleme und Problemlösungen zu erkennen, Phänomene mit theoretischen und experimentellen Methoden systematisch zu untersuchen sowie gestützt durch Daten oder andere Belege Schlussfolgerungen zu ziehen und, darauf basierend, überzeugend zu argumentieren und rationale Entscheidungen zu treffen. Sie findet außerdem ihren Ausdruck in der Bereitschaft, sich reflektierend und gestaltend mit naturwissenschaftlichen Ideen und Problemen auseinanderzusetzen.

Der vorliegende Kernlehrplan konkretisiert die Kompetenzen, die als Ergebnis des Unterrichts im Bildungsgang des Weiterbildungskollegs für eine vertiefte naturwissenschaftliche Bildung im Fach Physik als unerlässlich angesehen werden.

Vernetzung physikalischen Wissens über Basiskonzepte

In Anlehnung an die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss und in deren Fortführung werden im Fach Physik Inhalte durch die Basiskonzepte *Wechselwirkung*,

Energie und *Struktur der Materie* strukturiert und weiter ausdifferenziert. Basiskonzepte haben wichtige strukturierende und orientierende Funktionen: Sie beinhalten zentrale, aufeinander bezogene Begriffe, Modellvorstellungen und Prozesse sowie damit verknüpfte Handlungsmöglichkeiten. Als Konzepte mit besonderer Bedeutung und Reichweite eignen sie sich besonders gut zur Vernetzung des Wissens in unterschiedlichen Inhaltsfeldern der Physik. Sie ermöglichen außerdem, Sachverhalte situationsübergreifend aus bestimmten Perspektiven anzugehen. Somit bilden sie übergeordnete Strukturen im Entstehungsprozess eines vielseitig verknüpften Wissensnetzes. Obwohl sich der Systemgedanke durch alle Inhaltsfelder zieht, wird das Basiskonzept *System* aus dem Kernlehrplan der Sekundarstufe I in diesem Kernlehrplan nicht weiter explizit verfolgt, weil eine vertiefte wissenschaftsorientierte systemische Sicht sowohl fachinhaltlich als auch im Hinblick auf das Ziel der Vernetzung des Wissens in den unterschiedlichen Inhaltsfeldern den Zeitrahmen für den Unterricht sprengen würde.

Physikunterricht an Abendgymnasien und Kollegs

Der Unterricht im Abendgymnasium und im Kolleg berücksichtigt die spezifischen Rahmenbedingungen des Lernens in dieser Schulform. Die Eingangsvoraussetzungen der Studierenden werden durch ihre heterogenen und teilweise diskontinuierlichen Berufs- und Lernbiografien geprägt. Der Unterricht ist somit in besonderer Weise der individuellen Förderung verpflichtet. Dabei geht es darum, die Potenziale jedes Einzelnen zu erkennen, zu entwickeln, zu fördern, auf die unterschiedlichen Lernerfahrungen der Studierenden einzugehen und den Bildungsverlauf durch systematische individuelle Beratung und Unterstützung zu begleiten. Dies korrespondiert mit dem Leitbild des aktiven, kooperativen und selbstständigen Lernens. In diesem Sinne bietet der Unterricht vielfältige und anregungsreiche Lerngelegenheiten, in denen die Studierenden ihr Können und Wissen in gut organisierter und vernetzter Weise erwerben, vertiefen und reflektieren sowie zunehmend mehr eigene Verantwortung für den Erwerb von Kompetenzen übernehmen. Studierende können dabei ihre unterschiedlichen Lebens- und Berufserfahrungen einbringen und sich gegenseitig Anregungen geben.

Der Physikunterricht in Abendgymnasium und Kolleg kann aufgrund der Heterogenität der Eingangsvoraussetzungen der Studierenden und des zeitlichen Abstandes nur in sehr beschränktem Umfang direkt an den Unterricht der Sekundarstufe I anknüpfen. Der Einführungsphase im Weiterbildungskolleg kommt daher die Funktion zu, die grundlegenden Kompetenzen sowie Einsichten auch in komplexere Naturvorgänge und fachtypische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme zu erwerben. Im weiteren Verlauf des Bildungsganges lernen die Studierenden in der Qualifikationsphase

zunehmend selbstständig physikalische Sichtweisen kennen und erfahren Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens. Sie intensivieren die 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 ihnen in hohem Maße Kommunikations- und Handlungsfähigkeit. Zur Erfüllung dieser Aufgaben und zum Erreichen der Ziele vermittelt der Physikunterricht im Weiterbildungskolleg fachliche und fachmethodische Inhalte unter Berücksichtigung von Methoden und Formen selbstständigen und kooperativen Arbeitens. Herangehensweisen, die unterschiedliche Vorerfahrungen, fachspezifische Kenntnisse und Interessen, auch geschlechtsspezifische, in den Blick nehmen, sind 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 Studierenden den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Hierbei kann auch eine Anbindung an eine vorhandene berufliche Vorbildung der Studierenden erfolgen. Geeignete Kontexte beschreiben reale Situationen mit authentischen Problemen, deren Relevanz auch für Studierende erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

Aufgabe der **Einführungsphase** ist es, Studierende auf einen erfolgreichen Lernprozess in der Qualifikationsphase vorzubereiten. Wesentliche Ziele bestehen darin, neue fachliche Anforderungen im Bildungsgang des Weiterbildungskollegs, u. a. bezüglich einer verstärkten Formalisierung, Systematisierung und reflexiven Durchdringung sowie einer größeren Selbstständigkeit beim Erarbeiten und Bearbeiten fachlicher Fragestellungen und Probleme zu verdeutlichen und einzuüben. Dabei ist es notwendig, Grundkenntnisse bereitzustellen, zu konsolidieren und zu vertiefen, um eine gemeinsame Ausgangsbasis für weitere Lernprozesse zu schaffen. Insbesondere in dieser Phase ist eine individuelle Förderung von Studierenden mit heterogenen Bildungsbiografien von besonderer Bedeutung.

In der **Qualifikationsphase** findet der Unterricht im Fach Physik in einem Kurs auf grundlegendem Anforderungsniveau (Grundkurs) oder in 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 empirische Wissenschaft ver-

deutlicht. Die Betonung liegt dabei auf spezifischen Funktionen von exemplarischen Experimenten im physikalischen Erkenntnisprozess wie auch auf ihrer Bedeutung für technische Anwendungen. Es wird erwartet, dass eine experimentell ausgerichtete Arbeitsweise im Unterricht darüber hinaus, wie auch im Leistungskurs, zur Entwicklung von Schlüsselqualifikationen (Entscheidungsfähigkeit, Ausdauer, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit) hinsichtlich vertiefter Allgemeinbildung und Studierfähigkeit beiträgt.

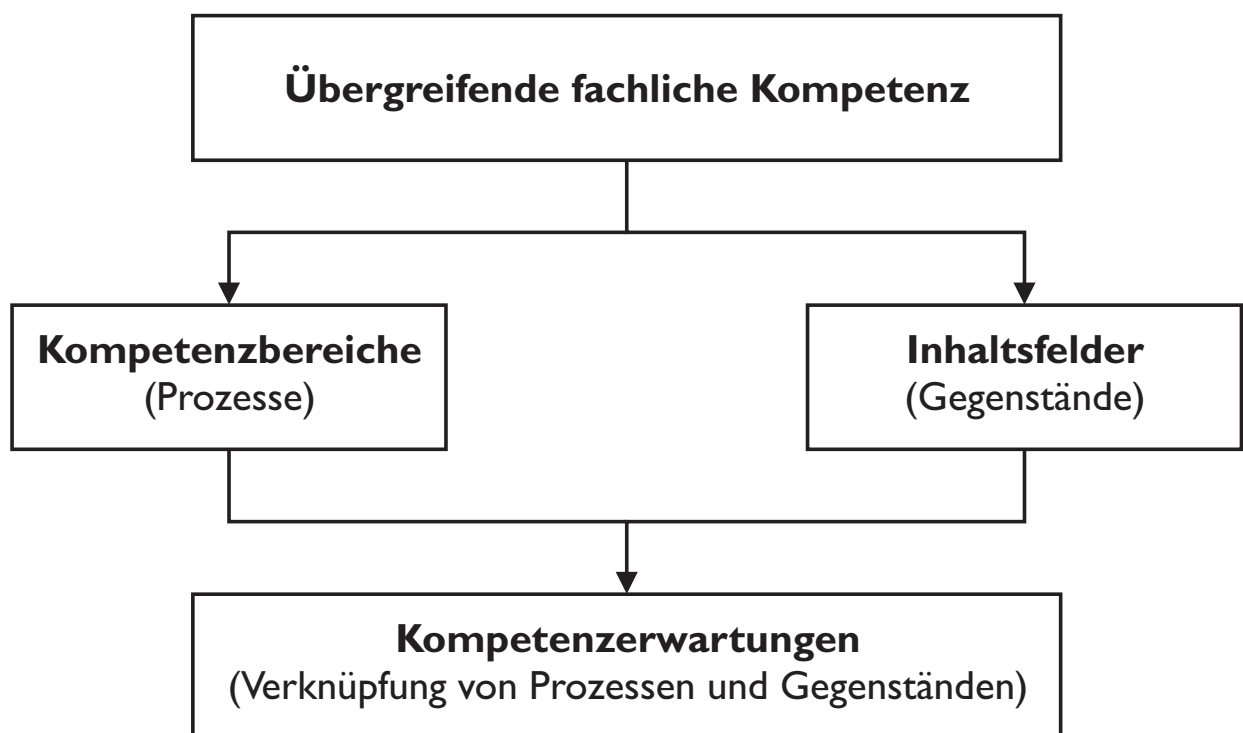
Während die Inhalte und Methoden im Grundkurs mit einem klaren Fokus auf ausgewählte Fragestellungen und damit eng verbundene Schlüsselexperimente stark exemplarisch erarbeitet werden, werden die Inhalte und Methoden im **Leistungskurs** aus verschiedenen Perspektiven in den Blick genommen, im Rahmen vielfältiger Kontexte vermittelt und im Verlaufe des Unterrichts stärker vernetzt, als dies im Grundkurs möglich ist. Die Studierenden erwerben dadurch zunehmend Fähigkeiten zum selbstständigen Arbeiten an physikalischen Problemstellungen und Erkenntnisprozessen.

Für Einführungs- und Qualifikationsphase ist festzustellen, dass die Durchführung von Realexperimenten für den Lernprozess wünschenswert ist.¹ In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen können einzelne Experimente ggf. auch durch Online-Experimente, interaktive Bildschirmexperimente, Simulationen oder geeignete Darstellungen ersetzt werden.

¹Die Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen (RISU-NRW) sind zu beachten.

2 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen

Die in den allgemeinen Aufgaben und Zielen des Faches beschriebene übergreifende fachliche Kompetenz wird 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 den Kompetenzerwartungen werden Prozesse und Gegenstände 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-Lern-Prozess Beteiligten zu verdeutlichen.

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

Kompetenzerwartungen führen Prozesse und Gegenstände zusammen und beschreiben die fachlichen Anforderungen und intendierten Lernergebnisse, die kontinuierlich bis zum Ende des Bildungsgangs 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,
- ermöglichen die Darstellung einer Progression vom Anfang bis zum Ende des Bildungsgangs und zielen auf kumulatives, systematisch vernetztes Lernen,
- können in Aufgabenstellungen umgesetzt und überprüft werden.

Insgesamt ist der Unterricht im Bildungsgang des Weiterbildungskollegs nicht allein auf das Erreichen der aufgeführten Kompetenzerwartungen beschränkt, sondern soll es Studierenden ermöglichen, diese weiter auszubauen und darüber hinausgehende Kompetenzen zu erwerben.

2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches

Der Physikunterricht im Bildungsgang des Weiterbildungskollegs ermöglicht den Erwerb von Kompetenzen, die für eine vertiefte physikalisch-naturwissenschaftliche Bildung erforderlich sind.

Kompetenzbereiche

Dieser Kernlehrplan unterscheidet die vier Kompetenzbereiche *Umgang mit Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* sowie *Bewertung*.

Kompetenzen in diesen Bereichen treten oft gemeinsam auf, überschneiden sich teilweise und sind auch nicht immer scharf voneinander abzugrenzen.

Umgang mit Fachwissen Der Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen* bezieht sich auf die Fähigkeit, physikalische Konzepte zur Lösung von Aufgaben und Problemen aus fachbezogenen Anwendungsbereichen auszuwählen und zu nutzen. Dazu ist ein tiefes Verständnis ihrer Bedeutung notwendig, was u. a. die Kenntnis von Eigenschaften,

theoretischen Einbettungen oder funktionalen Zusammenhängen, Gültigkeitsbereichen, Beispielen für die Angemessenheit bestimmter Konzepte sowie von verknüpften Handlungsmöglichkeiten beinhaltet. Für einen sicheren Zugriff auf vorhandenes und für die Erschließung und Integration von neuem Fachwissen ist es außerdem erforderlich, das Wissen angemessen zu organisieren und zu strukturieren.

Erkenntnisgewinnung Der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* beinhaltet die Fähigkeiten und methodischen Fertigkeiten von Studierenden, naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen, diese mit Experimenten und anderen Methoden hypothesengeleitet zu untersuchen und Ergebnisse zu gewinnen und zu verallgemeinern. Naturwissenschaftliche Erkenntnis basiert im Wesentlichen auf einer Modellierung der Wirklichkeit. Modelle, von einfachen Analogien bis hin zu mathematisch-formalen Modellen und Theorien, dienen dabei zur Veranschaulichung, Erklärung und Vorhersage. Eine Reflexion der Erkenntnismethoden verdeutlicht den besonderen Charakter der Naturwissenschaften mit ihren spezifischen Denk- und Arbeitsweisen und grenzt sie von anderen Möglichkeiten der Weltbegegnung ab.

Kommunikation Der Kompetenzbereich *Kommunikation* beschreibt erforderliche Fähigkeiten für einen produktiven fachlichen Austausch. Kennzeichnend dafür ist, mit Daten und Informationsquellen sachgerecht und kritisch umzugehen sowie fachliche Ausführungen in schriftlicher und mündlicher Form verstehen und selbst präsentieren zu können. Dazu gehört auch, gebräuchliche Darstellungsformen wie Tabellen, Graphiken und Diagramme zu beherrschen sowie bewährte Regeln der fachlichen Argumentation einzuhalten. Charakteristisch für die Naturwissenschaften ist es außerdem, eigene Überlegungen offenzulegen, eigene Gedanken und Untersuchungsergebnisse einer fachlichen Kritik durch andere auszusetzen sowie die kritische Auseinandersetzung mit fremden Ideen.

Bewertung Der Kompetenzbereich *Bewertung* bezieht sich auf die Fähigkeit, überlegt zu urteilen. Dazu gehört, Kriterien und Handlungsmöglichkeiten sorgfältig zusammenzutragen und gegeneinander abzuwägen. Auf dieser Grundlage ist es möglich, rationale und begründete Entscheidungen zu treffen und dafür zielführend Position zu beziehen. Für gesellschaftliche und persönliche Entscheidungen sind diesbezüglich die Kenntnis und Berücksichtigung von normativen und ethischen Maßstäben bedeutsam, nach denen Interessen und Folgen naturwissenschaftlicher Forschung beurteilt werden können. Es ist jedoch auch notwendig, die Chancen für naturwissenschaftliche Problemlösungen einschätzen zu können und zu erkennen, wo naturwissenschaftliche Erkenntnis an ihre Grenzen stößt.

Inhaltsfelder

Kompetenzen sind nicht nur an bestimmte Arbeitsprozesse, sondern immer auch an fachliche Inhalte gebunden. Eine vertiefte physikalisch-naturwissenschaftliche Bildung soll deshalb mit Blick auf die nachfolgenden Inhaltsfelder entwickelt werden.

Einführungsphase

Inhaltsfeld ① Mechanik Wesentliche Aspekte des Inhaltsfelds *Mechanik* markieren den Beginn und die Grundlagen der Physik nach heutigem Verständnis. Der Bereich Mechanik beinhaltet die Analyse und Beschreibung von Bewegungen, Kräften und Energieumformungen sowie deren Einfluss auf Bewegungszustände. Bedeutsam sind hier auch grundlegende Wirkungen der Gravitation. Im Bereich Mechanik entwickeln sich zentrale Konzepte und Sichtweisen, die für das Verstehen der Physik in allen Bereichen einen fundamentalen Rahmen bilden.

Qualifikationsphase – Grundkurs

Inhaltsfeld ② Quantenobjekte Im Inhaltsfeld *Quantenobjekte* dienen das Photon und das Elektron als zwei beispielhafte Quantenobjekte, die beide in unterschiedlichen Experimenten sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter zeigen. In der Quantenmechanik gelingt die Aufhebung dieses Welle-Teilchen-Dualismus. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekt mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die Quantenphysik führt die Studierenden in Aspekte der Physik des 20. Jahrhunderts ein und ermöglicht den Ausblick auf aktuelle Entwicklungen.

Inhaltsfeld ③ Elektrodynamik Im Inhaltsfeld *Elektrodynamik* stehen physikalische Grundlagen der Versorgung mit elektrischer Energie im Vordergrund. Die elektromagnetische Induktion spielt hier eine wesentliche Rolle sowohl bei der Erzeugung elektrischer Spannung als auch bei der Verteilung der elektrischen Energie. Elektrodynamische Vorgänge haben in weiten Bereichen unseres Alltags vielfältige und umfangreiche Anwendung gefunden und beeinflussen unser tägliches Leben in erheblichem Umfang.

Inhaltsfeld ④ Strahlung und Materie Das Inhaltsfeld *Strahlung und Materie* beinhaltet den Aufbau des Atoms aus Elementarteilchen, die Entstehung des Lichts in der Hülle der Atome, die Emission und Ausbreitung ionisierender Strahlung aus den radioaktiven Isotopen der Materie sowie deren Einfluss auf den Menschen und auf

Materie. Diese Kenntnisse bieten Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit ionisierender Strahlung. Einblicke in die aktuelle physikalische Forschung ermöglichen ein grundlegendes Verständnis neuerer Modelle zum Aufbau der Materie.

Inhaltsfeld 5 Relativität von Raum und Zeit Das Inhaltsfeld *Relativität von Raum und Zeit* liefert einen Einblick in die spezielle Relativitätstheorie. Aus der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit lassen sich Phänomene wie die Zeitdilatation auch quantitativ begründen. Die Ergebnisse der (speziellen) Relativitätstheorie scheinen unserer täglichen Erfahrung zu widersprechen, da Zeit und Raum „relativ“ sind. Der für diese Veränderungen von Raum und Zeit entscheidende Term ist der sog. relativistische Faktor. Weitere Resultate der speziellen Relativitätstheorie, sind Vorhersagen zur der Veränderlichkeit der Masse und der Energie-Masse-Äquivalenz.

Qualifikationsphase – Leistungskurs

Inhaltsfeld 2 Relativitätstheorie Das Inhaltsfeld *Relativitätstheorie* umfasst inhaltliche Aspekte der speziellen Relativitätstheorie wie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, die relativistische Massenzunahme und die Äquivalenz von Masse und Energie. Die Relativitätstheorie beschreibt Naturzusammenhänge, die sich der unmittelbaren Erfahrung und der anschaulichen Vorstellung zu entziehen scheinen, die sich aber mathematisch exakt beschreiben lassen und inzwischen auch experimentell vielfältig bestätigt sind. Die Relativitätstheorie hat das Verständnis von Raum und Zeit zu Beginn des 20. Jahrhunderts und damit wesentliche Grundanschauungen der Physik revolutioniert.

Inhaltsfeld 3 Elektrik Im Inhaltsfeld *Elektrik* werden Eigenschaften elektrischer Ladungsträger und ihr Verhalten in elektrischen und magnetischen Feldern untersucht. Weitere Schwerpunkte liegen auf den Beziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen, insbesondere auf der Beschreibung von elektromagnetischer Induktion und von elektromagnetischen Schwingungen und Wellen. Die Elektrik liefert neben der Mechanik einen weiteren Teil der klassisch-physikalischen Beschreibung der Natur. Sie beinhaltet fundamentale Aussagen über elektrische und magnetische Sachverhalte, die in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige Anwendung gefunden haben und unser tägliches Leben in deutlichem Maße beeinflussen.

Inhaltsfeld 4 Quantenphysik Im Inhaltsfeld *Quantenphysik* geht es um Eigenschaften von Photonen und Elektronen als Quantenobjekte, um den Welle-Teilchen-Dualismus

und seine Aufhebung durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation, um Abgrenzungen und Unterschiede zwischen Ideen der klassischen Physik und der Quantenphysik und um Ansätze quantenphysikalischer Atommodelle. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekt der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Sie stellt neben der Relativitätstheorie eine der Säulen der modernen Physik dar.

Inhaltsfeld 5 Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik Das Inhaltsfeld *Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik* beinhaltet den Aufbau des Atoms, seiner Hülle und seines Kerns sowie den Aufbau der Materie im Kleinsten nach dem sogenannten Standardmodell. Inhalte sind außerdem ionisierende Strahlung und radioaktiver Zerfall von Atomkernen sowie Kernumwandlungen durch Kernspaltung und Kernfusion. Die Behandlung von Atom- und Kernphysik bietet einerseits einen Einblick in den Aufbau der Materie und liefert andererseits Entscheidungsgrundlagen für die Einschätzung des Für und Wider im Umgang mit ionisierender Strahlung und der Nutzung von Kernenergie.

2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase

Der Unterricht soll es den Studierenden ermöglichen, dass sie am Ende der Einführungsphase über die im Folgenden genannten Kompetenzen verfügen. Die Einführungsphase am Weiterbildungskolleg dient aufgrund des durch diskontinuierliche Lernbiografien bedingten heterogenen Leistungsstands insbesondere auch der Vertiefung grundlegender Fähigkeiten und Fertigkeiten. Im Unterschied zu den verbindlich zu erreichenden Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase haben daher die Kompetenzerwartungen am Ende der Einführungsphase orientierungsstiftenden Charakter.

Es werden zunächst **übergeordnete Kompetenzerwartungen** zu allen Kompetenzbereichen aufgeführt und im Anschluss zusätzlich inhaltsfeldbezogen konkretisiert. Die an die einzelnen Kompetenzbeschreibungen angefügten Kürzel stellen Beziehungen zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen in den beiden Progressionsstufen her (vgl. auch Anhang).

In den Kompetenzbereichen *Umgang mit Fachwissen* und *Erkenntnisgewinnung* sind die Formulierungen der übergeordneten Kompetenzen der Einführungsphase gleichlautend mit denen der Qualifikationsphase. Selbstverständlich findet auch hier eine Kompetenzprogression statt. Sie zeigt sich jedoch in der Bewältigung einer kontinuierlich zunehmenden Komplexität fachlicher Zusammenhänge.

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität

- **UF1**
Wiedergabe physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- **UF2**
Auswahl zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- **UF3**
Systematisierung physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,
- **UF4**
Vernetzung Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität

- **E1**
Probleme und Fragestellungen in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,
- **E2**
Wahrnehmung und Messung kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- **E3**
Hypothesen mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,
- **E4**
Untersuchungen und Experimente Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,
- **E5**
Auswertung Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- **E6**
Modelle Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierung

- gen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- **E7**
Arbeits- und Denkweisen naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- **K1**
Dokumentation Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge,
- **K2**
Recherche in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalisch-technische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen, auch einfachen historischen Texten, bearbeiten,
- **K3**
Präsentation physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen,
- **K4**
Argumentation physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- **B1**
Kriterien bei Bewertungen in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben,
- **B2**
Entscheidungen für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen,
- **B3**
Werte und Normen in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen.

Die Kompetenzen der Studierenden sollen im Rahmen der Behandlung des im Folgenden beschriebenen, für die Einführungsphase **obligatorischen Inhaltsfelds** entwickelt werden.

① Mechanik

Bezieht man die übergeordneten Kompetenzerwartungen sowie die unten aufgeführten inhaltlichen **Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden konkretisierten Kompetenzerwartungen.

Inhaltsfeld ① Mechanik

Inhaltliche Schwerpunkte		Mögliche Kontexte	
Kräfte und Bewegungen		Straßenverkehr	
Energie und Impuls		Physik und Sport	
Gravitation			
Basiskonzept Wechselwirkung	Lineare Bewegungen Newton'sche Gesetze Gravitation		
Basiskonzept Energie	Lageenergie, Bewegungsenergie, Arbeit, Energiebilanzen		
Basiskonzept Struktur der Materie	Masse		

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie und ihre Beziehungen zueinander erläutern (UF2, UF4),
- gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen unterscheiden und zugrunde liegende Ursachen erklären (UF2),
- Gravitation als Wechselwirkung zwischen Massen beschreiben (UF2, E6).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ analysieren, auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),
- Bewegungsabläufe und Kraftwirkungen durch graphische Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition gemäß dem Superpositionsprinzip vereinfachen (E1),

- mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen von Kräften auf Bewegungszustände berechnen (E6),
- eigenständig Experimente zur Analyse von Bewegungen auswerten und Ergebnisse und Arbeitsprozesse bewerten (E2, E5, B1),
- Energiebilanzen verwenden, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),
- begründet entscheiden, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),
- mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen (linear und quadratisch) zwischen mechanischen Größen erschließen und überprüfen (E5),
- mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge bestimmen (E6).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- Arbeitsvorgänge bei der Untersuchung von Bewegungen in Form von Protokollen so beschreiben und dokumentieren, dass sie später auch von anderen Personen nachvollzogen werden können (K1),
- Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) angemessen präzise darstellen (K1, K3),
- argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen begründen und dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heranziehen (K4).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- Kriterien angeben, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen (B1).

2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase

Der Unterricht soll es den Studierenden ermöglichen, dass sie – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase – am Ende der Qualifikationsphase

über die im Folgenden genannten Kompetenzen verfügen. Dabei werden zunächst übergeordnete Kompetenzerwartungen zu allen Kompetenzbereichen aufgeführt und im Anschluss zusätzlich inhaltsfeldbezogen konkretisiert. Die an die einzelnen Kompetenzbeschreibungen angefügten Kürzel stellen Beziehungen zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen in den beiden Progressionsstufen her (vgl. auch Anhang).

In den Kompetenzbereichen *Umgang mit Fachwissen* und *Erkenntnisgewinnung* sind die Formulierungen der übergeordneten Kompetenzen der Einführungsphase gleichlautend mit denen der Qualifikationsphase. Selbstverständlich findet auch hier eine Kompetenzprogression statt. Sie zeigt sich in der Bewältigung einer kontinuierlich zunehmenden Komplexität fachlicher Zusammenhänge.

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- **UF1**
Wiedergabe physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- **UF2**
Auswahl zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- **UF3**
Systematisierung physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,
- **UF4**
Vernetzung Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- **E1**
Probleme und Fragestellungen in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,
- **E2**
Wahrnehmung und Messung kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- **E3**
Hypothesen mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,

- **E4
Untersuchungen
und Experimente** Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,
- **E5
Auswertung** Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- **E6
Modelle** Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
- **E7
Arbeits- und
Denkweisen** naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- **K1
Dokumentation** bei der Dokumentation von Untersuchungen, Experimenten, theoretischen Überlegungen und Problemlösungen eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden,
- **K2
Recherche** zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,
- **K3
Präsentation** physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
- **K4
Argumentation** sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- **B1
Kriterien** fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

- **B2 Entscheidungen** Auseinandersetzungen und Kontroversen in physikalisch-technischen Zusammenhängen differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten,
- **B3 Werte und Normen** an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,
- **B4 Möglichkeiten und Grenzen** begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

2.3.1 Grundkurs

Die Kompetenzen der Studierenden sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für den Grundkurs **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden. Die unten angegebenen Inhaltsfelder betonen, orientiert an Schlüsselexperimenten, einen exemplarischen Weg durch die Physik und stellen moderne Fragestellungen der Physik in den Vordergrund.

- ② Quantenobjekte
- ③ Elektrodynamik
- ④ Strahlung und Materie
- ⑤ Relativität von Raum und Zeit

Bezieht man die übergeordneten Kompetenzerwartungen sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden konkretisierten Kompetenzerwartungen.

Inhaltsfeld ② Quantenobjekte

Inhaltliche Schwerpunkte	Mögliche Kontexte
Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)	Erforschung des Elektrons
Quantenobjekte und ihre Eigenschaften	Erforschung des Photons

Basiskonzept Wechselwirkung	Bewegung von Ladungsträgern in homogenen E - und B -Feldern, Lorentzkraft Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz Huygens'sches Prinzip und Wellenausbreitung, Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz Streuung von Elektronen an Festkörpern, De-Broglie-Wellenlänge Licht und Materie
Basiskonzept Energie	Energie bewegter Elektronen Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit
Basiskonzept Struktur der Materie	Elementarladung Elektronenmasse Photonen als Quantenobjekt Elektronen als Quantenobjekt

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder beschreiben und deren Definitionsgleichungen erläutern (UF₂, UF₁),
- bei einer gleichförmigen Kreisbewegung von Ladungsträgern die Wirkung der Zentralkraft erläutern und ihre Richtung und Größe quantitativ bestimmen (UF₁),
- anhand einer vereinfachten Version des *Millikanversuchs* die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung erläutern (UF₁, E₅),
- die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung bestimmen (UF₂),
- die Größe Impuls für klassische Teilchen und für Quantenobjekte erläutern und berechnen (UF₁, UF₂),
- die Aussage der De-Broglie-Hypothese erläutern, diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim *Elektronenbeugungsexperiment* anwenden und die Wellenlänge der Elektronen bestimmen (UF₁, UF₂, E₄).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik erläutern (E6, E7),
- Vorgänge im *Fadenstrahlrohr* (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch modellieren, Parameter variieren und dafür deduktiv Schlussfolgerungen herleiten, die sich experimentell überprüfen lassen, sowie die Elektronenmasse ermitteln (E6, E3, E5),
- Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit *Doppelspalt* und *Gitter* bestimmen (E5, E6),
- anhand eines *Experiments zum äußeren Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht nachweisen und in diesem Zusammenhang die Energie, Wellenlänge und Frequenz der Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen bestimmen (E5, E2),
- ergänzend zum Realexperiment das Verhalten von Quantenobjekten mit Computersimulationen untersuchen (E6).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- mithilfe der *Wellenwanne* auf Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung unter Verwendung von Fachbegriffen qualitativ veranschaulichen (K3),
- die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen verdeutlichen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen aufzeigen (B4, K4),
- die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus beschreiben und diskutieren (B4, K4).

Inhaltsfeld ③ Elektrodynamik

Inhaltliche Schwerpunkte		Mögliche Kontexte
Spannung und elektrische Energie		Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren
Induktion		Wirbelströme im Alltag
Spannungswandlung		
Basiskonzept Wechselwirkung	Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung Transformator Lenz'sche Regel	
Basiskonzept Energie	Erzeugung von sinusförmigen Wechselspannungen Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“	

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie aufzeigen (UF₄),
- die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung definieren und damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen bestimmen (UF₂),
- die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel bestimmen (UF₂, E₆),
- am Beispiel der *Leiterschaukel* das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger erläutern (UF₁, E₆),
- Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* qualitativ auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurückführen (UF₃, UF₄),
- die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim *Transformator* ermitteln (UF₁, UF₂).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- anhand des *Thomson'schen Ringversuchs* die Lenz'sche Regel erläutern (E5, UF4),
- das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in *Generatoren* erläutern (E2, E6),
- Parameter von *Transformatoren* zur gezielten Veränderung einer elektrischen sinusförmigen Wechselspannung angeben (E4),
- Messdaten, die mit einem *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwerterfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen auswerten (E2, E5).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- ein physikalisches *Modellexperiment* zu *Freileitungen* verwenden, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),
- Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich Elektrodynamik adressatenbezogen jeweils sprachlich angemessen und verständlich erläutern (K3).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter *Wirbelströme* bewerten (B1),
- die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen bewerten (B1),
- Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen beurteilen (B2, B1, B4).

Inhaltsfeld ④ Strahlung und Materie

Inhaltliche Schwerpunkte		Mögliche Kontexte	
Spektrum der elektromagnetischen Strahlung		Erforschung des Mikro- und Makrokosmos	
Energiequantelung in der Atomhülle		Mensch und Strahlung	
Ionisierende Strahlung		Forschung mit Teilchenbeschleunigern	
Kernumwandlung			
Standardmodell der Elementarteilchen			

Basiskonzept Wechselwirkung	Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen
	Detektoren
	Biologische Wirkung ionisierender Strahlung
	(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung
Basiskonzept Energie	Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept
	Linienspektren, Energieniveaus der Atomhülle, Quantelung der Energie
	Dosimetrie
	Energieaufnahme im menschlichen Gewebe
Basiskonzept Struktur der Materie	Kern-Hülle-Modell
	Strahlungsarten
	Elementumwandlung
	Röntgenstrahlung
	Kernbausteine und Elementarteilchen

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- Spektren von Sternen und *Fraunhoferlinien* erklären (UF₁, E₅, K₂),
- die Energie absorbiert und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle erklären (UF₁, E₆),
- α -, β -, γ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung unterscheiden (UF₃),

- den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) erläutern und Halbwertszeiten und Zählraten bestimmen (UF₁, E₂),
- den Begriff Radioaktivität erläutern und zugehörige Kernumwandlungsprozesse beschreiben (UF₁, K₁),
- Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen beschreiben (UF₁),
- mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine erläutern (UF₃, E₆),
- an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell erklären (UF₁).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen erläutern und vergleichen (E₆, UF₃, B₄),
- den Nachweis von unterschiedlichen Arten ionisierender Strahlung mithilfe von einfachen *Absorptionsexperimenten* erläutern (E₄, E₅),
- die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienpektren* bzw. Spektralanalyse, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle erläutern (E₂, E₅, E₆, E₇),
- darstellen, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über den Aufbau und die Entfernung von Sternen gewonnen werden können (E₂, K₁),
- in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes vergleichen (E₆).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe interpretieren (K₃, K₁),
- in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik recherchieren (K₂).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik bewerten (B1, B3),
- Gefahren und Nutzen der Anwendung von ionisierender Strahlung bewerten (B3, B4).

Inhaltsfeld 5 Relativität von Raum und Zeit

Inhaltliche Schwerpunkte		Mögliche Kontexte	
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit		Navigationssysteme	
Zeitdilatation		Teilchenbeschleuniger	
Veränderlichkeit der Masse			
Energie-Masse-Äquivalenz			
Basiskonzepte	Raum und Zeit		
Wechselwirkung,	„Schnelle“ Ladungsträger in E - und B -Feldern		
Energie, Struktur	Ruhemasse und dynamische Masse		
der Materie			

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- das *Michelson-Morley-Experiment* als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit interpretieren (UF4),
- die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie erläutern (UF1),
- mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten begründen, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),
- die Energie-Masse-Äquivalenz erläutern (UF1).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- anschaulich mit der *Lichtuhr* grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie erklären und quantitativ die Formel für die Zeitdilatation ermitteln (E6, E7),

- qualitativ den *Myonenzerfall* in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation bzw. Längenkontraktion erläutern (E5, UF1).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung erläutern (K3),
- die Funktionsweise eines *Zyklotrons* erläutern und zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte argumentieren (K4, UF4),
- Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen beschreiben (K3).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie diskutieren (B4, E7),
- die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Kernspaltung und Kernfusion bewerten (B1, B3).

2.3.2 Leistungskurs

Die Kompetenzen der Studierenden sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für den Leistungskurs **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- ② Relativitätstheorie
- ③ Elektrik
- ④ Quantenphysik
- ⑤ Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

Bezieht man die zu Beginn des Kapitels 2.3 beschriebenen übergeordneten Kompetenzerwartungen sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**.

Inhaltsfeld ② Relativitätstheorie

Inhaltliche Schwerpunkte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Problem der Gleichzeitigkeit Zeitdilatation und Längenkontraktion Relativistische Massenzunahme Energie-Masse-Beziehung	Mögliche Kontexte Gedankenexperimente in der Relativitätstheorie („Mit einem fast lichtschnellen Fahrrad durch die Stadt“) Höhenstrahlung Satellitennavigation
Basiskonzepte Wechselwirkung, Energie, Struktur der Materie	Inertialsysteme Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit Ruhemasse und dynamische Masse Annihilation

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- mit dem Ausgang des *Michelson-Morley-Experiments* die Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit belegen (UF4, E5, E6),
- die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie erläutern (UF1),
- die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen erläutern (UF1),
- das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren erläutern (UF2),
- die Energie-Masse-Beziehung erläutern (UF1),
- die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung berechnen (UF2),
- qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung beschreiben (UF4),
- die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen beschreiben (UF4),

- mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten begründen (UF₂).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells *Lichtuhr* quantitativ die Formel für die Zeitdilatation herleiten (E₅),
- den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion begründen (E₆),
- den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebeitrag bestimmen und bewerten (E₇, B₁).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (*Bertozzi-Versuch*) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme erläutern (K₂, K₃),
- Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen beschreiben (K₃),
- mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung veranschaulichen (K₃).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion beurteilen (B₁, B₃),
- Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds bewerten (B₄).

Inhaltsfeld ③ Elektrik

Inhaltliche Schwerpunkte Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern Elektromagnetische Induktion Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	Mögliche Kontexte Untersuchung von Elektronen Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie Drahtlose Nachrichtenübermittlung Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten
Basiskonzept Wechselwirkung	Ladungstrennung, elektrische und magnetische Felder, Feldlinien Bewegung von Ladungsträgern in Feldern „Schnelle“ Ladungsträger in E - und B -Feldern Auf- und Entladung von Kondensatoren Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz Lenz'sche Regel Elektromagnetische Schwingung im RLC-Kreis Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen Licht und Mikrowellen – Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz, Huygens'sches Prinzip
Basiskonzept Energie	Potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung, Kondensator Energie des elektrischen und des magnetischen Feldes Energie bewegter Ladungsträger Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen
Basiskonzept Struktur der Materie	Ladungsträger, Elementarladung Elektronenmasse

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen erklären (UF₂, E₆),
- Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder beschreiben und die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken erläutern (UF₂, UF₁),
- den Feldbegriff erläutern, indem sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen elektrischem und magnetischem Feld aufzeigen (UF₃, E₆),
- Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u. a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E -Feld) problembezogen auswählen (UF₂),
- bei einer gleichförmigen Kreisbewegung die Wirkung der Zentralkraft erläutern und ihre Richtung und Größe quantitativ bestimmen (UF₁),
- die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel bestimmen (UF₂, E₆),
- die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator, Spule) ermitteln (UF₂),
- qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre beschreiben (UF₁, K₃),
- die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) ermitteln (UF₂, UF₄, B₁),
- die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel bestimmen (UF₂, UF₄, E₆),
- qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse erläutern (UF₁, UF₂),
- den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess beschreiben und wesentliche Ursachen für die Dämpfung benennen (UF₁, UF₂, E₅),
- den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis beschreiben (UF₁, UF₂, E₆),

- qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B - bzw. E -Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle erläutern (UF1, UF4, E6),
- qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang beschreiben (UF1, E6),
- die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell beschreiben und sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips begründen (UF1, E6).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren bei vorgegebenen Lösungsansätzen qualitativ und quantitativ beschreiben (E4, E5, E6),
- physikalische Gesetze (u. a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv herleiten (E6, UF2),
- mathematische Methoden zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität auswählen, anwenden und die Güte der Messergebnisse bewerten (E5, B4),
- die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie auch in gekreuzten Feldern (u. a. Wien-Filter, Hall-Effekt) qualitativ und quantitativ beschreiben (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4),
- den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron erläutern (E6, UF4),
- aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m -Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern schließen (E5, UF2),
- das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurückführen (bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),
- Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen identifizieren (E1, E6, UF4),
- Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes erläutern und interpretieren (E2, E4, E5),

- die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes begründen (E6, K4),
- die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen erläutern sowie aussagekräftige Diagramme erstellen und diese auswerten (E2, E4, E5, B1),
- die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell beschreiben und die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n -ter Ordnung herleiten (E6, UF1, UF2),
- auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit ermitteln (E2, E4, E5).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen erläutern und veranschaulichen, Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder nutzen und Feldlinienbilder interpretieren (K3, E6, B4),
- bei Variation mehrerer Parameter Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität erstellen (K1, K3, UF3),
- konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen erläutern (K3, UF1).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung treffen (B1),
- für Problemstellungen aus der Elektrizität entscheiden, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1).

Inhaltsfeld 4 Quantenphysik

Inhaltliche Schwerpunkte		Mögliche Kontexte
Licht und Elektronen als Quantenobjekte		Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik
Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation		Die Welt kleinster Dimensionen: Mikroobjekte und Quantentheorie
Quantenphysik und klassische Physik		

Basiskonzept Wechselwirkung	Lichtelektrischer Effekt, Lichtquantenhypothese Röntgenstrahlung Streuung und Beugung von Elektronen
Basiskonzept Energie	Lichtquanten Planck'sches Wirkungsquantum Energiewerte im linearen Potentialtopf
Basiskonzept Struktur der Materie	Teilcheneigenschaften von Photonen Wellencharakter von Elektronen De-Broglie-Hypothese Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit Heisenberg'sche Unschärferelation

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) erläutern (UF₂, E₃),
- den Aufbau einer Röntgenröhre beschreiben (UF₁),
- anhand geeigneter Phänomene darstellen, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF₁, K₃),
- bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität erläutern (UF₁, E₃),
- die Größe Impuls für klassische Teilchen und für Quantenobjekte erläutern und berechnen (UF₁, UF₂),
- die De-Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen erklären (UF₁),

- das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen deuten (UF₁, UF₄),
- die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort – Impuls, Energie – Zeit) an Beispielen erläutern (UF₁, K₃),
- die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen ermitteln (UF₂, E₆).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik erläutern und zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese nutzen (E₆, E₁),
- aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum ermitteln (E₅, E₆),
- die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts deuten (E₆),
- die Bragg-Reflexion an einem Einkristall erläutern und die Bragg'sche Reflexionsbedingung herleiten (E₆),
- am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung darlegen, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E₇),
- experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen interpretieren (E₁, E₅, E₆),
- die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten erläutern (E₆, E₇).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (zur h -Bestimmung und zur Elektronenbeugung) beschreiben und erläutern (K₃, K₂),
- das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse diskutieren und begründen (K₄, E₆).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis bewerten (B4, E7).

Inhaltsfeld 5 Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

Inhaltliche Schwerpunkte		Mögliche Kontexte	
Atomaufbau		Geschichte der Atommodelle	
Ionisierende Strahlung		Lichtquellen und ihr Licht	
Radioaktiver Zerfall		Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)	
Kernspaltung und Kernfusion		(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen	
Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen		Energiegewinnung durch nukleare Prozesse	
		Forschung an Teilchenbeschleunigern	

Basiskonzept Wechselwirkung	Kernkräfte
	Kettenreaktion
	Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen
	Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept
Basiskonzept Energie	Linienspektren
	Energiequantelung der Hüllelektronen
	Dosimetrie
	Bindungsenergie
	Äquivalenz von Masse und Energie
Basiskonzept Struktur der Materie	Kern-Hülle-Modell
	Bohr'sche Postulate
	Strahlungsarten
	Zerfallsprozesse
	Massendefekt
	Kernmodelle, Kernbausteine und Elementarteilchen

UMGANG MIT FACHWISSEN

Die Studierenden können

- wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wiedergeben (UF₁),
- Protonen und Neutronen als Kernbausteine benennen, Isotope identifizieren und den Aufbau einer Nuklidkarte erläutern (UF₁),
- natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte identifizieren (UF₂),
- die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften erklären (UF₃),
- die C¹⁴-Methode zur Altersbestimmung von Materialien als Anwendung des Zerfallsgesetzes erläutern (UF₄),
- das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung erläutern, auch für verschiedene Energien (UF₃),
- die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung erklären (UF₁),
- die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren darstellen (UF₄),
- Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ über den Massendefekt) und Kernkräften (qualitativ) beschreiben (UF₄),
- die Systematik des Aufbaus von Materie aus Elementarteilchen mithilfe des Standardmodells beschreiben (UF₃),
- an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz beschreiben (UF₁).

ERKENNTNISGEWINNUNG

Die Studierenden können

- Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle erklären (E₅),

- die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells darstellen (E7),
- Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeit für ionisierende Strahlung benennen und diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung der Energie unterscheiden (E6),
- Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen beschreiben (E4, E5),
- das Gesetz für den radioaktiven Zerfall aus experimentellen Daten herleiten und mit diesem einen Term für die Halbwertszeit bestimmen (E4, E5, E6),
- die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich erläutern (E6),
- die Eigenschaften der Austauschteilchen in Beziehung zu den fundamentalen Wechselwirkungen (Vermittlung, Stärke und Reichweite) setzen (E6).

KOMMUNIKATION

Die Studierenden können

- Hilfsmittel nutzen, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),
- in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) erläutern, auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),
- in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik recherchieren (K2).

BEWERTUNG

Die Studierenden können

- Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik an ausgewählten Beispielen bewerten (B1, B3),
- den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie bewerten (B1),

- Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten beurteilen (B4),
- Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien beurteilen (B4).

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, Studierenden 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 Studierenden 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 Studierenden 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 Sinne der Orientierung an den zuvor formulierten Anforderungen sind grundsätzlich alle in Kapitel 2 des Lehrplans ausgewiesenen Kompetenzbereiche (Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation sowie Bewertung) bei der Leistungsbewertung angemessen zu berücksichtigen. Überprüfungsformen schriftlicher, mündlicher und ggf. praktischer Art sollen deshalb darauf ausgerichtet sein, die Erreichung der dort aufgeführten Kompetenzerwartungen 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 rechtlich verbindlichen Grundsätze der Leistungsbewertung sind im Schulgesetz sowie in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für das Weiterbildungskolleg

(APO-WbK) dargestellt. Demgemäß sind bei der Leistungsbewertung von Studierenden erbrachte Leistungen in den Beurteilungsbereichen „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ sowie „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ entsprechend den in der APO-WbK angegebenen Gewichtungen zu berücksichtigen. Dabei bezieht sich die Leistungsbewertung insgesamt auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kompetenzen 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 im Wesentlichen Überprüfungsformen – ggf. auch in Kombination – in Betracht, die im letzten Abschnitt dieses Kapitels aufgeführt sind. Die Studierenden müssen mit den Überprüfungsformen, die im Rahmen von Klausuren eingesetzt werden, vertraut sein und rechtzeitig sowie hinreichend Gelegenheit zur Anwendung haben.

Über ihre unmittelbare Funktion als Instrument der Leistungsbewertung hinaus sollen Klausuren im Laufe des Bildungsgangs des Weiterbildungskollegs auch zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen des schriftlichen Teils der Abiturprüfungen vorbereiten. Dazu gehört u. a. auch die Schaffung angemessener Transparenz im Zusammenhang mit einer kriteriengeleiteten Bewertung. Beispiele für Prüfungsaufgaben und Auswertungskriterien sowie Konstruktionsvorgaben und Operatorenübersichten können im Internet auf den Seiten des Schulministeriums 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. Gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit führen zu einer Absenkung der Note gemäß APO-WbK. Abzüge für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit sollen nicht erfolgen, wenn diese bereits bei der Darstellungsleistung fachspezifisch berücksichtigt wurden.

In der Qualifikationsphase kann nach Wahl der oder des Studierenden eine schriftliche Arbeit/Klausur durch eine Facharbeit ersetzt werden. Die Facharbeit dient dazu, die Studierenden mit den Prinzipien und Formen selbstständigen, wissenschaftspropädeutischen Arbeitens vertraut zu machen. Die Facharbeit ist eine selbstständig zu verfassende umfangreichere schriftliche Hausarbeit. Die schulischen Vorgaben zu Umfang und Anforderungsniveau der Facharbeit sind so zu gestalten, dass diese ihrer Wertigkeit im Rahmen des Beurteilungsbereichs „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ gerecht wird. Die Beurteilung der erbrachten Leistung orientiert sich an den Kriterien zur Bewertung von

Klausuren. Allgemeine Grundsätze der Leistungsbewertung von Facharbeiten regelt die Schule.

Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“

Im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ können – neben den nachfolgend aufgeführten Überprüfungsformen – vielfältige weitere zum Einsatz kommen, für die kein abschließender Katalog festgesetzt wird. Im Rahmen der Leistungsbewertung gelten auch für diese die oben ausgeführten allgemeinen Ansprüche der Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung. Im Verlauf des Bildungsgangs des Weiterbildungskollegs ist auch in diesem Beurteilungsbereich sicherzustellen, dass Formen, die im Rahmen der Abiturprüfungen – insbesondere in den mündlichen Prüfungen – von Bedeutung sind, frühzeitig vorbereitet und angewendet werden.

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

Der Bewertungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch mündliche, schriftliche und ggf. praktische Beiträge sichtbare Kompetenzentwicklung der Studierenden. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Semesters (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt.

Überprüfungsformen

Die Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans ermöglichen eine Vielzahl von Überprüfungsformen. Im Verlauf des gesamten Bildungsgangs soll – auch mit Blick auf die individuelle Förderung – ein möglichst breites Spektrum der genannten Formen in schriftlichen, mündlichen oder praktischen Kontexten zum Einsatz gebracht werden.

Darüber hinaus können weitere Überprüfungsformen nach Entscheidung der Lehrkraft eingesetzt werden. Wichtig für die Nutzung der Überprüfungsformen im Rahmen der Leistungsbewertung ist es, dass sich die Studierenden zuvor im Rahmen von Anwendungssituationen hinreichend mit diesen vertraut machen konnten.

Die folgende Auflistung der Überprüfungsformen ist nicht abschließend.

Überprüfungsformen und ihre Beschreibungen

Darstellungsaufgaben

- Beschreibung und Erläuterung eines physikalischen Phänomens
- Darstellung eines physikalischen Zusammenhangs
- Bericht über Erfahrungen und Ereignisse, auch aus der Wissenschaftsgeschichte

Experimentelle Aufgaben

- Qualitative Erkundung von Zusammenhängen
- Messung physikalischer Größen
- Quantitative Untersuchung von Zusammenhängen
- Prüfung von Hypothesen und theoretischen Modellen

Aufgaben zur Datenanalyse

- Aufbereitung und Darstellung von Daten
- Beurteilung und Bewertung von Daten, Fehlerabschätzung
- Prüfen von Datenreihen auf Trends und Gesetzmäßigkeiten
- Auswertung von Daten zur Hypothesengenerierung
- Videoanalysen

Herleitungen mithilfe von Theorien und Modellen

- Erklärung eines Zusammenhangs oder Überprüfung einer Aussage mit einer Theorie oder einem Modell
- Vorhersage bzw. Begründung eines Ereignisses oder Ergebnisses aufgrund eines theoretischen Modells

- Mathematisierung und Berechnung eines physikalischen Zusammenhangs
- Deduktive Herleitung eines bekannten oder neuen Zusammenhangs mithilfe theoretischer Überlegungen

Rechercheaufgaben

- Erarbeiten von physikalischen Zusammenhängen oder Gewinnung von Daten aus Fachtexten und anderen Darstellungen in verschiedenen Medien
- Strukturierung und Aufbereitung recherchierter Informationen
- Kriteriengestützte Bewertung von Informationen und Informationsquellen

Dokumentationsaufgaben

- Protokolle von Experimenten und Untersuchungen
- Dokumentation von Projekten
- Portfolio

Präsentationsaufgaben

- Vorführung/Demonstration eines Experiments
- Vortrag, Referat
- Fachartikel
- Medienbeitrag (Text, Film, Podcast usw.)

Bewertungsaufgaben

- Physikalische, fundierte Stellungnahme zu (umstrittenen) Sachverhalten oder zu Medienbeiträgen
- Abwägen zwischen alternativen wissenschaftlichen bzw. technischen Problemlösungen
- Argumentation und Entscheidungsfindung in Konflikt- oder Dilemmasituationen

Aufgabenstellungen, welche sich auf Experimente beziehen, werden in besonderem Maße den Zielsetzungen des Physikunterrichts gerecht.

4 Abiturprüfung

Die allgemeinen Regelungen zur schriftlichen und mündlichen Abiturprüfung, mit denen zugleich die Vereinbarungen der Kultusministerkonferenz umgesetzt werden, basieren auf dem Schulgesetz sowie dem entsprechenden Teil der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für das Weiterbildungskolleg.

Fachlich beziehen sich alle Teile der Abiturprüfung auf die in Kapitel 2 dieses Kernlehrplans für das Ende der Qualifikationsphase festgelegten Kompetenzerwartungen. Bei der Lösung schriftlicher wie mündlicher Abituraufgaben sind generell Kompetenzen 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 der Bildungsgänge Abendgymnasium und Kolleg“ (Abiturvorgaben), die auf den Internetseiten des Schulministeriums abrufbar sind, konkretisieren den Kernlehrplan, soweit dies für die Schaffung landesweit einheitlicher Bezüge für die zentral gestellten Abiturklausuren erforderlich ist. Die Verpflichtung zur Umsetzung des gesamten Kernlehrplans bleibt hiervon unberührt.

Im Hinblick auf die Anforderungen im schriftlichen und mündlichen Teil der Abiturprüfungen 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 Studierenden 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 schriftlichen und mündlichen Abiturprüfungen alle Anforderungsbereiche berücksichtigen müssen, der Anforderungsbereich II aber den Schwerpunkt bildet.

Fachspezifisch ist die Ausgestaltung der Anforderungsbereiche an den Kompetenzerwartungen des jeweiligen Kurstyps zu orientieren. Für die Aufgabenstellungen werden die für Abiturprüfungen geltenden Operatoren des Faches verwendet, die in einem für die Prüflinge nachvollziehbaren Zusammenhang mit den Anforderungsbereichen stehen. Die Bewertung der Prüfungsleistung erfolgt jeweils auf einer zuvor festgelegten Grundlage, die im schriftlichen Abitur aus dem zentral vorgegebenen kriteriellen Bewertungsraster, im mündlichen Abitur aus dem im Fachprüfungsausschuss abgestimmten Erwartungshorizont besteht. 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 Prüfungsteile sind die folgenden Regelungen zu beachten.

Schriftliche Abiturprüfung

Die Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung werden landesweit zentral gestellt. Alle Aufgaben entsprechen den öffentlich zugänglichen Konstruktionsvorgaben und nutzen die fachspezifischen Operatoren. Beispiele für Abiturklausuren sind für die Schulen auf den Internetseiten des Schulministeriums 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, Vorgaben für die Bewertung der Leistungen sowie den Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit. Die Anforderungen an die zu erbringenden Klausurleistungen werden durch das zentral gestellte kriterielle Bewertungsraster definiert.

Die Bewertung erfolgt über Randkorrekturen sowie das ausgefüllte Bewertungsraster, mit dem die Gesamtleistung dokumentiert wird. Für die Berücksichtigung gehäufter Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit gelten die Regelungen aus Kapitel 3 analog auch für die schriftliche Abiturprüfung.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen. Für die Prüfung im Fach Physik sind folgende Aufgabenarten zulässig:

- Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments
- Durchführung und Bearbeitung eines Experiments
- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

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

Wenn sich Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung auf ein Demonstrationsexperiment beziehen, ist dieses wenn möglich aufzubauen und ggf. durchzuführen. Die Arbeitszeit für die Bearbeitung der Prüfungsaufgaben beginnt in diesem Fall erst nach Durchführung des Experiments.

Wenn in den Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung ein Experiment vorgesehen ist, wird die Arbeitszeit um die Zeit zur Durchführung des Experiments durch die Studierenden verlängert.

Mündliche Abiturprüfung

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 dem Prüfling einschließlich der ggf. notwendigen Texte und Materialien für den ersten Teil der mündlichen Abiturprüfung in schriftlicher Form 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 Semesters beschränken. Die Berücksichtigung aller Anforderungsbereiche soll eine Beurteilung ermöglichen, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Auswahlmöglichkeiten für die Studierende bzw. den Studierenden bestehen nicht. Der Erwartungshorizont ist zuvor mit dem Fachprüfungsausschuss abzustimmen.

Der Prüfling soll in der Prüfung, die in der Regel 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 der Bewertung mündlicher Prüfungen liegen der im Fachprüfungsausschuss abgestimmte Erwartungshorizont sowie die eingangs dargestellten übergreifenden Kriterien zugrunde. Die Prüferin oder der Prüfer 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 die zeitliche Begrenzung durch die Dauer der Vorbereitungszeit zu beachten. Die Aufgabe für den ersten Prüfungsteil enthält daher Material von geringerem Umfang und weniger komplexe Aufgabenstellungen als die schriftliche Prüfung.

Wenn in den Aufgaben des ersten Prüfungsteils der mündlichen Abiturprüfung ein Demonstrationsexperiment vorgesehen ist, ist dieses vorher aufzubauen und ggf. vor Beginn der Vorbereitungszeit in Anwesenheit des Prüflings durchzuführen. Wenn in den Aufgaben der Abiturprüfung im ersten Prüfungsteil ein Experiment vorgesehen ist, wird die Vorbereitungszeit um die festgelegte Zeit zur Durchführung des Experiments durch die Studierenden verlängert.

Besondere Lernleistung

Im Rahmen der für die Abiturprüfung vorgesehenen Punktzahl kann Studierenden eine besondere Lernleistung angerechnet werden, die im Rahmen oder Umfang eines mindestens zwei Semester umfassenden Kurses erbracht wird. Als besondere Lernleistung können ein umfassender Beitrag zu einem von den Ländern geförderten Wettbewerb, die Ergebnisse des Projektkurses oder eines umfassenden fachlichen oder fachübergreifenden Projektes gelten.

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.

Die Absicht, eine besondere Lernleistung zu erbringen, muss spätestens am Ende des vierten Semesters bei der Schule angezeigt werden. Die Schulleiterin oder der Schulleiter entscheidet in Abstimmung mit der Lehrkraft, die für die Korrektur vorgesehen ist, ob

die vorgesehene Arbeit als besondere Lernleistung zugelassen werden kann. Die Arbeit ist spätestens bis zur Zulassung zur Abiturprüfung abzugeben, nach den Maßstäben und dem Verfahren für die Abiturprüfung zu korrigieren und zu bewerten. Ein Rücktritt von der besonderen Lernleistung muss bis zur Entscheidung über die Zulassung zur Abiturprüfung erfolgt sein.

In einem Kolloquium von in der Regel 30 Minuten, das im Zusammenhang mit der Abiturprüfung nach Festlegung durch die Schulleitung stattfindet, stellt der Prüfling vor einem Fachprüfungsausschuss die Ergebnisse der besonderen Lernleistung dar, erläutert sie und antwortet auf Fragen. Die Endnote wird aufgrund der insgesamt in der besonderen Lernleistung und im Kolloquium erbrachten Leistungen gebildet; eine Gewichtung der Teilleistungen findet nicht statt. Bei Arbeiten, an denen mehrere Studierende beteiligt werden, muss die individuelle Leistung erkennbar und bewertbar sein.

5 Anhang – Progressionstabelle zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen

Die folgende Darstellung fasst die übergeordneten Kompetenzerwartungen in den vier Kompetenzbereichen zusammen. In den Bereichen *Kommunikation* und *Bewertung* ist eine Progression in zwei Stufen ausgewiesen. In den Bereichen *Umgang mit Fachwissen* und *Erkenntnisgewinnung* ist lediglich der erwartete Stand am Ende beschrieben.

UMGANG MIT FACHWISSEN

Studierende können am Ende der Qualifikationsphase

- | | |
|----------------------|--|
| UF1 Wiedergabe | ■ physikalische Phänomene und Sachverhalte und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Gesetzen und Basis-konzepten beschreiben und erläutern, |
| UF2 Auswahl | ■ zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, |
| UF3 Systematisierung | ■ physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren, |
| UF4 Vernetzung | ■ Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen. |

ERKENNTNISGEWINNUNG

Studierende können am Ende der Qualifikationsphase

- | | |
|---------------------------------|--|
| E1 Probleme und Fragestellungen | ■ in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren, |
| E2 Wahrnehmung und Messung | ■ kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden, |

(Fortsetzung nächste Seite ...)

(... Fortsetzung)

E3	Hypothesen	■ mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,
E4	Untersuchungen und Experimente	■ Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,
E5	Auswertung	■ Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
E6	Modelle	■ Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
E7	Arbeits- und Denkweisen	■ naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

KOMMUNIKATION

	Studierende können am Ende der Einführungsphase	... zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
K1	Dokumentation	■ Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge, ■ bei der Dokumentation von Untersuchungen, Experimenten, theoretischen Überlegungen und Problemlösungen eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden,

(Fortsetzung nächste Seite ...)

(... Fortsetzung)

K2	Recherche	■ in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalisch-technische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen, auch einfachen historischen Texten, bearbeiten,	■ zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,
K3	Präsentation	■ physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen,	■ physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
K4	Argumentation	■ physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.	■ sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

BEWERTUNG

		Studierende können am Ende der Einführungsphase	... zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
B1	Kriterien	■ bei Bewertungen in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben,	■ fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(Fortsetzung nächste Seite ...)

(... Fortsetzung)

B2	Entscheidungen	■ für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen,	■ Auseinandersetzungen und Kontroversen in physikalisch-technischen Zusammenhängen differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten,
B3	Werte und Normen	■ in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen.	■ an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,
B4	Möglichkeiten und Grenzen		■ begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.