

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

**Physik**

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  
Heft 4721

1. Auflage 2013

## Vorwort

*„Klare Ergebnisorientierung in Verbindung mit erweiterter Schulautonomie und konsequenter Rechenschaftslegung begünstigen 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 Schülerinnen und Schüler die angestrebten Kompetenzen erreichen und sich ihnen verbesserte Lebenschancen eröffnen.

Ich bin mir sicher, dass mit den nun vorliegenden Kernlehrplänen für die gymnasiale Oberstufe 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 style with a large initial 'S'.

Sylvia Löhrmann

Ministerin für Schule und Weiterbildung  
des Landes Nordrhein-Westfalen

## **Runderlass**

### **Sekundarstufe II – Gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule; Richtlinien und Lehrpläne; Kernlehrpläne für die MINT-Fächer**

RdErl. d. Ministeriums  
für Schule und Weiterbildung  
v. 04.09.2013 - 532 – 6.03.15.06-110656

Für die gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule werden hiermit Kernlehrpläne für die Fächer Biologie, Chemie, Ernährungslehre, Informatik, Mathematik, Physik und Technik gemäß § 29 SchulG (BASS 1-1) festgesetzt.

Sie treten zum 1. 8. 2014, beginnend mit der Einführungsphase, aufsteigend in Kraft.

Die Richtlinien für die gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule gelten unverändert fort.

Die Veröffentlichung der Kernlehrpläne erfolgt in der Schriftenreihe "Schule in NRW":

Heft 4722 Kernlehrplan Biologie  
Heft 4723 Kernlehrplan Chemie  
Heft 4724 Kernlehrplan Ernährungslehre  
Heft 4725 Kernlehrplan Informatik  
Heft 4720 Kernlehrplan Mathematik  
Heft 4721 Kernlehrplan Physik  
Heft 4726 Kernlehrplan Technik

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

Zum 31. 7. 2014 treten die nachfolgend genannten Unterrichtsvorgaben, beginnend mit der Einführungsphase, auslaufend außer Kraft:

- Lehrplan Biologie, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 22)
- Lehrplan Chemie, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 23)

- Lehrplan Ernährungslehre, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 24)
- Lehrplan Informatik, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 25)
- Lehrplan Mathematik, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 20)
- Lehrplan Physik, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 21)
- Lehrplan Technik, RdErl. vom 3. 3. 1999 (BASS 15 – 31 Nr. 26)

# Inhalt

|  | Seite     |
|--|-----------|
| <b>Vorbemerkungen: Kernlehrpläne als kompetenzorientierte Unterrichtsvorgaben</b>          | <b>8</b>  |
| <b>1 Aufgaben und Ziele des Faches</b>   | <b>10</b> |
| <b>2 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen</b>                         | <b>15</b> |
| 2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches   | 16        |
| 2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase    | 21        |
| 2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase | 26        |
| 2.3.1 <i>Grundkurs</i>   | 27        |
| 2.3.2 <i>Leistungskurs</i>   | 35        |
| <b>3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung</b>                                     | <b>48</b> |
| <b>4 Abiturprüfung</b>   | <b>53</b> |
| <b>5 Anhang</b>  | <b>58</b> |

## **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 Stufungen diese Kompetenzen im Unterricht in der Sekundarstufe II erreicht werden können, indem sie die erwarteten Kompetenzen bis zum Ende der Einführungs- und der 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 Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schule ge-

hört. Aussagen hierzu sind jedoch aufgrund ihrer überfachlichen Bedeutung außerhalb fachbezogener Kernlehrpläne zu treffen.

Die nun vorgelegten Kernlehrpläne für die gymnasiale Oberstufe lösen die bisherigen Lehrpläne aus dem Jahr 1999 ab und vollziehen somit auch für diese Schulstufe den bereits für die Sekundarstufe I vollzogenen Paradigmenwechsel von der Input- zur Outputorientierung.

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 Schülerinnen und Schüler mit vergleichbaren Voraussetzungen die zentralen Prüfungen des Abiturs ablegen können.

## 1 Aufgaben und Ziele des Faches

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

Im Rahmen der von allen Fächern zu erfüllenden Querschnittsaufgaben tragen insbesondere auch die Fächer des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeldes 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 Ausbildung, Studium, Arbeit und Beruf.

### ***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 über-

greifende 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 in der gymnasialen Oberstufe 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 bezo-

gene 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 in der gymnasialen Oberstufe***

Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe knüpft an den Unterricht in der Sekundarstufe I an und vermittelt, neben grundlegenden Kenntnissen und Qualifikationen, Einsichten auch in komplexere Naturvorgänge sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme. Dazu lernen Schülerinnen und Schüler 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 in der gymnasialen Oberstufe 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 Schülerinnen und Schüler den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Geeignete Kontexte beschreiben reale Situationen mit authentischen Problemen, deren Relevanz auch für Schülerinnen und Schüler erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

Aufgabe der **Einführungsphase** ist es, Schülerinnen und Schüler auf einen erfolgreichen Lernprozess in der Qualifikationsphase vorzubereiten. Wesentliche Ziele bestehen darin, neue fachliche Anforderungen der gymnasialen Oberstufe, u.a. bezüglich einer verstärkten Formalisierung, Systematisierung und reflexiven Durchdringung sowie einer größeren Selbstständigkeit beim Erarbeiten und Bearbeiten fachlicher Fragestellungen und Probleme zu verdeutlichen und einzuüben. Dabei ist es notwendig, die im Unterricht der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen zu konsolidieren und zu vertiefen, um eine gemeinsame Ausgangsbasis für weitere Lernprozesse zu schaffen. Insbesondere in dieser Phase ist eine individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern mit teilweise heterogenen Bildungsbiographien 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 verdeutlicht. Die Betonung liegt dabei auf spezifischen Funktionen von 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 ausgewählten Fragestellungen und damit eng verbundenen Schlüsselexperimenten 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. Alle Schülerinnen und Schüler erwerben dadurch zunehmend Fähigkeiten zum selbstständigen Arbeiten an physikalischen Problemstellungen und Erkenntnisprozessen.

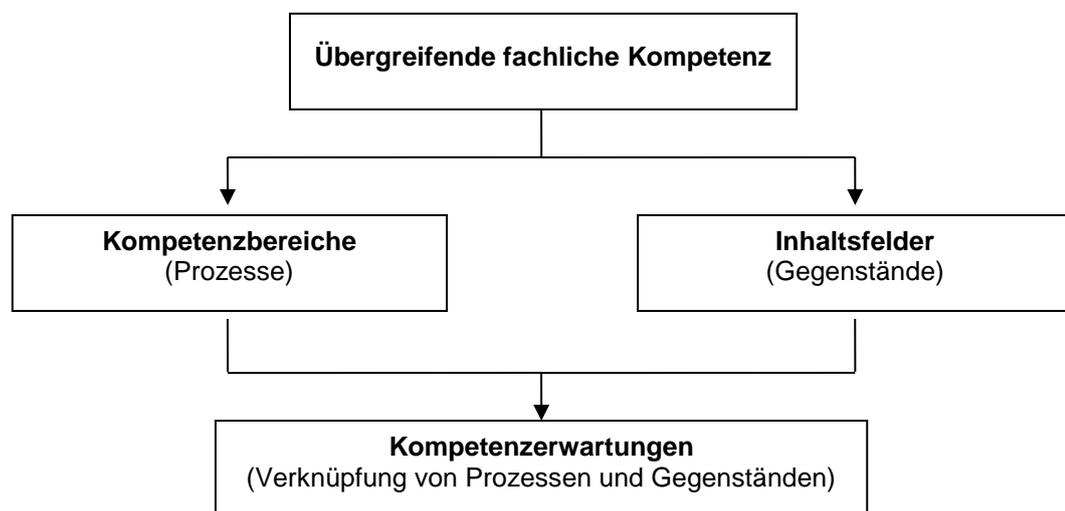
Für Einführungs- und Qualifikationsphase ist festzuhalten, dass die Durchführung von Realexperimenten für den Lernprozess wünschenswert ist.<sup>1</sup> In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen können einzelne Experimente ggf. auch durch Online-Experimente, interaktive Bildschirmexperimente, Simulationen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

---

<sup>1</sup> Die 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-Lernprozess Beteiligten zu verdeutlichen.

*Inhaltsfelder* systematisieren mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkten die im Unterricht der gymnasialen Oberstufe 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 der Sekundarstufe II erreicht werden sollen.

## Kompetenzerwartungen

- beziehen sich auf beobachtbare Handlungen und sind auf die Bewältigung von Anforderungssituationen ausgerichtet,
- stellen im Sinne von Regelstandards die erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten auf einem mittleren Abstraktionsgrad dar,
- ermöglichen die Darstellung einer Progression vom Anfang bis zum Ende der Sekundarstufe II und zielen auf kumulatives, systematisch vernetztes Lernen,
- können in Aufgabenstellungen umgesetzt und überprüft werden.

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

## 2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches

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

### 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.

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 Ange-

messenheit 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.

Der Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung** beinhaltet die Fähigkeiten und methodischen Fertigkeiten von Schülerinnen und Schülern, 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.

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.

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 Kompetenzbereiche, sondern immer auch an fachliche Inhalte gebunden. Eine vertiefte physikalisch-naturwissenschaftliche Bildung soll deshalb mit Blick auf die nachfolgenden Inhaltsfelder entwickelt werden.

### Einführungsphase:

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 und von Kräften und deren Einfluss auf Bewegungsänderungen sowie von Energie- und Impulserhaltung. Bedeutsam sind hier auch grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Gravitation und von Schwingungen und Wellen. Im Bereich Mechanik entwickeln sich zentrale Konzepte und Sichtweisen, die für das Verstehen der Physik in allen Bereichen einen fundamentalen Referenzrahmen bilden.

### Qualifikationsphase:

#### *Grundkurs:*

Im Inhaltsfeld **Quantenobjekte** dienen das Photon und das Elektron als zwei beispielhafte Quantenobjekte, die beide in unterschiedlichen Experimenten sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter zeigen. In der Quantenmechanik gelingt die Aufhebung dieses Welle-Teilchen-Dualismus'. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekt der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die Quantenphysik stellt neben der Relativitätstheorie eine der Säulen der modernen Physik dar.

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 täglichen Lebens vielfältige und umfangreiche Anwendung gefunden und beeinflussen unser tägliches Leben in deutlichem Maße.

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 Verfahrensweisen der aktuellen theoretischen und experimentellen physikalischen Forschung ermöglichen ein grundlegendes Verständnis neuerer Modelle zum Aufbau der Materie.

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 Veränderlichkeit der Masse und der Energie-Masse Äquivalenz.

*Leistungskurs:*

Das Inhaltsfeld **Relativitätstheorie** umfasst inhaltliche Aspekte der speziellen Relativitätstheorie wie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, relativistische Massenzunahme, Äquivalenz von Masse und Energie sowie einen Ausblick auf Grundaussagen der allgemeinen Relativitätstheorie. Die Relativitätstheorie hat Naturzusammenhänge aufgedeckt, 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.

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 stellt neben der Mechanik den zweiten Teil der klassischen Beschreibung der physikalischen Natur dar. Sie liefert 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.

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 so genannten Standardmodell. Inhalte sind außerdem ionisierende Strahlung und radioaktiver Zerfall von Atom-

kernen sowie Kernumwandlungen durch Kernspaltung und Kernfusion. Die Behandlung von Atom- und Kernphysik bietet einerseits einen Einblick in den Aufbau der Materie unter dem Aspekt des Wandels historischer Atommodelle und liefert andererseits Entscheidungsgrundlagen für die Einschätzung des Für und Wider im Umgang mit ionisierender Strahlung und der Nutzung von Kernenergie.

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.

## 2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase

Der Unterricht soll es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, dass sie – aufbauend auf einer ggf. heterogenen Kompetenzentwicklung in der Sekundarstufe I – am Ende der Einführungsphase über die im Folgenden genannten Kompetenzen verfügen. Dabei werden zunächst **übergeordnete Kompetenzerwartungen** zu allen Kompetenzbereichen aufgeführt und im Anschluss zusätzlich inhaltsfeldbezogen konkretisiert. Die beige-fügten Kürzel dienen dabei der Verortung sowie zur Verdeutlichung der Progression der übergeordneten Kompetenzerwartungen über die einzelnen Stufen hinweg (vgl. 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.

| <b>Umgang mit Fachwissen</b> | <b>Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...</b>   |
|------------------------------|--|
| UF1<br>Wiedergabe            | physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basis Konzepten beschreiben und erläutern,             |
| UF2<br>Auswahl               | zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, |
| UF3<br>Systematisierung      | physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,  |
| UF4<br>Vernetzung            | Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.   |

| <b>Erkenntnisgewinnung</b>         | <b>Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...</b>   |
|------------------------------------|--|
| E1<br>Probleme und Fragestellungen | in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,      |
| E2<br>Wahrnehmung und Messung      | kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,   |
| E3<br>Hypothesen                   | mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten, |

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

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

| <b>Bewertung</b>       | <b>Schülerinnen und Schüler können ...</b>  |
|------------------------|---|
| B1<br>Kriterien        | bei Bewertungen in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben,  |
| B2<br>Entscheidungen   | für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen,                         |
| B3<br>Werte und Normen | in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen. |

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler 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  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Kräfte und Bewegungen</li><li>• Energie und Impuls</li><li>• Gravitation</li><li>• Schwingungen und Wellen</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Straßenverkehr</li><li>• Physik und Sport</li><li>• Flug in den Weltraum</li><li>• Astronomische Beobachtungen</li></ul> |
| <b>Basiskonzept Wechselwirkung</b><br>Lineare Bewegungen<br>Newton'sche Gesetze, Reibungskräfte<br>Impuls, Stoßvorgänge<br>Zentralkraft, Kreisbewegungen<br>Gravitationsfeld, Newton'sches Gravitationsgesetz<br>Wellenausbreitung<br><b>Basiskonzept Energie</b><br>Lageenergie, Bewegungsenergie, Arbeit, Energiebilanzen<br>Energie und Arbeit im Gravitationsfeld<br>Eigenschwingungen und Resonanz<br><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b><br>Masse<br>Träger für Wellen |  |

### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),
- unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),
- beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),
- beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),
- stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),
- beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),
- erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),
- vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1),
- berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),
- planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1),
- verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),
- entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),
- reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),
- erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5),
- analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),
- bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6),
- erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),
- ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6),
- beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).

### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),
- begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),
- bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),
- entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),
- erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).

## 2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase

Der Unterricht soll es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, dass sie – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase – am Ende der Sekundarstufe II über die im Folgenden genannten Kompetenzen verfügen. Dabei werden zunächst **übergeordnete Kompetenzerwartungen** zu allen Kompetenzbereichen aufgeführt und im Anschluss zusätzlich inhaltsfeldbezogen konkretisiert. Die beigefügten Kürzel dienen dabei der Verortung sowie zur Verdeutlichung der Progression der übergeordneten Kompetenzerwartungen über die einzelnen Stufen hinweg (vgl. 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.

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

| <b>Erkenntnisgewinnung</b>         | <b>Schülerinnen und Schüler können ...</b>   |
|------------------------------------|--|
| E1<br>Probleme und Fragestellungen | in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,      |
| E2<br>Wahrnehmung und Messung      | kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,   |
| E3<br>Hypothesen                   | mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten, |

|   |   |
|---|---|
| E4<br>Untersuchungen<br>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<br>Auswertung                        | Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,   |
| E6<br>Modelle                           | Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,                                      |
| E7<br>Arbeits- und Denkweisen           | naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.  |

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

| <b>Bewertung</b>                | <b>Schülerinnen und Schüler können ...</b>  |
|---------------------------------|---|
| B1<br>Kriterien                 | fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,  |
| B2<br>Entscheidungen            | Auseinandersetzungen und Kontroversen in physikalisch-technischen Zusammenhängen differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten, |
| B3<br>Werte und Normen          | an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,                     |
| B4<br>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 Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für den Grundkurs obligatorischen **In-**

**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  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)</li> <li>• Quantenobjekte und ihre Eigenschaften</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforschung des Elektrons</li> <li>• Erforschung des Photons</li> </ul> |
| <p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b><br/>           Bewegung von Ladungsträgern in homogenen E- und B-Feldern, Lorentzkraft<br/>           Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz<br/>           Huygens'sches Prinzip, Kreiswellen, ebene Wellen, Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz,<br/>           Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge<br/>           Licht und Materie</p> <p><b>Basiskonzept Energie</b><br/>           Energie bewegter Elektronen<br/>           Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit</p> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b><br/>           Elementarladung<br/>           Elektronenmasse<br/>           Photonen als Quantenobjekt<br/>           Elektronen als Quantenobjekt</p> |  |

#### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern anhand einer vereinfachten Version des *Millikanversuchs* die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),
- bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),

- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),
- erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim *Elektronenbeugungsexperiment* an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).

#### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

#### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

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

#### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Inhaltsfeld 3: Elektrodynamik

| Inhaltliche Schwerpunkte   | Mögliche Kontexte   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung und elektrische Energie</li> <li>• Induktion</li> <li>• Spannungswandlung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</li> <li>• Wirbelströme im Alltag</li> </ul> |
| <p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b><br/>           Elektromagnetische Induktion<br/>           Induktionsspannung<br/>           Transformator<br/>           Lenz'sche Regel</p> <p><b>Basiskonzept Energie</b><br/>           Erzeugung von sinusförmigen Wechselspannungen<br/>           Energieerhaltung<br/>           Ohm'sche „Verluste“</p> |   |

#### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden ein physikalisches *Modellexperiment zu Freileitungen*, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),
- recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),
- erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

## Inhaltsfeld 4: Strahlung und Materie

| Inhaltliche Schwerpunkte  | Mögliche Kontexte  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung</li> <li>• Energiequantelung in der Atomhülle</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Kernumwandlung</li> <li>• Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</li> <li>• Mensch und Strahlung</li> <li>• Forschung mit Teilchenbeschleunigern</li> </ul> |
| <p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b><br/>           Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen<br/>           Detektoren<br/>           Biologische Wirkung ionisierender Strahlung<br/>           (Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung<br/>           Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</p> <p><b>Basiskonzept Energie</b><br/>           Linienspektren, Energieniveaus der Atomhülle, Quantelung der Energie<br/>           Dosimetrie<br/>           Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b><br/>           Kern-Hülle-Modell<br/>           Strahlungsarten<br/>           Elementumwandlung<br/>           Röntgenstrahlung<br/>           Kernbausteine und Elementarteilchen</p> |  |

### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2),
- erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),
- unterscheiden  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),
- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),
- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),
- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),

- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1).

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),
- erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von *Absorptionsexperimenten* (E4, E5),
- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung und Linienspektren 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 (E2, E5, E6, E7),
- stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),
- begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),
- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).

### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1),
- bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),
- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),
- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),
- erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).

### Inhaltsfeld 5: Relativität von Raum und Zeit

| Inhaltliche Schwerpunkte  | Mögliche Kontexte   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Zeitdilatation</li> <li>• Veränderlichkeit der Masse</li> <li>• Energie-Masse Äquivalenz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigationssysteme</li> <li>• Teilchenbeschleuniger</li> </ul> |
| <b>Basiskonzepte Wechselwirkung, Energie, Struktur der Materie</b><br>Raum und Zeit<br>„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern<br>Ruhemasse und dynamische Masse                     |   |

#### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

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

#### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

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

#### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

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

#### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### 2.3.2 Leistungskurs

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler 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   | Mögliche Kontexte  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Problem der Gleichzeitigkeit</li> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Relativistische Massenzunahme</li> <li>• Energie-Masse-Beziehung</li> <li>• Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedankenexperimente in der Relativitätstheorie („Mit einem fast lichtschnellen Fahrrad durch die Stadt“)</li> <li>• Höhenstrahlung</li> <li>• Satellitennavigation</li> </ul> |
| <p><b>Basiskonzepte Wechselwirkung, Energie, Struktur der Materie</b></p> <p>Inertialsysteme<br/>           Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit<br/>           Ruhemasse und dynamische Masse<br/>           Annihilation<br/>           Prinzip der Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen</p> |  |

### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),
- begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),
- bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1),
- reflektieren die Nützlichkeit des Modells *Lichtuhr* hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).

### Kommunikation:

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

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

## **Inhaltsfeld 3: Elektrik**

| <b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>   | <b>Mögliche Kontexte</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder</li><li>• Bewegung von Ladungsträgern in</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Untersuchung von Elektronen</li><li>• Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</li></ul> |

|  |   |
|--|---|
| <p>elektrischen und magnetischen Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Induktion</li> <li>• Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drahtlose Nachrichtenübermittlung</li> <li>• Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten</li> </ul> |
| <p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b></p> <p>Ladungstrennung, elektrische und magnetische Felder, Feldlinien<br/>         Bewegung von Ladungsträgern in Feldern<br/>         „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern<br/>         Auf- und Entladung von Kondensatoren<br/>         Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz<br/>         Lenz'sche Regel<br/>         Elektromagnetische Schwingung im RLC-Kreis<br/>         Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen<br/>         Licht und Mikrowellen – Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz, Huygens'sches Prinzip</p> <p><b>Basiskonzept Energie</b></p> <p>Potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung, Kondensator<br/>         Energie des elektrischen und des magnetischen Feldes<br/>         Energie bewegter Ladungsträger<br/>         Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis<br/>         Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen</p> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b></p> <p>Ladungsträger, Elementarladung<br/>         Elektronenmasse</p> |   |

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),
- erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),

- wählen 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 aus (UF2),
- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),
- ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator, Spule) (UF2),
- beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),
- ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),
- bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),
- erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),
- beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),
- beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),
- erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei  $B$ - bzw.  $E$ -Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),
- beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),
- beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),

- leiten 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 her (E6, UF2),
- wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),
- beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),
- erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),
- schließen aus spezifischen Bahnkurvdaten bei der  $e/m$ -Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),
- führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),
- identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße  $B$  in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),
- planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),
- begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),
- erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),
- beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima  $n$ -ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),
- ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).

### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),
- erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),
- erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),
- erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),
- treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),

## **Inhaltsfeld 4: Quantenphysik**

| <b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>   | <b>Mögliche Kontexte</b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Licht und Elektronen als Quantenobjekte</li><li>• Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</li><li>• Quantenphysik und klassische</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik</li><li>• Die Quantenphysik verändert das Weltbild</li><li>• Die Welt kleinster Dimensionen:</li></ul> |

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Physik   | Mikroobjekte und Quantentheorie |
| <p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b><br/> Lichtelektrischer Effekt, Lichtquantenhypothese<br/> Röntgenstrahlung<br/> Streuung und Beugung von Elektronen</p> <p><b>Basiskonzept Energie</b><br/> Lichtquanten,<br/> Planck'sches Wirkungsquantum<br/> Energiewerte im linearen Potentialtopf</p> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b><br/> Teilcheneigenschaften von Photonen<br/> Wellencharakter von Elektronen<br/> De Broglie-Hypothese<br/> Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit<br/> linearer Potentialtopf<br/> Heisenberg'sche Unschärferelation</p> |                                 |

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),
- beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),
- stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),
- erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3),
- erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),
- deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4),
- erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),
- erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),

- ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),
- beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur  $h$ -Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),
- diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6).

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),
- bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).

### Inhaltsfeld 5: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

| Inhaltliche Schwerpunkte   | Mögliche Kontexte  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau</li> <li>• Ionisierende Strahlung</li> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> <li>• Kernspaltung und Kernfusion</li> <li>• Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschichte der Atommodelle</li> <li>• Lichtquellen und ihr Licht</li> <li>• Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</li> <li>• (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</li> <li>• Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</li> <li>• Forschung an Teilchenbeschleunigern</li> </ul> |
| <p><b>Basiskonzept Wechselwirkung</b><br/>           Kernkräfte<br/>           Kettenreaktion<br/>           Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen<br/>           Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</p> <p><b>Basiskonzept Energie</b><br/>           Linienspektren<br/>           Energiequantelung der Hüllelektronen<br/>           Dosimetrie<br/>           Bindungsenergie<br/>           Äquivalenz von Masse und Energie</p> <p><b>Basiskonzept Struktur der Materie</b><br/>           Kern-Hülle-Modell<br/>           Bohr'sche Postulate<br/>           Strahlungsarten<br/>           Zerfallsprozesse<br/>           Massendefekt<br/>           Kernbausteine und Elementarteilchen</p> |  |

#### Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),
- stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7),
- benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),

- leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),
- entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),
- erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),
- vergleichen das Modell der Austauscheteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).

### Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

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

### Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),
- formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),
- bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),
- beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),
- beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),

- hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).

### **3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung**

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

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

Im 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 die gymnasiale Oberstufe (APO-GOSt) dargestellt. Demgemäß sind bei der Leistungsbewertung von Schülerinnen und Schülern erbrachte Leistungen in

den Beurteilungsbereichen „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ sowie „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ entsprechend den in der APO-GOST angegebenen Gewichtungen zu berücksichtigen. Dabei bezieht sich die Leistungsbewertung insgesamt auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kompetenzen und 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 Schülerinnen und Schüler 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 der gymnasialen Oberstufe 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-GOST. Abzüge für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit sollen nicht erfolgen, wenn diese bereits bei der Darstellungsleistung fachspezifisch berücksichtigt wurden.

In der Qualifikationsphase wird nach Festlegung durch die Schule eine Klausur durch eine Facharbeit ersetzt. Facharbeiten dienen dazu, die Schülerinnen und Schüler mit den Prinzipien und Formen selbstständigen, wissenschaftspropädeutischen Lernens vertraut zu machen. Die Facharbeit ist eine umfangreichere schriftliche Hausarbeit und selbstständig zu verfassen. Umfang und Schwierigkeitsgrad der Facharbeit sind so zu gestalten, dass sie ihrer Wertigkeit im Rahmen des Beurteilungsbereichs

„Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ gerecht wird. Grundsätze der Leistungsbewertung von Facharbeiten regelt die Schule. Die Verpflichtung zur Anfertigung einer Facharbeit entfällt bei Belegung eines Projektkurses.

- **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 der gymnasialen Oberstufe 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 Schülerin oder dem Schüler vorbereitete, in abgeschlossener Form eingebrachte Elemente zur Unterrichtsarbeit, die z.B. in Form von Präsentationen, Protokollen, Referaten und Portfolios möglich werden. Schülerinnen und Schüler bekommen durch die Verwendung 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 Schülerinnen und Schüler. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Schuljahres (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt.

- **Überprüfungsformen**

Die Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans ermöglichen eine Vielzahl von Überprüfungsformen. Im Verlauf der gesamten gymnasialen Oberstufe 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 Schülerinnen und Schüler zuvor im Rahmen von Anwendungssituationen hinreichend mit diesen vertraut machen konnten.

Die folgende Auflistung der Überprüfungsformen ist nicht abschließend.

| <b>Überprüfungsform</b>                         | <b>Beschreibung</b>  |
|---|--|
| Darstellungsaufgaben                            | Beschreibung und Erläuterung eines physikalischen Phänomens<br>Darstellung eines physikalischen Zusammenhangs<br>Bericht über Erfahrungen und Ereignisse, auch aus der Wissenschaftsgeschichte   |
| Experimentelle Aufgaben                         | qualitative Erkundung von Zusammenhängen<br>Messung physikalischer Größen<br>quantitative Untersuchung von Zusammenhängen<br>Prüfung von Hypothesen und theoretischen Modellen   |
| Aufgaben zur Datenanalyse                       | Aufbereitung und Darstellung von Daten<br>Beurteilung und Bewertung von Daten, Fehlerabschätzung<br>Prüfen von Datenreihen auf Trends und Gesetzmäßigkeiten<br>Auswertung von Daten zur Hypothesengenerierung<br>Videoanalysen   |
| Herleitungen mithilfe von Theorien und Modellen | Erklärung eines Zusammenhangs oder Überprüfung einer Aussage mit einer Theorie oder einem Modell<br>Vorhersage bzw. Begründung eines Ereignisses oder Ergebnisses aufgrund eines theoretischen Modells<br>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<br>Strukturierung und Aufbereitung recherchierter Informationen<br>Kriteriengestützte Bewertung von Informationen und Informationsquellen |
| Dokumentationsaufgaben | Protokolle von Experimenten und Untersuchungen<br>Dokumentation von Projekten<br>Portfolio   |
| Präsentationsaufgaben  | Vorführung / Demonstration eines Experiments<br>Vortrag, Referat<br>Fachartikel<br>Medienbeitrag (Text, Film, Podcast usw.)  |
| Bewertungsaufgaben     | Physikalische fundierte Stellungnahme zu (umstrittenen) Sachverhalten oder zu Medienbeiträgen<br>Abwägen zwischen alternativen wissenschaftlichen bzw. technischen Problemlösungen<br>Argumentation und Entscheidungsfindung in Konflikt- oder Dilemmasituationen                |

Aufgabenstellungen, die 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 die gymnasiale Oberstufe.

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 in der gymnasialen Oberstufe“ (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 Schülerinnen und Schüler

selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Für alle Fächer gilt, dass die Aufgabenstellungen in 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, die Vorgaben für die Bewertung

der Schülerleistungen 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 Schülerexperiments
- 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 Experimentes.

Wenn in den Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung ein Schülerexperiment vorgesehen ist, wird die Arbeitszeit um die Zeit zur Durchführung des Experimentes durch die Schülerinnen und Schüler 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 Kurshalbjahres beschränken. Die Berücksichtigung aller Anforderungsbereiche soll eine Beurteilung ermöglichen, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Auswahlmöglichkeiten für die Schülerin bzw. den Schüler bestehen nicht.

Der Erwartungshorizont ist zuvor mit dem Fachprüfungsausschuss abzustimmen.

Der Prüfling soll in der Prüfung, die 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 aneinander zu reihen.

Bei der Bewertung mündlicher Prüfungen liegen der im Fachprüfungsausschuss abgestimmte Erwartungshorizont sowie die eingangs dargestellten übergreifenden Kriterien zu Grunde. 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 Schülerexperiment vorgesehen ist, wird die Vorbereitungszeit um die festgelegte Zeit zur Durchführung des Experimentes durch die Schülerinnen und Schüler verlängert.

- **Besondere Lernleistung**

Schülerinnen und Schüler können in die Gesamtqualifikation eine besondere Lernleistung einbringen, die im Rahmen oder Umfang eines mindestens zwei Halbjahre umfassenden Kurses erbracht wird. Als besondere Lernleistung können ein umfassender Beitrag aus einem der von den Ländern geförderten Wettbewerbe, die Ergebnisse des Projektkurses oder eines umfassenden fachlichen oder fachübergreifenden Projektes gelten.

Die Absicht, eine besondere Lernleistung zu erbringen, muss spätestens zu Beginn des zweiten Jahres der Qualifikationsphase bei der Schule angezeigt werden. Die Schulleiterin oder der Schulleiter entscheidet in Abstimmung mit der Lehrkraft, die als Korrektor 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 Schülerinnen und Schüler beteiligt werden, muss die individuelle Schülerleistung erkennbar und bewertbar sein.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen:

Grundlage einer besonderen Lernleistung in Physik kann zum Beispiel die experimentelle Bearbeitung und Umsetzung einer Fragestellung mit Auswertung und Interpretation sein ebenso wie eine theoretisch-analytische Arbeit, bei der eine wissenschaftliche Theorie - auch historisch - bearbeitet wird. Solche Leistungen können auch im Rahmen eines Projektkurses entstehen. Ebenso kann ein umfassender Beitrag im Rahmen der Teilnahme an qualifizierten Wettbewerben (z.B. Jugend forscht, Physik-Olympiade) Grundlage einer besonderen Lernleistung sein.

## 5 Anhang

### Progressionstabelle zu den übergeordneten Kompetenzerwartungen

Die folgende Darstellung fasst die 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.

| <b>Umgang mit Fachwissen</b> | <b>Schülerinnen und Schüler können am Ende der Qualifikationsphase</b>   |
|------------------------------|--|
| UF1<br>Wiedergabe            | physikalische Phänomene und Sachverhalte im Zusammenhang mit Theorien, übergeordneten Prinzipien, Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,               |
| UF2<br>Auswahl               | zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, |
| UF3<br>Systematisierung      | physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,  |
| UF4<br>Vernetzung            | Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.   |

| <b>Erkenntnisgewinnung</b>           | <b>Schülerinnen und Schüler können am Ende der Qualifikationsphase</b>  |
|--------------------------------------|---|
| E1<br>Probleme und Fragestellungen   | in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,   |
| E2<br>Wahrnehmung und Messung        | kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,  |
| E3<br>Hypothesen                     | mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,  |
| E4<br>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<br>Auswertung              | Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,                        |
| E6<br>Modelle                 | Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen, |
| E7<br>Arbeits- und Denkweisen | naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.                     |

| <b>Kommunikation</b> | <b>Schülerinnen und Schüler können am Ende der Einführungsphase</b>   | <b>zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase</b>  |
|----------------------|---|--|
| K1<br>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,                             |
| K2<br>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<br>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<br>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.                      |

| <b>Bewertung</b> | <b>Schülerinnen und Schüler können am Ende der Einführungsphase</b> | <b>zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase</b> |
|------------------|---|---|
|------------------|---|---|

|                                 |   |   |
|---------------------------------|---|---|
| B1<br>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,  |
| B2<br>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<br>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<br>Möglichkeiten und Grenzen |   | begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.                        |