



Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe

BILDUNGSLAND
Hessen 

PHYSIK
Ausgabe 2016

Impressum

Hessisches Kultusministerium
Luisenplatz 10, 65185 Wiesbaden
Tel.: 0611 368-0
Fax: 0611 368-2096

E-Mail: poststelle.hkm@kultus.hessen.de
Internet: www.kultusministerium.hessen.de

Inhaltsverzeichnis

1	Die gymnasiale Oberstufe	4
1.1	Lernen in der gymnasialen Oberstufe	4
1.2	Strukturelemente des Kerncurriculums	6
1.3	Überfachliche Kompetenzen	7
2	Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches	10
2.1	Beitrag des Faches zur Bildung	10
2.2	Kompetenzmodell	11
2.3	Kompetenzbereiche	12
2.4	Strukturierung der Fachinhalte	14
3	Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte	18
3.1	Einführende Erläuterungen	18
3.2	Bildungsstandards	19
3.3	Kurshalbjahre und Themenfelder	24

Hinweis: Anregungen zur Umsetzung des Kerncurriculums im Unterricht sowie weitere Materialien abrufbar im Internet unter: www.kerncurriculum.hessen.de

1 Die gymnasiale Oberstufe

1.1 Lernen in der gymnasialen Oberstufe

Das Ziel der gymnasialen Oberstufe ist die Allgemeine Hochschulreife, die zum Studium an einer Hochschule berechtigt, aber auch den Weg in eine berufliche Ausbildung ermöglicht. Lernende, die die gymnasiale Oberstufe besuchen, wollen auf die damit verbundenen Anforderungen vorbereitet sein. Erwarten können sie daher einen Unterricht, der sie dazu befähigt, Fragen nach der Gestaltung des eigenen Lebens und der Zukunft zu stellen und orientierende Antworten zu finden. Sie erwarten Lernangebote, die in sinnstiftende Zusammenhänge eingebettet sind, in einem verbindlichen Rahmen eigene Schwerpunktsetzungen ermöglichen und Raum für selbstständiges Arbeiten schaffen. Mit diesem berechtigten Anspruch geht die Verpflichtung der Lernenden einher, die gebotenen Lerngelegenheiten in eigener Verantwortung zu nutzen und mitzugestalten. Lernen wird so zu einem stetigen, nie abgeschlossenen Prozess der Selbstbildung und Selbsterziehung, getragen vom Streben nach Autonomie, Bindung und Kompetenz. In diesem Verständnis wird die Bildung und Erziehung junger Menschen nicht auf zu erreichende Standards reduziert, vielmehr kann Bildung Lernende dazu befähigen, selbstbestimmt und in sozialer Verantwortung, selbstbewusst und resilient, kritisch-reflexiv und engagiert, neugierig und forschend, kreativ und genussfähig ihr Leben zu gestalten und wirtschaftlich zu sichern.

Für die Lernenden stellt die gymnasiale Oberstufe ein wichtiges Bindeglied dar zwischen einem zunehmend selbstständigen, dennoch geleiteten Lernen in der Sekundarstufe I und dem selbstständigen und eigenverantwortlichen Weiterlernen, wie es mit der Aufnahme eines Studiums oder einer beruflichen Ausbildung verbunden ist. Auf der Grundlage bereits erworbener Kompetenzen zielt der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe auf eine vertiefte Allgemeinbildung, eine allgemeine Studierfähigkeit sowie eine fachlich fundierte wissenschaftspropädeutische Bildung. Dabei gilt es in besonderem Maße, die Potenziale der Jugendlichen zu entdecken und zu stärken sowie die Bereitschaft zu beständigem Weiterlernen zu wecken, damit die jungen Erwachsenen selbstbewusste, ihre Neigungen und Stärken berücksichtigende Entscheidungen über ihre individuellen Bildungs- und Berufswege treffen können. Gleichermaßen bietet der Unterricht in der Auseinandersetzung mit ethischen Fragen die zur Bildung reflektierter Werthaltungen notwendigen Impulse – den Lernenden kann so die ihnen zukommende Verantwortung für Staat, Gesellschaft und das Leben zukünftiger Generationen bewusst werden. Auf diese Weise nimmt die gymnasiale Oberstufe den ihr in den §§ 2 und 3 des Hessischen Schulgesetzes (HSchG) aufgegebenen Erziehungsauftrag wahr.

Im Sinne konsistenter Bildungsbemühungen knüpft das Lernen in der gymnasialen Oberstufe an die Inhalte und die Lern- und Arbeitsweisen der Sekundarstufe I an und differenziert sie weiter aus. So zielt der Unterricht auf den Erwerb profunden Wissens sowie auf die Vertiefung bzw. Erweiterung von Sprachkompetenz, verstanden als das Beherrschen kulturell bedeutsamer Zeichensysteme. Der Unterricht fördert Team- und Kommunikationsfähigkeit, lernstrategische und wissenschaftspropädeutische Fähigkeiten und Fertigkeiten, um zunehmend selbstständig lernen zu können, sowie die Fähigkeit, das eigene Denken und Handeln zu reflektieren. Ein breites, in sich gut organisiertes und vernetztes sowie in unterschiedlichen Anwendungssituationen erprobtes Orientierungswissen hilft dabei, unterschiedliche, auch interkulturelle Horizonte des Weltverstehens zu erschließen. Daraus leiten sich die didaktischen Aufgaben der gymnasialen Oberstufe ab. Diese spiegeln sich in den Aktivitäten der Lernenden, wenn sie

Physik**gymnasiale Oberstufe**

- sich aktiv und selbstständig mit bedeutsamen Gegenständen und Fragestellungen zentraler Wissensdomänen auseinandersetzen,
- wissenschaftlich geprägte Kenntnisse für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen nutzen,
- Inhalte und Methoden kritisch reflektieren sowie Erkenntnisse und Erkenntnisweisen auswerten und bewerten,
- in kommunikativen Prozessen sowohl aus der Perspektive aufgeklärter Laien als auch aus der Expertenperspektive agieren.

Schulische Bildung eröffnet den Lernenden unterschiedliche Dimensionen von Erkenntnis und Verstehen. Bildungsprozesse zielen so auf die reflexive Beschäftigung mit verschiedenen „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“, für die – in flexibler bzw. mehrfacher Zuordnung – jeweils bestimmte Unterrichtsfächer und ihre Bezugswissenschaften stehen. Folgende vier Modi werden als orientierende Grundlage angesehen:

- (1) kognitiv-instrumentelle Modellierung der Welt (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften)
- (2) ästhetisch-expressive Begegnung und Gestaltung (Sprache / Literatur, Musik / bildende und theatrale Kunst / physische Expression)
- (3) normativ-evaluative Auseinandersetzung mit Wirtschaft und Gesellschaft (Geschichte, Politik, Ökonomie, Recht)
- (4) deskriptiv-exploratorische Begegnung und Auseinandersetzung mit existentiellen Fragen der Weltdeutung und Sinnfindung (Religion, Ethik, Philosophie)

Diese vier Modi folgen keiner Hierarchie und können einander nicht ersetzen. Jeder Modus bietet eine eigene Art und Weise, die Wirklichkeit zu konstituieren – aus einer jeweils besonderen Perspektive, mit den jeweils individuellen Erschließungsmustern und Erkenntnisräumen. Lehr-Lern-Prozesse initiieren die reflexive Begegnung mit diesen unterschiedlichen, sich ergänzenden Zugängen, womit das Ziel verbunden ist, den Lernenden Möglichkeiten für eine mehrperspektivische Betrachtung und Gestaltung von Wirklichkeit zu eröffnen.

In der Verschränkung mit den o. g. Sprachkompetenzen und lernstrategischen Fähigkeiten bilden diese vier Modi die Grundstruktur der Allgemeinbildung und geben damit einen Orientierungsrahmen für die schulische Bildung. Darauf gründen die Bildungsstandards, die am Ende der gymnasialen Oberstufe zu erreichen sind und als Grundlage für die Abiturprüfung dienen. Mit deren Bestehen dokumentieren die Lernenden, dass sie ihre fundierten Fachkenntnisse und Kompetenzen in innerfachlichen, fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen verständlich nutzen können.

In der Realisierung eines diesem Verständnis folgenden Bildungsanspruchs verbinden sich zum einen Erwartungen der Schule an die Lernenden, zum anderen aber auch Erwartungen der Lernenden an die Schule.

Den Lehrkräften kommt die Aufgabe zu,

- Lernende darin zu unterstützen, sich aktiv und selbstbestimmt die Welt fortwährend lernend zu erschließen, eine Fragehaltung zu entwickeln sowie sich reflexiv und zunehmend differenziert mit den unterschiedlichen Modi der Weltbegegnung und Welterschließung zu beschäftigen,
- Lernende mit Respekt, Geduld und Offenheit sowie durch Anerkennung ihrer Leistungen und förderliche Kritik darin zu unterstützen, in einer komplexen Welt mit Herausforderun-

Physik**gymnasiale Oberstufe**

gen wie fortschreitender Technisierung, beschleunigtem globalen Wandel, der Notwendigkeit erhöhter Flexibilität und Mobilität, diversifizierten Formen der Lebensgestaltung angemessen umgehen zu lernen sowie kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,

- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Aufgabe der Lernenden ist es,

- schulische Lernangebote als Herausforderungen zu verstehen und zu nutzen; dabei Disziplin und Durchhaltevermögen zu beweisen; das eigene Lernen und die Lernumgebungen aktiv mitzugestalten sowie eigene Fragen und Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten bewusst einzubringen und zu mobilisieren; sich zu engagieren und sich anzustrengen,
- Lern- und Beurteilungssituationen zum Anlass zu nehmen, ein an Kriterien orientiertes Feedback einzuholen, konstruktiv mit Kritik umzugehen, sich neue Ziele zu setzen und diese konsequent zu verfolgen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Die Entwicklung von Kompetenzen wird möglich, wenn Lernende sich mit komplexen und herausfordernden Aufgabenstellungen, die Problemlösen erfordern, auseinandersetzen, wenn sie dazu angeleitet werden, ihre eigenen Lernprozesse zu steuern sowie sich selbst innerhalb der curricularen und pädagogischen Rahmensetzungen Ziele zu setzen und damit an der Gestaltung des Unterrichts aktiv mitzuwirken. Solchermaßen gestalteter Unterricht bietet Lernenden Arbeitsformen und Strukturen, in denen sie wissenschaftspropädeutisches und berufsbezogenes Arbeiten in realitätsnahen Kontexten erproben und erlernen können. Es bedarf der Bereitstellung einer motivierenden Lernumgebung, die neugierig macht auf die Entdeckung bisher unbekanntes Wissens, in der die Suche nach Verständnis bestärkt und Selbstreflexion gefördert wird. Und es bedarf Formen der Instruktion, der Interaktion und Kommunikation, die Diskurs und gemeinsame Wissensaneignung, aber auch das Selbststudium und die Konzentration auf das eigene Lernen ermöglichen.

1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe formuliert Bildungsziele für fachliches (Bildungsstandards) und überfachliches Lernen sowie inhaltliche Vorgaben als verbindliche Grundlage für die Prüfungen im Rahmen des Landesabiturs. Die Leistungserwartungen werden auf diese Weise für alle, Lehrende wie Lernende, transparent und nachvollziehbar. Das Kerncurriculum ist in mehrfacher Hinsicht anschlussfähig: Es nimmt zum einen die Vorgaben in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) und den Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 18.10.2012 zu den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Deutsch und Mathematik sowie in der fortgeführten Fremdsprache (Englisch, Französisch) auf. Zum anderen setzt sich in Anlage und Aufbau des Kerncurriculums die Kompetenzorientierung, wie bereits im Kerncurriculum für die Sekundarstufe I umgesetzt, konsequent fort – modifiziert in Darstellungsformat und Präzisionsgrad der verbindlichen inhaltlichen Vorgaben gemäß den Anforderungen in der gymnasialen Oberstufe und mit Blick auf die Abiturprüfung.

Das pädagogisch-didaktische Konzept der gymnasialen Oberstufe in Hessen, wie in Abschnitt 1.1 gekennzeichnet, bildet den Legitimationszusammenhang für das auf den Erwerb

von Kompetenzen ausgerichtete Kerncurriculum mit seinen curricularen Festlegungen. Dies spiegelt sich in den einzelnen Strukturelementen wider:

Überfachliche Kompetenzen (Abschn. 1.3): Bildung, verstanden als sozialer Prozess fortwährender Selbstbildung und Selbsterziehung, zielt auf fachlichen und überfachlichen Kompetenzerwerb gleichermaßen. Daher sind im Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe neben den fachlichen Leistungserwartungen zunächst die wesentlichen Dimensionen und Aspekte überfachlicher Kompetenzentwicklung beschrieben.

Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches (Abschn. 2): Der „Beitrag des Faches zur Bildung“ (Abschn. 2.1) beschreibt den Bildungsanspruch und die wesentlichen Bildungsziele des Faches. Dies spiegelt sich in den Kompetenzbereichen (Abschn. 2.2 bzw. Abschn. 2.3 Naturwissenschaften, Mathematik, Informatik) und der Strukturierung der Fachinhalte (Abschn. 2.3 bzw. Abschn. 2.4 Naturwissenschaften, Mathematik, Informatik) wider. Die didaktischen Grundlagen, durch den Bildungsbeitrag fundiert, bilden ihrerseits die Bezugsfolie für die Konkretisierung in Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte.

Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte (Abschn. 3): Bildungsstandards weisen die Erwartungen an das fachbezogene Können der Lernenden am Ende der gymnasialen Oberstufe aus (Abschn. 3.2). Sie konkretisieren die Kompetenzbereiche und zielen grundsätzlich auf kritische Reflexionsfähigkeit sowie den Transfer bzw. das Nutzen von Wissen für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen. In den vier Fächern, für die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der KMK vom 18.10.2012) vorliegen, werden diese i. d. R. wörtlich übernommen.

Die Lernenden setzen sich mit geeigneten und repräsentativen Lerninhalten und Themen, deren Sachaspekten und darauf bezogenen Fragestellungen auseinander und entwickeln auf diese Weise die in den Bildungsstandards formulierten fachlichen Kompetenzen. Entsprechend gestaltete Lernarrangements zielen auf den Erwerb jeweils bestimmter Kompetenzen aus i. d. R. unterschiedlichen Kompetenzbereichen. Auf diese Weise können alle Bildungsstandards mehrfach und in unterschiedlichen inhaltlichen Zusammenhängen erarbeitet werden. Hieraus erklärt sich, dass Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte nicht bereits im Kerncurriculum miteinander verknüpft werden, sondern dies erst sinnvoll auf der Unterrichtsebene erfolgen kann.

Die Lerninhalte sind in unmittelbarer Nähe zu den Bildungsstandards in Form verbindlicher Themen der Kurshalbjahre, gegliedert nach Themenfeldern, ausgewiesen (Abschn. 3.3). Hinweise zur Verbindlichkeit der Themenfelder finden sich im einleitenden Text zu Abschnitt 3.3 sowie in jedem Kurshalbjahr. Die Thematik eines Kurshalbjahres wird jeweils in einem einführenden Text skizziert und begründet. Im Sinne eines Leitgedankens stellt er die einzelnen Themenfelder in einen inhaltlichen Zusammenhang und zeigt Schwerpunktsetzungen für die Kompetenzanbahnung auf. Die Lerninhalte sind immer rückgebunden an die übergeordneten Erschließungskategorien bzw. Wissensdimensionen des Faches, um einen strukturier-ten und systematischen Wissensaufbau zu gewährleisten.

1.3 Überfachliche Kompetenzen

Für Lernende, die nach dem erfolgreichen Abschluss der gymnasialen Oberstufe ein Studium oder eine Berufsausbildung beginnen und die damit verbundenen Anforderungen erfolgreich meistern wollen, kommt dem Erwerb all jener Kompetenzen, die über das rein Fachliche hinausgehen, eine fundamentale Bedeutung zu – nur in der Verknüpfung mit personalen und sozialen Kompetenzen kann sich fachliche Expertise adäquat entfalten.

Physik

gymnasiale Oberstufe

Daher liegt es in der Verantwortung aller Fächer, dass Lernende im fachgebundenen wie auch im projektorientiert ausgerichteten fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht ihre überfachlichen Kompetenzen weiterentwickeln können, auch im Hinblick auf eine kompetenz- und interessenorientierte sowie praxisbezogene Studien- und Berufsorientierung. Dabei kommt den Fächern Politik und Wirtschaft sowie Deutsch als „Kernfächer“ eine besondere Verantwortung zu, Lernangebote bereitzustellen, die den Lernenden die Möglichkeit eröffnen, ihre Interessen und Neigungen zu entdecken und die gewonnenen Informationen mit Blick auf ihre Ziele zu nutzen.

Überfachliche Kompetenzen umspannen ein weites Spektrum: Es handelt sich dabei um Fähigkeiten und Fertigkeiten genauso wie um Haltungen und Einstellungen. Mit ihnen stehen kulturelle Werkzeuge zur Verfügung, in denen sich auch normative Ansprüche widerspiegeln.

Im Folgenden werden die anzustrebenden überfachlichen Kompetenzen in sich ergänzenden und ineinandergreifenden gleichrangigen Dimensionen beschrieben:

Soziale Kompetenzen: sich verständigen und kooperieren; Verantwortung übernehmen und Rücksichtnahme praktizieren; im Team agieren; Konflikte aushalten, austragen und lösen; andere Perspektiven einnehmen; von Empathie geleitet handeln; sich durchsetzen; Toleranz üben; Zivilcourage zeigen: sich einmischen und in zentralen Fragen das Miteinander betreffend Stellung beziehen

Personale Kompetenzen: eigenständig und verantwortlich handeln und entscheiden; widerstandsfähig und widerständig sein; mit Irritationen umgehen; Dissonanzen aushalten; sich zutrauen, die eigene Person und inneres Erleben kreativ auszudrücken; divergent denken; fähig sein zu naturbezogenem sowie ästhetisch ausgerichtetem Erleben; sensibel sein für eigene Körperlichkeit und psychische Verfasstheit

Sprachkompetenzen (im Sinne eines erweiterten Sprachbegriffs): unterschiedliche Zeichensysteme beherrschen (*literacy*): Verkehrssprache, Mathematik, Fremdsprachen, Naturwissenschaften, symbolisch-analoges Sprechen (wie etwa in religiösen Kontexten), Ästhetik, Informations- und Kommunikationstechnologien; sich in den unterschiedlichen Symbol- und Zeichengefügen ausdrücken und verständigen; Übersetzungsleistungen erbringen: Verständigung zwischen unterschiedlichen Sprachniveaus und Zeichensystemen ermöglichen

Wissenschaftspropädeutische Kompetenzen: fachliches Wissen nutzen und bewerten; die Perspektivität fachlichen Wissens reflektieren; Verfahren und Strategien der Argumentation anwenden; Zitierweisen beherrschen; Verständigung zwischen Laien und Experten initiieren und praktizieren; auf einem entwickelten / gesteigerten Niveau abstrahieren; in Modellen denken und modellhafte Vorstellungen als solche erkennen

Selbstregulationskompetenzen: Wissen unter Nutzung von Methoden der Selbstregulation erwerben; Lernstrategien sowohl der Zielsetzung und Zielbindung als auch der Selbstbeobachtung (*self-monitoring*) anwenden; Probleme im Lernprozess wahrnehmen, analysieren und Lösungsstrategien entwickeln; eine positive Fehler-Kultur aufbauen; mit Enttäuschungen und Rückschlägen umgehen; sich im Spannungsverhältnis zwischen Fremd- und Selbstbestimmung orientieren

Involvement: sich (auf etwas) einlassen; für eine Sache fiebern; sich motiviert fühlen und andere motivieren; von epistemischer Neugier geleitete Fragen formulieren; sich vertiefen, etwas herausbekommen, einer Sache / Fragestellung auf den Grund gehen; etwas vollenden; (etwas) durchhalten; eine Arbeitshaltung kultivieren (sich Arbeitsschritte vornehmen, Arbeitserfolg kontrollieren)

Physik

gymnasiale Oberstufe

Wertbewusste Haltungen: um Kategorien wie Respekt, Gerechtigkeit, Fairness, Kostbarkeit, Eigentum und deren Stellenwert für das Miteinander wissen; friedliche Gesinnung im Geiste der Völkerverständigung praktizieren, ethische Normen sowie kulturelle und religiöse Werte kennen, reflektieren und auf dieser Grundlage eine Orientierung für das eigene Handeln gewinnen; demokratische Normen und Werthaltungen im Sinne einer historischen Welt-sicht reflektieren und Rückschlüsse auf das eigene Leben in der Gemeinschaft ziehen; selbstbestimmt urteilen und handeln

Interkulturelle Kompetenz (im Sinne des Stiftens kultureller Kohärenz): Menschen aus verschiedenen soziokulturellen Kontexten und Kulturen vorurteilsfrei und im Handeln reflektiert begegnen; sich kulturell unterschiedlich geprägter Identitäten, einschließlich der eigenen, bewusst sein; die unverletzlichen und unveräußerlichen Menschenrechte achten und sich an den wesentlichen Traditionen der Aufklärung orientieren; wechselnde kulturelle Perspektiven einnehmen, empathisch und offen das Andere erleben; Ambiguitätstoleranz üben

Mit Blick auf gesellschaftliche Entwicklungen und die vielfältigen damit verbundenen Herausforderungen für junge Erwachsene zielt der Erwerb fachlicher und überfachlicher Kompetenzen insbesondere auf die folgenden drei Dimensionen, die von übergreifender Bedeutung sind:

Demokratie und Teilhabe / zivilgesellschaftliches Engagement: sozial handeln, politische Verantwortung übernehmen; Rechte und Pflichten in der Gesellschaft wahrnehmen; sich einmischen, mitentscheiden und mitgestalten; sich persönlich für das Gemeinwohl engagieren (aktive Bürgerschaft); Fragen des Zusammenlebens der Geschlechter / Generationen / sozialen Gruppierungen reflektieren; Innovationspotenzial zur Lösung gesellschaftlicher Probleme des sozialen Miteinanders entfalten und einsetzen; entsprechende Kriterien des Wünschenswerten und Machbaren differenziert bedenken

Nachhaltigkeit / Lernen in globalen Zusammenhängen: globale Zusammenhänge bezogen auf ökologische, soziale und ökonomische Fragestellungen wahrnehmen, analysieren und darüber urteilen; Rückschlüsse auf das eigene Handeln ziehen; sich mit den Fragen, die im Zusammenhang des wissenschaftlich-technischen Fortschritts aufgeworfen werden, auseinandersetzen; sich dem Diskurs zur nachhaltigen Entwicklung stellen, sich für nachhaltige Entwicklung engagieren

Selbstbestimmtes Leben in der mediatisierten Welt: den Einfluss von digitaler Kommunikation auf eigenes Erleben und persönliche Erfahrungen wahrnehmen und reflektieren; den medialen Einfluss auf Alltag und soziale Beziehungen sowie Kultur und Politik wahrnehmen, analysieren und beurteilen, damit verbundene Chancen und Risiken erkennen; Unterschiede zwischen unmittelbaren persönlichen Erfahrungen und solchen in „digitalen Welten“ identifizieren und auch im „online-Modus“ ethisch verantwortungsvoll handeln; einen selbstbestimmten Umgang mit sozialen Netzwerken im Spannungsfeld zwischen Wahrung der Privatsphäre und Teilhabe an einer globalisierten Öffentlichkeit praktizieren; in der mediatisierten Welt eigene Interessen und Bedürfnisse wahrnehmen

2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches

2.1 Beitrag des Faches zur Bildung

Die naturwissenschaftlichen Fächer befassen sich mit der kognitiv-instrumentellen Modellierung der Welt als einem Modus der Weltbegegnung und des Weltverstehens (vgl. Abschn. 1.1). Sie umfassen damit die empirisch erfassbare, in formalen Strukturen beschreibbare und durch Technik gestaltbare Wirklichkeit sowie die Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die ihrer Erschließung und Gestaltung dienen.

Naturwissenschaftliche Bildung gehört zu den konstitutiven Bestandteilen unserer Kultur und umfasst grundlegende und spezifische Denkstrukturen und Sichtweisen, die eine differenzierte Betrachtung der natürlichen und technischen Umwelt in ihrer Beziehung zum Menschen ermöglicht. Sie befähigt die Lernenden, ihre Umwelt in einer naturwissenschaftlichen Perspektive zu erschließen und in ihr reflektiert zu handeln. Naturwissenschaftliche Bildung ist daher eine Voraussetzung für eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung. Sie leistet einen essentiellen Beitrag für die persönliche Entwicklung des Einzelnen und kann anschlussfähige Grundlagen für ein Lernen in Beruf und Studium sowie Perspektiven für den späteren Werdegang eröffnen. In der gymnasialen Oberstufe beinhaltet die naturwissenschaftliche Bildung das Verständnis für den Vorgang der Abstraktion und Idealisierung, die Fähigkeit zu empirisch begründeten Schlussfolgerungen, Sicherheit im Umgang mit Kalkülen, Einsichten in die Mathematisierung von Sachverhalten und die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur sowie das Verständnis naturwissenschaftlicher Theorien in ihrer Funktion der Beschreibung und Erklärung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge.

Im Fach Physik erlangen die Lernenden grundlegende Einsichten in den Aufbau und damit in die innere Struktur der materiellen Welt sowie in die gesetzmäßige, räumliche und auch zeitliche Interdependenz ihrer Teile. Die Physik bemüht sich darum, naturwissenschaftliche Aussagen über die Beschaffenheit der Welt zu formulieren, die unabhängig von der soziokulturellen Entwicklung einer Gesellschaft ist. Physikalische Bildung ermöglicht neben einem tieferen Verständnis der unbelebten Natur auch eine reflektierte Einschätzung der Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und dient dem verantwortungsbewussten gesellschaftlichen Handeln. Dies bedeutet, auf Basis eines grundlegenden Wissens über Physik und Technik gesellschaftliche Probleme naturwissenschaftlichen Inhalts verstehen und entsprechend handeln zu können. Physikalische Bildung ermöglicht dem Individuum, an sachbezogenen öffentlichen Diskussionen zu physikalischen Technologien teilzunehmen und an demokratischen Entscheidungsprozessen teilzuhaben.

Im Fach Physik setzen sich die Lernenden mit physikalischen Inhalten auseinander, nutzen Modelle und Theorien zur Erklärung physikalischer Phänomene, verwenden Methoden angemessen und vertiefen so ihr Verständnis der Naturwissenschaft Physik und ihrer besonderen Struktur. Sie verstehen die Beobachtung als selektives Wahrnehmen, beurteilen physikalische Messmethoden und Nachweise in ihrer Reichweite und Zuverlässigkeit, lernen mit der physikalischen Systematik umzugehen und sich mit der wissenschaftlichen Arbeitsweise auseinanderzusetzen. Dies zielt darauf, dass die Lernenden die Auswirkungen der aus physikalischen Erkenntnissen hervorgegangenen technischen Entwicklungen auf verschiedene Lebensbereiche einschätzen können. Damit verbunden ist die Einsicht, dass Physik und Technik infolge ihrer mitunter rasanten Entwicklung das zunehmend technisierte Leben

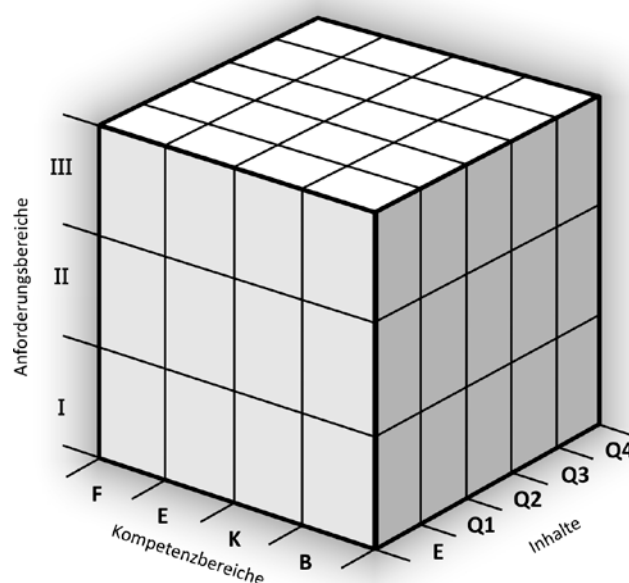
in einer modernen Gesellschaft prägen und Eingang in viele berufliche Tätigkeitsfelder gefunden haben und zunehmend finden werden.

Wesentliches Anliegen des Physikunterrichts ist neben dem Erwerb fachlicher (vgl. Abschn. 3.2) und überfachlicher Kompetenzen (vgl. Abschn. 1.3) im Besonderen die Betrachtung exemplarischer Unterrichtsgegenstände (vgl. Abschn. 3.3) mit der Maßgabe, deren verschiedene, sich ergänzende fachliche Aspekte (vgl. Abschn. 3.2) in ein schlüssiges Gesamtbild zu fügen. Darüber hinaus eröffnet den Lernenden das fachübergreifende und fächerverbindende Lernen ein Verstehen in größeren Sinnzusammenhängen mit dem Ziel der reflexiven Beschäftigung mit den verschiedenen Modi der Weltbegegnung und des Weltverstehens (vgl. Abschn. 1.1).

2.2 Kompetenzmodell

Das Kompetenzmodell in den naturwissenschaftlichen Fächern umfasst wesentliche Kernbereiche der fachspezifischen Unterrichtsgegenstände und unterstützt die Übersetzung von Bildungszielen in Unterrichtsvorhaben und in Aufgabenstellungen für Prüfungen. Es stellt somit ein Bindeglied zwischen Bildungszielen und Aufgaben im Unterricht bzw. in Prüfungssituationen dar. Die Unterscheidung von drei Dimensionen ist sowohl bei der Konstruktion neuer als auch bei der Analyse gegebener Aufgaben hilfreich. Im Kompetenzmodell der naturwissenschaftlichen Fächer wird unterschieden zwischen

- den **Kompetenzbereichen** (Abschn. 2.3 und 3.2), die wesentliche Bereiche naturwissenschaftsbezogenen Arbeitens und Reflektierens beschreiben,
- den **Inhalten** (Abschn. 3.3), die sich auf spezifische inhaltliche Bereiche der jeweiligen Naturwissenschaft beziehen und in Themenfelder gegliedert sind, sowie
- den **Anforderungsbereichen**, die den kognitiven Anspruch an kompetenzbezogene Tätigkeiten ausweisen.



Kompetenzmodell in den naturwissenschaftlichen Fächern

Die **Kompetenzbereiche** sind in Teilbereiche gegliedert (vgl. Abschn. 2.3). Für jeden Teilbereich werden abschlussbezogene Bildungsstandards in Form von Regelstandards (vgl. Abschn. 3.2) angegeben.

Die **Inhalte** sind in Themenfeldern gefasst, welche den inhaltlichen Kern der jeweiligen Kurshalbjahre (vgl. Abschn. 3.3) bilden. Für die Einführungsphase werden die Themen der beiden Kurshalbjahre zusammengefasst. Für die Qualifikationsphase sind die angegebenen Themen zeitlich konkreten Kurshalbjahren zugeordnet. Innerhalb der Themenfelder der Qualifikationsphase ist eine Niveaudifferenzierung in Grund- und Leistungskurs im Rahmen der inhaltlichen Angaben ausgewiesen. Zudem sind für die Kurshalbjahre verbindliche Bezüge zu den Basiskonzepten (vgl. Abschn. 2.4) herzustellen.

Die **Anforderungsbereiche** dienen dazu, den kognitiven Anspruch an kompetenzbezogene Tätigkeiten der Lernenden in Prüfungsaufgaben, wie z. B. in den mündlichen und schriftlichen Abiturprüfungen oder den schriftlichen Leistungsnachweisen, möglichst differenziert zu erfassen.

2.3 Kompetenzbereiche

Naturwissenschaftliches Arbeiten erfolgt in den Fächern Biologie, Chemie und Physik nach ähnlichen Prinzipien. Um diese Gemeinsamkeiten zu verdeutlichen und Anhaltspunkte für fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten in den Naturwissenschaften zu geben, sind die Kompetenzbereiche, ihre Teilbereiche und die zugehörigen Bildungsstandards in den Fächern Biologie, Chemie und Physik gleichlautend formuliert. Die Bildungsstandards sind fachspezifisch zu interpretieren. Vervollständigt und konkretisiert werden die Angaben daher ggf. durch weitere fachspezifische Beschreibungen in den Teilbereichen, die für das jeweilige Fach charakteristische Aspekte erfassen und somit das fachliche Profil verdeutlichen.

Ausrichtung und Benennung der Kompetenzbereiche und Teilbereiche greifen die Gliederung aus den Kerncurricula der naturwissenschaftlichen Fächer für die Sekundarstufe I¹ auf und entwickeln diese spezifisch für die gymnasiale Oberstufe weiter. Dabei werden die Vorgaben der „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung“ (EPA) für die Fächer Biologie, Chemie und Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i. d. F. vom 05.02.2004) zugrunde gelegt.

In der gymnasialen Oberstufe erfolgt der Kompetenzerwerb der Lernenden aufbauend auf den in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen. Die in Abschnitt 3.2 aufgeführten Bildungsstandards (allgemeine fachliche Kompetenzen) sind abschlussbezogen formuliert. Damit Lernende diese verbindlichen Könnenserwartungen erfüllen können, ist der fachbezogene Kompetenzerwerb über die gesamte Lernzeit der gymnasialen Oberstufe zu fördern.

Insgesamt sind die Bildungsstandards so formuliert, dass sie bezüglich der konkreten Lerninhalte variabel interpretiert werden können. In Lern- und Prüfungssituationen ist die inhaltliche Anbindung der Kompetenzen entsprechend dem Kompetenzmodell (vgl. Abschn. 2.2) durch die ausgewiesenen Inhalte der Kurshalbjahre (vgl. Abschn. 3.3) gegeben.

¹ Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I / Gymnasium. Physik

Physik

gymnasiale Oberstufe

Unterschiedliche Anforderungen innerhalb der Bildungsstandards für den Grundkurs und den Leistungskurs ergeben sich durch die in Abschnitt 3.3 genannten Aspekte und vertiefenden Inhalte in den Themenfeldern.

Es ist weder möglich noch beabsichtigt, die Bildungsstandards scharf voneinander abzugrenzen. Vielmehr ist es charakteristisch für naturwissenschaftliches Arbeiten, dass mehrere Kompetenzen im Verbund benötigt werden. Sie werden in ihrer Gesamtheit von den Lernenden in aktiver Auseinandersetzung mit vielfältigen fachlichen Inhalten erworben, welche in Abschnitt 3.3 für die Kurshalbjahre beschrieben sind und fachübergreifende sowie fächerverbindende Aspekte berücksichtigen.

Die folgende Tabelle stellt die in den naturwissenschaftlichen Fächern einheitlichen Kompetenzbereiche und Teilbereiche (diese mit Kennziffern versehen) im Überblick dar.

Kompetenzbereiche	Teilbereiche	
Erarbeitung und Anwendung fachlicher Kenntnisse	F1	fachliche Kenntnisse konzeptbezogen darstellen, strukturieren und vernetzen
	F2	naturwissenschaftliche Definitionen, Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Theorien erarbeiten und anwenden
Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden	E1	naturwissenschaftliche Untersuchungen planen, durchführen, auswerten und Ergebnisse interpretieren
	E2	naturwissenschaftliche Modelle erarbeiten und in ihren Gültigkeitsbereichen anwenden
	E3	den Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung reflektieren und die Naturwissenschaften als wissenschaftliche Disziplin charakterisieren
Kommunikation in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen	K1	Informationen zu naturwissenschaftlichen Zusammenhängen erschließen
	K2	naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte dokumentieren und präsentieren
	K3	fachlich kommunizieren und argumentieren
Bewertung und Reflexion	B1	fachbezogene Sachverhalte in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen sachgerecht beurteilen und bewerten
	B2	naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte unter Berücksichtigung persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Aspekte reflektieren

Kompetenzerwerb in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen

Fachübergreifende und fächerverbindende Lernformen ergänzen fachliches Lernen in der gymnasialen Oberstufe und sind unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts (vgl. § 7 Abs. 7 OAVO²). In diesem Zusammenhang gilt es insbesondere auch, die Kompetenzbereiche der Fächer zu verbinden und dabei zugleich die Dimensionen überfachlichen Lernens sowie die besonderen Bildungs- und Erziehungsaufgaben, erfasst in Aufgabengebieten (vgl. § 6 Abs. 4 HSchG), zu berücksichtigen. So können Synergiemöglichkeiten ermittelt und genutzt werden. Für die Lernenden ist diese Vernetzung zugleich Voraussetzung und Bedingung dafür, Kompetenzen in vielfältigen und vielschichtigen inhaltlichen Zusammenhängen und Anforderungssituationen zu erwerben.

Damit sind zum einen Unterrichtsvorhaben gemeint, die mehrere Fächer gleichermaßen berühren und unterschiedliche Zugangsweisen der Fächer integrieren. So lassen sich z. B. in Projekten – ausgehend von einer komplexen problemhaltigen Fragestellung – fachübergreifend und fächerverbindend und unter Bezugnahme auf die drei herausgehobenen überfachlichen Dimensionen komplexere inhaltliche Zusammenhänge und damit Bildungsstandards aus den unterschiedlichen Kompetenzbereichen der Fächer erarbeiten (vgl. Abschn. 1.3). Zum anderen können im Fachunterricht Themenstellungen bearbeitet werden, die – ausgehend vom Fach und einem bestimmten Themenfeld – auch andere, eher benachbarte Fächer berühren. Dies erweitert und ergänzt die jeweilige Fachperspektive und trägt damit zum vernetzten Lernen bei.

2.4 Strukturierung der Fachinhalte

Die Fachinhalte sind in Themen der Kurshalbjahre und Themenfelder strukturiert und nehmen Bezug auf Basiskonzepte. Basiskonzepte beschreiben themenverbindende, übergeordnete Regeln, Prinzipien und Erklärungsmuster, um vielfältige fachliche Sachverhalte sinnvoll einordnen und vernetzen zu können. Sie können einen systematischen Wissensaufbau unter fachlicher und lebensweltlicher Perspektive begünstigen. Mit ihrer Hilfe sind die Lernenden in der Lage, detailliertes Fachwissen in größere Zusammenhänge einzuordnen. Sie bieten den Lernenden eine Orientierung in einer Welt mit ständig neuen Erkenntnissen und Herausforderungen.

Die Basiskonzepte werden aus den einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i. d. F. vom 05.02.2004) übernommen. Sie sind anschlussfähig an die Basiskonzepte und Inhaltsfelder der Sekundarstufe I.³

Im Fach Physik werden folgende Basiskonzepte unterschieden:

Erhaltungsgrößen (Sek. I: Energie)**Felder und Kräfte (Sek. I: Wechselwirkung)****System****Materie**

² Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung

³ vgl. Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I / Gymnasium. Physik

Physik**gymnasiale Oberstufe**

Im folgenden Abschnitt werden die Basiskonzepte näher erläutert und neben einer fachlichen Beschreibung exemplarisch Anwendungssituationen aufgeführt. Weiterhin werden zu jedem Basiskonzept Kurshalbjahre benannt, in denen das jeweilige Basiskonzept vertiefend zu erarbeiten ist.

Insgesamt sollen die Basiskonzepte im Unterricht transparent und präsent sein, um ein tragfähiges Gerüst für Wissensnetze aufzubauen und bereitstellen zu können.

Erhaltungsgrößen

Die Formulierung von Erhaltungssätzen und die Bestimmung von Erhaltungsgrößen gehören zu den zentralen Leistungen der Physik. Das Verständnis von Energie und deren Erhaltung ist ein wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung. Neben der Energieerhaltung bedarf es zur Erklärung von physikalischen Phänomenen weiterer Erhaltungssätze.

Mittels des Begriffs der Energie können Aussagen über den Zustand eines Systems gemacht werden. Mithilfe des Konzeptes der Energieerhaltung können Aussagen über die Änderung des Zustands eines Systems getroffen und dafür Gesetzmäßigkeiten formuliert werden.

Energie kann umgesetzt, jedoch nicht erzeugt oder verbraucht werden. Jede Änderung eines Zustandes ist mit dem Umsatz von Energie verbunden. Während der meisten Umwandlungen von Energie entsteht auch Wärme (Entwertung).

Schwerpunkte in den Kurshalbjahren:

E1/E2: Newton'sche Axiome und Erhaltungssätze

Q2: harmonische Schwingung

Felder und Kräfte

Mechanische Wirkungen wie z. B. die Deformation oder die Änderung eines Bewegungszustandes können makroskopisch über auf Massen wirkende Kräfte erklärt werden. Für die Formulierung funktionaler Zusammenhänge zwischen Kräften und ihren Wirkungen sind die Newton'sche Axiome der Mechanik von besonderer Bedeutung. Diese beschreiben die Wechselwirkung zwischen Massen und ermöglichen allgemeingültige Vorhersagen der Wirkung von Kräften.

Die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung lassen sich jedoch oft nicht direkt beobachten, sondern müssen gedeutet werden. In der Physik sind hierzu vier fundamentale Wechselwirkungen bekannt, mit deren Hilfe sich nach heutigem Wissensstand alle bekannten physikalischen Phänomene beschreiben lassen: Gravitation, elektromagnetische, schwache und starke Wechselwirkung.

Die bei solchen Wechselwirkungen auftretenden Kräfte werden über Felder vermittelt. In der gymnasialen Oberstufe werden die Lernenden an dieses Konzept herangeführt. Felder füllen den Raum zwischen den wechselwirkenden Körpern aus und vereinheitlichen die unterschiedlichen historischen Ansätze. Die Stärke eines Feldes wird über die Kraft auf einen Probekörper definiert.

Schwerpunkte in den Kurshalbjahren:

Q1: elektrisches Feld, magnetisches Feld

Q2: Schwingungen und Wellen

Physik**gymnasiale Oberstufe****System**

Ein System ist eine strukturierte Einheit. Sie umfasst miteinander wechselwirkende Komponenten. Aus makroskopischer Sicht besitzt ein System Eigenschaften als Ganzes. Die mikroskopische Sicht betrachtet die Eigenschaften der Komponenten und ihr Zusammenwirken. In der Regel gehen die Eigenschaften des Systems über die Summe der Eigenschaften der einzelnen Komponenten hinaus.

Physikalische Systeme sind meist offen, d. h. sie stehen in Wechselwirkung mit ihrer Umgebung. Um aber Prozesse innerhalb des Systems modellhaft beschreiben zu können, wird diese Wechselwirkung vernachlässigt (Idealisierung). Solche Systeme werden als abgeschlossen bezeichnet.

Physikalische Systeme können stationäre Zustände (Gleichgewichtszustände) besitzen. Offene Systeme können sich mit ihrer Umgebung in einem durch Austauschprozesse bestimmten dynamischen Gleichgewicht befinden. Störungen dieses Gleichgewichts verursachen typischerweise Veränderungen innerhalb des Systems. Aus makroskopischer Sicht lassen sich auch ohne Kenntnis der Abläufe innerhalb des Systems Gesetzmäßigkeiten, die zwischen äußeren Einflüssen und den Reaktionen des Systems bestehen, beschreiben.

Viele alltägliche Beobachtungen lassen sich durch den systemischen Blick einfacher beschreiben und verstehen, da hierzu die Erklärung der Funktionsweisen der Subsysteme nicht zwingend notwendig ist. So ist es z. B. für die Gasgesetze nicht nötig, die Bewegungen und Stöße der einzelnen Moleküle zu betrachten. Unter Betrachtung der jeweiligen Komponente als systemische Einheit lässt sich ihre Funktionsweise näher untersuchen und es können die Funktionen der verschiedenen Komponenten in Form von z. B. Impuls- und Energieübertragungsketten in einen Zusammenhang gebracht werden. So erfordert die in der Sekundarstufe I eingeführte Energiebetrachtung von Anfang an eine systemische Sicht. Im Laufe des Physikunterrichts wird die systemische Sicht durch die Betrachtung zunehmend komplexerer Probleme weiterentwickelt.

Schwerpunkte in den Kurshalbjahren:

E1/E2: Newton'sche Axiome und Erhaltungssätze

Q3: Quanten- und Atomphysik

Materie

Materie ist strukturiert. Modelle des Aufbaus der Materie sind eine Grundlage für das Verständnis vieler physikalischer und chemischer Phänomene.

Der Ursprung, die Eigenschaften, die Zusammensetzung und die Veränderungen von Materie gehören zu den grundlegenden Fragestellungen der Physik. Das Basiskonzept Materie fasst die wesentlichen Phänomene, experimentellen Befunde, systemischen Überlegungen und Modelle zusammen, welche in den Naturwissenschaften zur heutigen Vorstellung vom Aufbau der Materie sowie von den Wechselwirkungen zwischen den die Materie aufbauenden kleinen Teilchen geführt haben.

Stoffe lassen sich aufgrund ihrer makroskopischen Eigenschaften (z. B. Aggregatzustand, Dichte, Schmelz- und Siedetemperatur, spezifische Leitfähigkeit, magnetische Permeabilität) klassifizieren. Diese Eigenschaften können von äußeren Bedingungen abhängen (z. B. von Temperatur oder Druck). Sie lassen sich dadurch erklären, dass die Stoffe aus Atomen aufgebaut sind, die auf unterschiedliche Weise miteinander wechselwirken.

Physik**gymnasiale Oberstufe**

Eine besondere Rolle spielen in der Physik die festen Körper. Die Untersuchung elementarer elektrischer Erscheinungen wie der elektrostatischen Aufladung legt nahe, dass Atome aus elektrisch positiv und negativ geladenen Bestandteilen aufgebaut sind.

Schwerpunkte im Kurshalbjahr:

Q3: Quanten- und Atomphysik

3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte

3.1 Einführende Erläuterungen

Nachfolgend werden die am Ende der gymnasialen Oberstufe erwarteten fachlichen Kompetenzen in Form von Bildungsstandards, gegliedert nach Kompetenzbereichen (Abschn. 3.2), sowie die verbindlichen Unterrichtsinhalte (Abschn. 3.3), thematisch strukturiert in Kurshalbjahre und Themenfelder, aufgeführt. Diese sind durch verbindlich zu bearbeitende inhaltliche Aspekte konkretisiert und durch ergänzende Erläuterungen didaktisch fokussiert.

Im Unterricht werden Bildungsstandards und Themenfelder so zusammengeführt, dass die Lernenden in unterschiedlichen inhaltlichen Kontexten die Bildungsstandards – je nach Schwerpunktsetzung – erarbeiten können. Mit wachsenden Anforderungen an die Komplexität der Zusammenhänge und kognitiven Operationen entwickeln sie in entsprechend gestalteten Lernumgebungen ihre fachlichen Kompetenzen weiter.

Die Themenfelder bieten die Möglichkeit – im Rahmen der Unterrichtsplanung didaktisch-methodisch aufbereitet – jeweils in thematische Einheiten umgesetzt zu werden. Zugleich lassen sich, themenfeldübergreifend, inhaltliche Aspekte der Themenfelder, die innerhalb eines Kurshalbjahres vielfältig miteinander verschränkt sind und je nach Kontext auch aufeinander aufbauen können, in einen unterrichtlichen Zusammenhang stellen.

Themenfelder und inhaltliche Aspekte sind über die Kurshalbjahre hinweg so angeordnet, dass im Verlauf der Lernzeit – auch Kurshalbjahre übergreifend – immer wieder Bezüge zwischen den Themenfeldern hergestellt werden können. In diesem Zusammenhang bieten die Basiskonzepte (vgl. ausführliche Darstellung in Abschn. 2.4) Orientierungshilfen, um fachliches Wissen zu strukturieren, anschlussfähig zu machen und zu vernetzen. In der Einführungsphase der naturwissenschaftlichen Fächer sind die Themenfelder zu einem Jahresthema zusammengefasst.

Die Bildungsstandards sind für die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik gleichlautend formuliert. Dabei können die Orientierung gebenden Beschreibungen der Bildungsstandards fachspezifische Ergänzungen enthalten. Die Bildungsstandards sind nicht nach Kursen auf grundlegendem Niveau (Grund- und Leistungskurs) und auf erhöhtem Niveau (Leistungskurs) differenziert.

In den Kurshalbjahren der Qualifikationsphase werden die Fachinhalte nach grundlegendem Niveau (Grundkurs und Leistungskurs) und erhöhtem Niveau (Leistungskurs) unterschieden. Die jeweils fachbezogenen Anforderungen, die an Lernende in Grund- und Leistungskurs gestellt werden, unterscheiden sich wie folgt: „Grundkurse vermitteln grundlegende wissenschaftspropädeutische Kenntnisse und Einsichten in Stoffgebiete und Methoden, Leistungskurse exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Verständnis und erweiterte Kenntnisse“ (§ 8 Abs. 2 OAVO).

Im Unterricht ist ein Lernen in Kontexten anzustreben. Lernen in Kontexten bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, technische und gesellschaftliche Fragestellungen und solche aus der Lebenswelt der Lernenden den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Geeignete Kontexte beschreiben Situationen mit Problemen, deren Relevanz für die Lernenden erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

3.2 Bildungsstandards

Kompetenzbereich: Erarbeitung und Anwendung fachlicher Kenntnisse (F)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- F1** ■ Die Lernenden können fachliche Kenntnisse konzeptbezogen darstellen, strukturieren und vernetzen.

Die Lernenden erarbeiten Fachwissen und strukturieren dieses anhand fachspezifischer Basiskonzepte. Mit ihrer Hilfe erarbeiten sich die Lernenden Zugänge und Erklärungsmöglichkeiten zu Themen, Problemen und Fragestellungen und ordnen detailliertes Fachwissen in größere Zusammenhänge ein. Dabei vernetzen sie fachliche, halbjahresübergreifende und fachübergreifende Sachverhalte.

Im Fach Physik erfahren die Lernenden, dass Alltagsvorstellungen gegebenenfalls modifiziert werden müssen, um zu tragfähigen Erklärungen physikalischer Phänomene zu kommen. Sie erkennen den Nutzen von Idealisierung: Vorgänge, die bei alltäglicher Betrachtung eine Einheit bilden, werden zunächst in Teile zerlegt, die einfach zu beschreiben sind (z. B. geradlinige Bewegung zunächst ohne Reibung). Komplexe physikalische Probleme werden so überschaubarer gemacht. Durch Erweiterung passen die Lernenden die Beschreibung des Problems an die Realität an. Sie übertragen ihre Erkenntnisse auf ähnliche Probleme und gelangen so zu einer übergeordneten Struktur. Die Vernetzung der verschiedenen Teile ergibt eine adäquate Erklärung von Alltagsvorgängen. Basiskonzepte wie Felder und Kräfte werden genutzt, um Erkenntnisse zu strukturieren und zu vernetzen.

- F2** ■ Die Lernenden können naturwissenschaftliche Definitionen, Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Theorien erarbeiten und anwenden.

Die Lernenden beschreiben und analysieren naturwissenschaftliche Sachverhalte und Probleme. Sie entwickeln problembezogene Lösungsstrategien und Erklärungen unter Einbezug von naturwissenschaftlichen Definitionen, Regeln, Prinzipien, Gesetzmäßigkeiten und Theorien. Diese werden von ihnen auf Gültigkeit und Anwendbarkeit im konkreten Fall geprüft, als Grundlage für Prognosen genutzt und zur Klärung naturwissenschaftlicher Phänomene und Sachzusammenhänge herangezogen.

Im Fach Physik formulieren die Lernenden Abhängigkeiten zwischen messbaren Größen mathematisch und stellen sie grafisch dar. Solche Zusammenhänge erlauben Prognosen, deren Richtigkeit durch Messungen überprüft werden kann. Physikalische Theorien müssen der Überprüfung der mit ihrer Hilfe aufgestellten Prognosen durch Experimente standhalten. Die Lernenden erfahren, dass Regeln und Gesetze nur im Rahmen ihres Gültigkeitsbereiches anwendbar sind.

Kompetenzbereich: Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden (E)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- E1** ■ Die Lernenden können naturwissenschaftliche Untersuchungen planen, durchführen, auswerten und Ergebnisse interpretieren.

Die Lernenden entwickeln Fragestellungen zu Phänomenen oder Vorgängen. Sie formulieren Hypothesen, planen Untersuchungen zu deren Prüfung oder vollziehen Untersuchungen nach. Dabei wählen sie geeignete Arbeitstechniken und Methoden aus, wenden diese an und beziehen qualitative und quantitative Aspekte mit ein. Vorliegende oder ermittelte Daten und Beobachtungen werten sie unter Beachtung möglicher Fehlerquellen aus. Sie protokollieren Untersuchungen sach- und fachgerecht.

Im Fach Physik erfassen die Lernenden natürliche Phänomene oder technische Vorgänge, indem sie beobachten und messen. Hierzu gehören die qualitative Beschreibung physikalischer Phänomene (z. B. Gravitation oder Induktion) und Vorgänge (z. B. Auf- und Entladung eines Kondensators) sowie die Fähigkeit, daraus eine physikalische Frage an die Natur abzuleiten und diesen Aspekt unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle mittels eines Experiments zu untersuchen.

Zur Planung eines Experimentes formulieren die Lernenden Vermutungen und Hypothesen. Sie bauen das Experiment auf und führen es durch. Sie werten die Beobachtungs- und Messdaten qualitativ und / oder quantitativ aus und interpretieren sie hinsichtlich der Fragestellung. Dabei lernen sie auch moderne Messmethoden kennen und stellen Fehlerbetrachtungen an. Dazu reflektieren sie die Ergebnisse und setzen sie in Beziehung zu vorhandenen Erkenntnissen.

- E2** ■ Die Lernenden können naturwissenschaftliche Modelle erarbeiten und in ihren Gültigkeitsbereichen anwenden.

Die Lernenden entwickeln Modelle bzw. verändern bestehende Modelle, um komplexe Sachverhalte darzustellen, Phänomene und Vorgänge zu erklären und naturwissenschaftliche Fragen zu untersuchen. Sie verwenden geeignete Modelle, um Prognosen in einem definierten Bereich abzuleiten und diese zu diskutieren. Weiterhin erläutern sie Funktionen und Eigenschaften naturwissenschaftlicher Modelle und prüfen diese hinsichtlich ihrer Anwendungsbereiche und Grenzen.

Im Fach Physik nutzen die Lernenden darüber hinaus Analogien zu bekannten Modellen.

- E3** ■ Die Lernenden können den Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung reflektieren und die Naturwissenschaften als wissenschaftliche Disziplin charakterisieren.

Die Lernenden hinterfragen den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess sowie den Erkenntniswert naturwissenschaftlicher Arbeitsmethoden und Ergebnisse. Dabei betrachten sie die jeweiligen Untersuchungen kritisch. Dies schließt die jeweiligen Rahmenbedingungen für Forschung ein. Sie zeigen, dass naturwissenschaftliche Forschung auch von persönlichen Motiven und gesellschaftlichen Interessen geleitet

ist. In diesem Zusammenhang reflektieren die Lernenden die Arbeits- bzw. Vorgehensweise in den Naturwissenschaften, die mit ihnen verbundene spezifische Weltanschauung sowie den Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Die Lernenden zeigen an Beispielen, dass sich aus Entdeckungen neue Fragen und Hypothesen ergeben können. Sie entwickeln ein Verständnis dafür, dass Modelle und Theorien immer auf dem Wissensstand ihrer Zeit beruhen und ständig aufgrund neuer Erkenntnisse überprüft und gegebenenfalls modifiziert werden müssen.

Im Fach Physik verdeutlichen die Lernenden an Beispielen (z. B. Originaltexten zu Experimenten), wie sich im historischen Kontext in der Entwicklung der Physik der Umbruch hin zur modernen Wissenschaft vollzog. Sie erläutern die Bedeutung des Experimentes als ein maßgebliches Entscheidungskriterium zur Überprüfung von Hypothesen, die Bedeutung von Modellen, mit deren Hilfe unterschiedlichste Beobachtungen auf wenige gemeinsame Grundannahmen zurückgeführt werden können, sowie die Bedeutung der mathematischen Beschreibung physikalischer Zusammenhänge, die dazu dient, präzise und experimentell überprüfbare Prognosen zu formulieren. Die Lernenden beurteilen den Gültigkeitsbereich von Modellen und mathematisch formulierten Gesetzen und reflektieren darüber, dass in der Physik neue Wissensgebiete oft dadurch erschlossen werden, dass bekannte Prinzipien der Erkenntnisgewinnung auf neue, umfassendere Bereiche angewendet werden.

Kompetenzbereich: Kommunikation in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen (K)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- K1** ■ Die Lernenden können sich Informationen zu naturwissenschaftlichen Zusammenhängen erschließen.

Die Lernenden recherchieren zielgerichtet naturwissenschaftliche Sachverhalte. Dabei suchen und beschaffen sie sich Informationen aus geeigneten Quellen zu konkreten naturwissenschaftlichen Fragen, Problemen und Sachverhalten.

Die Lernenden untersuchen Quellen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Beantwortung der Ausgangsfrage auf Glaubwürdigkeit und Plausibilität.

Informationen aus Quellen werten die Lernenden aus und verknüpfen diese zielgerichtet. Dabei überarbeiten und strukturieren sie Informationen, um sie gezielt weiter nutzen zu können. Dies schließt auch den Vergleich von Quellen aus unterschiedlichen Blickwinkeln ein.

Im Fach Physik werten die Lernenden Informationen aus, die in für die Physik typischer Form dargestellt sind (z. B. mathematische Formeln, Kräfte als Pfeile, Energieniveauschemata u. a. m.). Dabei nutzen sie auch abstrahierende Darstellungen (z. B. Vektordarstellung einer elektromagnetischen Welle).

- K2** ■ Die Lernenden können naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte dokumentieren und präsentieren.

Die Lernenden stellen naturwissenschaftsbezogene Informationen und Sachverhalte

einschließlich ihrer Lern- und Arbeitsergebnisse sachgerecht dar und geben sie adressatenbezogen weiter. Dabei bedienen sie sich angemessener mathematischer und veranschaulichender Gestaltungsmittel. In diesem Zusammenhang setzen sie Darstellungsformen und Medien, wie z. B. Texte, Tabellen, Graphen, Diagramme, Skizzen und Zeichnungen, fachgerecht ein. Mit ihnen beschreiben, protokollieren und dokumentieren sie anschaulich, sachlich, objekt- und zielorientiert fachbezogene Sachverhalte und Abläufe. Sie verwenden in ihren mündlichen und schriftlichen Darstellungen bzw. Präsentationen eine adressaten- und sachgerechte Fachsprache, Gliederung und Verknüpfung einzelner Informationen.

- K3** ■ Die Lernenden können fachlich kommunizieren und argumentieren.

Die Lernenden diskutieren naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung der jeweiligen Fachsprache. Dabei formulieren sie Argumente, die Belege, Begründungen und Schlussfolgerungen enthalten. Sie strukturieren Argumentationsprozesse, indem sie in Diskussionen und Diskursen mehrere Argumente in einer logischen und fachlich korrekten Reihenfolge darstellen, und berücksichtigen unterschiedliche Positionen, Gegenargumente und Beispiele. Die Fachsprache setzen sie in diesem Zusammenhang zielgerichtet und adressatenbezogen ein. Dies schließt die korrekte Verwendung von Symbolen, Zeichen und Fachbegriffen ein.

Im Fach Physik verwenden die Lernenden begründet geeignete Vereinfachungen und Näherungen und stellen gegebenenfalls Analogien zu bereits bekannten Systemen her. Zur Beschreibung eines physikalischen Phänomens greifen die Lernenden auf bekannte, physikalische Prinzipien zurück und verwenden die Sprache der Mathematik zielorientiert.

Kompetenzbereich: Bewertung und Reflexion (B)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- B1** ■ Die Lernenden können fachbezogene Sachverhalte in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen sachgerecht beurteilen und bewerten.

Die Lernenden leiten anhand von Kriterien auf Basis fachlicher Kenntnisse naturwissenschaftliche Sachurteile ab, begründen diese mit Hilfe fachlicher Argumente und bewerten deren Gültigkeit. Dabei wählen, verknüpfen und deuten sie Sachverhalte innerhalb eines naturwissenschaftlichen Bezugsrahmens. Die Sachurteile weisen sich durch fachliche Angemessenheit und innere Stimmigkeit von Argumenten aus. Die Lernenden entwickeln fachlich begründete Vorschläge zur Erklärung von Sachverhalten und zur Lösung von Problemen. Sie analysieren und reflektieren Sachurteile und prüfen sie hinsichtlich fachlicher Richtigkeit.

Im Fach Physik reflektieren die Lernenden die Ergebnisse physikalischer Beobachtungen, Berechnungen und Argumentationen. Auf Basis dieser Ergebnisse beurteilen sie physikalische Sachverhalte, bewerten vorgegebene Positionen und prüfen diese auf ihre Plausibilität. Sie beurteilen, inwieweit ein bestimmtes naturwissenschaftliches Vorgehen zur Beantwortung einer physikalischen Fragestellung oder zur

Lösung eines technischen Problems geeignet ist.

- B2** ■ Die Lernenden können naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte unter Berücksichtigung persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Aspekte reflektieren.

Die Lernenden erörtern Problemsituationen unter Einbezug naturwissenschaftlicher Kenntnisse aus verschiedenen Perspektiven. Solche sind z. B. persönliche, gesellschaftliche, ethische oder ökologische und ökonomische Sichtweisen und Standpunkte. Dabei ordnen sie Werte und Normen zu.

Die Lernenden entwickeln kriteriengeleitet Handlungsoptionen und stellen aus unterschiedlichen Perspektiven Vor- und Nachteile sowie Chancen und Risiken verschiedener Handlungsoptionen gegenüber. Dabei beziehen sie Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge ein. Sie nutzen im Bewertungsprozess adäquate Entscheidungsstrategien und reflektieren Entscheidungen hinsichtlich ihrer Folgen und Konsequenzen auch in Dilemmasituationen. Dies schließt das Diskutieren der Folgen und Konsequenzen von Handlungen bzw. Handlungsoptionen aus Sicht unterschiedlicher Interessengruppen und Perspektiven sowie eine Reflexion des Entscheidungsprozesses ein.

3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder

Dem Unterricht in der **Einführungsphase** kommt mit Blick auf den Übergang in die Qualifikationsphase eine Brückenfunktion zu. Zum einen erhalten die Lernenden die Möglichkeit, das in der Sekundarstufe I erworbene Wissen und Können zu festigen und zu vertiefen bzw. zu erweitern (Kompensation) sowie Neigungen und Stärken zu identifizieren, um auf die Wahl der Grundkurs- und Leistungskursfächer entsprechend vorbereitet zu sein. Zum anderen werden die Lernenden an das wissenschaftspropädeutische Arbeiten herangeführt. Damit wird eine solide Ausgangsbasis geschaffen, um in der Qualifikationsphase erfolgreich zu lernen. Die Themenfelder der Einführungsphase sind dementsprechend ausgewählt und bilden die Basis für die Qualifikationsphase.

In der **Qualifikationsphase** erwerben die Lernenden eine solide Wissensbasis sowohl im Fachunterricht als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen und wenden ihr Wissen bei der Lösung zunehmend anspruchsvoller und komplexer Frage- und Problemstellungen an. Dabei erschließen sie Zusammenhänge zwischen Wissensbereichen und erlernen Methoden und Strategien zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Der Unterricht in der Qualifikationsphase zielt auf selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen und Arbeiten sowie auf die Weiterentwicklung der Kommunikationsfähigkeit; der Erwerb einer angemessenen Fachsprache ermöglicht die Teilhabe am fachbezogenen Diskurs. Durch die Wahl von Grund- und Leistungskursen ist die Möglichkeit gegeben, individuelle Schwerpunkte zu setzen und auf unterschiedlichen Anspruchsebenen zu lernen. Dementsprechend beschreiben die Bildungsstandards und die verbindlichen Themenfelder die Leistungserwartungen für das Erreichen der Allgemeinen Hochschulreife.

Verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder

Einführungsphase

In der Einführungsphase sind die Themenfelder 1–3 verbindliche Grundlage des Unterrichts. Die „z. B.“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. In jedem Fall ist aber mindestens eines der verbindlichen Themenfelder im zweiten Kurshalbjahr zu bearbeiten. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – i. d. R. ca. 24 Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder zu bearbeiten.

Qualifikationsphase

Verbindliche Grundlage des Unterrichts sind in Kurshalbjahr Q1 die Themenfelder 1–3 und in den Kurshalbjahren Q2 und Q3 die Themenfelder 1 und 2. Ein weiteres Themenfeld je Kurshalbjahr in Q2 und Q3 wird durch Erlass verbindlich festgelegt. Im Hinblick auf die schriftlichen Abiturprüfungen können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb dieser Themenfelder ausgewiesen werden. Im Kurshalbjahr Q4 sind zwei Themenfelder – ausgewählt durch die Lehrkraft – verbindliche Grundlage des Unterrichts. Die „z. B.“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden.

demnächst ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – i. d. R. ca. 12 Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder zu bearbeiten.

Differenzierung zwischen Grund- und Leistungskursen

Gemeinsames Ziel von Grund- und Leistungskursen in den naturwissenschaftlichen Fächern ist die Förderung und Entwicklung grundlegender Kompetenzen als Teil der Allgemeinbildung und Voraussetzung für Studium und Beruf. Daher werden für beide Kursarten gemeinsame Könnenserwartungen (vgl. Abschn. 3.2) in Form von Bildungsstandards formuliert. Diese Kompetenzen erfahren im Unterricht und in Prüfungen durch eine Verschränkung mit den nach Grund- und Leistungskurs differenzierten Inhalten (vgl. Abschn. 3.3) auch eine Differenzierung im Leistungsniveau. Ein exemplarisches Arbeiten lässt Zusammenhänge im Fach und über dessen Grenzen hinaus erkennbar werden.

Grundkurse führen im jeweiligen naturwissenschaftlichen Fach in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen ein. Sie machen dabei wesentliche Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen bewusst und erfahrbar. Der Unterricht in Grundkursen fördert durch lebensweltliche Bezüge Einsicht in die Bedeutung des Faches sowie durch schülerzentriertes und handlungsorientiertes Arbeiten die Selbstständigkeit der Lernenden.

Leistungskurse vertiefen zusätzlich die Inhalte, Modelle, Theorien und Arbeitsweisen, so dass die Komplexität und der Aspektreichtum des Faches deutlich werden. Der Unterricht ist auf eine Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden, deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion sowie auf ein exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Arbeiten ausgerichtet. Leistungskurse zielen auf einen hohen Grad an Selbstständigkeit der Lernenden vor allem während des Experimentierens sowie des Erarbeitens fachlicher Kenntnisse und deren gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Bezügen.

Die Anforderungen im Leistungskurs unterscheiden sich daher nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ von denen im Grundkurs.

Dieser Unterschied wird deutlich

- im Umfang und Spezialisierungsgrad bezüglich des jeweiligen Fachwissens, der fachlichen Methoden sowie der Modell- und Theoriebildung,
- im Abstraktionsgrad von z. B. Modellen und Theorien sowie im Grad der Mathematisierung fachlicher Sachverhalte,
- im Anspruch und in der Differenziertheit der verwendeten Fach- und Symbolsprache,
- in der Komplexität der ausgewählten Inhalte und Kontexte sowie der Vernetztheit der Sachverhalte.

Übersicht über die Themen der Kurshalbjahre und die Themenfelder

Einführungsphase (E)

E1/E2 Mechanik	
Themenfelder	
E.1	Bewegungen und ihre Beschreibung
E.2	Newton'sche Axiome und Erhaltungssätze
E.3	Waagerechter Wurf und Kreisbewegung
E.4	Weitere Bewegungen
E.5	Gravitation
E.6	Entropie
E.7	Kreisel

verbindlich: Themenfelder 1–3

Qualifikationsphase (Q)

Q1 Elektrisches und magnetisches Feld	
Themenfelder	
Q1.1	Elektrisches Feld
Q1.2	Magnetisches Feld
Q1.3	Induktion
Q1.4	Bewegung von Ladungen in Feldern in technischen Anwendungen

verbindlich: Themenfelder 1–3; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden

Q2 Schwingungen und Wellen	
Themenfelder	
Q2.1	Schwingungen
Q2.2	Wellen
Q2.3	Wellen an Grenzflächen
Q2.4	Dopplereffekt, Schwebung

verbindlich: Themenfelder 1 und 2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern 3–4, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden

Q3 Quanten- und Atomphysik	
Themenfelder	
Q3.1	Eigenschaften von Quantenobjekten
Q3.2	Atommodelle
Q3.3	Röntgenstrahlung
Q3.4	Mikroskopische Stoßprozesse
Q3.5	Kernphysik

verbindlich: Themenfelder 1 und 2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern 3–5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden

Q4 Physik der Moderne	
Themenfelder	
Q4.1	Kernphysik
Q4.2	Spezielle Relativitätstheorie
Q4.3	Festkörperphysik
Q4.4	Chaostheorie
Q4.5	Astrophysik

verbindlich: zwei Themenfelder aus 1–5, ausgewählt durch die Lehrkraft

Im Zusammenhang der Bearbeitung der Themen der Kurshalbjahre und der Themenfelder des Faches lassen sich vielfältig Bezüge auch zu Themenfeldern anderer Fächer (innerhalb eines Kurshalbjahres) herstellen, um sich komplexeren Fragestellungen aus unterschiedlichen Fachperspektiven zu nähern. Auf diese Weise erfahren die Lernenden die Notwendigkeit und Wirksamkeit interdisziplinärer Kooperation und erhalten gleichzeitig Gelegenheit, ihre fachspezifischen Kenntnisse in anderen Kontexten zu erproben und zu nutzen. Dabei erwerben sie neues Wissen, welches die Fachdisziplinen verbindet. Dies bereitet sie auf den Umgang mit vielschichtigen und vielgestaltigen Problemlagen vor und fördert eine systemische Sichtweise. Durch fachübergreifende und fächerverbindende Themenstellungen können mit dem Anspruch einer stärkeren Lebensweltorientierung auch die Interessen und Fragestellungen, die junge Lernende bewegen, Berücksichtigung finden. In der Anlage der Themenfelder in den Kurshalbjahren sind – anknüpfend an bewährte Unterrichtspraxis – fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge jeweils mitgedacht. Dies erleichtert die Kooperation zwischen den Fächern und ermöglicht interessante Themenstellungen.

E1/E2 Mechanik

Den Lernenden begegnen im Alltag zahlreiche mechanische Vorgänge, etwa aus den Bereichen Verkehr oder Sport, welche der Beobachtung und Messung leicht zugänglich sind. Die Mechanik eignet sich daher besonders zur exemplarischen Erarbeitung der mathematischen Beschreibung natürlicher Vorgänge. Die Anwendung der Kenntnisse der Mechanik auf Alltagssituationen gibt den Lernenden Anlass, ihr Verhalten z. B. im Straßenverkehr kritisch zu reflektieren und entsprechend anzupassen.

In der Analyse mechanischer Probleme stehen die Lernenden zunächst vor der Aufgabe, den physikalischen Kern eines Vorgangs herauszuarbeiten. Dies kann durch Untersuchung der wirkenden Kräfte oder der Energieformen und deren Umwandlungen erfolgen. Die Lernenden nutzen dazu gegebenenfalls Vereinfachungen und rechtfertigen diese. Werden quantitative Aussagen getätigt, müssen sie mathematische Gleichungen aufstellen und diese lösen. Die Unverzichtbarkeit mathematischer Verfahren wird insbesondere zur Lösung anspruchsvollerer Probleme auch des Alltags deutlich. Indem die Lernenden Modelle nutzen, diese ggf. modifizieren und die nötigen mathematischen Verfahren anwenden, wird ihnen deutlich, dass physikalische Modelle nicht nur die Basis zahlreicher technischer Anwendungen, sondern auch zum Verständnis vieler Alltagsphänomene nötig sind. Die regelmäßige Verwendung geeigneter Software erleichtert das Auswerten experimenteller Daten und veranschaulicht physikalische Sachverhalte.

Die klassische Mechanik war die erste physikalische Disziplin, für die ein umfassender Satz grundlegender Gesetze formuliert wurde. Dies wird den Lernenden durch die Anwendung von Modellen und mathematischen Verfahren zur Beschreibung mechanischer Vorgänge einsichtig. Auch können sie dadurch quantitative Vorhersagen über die Entwicklung mechanischer Systeme machen. Der damit verbundene deterministische Anspruch, die Dynamik eines Systems bis in alle Zukunft beschreiben zu können, wurde erst im 20. Jahrhundert im Rahmen der Quantenmechanik und Chaostheorie relativiert.

Die gleichförmige und die gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung, die gleichförmige Kreisbewegung, die Newton'schen Axiome und die Erhaltungssätze bilden das Fundament zum Verständnis der Fachinhalte der Qualifikationsphase. Beispiele hierfür sind die Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern, mechanische Schwingungen und Wellen und das Bohr'sche Atommodell.

Bezug zu den Basiskonzepten: Bei der Bearbeitung des Themas des Kursjahres sind die Basiskonzepte **Erhaltungsgrößen** und **System** angemessen und unter entsprechender Schwerpunktsetzung zu erarbeiten.

Themenfelder

verbindlich: Themenfelder 1–3

E.1 Bewegungen und ihre Beschreibung

- Untersuchung von Bewegungen
- t - s -, t - v - und t - a -Diagramme
- gleichförmige Bewegung
 - Definition der Geschwindigkeit
 - Messung des Geschwindigkeitsbetrages (handlungsorientierter Versuch)
- gleichmäßig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit und -weg
 - Definition der Beschleunigung
 - Durchschnittsgeschwindigkeit (Vergleich zur Momentangeschwindigkeit)
 - freier Fall (experimentelle Datenerhebung, grafische Darstellung, Bestimmung der Gravitationsbeschleunigung, Diskussion der Abweichung zum Literaturwert, Formulierung eines mathematischen Modells, Ermittlung des Zeit-Weg-Gesetzes)
- Idealisierung
 - Massepunkt (Vernachlässigung von Rotation und Ausdehnung)
 - Vernachlässigung der Reibung
- Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme)

E.2 Newton'sche Axiome und Erhaltungssätze

- die drei Newton'schen Axiome
 - Trägheitsgesetz
 - Grundgleichung der Mechanik: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$
 - Wechselwirkungsprinzip (Abgrenzung gegen Kräftegleichgewicht)
 - Inertialsystem (Definition über das Trägheitsgesetz, kein Inertialsystem ist ausgezeichnet)
- Energieerhaltung
 - kinetische Energie (grafische Herleitung der Formel)
 - Erhaltung der Summe von kinetischer und potenzieller Energie bei Vernachlässigung der Reibung, energetisch abgeschlossene Systeme
- Impuls und Impulserhaltung
 - eindimensionaler elastischer Stoß mit einem ruhenden Stoßpartner (Schüler- oder Demonstrationsexperiment, Beschreibung mittels Energieerhaltung)
 - Notwendigkeit einer weiteren Erhaltungsgröße, Begriff des Impulses
 - Rückstoß
 - inelastischer Stoß, dabei auftretende Energieumwandlungen

E.3 Waagerechter Wurf und Kreisbewegung

- Bezugssysteme, Superpositionsprinzip
 - waagerechter Wurf (Versuch, Darstellung der Flugbahn im x - y -Diagramm als Überlagerung)
- Bahn- und Winkelgeschwindigkeit bei Kreisbewegungen (Definition und Vergleich)
- Kreisbewegung
 - Zentripetalkraft als Ursache der Kreisbewegung (z. B. Haftreibung bei Kurvenfahrten)
 - Scheinkraft

E.4 Weitere Bewegungen

- schiefer Wurf
- Reibung
 - geradlinige Bewegung mit Reibung
 - freier Fall mit Luftreibung (Herleitung der Grenzggeschwindigkeit)
- numerische Simulation
 - mathematisches Modell (in der Regel Gleichungen mit Differenzenquotienten)
 - Berechnung (z. B. mittels Tabellenkalkulationsprogramm)

E.5 Gravitation

- Massenanziehung
 - Gravitationsfeld (Begriff des Feldes als Basiskonzept und Erweiterung des Begriffs der Kraft)
 - Gravitationsgesetz, Gewichtskraft
- Planetenbewegung
 - Kepler'sche Gesetze
 - geschichtliche Entwicklung des astronomischen Weltbildes

E.6 Entropie

- Wärmeenergie als innere Energie (Nutzen der Definition „innere Energie“, historischer Bezug)
- reversible und irreversible Vorgänge
- erster und zweiter Hauptsatz der Wärmelehre
- Entropieerzeugung und Wirkungsgrad (Entropie als Konzept, das die Richtung natürlicher Abläufe beschreibt)

E.7 Kreisel

- Drehmoment
- Drehimpuls
 - Definition, Erhaltungsgröße
 - Präzessionsbewegung
- Trägheitsmoment
 - anwendungsbezogene Beispiele (z. B. Pirouette)

Q1 Elektrisches und magnetisches Feld

In diesem Kurshalbjahr vertiefen die Lernenden die in der Sekundarstufe I entwickelte Vorstellung von Feldern. Das Basiskonzept des Feldes hilft ihnen, viele natürliche Phänomene und technische Anwendungen aus ihrer Lebenswelt wie Gewitter, den Generator oder das berührungslose Laden elektrischer Geräte zu erklären sowie elektrische und magnetische Phänomene quantitativ mittels des Begriffs der Feldstärke (bzw. Flussdichte) zu beschreiben. Darüber hinaus ist die klassische Elektrodynamik ein Thema in vielen technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen. Das dabei zentrale Konzept der Differenzialgleichung wird im Leistungskurs thematisiert.

Die Lernenden setzen sich explizit mit dem Basiskonzept Feld auseinander, welches von Faraday im Rahmen der Elektrodynamik erstmals gewinnbringend genutzt wurde und bis in die moderne Physik der Quantenfelder überaus erfolgreich angewendet wird. Auch vertiefen sie ihre in der Sekundarstufe I entwickelte Vorstellung von Feldern durch den Begriff der Feldstärke (bzw. Flussdichte).

Die Lernenden knüpfen vor allem bei der Bewegung von Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern an ihre im vorhergehenden Schuljahr erworbenen Kenntnisse an und legen wichtige Grundlagen für das Verständnis z. B. des elektromagnetischen Schwingkreises, der Abgrenzung des Wellenmodells vom Photonenmodell des Lichtes oder der Gültigkeitsbereiche von Atommodellen. Während der Erarbeitung der Induktion nutzen die Lernenden ihre Kenntnisse über die im vorhergehenden Kurshalbjahr im Mathematikunterricht erarbeitete Unterscheidung des Wertes einer Größe von ihrer Änderungsrate (bzw. einer Funktion von ihrer Ableitung). Darüber hinaus werden hier die Grundlagen für das Verständnis großtechnischer Anlagen wie Kraftwerke oder Teilchenbeschleuniger gelegt.

Bezug zu den Basiskonzepten: Bei der Bearbeitung des Themas des Kurshalbjahres ist das Basiskonzept **Felder und Kräfte** angemessen und unter entsprechender Schwerpunktsetzung zu erarbeiten.

Themenfelder

verbindlich: Themenfelder 1–3; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden

Die Angaben zum zeitlichen Umfang der Bearbeitung der Themenfelder dienen der Orientierung.

Q1.1 Elektrisches Feld (7 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Feldbegriff, Feldlinienbilder
 - homogenes Feld eines Plattenkondensators (Experiment)
 - radialsymmetrisches Feld einer Punktladung
 - spezielle Feldlinienbilder, Spitzeneffekt, Faraday'scher Käfig (Realitätsbezüge, z. B. Blitzableiter, Flugzeug, Auto)
 - Influenz bei Leitern (Demonstrationsexperiment) und Polarisation bei Nichtleitern

- Definition der elektrischen Feldstärke: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ (z. B. in Analogie zum Gravitationsfeld)
- Feldstärke im radialsymmetrischen Feld
- Coulomb'sches Gesetz: $F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$
- elektrische Ladung
 - Ladung als Erhaltungsgröße
 - Millikanversuch im Schwebefall: Quantelung der Ladung
- elektrische Spannung und Stromstärke
 - elektrische Stromstärke $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
 - Spannung als potenzielle Energie pro Ladung: $U = \frac{W_{\text{pot}}}{q}$
- Plattenkondensator
 - Feldstärke im Plattenkondensator
 - Definition der Kapazität: $C = \frac{Q}{U}$
 - $C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$, ϵ_0 und ϵ_r als Proportionalitätsfaktoren
 - Parallelschaltung zweier Kondensatoren, $C_{\text{ges}} = C_1 + C_2$
 - Feldenergie $E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$
- bewegte Ladungen im elektrischen Feld
 - Beschleunigung und Abbremsung parallel zur Feldrichtung

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Feldbegriff
 - ϵ_0 als Naturkonstante, $\frac{Q}{A} = \sigma = \epsilon_0 \cdot E$
 - ϵ_r als Materialkonstante (experimentelle Bestimmung der Werte für unterschiedliche Stoffe)
- Definition der Stromstärke als $I = \dot{Q}$ (Bezug zur Mathematik: Vergleich von Differenzen- und Differenzialquotienten)
- elektrisches Potenzial
 - Potenzialbegriff
 - Potenzial im homogenen Feld und im Radialfeld
 - Äquipotenziallinien
 - Spannung als Potentialdifferenz
- Kondensator

- mathematische Herleitung von $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ über die Flächenladungsdichte im Plattenkondensator
- Betrachtung des Auf- und Entladevorgangs von Kondensatoren (Aufstellen der Differenzialgleichung für die Entladung, Lösung mithilfe eines Lösungsansatzes)

Q1.2 Magnetisches Feld (3 Wochen)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- bewegte Ladungen als Ursache von Magnetfeldern
- Feldlinienbilder, Feldbegriff
 - Feldlinienbilder von stromdurchflossener langer Spule und geradem Leiter
- Definition: $B = \frac{F}{I \cdot \ell}$
- im Inneren einer langen Spule: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n \cdot I$, μ_0 und μ_r als Proportionalitätsfaktoren
- Bewegung geladener Teilchen im magnetischen Feld
 - Lorentzkraft – neue Qualität einer Kraft: $\vec{F} \perp \vec{v}$, $\vec{F} \perp \vec{B}$
 - Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zum magnetischen Feld
 - Lorentzkraft als Zentripetalkraft, $\frac{e}{m_e}$ -Bestimmung (Demonstrationsexperiment)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- weitere Bewegungen geladener Teilchen
 - relativistische Massenzunahme als Phänomen
 - Überlagerung homogener elektrischer und magnetischer Felder
 - Hall-Effekt

Q1.3 Induktion (2 Wochen)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Induktionsspannung aufgrund einer zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses
 - magnetischer Fluss
 - Induktionsgesetz in der Formulierung $U_{\text{ind}} = -n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ (quantitativ nur für stückweise lineare Veränderung der Fläche A oder des Magnetfeldes B , wobei das Magnetfeld die Fläche senkrecht durchsetzt, andere Fälle nur qualitativ)
- Lenz'sche Regel und Energieerhaltung (Demonstrationsexperiment, Anwendungsbezug: z. B. Wirbelstrombremse)
- Selbstinduktion und Induktivität einer langen Spule (phänomenologisch am Beispiel der Vorgänge des Auf- und Abbaus des Magnetfeldes einer langen Spule)

- Energie des Magnetfeldes der Spule $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$ (ohne Herleitung)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Induktionsgesetz auch in nicht linearen Fällen: $U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi}$ (Vergleich von Differenzen- und Differenzialquotienten), quantitative Betrachtung nur für $\dot{A} \neq 0, \dot{B} = 0$ sowie $\dot{A} = 0, \dot{B} \neq 0$

Q1.4 Bewegung von Ladungen in Feldern in technischen Anwendungen**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Braun'sche Röhre
 - Aufbau und Verwendung (Demonstrationsexperiment)
 - Superpositionsprinzip, Vergleich mit waagrechtem Wurf (Modellbildung)
 - Parabel als Bahnkurve (Demonstrationsexperiment, Animation)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Linearbeschleuniger
 - Hintereinanderschaltung mehrerer Beschleunigungsstrecken (Animation)

Q2 Schwingungen und Wellen

Technische Anwendungen der modernen Kommunikationstechnologie nutzen die Lernenden alltäglich – sie sind aus ihrem Leben nicht mehr wegzudenken. Diese Technologien basieren auf den Phänomenen Schwingungen und Wellen. Die Lernenden erfahren, dass sich Schwingungen als Wellen mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausbreiten können. Sie beobachten, dass Wellen reflektiert werden und bei der Überlagerung von Wellen Interferenzerscheinungen auftreten können. Die Bedeutung der Interferenz wird den Lernenden durch Beispiele aus vielen Bereichen der Natur, Technik und Forschung deutlich, z. B. bei Ultraschallortung, Spektralanalyse oder akustischen Phänomenen wie der akustischen Unschärfe, die helfen kann, die Heisenberg'sche Unschärferelation zu verstehen. Dazu lassen sich auch über den engeren Bereich der Physik hinaus Beispiele finden: So wird z. B. die Schwebung während des Spielens eines Terz-Intervalls auf einem gleichstufig gestimmten Instrument als Missklang empfunden (in der Musik als Reibung bezeichnet). Stehende Wellen ermöglichen den Lernenden einen Zugang zum Verständnis des modernen wellenmechanischen Atommodells und sind damit grundlegende Voraussetzung für einen Zugang zur modernen Physik.

Anknüpfend an die Inhalte des vorhergehenden Kurshalbjahres untersuchen die Lernenden zunächst einfache mechanische Schwingungen. Dazu müssen neue physikalische Größen eingeführt werden, die geeignet sind, Schwingungsvorgänge quantitativ zu erfassen. Aufbauend auf den in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen vertiefen die Lernenden zentrale Begriffe wie z. B. den der Energie und modellieren schwingende Systeme mathematisch. Hierfür bieten sich auch numerische Methoden an. Bei der Übertragung ihrer Kenntnisse vom mechanischen Pendel auf den elektrischen Schwingkreis nutzen sie Analogiebetrachtungen als typische Vorgehensweise der Physik und lernen, dass dieselben Konzepte und Methoden in zunächst ganz verschiedenen erscheinenden Bereichen angewendet werden können.

Im Zusammenhang der Auseinandersetzung mit den Themenfeldern dieses Kurshalbjahres bietet es sich im Besonderen an, die historische Entwicklung der Physik vom 18. bis zum 20. Jahrhundert zu thematisieren. Die Lernenden vollziehen nach, wie sich Mitte des 18. Jahrhunderts die Idee entwickelte, Erscheinungen durch Wechselwirkung kleiner Teilchen mit ihren unmittelbaren Nachbarn zu erklären. Dies erlaubte z. B. die Erklärung von Schallwellen als sich kontinuierlich ausbreitende Dichteschwankungen. Sie lernen, wie durch Übertragung dieses Gedankens auf Felder auch Gesetze der Strahlenoptik auf grundlegendere Prinzipien zurückgeführt werden können. In der Übertragung ihrer Kenntnisse über Wellen auf kleinste Teilchen können sie nachvollziehen, wie in der modernen Physik seit dem frühen 20. Jahrhundert Teilchen- und Wellenvorstellungen zu einer Einheit verschmelzen.

Bezug zu den Basiskonzepten: Bei der Bearbeitung des Themas des Kurshalbjahres sind die Basiskonzepte **Felder und Kräfte** und **Erhaltungsgrößen** angemessen und unter entsprechender Schwerpunktsetzung zu erarbeiten.

Themenfelder

verbindlich: Themenfelder 1 und 2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern 3–4, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden

Die Angaben zum zeitlichen Umfang der Bearbeitung der Themenfelder dienen der Orientierung.

Q2.1 Schwingungen (5 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Schwingungen als periodischer Vorgang
 - charakteristische Größen (Elongation, Amplitude, Schwingungsdauer, Frequenz)
 - Energieformen, Energieerhaltung (qualitative Betrachtung)
- zeitlicher Verlauf der Schwingung
 - Federpendel, Fadenpendel (mit Kleinwinkelnäherung)
 - Formeln für die Schwingungsdauer (Erarbeiten der Abhängigkeiten für ein Beispiel im Schülerexperiment)
 - Schwingungsgleichung $y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ (Ableitung aus dem t - y -Diagramm)
 - lineare Rückstellkraft als Kriterium für harmonische Schwingungen
 - Energieumwandlung an Beispielen (Berechnung der verschiedenen auftretenden Energieformen)
 - elektromagnetischer Schwingkreis, charakteristische Größen (Schwingungsdauer, Frequenz, Amplituden U_{\max} , I_{\max})
 - Gegenüberstellung der Energieformen von elektromagnetischer und mechanischer Schwingung
- Dämpfung (als Erweiterung der reibungsfreien Idealisierung, Abnahme der Amplitude, nur qualitativ)
- Resonanzphänomene
 - erzwungene Schwingung (nur qualitativ, Veranschaulichung durch Experimente, Eigenfrequenz, Resonanzkatastrophe mit Anwendungsbezug)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- ein weiteres Beispiel für einen harmonischen Oszillator
- Differenzialgleichung der ungedämpften harmonischen mechanischen Schwingung (Lösung mithilfe eines Lösungsansatzes)
- Phasenwinkel $y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$
- Dämpfungsverhalten der Form $y(t) = y_0 \cdot e^{-k \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ für $\omega \approx \omega_0$ (ohne Herleitung, grafische Darstellung von $y(t)$)
- qualitative Beschreibung von Resonanzkurven für verschiedene Dämpfungen
- Phasenverschiebungen
 - zwischen äußerer Kraft und Elongation bei erzwungenen Schwingungen

- zwischen Stromstärke und Spannung bei dem Schwingkreis

Q2.2 Wellen (5 Wochen)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Wellen in Natur und Technik und ihre Kenngrößen
 - Seilwellen, Wasserwellen, Schallwellen, elektromagnetische Wellen
 - charakteristische Größen: Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhang: $c = \lambda \cdot f$
 - Unterschied zwischen Longitudinal- und Transversalwellen (charakteristische Beispiele zur Veranschaulichung: Schall und Licht)
 - elektromagnetisches Spektrum (technische Anwendungen und biologische Auswirkungen der verschiedenen Wellenlängenbereiche)
- Wellen als räumlich und zeitlich periodischer Vorgang
 - Darstellung im t - y - und x - y -Diagramm
- Überlagerung mehrerer Wellen, Interferenz
 - Verstärkung und Auslöschung bei zwei Punkterregern, Bedeutung des Gangunterschiedes und Bestimmung der Orte der Maxima (Demonstrationsexperiment, z. B. Wellenwanne, Lautsprecher)
 - Huygens'sches Prinzip (Veranschaulichung z. B. an der Wellenwanne, zeichnerische Darstellung)
 - stehende Wellen, Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Ausdehnung des Wellenträgers (ohne Behandlung von Phasensprüngen, Experiment)
 - Doppelspalt und Beugungsgitter für monochromatisches und weißes Licht (Experiment, Herleitung der Formel für die Orte der Maxima)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Phasensprung bei Reflexion, festes und loses Ende bei stehenden Wellen
- Einfachspalt (Beugung, Bestimmung der Orte der Maxima und Minima)
- Kohärenz

Q2.3 Wellen an Grenzflächen (2 Wochen)

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Reflexions- und Brechungsgesetz als Anwendungen des Huygens'schen Prinzips (Veranschaulichung durch Zeichnung)
- $$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$
- Totalreflexion (realitätsnahe Anwendungen, z. B. Glasfaser)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Interferenzen und Beugung von Licht in Materie ($c \neq c_{\text{Vakuum}}$)
- Dispersion
- Vergleich von Gitter- und Prismenspektren

Q2.4 Dopplereffekt, Schwebung (2 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- akustischer Dopplereffekt
 - bewegter Sender
- bewegter Empfänger (Herleitung der Formeln für die Frequenzänderung)
 - Mach'scher Kegel
- Schwebungen (nur phänomenologisch)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- gleichzeitige Bewegung von Sender und Empfänger
- Berechnung der Schwebungsfrequenz

Q3 Quanten- und Atomphysik

Die Lernenden reflektieren und festigen in diesem Kurshalbjahr die Vorstellung, dass Beobachtungen, Experimente und die daraus entwickelten Modelle die wesentlichen Grundlagen der Erkenntnisgewinnung in der Physik bilden. Indem sich die Lernenden mit den grundlegenden Experimenten der Quantenphysik auseinandersetzen, werden sie mit der Tatsache konfrontiert, dass kleinste Objekte wie Photonen und Elektronen durch die Modellvorstellungen der klassischen Physik nicht vollständig und widerspruchsfrei beschrieben werden können. Dies führt dazu, sich näher mit der Entwicklung der Physik im historischen Kontext zu befassen. Die Lernenden können so ihr physikalisches Verständnis grundlegend weiterentwickeln. Dies kann – ausgehend von den drängenden Fragen nach einer konsistenten Beschreibung von Quantenphänomenen – in Anlehnung an die historische Entwicklung der Physik zu Beginn des 20. Jahrhunderts erfolgen. Die Diskussion erkenntnistheoretischer Fragestellungen, die sich aus den Experimenten und den zu deren Erklärung entwickelten Modellen ergeben, bietet sich insbesondere mit Blick auf die im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung formulierten Bildungsstandards durchgängig an.

Auf Basis der in der Sekundarstufe I erarbeiteten Modellvorstellungen der Atomphysik und ihrer Kenntnisse über Wellen beschreiben und erkennen die Lernenden exemplarisch Eigenschaften von Quantenobjekten. Über die quantitative Auswertung und Deutung des Photoeffekts gelangen sie zu einem vertieften Verständnis des Teilchencharakters von Photonen. Die Diskussion von Experimenten zur Elektronenbeugung führt zum Wellencharakter von Elektronen. Mittels der De-Broglie-Wellenlänge werden die neuen Erkenntnisse zu einem schlüssigen Modell verbunden. Die Lernenden arbeiten die Unterschiede zwischen klassischer Physik und Quantenphysik heraus, indem sie erkennen, dass das klassische Teilchenbild zur Beschreibung des Verhaltens kleinster Teilchen ungeeignet ist, und folgern daraus, dass dieses durch ein erweitertes Teilchenkonzept ersetzt werden muss. In diesem wird im Bereich kleinster Objekte der strenge Determinismus durch Wahrscheinlichkeitsausagen ersetzt.

Der Versuch von Rutherford führt zu einem einfachen Kern-Hülle-Modell. Das Bohr'sche Atommodell erklärt die Tatsache, dass Atome elektromagnetische Strahlung emittieren und absorbieren können, indem es den Elektronen stationäre Zustände mit diskreten Energien zuweist. Der lineare Potenzialtopf macht die Quantisierung anhand eines einfachen und anschaulichen wellenmechanischen Modells verständlich. Die Thematisierung von Radioaktivität führt zu einem vertieften Verständnis der Eigenschaften von Atomkernen.

Im Leistungskurs beschäftigen sich die Lernenden zudem mit der Bedeutung der Heisenberg'schen Unschärferelation als grundlegendem Prinzip.

Ein wesentliches Ziel der Auseinandersetzung mit den inhaltlichen Fragestellungen in diesem Kurshalbjahr ist, dass die Lernenden die Modelle der klassischen Physik und der Quantenphysik in ihrer Anwendbarkeit gegeneinander abgrenzen und an historischen und aktuellen Experimenten diskutieren können.

Bezug zu den Basiskonzepten: Bei der Bearbeitung des Themas des Kurshalbjahres sind die Basiskonzepte **System** und **Materie** angemessen und unter entsprechender Schwerpunktsetzung zu erarbeiten.

Themenfelder

verbindlich: Themenfelder 1 und 2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern 3–5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden

Die Angaben zum zeitlichen Umfang der Bearbeitung der Themenfelder dienen der Orientierung.

Q3.1 Eigenschaften von Quantenobjekten (5 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Fotoeffekt
 - Einstein'sche Deutung und Widersprüche zur Wellentheorie (Demonstrationsexperiment mit Sonnenlicht oder anderer geeigneter Lichtquelle, Glasscheibe als Filter)
 - Grenzfrequenz, Austrittsenergie, Einheit Elektronenvolt, Planck'sches Wirkungsquantum, Energie eines Photons (experimentelle Bestimmung der Energie der Photoelektronen mit der Gegenfeldmethode, ggf. mit Animation)
- Energie-Masse-Äquivalenz, Masse und Impuls von Photonen
- De-Broglie-Wellen und De-Broglie-Gleichung (Beugung an Gitter oder Kristallen)
- Doppelspaltversuche mit Elektronen und Photonen bei geringer Intensität, stochastische Deutung (Animation)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Unschärferelationen
 - Orts-Impuls-Unschärfe (z. B. durch Vergleich mit Beugung am Einzelspalt oder Wellenpaket als Überlagerung vieler Wellen benachbarter Frequenz)
- Amplitudenquadrat der Wellenfunktion als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit

Q3.2 Atommodelle (5 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- klassische Atommodelle (nach Thomson und Rutherford)
- Quantisierung
 - Bohr'sche Postulate
 - wellenmechanisches Modell (gebundenes Elektron als stehende De-Broglie-Welle am Beispiel des linearen Potenzialtopfes)
- Linienspektren, Termschema
 - Rydberg-Formel
 - quantenhafte Absorption und Emission, Resonanzabsorption und Stoßanregung (z. B. Flammenfärbung)
 - Lumineszenz und Fluoreszenz (Anwendung: z. B. Weißmacher)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Quantisierung
- Vertiefung des Potenzialmodells (z. B. Farbstoffmoleküle, Pauliprinzip), Laser
 - metastabile Niveaus, Inversion
 - stimulierte Emission

Q3.3 Röntgenstrahlung (2 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Erzeugung (Aufbau der Röntgenröhre)
- Nachweis von Röntgenstrahlung, Wirkung und Gefahren
- charakteristisches und kontinuierliches Spektrum, kurzwellige Grenze

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Bragg-Reflexion

Q3.4 Mikroskopische Stoßprozesse (2 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Franck-Hertz-Versuch
 - Versuchsaufbau (Demonstrationsexperiment bzw. Animation)
 - Stoßanregung, Unterschied zur Anregung durch Photonen

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Compton-Effekt (Formel für die Compton-Wellenlänge ohne Herleitung)

Q3.5 Kernphysik (2 Wochen)**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- radioaktive Strahlung
 - Arten radioaktiver Strahlung, Nachweis (Präsentation)
 - Wirkung, Anwendungen und Gefahren (Präsentation)
- Zerfallsgesetze
 - Kernzerfall, Aktivität, Halbwertszeit, Zerfallskonstante (exponentielle Abnahme von spaltbarer Masse bzw. Aktivität)
 - C14-Methode (Anwendungsbeispiele)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Zerfallsgesetze
 - Zerfallsreihen

Q4 Physik der Moderne

In diesem Kurshalbjahr eröffnet sich den Lernenden die Möglichkeit, erworbene Kompetenzen im Rahmen zweier gewählter Themen zu vertiefen sowie weitere Kompetenzen in der Auseinandersetzung mit Fragestellungen aus ausgewählten Gebieten der modernen Physik zu erwerben.

Das Themenfeld Kernphysik schließt direkt an die Erarbeitung der Atomphysik (Q3) an. Zahlreiche Anwendungsbezüge, z. B. in der Energiewirtschaft oder der Medizin, begründen die Relevanz des Themenfeldes und geben den Lernenden Anlass zu einer kritischen Reflexion. Im Leistungskurs übertragen sie das Potenzialtopfmodell für die Atomhülle auf den Atomkern und erweitern dieses um die Vorstellung zweier unterschiedlicher Töpfe für Neutronen und Protonen.

Die spezielle Relativitätstheorie stellt intuitive Überzeugungen wie diejenige, dass Zeit gleichmäßig vergeht, infrage. Dies sensibilisiert die Lernenden für den neben der Entwicklung der Quantenphysik zweiten großen Umbruch des modernen physikalischen Weltbilds. Mit der Verwendung von Minkowski-Diagrammen zur Veranschaulichung von Längenkontraktion und Zeitdilatation festigen und erweitern die Lernenden ihre Kompetenzen im Umgang mit den aus der Einführungsphase bekannten t - s -Diagrammen. Im Leistungskurs bietet sich den Lernenden die Möglichkeit, die bisher nur phänomenologisch thematisierte relativistische Massenzunahme aus grundlegenden Prinzipien abzuleiten.

Die Festkörperphysik ist die Basis der gesamten Informationstechnologie und daher für viele Lernende besonders bedeutsam. Dieses Themenfeld bietet ausgesprochen gute Gelegenheit dafür, dass die Lernenden Versuche durchführen, die nicht nur das theoretische Verständnis, sondern auch Kompetenzen im kreativen Umgang mit dieser Technologie fördern. Im Leistungskurs wenden die Lernenden ihre Kenntnisse aus der Quantenphysik an, um Phänomene im Festkörper zu erklären.

Indem sich die Lernenden mit der Chaostheorie auseinandersetzen, erweitern sie ihre Kenntnisse der klassischen Mechanik. Sie erlangen die Einsicht, dass die Annahme, eine kleine Ursache bedinge nur kleine Wirkungen, nicht in allen Systemen zutrifft. Die Bedeutung der Chaostheorie zeigt sich in einer Vielzahl von Erscheinungen wie Wetter oder Strömungen. Anhand von Systemen, deren Verhalten im Experiment oder mittels Animationen demonstriert wird (wie z. B. das Magnetpendel), kann die Chaostheorie veranschaulicht werden. Darüber hinaus bieten sich fachübergreifende Bezüge zu den Wirtschaftswissenschaften und der Mathematik an.

Durch die Beschäftigung mit der Astrophysik erweitern die Lernenden ihr Weltbild um eine wesentliche Perspektive. Infolge der Erkenntnisse zur Struktur von Sonnensystem und Galaxien und zur Sternentwicklung vom Urknall bis in die Zukunft hinein treten immer wieder neue, existentielle Fragen auf, die die eigene Weltsicht berühren und damit – über die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise hinaus – auch Anknüpfungsmöglichkeiten etwa zu den Bereichen Religion und Ethik bieten. Astronomische Erkenntnisse leiteten Anfang des 17. Jahrhunderts den Beginn der modernen Naturwissenschaft ein. Daher können die Lernenden gerade in der Auseinandersetzung mit den Gesetzen der Himmelsmechanik im historischen Kontext über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess und die zentrale Stellung der Beobachtung reflektieren. Darüber hinaus können sie an diesen Gesetzen die Grundlage moderner numerischer Berechnungsmethoden kennen und anwenden lernen. Letztlich bietet die Untersuchung kernphysikalischer Vorgänge z. B. in Sternen sowie von

Physik**gymnasiale Oberstufe**

Aussagen der allgemeinen Relativitätstheorie den Lernenden die Möglichkeit, wichtige Bezüge zwischen den verschiedenen physikalischen Teilgebieten herzustellen.

Bezug zu den Basiskonzepten: Bei der Bearbeitung des Themas des Kurshalbjahres sind die Basiskonzepte angemessen und unter entsprechender Schwerpunktsetzung zu erarbeiten.

Themenfelder

verbindlich: zwei Themenfelder aus 1–5, ausgewählt durch die Lehrkraft

Q4.1 Kernphysik**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Bindungsenergie
 - Bindungsenergie pro Nukleon (Grundzüge der Kernmodelle: starke Wechselwirkung mit kurzer Reichweite)
 - Massendefekt, Berechnung der während einer Kernreaktion freigesetzten Energie (Äquivalenz von Masse und Energie, Berechnung der Bindungsenergie von Kernen)
 - Kernreaktionen, Kernspaltung, Kernfusion (Präsentation)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Potenzialtopfmodell für Kerne (nur qualitativ)
 - unterschiedliche Tiefen des Topfes für Protonen und Neutronen
 - α -Zerfall durch Tunneleffekt

Q4.2 Spezielle Relativitätstheorie**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Relativitätspostulate
 - Relativitätsprinzip (Gleichberechtigung verschiedener gegeneinander gleichförmig bewegter Bezugssysteme, Galilei-Transformation)
 - Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Michelson-Morley-Experiment (Präsentation)
 - Zeitdilatation und Längenkontraktion
 - Einstein-Synchronisation (Animation)
 - experimentelle Nachweise
 - Veranschaulichung an Minkowski-Diagrammen
- relativistische Massenzunahme (nur phänomenologisch)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Lorentztransformation und Addition von Geschwindigkeiten
- Herleitung der relativistischen Massenzunahme

Q4.3 Festkörperphysik**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Leiter, Nichtleiter und Halbleiter
 - Bändermodell (nur qualitativ)
 - Dotierung
- Diode und Transistor
 - p-n-Übergang, Durchlass- und Sperrpolung (experimentelle Bestimmung der Kennlinie)
 - Gleichrichterschaltungen (Demonstrations- und / oder Schülerexperimente)
 - bipolarer Transistor (nur pnp oder npn, Animation)
 - Transistor als Schalter (Flip-Flop-Schaltung)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- quantenphysikalische Erklärung der Energiebänder (Fermienergie, nur qualitativ)
- Verstärkerschaltung (Demonstrations- und / oder Schülerexperimente)
- Supraleitung (nur qualitativ)

Q4.4 Chaostheorie**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Beispiele für nichtlineare Systeme (z. B. Doppelpendel, Sandmühle, Magnetpendel) (Experiment, Video oder Animation)
- Auswirkung der prinzipiellen Ungenauigkeit bei Messungen und Rechnungen
 - die mathematischen Modelle nichtlinearer Systeme sind nur näherungsweise berechenbar, kleine Schwankungen der Startwerte haben auf die Entwicklung des Systems exponentiell zunehmende Auswirkungen
 - numerische Probleme durch begrenzte Genauigkeit (Arbeit mit Tabellenkalkulation oder Programmierumgebung)
- philosophische Betrachtungen
 - Unvorhersagbarkeit trotz Gültigkeit des Kausalgesetzes (Reflexion über die gewonnenen Erkenntnisse)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Phasenraumdiagramm, Attraktor (grafische Darstellungen)
- Fraktale

Q4.5 Astrophysik**grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- unser Sonnensystem (Präsentation, Animation, Simulation)
 - Sonne, Planeten, Kometen
 - Gravitationsgesetz

Physik**gymnasiale Oberstufe**

- Keplersche Gesetze
- Gezeiten
- Kosmologie (Präsentation)
 - größere Strukturen, Galaxien
 - Rotverschiebung, Urknall
- Struktur des Universums
 - Größe und Alter des Universums
 - Hintergrundstrahlung, dunkle Materie, dunkle Energie

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Energieerzeugung in der Sonne (Präsentation)
 - Proton-Proton-Reaktion
 - weitere Reaktionen
- Sterntypen, Sternentstehung und -entwicklung
 - Hauptreihensterne
 - Lebenszyklus eines Sterns