



# Lehrplan

für die Sekundarstufe II  
Gymnasium, Gesamtschule



# Physik

Herausgeber:

2002 - Ministerium für Bildung, Wissenschaft,  
Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein  
Brunswiker Straße 16-22  
24105 Kiel  
Lehrpläne im Internet: <http://lehrplan.lernnetz.de>

Druck und Vertrieb:

Glückstädter Werkstätten  
Stadtstraße 36  
25348 Glückstadt  
Telefon (0 41 24) 6 07-0  
Telefax (0 41 24) 6 07-1 88

# Einführung

Die Lehrpläne für die Sekundarstufe II (Gymnasium, Gesamtschule, Fachgymnasium) gliedern sich - wie die Lehrpläne für die Sekundarstufe I - in zwei aufeinander bezogene Teile: die Grundlagen und die Fachlichen Konkretionen.

## I. Grundlagen

Der Grundlagenteil beschreibt das allen Fächern gemeinsame Konzept des Lernens und die aus ihm folgenden Grundsätze der Unterrichtsgestaltung und der Leistungsbewertung.

## II. Fachliche Konkretionen

Im Mittelpunkt dieses zweiten Teils stehen die Aufgaben und Anforderungen, die sich aus dem Konzept des Lernens für den jeweiligen Fachunterricht ergeben.

Die im ersten Teil dargestellten Grundsätze (B, Kapitel 1-6) werden im zweiten Teil unter den Gesichtspunkten der einzelnen Fächer aufgenommen und konkretisiert. Diese Grundsätze bestimmen daher auch den Aufbau der Fachlichen Konkretionen:

<b>I. Grundlagen, Abschnitt B</b>	<b>II. Fachliche Konkretionen</b>
1. Lernausgangslage	1. Lernausgangslage
2. Perspektiven des Lernens	2. Fachliches Lernen als Erwerb von Kompetenzen
3. Das Lernen in den Strukturen von Fächern	3. Strukturen des Faches
4. Grundsätze der Unterrichtsgestaltung	4. Themen des Unterrichts
5. Projektlernen	5. Projektlernen
6. Leistungen und ihre Bewertung	6. Leistungen und ihre Bewertung

Die Lehrpläne geben in beiden Teilen - in den Grundlagen und in den Fachlichen Konkretionen - einen verbindlichen Rahmen für Erziehung, Unterricht und Schulleben vor, der die Vergleichbarkeit und Qualität der schulischen Bildungsgänge und -abschlüsse sicherstellt.

Innerhalb dieses Rahmens eröffnen die Lehrpläne allen an der Schule Beteiligten vielfältige Möglichkeiten zur pädagogischen Gestaltung und Weiterentwicklung ihrer Schule. Insbesondere durch das Konzept des Lernens in fächerübergreifenden Zusammenhängen und Projekten geben die Lehrpläne Anstöße zur Entwicklung und Umsetzung eines curricular begründeten Schulprogramms.

# Inhaltsverzeichnis

<b>I Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>A Die gymnasiale Oberstufe</b>	<b>2</b>
<b>1 Ziele der gymnasialen Oberstufe</b>	<b>3</b>
1.1 Vertiefte Allgemeinbildung . . . . .	3
1.2 Wissenschaftspropädeutisches Arbeiten . . . . .	3
1.3 Studier- und Berufsfähigkeit . . . . .	4
<b>2 Organisationsformen der gymnasialen Oberstufe</b>	<b>5</b>
2.1 Aufbau der gymnasialen Oberstufe . . . . .	5
2.2 Das Fachgymnasium . . . . .	7
<b>B Das Konzept des Lernens in der gymnasialen Oberstufe</b>	<b>8</b>
<b>1 Lernausgangslage</b>	<b>9</b>
<b>2 Perspektiven des Lernens</b>	<b>10</b>
2.1 Lernen als Auseinandersetzung mit Kernproblemen . . . . .	10
2.2 Lernen als Erwerb von Kompetenzen . . . . .	11
<b>3 Das Lernen in den Strukturen von Fächern</b>	<b>14</b>
3.1 Das Lernen in fachlichen Zusammenhängen . . . . .	14
3.2 Das Lernen in fächerübergreifenden Zusammenhängen . . . . .	14
<b>4 Grundsätze der Unterrichtsgestaltung</b>	<b>16</b>
4.1 Lernen in thematischen Zusammenhängen . . . . .	16
4.2 Lernen in vielfältigen Arbeitsformen . . . . .	17
4.3 Lernen in einer sich öffnenden Schule . . . . .	17
<b>5 Projektlernen</b>	<b>19</b>
5.1 Methodikunterricht im 11. Jahrgang . . . . .	19
5.2 Projektlernen im 12. Jahrgang . . . . .	19
5.3 Projektlernen im 13. Jahrgang . . . . .	20
<b>6 Leistungen und ihre Bewertung</b>	<b>21</b>
6.1 Bewertungskriterien . . . . .	21
6.2 Beurteilungsbereiche . . . . .	22
6.3 Notenfindung . . . . .	23

<b>II</b>	<b>Fachliche Konkretionen</b>	<b>25</b>
<b>1</b>	<b>Lernausgangslage</b>	<b>26</b>
<b>2</b>	<b>Fachliches Lernen als Erwerb von Kompetenzen</b>	<b>27</b>
2.1	Der Beitrag des Faches zum Erwerb der Lernkompetenz . . . . .	27
2.2	Beiträge des Faches zum Lernen in anderen Fächern . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Strukturen des Faches</b>	<b>30</b>
3.1	Didaktische Leitlinien . . . . .	30
3.2	Bereiche und Sachgebiete . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Themen des Unterrichts</b>	<b>32</b>
4.1	Themenorientiertes Arbeiten . . . . .	32
4.2	Kursthemen . . . . .	32
4.3	Aussagen zur Verbindlichkeit . . . . .	33
4.4	Themen und Inhalte . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Projektlernen</b>	<b>56</b>
5.1	Das Fach und das Projektlernen . . . . .	56
5.2	Das Projektlernen im 12. Jahrgang . . . . .	56
5.3	Das Projektlernen im 13. Jahrgang . . . . .	59
<b>6</b>	<b>Leistungen und ihre Bewertung</b>	<b>62</b>
6.1	Unterrichtsbeiträge . . . . .	62
6.2	Klausuren . . . . .	64



**Teil I**

**Grundlagen**

# Abschnitt A

## Die gymnasiale Oberstufe

Die Lehrpläne für die gymnasiale Oberstufe knüpfen an die Bildungs- und Erziehungskonzeption an, die den Lehrplänen für die weiterführenden allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufe I zugrunde liegt. Wie diese gehen sie von dem im Schleswig-Holsteinischen Schulgesetz (SchulG) formulierten Bildungs- und Erziehungsauftrag aus.

Die Lehrpläne berücksichtigen den Rahmen, der durch die „Vereinbarung zur Gestaltung der Gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ gesetzt ist (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 in der Fassung vom 28.02.1997). Im Sinne dieser Beschlüsse der Kultusministerkonferenz werden die Ziele der gymnasialen Oberstufe im Folgenden unter den Aspekten vertiefte Allgemeinbildung, Wissenschaftspropädeutik sowie Studien- und Berufsfähigkeit beschrieben.

# Kapitel 1

## Ziele der gymnasialen Oberstufe

### 1.1 Vertiefte Allgemeinbildung

Die in der Sekundarstufe I erworbene allgemeine Grundbildung wird in der gymnasialen Oberstufe unter den folgenden Gesichtspunkten vertieft:

Vertiefte Allgemeinbildung

- zielt ab auf die vielseitige Entwicklung von Interessen und Fähigkeiten in möglichst vielen Bereichen menschlichen Lebens
- vermittelt die Einsicht in allgemeine Zusammenhänge und in die alle Menschen gemeinsam angehenden Problemstellungen
- ermöglicht die Orientierung und Verständigung innerhalb des Gemeinwesens und sichert die verantwortliche Teilhabe am öffentlichen Leben. Zur Bildung gehört so auch die Einsicht in die gesellschaftliche Bedeutung des Erlernten und in seine ökonomische Relevanz. In diesem Sinne ist Berufsorientierung ein unverzichtbares Element schulischer Bildung, die damit berufliche Ausbildung weder vorweg nimmt noch überflüssig macht.

Das hier zugrunde gelegte Verständnis von vertiefender Allgemeinbildung schließt das Konzept der Integration behinderter Schülerinnen und Schüler ein. Im gemeinsamen Unterricht von behinderten und nichtbehinderten Schülerinnen und Schülern sind die Lehrpläne daher in der Differenzierung umzusetzen, die eine individuelle Förderung behinderter Schülerinnen und Schüler ermöglicht.

### 1.2 Wissenschaftspropädeutisches Arbeiten

Wissenschaftspropädeutisches Lernen erzieht zu folgenden Einstellungen, Arbeits- und Verhaltensweisen:

- zum Erwerb gesicherten fachlichen Wissens und zur Verfügung darüber auch in fachübergreifenden Zusammenhängen

- zum Erwerb von Methoden der Gegenstandserschließung, zur selbständigen Anwendung dieser Methoden sowie zur Einhaltung rationaler Standards bei der Erkenntnisbegründung und -vermittlung
- zur Offenheit gegenüber dem Gegenstand, zur Reflexions- und Urteilsfähigkeit, zur Selbstkritik
- zu verlässlicher sach- und problembezogener Kooperation und Kommunikation.

Wissenschaftspropädeutisches Arbeiten basiert auf den in der Sekundarstufe I erworbenen Kulturtechniken. Es stärkt insbesondere den sachorientierten Umgang mit der Informationstechnik und den neuen Medien und eröffnet Nutzungsmöglichkeiten, an die im Hochschulstudium sowie in der Berufsausbildung und -tätigkeit angeknüpft werden kann.

### 1.3 Studier- und Berufsfähigkeit

Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe orientiert sich am Ziel der allgemeinen Studierfähigkeit und der Berufsfähigkeit.

Der erfolgreiche Abschluss der gymnasialen Oberstufe qualifiziert sowohl für ein Hochschulstudium (Allgemeine Hochschulreife) als auch für eine anspruchsvolle Berufsausbildung bzw. -tätigkeit.

Angesichts der Vielzahl der Berufe und der Schnelligkeit, mit der sich Berufsbilder und berufliche Anforderungen weltweit ändern, werden in der gymnasialen Oberstufe Kompetenzen erworben, die für jede Berufstätigkeit von Bedeutung sind, weil sie die Schülerinnen und Schüler befähigen, sich auch in den Zusammenhängen der Arbeitswelt lernend zu verhalten. Im Besonderen geht es darum, eigene Begabungen, Bedürfnisse und Interessen im Hinblick auf die Berufswahl und die Berufsausübung zu erkennen, zu prüfen und zu artikulieren, und zwar unter dem Aspekt sowohl unselbständiger als auch selbständiger Beschäftigung.

Jeder Unterricht vermittelt mit den genannten Kompetenzen auch Kenntnisse von der Berufs- und Arbeitswelt. Dies sind im Einzelnen Kenntnisse über

- Berufsfelder und Studiengänge
- Strukturen und Entwicklungen des Arbeitsmarktes
- Bedingungen und Strategien der Verwertung von Qualifikationen
- Möglichkeiten und Aufgaben der verantwortlichen Mitwirkung an der Gestaltung vorgefundener Arbeitsbedingungen

Wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Zusammenhänge sind Inhalte des Unterrichts in allen Fächern, besonders der Fächer im gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeld. Der Blick auf solche Zusammenhänge und der Erwerb entsprechender Kenntnisse sind darüber hinaus auch eine Aufgabe fächerübergreifenden Arbeitens und des Projektlernens.

# Kapitel 2

## Organisationsformen der gymnasialen Oberstufe

### 2.1 Aufbau der gymnasialen Oberstufe

Die gymnasiale Oberstufe gliedert sich in die Einführungsphase (11. Jahrgang) und in die Qualifikationsphase (12. und 13. Jahrgang). Näheres ist in der Oberstufenverordnung (OVO) und in der Fachgymnasiumsverordnung (FgVO) geregelt.

#### 2.1.1 Einführungsphase (11. Jahrgang)

Der Unterricht im 11. Jahrgang hat die Aufgabe, Schülerinnen und Schüler auf die Anforderungen der Qualifikationsphase vorzubereiten. Dies geschieht in mehrfacher Hinsicht:

- In den Fächern werden die Grundlagen für wissenschaftspropädeutisches Arbeiten gelegt, zugleich werden Unterschiede in der fachlichen Vorbildung der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt und, wenn möglich, ausgeglichen.
- Der Fachunterricht bietet einen Einblick in Strukturen und Methoden des Faches, der Schülerinnen und Schüler befähigt, die Leistungskursfächer sachgerecht zu wählen.
- Im Fachunterricht erfahren Schülerinnen und Schüler auch, dass Lernen nicht an Fächergrenzen endet. Die Einsicht in die Notwendigkeit vernetzten und fächerübergreifenden Denkens und Arbeitens wird weiterentwickelt.
- Im Methodikunterricht werden elementare Formen und Verfahren wissenschaftspropädeutischen Arbeitens, die in allen Fächern gebraucht werden, vermittelt und eingeübt (vgl. Lehrplan Methodik; zum Beitrag des Methodikunterrichts zum Projektlernen vgl. B, Kap. 5). Der Methodikunterricht ist im Gymnasium und in der Gesamtschule als eigenes Fach organisiert (vgl. OVO), im Fachgymnasium kann er auch in den Fachunterricht integriert werden (vgl. FgVO).

## 2.1.2 Qualifikationsphase (12. und 13. Jahrgang)

In der Qualifikationsphase werden die Jahrgangsklassen durch ein System von Grund- und Leistungskursen abgelöst. Die Kurse sind themenbestimmt. Sie dauern ein halbes Jahr. Im Sinne einer sowohl temporären als auch curricularen Folge bauen sie aufeinander auf. Grund- und Leistungskurse sind bezogen auf das gemeinsame Konzept einer wissenschaftspropädeutisch vertiefenden und um Berufsorientierung erweiterten Allgemeinbildung. In jeweils spezifischer Weise tragen sie zur Vermittlung der allgemeinen Studierfähigkeit und der Berufsfähigkeit bei.

### Grundkurse

Grundkurse zielen auf

- das Erfassen grundlegender Sachverhalte, Probleme und Zusammenhänge in einem Fach sowie die Sicherung des fachlichen Beitrags zur Allgemeinbildung
- die Beherrschung wesentlicher Arbeitsmethoden des Faches
- die Erkenntnis exemplarischer fächerübergreifender Zusammenhänge

Dies verlangt im Unterricht

- eine Stärkung des fachlichen Grundwissens sowie der Kenntnisse, die einen Überblick über das Fach vermitteln
- besondere Sorgfalt bei der Auswahl fachspezifischer Methoden
- ein Training in Arbeitstechniken, die Transferleistungen ermöglichen

### Leistungskurse

Leistungskurse zielen auf

- einen höheren Grad der Reflexion theoretischer Grundlagen und Zusammenhänge in einem Fach
- ein größeres Maß an Selbständigkeit bei der Auswahl und Anwendung von Methoden
- eine engere Verknüpfung von fachbezogenem und fächerübergreifendem Arbeiten

Dies verlangt im Unterricht

- Vertiefung des fachlichen Grundwissens und Einblicke in die theoretischen Grundlagen des Faches
- Vermittlung und Training vielfältiger fachspezifischer Methoden
- Anleitung zur Selbstorganisation bei komplexen, materialreichen Aufgaben

Das besondere Profil der Leistungskurse wird auch deutlich in ihrem Beitrag zum Projektlernen im 12. Jahrgang (vgl. B, Kap. 5).

## 2.2 Das Fachgymnasium

Die genannten Ziele der gymnasialen Oberstufe gelten für das Gymnasium, die Gesamtschule und für das Fachgymnasium.

Das Fachgymnasium ist als eigenständige Schulart den berufsbildenden Schulen zugeordnet (vgl. SchulG) und unterscheidet sich vom Gymnasium und der Gesamtschule durch Besonderheiten in der Lernausgangslage und durch die besondere Ausprägung der Berufsorientierung.

### **Besonderheiten der Lernausgangslage**

Das Fachgymnasium bietet - nach SchulG und FgVO - Schülerinnen und Schülern mit einem überdurchschnittlichen Realschulabschluss bzw. mit einem gleichwertigen Bildungsabschluss die Möglichkeit, die Allgemeine Hochschulreife zu erwerben.

Auf diese unterschiedlichen Bildungsgänge der Schülerinnen und der Schüler stellt sich der Unterricht im Fachgymnasium, besonders in der Einführungszeit, durch differenzierte und spezifische Lernarrangements ein.

### **Die besondere Ausprägung der Berufsorientierung**

Die besondere Ausprägung der Berufsorientierung zeigt sich in den fünf Schwerpunkten (Zweigen), nach denen das Fächerangebot des Fachgymnasiums zusammengestellt und gegliedert ist: Ernährung, Gesundheit und Soziales, Technik, Wirtschaft sowie Agrarwirtschaft (vgl. FgVO). Diese Schwerpunkte sind bestimmten Wissenschaftsdisziplinen zugeordnet und entsprechen weitgehend einzelnen Berufsfeldern. Durch die Wahl eines berufsbezogenen Schwerpunktfaches, das im 12. und 13. Jahrgang zum zweiten Leistungskursfach wird, entscheiden sich die Schülerinnen und Schüler im 11. Jahrgang für einen dieser Zweige und damit auch für eine Fächerkonstellation, die durch die berufsbezogene ebenso wie durch die wissenschaftspropädeutische Orientierung geprägt ist.

Die Lehrpläne berücksichtigen die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede zwischen dem Gymnasium und der Gesamtschule einerseits und dem Fachgymnasium andererseits auf folgende Weise:

- Die Lehrpläne für alle drei Schularten sind in allen Fächern nach einem gemeinsamen didaktischen Konzept erstellt (vgl. Abschnitt B der Grundlagen). Damit wird der gemeinsamen Zielsetzung ebenso Rechnung getragen wie der Möglichkeit der Kooperation zwischen den Schularten (vgl. FgVO und OVO).
- Die Lehrpläne der Fächer, die sowohl im Fachgymnasium als auch im Gymnasium und in der Gesamtschule unterrichtet werden, sind entweder schulartspezifisch ausformuliert (Mathematik, Biologie, Chemie, Physik) oder lassen Raum bzw. liefern Hinweise für die Ausgestaltung des jeweiligen Schulartprofils (Deutsch, Fremdsprachen, Bildende Kunst, Musik, Ev. und Kath. Religion, Philosophie, Sport).

## Abschnitt B

# Das Konzept des Lernens in der gymnasialen Oberstufe

Im Rahmen der dargestellten Ziele und Organisationsformen entfalten die Lehrpläne ein didaktisches Konzept, das schulische Bildung als Prozess und Ergebnis des Lernens versteht: Schulisches Lernen fördert und prägt die Entwicklung der Lernenden nachhaltig und befähigt sie zu einem selbstbestimmten Lernen und Leben.

Das Konzept des Lernens geht aus von der Situation der Lernenden und entfaltet auf sie bezogen die Grundsätze der Unterrichtsgestaltung und der Leistungsbewertung.

# Kapitel 1

## Lernausgangslage

Die Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe lernen in einem Umfeld, das durch unterschiedliche Lebensformen und Wertorientierungen bestimmt ist. Ihre Entwicklung wird beeinflusst durch verschiedene kulturelle Traditionen, religiöse Deutungen, wissenschaftliche Bestimmungen, politische Interessen. Diesen Pluralismus einer offenen Gesellschaft erfahren sie als eine Bereicherung ihres Lebens, aber auch als Verunsicherung.

Die Schülerinnen und Schüler lernen in dem Wunsch, an dem Leben dieser Gesellschaft aktiv teilzunehmen und ihre Vorstellungen von einer wünschenswerten Zukunft zu verwirklichen. Dabei erfahren sie auch Widerstände.

Die Schülerinnen und Schüler lernen in einer Gesellschaft, die durch unterschiedliche Medien und vielfältige Informationsflüsse geprägt ist. Dies erweitert den Horizont ihrer Erfahrungen. Die Zunahme solcher Erfahrungen aus zweiter Hand beeinträchtigt aber auch die Fähigkeit, die Welt auf eigene Weise wahrzunehmen und der eigenen Erfahrung zu trauen.

Die Schülerinnen und Schüler lernen in einer Welt, in der sich die Strukturen des Wirtschafts- und Arbeitslebens rapide und grundlegend verändern. Sie erfahren diese weltweiten Veränderungen als Chance und als Risiko, wenn sie nach beruflicher Orientierung und Teilhabe am Erwerbsleben suchen.

Die Schülerinnen und Schüler lösen sich Schritt für Schritt aus der Familie und aus ihrer gewohnten Umgebung. Beziehungen zu anderen Menschen und Identifikationen mit Gruppen werden neu entwickelt und gestaltet. Damit werden neue Anforderungen an die Eigenverantwortung und Selbständigkeit der Schülerinnen und Schüler gestellt. Dies führt auch zu veränderten Anforderungen an die Schule.

# Kapitel 2

## Perspektiven des Lernens

Um das schulische Lernen auf das Notwendige und Mögliche zu konzentrieren, bedarf es leitender Perspektiven. Diese ergeben sich in inhaltlicher Hinsicht aus einem Verständnis des Lernens als Auseinandersetzung mit Kernproblemen, in formaler Hinsicht aus einem Verständnis des Lernens als Erwerb von Kompetenzen.

### 2.1 Lernen als Auseinandersetzung mit Kernproblemen

Lernen geschieht mit Blick auf Herausforderungen, vor die sich der Lernende gestellt sieht, und zwar

- in Grundsituationen seines individuellen Lebens
- in seinem Verhältnis zur natürlichen Umwelt
- in seinem Verhältnis zur wissenschaftlich technischen Zivilisation und zur Kultur
- in seinem Zusammenleben mit anderen

Kernprobleme artikulieren gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen und Aufgaben, wie sie sich sowohl in der Lebensgestaltung des Einzelnen als auch im politischen Handeln der Gesellschaft stellen. Der Blick auf solche Probleme begründet die individuelle Absicht und die gesellschaftliche Notwendigkeit des Lernens.

Die Beschäftigung mit Kernproblemen richtet sich insbesondere auf

- die Bestimmung und Begründung von Grundwerten menschlichen Zusammenlebens sowie die Untersuchung ihrer Gefährdungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten. Solche Grundwerte sind der Frieden, die Menschenrechte, das Zusammenleben in der Einen Welt mit unterschiedlichen Kulturen, Religionen, Gesellschaftsformen, Völkern und Nationen (Kernproblem 1: „Grundwerte“)
- die Einsicht in den Wert der natürlichen Lebensgrundlagen und der eigenen Gesundheit, in die Notwendigkeit ihrer Pflege und Erhaltung sowie in die Ursachen ihrer Bedrohung (Kernproblem 2: „Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen“)

- die Einsicht in Chancen und Risiken, die in der Veränderung der wirtschaftlichen, technischen und sozialen Lebensbedingungen liegen und die Abschätzung ihrer Folgen für die Gestaltung unserer Lebensverhältnisse (Kernproblem 3: „Strukturwandel“)
- die Bestimmung und Begründung des Prinzips der Gleichstellung von Frauen und Männern, Mädchen und Jungen in Familie, Beruf und Gesellschaft sowie die Untersuchung seiner Gefährdungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten (Kernproblem 4: „Gleichstellung“)
- die Bestimmung und Begründung des Rechts aller Menschen zur Gestaltung ihrer politischen, kulturellen und wirtschaftlichen Lebensverhältnisse, zur Mitwirkung und Mitverantwortung in allen Lebensbereichen sowie die Untersuchung der Gefährdungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten dieses Rechts (Kernproblem 5: „Partizipation“).

Die Orientierung an Kernproblemen stellt Kriterien zur Auswahl und Akzentuierung notwendiger Themen für das Lernen in fachlichen und fächerübergreifenden Zusammenhängen bereit.

## 2.2 Lernen als Erwerb von Kompetenzen

Lernend erwerben Schülerinnen und Schüler Kompetenzen, die ihnen eine Antwort auf die Herausforderungen ermöglichen, denen sie in ihrem Leben begegnen.

Jedes Fach leistet seinen spezifischen Beitrag zum Erwerb dieser Kompetenzen und gewinnt dadurch sein besonderes Profil. Dabei wird das Lernen auch selbst zum Gegenstand des Lernens. Die Schülerinnen und Schüler sammeln Lernerfahrungen, die Grundlage für ein Lernen des Lernens sind.

### 2.2.1 Erwerb von Lernkompetenz

Der Erwerb von Lernkompetenz schafft die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Weiterlernen und eröffnet die Möglichkeit, sich ein Leben lang und in allen Lebenszusammenhängen lernend zu verhalten.

Lernkompetenz wird unter den Aspekten der Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz erworben:

**Sachkompetenz** meint die Fähigkeit, einen Sachverhalt angemessen zu erfassen, erworbenes Wissen in Handlungs- und neuen Lernzusammenhängen anzuwenden, Erkenntniszusammenhänge zu erschließen und zu beurteilen.

**Methodenkompetenz** meint die Fähigkeit, das Erfassen eines Sachverhalts unter Einsatz von Regeln und Verfahren ergebnisorientiert zu gestalten; über grundlegende Arbeitstechniken sicher zu verfügen, insbesondere auch über die Möglichkeiten der Informationstechnologie.

**Selbstkompetenz** meint die Fähigkeit, die eigene Lernsituation wahrzunehmen, d.h. eigene Bedürfnisse und Interessen zu artikulieren, Lernprozesse selbständig zu planen und durchzuführen, Lernergebnisse zu überprüfen, ggf. zu korrigieren und zu bewerten.

**Sozialkompetenz** meint die Fähigkeit, die Bedürfnisse und Interessen der Mitlernenden wahrzunehmen, sich mit ihren Vorstellungen von der Lernsituation (selbst)kritisch auseinander zu setzen und erfolgreich mit ihnen zusammenzuarbeiten.

Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz bedingen, durchdringen und ergänzen einander. Sie sind Aspekte einer als Ganzes zu vermittelnden Lernkompetenz. Die so verstandene Lernkompetenz ist auf Handeln gerichtet, d.h. sie schließt die Fähigkeit des Einzelnen ein, sich in gesellschaftlichen, beruflichen und privaten Handlungszusammenhängen verantwortlich zu verhalten.

## 2.2.2 Erwerb von Kompetenzen in fächerübergreifenden Bereichen

Jeder Fachunterricht trägt dazu bei, Kompetenzen auch in den Bereichen zu erwerben, die seiner fachlichen Orientierung nicht unmittelbar zuzuordnen sind, diese aber erweitern und vertiefen. Dadurch begründet der Kompetenzerwerb auch das Lernen in fächerübergreifenden Zusammenhängen.

Alle Fächer unterstützen den Kompetenzerwerb in folgenden Bereichen:

### Deutschsprachlicher Bereich

- mündlicher und schriftlicher Ausdruck in der deutschen Sprache, Umgang mit Texten; sprachliche Reflexion

### Fremdsprachlicher Bereich

- Hören, Sprechen, Lesen, Schreiben in fremden Sprachen

### Mathematischer Bereich

- Umgang mit mathematischen Symbolen und Modellen, mit Methoden mathematisierender Problemlösung; Entwicklung und Anwendung von computergestützten Simulationen realer Prozesse und Strukturen

### Informationstechnologischer Bereich

- Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologien

### Gesellschaftswissenschaftlicher Bereich

- Erfassen von Bedingungen (historischen, geographischen, politischen, ökonomischen, ökologischen) des individuellen wie des gesellschaftlichen Lebens, Denkens und Handelns

### Naturwissenschaftlicher Bereich

- empirisch-experimentelles Forschen, Entdecken und Konstruieren in Naturwissenschaften und Technik

### Ästhetischer Bereich

- ästhetisches Wahrnehmen, Empfinden, Urteilen und Gestalten

### **Sportlicher Bereich**

- sportliches Agieren, Kenntnis physiologischer Prozesse und Bedingungen; regelgeleitetes und faires Verhalten im Wettkampf

### **Philosophisch-religiöser Bereich**

- Denken und Handeln im Horizont letzter Prinzipien, Sinndeutungen und Wertorientierungen

Für die Ausprägung der Studierfähigkeit sind die in den ersten drei Bereichen erworbenen Kompetenzen von herausgehobener Bedeutung (vgl. KMK-Vereinbarung vom 28.02.1997).

# Kapitel 3

## Das Lernen in den Strukturen von Fächern

### 3.1 Das Lernen in fachlichen Zusammenhängen

Das fachliche Lernen ist eine der grundlegenden Formen schulischen Lernens. Der Fachunterricht baut Lernkompetenz unter fachlichen Gesichtspunkten auf und leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur vertiefenden Allgemeinbildung. Er entfaltet im Hinblick auf die Fachwissenschaft Lerngegenstände und eröffnet den Lernenden eine Möglichkeit, die Welt zu verstehen und sie sich aktiv zu erschließen. Er führt in die speziellen Denk- und Arbeitsformen des Faches ein und gibt dadurch dem Lernprozess eine eigene sachliche und zeitliche Systematik. In seiner Kontinuität begründet fachliches Lernen die Möglichkeit, Lernfortschritte zu beobachten und zu beurteilen.

Der Fachunterricht ist jedoch nicht nur durch seinen Bezug auf die jeweilige Fachwissenschaft und Systematik bestimmt, sondern immer auch durch die didaktische und methodische Durchdringung seiner Inhalte sowie durch den Beitrag des Faches zur Bildung und Erziehung.

Mit der Arbeit in den Fächern verbindet sich ein Lernen, das weiterführende Lebens-, Denk- und Handlungszusammenhänge eröffnet, in denen die Schülerinnen und Schüler den Sinn des zu Lernenden erfassen und erfahren können.

### 3.2 Das Lernen in fächerübergreifenden Zusammenhängen

Das Zusammenwirken von fachlichem und fächerübergreifendem Lernen ermöglicht den Erwerb von Lernkompetenz. Der Bezug auf andere Fächer gehört zum wissenschaftlichen und didaktischen Selbstverständnis eines jeden Faches sowie zu seinem pädagogischen Auftrag. Ebenso grundlegend bestimmt das Prinzip fachlich gesicherten Wissens das fächerübergreifende Lernen. Der Zusammenhang beider ist ein wesentliches Merkmal wissenschaftspropädeutischen Arbeitens.

Fächerübergreifende Fragestellungen und Themen entwickeln sich zum einen aus dem Fach selbst und thematisieren so auch die Grenzen des Faches. In diesem Sinne ist fächerübergreifendes Arbeiten Unterrichtsprinzip und verbindliches Element des jeweiligen Fachunterrichts.

Fächerübergreifende Fragestellungen und Themen ergeben sich zum anderen aus der Kooperation verschiedener Fächer in der Bearbeitung eines Problems. In diesem Sinne ist fächerübergreifendes Arbeiten verbindlich im Methodikunterricht, in den Projektkursen und in den Grundkursen, die Grundkurse eines anderen Faches substituieren (vgl. OVO).

Darüber hinaus erweitern die Schulen im Rahmen der Entwicklung eines Schulprogramms oder eines Oberstufenprofils die Möglichkeiten fächerübergreifenden Arbeitens.

# Kapitel 4

## Grundsätze der Unterrichtsgestaltung

Die Orientierung des Lernens an der Auseinandersetzung mit Kernproblemen und am Erwerb von Kompetenzen verlangt eine Unterrichtsgestaltung, die zum einen das Lernen in thematischen Zusammenhängen und zum anderen das Lernen in bestimmten Arbeits- und Sozialformen sicher stellt.

### 4.1 Lernen in thematischen Zusammenhängen

Im Mittelpunkt des Unterrichts stehen Themen, die den fachbezogenen und den fächerübergreifenden Unterricht auf notwendige Fragestellungen konzentrieren. Solche Themen haben sinnstiftende und ordnende Funktion und bilden in sich geschlossene Lernzusammenhänge. Diese Zusammenhänge ergeben sich - in unterschiedlicher Gewichtung - aus:

- den Erfahrungen und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler
- der Auseinandersetzung mit den Kernproblemen und dem Erwerb von Kompetenzen
- dem fachlichen Bemühen um Wissen, Können und Erkenntnis

Themenorientiertes Arbeiten ist verbindlich.

Ein solches Lernen ist

- handlungsorientiert, d.h.
  - es ist Lernen für Handeln. Es bezieht sich auf Herausforderungen und Aufgaben, die die Lernenden in ihrem privaten, beruflichen und politischen Leben bewältigen müssen
  - es ist Lernen durch Handeln. Lernen durch Handeln vertieft und verstärkt Lernprozesse
  - es ist damit angelegt auf ein ganzheitliches Erfassen des individuellen und gesellschaftlichen Lebens
- lebensweltbezogen, d.h.
  - es erwächst aus Situationen, die für das Leben der Lernenden bedeutsam sind und knüpft an diese an
  - es bleibt im Lernprozess auf die Erfahrungen der Lernenden bezogen

- erkenntnisgeleitet, d.h.
  - es übt ein Verhalten, das sich um Einsichten bemüht und sich durch Einsichten bestimmen lässt
  - es verändert Verhalten durch Einsicht
  - es leitet das Handeln durch die Reflexion auf die Komplexität von Handlungszusammenhängen (ökonomische, ökologische, soziale, politische)

## 4.2 Lernen in vielfältigen Arbeitsformen

Lernen in der gymnasialen Oberstufe zielt auf die Selbständigkeit und Selbsttätigkeit der Lernenden im Lernprozess. Es sind darum solche Arbeits- und Sozialformen zu bevorzugen, die den Lernenden eigene Entscheidungsspielräume und Verantwortung einräumen und ihnen die Chance geben, sich in selbstgesteuerten Lernprozessen mit einem Lerngegenstand aktiv und reflektierend, kreativ und produktiv auseinander zu setzen.

Im einzelnen ergeben sich daraus folgende Forderungen für die Gestaltung des Unterrichts:

- Die Formen des Unterrichts orientieren sich am kooperativen Lernen: Kooperative Arbeitsformen - von der Planung bis zur Präsentation von Ergebnissen - versetzen die Schülerinnen und Schüler in die Lage, eigene Annahmen und Ideen zu Problemlösungen in der Diskussion mit anderen zu überprüfen und zu modifizieren oder auch im Team zu gemeinsam erarbeiteten Ergebnissen zu kommen.
- Die Formen des Unterrichts orientieren sich am Transfer: Lernprozesse sollen auf Anwendung und Übung ausgerichtet sein. Dabei sollen Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit von Erkenntnissen und Verfahren deutlich werden.
- Die Formen des Unterrichts orientieren sich an komplexen Problemen: Die Entwicklung von Kompetenzen verlangt den Umgang mit komplexen lebens- und berufsnahe, ganzheitlich zu betrachtenden Problembereichen. Dafür sind komplexe Lehr- und Lernarrangements wie das Projektlernen in besonderer Weise geeignet (vgl. B, Kap. 5).

Auch solche Arbeitsformen haben ihren Stellenwert, die geeignet sind, fachliche Inhalte und Verfahren lehrgangsartig einzuführen oder einzuüben. Alle Formen des Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe sind so zu gestalten, dass in ihnen Lernen als Erwerb von Kompetenzen gefördert wird.

## 4.3 Lernen in einer sich öffnenden Schule

Die genannten Arbeitsformen der gymnasialen Oberstufe verbinden sich mit den Lernmöglichkeiten einer sich öffnenden Schule. Auch die Öffnung der Schule zielt darauf, dass die Schülerinnen und Schüler zunehmend selbst initiativ werden, sich selbst informieren und für ihre Bildung Verantwortung übernehmen.

### 4.3.1 Lernorte in der Berufs- und Arbeitswelt

In den Unterricht zu integrieren sind Begegnungen der Schülerinnen und Schüler mit der Arbeitswelt in Form der

- Wirtschaftspraktika
- Betriebserkundungen
- Projektstage zur beruflichen Orientierung
- Simulationen für betriebs- und volkswirtschaftliche Prozesse
- Teilnahme an Hochschulveranstaltungen
- Gründung und Betrieb von Schulfirmen

Diese den Unterricht ergänzenden und vertiefenden Lernangebote dienen besonders auch der beruflichen Orientierung. Sie bieten den Schülerinnen und Schülern eine Möglichkeit, die im fachlichen wie im fächerübergreifenden Lernen erworbenen Kompetenzen zu erproben und erschließen ihnen dadurch eine wirklichkeitsnahe Erfahrung der Berufs- und Arbeitswelt.

### 4.3.2 Andere außerschulische Lernorte

Zu den außerschulischen Lernorten, die den Erwerb von Kompetenzen in besonderer Weise fördern, gehören die folgenden:

- Die Teilnahme an Auslandsaufenthalten und internationalen Begegnungen im Rahmen der Schulpartnerschaften eröffnen neue transnationale sprachliche und kulturelle Erfahrungen sowie eine Förderung der Persönlichkeitsbildung. Projektgebundene Maßnahmen im Rahmen europäischer Schulpartnerschaften wie auch von Studienfahrten erlauben überdies eine Anwendung und Vertiefung von Kenntnissen und Fertigkeiten in neuen Zusammenhängen.
- Durch die Teilnahme Einzelner oder Gruppen von Schülerinnen und Schüler an Wettbewerben, die sich an Spitzenleistungen orientieren, erfährt das Lernen eine Dimension, in der nachhaltig verschiedene fachliche, methodische und soziale Kompetenzen erprobt werden können. Diese Wettbewerbe machen den besonders Begabten vielfältige Angebote zur Teilnahme.

# Kapitel 5

## Projektlernen

In allen Fächern bildet das Projektlernen einen integralen Bestandteil des Lehrplans.

Beim Projektlernen handelt es sich um ein komplexes Lehr- und Lernarrangement, das wichtige Elemente sowohl für wissenschaftliches als auch für berufliches Arbeiten bereitstellen und somit Studier- und Berufsfähigkeit in besonderer Weise fördern kann.

Diese Form des Lernens wird in der gymnasialen Oberstufe schrittweise erweitert und mit ihren steigenden Anforderungen an selbständiges und methodenbewusstes Arbeiten verbindlich gemacht:

Der Methodikunterricht ist der erste Schritt des Projektlernens in der gymnasialen Oberstufe. Dieser Weg wird in den Leistungskursen des 12. Jahrgangs mit der Durchführung eines Projekts fortgesetzt und schließlich in den Projektkursen des 13. Jahrgangs abgeschlossen.

### 5.1 Methodikunterricht im 11. Jahrgang

Im Methodikunterricht des 11. Jahrgangs werden für das Projektlernen Grundlagen gelegt bzw. weiterentwickelt, indem Themen methodenbewusst und fächerübergreifend erarbeitet werden (vgl. Lehrplan Methodik).

Der Methodikunterricht ist im Gymnasium und in der Gesamtschule als eigenes Fach organisiert (vgl. OVO), im Fachgymnasium kann er auch in den Fachunterricht integriert werden (vgl. FgVO).

### 5.2 Projektlernen im 12. Jahrgang

Die Leistungskurse des 12. Jahrgangs nehmen den Ansatz des Projektlernens aus dem Methodikunterricht auf und üben im Rahmen ihrer fachlichen Orientierung insbesondere kooperative und produktorientierte Arbeitsweisen als Elemente des Projektlernens ein. Hierbei nutzen sie die neuen Informationstechniken.

Im Verlauf des 12. Jahrgangs ist in jedem Leistungskursfach ein Unterrichtsthema als Projekt zu erarbeiten. Leistungen, die im Zusammenhang des Projektlernens erbracht werden, sind sowohl im Beurteilungsbereich Unterrichtsbeiträge als auch im Beurteilungsbereich Klausuren entsprechend zu berücksichtigen (vgl. B, Kap. 6).

In den Grundkursen können - je nach fachlichen und situativen Gegebenheiten und in Abstimmung mit den Leistungskursen des 12. Jahrgangs - projektorientierte Arbeitsformen in den Unterricht integriert werden.

## 5.3 Projektlernen im 13. Jahrgang

Projektkurse sind im Gymnasium und in der Gesamtschule Pflichtgrundkurse in der Jahrgangsstufe 13. Sie können auch als Wahlgrundkurse in der Jahrgangsstufe 12 angeboten werden (vgl. OVO).

Im Fachgymnasium können in den Jahrgangsstufen 12 und 13 Projektkurse (auch schwerpunktübergreifend und als Wahlgrundkurse) angeboten werden (vgl. FgVO).

Die Projektkurse bieten Schülerinnen und Schülern die Chance, Formen des Projektlernens in einem größeren Zeitrahmen selbständig und handelnd zu erproben und zu vertiefen.

In den Projektkursen werden fächerübergreifende Projekte durchgeführt. Ein solches Projekt ist im Wesentlichen gekennzeichnet durch:

- eine Themenwahl, die auch Verbindungen zur Berufs- und Arbeitswelt herstellt und nutzt
- eine selbstverantwortete Gestaltung des Lern- und Arbeitsprozesses
- eine konkrete Problemlösung und ihre Dokumentation

# Kapitel 6

## Leistungen und ihre Bewertung

Die Förderung von Leistungsbereitschaft und -fähigkeit ist für die individuelle Entwicklung der Schülerinnen und Schüler sowie für die Gesellschaft von großer Bedeutung. Leistungen werden nach fachlichen und pädagogischen Grundsätzen ermittelt und bewertet.

Leistungsbewertung wird verstanden als Beurteilung und Dokumentation der individuellen Lernentwicklung und des jeweils erreichten Leistungsstandes. Sie berücksichtigt sowohl die Ergebnisse als auch die Prozesse schulischen Lernens und Arbeitens. Leistungsbewertung dient als Rückmeldung für Schülerinnen und Schüler, Eltern und Lehrkräfte und ist eine wichtige Grundlage für die Beratung und Förderung.

### 6.1 Bewertungskriterien

Die Grundsätze der Leistungsbewertung ergeben sich aus dem Beitrag des jeweiligen Faches bzw. Kurses zum Erwerb von Kompetenzen. Neben den Leistungen im Bereich der Sach- und Methodenkompetenz sind auch Stand und Entwicklung der im Unterricht vermittelten Selbst- und Sozialkompetenz zu bewerten. Dazu gehören solche Fähigkeiten und Einstellungen, die für das selbständige Lernen und das Lernen in Gruppen wichtig sind.

Kriterien und Verfahren der Leistungsbewertung werden am Anfang eines jeden Schulhalbjahres in jedem Fach oder Kurs den Schülerinnen und Schülern offen gelegt und erläutert.

Auch die Selbsteinschätzung einer Schülerin bzw. eines Schülers oder die Einschätzung durch Mitschülerinnen und Mitschüler können in den Beurteilungsprozess einbezogen werden. Dies entbindet die Lehrkraft jedoch nicht von der alleinigen Verantwortung bei der Bewertung der individuellen Leistung.

Schülerinnen und Schülern mit Behinderungen, die in der Gymnasialen Oberstufe unterrichtet werden, darf bei der Leistungsermittlung und -bewertung kein Nachteil aufgrund ihrer Behinderung entstehen. Auf die Behinderung ist angemessen Rücksicht zu nehmen und ggf. ein Nachteilsausgleich zu schaffen (vgl. Landesverordnung über Sonderpädagogische Förderung sowie den Lehrplan Sonderpädagogische Förderung mit seinen Ausführungen zur Leistungsbewertung).

## 6.2 Beurteilungsbereiche

In der Leistungsbewertung der gymnasialen Oberstufe werden drei Beurteilungsbereiche unterschieden: Unterrichtsbeiträge, Klausuren sowie eine Besondere Lernleistung.

### 6.2.1 Unterrichtsbeiträge

Unterrichtsbeiträge umfassen alle Leistungen, die sich auf die Mitarbeit und Mitgestaltung im Unterricht und im unterrichtlichen Kontext beziehen. Zu ihnen gehören

- mündliche Leistungen
- praktische Leistungen
- schriftliche Leistungen, soweit es sich nicht um Klausuren handelt.

Bewertet werden können im Einzelnen z.B.

- Beiträge in Unterrichts- und Gruppengesprächen
- Vortragen und Gestalten
- Beiträge zu Gemeinschaftsarbeiten und zu Projektarbeiten
- Erledigen von Einzel- und Gruppenaufgaben
- Hausaufgaben, Arbeitsmappen
- praktisches Erarbeiten von Unterrichtsinhalten
- schriftliche Überprüfungen
- Protokolle, Referate, Arbeitsberichte
- Projektpräsentationen
- Medienproduktionen

### 6.2.2 Klausuren

Klausuren sind alle schriftlichen Leistungsnachweise in den Fächern oder Kursen, deren Zahl und Dauer in den entsprechenden Verordnungen bzw. Erlassen festgelegt sind. Diese Klausuren können sich auch aus fächerübergreifendem Unterricht und dem Projektlernen ergeben.

### 6.2.3 Besondere Lernleistungen

Besondere Lernleistungen können in unterschiedlichen Formen erbracht werden (vgl. OVO und FgVO). Sie können auch die Ergebnisse eines umfassenden, ggf. fächerübergreifenden Projektes sein und in die Abiturprüfung eingebracht werden.

## 6.3 Notenfindung

Die Halbjahresnote in den Fächern und Kursen wird nach fachlicher und pädagogischer Abwägung aus den Noten für die Unterrichtsbeiträge und ggf. für die Klausuren gebildet. Bei der Gesamtbewertung hat der Bereich der Unterrichtsbeiträge ein stärkeres Gewicht als der Bereich der Klausuren (vgl. OVO und FgVO).



## **Teil II**

# **Fachliche Konkretionen**

# Kapitel 1

## Lernausgangslage

Junge Menschen wachsen heran in einer Welt, die nachhaltig durch die Naturwissenschaften und durch ihre technischen Anwendungen geprägt ist. Physikalische Erklärungen von natürlichen und technischen Zusammenhängen begegnen ihnen täglich, zum Beispiel bei Fragen von Bewegungsabläufen, Kraftwirkungen und Energieumwandlungen. Sie wissen, dass die Physik unsere Vorstellungen von der Welt stark beeinflusst hat und noch beeinflussen wird.

Im Unterricht der drei Naturwissenschaften haben die Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I gelernt, nach den Ursachen von Erscheinungen ihrer natürlichen und technischen Umwelt zu fragen, sie gezielt zu beobachten und nach Erklärungen der betrachteten Phänomene zu suchen. Insbesondere befähigt der Physikunterricht die Schülerinnen und Schüler, diese naturwissenschaftliche Arbeitsweise auf physikalische Phänomene anzuwenden und diese in einem gestuften Aufbau von Begriffen qualitativ und zunehmend auch quantitativ zu beschreiben. Die theoretischen Erklärungskonzepte der Physik machen manchen Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten, da deren konkrete Anwendung häufig mathematisches Verständnis und arithmetische und algebraische Kenntnisse verlangen. Demgegenüber erleichtern die die Teilgebiete der Physik verbindenden Konzepte (z.B. Energiekonzept) ein grundlegendes Verständnis physikalischer Phänomene und fördern vernetztes Denken.

Beim Eintritt der Schülerinnen und Schüler in die gymnasiale Oberstufe ist mit unterschiedlichen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten zu rechnen; auch das Interesse am Fach, das experimentelle Geschick und die Motivation, sich auf komplexe physikalische Themen einzulassen, sind unterschiedlich entwickelt.

Auf diese unterschiedlichen Lernbiografien nimmt der Physikunterricht besonders in der 11. Jahrgangsstufe Rücksicht und integriert, ergänzt und vertieft die zuvor vermittelten Kompetenzen, Inhalte und Konzepte. Er intensiviert aber auch die quantitative Beschreibung physikalischer Phänomene, präzisiert und erweitert die erlernten Modellvorstellungen, führt in Bereiche der modernen Physik ein (z.B. in die quantenphysikalische Beschreibung des Mikrokosmos) und reflektiert kritisch die Tragweite der Wissenschaft.

# Kapitel 2

## Fachliches Lernen als Erwerb von Kompetenzen

### 2.1 Der Beitrag des Faches zum Erwerb der Lernkompetenz

Das Fach Physik leistet einen spezifischen Beitrag zum Erwerb der Lernkompetenz und entwirft damit sein charakteristisches Lernprofil. Die vier Aspekte der Lernkompetenz (Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz) bedingen und durchdringen einander in vielfältiger Weise. Ihre Unterscheidung soll helfen, Lernprozesse zu organisieren und zu beurteilen.

#### 2.1.1 Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler erwerben die Fähigkeit,

- mit physikalischen Begriffen und Zusammenhängen sicher umzugehen und die Fachsprache exakt zu verwenden
- zunehmend abstrakte physikalische Modellbildungen und Theorien zu verstehen und deren Gültigkeit und Grenzen zu kennen
- physikalische Gesetze und Modelle zur Vorhersage von Phänomenen heranzuziehen
- mit Experimentiergerät sachgerecht umzugehen
- aus qualitativen und quantitativen Ergebnissen physikalische Begriffe zu bilden und Gesetzmäßigkeiten zu finden
- physikalische Vorgänge im Alltag sowie bei technischen Prozessen zu deuten und zu beurteilen
- Bezüge zwischen den Naturwissenschaften zu erkennen
- zu erkennen, dass Physik und Technik für die kulturelle Entwicklung der Menschheit einen wesentlichen Beitrag leisten

### 2.1.2 Methodenkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler erwerben die Fähigkeit,

- naturwissenschaftliche Fragestellungen auf der Grundlage von gegebenem Arbeitsmaterial zu bearbeiten
- Definitionen, Hypothesen und Gesetze der Physik sachgerecht zur Lösung naturwissenschaftlicher Problemstellungen einzusetzen
- Experimente und Versuchsreihen unter bestimmten Fragestellungen unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften selbständig zu planen, durchzuführen und auszuwerten
- geeignete Darstellungsformen bei der Auswertung von Messdaten auszuwählen und einfache Zusammenhänge zu mathematisieren
- Fragestellungen unter Anwendung physikalischer Theorien, Modelle, Methoden und Verfahren zu bearbeiten
- mathematische Methoden und Kalküle auf physikalische Sachverhalte anzuwenden
- physikalische Methoden zu reflektieren und deren Auswirkungen abzuschätzen
- zu erkennen, dass mit Methoden der Physik nur Teilaspekte der Umwelt erklärbar sind und dass darüber hinaus Sichtweisen und Erkenntnisse notwendig werden, die die Grenzen des Faches überschreiten

### 2.1.3 Selbstkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler erwerben die Fähigkeit und Bereitschaft,

- sorgfältig, geduldig und verantwortungsbewusst mit technischen Geräten umzugehen
- das Ausdrucksvermögen hinsichtlich exakter fachsprachlicher Formulierungen situationsgerecht zu nutzen
- Lernstrategien durch selbständiges Planen, Durchführen und Auswerten physikalischer Experimente zu entwickeln und selbstbewusst zu vertreten
- eigene Bedürfnisse im Umfeld von Natur, Umwelt und Technik zu vertreten sowie Verantwortungsbewusstsein zu entwickeln
- eine kritische, sachbezogene Frage- und Forschungshaltung gegenüber den Erkenntnissen der Physik einzunehmen

### 2.1.4 Sozialkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler erwerben die Fähigkeit und Bereitschaft,

- gesellschaftliche Konsequenzen der Anwendung physikalisch-technischer Forschungsergebnisse zu reflektieren und zu bewerten
- sich für Technik, Natur und Umwelt verantwortungsvoll einzusetzen
- auf Fehler anderer in der naturwissenschaftlichen Argumentation angemessen zu reagieren sowie Hilfestellungen anzubieten oder um Hilfe zu bitten
- beim Aufbauen, Durchführen oder Auswerten naturwissenschaftlicher Experimente zielorientiert zu kooperieren
- sich bewusst zu machen, dass politische und ethische Entscheidungen häufig nicht allein durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse begründet werden können

## 2.2 Beiträge des Faches zum Lernen in anderen Fächern

Das Fach Physik leistet Beiträge zum Erwerb von Kompetenzen, die seiner fachlichen Orientierung nicht unmittelbar zuzuordnen sind, diese aber erweitern und vertiefen. Damit werden auch Möglichkeiten fächerübergreifenden Arbeitens aufgezeigt.

### Deutschsprachlicher Bereich

- Anwenden exakter, eindeutiger Ausdrucksweise unter Verwendung der Fachsprache

### Fremdsprachlicher Bereich

- Ableiten von Größenbezeichnungen und Fachbegriffen aus der englischen Sprache

### Mathematischer Bereich

- Entwickeln von Symbolen im Rahmen von Modellen und Theorien
- Anwenden der Modelle und Theorien zum Gewinn prognostischer Aussagen, die durch Vergleich mit der Realität verifiziert oder falsifiziert werden können. Dazu gehören symbolische Verfahren und numerische Verfahren unter Anwendung des Computers.

### Informationstechnologischer Bereich

- Anwenden der Informations- und Kommunikationstechnologie zur Integration aktueller Forschungsergebnisse in den Unterricht

### Gesellschaftswissenschaftlicher Bereich

- Erfassen der historischen und kulturellen Bedingtheit physikalischer Erkenntnisse
- Erfassen des Zusammenhangs von physikalischer Forschung und gesellschaftlicher Entwicklung
- Erfassen des Beitrags der Physik zur Kultur und Zivilisationsgeschichte

### Ästhetischer Bereich

- verständiges Wahrnehmen von Naturphänomenen
- Empfinden der ästhetischen Anteile geschlossener Theorien

### Sportlicher Bereich

- Anwenden mechanischer Begriffe und Gesetze auf Theorien zur Beschreibung und Erklärung von Bewegungsabläufen des Menschen

### Philosophisch-religiöser Bereich

- Darstellen der Verantwortung des Menschen für die Anwendung der Ergebnisse physikalisch-technischer Forschung
- Erkennen der philosophischen Bedingtheit physikalischer Begriffe und Theorien und deren erkenntnistheoretischer Rückwirkung auf die Philosophie
- Erfassen des Beitrags der Physik zur Wissenschaftstheorie, zur Philosophie und zur Entwicklung benachbarter Wissenschaftsdisziplinen

# Kapitel 3

## Strukturen des Faches

### 3.1 Didaktische Leitlinien

Die naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise vermittelt eine eigene Ausprägung der Sachlichkeit, die eine Teilnahme an der gesellschaftlichen Diskussion um Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Forschung und technischer Entwicklung ermöglicht. Auf der Grundlage solider fachlicher Kenntnisse können in fächerübergreifender Weise komplexe Problemstellungen aus Natur und Technik erfasst und bearbeitet werden.

Im Physikunterricht wird die Methode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung beispielhaft aufgezeigt und vermittelt. Der Weg von der Beobachtung über die Beschreibung zur Modellbildung bis hin zu einer mathematisch gefassten Theorie und deren Verifizierung durch Vergleich theoretischer Voraussagen mit der Realität kann von Schülerinnen und Schülern nachvollzogen werden. Zugleich muss auch deutlich werden, dass diese Betrachtungsweise nur einen spezifischen Zugriff auf die Wirklichkeit darstellt.

Eine Vermittlung dieser spezifischen Denk- und Arbeitsweise stellt hohe Ansprüche an das Abstraktionsvermögen und die mathematischen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler. Sie ist daher erst im Oberstufenunterricht möglich, baut jedoch auf den Inhalten, Zielsetzungen und den im Physikunterricht der Sekundarstufe I vermittelten Kompetenzen auf.

### 3.2 Bereiche und Sachgebiete

Die klassischen wissenschaftlichen Bereiche Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre sind in grundlegenden Teilen auch Bereiche des Oberstufenunterrichts. Die spezielle Relativitätstheorie, die Quantenphysik und deren Anwendung in der Festkörper-, Atom- und Kernphysik sowie in der Astrophysik gehören ebenfalls zu den Bereichen des Oberstufenunterrichts, die zur Vermittlung eines modernen Weltbildes unerlässlich sind. Eine Anordnung der Bereiche und der zugehörigen Sachgebiete ist durch die Systematik der Physik vorgegeben.

Folgende Sachgebiete werden innerhalb der Bereiche behandelt:

**Mechanik**

- Kinematik und Dynamik
- Gravitation
- Mechanische Schwingungen und Wellen

**Optik**

- Optische Wellen

**Elektrizitätslehre**

- Ladungen und Felder
- Elektromagnetismus
- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

**Relativitätstheorie**

- Spezielle Relativitätstheorie

**Quantenphysik**

- Quantenphysik des Lichtes
- Quantenphysikalische Atommodelle
- Quantenphysik des Elektrons
- Quantenphysikalische Unschärfe
- Quantenphysik des Atomkerns und radioaktiver Zerfall

**Astrophysik**

- Physik der Sterne

**Thermodynamik**

- Klimaphysik
- Energie und Entropie

**Festkörperphysik**

- Quantenphysik des Festkörpers

# Kapitel 4

## Themen des Unterrichts

### 4.1 Themenorientiertes Arbeiten

Die Themen sind grundsätzlich so gewählt, dass Bezüge zu Alltagserfahrungen von Schülerinnen und Schülern hergestellt werden können. Zu den einzelnen Bereichen werden Vorschläge für Themen gemacht. Andere Themen, insbesondere solche, die sich aus aktuellen Anlässen ableiten lassen, sind möglich und erwünscht. Inhalte, die sich nicht im Rahmen eines Themas behandeln lassen, werden lehrgangsartig erarbeitet. Für das themenorientierte Arbeiten finden sich Beispiele auch in Kapitel 5 (Projektlernen).

### 4.2 Kursthemen

Jahrgangsstufe 11: Mechanik und Wellen

Grundkurse

- Grundkurs 12.1: Elektrische Ladung und Felder
- Grundkurs 12.2: Quantenphysik des Lichts
- Grundkurs 13.1: Quantenphysik des Atoms
- Grundkurs 13.2 (Wahlkurse): Astrophysik / Spezielle Relativitätstheorie / Thermodynamik / Atom- und Kernphysik

Leistungskurse

- Leistungskurs 12.1: Elektrisches und magnetisches Feld
- Leistungskurs 12.2: Schwingungen, Wellen, Wellenpakete
- Leistungskurs 13.1: Elemente der Quantenphysik und Atomphysik
- Leistungskurs 13.2 (Wahlkurse): Thermodynamik / Spezielle Relativitätstheorie / Kernphysik / Festkörperphysik / Astrophysik

## 4.3 Aussagen zur Verbindlichkeit

Der Erwerb der in Kapitel 2 aufgeführten Kompetenzen ist die verbindliche Zielperspektive des Lernens im Fach. Aus ihr ergeben sich auch die Aussagen zur Verbindlichkeit, die in Kapitel 3 unter fachlich-systematischen sowie in den Kapiteln 4 und 5 unter themen- und projektorientierten Gesichtspunkten entfaltet werden. Themenorientiertes Arbeiten ist verbindlich. Verbindliche Inhalte im 11. Jahrgang und bei zweistündigem Unterricht und in Grundkursen sowie in Leistungskursen sind als solche gekennzeichnet. Bei dreistündigem Unterricht im Grundkurs sind auch die ergänzenden Inhalte verbindlich. Im Leistungskurs können die ergänzenden Inhalte zusätzlich behandelt werden. Im Grund- und Leistungskurs der Jahrgangsstufe 13.2 wird ein Kursthema der Wahlkurse unterrichtet. Im Leistungskurs des 12. Jahrgangs wird ein Thema projektorientiert erarbeitet (vgl. Kap. 5.2).

## 4.4 Themen und Inhalte

In diesem Kapitel werden jahrgangsweise und nach Grund- und Leistungskursen getrennt die Sachgebiete mit didaktischen Bemerkungen, Themen und Inhalten dargestellt.

### 4.4.1 Jahrgangsstufe 11

Der Physikunterricht im 11. Jahrgang vermittelt Grundlagen wissenschaftspropädeutischen Arbeitens und naturwissenschaftlicher Methoden. Er befähigt Schülerinnen und Schüler, ausgewählte Problemstellungen ihres Erfahrungsbereichs zu beschreiben, experimentell zu untersuchen, Abhängigkeiten zu erfassen und darzustellen sowie Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und anzuwenden. Darüber hinaus befähigt er dazu, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Methoden zu erfassen, und er erweitert die Formen selbständigen Arbeitens und des teambezogenen Arbeitens in einer Gruppe.

Die angegebenen Themen ermöglichen einen unmittelbaren Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Dieser Bezug wird durch nicht idealisierende Realexperimente gestützt. Die Themen geben Möglichkeiten zum selbständigen Forschen und zum Experimentieren in Gruppen. Sie bieten zahlreiche Ansätze zum fächerübergreifenden Arbeiten und zum Arbeiten mit neuen Medien.

### Mechanik und Wellen

#### Sachgebiet: Kinematik und Dynamik

##### Themen

- Teilnahme am Straßenverkehr:
  - Überholwege und Überholzeiten, Grüne Welle
  - Bremsen bei unterschiedlicher Fahrbahnbeschaffenheit
  - Anfahren bei Straßen- und Schienenfahrzeugen
  - Beschleunigung und Motorleistung
  - Endgeschwindigkeit und cw-Wert

- Bewegungen im Sport:
  - Fallschirmspringen, Skispringen
  - Optimierungen: Parameter der maximalen Wurfweite, Wurfbahn und Luftwiderstand, Hochsprung und Weitsprung

Verbindliche Inhalte	Hinweise
t-s-, t-v- und t-a-Diagramme, Interpretation der Messwerte und Diagramme	– Aufnahme von Messwerten mit verschiedenen Verfahren im Lehrer- und Schülerexperiment oder Praktikum
Gesetze der gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegung	– Der Mathematikunterricht stellt den Ableitungsbegriff als Änderungsrate zur Verfügung. Die Verfahren des grafischen Differenzierens und Integrierens vertiefen die Zusammenhänge von s, v und a.
iterative Berechnung der t-s-, t-v- und t-a-Funktionen	– Schrittverfahren, der Computereinsatz von Modellbildungssystemen wird empfohlen.
Impuls als Erhaltungsgröße, Masse, Stöße, Impulsänderungsrate als Kraft, Grundgleichung der Mechanik	– Der Vergleich von t-v- und t-p-Diagrammen zeigt die Abhängigkeit des Bremsweges mit konstanter Bremskraft von der Masse. Bremswege werden auch rechnerisch ermittelt. Die Begriffe Kraft und Impulsstrom lassen sich synonym verwenden.
Energie als Erhaltungsgröße, Energieterme, Leistung bzw. Energiestrom, $P = v \cdot F$	– Die Auswertung von Autokenndaten, z.B. von v-P- oder v-F-Diagrammen, ermöglicht eine quantitative Beschreibung des Energieumsatzes.

Ergänzende Inhalte	Hinweise
waagerechter Wurf, Bahnkurven als x-y-Diagramme, schräger Wurf	– Parameter für Wurfweite (Weitsprung) und Höhe (Hochsprung) sind nur in einfachen Fällen analytisch zu berechnen. Computer-Algebra-Programme oder Modellbildungssysteme erweitern die Möglichkeiten.
Luftreibung und cw-Wert, Bahnverlauf mit Reibung	– Die Abhängigkeit der Luftwiderstandskraft von der Geschwindigkeit wird bestimmt. Experimentelle Ergebnisse, z. B. Videoclips einer Bewegung, werden mit iterativ ermittelten Werten verglichen. Die quantitative Betrachtung der Bewegung mit Reibung erfolgt mit numerischen Verfahren (Computereinsatz).

## Sachgebiet: Mechanische und optische Wellen

### Themen

- Licht wird gebeugt
- Licht und Licht ergibt Dunkelheit
- Schall und „Antischall“
- Spektren von Lichtquellen
- Farben und Wellenlängen

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Interferenz von Licht mit zwei reellen oder virtuellen Lichtquellen, Interferenz von Schallwellen, Interferenz von Wasserwellen	– Die Beugung von Licht wird phänomenologisch behandelt. Die von den Öffnungen eines Doppelspalts ausgehenden Teilwellen zeigen im Bereich der Überlagerung Interferenz.
Schwingungsgrößen: Elongation, Amplitude, Schwingungsdauer, Frequenz, Phasendifferenz, Wellengrößen: Wellenlänge, Phase, Phasengeschwindigkeit, Gruppengeschwindigkeit, Gangdifferenz, $c = \lambda \cdot f$	– Die Beschreibung von Schwingungen und ihrer Überlagerung erfolgt im Zeigermodell. Mechanische Schwingungen und Wellen werden nur soweit behandelt, als es die Deutung der Interferenz von Schall- und Lichtwellen erfordert. – Mechanische Schwingungen und Wellen werden nur soweit behandelt, als es die Deutung der Interferenz von Schall und Licht erfordert. Die Beschreibung von Schwingungen und ihrer Überlagerung erfolgt im Zeigermodell.
Überlagerung von Schwingungen, Phasendifferenz $\Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta s}{\lambda}$ , Erklärung der Interferenz von Wellen, Bedingungen für maximale Verstärkung bzw. Abschwächung	– Die Berechnung der Gangdifferenz erfolgt ohne Näherung aus der Geometrie der Anordnung. Erst bei Interferenzen mit Licht lassen sich Näherungen sinnvoll begründen.
Farbe und Wellenlänge, Wellenlängenbestimmung mit Zweistrahlinterferenz, Vielstrahlinterferenz, Interferenz am Gitter, Wellenlängenbestimmung mit dem Gitter, Spektren von sichtbarem Licht, Spektren von IR- und UV- Licht	– Das Interferenzbild eines Doppelspalts lässt sich mit einer Kamera aufnehmen und mit einem Fernsehgerät eindrucksvoll anzeigen. In Schülerexperimenten wird zur Wellenlängenbestimmung das optische Gitter verwendet.

**Sachgebiet: Gravitation****Themen**

- Raumfahrt im Schwerefeld der Erde, Apollo 13, Raumstationen (ISS), Schwerelosigkeit
- Vermessung des Sonnensystems, Entdeckung des Neptun
- Satellitenbahnen und Satellitennutzung
- Ebbe und Flut

<b>Ergänzende Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
gleichförmige Kreisbewegung, Kraft- und Impulskomponenten, Zentripetalkraft	– Herauszustellen ist, dass ein Körper auf der Kreisbahn nur eine Kraft, die Zentripetalkraft, erfährt. Die Betrachtung der Impulskomponenten unterstützt den Zusammenhang.
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationskonstante, Erdbeschleunigung, Kraft auf der Kreisbahn im Gravitationsfeld	– Das Beschleunigungsverfahren zur Bestimmung der Gravitationskonstanten wird qualitativ behandelt. Das Gravitationsgesetz und die Gravitationskonstante werden gegeben.
Energie im Gravitationsfeld, kosmische Geschwindigkeiten, Satellitenbahnen	– Iterative Verfahren (Computernutzung) dienen zum Berechnen von Bahnen im Gravitationsfeld. Die zur Optimierung einer bestimmten Anwendung (z.B. Navigation mit Satelliten (Global Positioning System), Galileo-Mission als Beispiel für „Swing-by“-Manöver) erforderliche Variation von Bahnparametern setzt ein Verstehen der Verfahren voraus.
Kräfte auf punktförmige und ausgedehnte Körper im Gravitationsfeld, Gezeiten, Massen und Entfernungen im Sonnensystem	– Schwerelosigkeit wird als freier Fall im Gravitationsfeld erkannt. Gezeiten sind auf unterschiedlich große Kräfte auf die frei fallende, ausgedehnte Erde zurückzuführen.

## 4.4.2 Grundkurse

### Grundkurs 12.1: Elektrische Ladung und Felder

Ziel dieses Kurses ist es, den Schülerinnen und Schülern Grundkenntnisse aus den Bereichen der elektrischen und magnetischen Felder zu vermitteln. Es soll ein Verständnis dafür erreicht werden, wie mit indirekten Methoden physikalische Erkenntnisse, hier exemplarisch über Elektronen, zu gewinnen sind. Eine Erweiterung auf andere elementare Teilchen ist möglich. Das Kursthema bietet zahlreiche Themen für vertiefenden arbeitsteiligen Gruppenunterricht (Experimente zum elektrischen Feld, Millikanversuch, Bestimmung der Elektronenmasse, Eichung einer Hall-Sonde).

#### Sachgebiet: Ladungen und Felder

##### Themen

- Quantelung der elektrischen Ladung
- Masse von Elementarteilchen
- Teilchenbeschleuniger

Verbindliche Inhalte	Hinweise
elektrische Ladung und elektrisches Feld, Energieaustausch im homogenen elektrischen Feld	– Das Schwergewicht der einführenden Betrachtungen und Wiederholungen liegt auf der Definition der elektrischen Feldstärke $E$ im homogenen Feld und auf der Vertiefung der Energie $E = q \cdot U$ .
Millikanversuch, Bestimmung der Elementarladung $e$	– Der Millikanversuch ist Beispiel für die in der Atomphysik notwendige indirekte Vorgehensweise bei der experimentellen Bestimmung von Größen.
magnetisches Feld, magnetische Feldstärke $B$ (magnetische Flussdichte), Kraft auf bewegte Elektronen im Magnetfeld, gekreuzte $E$ - und $B$ -Felder	– Die Kraftflussdichte $B$ sollte als magnetische Feldstärke eingeführt werden. Die Hallsonde zur Messung von $B$ wird als Messinstrument ohne Erklärung ihrer Funktionsweise gegeben.
Massenbestimmung von Elementarteilchen	– Bestimmung der Masse der Elektronen als weiteres Beispiel für die in der Atomphysik notwendigen indirekten Messverfahren.

Ergänzende Inhalte	Hinweise
Linearbeschleuniger, konstante Impulsrate bei konstanter Kraft	– In aktuellen Teilchenbeschleunigern (TESLA) bewegen sich Elektronen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit. Statt der Geschwindigkeitsänderung tritt die Änderung der Masse auf. Die Zusammenhänge können im Wahlkurs Relativitätstheorie vertieft werden.
Kreisbeschleuniger, Massenbestimmung von Elementarteilchen im Magnetfeld	– In einem Teilchendetektor bewegen sich die Elementarteilchen auf Kreisbahnen, deren Radien einen Rückschluss auf den Impuls und indirekt auf die Masse erlauben. Das Vorwissen bezüglich Zentripetalkraft bei der Kreisbewegung ist abhängig vom Unterricht in Jahrgangsstufe 11.

## Grundkurs 12.2: Quantenphysik des Lichts

Ein Schwerpunkt des Kursthemas liegt in der Erarbeitung einer Quantenvorstellung vom Licht und der damit verbundenen quantisierten Energieübertragung auf atomare Teilchen und der quantisierten Energieverteilung im Raum. Dabei werden früher entwickelte Vorstellungen aus der klassischen Physik in Frage gestellt. Die Interpretation des Doppelspaltexperiments eröffnet Möglichkeiten, fächerübergreifend auch erkenntnistheoretische oder naturphilosophische Fragestellungen einzubeziehen.

### Sachgebiet: Quantenphysik des Lichts

#### Themen

- Energiereiche und energiearme Strahlung
- Bräunung der Haut durch UV-Strahlung
- Zählrohrimpulse bei Röntgenlicht
- Gibt es Photonen? - Übergänge von diskreter zu kontinuierlicher Energieübertragung

Verbindliche Inhalte	Hinweise
gequantelte Absorption von Lichtenergie, Abhängigkeit der Energie der Elektronen von der Frequenz des Lichts, Einstein'sche Deutung, Planck'sches Wirkungsquantum	– Zur Auswertung des lichtelektrischen Effekts wird die kinetische Energie von Elektronen gemessen.
gequantelte Emission von Licht, $e \cdot U = h \cdot f$	– Leuchtdioden mit unterschiedlicher Durchlassspannung zeigen die Umkehrung des lichtelektrischen Effekts.
kurzwellige Grenze der kontinuierlichen Röntgenstrahlung, Braggreflexion, Spektrum der Röntgenstrahlung	– Zur Wellenlängenmessung von Röntgenstrahlung wird die Braggreflexion behandelt. Damit wird gleichzeitig die Auswertung der Elektronenbeugung vorbereitet.
quantisierte Energieverteilung im Interferenzbild, das Amplitudenquadrat als Maß für die Wahrscheinlichkeit einer Wechselwirkung	– Mit dem Computer wird die Verteilung der Photonen aufgrund einer Wahrscheinlichkeitsaussage simuliert.

Ergänzende Inhalte	Hinweise
Wellenpakete und ihre Spektren	– Die Phasenbeziehungen werden durch Zeigerbilder veranschaulicht.
Kohärenzbereich und zugehöriges Spektrum, $\Delta E \cdot \Delta t = \frac{h}{2}$	– Der Rückgriff auf Wellenpakete in der Akustik (akustische Unschärfe) veranschaulicht die quantenphysikalischen Aussagen. Mit dem Computer werden die Spektren berechnet und dargestellt.
Heisenberg'sche Unschärfe	– Die Eigenschaften eines klassischen Teilchens werden gegenüber denen eines Quantenobjekts abgegrenzt.

## Grundkurs 13.1: Quantenphysik des Atoms

Ziel dieses Kurses ist es, den Schülerinnen und Schülern eine Vorstellung vom Aufbau der Materie zu vermitteln, die den Erkenntnissen der Quantenphysik entspricht. Das bedeutet vor allem, dass stets über die klassischen Vorstellungen der Teilchenphysik hinausgegangen werden muss. Darüber hinaus werden Grundkenntnisse aus dem Bereich der Atomphysik erworben.

Es soll ein Verständnis dafür erreicht werden, wie mit indirekten Methoden in der Atomphysik physikalische Erkenntnisse zu gewinnen sind.

### Sachgebiet: Quantenphysikalische Beschreibung von Teilchen

#### Themen

- Elektronen als klassische Teilchen und als Quantenobjekte
- Quantenphänomene
- Interferenzen mit Elektronen
- Die  $\Psi$ -Funktion zur Beschreibung von Elektronen

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Elektronenbeugung, Wellenphänomene bei bewegten Elektronen, De-Broglie-Wellenlänge, Elektronen am Doppelspalt, $\Psi$ -Funktion und Antreffwahrscheinlichkeit	– Das Verständnis der Elektronenbeugung setzt eine sorgfältige Wiederholung der Bragg-Reflexion voraus. Der Akzent muss auf die Erkenntnis gelegt werden, dass über Wechselwirkung von Elektronen mit Teilchen in atomaren Dimensionen nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage gemacht werden kann, dass sich also Elektronen in dieser Hinsicht so verhalten wie Photonen.
Energieaufnahme und Energieabgabe von Gasatomen, Franck-Hertz-Versuch, Emissionsspektren und Absorptionsspektren von Gasen	– Die Beschäftigung mit diesem Inhalt dient der Klärung der zentralen Frage nach den Vorgängen in Atomen bei Energieänderungen.
Elektronen im linearen Potentialtopf, stehende Elektronenwellen, Energiequantelung	– Die Besonderheit der Elektronen eines Atoms liegt in der Einschränkung ihres Aufenthaltsbereichs. Die Auswirkung dieser Einschränkung wird zuerst am Beispiel des linearen Potentialtopfes untersucht. Die Welleneigenschaften der Elektronen erfordern zur Beschreibung eine stehende Welle. Daher wird in diesem Zusammenhang die Entstehung mechanischer stehender Wellen auf einem endlichen Wellenträger behandelt.

**Sachgebiet: Quantenphysikalische Atommodelle****Themen**

- Die quantenphysikalische Beschreibung von Atomen
- Das Wasserstoffatom als Quantenobjekt
- Quantenphysikalische Begründung atomarer Eigenschaften

<b>Ergänzende Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
stehende Wellen im Zentralfeld, Energie des Elektrons im radialsymmetrischen elektrischen Feld, Energiezustände, $\Psi$ -Funktionen für das Wasserstoffatom	– Von der Gleichung der Wellenfunktion im linearen Potentialtopf kann auf die Differentialgleichung für die $\Psi$ -Funktion, die Schrödingergleichung, geschlossen werden. Die Lösungen der radialen Schrödingergleichung für das H-Atom werden mit einem iterativen Verfahren ermittelt, das zuvor am Beispiel des linearen Potentialtopfes erprobt wird. Das Verfahren liefert $\Psi$ -Funktionen und zugehörige Energiewerte.
Pauli-Prinzip, Periodensystem der Elemente	– Ausgehend von den Lösungen der Schrödingergleichung für das Wasserstoffatom wird die Elektronenbesetzung anderer Atome erschlossen.

## Grundkurs 13 (Wahlkurs): Spezielle Relativitätstheorie

Die spezielle Relativitätstheorie und die Quantentheorie bilden das Fundament der modernen Physik. Einsteins berühmte Formel über die Äquivalenz von Masse und Energie ist für das Verständnis der kernenergetischen Prozesse ebenso notwendig wie zum Verständnis kosmologischer Theorien oder der Physik der Elementarteilchen. In den Beschleunigeranlagen, mit denen die Kräfte zwischen den Elementarteilchen erforscht werden, ist die Lichtgeschwindigkeit als Grenzggeschwindigkeit eine allgegenwärtige Erscheinung. So bietet die spezielle Relativitätstheorie in ihrer Geschlossenheit und aufgrund der vergleichsweise geringen mathematischen Anforderungen ein Beispiel, bei dem die Schülerinnen und Schüler eine Theorie nahezu vollständig kennen lernen. Die Schülerinnen und Schüler können an dieser Thematik nachvollziehen, wie theoretische Überlegungen und Voraussagen durch ständige experimentelle Überprüfung eine Bestätigung erfahren.

### Sachgebiet: Spezielle Relativitätstheorie

#### Themen

- Was bedeutet „gleichzeitig“?
- Äquivalenz von Masse und Energie  $E = m \cdot c^2$

Verbindliche Inhalte	
Messung der Lichtgeschwindigkeit, Inertialsysteme, Galilei'sches Relativitätsprinzip, Experiment von Michelson und Morley, Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Einstein'sches Relativitätsprinzip	– Vor der Entwicklung von Grundüberlegungen der SRT wird die Sicht- und Denkweise der vorrelativistischen Physik dargestellt.
Relativität der Gleichzeitigkeit, Minkowskidiagramme, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Additionstheorem der Geschwindigkeiten	– Bei der Erarbeitung der Themen werden die anschaulichen Minkowski-Diagramme eingesetzt. Die Behandlung der Zeitdilatation beim Myonenzerfall sowie die Untersuchung des Zwillingsparadoxons und des Problems von Vergangenheit und Zukunft dienen der Vertiefung und Festigung.
dynamische Masse, Äquivalenz von Masse und Energie; Energie, Impuls und Masse von Photonen	– Die Herleitung der dynamischen Masse erfolgt mit der Betrachtung des Impulserhaltungssatzes bei einem unelastischen Stoß. Prozesse in Teilchenbeschleunigern sind besonders geeignet, die Äquivalenz von Masse und Energie zu verdeutlichen. Experimentell ist in der Schule die Bestätigung des Terms für die dynamische Masse bei der Bestimmung der spezifischen Ladung der $\beta$ -Teilchen möglich.

## Grundkurs 13 (Wahlkurs): Astrophysik

Die Astrophysik führt in eines der interessantesten naturwissenschaftlichen Forschungsgebiete der Gegenwart ein und vermittelt auch Kenntnisse über die Stellung des Menschen im Weltraum. Es werden Kenntnisse und Methoden aus verschiedenen Teilgebieten der Physik unter einem einheitlichen Thema angewendet. Dabei kann das Zusammenwirken wissenschaftlicher Methoden als modernes Forschungsprinzip besonders gut deutlich gemacht werden. Mittels der im Internet verfügbaren Daten lassen sich aktuelle Informationen zum Kursthema unmittelbar im Unterricht nutzen.

### Sachgebiet: Physik der Sterne

#### Themen

- Entstehung des Sonnensystems
- Sterne und Sternentwicklung
- Weiße Zwerge und Schwarze Löcher

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Helligkeit, Masse-Leuchtkraft-Beziehung, Bestimmung von Sternmassen aus Doppeltsternen, Hertzsprung-Russel-Diagramm, Plasma, Sternentstehung, Energiebilanzen im Sterninneren, Proton-Proton-Zyklus, Fusion mittelschwererer Kerne	– Die Behandlung der Zustandsparameter und ihrer Zusammenhänge führt zur Klassifikation der Sterne. Die Entwicklung typischer Sterne wird von ihrer Entstehung bis zu den Endstadien in Grundzügen besprochen.
Weißer Zwerge, planetarische Nebel, Neutronensterne, Supernovae, Entstehung der schweren Elemente in den Schockfronten der Explosion, stellare Schwarze Löcher	– Zur Beschreibung der Weißen Zwerge und der Neutronensterne eignet sich das Potentialtopfmodell, welches die Reaktion $p + e \rightarrow n$ erklärt. Kenntnisse aus der Relativitätstheorie werden wiederholt oder bereitgestellt.

## Grundkurs 13 (Wahlkurs): Thermodynamik

Das Kursthema führt die qualitativen Betrachtungen zur Klimaproblematik aus der Mittelstufe weiter fort, die im Verlauf des Unterrichts der Oberstufe durch fächerübergreifenden Unterricht vertieft wurden (z.B. Biologie: Photosynthese, Chemie: Eigenschaften der Gase, Erdkunde: anthropogene Beiträge). Der Einsatz numerischer Verfahren ermöglicht eine Modellierung der Klimaentwicklung, welche neben quantitativen Vorhersagen auch Aussagen über den zeitlichen Verlauf zulässt.

### Sachgebiet: Klimaphysik

#### Themen

- Die Kohlenstoffdioxid-Problematik
- Genauigkeit von Klimaprognosen

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Parameter des Erdklimas: Kirchhoff'sches Gesetz, Stefan-Boltzmann'sches Gesetz, Wien'sches Verschiebungsgesetz, Solarkonstante, Absorptionsspektren von Gasen	– Die Zusammenhänge lassen sich experimentell erarbeiten und dann auf das System Sonne-Erde-Weltall übertragen. Interessant ist der Vergleich mit anderen Planeten des Sonnensystems.
Klimamodelle für die Erde: mittlere Oberflächentemperatur der Erde im Fließgleichgewicht, Temperatur der Erde ohne und mit Atmosphäre, Temperatur der Erde bei geänderter Kohlenstoffdioxidkonzentration	– Die Temperatur wird in Abhängigkeit von der zugeführten und abgegebenen Wärmeenergie oder der Entropie betrachtet. Im Fall der Wärmeenergie ist die Behandlung des Wirkungsgrads erforderlich. Für eine längerfristige Aussage zur Temperatur eines Körpers ist die Wärmekapazität nicht entscheidend. Der stationäre Wert der Temperatur wird berechnet, das Zeitverhalten nach einer Störung des Gleichgewichts wird mit einem Modellbildungssystem berechnet und graphisch ausgewertet.
Klimaprognosen bei Änderung der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Atmosphäre: Kohlenstoffdioxid als Energieträger, Aufnahme und Abgabe von Kohlenstoffdioxid bei chemischen Reaktionen, Modellrechnungen zum Zeitverhalten der mittleren Erdtemperatur, gesellschaftliche Konsequenzen der Verwendung von Kohlenstoffdioxid als Energieträger	– Hier bieten sich fächerübergreifende Betrachtungen an. Die vorbereiteten Modellrechnungen werden um die Parameter zur Erzeugung und Bindung von Kohlenstoffdioxid erweitert. Die Präsentation der Ergebnisse im Rahmen der Schule bzw. im Internet kann als Ziel der Einheit und als Abschluss dienen.

**Grundkurs 13 (Wahlkurs): Atom- und Kernphysik**

Wesentliche Inhalte der Kernphysik, insbesondere Nachweisverfahren und die Untersuchung radioaktiver Zerfallsprozesse sind bereits am Ende der Sekundarstufe I experimentell behandelt worden, so dass zunächst der Schwerpunkt darauf liegen sollte, Kernprozesse mithilfe der Quantenphysik zu deuten und so zu tieferen Einsichten über den Aufbau von Atomkernen und über die Vorgänge bei Kernreaktionen zu gelangen. Der Weg vom Atom zum Atomkern, zu den Kernbausteinen und den Quarks ermöglicht durch Analogieschlüsse eine Hinführung zu aktuellen Forschungsergebnissen.

**Sachgebiet: Atome, Atomkerne, Quarks****Themen**

- Aufbau der Atomkerne
- Systematik der Elementarteilchen
- Quarks und Leptonen
- Hochenergiephysik

<b>Verbindliche Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
Aufbau und Systematik der Atomkerne: Proton und Neutron als Kernbausteine, Isotopie, Nuklidkarte	– Der Aufbau der Atomkerne wurde bereits in der Mittelstufe behandelt und soll hier nur kurz wiederholt werden.
Kernreaktionen im Potentialtopf-Modell des Atomkerns: Energiezustände, $\alpha$ -, $\beta$ - und $\gamma$ -Strahlung, Energiebilanz bei Kernreaktionen, Teilchenerzeugung und Teilchenvernichtung	– Als Nachweisgeräte können Halbleiterdetektor und Szintillationszähler eingesetzt werden. Die Existenz diskreter $\alpha$ - und $\gamma$ -Energien und die Entstehung der $\beta$ -Strahlung wird mit dem Potentialtopf-Modell erklärt.
Elementarteilchenphysik: Quarks und Leptonen, Teilchenreaktionen im Standardmodell, Kernkraft als Rest der starken Wechselwirkung	– Das Standardmodell mit Leptonen und Quarks und ihren Wechselwirkungen wird vorgestellt. Es dient der Analyse von Teilchenreaktionen anhand von typischen Beispielen.

<b>Ergänzende Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
Teilchenbeschleuniger: Energie und Impulsbilanzen, Masse von beschleunigten Elementarteilchen	– Ein Teilchenbeschleuniger erhöht Impuls und Masse, weniger die Geschwindigkeit. Die Kraft gibt die Impulsänderung pro Zeit an. – Die Tonerzeugung in Musikinstrumenten wird im Wesentlichen durch stehende Wellen im Resonator charakterisiert.
Was ist ein Teilchen?	– Die Messung der Lebensdauer von Teilchenresonanzen verdeutlicht die begrenzten Aussagen über deren Teilchencharakter

### 4.4.3 Leistungskurse

#### Leistungskurs 12.1: Elektrisches und magnetisches Feld

Es werden grundlegende Kenntnisse und Konzepte vermittelt, die in vielen weiteren Bereichen der Physik und Technik von wesentlicher Bedeutung sind. Besonderes Gewicht liegt auf dem Feldbegriff, der das sachgebietsübergreifende Konzept darstellt. Die Tragfähigkeit und die Notwendigkeit des Feldbegriffs zeigt sich bei der Erklärung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, denen auch das sichtbare Licht zugeordnet wird.

#### Sachgebiet: Ladungen und Felder

##### Themen

- Geladene Teilchen im elektromagnetischen Feld
- Atommassen und Massenspektrometer, Elementanalyse
- Das Elektron als Elementarteilchen, Teilchenbeschleuniger
- Übertragung von Energie und Information
- Magnetische Datenträger
- Datenrate und Bandbreite
- Induktion

Verbindliche Inhalte	Hinweise
elektrische Ladung und elektrisches Feld: elektrische Ladung, homogenes Feld, radialsymmetrisches Feld, elektrische Feldstärke, elektrische Feldkonstante, Coulomb'sches Gesetz, Potential und Spannung, Kapazität, Dielektrikum, Energiedichte des elektrischen Feldes, Elementarladung, Oszilloskop	– Die Behandlung des Potentials im radialsymmetrischen Feld erfolgt in Hinblick auf die Atomphysik. Falls in Jahrgangsstufe 11 das Gravitationsfeld nicht behandelt wurde, kann dies im Rahmen der ergänzenden Inhalte erfolgen. Reizleitung in Nerven, Xerografie und elektrostatische Staubabscheider zeigen die Bedeutung der physikalischen Inhalte auf. Die Bestimmung der Elementarladung im Millikanversuch ist ein Beispiel für die indirekte Messung atomarer Größen.
Ladung und magnetisches Feld: Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, magnetische Feldstärke $B$ , Lorentzkraft, Hall-Effekt, Elektronenmasse, Erzeugung von Magnetfeldern, magnetische Feldkonstante, Materie im Magnetfeld	– Die Beschäftigung mit diesen Inhalten ist besonders geeignet, die Methoden der Forschung in der Teilchenphysik zu verdeutlichen. Die Grundprinzipien der verwendeten Geräte stehen im Zentrum des Unterrichts. Der Besuch von Forschungseinrichtungen sowie die selbständige Erarbeitung von Referaten sind zu empfehlen. Dazu eignen sich das Magnetfeld der Erde mit dem Polarlicht ebenso wie z.B. das Elektronenmikroskop und die magnetische Datenspeicherung.
elektromagnetische Induktion: Induktionsgesetz, Selbstinduktion, Induktivität, Energiedichte des magnetischen Feldes, Erzeugung von Wechselspannung	– Magnetisch gespeicherte Information (Diskette, Festplatte). Die technische und die wirtschaftliche Bedeutung von elektrischer Energie bzw. von Information und ihrer Transportmöglichkeiten kann in Zusammenarbeit mit dem Fach Wirtschaft/Politik aufgezeigt werden.

<b>Ergänzende Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
Gravitationsfeld: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationskonstante, Energie und Potential im Gravitationsfeld, kosmische Geschwindigkeiten	– Herauszustellen ist, dass ein Körper auf der Kreisbahn nur eine Kraft, die Zentripetalkraft, erfährt. Iterative Verfahren (Computernutzung) dienen zum Berechnen von Bahnen im Gravitationsfeld.
elektromagnetische Schwingungen und Wellen: elektrischer Schwingkreis, ungedämpfte elektrische Schwingungen, Thomson'sche Formel, elektromagnetische Wellen und ihre Eigenschaften, Spektrum der elektromagnetischen Wellen	– Rundfunk- und Fernsehtechnik, elektromagnetische Wellen als Informationsträger, Datenübertragung, Modulationsverfahren. Der Unterricht bleibt nicht bei der Vermittlung der physikalischen Grundlagen stehen, sondern zeigt die technischen Anwendungen und deren gesellschaftliche Auswirkungen in Zusammenarbeit mit anderen Fächern und unter Einbeziehung örtlicher Kommunikationseinrichtungen auf.
elektrische und elektronische Schaltungen: Transistoren, Operationsverstärker und seine Anwendungen, Rechner-schaltungen, Bausteine des Computers	– Im praktischen Umgang mit elektronischen Schaltungen erlangen die Schülerinnen und Schüler technische Grundkenntnisse und -fähigkeiten. Auch Simulationsprogramme können hier eingesetzt werden. Wegen der noch fehlenden Kenntnisse zur Atom- und Festkörperphysik stehen technische Eigenschaften der verwendeten Bauelemente im Vordergrund.

---

## Leistungskurs 12.2: Schwingungen, Wellen, Wellenpakete

Die Welle stellt ein grundlegendes Prinzip der Physik dar. Die kontinuierliche Energieverteilung und der nicht lokalisierbare Transport von Energie und Impuls stehen bei diesem grundlegenden Konzept im Vordergrund. Grundlegend für das Verständnis von Wellenphänomenen ist die Untersuchung von Schwingungen als periodische Vorgänge, die auf einen engen Raumbereich begrenzt sind. Hier stellt die Schallerzeugung durch Musikinstrumente einen naheliegenden Anwendungsbezug zu den mechanischen Schwingungen dar.

Bei den mechanischen Wellen steht die Untersuchung von Schallwellen im Vordergrund, da sie einen besonderen Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler bieten. Zur Beschreibung und Erklärung der Einzelphänomene können neben den Schallwellen aber auch andere Wellenvorgänge (Wasserwellen, Seilwellen, Mikrowellen) herangezogen werden.

An der harmonischen Schwingung kann exemplarisch gezeigt werden, wie Modellbildung und Mathematisierung erfolgreich zur Vorhersage physikalischer Eigenschaften führen können. Die zeitlich begrenzte Schwingung wird als Überlagerung eines Frequenzbereichs erkannt. Die Zeigerdarstellung kann helfen, die Breite des Frequenzbandes mit der Dauer des Schwingungsimpulses in Beziehung zu setzen. Sie dient im Folgenden als Hilfsmittel zur Analyse von Kohärenz und Unschärfe.

Im Wellenmodell des Lichts werden noch keine Aussagen gemacht über die Erkenntnisse zur Entstehung von Licht und die Aufnahme von Licht durch die Netzhaut bzw. die lichtempfindlichen Organe des Auges, hier muss auf die Quantenphysik verwiesen werden. Mit dem Fach Musik bietet sich an verschiedenen Stellen im Unterrichtsgang eine Zusammenarbeit an, insbesondere bei der Bereitstellung einzelner Musikinstrumente (Monochord, Flöten) und bei der Beschreibung der Klangerzeugung und -variation mit diesen Instrumenten.

### Sachgebiet: Schwingungen und Wellen

#### Themen

- Interferenz von Licht
- Optische Spektren
- Musikinstrumente und ihre physikalischen Eigenschaften
- Licht und Farben
- Ultraschall in Natur, Medizin und Technik
- Chaotische Vorgänge in der Natur

Verbindliche Inhalte	Hinweise
harmonische Schwingung, Zeigerdarstellung, Gesetze der harmonischen Schwingung, Energie des harmonischen Oszillators	– Der Versuch, möglichst laute/leise/hohe/tiefe/kurze/lange Töne zu erzeugen, führt rasch zu den Bestimmungsgrößen der harmonischen Schwingung. Der Einsatz von Computerprogrammen empfiehlt sich sowohl zur numerischen Behandlung der DGL als auch zur symbolischen Lösung.
Töne und Klänge: Überlagerung von Schwingungen, Schwebung, Fourieranalyse, akustische Unschärfe $\Delta f \cdot \Delta t = \frac{1}{2}$ , Dämpfung, Resonanz	– Die rechnergestützte Auswertung von Schallsignalen erfolgt z.B. bei der Aufnahme von Spektren, der Unterscheidung von Grund- und Obertönen und der Synthese von Klängen (Synthesizer). Die Erzeugung von Geräuschen und Klängen berücksichtigt Kenntnisse aus dem Fach Musik.
Bewegung mechanischer und akustischer Wellen: Wellengrößen und Wellengleichung, Phasengeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$ , Gruppengeschwindigkeit, Schallgeschwindigkeit, Dopplereffekt	– Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Wasser- und Schallwellen, linearen, ebenen und räumlichen Wellenphänomenen werden herausgearbeitet. Einen Schwerpunkt der weiteren experimentellen Arbeit bildet die Untersuchung von Schallwellen.
Interferenz und Beugung von Schallwellen: Maxima und Minima der Amplitude, Stereohören, Transversal- und Longitudinalwellen	– Der Einsatz von Soundclips (Musikdateien) ermöglicht die Präsentation vielfältiger akustischer Phänomene, speziell auch zum Thema „akustische Täuschungen“.
Reflexion und Überlagerung: Reflexion linearer Wellen am festen und freien Ende, stehende Wellen, Eigenschwingungen	– Anwendungen stehen im Vordergrund: z.B. Sonografie in Natur, Medizin und Technik; Beziehungen zwischen der Konstruktion eines Musikinstruments, den physikalischen Phänomenen und den entstehenden Klangfarben.
Interferenz und Beugung von Lichtwellen: Huygens'sches Prinzip, Beugung am Spalt, optisches Gitter, Kohärenz	– Die Messung der Wellenlängen und der Kohärenzlängen ist Grundlage vieler analytischer Methoden und hat zentrale Bedeutung bei der Untersuchung von Spektren. Zur Untersuchung der Intensitätsverteilung werden Zeigerdiagramme verwendet.
Optische Spektren: Frequenz, Wellenlänge und Farbe, kontinuierliches Spektrum und Linienspektrum	– Hier bietet sich die Zusammenarbeit mit den Fächern Chemie (Spektralanalyse, Farbstoffe) Bildende Kunst (Farbeindrücke) oder Informatik/Technik (RGB-Darstellung, Farbmischung bei Grafik-Software) an.

Ergänzende Inhalte	Hinweise
chaotisches Verhalten schwingender Systeme: Schwingungen mit nicht-linearen rücktreibenden Kräften, chaotisches Verhalten	– Es können z.B. periodische Vorgänge betrachtet werden, für die ein nichtlineares Kraftgesetz gilt, aber auch chaotische Pendelbewegungen (mathematisches Doppelpendel, Magnetpendel). Chaotische Bewegungsabläufe werden in Computersimulationen modelliert.

### Leistungskurs 13.1: Elemente der Quantenphysik und Atomphysik

Die Behandlung der Quantenphysik, z.B. auf der Grundlage der Schrödingergleichung, ist in der Schule nur ansatzweise möglich. Dennoch ist eine elementare Beschreibung quantenphysikalischer Erscheinungen und Überlegungen notwendig, um in Verbindung mit den Konzepten der klassischen Physik ein ausgewogenes Bild der Physik im Unterricht zu entwerfen. Deshalb werden zunächst die dazu notwendigen Grundlagen behandelt.

Obwohl die Phänomene der Atomphysik insgesamt nur auf der Grundlage der Quantenmechanik erklärt werden können, ist eine Gegenüberstellung und kritische Analyse der klassischen Vorstellungen erforderlich, um die Notwendigkeit einer quantenphysikalischen Betrachtungsweise zu verdeutlichen. Die quantenphysikalische Arbeitsweise lernen die Schülerinnen und Schüler am einfachen Beispiel des linearen Potentialtopfes, bei der Anwendung der Heisenberg'schen Unschärferelation und bei der Beschreibung des Wasserstoffatoms kennen. Ein weiteres Ziel ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse der Atomphysik.

#### Sachgebiet: Quantenphysik des Lichts

##### Themen

- Photonen: Teilchen oder Wellen?
- Quantenphysikalische Unschärfe
- Quantenphysikalisches Atommodell

<b>Verbindliche Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
quantisierte Wechselwirkung mit Licht: lichtelektrischer Effekt, Planck'sches Wirkungsquantum; Energie, Impuls und Masse von Photonen, kurzwellige Grenze der kontinuierlichen Röntgenstrahlung, Compton-Effekt	– Der lichtelektrische Effekt kann in Verbindung mit der Bräunung der Haut durch UV-Strahlung und mit der Energieübertragung bei der Photosynthese behandelt werden. Die Entwicklung eines naiven Bildes von Photonen als „Lichtteilchen“ sollte vermieden werden. Die Beziehung $E = m \cdot c^2$ wird gegeben. Die atomphysikalische Erklärung der Entstehung der Röntgenstrahlung erfolgt in der Atomphysik. Auf eine relativistische Herleitung der Ergebnisse des Compton-Effekts kann verzichtet werden.
Eigenschaften von Mikroteilchen: Doppelspaltversuch mit Licht, Wahrscheinlichkeitsamplitude der Wellenfunktion, Antreffwahrscheinlichkeit, Doppelspaltversuch mit Elektronen, De-Broglie-Wellen, $\lambda = \frac{h}{p}$ , Unschärferelation	– Das klassische Teilchenbild und das klassische Wellenbild sind nur Teilaspekte der Phänomene Licht und Elektron. Der Dualismus beschreibt die klassischen Modelle Welle und Teilchen unzureichend. Aktuelle Experimente zur Quantenphysik zeigen, dass es sich bei Materiewellen nicht etwa nur um theoretische Konstrukte handelt, sondern dass sie unmittelbar der Messung zugänglich sind. Quantitative Aussagen zur Unschärferelation erhält man aus einer Interpretation der Länge der Wellenzüge der $\Psi$ -Funktion.
quantenphysikalisches Atommodell: Franck-Hertz-Versuch, Linienspektren in Emission und Absorption, linearer Potentialtopf, Wasserstoffatom, Energieniveauschema	– Der lineare Potentialtopf wird als erstes, vereinfachtes Atommodell vorgestellt. Aus der Kenntnis der De-Broglie-Wellen für Elektronen, der Deutung der $\Psi$ -Funktion als Wahrscheinlichkeitsamplitude und den Kenntnissen über stehende Wellen lässt sich die Energiequantelung erklären. Die Berechnung der radialen Wellenfunktion und des zugehörigen Energieniveaus für das Wasserstoffatom im Grundzustand kann mit numerischen und analytischen Methoden erfolgen.
Anwendungen des quantenphysikalischen Atommodells: Quantenzahlen, Pauli-Prinzip, Periodensystem, Moseley'sches Gesetz, Laser, chemische Bindungen, Farbstoffmoleküle	– Bei der Behandlung der Anwendungen geht es in erster Linie darum, das quantenmechanische Modell zu stützen und es gegenüber einem korpuskularen Modell abzugrenzen.

<b>Ergänzende Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
philosophische Aspekte der Quantenphysik	– realistisches und holistisches (ganzheitliches) Weltbild, EPR-Paradoxon, Bell'sches Theorem
Quantenphysik in Chemie und Biologie	– quantenphysikalische Aspekte beim Sehen und beim Schmecken, bei der Photosynthese, der chemischen Bindung, bei molekularen Maschinen

## Leistungskurs 13.2 (Wahlkurs): Thermodynamik

Die vertiefte Behandlung der Thermodynamik erfolgt mit dem Ziel, in quantitative Aussagen über die Zusammenhänge bei der Energieversorgung einzuführen. Dazu werden die Begriffe Energie und Entropie sorgfältig gegeneinander abgegrenzt und zur Beschreibung der Energieentwertung herangezogen. Dabei wird deutlich, welche Möglichkeiten der effizienten Energienutzung gegeben sind und welche Konsequenzen sich gleichzeitig daraus für das Klima der Erde ergeben.

Die qualitativen Betrachtungen zur Klimaphysik aus der Sekundarstufe I und deren Vertiefung im Verlauf des Unterrichts der Oberstufe durch fächerübergreifenden Unterricht werden fortgeführt. Mit dem Einsatz numerischer Verfahren kann das Klimaproblem soweit modelliert werden, dass quantitative Vorhersagen und Aussagen über das Zeitverhalten möglich werden.

### Sachgebiet: Energie und Entropie

#### Themen

- Energieentwertung und Entropieerzeugung
- Die Kohlenstoffdioxid-Problematik

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Energie und Entropie: Energiespeicher und Energiewandler, Aspekte des Energiebegriffs wie Erhaltung, Transport, Umwandlung, Entwertung, Entropieerzeugung	– Anhand praktischer Anwendungen wird eine Einsicht in die fundamentale und fachgebietsübergreifende Bedeutung des Energie- und Entropiebegriffs erreicht. Als Anwendungsbeispiele können die Energieversorgung mit Solarzellen, mit Brennstoffzellen oder mit Akkumulatoren herangezogen werden, der Kreisprozess sollte dabei jeweils im Vordergrund stehen.
Parameter des Erdklimas: Grundelemente der Klimaphysik, Kirchhoff'sches Gesetz, Stefan-Boltzmann'sches Gesetz, Wien'sches Verschiebungsgesetz, Solarkonstante, Absorptionsspektren von Gasen	– Die Zusammenhänge lassen sich experimentell erarbeiten und dann auf das System Sonne-Erde-Weltall übertragen. Interessant ist der Vergleich zu anderen Planeten des Sonnensystems.
Klimamodelle der Erde: mittlere Oberflächentemperatur der Erde im Fließgleichgewicht, Temperatur der Erde ohne und mit Atmosphäre, Temperatur der Erde bei geänderter Kohlenstoffdioxidkonzentration, das Zeitverhalten der Erdtemperatur	– Die Temperatur kann in Abhängigkeit von der zugeführten und abgegebenen Wärmeenergie oder der Entropie betrachtet werden. Im Fall der Wärmeenergie ist die Behandlung des Wirkungsgrads erforderlich. Der stationäre Wert der Temperatur wird berechnet, das Zeitverhalten nach einer Störung des Gleichgewichts wird mit einem Modellbildungssystem ermittelt und grafisch ausgewertet.
Klimaprognosen, Konsequenzen für die Energiewirtschaft	– Die vorbereiteten Modellrechnungen werden um die Parameter zur Erzeugung und Bindung von Kohlenstoffdioxid erweitert. Die Präsentation der Ergebnisse im Rahmen der Schule bzw. im Internet ist Ziel und Schluss der Einheit.

Ergänzende Inhalte	Hinweise
thermodynamische Prozesse: Gesetze des idealen Gases, thermodynamische Maschinen, Entropieerzeugung als Energieentwertung, Wirkungsgrad	– Die Verwendung von Gas als Arbeitsmittel thermodynamischer Maschinen stellt die hervorzuhebende Leitidee dar. Die Behandlung fächerübergreifender Aspekte (Photosynthese, Atmung) bietet sich an.

### Leistungskurs 13.2 (Wahlkurs): Spezielle Relativitätstheorie

Die spezielle Relativitätstheorie und die Quantentheorie bilden das Fundament der modernen Physik. Einsteins berühmte Formel über die Äquivalenz von Masse und Energie ist für das Verständnis der kernenergetischen Prozesse ebenso notwendig wie zum Verständnis kosmologischer Theorien oder der Physik der Elementarteilchen. Dass die Lichtgeschwindigkeit eine Grenzggeschwindigkeit darstellt, ist in den Elementarteilchenbeschleunigern eine allgegenwärtige Erscheinung. Die spezielle Relativitätstheorie bietet in ihrer Geschlossenheit und aufgrund der vergleichsweise geringen mathematischen Anforderungen ein Beispiel für eine vollständige Theorie, deren Voraussagen aufgrund theoretischer Überlegungen im Experiment bestätigt werden.

#### Sachgebiet: Spezielle Relativitätstheorie

##### Themen

- Relativität von Zeit und Raum
- Äquivalenz von Masse und Energie  $E = m \cdot c^2$
- Dynamische Masse

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie: Messung der Lichtgeschwindigkeit, Inertialsysteme, Galilei'sches Relativitätsprinzip, Experiment von Michelson und Morley, Einstein'sches Relativitätsprinzip	– Vor einer Herleitung der Lorentz-Transformation oder der Entwicklung von Grundüberlegungen der SRT wird die Sicht- und Denkweise der vorrelativistischen Physik dargestellt.
Relativistische Kinematik: Relativität der Gleichzeitigkeit, Minkowskidiagramme, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Additionstheorem der Geschwindigkeiten, optischer Dopplereffekt	– Der Schwerpunkt liegt auf dem Einsatz der anschaulichen Minkowski-Diagramme. Die Behandlung der durch kosmische Strahlung erzeugten Myonen, des Zwillingsparadoxons, der Rotverschiebung, der Expansion des Weltalls und des Problems von Vergangenheit und Zukunft dient der Vertiefung des Verständnisses.
relativistische Dynamik: dynamische Masse, Elementarteilchen in der Hochenergiephysik, Invarianten der speziellen Relativitätstheorie: Raum-Zeit und Impuls-Energie	– Die Herleitung der dynamischen Masse erfolgt durch die Betrachtung der Impulserhaltung bei einem unelastischen Stoß. Der Term für die dynamische Masse bei der Bestimmung der spezifischen Ladung von $\beta$ -Teilchen wird im Schulexperiment bestätigt.

## Leistungskurs 13.2 (Wahlkurs): Kernphysik

Wesentliche Inhalte der Kernphysik, insbesondere Nachweisverfahren und die Untersuchung radioaktiver Zerfallsprozesse sind bereits am Ende der Sekundarstufe I behandelt worden, so dass zunächst der Schwerpunkt darauf liegen sollte, Kernprozesse mithilfe der Quantenphysik zu deuten und so zu tieferen Einsichten über den Aufbau von Atomkernen und über die Vorgänge bei Kernumwandlungen zu gelangen. Da dieses Kursthema viele Anknüpfungspunkte zu anderen Bereichen der Physik bietet, dient es zur Festigung und Vernetzung zuvor bearbeiteter Themen und Inhalte.

Nach der Behandlung der quantenphysikalischen Grundlagen werden Schwerpunkte gesetzt: Biologisch-medizinische oder technisch-wirtschaftliche Aspekte der Nutzung von Kernenergie und Kernprozessen werden unter Einbeziehung anderer Fächer (Biologie, Chemie, Wirtschaft/Politik, Religion/Philosophie) untersucht und diskutiert, um so exemplarisch die politischen, gesellschaftlichen und ethischen Auswirkungen einer Technologie zu vermitteln.

### Sachgebiet: Quantenphysik des Atomkerns und radioaktiver Zerfall

#### Themen

- Aufbau der Atomkerne
- Systematik der Elementarteilchen
- Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik
- Hochenergiephysik und Kosmologie

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Aufbau und Systematik der Atomkerne: Proton und Neutron als Kernbausteine, Isotopie, Nuklidkarte	– Der Aufbau der Atomkerne wurde bereits in der Mittelstufe behandelt und soll hier nur kurz wiederholt werden.
Kernreaktionen im quantenphysikalischen Modell des Atomkerns: Nachweisgeräte und -verfahren, statistische Schwankungen, Energiezustände im Potentialtopfmodell, $\alpha$ -, $\beta$ - und $\gamma$ -Spektroskopie, Tunneleffekt, Energiebilanz bei Kernreaktionen	– Als Nachweisgeräte können Halbleiterdetektor und Szintillationszähler eingesetzt werden. Die Existenz diskreter $\alpha$ - und $\gamma$ -Energien und die Entstehung der $\beta$ -Strahlung wird mit dem Potentialtopf-Modell erklärt. Die bei einer Kernreaktion freiwerdende bzw. benötigte Energie wird mithilfe des Massendefekts berechnet.
Elementarteilchenphysik: Wechselwirkungen und Austauschteilchen, Teilchenreaktionen im Standardmodell, Kernkraft als Rest der starken Wechselwirkung, Nachweisgeräte für Elementarteilchen	– Das Standardmodell mit Leptonen und Quarks und ihren Wechselwirkungen wird eingeführt. Es dient der Analyse von Teilchenreaktionen anhand von typischen Beispielen.

**Leistungskurs 13.2 (Wahlkurs): Festkörperphysik**

Die Festkörperphysik und ihre Methoden bilden einen Schwerpunkt in der physikalischen Forschung. Technologische Entwicklungen als Ergebnis dieser Forschung beeinflussen und verändern in weiten Bereichen unser Leben. Die Schulphysik kann in Teilbereichen der Festkörperphysik bei geeigneter Reduktion grundlegende Kenntnisse und Verfahren vermitteln. Unter Verwendung der Verfahren aus der Quantenphysik kann ein Modell des Festkörpers erarbeitet werden, welches ein besseres Verständnis der elektrischen und optischen Phänomene ermöglicht. Die aus der Theorie entwickelten Modelle lassen sich qualitativ und quantitativ experimentell überprüfen. Je nach Schwerpunktbildung und angestrebtem Abstraktionsniveau kann dabei der theoretische oder experimentelle Anteil stärker im Vordergrund stehen.

**Sachgebiet: Quantenphysik des Festkörpers****Themen**

- Supraleitung
- Halbleiter
- Elektronen und Löcher in Festkörpern
- Funktionsweise elektronischer Bauelemente

<b>Verbindliche Inhalte</b>	<b>Hinweise</b>
quantenphysikalisches Modell der elektrischen Leitung: Metall als dreidimensionaler Potentialtopf, Elektronengas-Modell, Fermi-Energie, Bändermodell	– Die Methoden zur Entwicklung eines quantenphysikalischen Atommodells werden auf die quantenphysikalische Beschreibung des Festkörpers angewendet.
Supraleitung: Cooper-Paare, Meißner-Ochsenfeld-Effekt, Josephson-Effekt	– Die Eigenschaft der Cooper-Paare als Bosonen wird hervorgehoben und zur Charakterisierung ihres Verhaltens herangezogen.
Halbleiterphysik: Valenzband, Leitungsband, verbotenes Band, Bandabstand	– Es soll eine quantenphysikalische Erklärung für das Entstehen von Energiebändern angestrebt werden. Die Energieeigenwerte im periodischen Potential werden iterativ berechnet.
dotierter Halbleiter: n-Leitung, p-Leitung, p-n-Übergang im Bändermodell	– Durch Serienschaltung von p- und n-dotiertem Halbleiter lassen sich unterschiedliche Vorzeichen der Hallspannung demonstrieren. Es wird eine quantenphysikalische Begründung der Löcherleitung angestrebt.
Halbleiterbauelemente: Diode, Transistor, Operationsverstärker	– Zum Abschluss der Einheit kann eine selbst entwickelte elektronische Schaltung der Schulöffentlichkeit präsentiert werden.

## Leistungskurs 13.2 (Wahlkurs): Astrophysik

Vermittelt werden Grundlagen zum Verständnis des neuen Bildes des Universums und Methoden, die zur Untersuchung von Raum, Zeit und Gravitation im Universum verwendet werden und dazu geeignet sind, seine Entwicklung und Struktur zu beschreiben. Der Kurs führt ein in fundamentale physikalische Theorien und in kosmologische Hypothesen und nutzt die bisher im Physikunterricht gewonnenen Kenntnisse und Methoden. Die Aktualität des Themas lässt sich mittels der im Internet verfügbaren Daten des Hubble-Space-Teleskops direkt im Unterricht nutzen.

### Sachgebiet: Physik der Sterne

#### Themen

- Entstehung des Sonnensystems und der Planeten
- Weiße Zwerge und Schwarze Löcher
- Urknall

Verbindliche Inhalte	Hinweise
Zustandsgrößen der Sonne: Durchmesser, Masse, Dichte, innerer Zustand, Plasma, Energieerzeugung, Proton-Proton-Zyklus, Bethe-Weizsäcker-Zyklus, Energietransport	– Die Behandlung der Zustandsparameter und ihrer Zusammenhänge führt zur Klassifikation der Sterne. Die Solarkonstante sollte experimentell bestimmt werden.
Hauptreihensterne: Sternmassen, Hertzsprung-Russel-Diagramm	– Die Entwicklung typischer Sterne wird von ihrer Entstehung bis zu den Endstadien in Grundzügen besprochen. Kenntnisse der Kernphysik werden wiederholt oder bereitgestellt.
Nachhauptreihenentwicklung: Supernovae, Weiße Zwerge, planetarische Nebel, Neutronensterne, stellare Schwarze Löcher	– Die Entwicklung typischer Sterne wird von ihrer Entstehung bis zu den Endstadien in Grundzügen besprochen. Zur Erklärung der Entstehung von Weißen Zwergen und Neutronensternen wird das Potentialtopfmodell herangezogen.
Elemente der Kosmologie: Galaxienflucht als Folge der Raumausdehnung, Rotverschiebung, kosmische Hintergrundstrahlung, Urknall	– Die Entdeckung der Fluchtbewegung der Galaxien durch Hubble liefert einen Anlass zur Behandlung der kosmologischen Grundlagen.

# Kapitel 5

## Projektlernen

### 5.1 Das Fach und das Projektlernen

In allen Fächern bildet das Projektlernen einen integralen Bestandteil des Lehrplans. Diese Form des Lernens wird in der Oberstufe schrittweise erweitert. Vom Methodikunterricht im 11. Jahrgang über projektorientierte Unterrichtseinheiten in den Leistungskursen im 12. Jahrgang bis hin zum fächerübergreifenden Projektunterricht im 13. Jahrgang werden die Anforderungen an selbständiges Arbeiten kontinuierlich erhöht. Ziel ist es, die Schülerinnen und Schüler in Vorbereitung auf Studium und Beruf zu befähigen, kooperativ und eigenverantwortlich zu lernen und dabei Methoden in fächerübergreifenden Zusammenhängen kritisch anzuwenden.

In den projektorientierten Unterrichtseinheiten der Leistungskurse im 12. Jahrgang wird produktorientiert gearbeitet. Anhand praktisch nutzbarer, technischer Realisierung von Geräten steht die Verbindung theoretischer Grundlagen und praktischer Anwendung im Vordergrund. Das Lernen zielt hier auf den Ausbau von Methodenkompetenz, und zwar mit den Schwerpunkten der klaren Begriffssprache, der experimentellen Fertigkeiten, der Mathematisierung physikalischer Sachverhalte und der Möglichkeiten der Visualisierung von physikalischen Zusammenhängen.

### 5.2 Das Projektlernen im 12. Jahrgang

Die Handhabung von unterschiedlichen Software-Programmen zur Messwertaufnahme, zur numerischen Iteration im Rahmen der Modellbildung, zur Simulation physikalischer Zusammenhänge, zur graphischen Visualisierung, zur Herstellung von Präsentationen versetzt die Schülerinnen und Schüler in die Lage, die Methoden zunehmend als Werkzeuge zur Erfassung, Bearbeitung und Präsentation physikalischer Ergebnisse anzuwenden. Zu diesen Methoden sind auch experimentelle Fertigkeiten, sachgerechtes Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten zu zählen. Die verbale Präsentation unter Benutzung der physikalischen Fachsprache ist den Schülerinnen und Schülern in der Anwendung auf konkrete, anschauliche Zusammenhänge vertraut.

## 5.2.1 Themen

### Bau von Lautsprecherboxen

Akustische Leistungsanpassung, geradliniger Frequenzgang, akustische Eigenschaften von Lautsprecherchassis

Der Bau einer Lautsprecherbox mit einem Tiefton-, Mittelton- und einem Hochtonlautsprecher führt über die unterschiedlichen akustischen Eigenschaften der verwendeten Lautsprecherchassis zu grundlegenden Eigenschaften der Schallabstrahlung. Die Qualität des fertigen Werkstücks lässt sich durch subjektive Eindrücke beurteilen.

### Komprimierte Musikdaten aus dem Internet

MPEG, MP3

Die Analyse der technischen Daten eines digitalen Musikstücks weist auf die hohe Datenkapazität des verwendeten Datenträgers hin. Ausgewählte Möglichkeiten der Datenreduktion ergeben sich aus den Eigenschaften der akustischen Verarbeitung von Klängen im menschlichen Ohr.

### Herstellung einer ELA-Anlage

Anwendungsbezogene Realisierung und Optimierung elektronischer Schaltungen

Der Aufbau einer Stereoanlage für den schulischen Einsatz vereinfacht sich bei der Verwendung verfügbarer Komponenten. Auswahl, Aufbau, Test und Betreuung der Anlage liefern physikalische, technische und über das Fach Physik hinausgehende Aspekte.

### Klangeigenschaften von Musikinstrumenten

Herstellung von Spektren und Sonogrammen, Rückführung der Klangeigenschaften auf physikalische Eigenschaften der Instrumente

Mit einer entsprechenden Software gelingt es, unterschiedlichste Töne und Geräusche im Frequenzspektrum darzustellen und zu klassifizieren. Der Vergleich mit dem subjektiven Klangeindruck führt zur Interpretation der Spektren, die in ihrem zeitlichen Verlauf auch das Einschwing- und Ausschwingverhalten berücksichtigen.

### Nervenleitung

Modelle der Reizleitung in Nervenzellen

Die Nervenleitung lässt sich im Zusammenhang mit der Auf- und Entladung eines Kondensators in vereinfachter Form physikalisch modellieren. Auf dieser Basis gelingt beispielsweise die Begründung der saltatorischen Reizleitung sowie die physikalische Deutung der zugeordneten Krankheitsbilder.

## **Magnetische Datenspeicherung**

Gegenwärtige Techniken und zukünftige Entwicklungen der magnetischen Datenspeicherung

Die Dichte der Informationskapazität erhöht sich von der Floppy Disk über die Wechsel- datenträger hin zu Festplatten. Weiterentwicklungen im Bereich der Magnetmaterialien und der Magnetfeldsensoren erhöhen die Speicherkapazität. Qualitätskriterium einer Festplatte ist neben der Speicherkapazität auch die Zugriffszeit.

## **Transrapid**

Technik und gesellschaftlicher, wirtschaftlicher Nutzen

Die Realisierung der Magnetschnellbahn hängt wesentlich vom wirtschaftlichen Nutzen im Vergleich zu den Herstellungskosten der Trasse ab. Welche physikalischen Eigenschaften dieses Konzepts sind für die Kosten verantwortlich? Auf welcher Basis wird das projektierte Fahrgastaufkommen berechnet?

## **Linearbeschleuniger und Kreisbeschleuniger**

Grundlagenforschung bei DESY

Das DESY in Hamburg plant den Bau eines ca. 33 km langen Linearbeschleunigers, im Wesentlichen für die Grundlagenforschung im Bereich Elementarteilchen. Warum sind die vorhandenen Kreisbeschleuniger weniger geeignet? Welche Kosten sind mit dem Linearbeschleuniger verbunden? Wie werden diese hohen Kosten durch physikalische Notwendigkeiten begründet ?

## **Hologramme**

Herstellung von synthetischen und im Experiment erstellten Hologrammen

Die Berechnung einfacher Hologramme (z.B. von wenigen Punkten in unterschiedlichen Abständen) gelingt mit dem Computer, so dass viele einfache Beispiele das Grundprinzip eines Hologramms verdeutlichen. Das Hologramm als 3D-Bild eines Objekts weist auf Anwendungen wie z.B. die Datenspeicherung hin.

## **Technik der digitalen Bildverarbeitung**

Technische Herstellung von Farbeindrücken durch additive und subtraktive Farbmischung.

Die Betrachtung von Farbbildern an einem Computermonitor erfolgt durch additive Farbmischung im Auge des Betrachters. Der Druck der Bilder verwendet die subtraktive Mischung von Grundfarben. Die unterschiedliche Farbmeterik begrenzt die Übertragbarkeit der Farbinformation.

## Digitale Datenübertragung

Impulse und ihre Spektren, Abtasttheorem, akustische Unschärfe

Die schnelle Übertragung elektrischer Impulse wird durch das verfügbare Spektrum eingeschränkt. Beispiele wie Analog-Modem-Verbindungen, ISDN, Computervernetzung zeigen die Zusammenhänge, die sich mit den Begriffen Abtastrate und Frequenzunschärfe quantitativ beschreiben lassen.

## Ultraschall in Medizin und Natur

Ultraschall in der Messtechnik zur Objekterkennung

Ähnlich wie mit Röntgenstrahlung lässt sich mit Ultraschall die Strukturierung von inhomogenen Stoffen untersuchen. Beispiele aus der Tierwelt (Fledermäuse), der Technik oder aus der Medizin liefern den Anlass zu eigenen Untersuchungen oder zum Bau von Messeinrichtungen.

## 5.3 Das Projektlernen im 13. Jahrgang

Die Schülerinnen und Schüler haben gelernt, unterschiedliche Software zur Messwertaufnahme, zur numerischen Iteration im Rahmen der Modellbildung, zur Simulation physikalischer Zusammenhänge, zur graphischen Visualisierung und zur Herstellung von Präsentationen im Rahmen abstrakter physikalischer Themenstellungen anzuwenden. Die verbale Präsentation unterscheidet bewusst Umgangssprache und physikalische Fachsprache. Die Bearbeitung von Projekten mit physikalischem Schwerpunkt im 13. Jahrgang führt die in den verschiedenen Fächern erworbenen Erweiterungen der Methodenkompetenz anhand fächerverbindender Fragestellungen zusammen.

### 5.3.1 Themen

- Änderungen der mittleren Erdtemperatur
- Philosophische Aspekte der Quantentheorie
- Kernenergie und ihre Alternativen
- Physikalische Methoden in der medizinische Diagnostik
- Elemente des Computers, physikalische Grenzen der Leistungsfähigkeit
- Chaotische Systeme
- Entropieerzeugung als Lebensgrundlage

### 5.3.2 Erläuterungen zu den Themen

#### Änderungen der mittleren Erdtemperatur

Klimaänderungen durch den Anstieg der mittleren Erdtemperatur, Präzisierung von Modellbildungen am Beispiel Klima und Umwelt

Auf der Basis von Modellrechnungen wird der vorliegende Anstieg der mittleren Erdtemperatur in die Zukunft prognostiziert. Die Nutzung antropogener Energieressourcen auf Makrosysteme wie Ozeane und die Atmosphäre soll auf einem angemessenen Niveau quantitativ beschrieben werden. Der Einsatz von Modellbildungssystemen bietet sich zur Modellbildung und zur Repräsentation der Ergebnisse an.

#### Philosophische Aspekte der Quantentheorie

Dualismus „Teilchen und Welle“, Quantenphysik als Theorie und als Beschreibung von Realexperimenten, elementare Teilchen

Physikalische und philosophische Betrachtungen zu den physikalischen Eigenschaften von Teilchen und zu den Grenzen des Teilchenbegriffs bzw. zu Resonanzen können ein Rahmenthema liefern, in das sich die Eigenschaften von makroskopischen und mikroskopischen Teilchen und Wellen, die Suche nach Elementarteilchen sowie Ergebnisse und Ziele der Grundlagenforschung einordnen lassen. Für diesen Themenbereich steht umfangreiche Literatur zur Verfügung, die z. T. auch im Internet verfügbar ist.

#### Kernenergie und ihre Alternativen

Gefahren und Risiken der Kernenergie, Energiebetrachtungen zur Photosynthese und zur Nutzung regenerativer Energieformen

Durch die Internationalisierung des Strommarktes ist der Bezug elektrischer Energie über Ländergrenzen hinweg deutlich erleichtert. Der europaweite Vergleich der Energiebereitstellung und quantitative Energieflussdiagramme verdeutlichen nationale Konzepte.

#### Physikalische Methoden in der medizinische Diagnostik

Kinetik von chemischen Reaktionen und von Kernreaktionen, medizinische Anwendungen, Analyse der Moleküldynamik mit einem Röntgenlaser

Neben einfachen und preiswerten Verfahren (Blutdruckmessung, Pulsmessung) sind auch aufwendige Verfahren (Computertomographie, Synchrotronstrahlung) geeignet, neben der Messtechnik und den damit verbundenen Diagnosemöglichkeiten auf die Kosten einzugehen. Die Synchrotronstrahlung eines Röntgenlasers (DESY) ermöglicht elementspezifische Bilder vom Inneren eines mikroskopischen Körpers.

## **Elemente des Computers, physikalische Grenzen der Leistungsfähigkeit**

Technische Daten gegenwärtiger Computerelemente im Vergleich zu physikalischen Grenzen

Die Miniaturisierung der Computerbauelemente hat zu einer entsprechenden Leistungssteigerung geführt. Dieser Sachverhalt kann mit dem Zeitverhalten einfacher RC-Glieder modelliert werden. Die Interpretation von Prospektdaten bezüglich der physikalischen Eigenschaften eines Computersystems führt zur funktionalen Beurteilung der Leistungsfähigkeit. Aktuelle Daten der verwendeten Prozessortypen weisen auf technische oder physikalische Grenzen hin.

## **Chaotische Systeme**

Chaotische Systeme in der Physik, der Biologie und der Medizin, Eigenschaften chaotischer Systeme

Verschiedene einfache chaotische Systeme (der tropfende Wasserhahn) ermöglichen die Erarbeitung charakteristischer Eigenschaften. Dabei ist eine einfache Messwerterfassung mit dem Computer zur weiteren Datenverarbeitung erforderlich. Fächerverbindende Aspekte werden durch Themen wie „Das Herz als chaotisches System“ ermöglicht.

## **Entropieerzeugung als Lebensgrundlage**

Konservative Systeme, Systeme im thermodynamischen, nahe dem thermodynamischen und fern dem thermodynamischen Gleichgewicht

Die Ausweitung thermodynamischer Beschreibungen, angefangen von Wärme-Kraftmaschinen über Verbrennungsmotoren bis hin zur Betrachtung der Erde als thermodynamisches System führt die Aussagen der Thermodynamik aus dem Bereich der Physik heraus hin zu fächerverbindenden Fragestellungen. Dabei ist die Beschreibung der Organisation des Lebendigen in der Biologie ein interessanter thermodynamischer Aspekt, der die Rolle der Entropieerzeugung bei gleichzeitiger Entropieabnahme in Teilsystemen mit einer neuen Bedeutung füllt.

# Kapitel 6

## Leistungen und ihre Bewertung

Die folgenden fachspezifischen Hinweise knüpfen an die für alle Fächer geltenden Aussagen zur Leistungsbewertung an, wie sie im Grundlagenteil im Kapitel 6 dargestellt sind.

### 6.1 Unterrichtsbeiträge

#### 6.1.1 Formen der Unterrichtsbeiträge

Unterrichtsbeiträge im Fach Physik werden in mündlicher, schriftlicher und praktischer Form erbracht.

##### **Mündliche Unterrichtsbeiträge**

- Beteiligung am Unterrichtsgespräch
- Arbeiten mit Partner oder in Gruppen
- Vortragen von Referaten
- Präsentieren von Ergebnissen aus Phasen der Gruppen und Partnerarbeit
- Auswerten von Hausaufgaben

##### **Schriftliche Unterrichtsbeiträge**

- Anfertigen von Hausaufgaben
- Erstellen von Protokollen und Arbeitspapieren
- Darstellen von Ergebnissen des Projektlernens

##### **Praktische Unterrichtsbeiträge**

- Durchführung physikalischer Experimente
- Arbeit mit neuen Medien

## 6.1.2 Bewertungskriterien

Die Kriterien der Bewertung sind nach den vier Aspekten der Lernkompetenz geordnet. Ihre Definition hängt eng mit den Kompetenzbeschreibungen des Kapitels 2 zusammen. Aus der folgenden Aufstellung werden je nach fachlichen und pädagogischen Erfordernissen Kriterien zur Beurteilung von Einzelbeiträgen ausgewählt und spezifiziert.

### Sachkompetenz

- Sach- und Themenbezogenheit
- fachliche Fundierung und Korrektheit
- sprachliche und fachterminologische Präzision
- Problembewusstsein und Entwicklung von Fragestellungen (insbesondere auch beim Projektlernen)
- Originalität und Eigenständigkeit
- fachbezogene Urteilsfähigkeit

### Methodenkompetenz

- Technik des Zitierens und Bibliographierens
- Unterscheidung eigener und fremder Aussagen
- Logik der Gedankenführung
- Planung und Durchführung der Arbeitsschritte beim Projektlernen
- Einhaltung konzeptioneller Vorgaben und Entscheidungen (insbesondere auch beim Projektlernen)
- Klarheit, Gliederung, Visualisierung bei der Präsentation von Informationen
- Medieneinsatz bei der Erarbeitung und Präsentation
- Angemessenheit und Ökonomie der Mittel in Bezug auf ein Arbeitsvorhaben
- Methodenreflexion

### Selbstkompetenz

- Engagement
- Fragebereitschaft
- Verdeutlichung und Begründung der eigenen Position
- Kritikfähigkeit

### Sozialkompetenz

- Eingehen auf Impulse und Lernbedürfnisse anderer
- Zuverlässigkeit in Partner- und Gruppenarbeit
- Gesprächs- und Argumentationsfähigkeit
- Kompromissfähigkeit bei gemeinsamen Gestaltungen

## 6.2 Klausuren

Zahl, Umfang und Art der Klausuren richten sich nach den Angaben der OVO sowie der einschlägigen Erlasse in den jeweils gültigen Fassungen. Die Formen der Klausuren und die Bewertungskriterien orientieren sich an den jeweiligen Fachanforderungen für die Abiturprüfung, den Abiturprüfungsverordnungen (APVO) und den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA).

Der Schwierigkeitsgrad der Klausuren ist im Verlaufe der Oberstufe schrittweise den Anforderungen an die Abiturklausuren anzupassen.