



# **Thüringer Kultusministerium**

Ziele und inhaltliche Orientierungen  
für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe

im Fach

Physik

2009

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1 Einführung	3
2 Ziele der Qualifikationsphase	8
2.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen	10
2.1.1 Felder und Wechselwirkungen	12
2.1.2 Schwingungen und Wellen	14
2.1.3 Optik	16
2.1.4 Spezielle Relativitätstheorie	17
2.1.5 Quantenphysik	18
2.1.6 Physik der Atomhülle und des Atomkerns	19
2.1.7 Thermodynamik	20
2.2 Verbindliche Schülerexperimente	22
3 Leistungsbewertung	23

# 1 Einführung

Die vorliegenden Ziele und inhaltlichen Orientierungen für den Unterricht in der Qualifikationsphase der Thüringer Oberstufe folgen den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II.

Die darin formulierten Vereinbarungen gehen von einem veränderten Anforderungsniveau des Fachunterrichts aus und formulieren die nachfolgenden Ziele für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe:

**Ziele des Unterrichts**

- die Vermittlung einer vertieften Allgemeinbildung, der allgemeinen Studierfähigkeit und einer wissenschaftspropädeutischen Bildung,
- die Vermittlung einer Erziehung, die zur Persönlichkeitsentwicklung und -stärkung, zur Gestaltung des eigenen Lebens in sozialer Verantwortung und zur Mitwirkung in der demokratischen Gesellschaft befähigt,
- die Beherrschung eines fachlichen Grundwissens,
- die angemessene Information über Berufs- und Studienfelder sowie Strukturen und Anforderungen des Studiums und der Berufs- und Arbeitswelt.<sup>1</sup>

Daraus erwächst die Notwendigkeit einer Präzisierung der Zielformulierungen und Inhalte in den Thüringer Lehrplänen für die Qualifikationsphase der Thüringer Oberstufe. Diese Funktion übernehmen die vorliegenden Ziele und inhaltlichen Orientierungen.

Sie formulieren für die Klassenstufen 11/12 (bzw. 12/13 für das berufliche Gymnasium) nunmehr Ziele im jeweiligen Fach auf grundlegendem und auf erhöhtem Anforderungsniveau. Für die Kernfächer Deutsch und Mathematik erfolgt die Zielbeschreibung gemäß der Stundentafel in der geltenden Fassung ausschließlich auf erhöhtem Anforderungsniveau.

Die Basis für diese Ziel- und Inhaltspräzisierung bildet der Thüringer Lehrplan im jeweiligen Fach aus dem Jahr 1999. Die Fachlehrpläne bleiben weiterhin in Kraft. Sie werden jedoch durch die vorliegenden Ziele und inhaltlichen Orientierungen für die Klassenstufen 11/12 (bzw. 12/13 berufliches Gymnasium) präzisiert.

Die Ziel- und Inhaltspräzisierung orientiert sich zudem an den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung im jeweiligen Fach (EPA) – in den modernen Fremdsprachen auch am Gemeinsamen europäischen Referenzrahmen für Sprachen.

Folgende Kriterien bestimmten die Erarbeitung der vorliegenden Ziele und inhaltlichen Orientierungen im jeweiligen Fach:

**Ziel- und Inhaltspräzisierung**

- Umsetzung der durch die KMK vorgegebenen veränderten Anforderungsniveaus,
- Anschlussfähigkeit an den jeweiligen Thüringer Fachlehrplan der

---

<sup>1</sup> KMK-Vereinbarungen zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 02.06.2006, S. 6

Klassenstufe 10,

- Kompatibilität mit den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der schriftlichen Abiturprüfung im jeweiligen Fach,
- Berücksichtigung aktueller fachwissenschaftlicher, fachdidaktischer und lehrplantheoretischer Entwicklungen,
- Erhöhung der Abrechenbarkeit von Lehrplanzielen,
- Konzentration auf zentrale, unverzichtbare Inhalte,
- Erhöhung der schulinternen Verantwortung für Ziel- und Inhaltspräzisierungen und fächerübergreifende Abstimmung,
- Realisierbarkeit unter den veränderten Rahmenbedingungen.

Die vorliegenden Ziele und inhaltlichen Orientierungen bilden bis zur Inkraft-Setzung neuer Lehrpläne den verbindlichen Rahmen für die schriftliche und mündliche Abiturprüfung.

Sie bilden ferner die Grundlage für schulinterne Festlegungen

- zur Gestaltung des Unterrichts im jeweiligen Fach in den Klassenstufen 11/12 (bzw. 12/13 für das berufliche Gymnasium),
- zu fächerübergreifenden oder -verbindenden Projekten,
- zum Beitrag jeden Faches zur Beruf- und Studienwahl und
- zur Werteerziehung.

Die Orientierungen enthalten folglich keine Hinweise zur fächerübergreifenden Kooperation bzw. zur Umsetzung der so genannten Fächerübergreifenden Themen. Entsprechende Entscheidungen obliegen der Schule bzw. den Fachkonferenzen.

**schulinterne Kooperation/  
Fachkonferenzen**

Der Fachunterricht wird gemäß den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II auf unterschiedlichem Anforderungsniveau erteilt.

Dabei repräsentiert Unterricht

- mit grundlegendem Anforderungsniveau das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung,
- mit erhöhtem Anforderungsniveau das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen, exemplarisch vertieften Bildung.<sup>2</sup>

**Anforderungsniveaus**

Die im Unterricht aller Fächer sowohl mit grundlegendem als auch erhöhtem Anforderungsniveau vermittelte Allgemeinbildung baut auf der Erziehungs- und Bildungsarbeit der Sekundarstufe I auf, vertieft und erweitert diese. Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe leistet einen besonderen Beitrag zum Erwerb fachspezifischer und überfachlicher Kompetenzen, die die allgemeine Hochschulreife kennzeichnen und die Voraussetzung zur Aufnahme eines Studiums bzw. einer Berufsausbildung sind.

In diesem Zusammenhang kann der Schüler<sup>3</sup>

- ein erweitertes Allgemeinwissen nachweisen,
- das Lernen eigenverantwortlich und selbstständig gestalten,

**Kompetenzorientierung**

---

<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.

- mit anderen kommunizieren und kooperieren,
- Sachverhalte, Handlungen, Positionen kritisch bewerten,
- fachübergreifende Aspekte bei der Bearbeitung komplexer gesellschaftlicher, politischer, ökonomischer, ökologischer, kultureller, religiöser und ethischer Zusammenhänge einbeziehen,
- Techniken wissenschaftlichen Arbeitens exemplarisch anwenden,
- unterschiedliche mediengestützte Techniken der Präsentation sachbezogen und situationsgerecht anwenden,
- über den Aufgabenlösungsprozess und das Ergebnis sachgerecht reflektieren.

Die fachlichen Kompetenzen und Inhalte des Unterrichts mit erhöhtem Anforderungsniveau unterscheiden sich von denen des Unterrichts mit grundlegendem Anforderungsniveau in

**Unterschiede grundlegendes/ erhöhtes Anforderungsniveau**

- der thematischen Erweiterung und der theoretischen Vertiefung,
- der Verknüpfung und Reflexion von Methoden und Strategien,
- der Form der wissenschaftstheoretischen Reflexion,
- der Tiefe des fachspezifischen Zugriffs,
- dem Grad der Vorstrukturierung,
- dem Schwierigkeits- und Komplexitätsgrad sowie der Offenheit der Aufgabenstellung,
- dem Umfang und der Art bereitgestellter Informationen und Hilfsmittel.

Im Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau müssen Transferleistungen und problemlösendes Denken in quantitativ und qualitativ höherem Maße eingefordert und erbracht werden.

Der ganzheitliche Kompetenzansatz der Thüringer Lehrpläne bedingt einen erweiterten Lernbegriff. Er wird durch fachlich-inhaltliche, sozial-kommunikative, methodisch-strategische und persönliche Dimensionen des Lernens konkretisiert. Dies führt zu einem erweiterten Leistungsbegriff, der die gesamte Lernentwicklung des Schülers ganzheitlich erfasst und reflektiert.

**erweiterter Leistungsbegriff**

Ein pädagogisches Leistungsverständnis<sup>4</sup>, das auf die ganzheitliche Kompetenzentwicklung der Schüler fokussiert ist, wird durch folgende Merkmale beschrieben:

**Leistungsverständnis**

- Die Leistungsbewertung ist produkt- und prozessbezogen.
- Die Leistungsbewertung schließt individuelles Lernen und Lernen in der Gruppe ein.
- Die Leistungsbewertung fördert die individuelle Eigenverantwortung, die Leistungsbereitschaft und Lernmotivation als eine Bedingung für erfolgreiches Lernen.
- Die Leistungsbewertung trägt dazu bei, dass der Schüler lernt, den

<sup>4</sup> vgl. Leitlinien für die Erarbeitung weiterentwickelter Thüringer Lehrpläne der Fächer der allgemein bildenden Schulen (Stand 03.04.2007)

eigenen Lernprozess und die eigene Leistung sowie die der Lerngruppe zu reflektieren und zu bewerten.

Jede Leistungsbewertung erfolgt mit Bezug auf eine bestimmte Norm. Grundsätzlich sind drei Bezugsnormen zu unterscheiden<sup>5</sup>.

#### **Bezugsnormen der Leistungsbewertung**

- Die sachliche Bezugsnorm. Dabei wird die Leistung des Einzelnen an Lehrplanzielen und Standards gemessen.
- Die soziale Bezugsnorm. Dabei wird die Leistung des Einzelnen in den Kontext der Leistung einer Gruppe (Klasse) gestellt und davon die Bewertung abgeleitet.
- Die individuelle Bezugsnorm. Hierbei wird der Lernfortschritt des Einzelnen im Vergleich zu seiner vorherigen Leistung bewertet.

Die sachliche Bezugsnorm bildet immer dann die Grundlage der Leistungsbewertung, wenn der Grad der Kompetenzentwicklung in Bezug auf vorgegebene Standards/Lehrplanziele am Ende eines vorab festgelegten Lernzeitraums überprüft werden soll.

Im Verlauf des Lernprozesses liegt es im pädagogischen Ermessensspielraum des Lehrers, die soziale oder die individuelle Bezugsnorm zugrunde zu legen.

Unabhängig von der Bezugsnorm erfolgt die Leistungsbewertung auf der Basis transparenter Kriterien.

#### **Bewertungskriterien**

Diese werden bei der sachlichen Bezugsnorm aus der Zielbeschreibung für die Kompetenzbereiche in den Lehrplänen hergeleitet und beziehen sich auf die Qualität des zu erwartenden Produkts und des Lernprozesses, ggf. auch der Präsentation des Arbeitsergebnisses.

Produktbezogene Kriterien sind z. B.:

- Aufgabenadäquatheit
- Korrektheit
- Vollständigkeit
- formale Gestaltung

Prozessbezogene Kriterien sind z. B.:

- Qualität der Planung
- Effizienz des methodischen Vorgehens
- Reflexion und Dokumentation des methodischen Vorgehens
- Leistung des Einzelnen in der Gruppe

Präsentationsbezogene Kriterien sind z. B.:

- Vortragsweise
- dem Produkt und der Zielgruppe angemessene Visualisierung und Darstellung
- inhaltliche Qualität der Darstellung

In den Orientierungen für die gymnasiale Oberstufe werden die oben genannten Kriterien aus der Sicht des jeweiligen Fachs konkretisiert.

---

<sup>5</sup> vgl. u.a. Bohl, Thorsten: Prüfen und Bewerten im offenen Unterricht. Beltz-Verlag. Weinheim 2004, S. 63

Die Komplexität der Lerntätigkeiten beim Lösen von Aufgaben kann durch die Zuordnung zu Anforderungsbereichen erreicht werden, wie dies in den Nationalen Bildungsstandards und den Einheitlichen Anforderungen in der Abiturprüfung (EPA) erfolgt:

**Anforderungsbereich I (Reproduktion)**

- Wiedergabe bekannter Sachverhalte im gelernten Zusammenhang
- Anwendung von Lernstrategien, Verfahren und Techniken in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang

**Anforderungsbereich II (analoge Rekonstruktion)**

- Wiedergabe bekannter Sachverhalte in verändertem Zusammenhang
- selbstständiges Übertragen auf vergleichbare Sachverhalte

**Anforderungsbereich III (Konstruktion)**

- selbstständiger Transfer von Gelerntem auf vergleichbare Sachverhalte bzw. Anwendungssituationen
- Erkennen, Bearbeiten von komplexen Problemstellungen und selbstständiges, problembezogenes Begründen, Denken und Urteilen
- Werten und Verallgemeinern

Die Anforderungsbereiche sind in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit zu sehen, wobei der Anforderungsbereich III die Anforderungsbereiche I und II, der Anforderungsbereich II den Anforderungsbereich I einschließt. Die Leistungsnachweise erfolgen aus allen drei Bereichen und ermöglichen eine Bewertung, die das gesamte Notenspektrum umfasst.

Unabhängig davon, ob das jeweilige Fach auf grundlegendem oder erhöhtem Anforderungsniveau erteilt wird, gilt, dass nicht ausschließlich mit reiner Reproduktion (Anforderungsbereich I) eine ausreichende Leistung erbracht werden kann. Gute und sehr gute Bewertungen setzen Leistungen voraus, die über den Anforderungsbereich II hinausgehen und mit einem wesentlichen Anteil dem Anforderungsbereich III zuzuordnen sind.

## 2 Ziele der Qualifikationsphase

Neben den im „Allgemeinen Einführungsteil für alle Fächer“ formulierten Begründungen für die Notwendigkeit einer Präzisierung der Zielformulierungen und Inhalte für die Qualifikationsphase der Thüringer Oberstufe ist die Änderung der Stundenanzahl ausschlaggebend für die Überarbeitung der gültigen Lehrplaninhalte. Diese Überarbeitung wurde auch zum Anlass genommen, die Themengebiete und Inhalte des bisherigen Lehrplanes Physik für das Gymnasium einer Prüfung zu unterziehen.

In der Qualifikationsphase gewinnen die wachsende Selbstständigkeit des Schülers, das zielorientierte und bewusste Arbeiten, das gewachsene Problembewusstsein und das vertiefte Urteilsvermögen zunehmend an Bedeutung. In den Klassenstufen 11 und 12 erwirbt der Schüler einen Kompetenzzuwachs vor allem qualitativer Art. Dies bedeutet, dass die im Unterricht der vorangegangenen Schuljahre erworbenen Kompetenzen stärker ausgeprägt und bewusst vernetzt werden, um dem Anspruch an eine wissenschaftspropädeutische Bildung gerecht zu werden.

Gemäß dem Thüringer Lernkompetenzmodell basieren die Thüringer Lehrpläne auf einem Modell, das für alle Fächer die Entwicklung von Kompetenzen als Ziele des Unterrichts formuliert. Im Mittelpunkt stehen hier für die Schüler gleichermaßen die Entwicklung der Sachkompetenz, der Methoden-, der Selbst- und Sozialkompetenz, die in jedem Unterricht fachspezifisch ausgeprägt werden, aber in ihrer grundsätzlichen Funktion fachunabhängig sind.

Daher kann auch der Physikunterricht diesbezüglich nur einen Teilbeitrag erbringen. Die Zusammenarbeit und Abstimmung innerhalb der Fachkonferenzen der Schule ist unerlässlich und notwendig.

Hinsichtlich der Ausbildung von erweiterter Sachkompetenz im Physikunterricht der Qualifikationsphase zeigt sich der qualitative Zuwachs vor allem in einem höheren Grad der Selbstständigkeit und Sicherheit im Hinblick auf die nachfolgend genannten Fähigkeiten. Der Schüler kann:

- physikalische Probleme erkennen, Wege zu deren Lösung finden, sie in anspruchsvoller Weise bearbeiten und ihre Ergebnisse mündlich oder schriftlich überzeugend darstellen,
- beobachtete Vorgänge mit Begriffen der Physik, mit Größengleichungen und mit graphischen Darstellungen beschreiben und unter Nutzung bekannter physikalischer Gesetze und Gesetzmäßigkeiten erklären,
- Experimente planen, durchführen und auswerten sowie Ergebnisse kritisch beurteilen,
- zunehmend den bisher vorwiegend induktiven Weg zum Aufsuchen physikalischer Gesetze durch deduktives Vorgehen ergänzen,
- Größengleichungen sowie Diagramme interpretieren,
- immer komplexer werdende mathematisch-physikalische Anwendungsaufgaben lösen und deren Ergebnisse kritisch werten,
- Sachverhalte mittels fachlicher Termini sprachlich korrekt formulieren,
- Medien sachbezogen zur Lösung physikalischer Fragestellungen nutzen.



Der Schüler kann auf Grund seiner erworbenen Sachkompetenz:

- physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und sachgerecht bewerten,
- den Beitrag erkennen, den die Physik leistete und leistet, um die Natur zu verstehen und zu nutzen,
- Wechselbeziehungen zwischen der Wissenschaft Physik und der Technik aufzeigen, diese verstehen und bewerten,
- begreifen, welchen Beitrag die Physik für die Entwicklung der Lebensbedingungen der Menschen geleistet hat und künftig leisten wird,
- den Einfluss der Physik auf unser Weltbild und auf das allgemeine Denken verstehen,
- die wechselseitigen Beziehungen zwischen wissenschaftlicher Forschung und gesellschaftlicher Entwicklung erkennen und ist fähig, die daraus resultierende Verantwortung der Forschung bzw. der Gesellschaft für die Gestaltung und Erhaltung der Umwelt zu begreifen.

Das erhöhte Anforderungsniveau ist im Physikunterricht im Unterschied zum grundlegenden Anforderungsniveau vor allem gekennzeichnet durch:

- einen größeren Umfang, eine höhere Komplexität und eine tiefere theoretische Durchdringung der zu behandelnden Phänomene, Begriffe, Gesetze, Modelle und Theorien,
- eine stärker wissenschaftssystematisch geprägte Auseinandersetzung mit den Inhalten und deren stärkere Vernetzung,
- einen höheren Abstraktionsgrad und damit eine stärkere Mathematisierung,
- einen größeren Umfang und eine höhere Selbstständigkeit bei der Nutzung, dem Transfer und der Reflexion fachspezifischer Arbeitsmethoden im Allgemeinen und speziell beim Experimentieren,
- die zielgerichtete Strategiewahl, die Nutzung und bewusste Reflexion von Methoden, Verfahren, Prinzipien naturwissenschaftlicher Erkenntnistätigkeit,
- einen souveränen Umgang mit physikalischen Begriffen und die sichere Verwendung der Fachsprache.

Sowohl im grundlegenden als auch im erhöhten Anforderungsniveau erwerben die Schüler durch die konsequente Weiterentwicklung der Sozial- und Selbstkompetenz die notwendigen Voraussetzungen für die allgemeine Studierfähigkeit. Dazu gehören z. B. Eigenverantwortung, Arbeitsdisziplin, Lernbereitschaft, die Fähigkeit, Lernmethoden und Arbeitstechniken zu entwickeln und zu nutzen, sowie die Fähigkeit und Bereitschaft zu kooperieren. Die Schüler lernen, sich Wissen zunehmend selbstständig anzueignen und mehrdimensional zu denken und die Ergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.

Damit verfügen die Schüler am Ende der Klassenstufe 12 über ein Kompetenzniveau, das sich an den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik orientiert und den Anforderungen an die allgemeine Studierfähigkeit in weiterführenden Studienrichtungen entspricht.

Die für die Doppeljahrgangsstufe 11/12 für beide Anforderungsniveaus ausgewiesenen inhaltsbezogenen Kompetenzen erfordern eine Präzisierung und Abstimmung innerhalb der schulinternen Fachkonferenzen.

## 2.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen

Für die inhaltliche Orientierung und Übersicht zu den Anforderungsbereichen ist nachfolgend eine zusammenfassende Darstellung eingefügt. Die dort angegebene Reihenfolge der Themengebiete hat empfehlenden Charakter und ist nicht verbindlich. Schulinterne Absprachen oder auch anderweitig begründete Umstrukturierungen sind möglich. Aus gleichen Themenbezeichnungen bei den zwei Anforderungsniveaus in der Tabelle ist nicht auf gleiche Stundenvolumina zu schließen, da im erhöhten Anforderungsbereich in der Regel wesentlich umfangreichere Betrachtungen erforderlich sind (vgl. 2.1 bis 2.2).

Die angegebenen Ziele für die Qualifikationsphase Physik sind für jedes Themengebiet in der Form „Der Schüler kann ...“ formuliert und für beide Anforderungsniveaus gültig. Die Abweichungen bzw. Ergänzungen vom grundlegenden Anforderungsniveau zum erhöhten Anforderungsniveau sind in einem nachfolgenden Abschnitt für jedes Themengebiet konkretisiert.

In den Zielformulierungen und inhaltlichen Angaben wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf den Hinweis zur Notwendigkeit von Übungen und zum Lösen von Aufgaben verzichtet. Diese bleiben selbstverständlich wesentlicher Bestandteil des Physikunterrichts.

Um den experimentellen Charakter des Physikunterrichts zu betonen, sind die im Abschnitt 2.2 angegebenen Schwerpunkte für Schülerexperimente verbindlich. Die konkreten Experimentieraufgaben zu den einzelnen Schwerpunkten sind eigenverantwortlich und unter Berücksichtigung der schulischen Rahmenbedingungen auszuwählen.

## Physik Klassenstufe 11 und 12

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erhöhtes Anforderungsniveau
<b>2.1.1 Felder und Wechselwirkungen</b>	
elektrische Felder magnetische Felder elektromagnetische Induktion	elektrische Felder magnetische Felder elektromagnetische Induktion
<b>2.1.2 Schwingungen und Wellen</b>	
mechanische Schwingungen elektromagnetische Schwingungen mechanische Wellen hertzische Wellen (elektromagnetische Wellen)	mechanische Schwingungen elektromagnetische Schwingungen mechanische Wellen hertzische Wellen (elektromagnetische Wellen)
<b>2.1.3 Optik</b>	
Strahlenmodell des Lichtes Wellenmodell des Lichtes	Strahlenmodell des Lichtes Wellenmodell des Lichtes
<b>2.1.4 Spezielle Relativitätstheorie</b>	
	kinematische Grundlagen der SRT dynamische Probleme der SRT
<b>2.1.5 Quantenphysik</b>	
Quantenphysik des Lichtes	Quantenphysik des Lichtes Quantenphysik des Elektron
<b>2.1.6 Physik der Atomhülle und des Atomkerns</b>	
Physik der Atomhülle Kernphysik	Physik der Atomhülle Kernphysik
<b>2.1.7 Thermodynamik</b>	
Grundlagen der Thermodynamik ideales Gas Hauptsätze	Grundlagen der Thermodynamik ideales Gas Hauptsätze kinetisch statistische Thermodynamik
<b>2.2 verbindliche Schülerexperimente</b>	
6 Experimente	10 Experimente Fehlerbetrachtungen

## 2.1.1 Felder und Wechselwirkungen

Der Schüler kann:

- elektrische und magnetische Felder charakterisieren und deren Spezifika benennen,
- Analogiebetrachtungen zu den Feldern durchführen,
- ausgewählte homogene und inhomogene Felder mit Hilfe der zugehörigen physikalischen Größen und Gesetze quantitativ beschreiben,
- die Bewegung geladener Teilchen:
  - parallel zu den Feldlinien im elektrischen Feld
  - senkrecht zu den Feldlinien im Magnetfeld
 beschreiben, erklären und berechnen,
- Kondensatoren und Spulen hinsichtlich ihrer Bauform und ihrer spezifischen Anwendung mit Hilfe physikalischer Größen beschreiben,
- Induktionsvorgänge und deren Anwendungen sowie die physikalische Wirkungsweise und technische Realisierung ausgewählter Geräte beschreiben und erklären,
- ausgewählte Gleichungen und Diagramme interpretieren,
- Experimente zur Bestimmung elektrischer Größen selbstständig durchführen und auswerten (siehe Punkt 2.2).

Gegenüber dem grundlegenden Anforderungsniveau ergeben sich im erhöhten Anforderungsniveau insbesondere folgende Änderungen und Ergänzungen:

- tiefer gehendes Betrachten einer physikalischen Größe am Beispiel der Verschiebungsarbeit,
- Erweitern der Anforderungen durch Betrachten und Berechnen der Bewegung von Ladungen senkrecht zu den Feldlinien im elektrischen Feld,
- theoretisches Herleiten ausgewählter Gleichungen und dadurch tiefer gehendes Verstehen der Beziehungen zwischen den physikalischen Größen,
- erweitertes experimentelles Untersuchen physikalischer Phänomene, verstärktes Nutzen empirisch gewonnener Daten und deren mathematisches Auswerten,
- umfangreicheres Modellieren physikalischer Zusammenhänge, dabei Aufzeigen der Grenzen von Modelldarstellungen,
- umfangreichere Anwendung physikalischer Gesetze bei der Beschreibung und Erklärung komplexerer technischer Anwendungen,
- selbstständiges Planen von Experimenten.

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau
<b>Elektrisches Feld</b>	
elektrische Ladung, Eigenschaften Zusammenhang zwischen Stromstärke und Ladung $\bar{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	Influenz und Polarisation physikalische Bedeutung des Anstiegs des Graphen $Q(t)$ und der Fläche unter dem Graphen $I(t)$
elektrisches Feld, Feldbegriff, Darstellung physikalische Größen zur Beschreibung des elektrischen Feldes $E = \frac{F_{el}}{Q} \quad U = \frac{W_{el}}{Q}$ Verschiebungsarbeit im elektrischen Feld $W_{el} = U \cdot Q$	Verschiebungsarbeit im Radialfeld als Fläche unter dem Graphen $F_C(r)$
coulombsches Gesetz, elektrische Feldstärke im Radialfeld	

<p>Kondensatoren, Interpretieren der Auflade- und Entladekurven, homogenes elektrisches Feld, Stoffe im elektrischen Feld</p> $E = \frac{U}{d} \quad C = \frac{Q}{U} \quad C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ <p>Energie des elektrischen Feldes</p> <p>Interpretieren der Gleichung <math>E_{el} = \frac{1}{2} Q \cdot U</math></p>	<p>Herleiten der Gleichung <math>E = \frac{U}{d}</math></p> <p>Herleiten und Interpretieren weiterer Gleichungen zur elektrischen Feldenergie</p>
<p>Hinweis auf Millikan-Versuch (Schwebemethode)</p>	<p>Millikan-Versuch (Schwebemethode)</p>
<p>Bewegung elektrisch geladener Körper im homogenen elektrischen Feld</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ohne Anfangsgeschwindigkeit</li> <li>- mit Anfangsgeschwindigkeit nur bei Gegenspannung bis zum Stillstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mit Anfangsgeschwindigkeit, <math>\vec{v}_0 \parallel \vec{E}</math></li> <li>- mit Anfangsgeschwindigkeit, <math>\vec{v}_0 \perp \vec{E}</math></li> </ul>
<p><b>Magnetfeld</b></p>	
<p>Wiederholung: Dauer- und Elektromagnete, Magnetfeld, Feldbegriff, Feldlinienbilder</p> <p>bewegte Ladung als Ursache für Magnetfelder, Oersted-Versuch</p> <p>physikalische Größen zur Beschreibung des Feldes: magnetische Feldkraft, magnetische Flussdichte</p> $B = \frac{F_L}{I \cdot \ell}$	
<p>Lorentzkraft <math>F_L = B \cdot Q \cdot v</math></p>	<p>Interpretieren der Gleichung <math>\vec{F}_L = Q \cdot \vec{v} \times \vec{B}</math></p>
<p>Flussdichte im homogenen Magnetfeld einer langen, zylinderförmigen Spule, Stoffe im Magnetfeld, Hinweis auf Ferromagnetismus</p> $B_{Sp} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I_{err} \cdot N}{\ell_{Sp}}$	
<p>Bewegung elektrisch geladener Teilchen senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen Magnetfeldes</p> <p>Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons mit Hilfe eines Fadenstrahlrohres</p>	<p>komplexe Betrachtungen zum Zusammenwirken homogener elektrischer und magnetischer Felder</p> <p>Geschwindigkeitsfilter, Massenspektrograph, Zyklotron</p> <p>Hinweis auf Bewegungen elektrisch geladener Teilchen schräg zu den Feldlinien des Magnetfeldes</p>
<p><b>Elektromagnetische Induktion</b></p>	
<p>Bedingungen für das Auftreten einer Induktionsspannung, magnetischer Fluss <math>\Phi = B \cdot A</math></p> <p>faradaysches Induktionsgesetz</p> $U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad  U_i  = B \cdot \ell \cdot v$ <p>Interpretieren des Induktionsgesetzes in differentieller Form</p> <p>Generator und Transformator als Spezialfälle des faradayschen Induktionsgesetzes</p>	<p>Berechnen physikalischer Größen mit dem faradayschen Induktionsgesetz in differentieller Form</p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen, Aufbau und Wirkungsweise eines Wechselstromgenerators, Herleiten der Gleichung für <math>U(t)</math></p>

lenzsche Regel	
Selbstinduktion und deren Wirkungen bei Ein- und Ausschaltvorgängen $U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$	Gleichung für die Selbstinduktionsspannung in differentieller Form, Anwendungen der Selbstinduktion, Hinweis auf Wirbelströme
qualitative Betrachtungen zur Energie des Magnetfeldes	Berechnen der Energie des Magnetfeldes $E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$

## 2.1.2 Schwingungen und Wellen

Der Schüler kann:

- mit Hilfe von Kenngrößen, Diagrammen und Gleichungen den zeitlichen Ablauf harmonischer Schwingungen beschreiben und die betreffenden Gleichungen interpretieren,
- für ausgewählte schwingungsfähige Systeme die Schwingungsdauer in Abhängigkeit von anderen physikalischen Größen ermitteln und die entsprechenden Gleichungen interpretieren,
- den Ablauf harmonischer Schwingungen und die Ausbreitung von Wellen mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes beschreiben, erklären und voraussagen,
- bei erzwungenen Schwingungen den Zusammenhang zwischen Erregerfrequenz und Amplitude des Resonators qualitativ beschreiben,
- die Wechselstromstärke und die Wechselspannung graphisch darstellen und zwischen Effektivwerten und Maximalwerten unterscheiden,
- das Verhalten von Spule, Kondensator und ohmschen Widerstand im Gleich- und Wechselstromkreis beschreiben, vergleichen und erklären,
- den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises beschreiben und seine Wirkungsweise erklären,
- die thomsonsche Schwingungsgleichung interpretieren,
- den physikalischen Sachverhalt der Welle unter Verwendung von Kenngrößen und Diagrammen beschreiben und Erscheinungen bei der Wellenausbreitung mit den für die Wellen charakteristischen Eigenschaften beschreiben,
- den Aufbau des hertzschen Dipols als offenen Schwingkreis beschreiben und seine Wirkungsweise erklären,
- Analogiebetrachtungen zwischen:
  - Schwingungen und Wellen
  - mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen
  - mechanischen und elektromagnetischen Wellen
als Erkenntnismethode der Physik anwenden,
- Experimente zur Bestimmung von mechanischen und elektrischen Größen selbstständig durchführen und auswerten (siehe Punkt 2.2).

Gegenüber dem grundlegenden Anforderungsniveau ergeben sich im erweiterten Anforderungsniveau insbesondere folgende Änderungen und Ergänzungen:

- tiefer gehende Betrachtungen zur Dynamik mechanischer Wellen,
- Erweiterung der Anforderungen durch Berechnungen und graphische Veranschaulichung im Zusammenhang mit den energetischen Betrachtungen,
- theoretisches Herleiten ausgewählter Gleichungen und dadurch tiefer gehendes Verständnis für Beziehungen zwischen den physikalischen Größen,
- Erweiterung der Betrachtungen zum Wechselstromkreis durch Berechnung von Reihenschaltungen unter Einbeziehung von Zeigerdiagrammen,
- erweiterte Betrachtung von mechanischen Wellen und Nutzung des huygenschen Prinzips zum Erklären und Voraussagen von Welleneigenschaften,

- Beschreiben und qualitatives Erklären des akustischen Dopplereffektes,
- umfangreichere Modellierung physikalischer Zusammenhänge, dabei Aufzeigen der Grenzen der Modelldarstellungen,
- Erweiterung der selbstständigen experimentellen Tätigkeit (siehe Punkt 2.2).

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau
<b>Mechanische Schwingungen</b>	
Schwingungsbegriff, Kenngrößen einer Schwingung	
Kinematik harmonischer Schwingungen Interpretieren der Gleichungen $y(t)$ , $v(t)$ und $a(t)$	Herleiten der Gleichungen $y(t)$ , $v(t)$ und $a(t)$
	Dynamik harmonischer Schwingungen, lineares Kraftgesetz
Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines Feder-schwingers und eines Fadenpendels von anderen physikalischen Größen $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \quad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$	Herleiten dieser Gleichungen
Energiebetrachtungen, Anwenden des Energieerhaltungssatzes	Berechnen der potentiellen und der kinetischen Energie des harmonischen Oszillators, graphische Darstellung der Zusammenhänge
	Ursachen der Dämpfung
erzwungene Schwingungen und Resonanz	Hinweis auf Phasenbeziehungen und Resonanzkurve
<b>Elektromagnetische Schwingungen</b>	
<b>Wechselstromkreis</b>	
graphisches Darstellen der Gleichungen $I(t)$ und $U(t)$ , Effektivwerte	
Bauelemente im Wechselstromkreis: ohmscher Widerstand, Kondensator und Spule; ideale Spule; Phasenverhalten, Gleichungen für den kapazitiven und den induktiven Widerstand	Gesetze der Reihenschaltung, Zeigerdiagramme, reale Spule, Scheinwiderstand, Phasenbeziehungen zwischen Stromstärke und Spannung
<b>Elektromagnetischer Schwingkreis</b>	
elektromagnetischer Schwingkreis,	
Interpretieren und Anwenden der thomsonschen Schwingungsgleichung	Herleiten der thomsonschen Schwingungsgleichung
Energieumwandlungen im Schwingkreis Hinweis auf Ursachen der Dämpfung	
Resonanz	erzwungene elektromagnetische Schwingungen im Reihenschwingkreis
Hinweis auf Anwendungen von Schwingkreisen	
<b>Mechanische Wellen</b>	
Wellenbegriff, Kenngrößen, Grundgleichung der Wellenlehre	Hinweis auf transversale und longitudinale Wellen, Schallwellen als Beispiel für Longitudinalwellen
Eigenschaften mechanischer Wellen, Darstellung der Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz	huygenssches Prinzip, Anwendung des huygensschen Prinzips bei der Darstellung des Gangunterschiedes und der Herleitung des Brechungsgesetzes
Gangunterschied, Interferenzmaxima und -minima	
Hinweis auf stehende Wellen	
	akustischer Doppler-Effekt
Hinweis auf Anwendungen mechanischer Wellen	

<b>Hertzische Wellen</b>	
hertzischer Dipol	Entstehung und Ausbreitung hertzischer Wellen
Nachweisen der Eigenschaften hertzischer Wellen Brechung, Reflexion, Beugung, Interferenz, Hinweis auf Polarisation	
Hinweis auf Anwendungen hertzischer Wellen	

### 2.1.3 Optik

Der Schüler kann:

- das Strahlenmodell des Lichtes auf die Brechung und Reflexion anwenden und mit diesem Modell optische Erscheinungen beschreiben und erklären,
- Strahlenverläufe an ausgewählten durchsichtigen Körpern und die Bildentstehung an dünnen Sammellinsen konstruieren und berechnen,
- die Notwendigkeit der Einführung des Wellenmodells am Beispiel der Dispersion begründen,
- Beugungs- und Interferenzerscheinungen am Doppelspalt beschreiben und erklären,
- die Gleichungen zur Berechnung von Beugungs- und Interferenzerscheinungen beim Berechnen von Wellenlängen und Gitterkonstanten und der spektralen Lichtzerlegung anwenden,
- die Farben des sichtbaren Bereiches und weitere Wellenlängenbereiche des Lichtes in das elektromagnetische Spektrum einordnen,
- Experimente zur Bestimmung physikalischer Größen der Optik selbstständig durchführen und auswerten (siehe Punkt 2.2).

Gegenüber dem grundlegenden Anforderungsniveau ergeben sich im erweiterten Anforderungsniveau insbesondere folgende Änderungen und Ergänzungen:

- Erweiterung der Anforderungen durch Betrachtungen zur Interferenz an optischen Gittern und an dünnen planparallelen Schichten,
- theoretisches Herleiten ausgewählter Gleichungen und dadurch tiefer gehendes Verständnis für Beziehungen zwischen den physikalischen Größen,
- umfangreichere Modellierung physikalischer Zusammenhänge, dabei Aufzeigen der Grenzen der Modelldarstellungen am Beispiel des Strahlen- und Wellenmodells des Lichtes.

<b>Grundlegendes Anforderungsniveau</b>	<b>Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau</b>
<b>Strahlenmodell des Lichtes</b>	
Reflexions- und Brechungsgesetz Lichtdurchgang durch Prismen, planparallele Platten, Lichtleiter	
Abbildungen an dünnen Sammellinsen $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad A = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$	Herleiten der Gleichungen
Hinweis auf Abbildungsvorgänge an optischen Geräten	
<b>Wellenmodell des Lichtes</b>	
Dispersion, spektrale Lichtzerlegung am Prisma, Hinweis auf Regenbogen	
Beugung und Interferenz am Doppelspalt	



Gleichungen zur Berechnung von Beugungs- und Interferenzerscheinungen: $\Delta x = k \cdot \lambda$ $\Delta x = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ $\sin \alpha = \frac{\Delta x}{b}$ $\tan \alpha = \frac{s_k}{e}$ beim Berechnen von Wellenlängen und Spaltabständen, spektrale Lichtzerlegung	Herleiten der Gleichungen $\sin \alpha = \frac{\Delta x}{b}$ und $\tan \alpha = \frac{s_k}{e}$
Hinweis auf Beugung und Interferenz an optischen Gittern	Beugung und Interferenz an optischen Gittern Berechnen von Wellenlängen und Gitterkonstanten, spektrale Lichtzerlegung
	Interferenz an dünnen planparallelen Schichten bei senkrechtem Lichteinfall
Hinweis auf Polarisierung	
Überblick über das elektromagnetische Spektrum	

## 2.1.4 Spezielle Relativitätstheorie

Die spezielle Relativitätstheorie wird nur im erweiterten Anforderungsniveau als eigenständiges Gebiet behandelt. Die relativistische Masse-Energie-Beziehung als Voraussetzung aus der speziellen Relativitätstheorie, die im grundlegenden Anforderungsniveau im Stoffgebiet Kernphysik notwendig ist, wird unmittelbar dort bereitgestellt.

Der Schüler kann im erhöhten Anforderungsniveau:

- die einsteinschen Postulate sowie die Zeitdilatation und die Längenkontraktion als grundlegende Effekte der speziellen Relativitätstheorie inhaltlich beschreiben,
- die Denkweisen der klassischen und relativistischen Physik vergleichen,
- die Gleichungen für die relativistische Massenänderung, den relativistischen Impuls, die relativistische Masse-Energie-Beziehung und den Energieerhaltungssatz unter relativistischen Bedingungen interpretieren und anwenden.

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau
<b>Kinematische Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie</b>	
	Hinweis auf das klassische Relativitätsprinzip und das Michelson-Experiment  einsteinsche Postulate  grundlegende Effekte der speziellen Relativitätstheorie: Zeitdilatation, Längenkontraktion  Hinweis auf die relativistische Geschwindigkeitsaddition und auf Experimente zur Bestätigung der grundlegenden Effekte der speziellen Relativitätstheorie
<b>Dynamik der speziellen Relativitätstheorie</b>	
	relativistische Massenänderung, Ruhemasse, dynamische Masse  $m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ relativistischer Impuls $p(v) = m(v) \cdot v$  relativistische Masse - Energie - Beziehung $E = m \cdot c^2$

	Energieerhaltungssatz $E = m_0 \cdot c^2 + E_{kin}$  Hinweis auf Experimente und Phänomene zur Bestätigung der relativistischen Massenänderung und der relativistischen Masse-Energie-Beziehung
--	---

## 2.1.5 Quantenphysik

Mit der Quantenphysik des Lichts und der nur im erweiterten Anforderungsniveau zu behandelnden Quantenphysik des Elektrons gewinnen die Schüler Einblicke in Grundlagen von Theorien, die das heutige physikalische Weltbild bestimmen.

Der Schüler kann:

- den äußeren lichtelektrischen Effekt beschreiben und ihn stark vereinfacht aus der Sicht der klassischen Wellentheorie und der Quantentheorie deuten,
- Widersprüche zwischen den Beobachtungen beim äußeren lichtelektrischen Effekt und den Grundlagen des Wellenmodells nennen,
- die Einsteingleichung und ihre graphische Darstellung interpretieren und mit ihrer Hilfe das plancksche Wirkungsquantum als universelle Naturkonstante sowie Energiebeträge und Ablösearbeiten bestimmen.

Gegenüber dem grundlegenden Anforderungsniveau ergeben sich im erweiterten Anforderungsniveau insbesondere folgende Änderungen und Ergänzungen:

- tiefer gehendes Verständnis der Quantenvorstellungen durch Betrachtungen zur Masse und zum Impuls von Photonen,
- Erweiterung der Anforderungen durch Betrachtungen zum Comptoneffekt, einschließlich der notwendigen Berechnungen,
- Diskussion des Welle-Teilchen-Dualismus des Lichtes,

umfangreichere Modellierungen durch die Einbeziehung der Materiewellen und Berechnungen zu de-Broglie-Wellenlängen.

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau
<b>Quantenphysik des Lichtes</b>	
äußerer lichtelektrischer Effekt und dessen Deutung, Begriffe Lichtquant und plancksches Wirkungsquantum  Interpretation der Einsteingleichung $E_{kin} = h \cdot f - W_A$ und ihrer graphischen Darstellung  Bestimmen der Ablösearbeit und des planckschen Wirkungsquantums  Hinweis auf Wellen- und Teilcheneigenschaften des Lichtes	Masse und Impuls von Photonen  Compton-Effekt als Quantenstoß, Anwenden des Energie- und Impulserhaltungssatzes als Ansatz zur Herleitung der Gleichung $\Delta\lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos\varphi)$ , Interpretieren dieser Gleichung  Wellen- und Teilcheneigenschaften des Lichtes

	Hinweis auf die stochastische Deutung der Interferenzerscheinungen beim Taylor-Experiment und auf Wahrscheinlichkeitsdichten  Hinweis auf die heisenbergsche Unschärfere-lation
<b>Quantenphysik des Elektrons</b>	
	Materiewellen, de-Broglie-Gleichung für Materiewellen, Beugung von Elektronenstrahlen

### 2.1.6 Physik der Atomhülle und des Atomkerns

Der Schüler kann:

- Spektraluntersuchungen als historischen Ausgangspunkt für die Betrachtungen zur Quantisierung im Atom beschreiben,
- das bohrsche Atommodell beschreiben,
- das Energieniveauschema des Wasserstoffs interpretieren sowie Wellenlängen und Frequenzen für das emittierte und das absorbierte Licht berechnen,
- die Entstehung des Wasserstoffspektrums deuten.

Die nachstehenden Ziele für das Themengebiet Atomkern setzen entsprechende Vorleistungen aus dem Physikunterricht der 10. Klasse voraus.

Der Schüler kann:

- den Aufbau und den Zerfall von Atomkernen sowie die Gewinnung von Kernenergie mithilfe der Kernkräfte und Kernbindungsenergien erklären und einfache Berechnungen zu den Energiebeträgen durchführen,
- die relativistische Masse-Energie-Beziehung zur Berechnung der Kernbindungsenergien anwenden,
- das Zerfallsgesetz anwenden und Halbwertszeiten berechnen.

Er kennt und beurteilt Gefahren des Missbrauchs und der unkritischen Nutzung der Kernenergie. Er entwickelt dabei seine Bereitschaft, sich mit gesellschaftlichen Problemen auf der Basis physikalischer Erkenntnisse auseinander zu setzen.

Gegenüber dem grundlegenden Anforderungsniveau ergeben sich im erweiterten Anforderungsniveau insbesondere folgende Änderungen und Ergänzungen:

- erweiterte experimentelle Untersuchungen zur Quantisierung im Atom durch Einbeziehung des Franck-Hertz-Versuchs, einschließlich einer tiefer gehenden Modellierung durch die Deutung der Ergebnisse dieses Versuchs,
- Erweiterung der Anforderungen durch Berechnungen zum bohrschen Atommodell und zu den Energieniveaus des Wasserstoffatoms,
- Beschreibung und Erklärung eines Laser-Typs,
- theoretisches Herleiten des Zerfallsgesetzes und der Gleichung für die Halbwertszeit,
- umfangreichere Modellierung physikalischer Zusammenhänge durch Einbeziehung des Potentialtopfmodells,
- Erweiterung der Anforderung durch Interpretieren der Kernbindungsenergiekurve,
- Erweiterung der Anforderungen durch die Behandlung der Kernspaltung, der Kettenreaktion und eines Reaktortyps.

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau
<b>Physik der Atomhülle</b>	
Hinweis auf die rutherford'schen Streuversuche und das rutherford'sche Atommodell	
Linienpektrum des Wasserstoffatoms	
bohr'sches Atommodell und bohr'sche Postulate $\Delta E = h \cdot f$	Quantenbedingung $m \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{2\pi}$
Energieniveauschemas des Wasserstoffatoms Berechnen der Wellenlängen von emittiertem und absorbiertem Licht	Berechnung des Energieniveauschemas des Wasserstoffatoms, Hauptquantenzahlen
	Franck-Hertz-Versuch
Hinweis auf die Entstehung und die Eigenschaften von Röntgenstrahlen, Anwendungen	Hinweis auf die Unterscheidung von Röntgenbremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung
Hinweis auf Laser	Aufbau und Wirkungsweise eines Laser-Typs
Hinweis auf weitere Atommodelle	
<b>Kernphysik</b>	
Wiederholung der Grundlagen zur radioaktiven Strahlung und zum Strahlenschutz aus Klasse 10 Kernaufbau, Isotope, Arten und Eigenschaften radioaktiver Strahlung, Nachweismethoden	
Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ Halbwertszeit, Aktivität	Herleiten des Zerfallsgesetzes, Herleiten der Gleichung $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
	Hinweis auf die C-14 Methode
Kernkräfte Massendefekt, Kernbindungsenergien $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$	Potentialtopfmodell Interpretieren der graphischen Darstellung des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie je Nukleon und Massenzahl Kernspaltung, ungesteuerte und gesteuerte Kettenreaktion Beschreiben des Aufbaus und Erklären der Wirkungsweise eines Reaktortyps Hinweis auf Sicherheits- und Umweltaspekte, Kernfusion, weitere kernphysikalische Anwendungen
Diskussion über die Verantwortung der Wissenschaftler	

### 2.1.7 Thermodynamik

Der Schüler kann:

- den Zustand thermodynamischer Systeme aus phänomenologischer Sicht beschreiben und vereinfacht mit Hilfe der Teilchenvorstellungen aus der Sekundarstufe I deuten,
- die Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen p, V und T erkennen, interpretieren sowie die allgemeine Zustandsgleichung für das ideale Gas und ihre Spezialfälle bei der Berechnung von Zustandsänderungen anwenden,
- Zustandsdiagramme zeichnen und interpretieren,
- den ersten Hauptsatz der Thermodynamik auf isotherme, isobare und isochore Zustandsänderungen selbstständig anwenden,
- Darstellungen zur Volumenarbeit in p-V-Diagrammen interpretieren und den vereinfachten Aufbau und die prinzipiellen Funktionsweisen sowie Energieflussdia-

gramme von Wärmekraftmaschinen und Wärmepumpen miteinander vergleichen,

- Möglichkeiten und Grenzen der praktischen Umsetzung theoretischer Erkenntnisse in der Technik diskutieren,
- aktuelle Vorschläge für den Klimaschutz aus der Sicht der Thermodynamik werten,
- Experimente zur Bestimmung thermodynamischer Größen selbstständig durchführen und auswerten (siehe Punkt 2.2).

Gegenüber dem grundlegenden Anforderungsniveau ergeben sich im erweiterten Anforderungsniveau insbesondere folgende Änderungen und Ergänzungen:

- tiefer gehende Betrachtungen zu den Zustandsgrößen bei der Nutzung der universellen Gleichung für das ideale Gas und zur Bedeutung der spezifischen Wärmekapazitäten,
- Erweiterung der Anforderungen durch Betrachtungen und Berechnungen zur Volumenarbeit bei isothermen Zustandsänderungen,
- erweiterte Betrachtungen zum ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik bei der Behandlung eines Kreisprozesses,
- Erweiterung durch kinetisch-statistische Betrachtungen,
- umfangreichere Modellierung physikalischer Zusammenhänge, dabei Aufzeigen der Grenzen der Modelldarstellungen.

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erweiterung auf erhöhtes Anforderungsniveau
<b>Grundlagen der Thermodynamik</b>	
Begriffe thermodynamisches System, Temperatur, Temperaturskalen, Wärme und innere Energie Grundgleichung der Wärmelehre $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	
<b>Zustandsänderungen des idealen Gases</b>	
Modell des idealen Gases allgemeine Zustandsgleichung des idealen Gases $\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$ Anwenden der allgemeinen Zustandsgleichung auf isotherme, isochore und isobare Zustandsänderungen graphisches Darstellen der Zustandsänderungen	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , $p \cdot V = m \cdot R_S \cdot T$ , $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$
<b>Hauptsätze der Thermodynamik</b>	
1. Hauptsatz $\Delta U = Q + W$ Anwenden des 1. Hauptsatzes auf spezielle Zustandsänderungen des idealen Gases isotherme Zustandsänderung: $\Delta U = 0$ , $W = -Q$ isochore Zustandsänderung: $W = 0$ , $\Delta U = Q_V$ isobare Zustandsänderung: $\Delta U = W + Q_P$ Hinweis auf die Bedeutung der spezifischen Wärmekapazitäten bei konstantem Volumen und bei konstantem Druck Hinweis auf adiabatische Zustandsänderungen graphisches Darstellen der Volumenarbeit als Fläche im p-V-Diagramm Volumenarbeit bei konstantem Druck $W = -p \cdot \Delta V$	Bedeutung der spezifischen Wärmekapazitäten bei konstantem Volumen und bei konstantem Druck  Berechnen der Volumenarbeit bei konstanter Temperatur

Hinweis auf den 2. Hauptsatz im Zusammenhang mit Wärmekraftmaschinen und Wärmepumpen, Vergleich der Energieflussdiagramme Hinweis auf den thermischen Wirkungsgrad	thermischer Wirkungsgrad $\eta_{th} = -\frac{W_{ges}}{Q_{zu}} = \frac{Q_{zu} + Q_{ab}}{Q_{zu}}$
	Stirlingprozess, p-V-Diagramm, thermischer Wirkungsgrad des idealen Stirlingprozesses  Hinweis auf reale Kreisprozesse, z. B. Ottomotor und Kompressionskühlschrank
<b>Kinetisch-statistische Thermodynamik</b>	
	Avogadrokonstante, Stoffmenge  Diffusion und ihre kinetisch-statistische Deutung  kinetisch-statistische Deutung des Druckes, der Temperatur und der Wärmeausbreitung  maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung und ihre graphische Darstellung, wahrscheinlichste Geschwindigkeit, mittlere Geschwindigkeit und mittleres Geschwindigkeitsquadrat  Interpretation der Grundgleichung der kinetischen Gastheorie  Zusammenhang zwischen mittlerer quadratischer Geschwindigkeit und absoluter Temperatur des idealen Gases

## 2.2 Verbindliche Schülerexperimente

Die nachfolgend genannten experimentellen Schwerpunkte sind verbindlich. Die von der Lehrkraft ausgewählten Experimente können wahlweise im laufenden Unterricht oder in Form eines Praktikums durchgeführt werden.

Grundlegendes Anforderungsniveau	Erhöhtes Anforderungsniveau
Laden und/ oder Entladen eines Kondensators z. B.: <i>Aufnehmen der Lade- oder Entladekurve</i>	Laden und/ oder Entladen eines Kondensators z. B.: <i>Aufnehmen der Lade- oder Entladekurve</i>
Federschwinger oder Fadenpendel z. B.: <i>Bestimmen der Federkonstante, Bestimmen der Fallbeschleunigung</i>	Federschwinger z. B.: <i>Bestimmen der Federkonstante</i> Fadenpendel z. B.: <i>Bestimmen der Fallbeschleunigung</i>
annähernd ideale Spule oder Kondensator im Wechselstromkreis z. B.: <i>Bestimmen des induktiven oder kapazitiven Widerstandes, Bestimmen der Induktivität oder der Kapazität</i>	Spule im Wechselstromkreis z. B.: <i>Bestimmen des induktiven Widerstandes, Bestimmen der Induktivität</i> Kondensator im Wechselstromkreis z. B.: <i>Bestimmen des kapazitiven Widerstandes, Bestimmen der Kapazität</i>
	Resonanz bei Schwingkreisen z. B.: <i>Aufnehmen der Resonanzkurve, Bestimmen einer Induktivität oder Kapazität</i>
Brechung des Lichtes z. B.: <i>Bestimmen der Brechzahl, Grenzwinkel der Totalreflexion</i>	Brechung des Lichtes z. B.: <i>Bestimmen der Brechzahl, Grenzwinkel der Totalreflexion</i>
Abbildung an Sammellinsen z. B.: <i>Bestimmen der Brennweite, Bestätigung der Abbildungsgleichung</i>	Abbildung an Sammellinsen z. B.: <i>Bestimmen der Brennweite, Bestätigung der Abbildungsgleichung</i>
	Beugung und Interferenz am optischen Gitter z. B.: <i>Bestimmen einer Wellenlänge, Bestimmen von Gitterkonstanten</i>
Bestimmen des Wirkungsgrades einer Heizplatte	Bestimmen des Wirkungsgrades einer Heizplatte

### **3 Leistungsbewertung**

Grundlegend für die Leistungsbewertung im Fach Physik sind die im „Allgemeinen Einführungsteil für alle Fächer“ formulierten Aussagen zum erweiterten Leistungsbegriff, den Bewertungskriterien und insbesondere zu den unterschiedlichen Anforderungsbereichen. Darüber hinaus bleiben die auf den Seiten 11 und 12 des Lehrplans für das Gymnasium Physik von 1999 formulierten Grundsätze und Kriterien der Kontrolle und Bewertung gültig und gelten gleichermaßen für den Unterricht auf grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau.

Aus Sicht der umfassenden Beurteilung und Bewertung der Schülerleistungen, insbesondere der zu entwickelnden Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz müssen aber ebenso Varianten der Bewertung offener Unterrichtssituationen (z. B. beim kooperativen Lernen) und die explizite Bewertung der Prozesse und Ergebnisse experimenteller Schülerleistungen stärkere Berücksichtigung finden. Die Bewertung experimenteller Schülerleistungen auch im Rahmen von schriftlichen Kontrollen, Klassenarbeiten und Kursarbeiten bis hin zur schriftlichen und mündlichen Prüfung stellt dabei ein wesentliches Element im naturwissenschaftlichen Unterricht dar.