

**Thüringer Ministerium
für
Bildung, Jugend und Sport**

**Thüringer Lehrplan
für den Erwerb
der allgemeinen Hochschulreife**

Physik

2024

**Inkraftsetzung des Lehrplans im Schuljahr 2025/26
für die Klassenstufe 11**

**Herausgeber:
Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport
Werner-Seelenbinder-Straße 7
99096 Erfurt**

Inhaltsverzeichnis

	Weiterentwicklung des Lehrplans für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe im Fach Physik.....	5
1	Zur Kompetenzentwicklung im Physikunterricht für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife.....	6
1.1	Lernkompetenzen.....	8
1.2	Naturwissenschaftliche und fachspezifische Kompetenzen.....	9
4	Ziele des Kompetenzerwerbs in der Qualifikationsphase der Thüringer Oberstufe.....	11
4.1	Inhaltsbereich: Elektrische und magnetische Felder.....	15
4.2	Inhaltsbereich: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen.....	19
4.3	Inhaltsbereich: Spezielle Relativitätstheorie.....	23
4.4	Inhaltsbereich: Quantenphysik und Materie.....	24
4.5	Inhaltsbereich: Thermodynamik.....	27
4.6	Verbindliche Schwerpunkte für Schülerexperimente.....	29

Weiterentwicklung des Lehrplans für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe im Fach Physik

Für das Fach Physik wurden durch die Kultusministerkonferenz (KMK) 2020 neue Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife¹ in Kraft gesetzt. Diese lösen die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in den Abiturprüfungen (EPA) vollständig ab. Zum Verständnis und zur Implementation der Bildungsstandards in den Unterricht wurden illustrierende Lernaufgaben für die Sekundarstufe II im Fach Physik² entwickelt. Darüber hinaus stellt das Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) auf seinen Internetseiten Beispielaufgaben für Abiturprüfungen im Fach Physik als Orientierung zur Verfügung³.

Daraus resultiert für den Thüringer Lehrplan Physik Anpassungsbedarf in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe. In der Fortschreibung des Lehrplans wurden neben dem beschriebenen Kompetenzmodell sowie weiteren Vorgaben auch Hinweise zu den Abiturprüfungen und veränderten Rahmenbedingungen berücksichtigt. Eine weitere Grundlage der Überarbeitung ist das von der KMK beschlossene Dokument „Eckpunkte für die curricularen Vorgaben der gymnasialen Oberstufe in den Fächern Biologie, Chemie, Physik“⁴.

Für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe werden das Kapitel 1 und das Kapitel 4 des Thüringer Lehrplans für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife im Fach Physik von 2012 durch das Kapitel 1 und Kapitel 4 in diesem Dokument vollständig ersetzt. Die in diesem Dokument nicht benannten Abschnitte des Thüringer Lehrplans im Fach Physik von 2012 haben weiterhin Bestand.

Der in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife verwendete Begriff Inhaltsbereich ersetzt den bisherigen Begriff Themenbereich innerhalb der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe.

1 https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf

2 https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/physik/

3 <https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/sammlung/naturwissenschaften/physik/>

4 https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-Curriculare-Vorgaben-AHR-Bio-Ch-Ph.pdf

1 Zur Kompetenzentwicklung im Physikunterricht für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife

Der Unterricht im Fach Physik ermöglicht dem Schüler⁵ den Erwerb überfachlicher sowie naturwissenschaftlicher und fachspezifischer Kompetenzen. Diese Kompetenzen haben gleichermaßen Zielstatus. Sie bedingen einander, durchdringen und ergänzen sich gegenseitig und werden in der Auseinandersetzung mit physikalischen und fächerübergreifenden Inhalten des Unterrichts erworben.

Das Fach Physik verbindet bei der Kompetenzentwicklung naturwissenschaftliche Herangehensweisen mit vielfältigen Aspekten der belebten und unbelebten Umwelt. Dabei werden verschiedene Bezüge zu gesellschaftlichen, mathematischen, historischen und ethischen Sachverhalten hergestellt. Das Fach vertieft dadurch das Interesse an der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Frage- bzw. Problemstellungen und fördert eine positive Einstellung zu Naturwissenschaften und Technik.

Die naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) gehört in unserer durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt unverzichtbar zu einer zeitgemäßen Allgemeinbildung. Sie bietet im Sinne eines lebenslangen Lernens eine wichtige Grundlage für die Auseinandersetzung mit der sich ständig verändernden Welt und ist Voraussetzung für die Aneignung neuer Erkenntnisse sowie sachgerechter Entscheidungen in vielen persönlichen und alltäglichen Situationen. Der Physikunterricht, der auf den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife ausgerichtet ist, bietet dem Schüler eine vertiefte Allgemeinbildung und eine wissenschaftspropädeutische Bildung, die für eine qualifizierte berufliche Ausbildung oder ein Hochschulstudium vorausgesetzt werden.

Bei der Bearbeitung physikalischer Problemstellungen sind mathematische Kompetenzen unverzichtbar, um physikalische Vorgänge und Begriffe mit Hilfe von Formeln, grafischen Darstellungen, Tabellen und Symbolen beschreiben und diese unter Nutzung physikalischer Gesetze sowie Gesetzmäßigkeiten erklären zu können. Durch Abstrahieren und Quantifizieren wird das Verständnis für physikalische Probleme unterstützt und die Vergleichbarkeit z. B. von Strukturen, Prozessen und Eigenschaften ermöglicht. Mit Hilfe der Mathematik können Analogien und Zusammenhänge aufgezeigt werden, wodurch sich Wissen ordnen und systematisieren lässt.

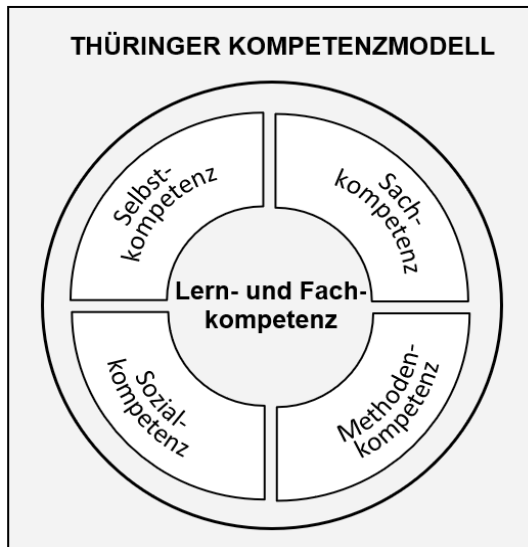
Mathematische Werkzeuge und Hilfsmittel, z. B. Formelsammlungen, Taschenrechner, modulare Mathematiksysteme (MMS)⁶ wie z. B. Computeralgebrasysteme (CAS), nehmen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine wichtige Rolle ein. Die Nutzung dieser Werkzeuge beeinflusst und unterstützt den Erwerb der allgemeinen Kompetenzen. Der Einsatz von modularen Mathematiksystemen ist in Abstimmung mit dem Fach Mathematik zu realisieren.

Für die heutige Wissensgesellschaft ist es notwendig, in allen Fächern einen souveränen Umgang mit Medien bei dem Schüler auszubilden, der eine aktive und selbstbestimmte Teilhabe in einer digitalen Welt ermöglicht. Digitale Werkzeuge und elektronische Medien sind auch im Physikunterricht zur Gewinnung physikalischer Erkenntnisse, zum Lösen von Problemen, zur Modellbildung, zur Informationsbeschaffung und zur Ergebnispräsentation unverzichtbar, z. B. für Simulationen, Messwerterfassung und Datenverarbeitung. Darüber hinaus bieten sich erweiterte Möglichkeiten des individuellen und kooperativen Lernens in virtuellen Arbeits- und Lernplattformen an. Im Zusammenhang mit der fortschreitenden Digitalisierung und den stetig wachsenden Informationsbeständen wird es immer bedeutsamer, funktionale Kriterien und Strategien für eine sachlich begründete Auswahl verwendeter Informationen und Daten mit den Schülern zu entwickeln.

⁵ Personenbezeichnungen gelten für alle Geschlechter.

⁶ https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/abitur/dokumente/naturwissenschaften/N_Hinweise_zur_V.pdf

Dem Lehrplan liegt das Thüringer Kompetenzmodell⁷ zugrunde: Das Thüringer Kompetenzmodell ist Grundlage für einen kompetenz- und standardorientierten Lehrplan, der konsequent den Blick darauf richtet, was Schüler zu einem bestimmten Zeitpunkt können sollen.



Kompetenzen bezeichnen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften, damit die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll genutzt werden können.“⁸

Sie sind Grundlage für die Befähigung, sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten.⁹

Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz bedingen einander, durchdringen bzw. ergänzen sich gegenseitig und stehen in keinem hierarchischen Verhältnis zueinander.

Sachkompetenz umfasst die Fähigkeit, Aufgaben bzw. Probleme mithilfe fachlicher Kenntnisse und Fertigkeiten zielorientiert, sachgerecht und selbstständig zu lösen sowie Ergebnisse zu beurteilen. Zu den fachlichen Kenntnissen gehören Prinzipien, Konzepte, Theorien und Verfahren.

Methodenkompetenz umfasst die Fähigkeit, adäquate Lösungsstrategien zu entwickeln, Denk- und Arbeitsweisen, Techniken und Verfahren sachbezogen und situationsgerecht auszuwählen sowie anzuwenden.

Selbstkompetenz umfasst die Fähigkeit, sich selbst einzuschätzen, persönliche Einstellungen zu überprüfen, Verantwortung zu übernehmen, mit Erfolgen, Misserfolgen und Konflikten umzugehen, ausdauernd, konzentriert und zielstrebig zu arbeiten sowie Verantwortung zu zeigen.

Sozialkompetenz umfasst die Fähigkeit, soziale Beziehungen zu gestalten, situations- und adressatenadäquat zu kooperieren und zu handeln.

Lernkompetenz wird insbesondere durch überfachliche Methodenkompetenz sowie Selbst- und Sozialkompetenz bestimmt und ist Voraussetzung für die Bewältigung unterschiedlicher Herausforderungen bzw. für langfristig erfolgreiches individuelles und kooperatives Lernen.

Fachkompetenz wird vorrangig durch die fachlich geprägte Sach- und Methodenkompetenz bestimmt und trägt zur naturwissenschaftlichen bzw. fachspezifischen Allgemeinbildung bei.

Der Lehrplan ist verbindliche Grundlage für die schulinterne Lehr- und Lernplanung. Die didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichts, die Wahl der Unterrichtsformen sowie die Anordnung von Lerninhalten obliegen dem Lehrer. Zu beachten ist grundsätzlich, dass der Unterricht Möglichkeiten bietet, Schüler mit Lernschwierigkeiten und Schüler mit besonderen Begabungen gleichermaßen zu fördern. Fachübergreifende Themen wie auch die Bereitstellung von Lernvoraussetzungen erfordern eine gezielte Abstimmung zwischen beteiligten Fächern.

⁷ Leitgedanken zu den Thüringer Lehrplänen für den Erwerb der Allgemein bildenden Schulabschlüsse. Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur 2011

⁸ Leistungsmessungen in Schulen. Erstellt im Auftrag der Ständigen Konferenz der KMK. F. E. Weinert (Hrsg.). Beltz, Weinheim und Basel 2001

⁹ Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der KMK. Sekretariat der KMK 2007

1.1 Lernkompetenzen

Alle Unterrichtsfächer zielen gleichermaßen auf die Entwicklung von Lernkompetenz, die eine zentrale Bedeutung für den Umgang mit komplexen Anforderungen in Schule, Ausbildung und Beruf hat. Lernkompetenz ist Voraussetzung für individuelles und kooperatives Lernen. In ihrer grundsätzlichen Funktion ist Lernkompetenz fachunabhängig und stellt ein gemeinsames (überfachliches) Anliegen aller Unterrichtsfächer dar. Im Unterrichtsfach Physik erfolgt die Entwicklung der Lernkompetenz an fachlichen Kontexten. Lernkompetenz ist eine wichtige Grundlage für den Erwerb fachlicher Kompetenzen.

Überfachliche Methodenkompetenz – effizient lernen

Der Schüler kann

- Aufgaben und Probleme analysieren und Lösungsstrategien entwickeln,
- geeignete Methoden für die Lösung von Aufgaben und Problemen auswählen und anwenden sowie Arbeitsphasen zielgerichtet planen und umsetzen,
- selbstständig und situationsbezogen Lernstrategien und Techniken auswählen und anwenden,
- unter Nutzung der Methoden des forschenden Lernens Erkenntnisse über Zusammenhänge, Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten gewinnen und anwenden,
- zu einem Sachverhalt relevante Informationen aus verschiedenen Quellen (Print- und elektronische Medien) beschaffen, sachgerecht und kritisch auswählen,
- Informationen aus verschiedenen Darstellungsformen (z. B. Texte, Symbole, Diagramme, Tabellen, Schemata) erfassen, diese verarbeiten und interpretieren,
- Informationen geeignet darstellen und in andere Darstellungsformen übertragen,
- Definitionen, Regeln und Gesetzmäßigkeiten formulieren und verwenden,
- sein Wissen systematisch strukturieren sowie Querbezüge zwischen Wissenschaftsdisziplinen herstellen,
- Arbeitsergebnisse unter angemessener Nutzung zeitgemäßer Technik verständlich und anschaulich präsentieren,
- Medien sachgerecht nutzen und
- Vorgehensweisen, Lösungsstrategien und Ergebnisse reflektieren.

Selbstkompetenz – selbstregulierend lernen

Der Schüler kann

- sich selbst Arbeits-, Lern- und Verhaltensziele setzen,
- zielstrebig, zuverlässig, planmäßig, ausdauernd und eigenständig lernen,
- Eigenverantwortung für sein Vorgehen übernehmen,
- eigene Lösungen auch unter Nutzung geeigneter Hilfsmittel auf ihre Richtigkeit überprüfen,
- sorgfältig und genau arbeiten,
- Hinweise aufgreifen und umsetzen,
- den eigenen Lernfortschritt reflektieren und einschätzen und
- mit Erfolgen und Misserfolgen angemessen umgehen.

Sozialkompetenz – mit anderen lernen

Der Schüler kann

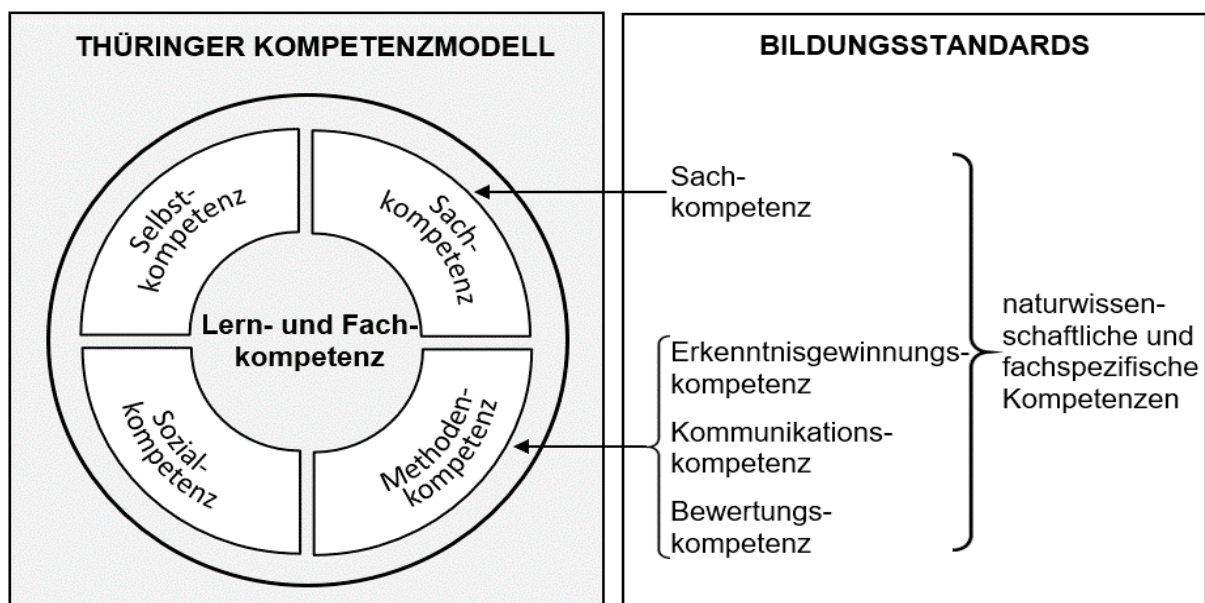
- in kooperativen Lernformen arbeiten,
- Verantwortung für den gemeinsamen Arbeitsprozess übernehmen,
- situations- und adressatengerecht kommunizieren,
- andere Schüler motivieren sowie deren Lernfortschritt reflektieren und einschätzen,
- diszipliniert arbeiten und sich an vereinbarte Regeln halten,
- sich sachlich mit der Meinung anderer auseinandersetzen,
- respektvoll mit anderen Personen umgehen,
- eigene Standpunkte entwickeln und sachlich vertreten,

- mit Konflikten angemessen umgehen,
- Hilfe geben und Hilfe annehmen und
- Ergebnisse und Wege gemeinsamen Arbeitens und die Leistung des Einzelnen in der Gruppe einschätzen.

1.2 Naturwissenschaftliche und fachspezifische Kompetenzen

Im Unterrichtsfach Physik erfolgt die Kompetenzentwicklung an fachlichen Kontexten. Die naturwissenschaftlichen und fachspezifischen Kompetenzen orientieren sich an den Bildungsstandards für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife Physik 2020. Sie werden in den Bildungsstandards als Fachkompetenz abgebildet. Die Bildungsstandards legen die Fachkompetenz fest, über die Schüler mit Abschluss der Allgemeinen Hochschulreife verfügen sollen. Die Standards konzentrieren sich auf überprüfbare, fachbezogene Kompetenzen. Sie tragen dazu bei, die Durchlässigkeit von Bildungswegen und die Vergleichbarkeit von Abschlüssen sicherzustellen. Die Kompetenzen beziehen sich auf Regelstandards (das im Durchschnitt zu erwartende Leistungsniveau) der Schüler.

Die in den Bildungsstandards ausgewiesenen naturwissenschaftlichen und fachspezifischen Kompetenzen bilden sich vorrangig als Sach- und Methodenkompetenz ab. Die Kommunikations- und Bewertungskompetenz ergänzt insbesondere die im Grunde fachübergreifende Selbst- und Sozialkompetenz (vgl. Inhaltsbereiche 4.1 bis 4.6). Die Bildungsstandards prägen somit die im Physikunterricht zu entwickelnde Lern- und Fachkompetenz. Im Thüringer Lehrplan Physik wird die Fachkompetenz der Bildungsstandards dem Thüringer Kompetenzmodell demnach wie folgt zugeordnet:



Das den Bildungsstandards zugrunde liegende Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz unterscheidet vier sich gegenseitig durchdringende Kompetenzbereiche¹⁰:

Die **Sachkompetenz** umfasst die Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und die Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu verarbeiten.

¹⁰ https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf

Der Beschreibung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich als Basiskonzepte darstellen lassen. Basiskonzepte sind Grundlage für das Verständnis naturwissenschaftlicher Prinzipien und dienen dem Erkennen von Regelmäßigkeiten. Sie helfen, Fachwissen zu strukturieren, sich in der Fülle der Phänomene zu orientieren und neue Inhalte zu erkennen bzw. zu verstehen.

Durch die Vernetzung und Strukturierung der fachlichen Inhalte sowie deren multiperspektivische Betrachtung wird systematisches und kumulatives Lernen gefördert. Im Fach Physik wurden in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife Physik die Basiskonzepte „Erhaltung und Gleichgewicht“, „Superposition und Komponenten“, „Mathematisieren und Vorhersagen“ sowie „Zufall und Determiniertheit“ formuliert.

Die **Erkenntnisgewinnungskompetenz** umfasst die Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und die Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Die **Kommunikationskompetenz** umfasst die Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und die Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen.

Integraler Bestandteil sind Kompetenzen des fachlichen Umgangs mit digitalen Medien und Werkzeugen^{11,12}.

Die **Bewertungskompetenz** umfasst die Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und die Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

11 Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz 2016

12 Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur: Kursplan Medienkunde, 2010

4 Ziele des Kompetenzerwerbs in der Qualifikationsphase der Thüringer Oberstufe

„Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe ist fachbezogen, fachübergreifend und fächerverbindend angelegt. Er führt exemplarisch in wissenschaftliche Fragestellungen, Kategorien und Methoden ein und vermittelt eine Erziehung, die zur Persönlichkeitsentwicklung und -stärkung, zur Gestaltung des eigenen Lebens in sozialer Verantwortung sowie zur Mitwirkung in der demokratischen Gesellschaft befähigt.

Im Unterricht in der gymnasialen Oberstufe geht es darüber hinaus um die Beherrschung eines fachlichen Grundlagenwissens als Voraussetzung für das Erschließen von Zusammenhängen zwischen Wissensbereichen, von Arbeitsweisen zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien, um Lernstrategien, die Selbständigkeit und Eigenverantwortlichkeit sowie Team- und Kommunikationsfähigkeit unterstützen.“¹³

Aufbauend auf den in der Sekundarstufe I bzw. in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen, leistet der Unterricht in der Qualifikationsphase einen besonderen Beitrag für das Erreichen einer allgemeinen Hochschulreife und sichert die Voraussetzungen zur Aufnahme eines Studiums bzw. einer Berufsausbildung.

In der Qualifikationsphase erwirbt der Schüler einen vorwiegend qualitativen Kompetenzzuwachs, der sich äußert in

- erweitertem Allgemein- und Fachwissen,
- verstärktem fachübergreifenden Arbeiten und Lernen,
- der Stärkung der sozialen Verantwortung sowie der aktiven Mitwirkung in einer demokratischen Gesellschaft,
- eigenverantwortlichem und selbstständig gestaltetem Lernen,
- der gezielten Anwendung unterschiedlicher Problemlösungsstrategien beim Bearbeiten komplexerer Aufgabenstellungen,
- der sachgerechten Auswahl von Informationen aus unterschiedlichen Quellen,
- einem ausgeprägt souveränen Umgang mit digitalen Medien und Werkzeugen sowie einer aktiven und selbstbestimmten Teilhabe in einer digitalen Welt,
- sachgerechtem Reflektieren über den Aufgabenlösungsprozess und dessen Ergebnis,
- einer sicheren und überzeugenden Darstellung von Arbeitsergebnissen mit Hilfe unterschiedlicher Präsentationsformen und -techniken,
- einer umfangreicheren Anwendung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden und -techniken,
- einem erhöhten Grad der Formalisierung und Mathematisierung.

Die in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife beschriebenen Kompetenzen werden im Unterricht sowohl mit grundlegendem als auch mit erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt. Der Unterschied in den Anforderungen der beiden Anforderungsniveaus liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und des Wissens über deren Verknüpfungen. Zudem unterscheiden sie sich im Grad der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen. Im Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau wird die wissenschaftspropädeutische Bildung im Vergleich zum Unterricht mit grundlegendem Anforderungsniveau exemplarisch vertieft.

13 Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 18.02.2021 / https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf

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

- einer thematischen Erweiterung und theoretischen Vertiefung,
- einer stärker wissenschaftssystematisch geprägten Auseinandersetzung mit den Inhalten und deren stärkere Vernetzung,
- einem höheren Abstraktionsgrad und einer stärkeren Mathematisierung,
- einem höheren Schwierigkeits- und Komplexitätsgrad sowie der Offenheit der Aufgabenstellungen,
- einem größeren Umfang und der Art bereitgestellter Informationen und Hilfsmittel,
- einem umfangreicheren Transfer und einer tiefgründigeren Reflexion fachspezifischer Arbeitsmethoden im Allgemeinen und speziell beim Experimentieren.

Die für die Klassenstufen 11/12 für beide Anforderungsniveaus ausgewiesenen Ziele des Kompetenzerwerbs erfordern eine schulinterne Präzisierung und Abstimmung.

Im Physikunterricht der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe werden die in den vorangegangenen Klassenstufen entwickelten Kompetenzen aufgegriffen, gezielt erweitert, vertieft und vernetzt. Sie orientieren sich an der in den Bildungsstandards ausgewiesenen Fachkompetenz. Die Anforderungen werden in den Inhaltsbereichen 4.1 bis 4.6 mit Hilfe handlungsleitender Operatoren¹⁴ konkretisiert.

Die Kompetenzbeschreibungen beziehen sich auf Regelstandards - das im Durchschnitt zu erwartende Leistungsniveau der Lernenden.

Die Sachkompetenz ist überwiegend fachspezifisch ausgewiesen und in zwei fundamentale Bereiche eingeteilt.

Sachkompetenz

Im Fach Physik legen die bundeseinheitlichen Bildungsstandards die Inhaltsbereiche „Elektrische und magnetische Felder“, „Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen“ sowie „Quantenphysik und Materie“ fest. Die Ausgestaltung der Lehrpläne ermöglicht darüber hinaus weitere länderspezifische Inhaltsbereiche (vgl. z. B. „Thermodynamik“).

– Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schüler ...

S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien,

S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,

S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

– Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Schüler ...

S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwertaufzeichnungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen,

S 5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,

S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an,

S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

¹⁴ https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/abitur/dokumente/naturwissenschaften/N_Einheitliche_O.pdf

Die Bereiche Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz sind in allen naturwissenschaftlichen Fächern der gymnasialen Oberstufe in einheitliche Teilkompetenzbereiche untergliedert (z. B. „Informationen erschließen“ vgl. Bildungsstandards Physik K1 bis K3).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

– Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Schüler ...

E 1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten,

E 2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

– Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Schüler ...

E 3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,

E 4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,

E 5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.

– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Schüler ...

E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,

E 7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses,

E 8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen,

E 9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung.

Kommunikationskompetenz

– Informationen erschließen

Die Schüler ...

K 1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,

K 2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt,

K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

– Informationen aufbereiten

Die Schüler ...

K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,

K 5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus,

K 6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge,

K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

– **Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren**

Die Schüler ...

K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen,

K 9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt,

K10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Bewertungskompetenz

– **Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen**

Die Schüler ...

B 1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation,

B 2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.

– **Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen**

Die Schüler ...

B 3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab,

B 4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.

– **Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Schüler ...

B 5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses,

B 6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein,

B 7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen,

B 8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

4.1 Inhaltsbereich: Elektrische und magnetische Felder

Klassenstufe 12	
Sach- und Methodenkompetenz	
Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<p>Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen</p> <p>a) Elektrisches Feld</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die elektrische Ladung als physikalische Größe definieren und als ganzzahliges Vielfaches der Elementarladung darstellen, – den Zusammenhang von elektrischer Stromstärke und transportierter Ladung anhand der Gleichung $\bar{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ beschreiben, – ausgewählte homogene und inhomogene elektrische Felder qualitativ durch Feldlinienbilder beschreiben, – die Superposition der elektrischen Felder zweier Punktladungen zeichnerisch darstellen, – die elektrische Feldstärke mit Hilfe der Gleichung $E = \frac{F_{el}}{Q}$ definieren und berechnen, – die Verschiebungsarbeit und die potentielle Energie im elektrischen Feld berechnen und damit die elektrische Spannung als physikalische Größe definieren, – die Stärke des homogenen elektrischen Feldes mit der Gleichung $E = \frac{U}{d}$ berechnen, 	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Vorgänge in Metallen und Isolatoren bei der elektrischen Influenz und der elektrischen Polarisation beschreiben, – den Anstieg des Graphen $Q(t)$ und die Fläche unter dem Graphen $I(t)$ physikalisch deuten, – die Feldstärke im elektrischen Radialfeld berechnen, – Kraftwirkungen zwischen Punktladungen mit Hilfe des coulombischen Gesetzes analysieren und berechnen, – mit Hilfe des Superpositionsprinzips die resultierende Feldstärke im gemeinsamen Feld zweier Punktladungen berechnen, – das elektrische Potential als physikalische Größe definieren und die elektrische Spannung als Potentialdifferenz beschreiben, – die Gleichung zur Berechnung der elektrischen Feldstärke im homogenen Feld herleiten, – die Verschiebungsarbeit im elektrische Radialfeld als Fläche unter dem Graphen $F_C(r)$ interpretieren und bestimmen,

<ul style="list-style-type: none"> – den prinzipiellen Aufbau von Kondensatoren und ihre Funktion als ladungs- und energiespeichernde Bauelemente beschreiben, – die Vorgänge beim Laden und Entladen eines Kondensators beschreiben und ihren zeitlichen Verlauf anhand der Diagramme I(t) und U(t) grafisch darstellen, – die Kapazität als physikalische Größe definieren und die Gleichung $C = \frac{Q}{U}$ anwenden, – den Einfluss der Parameter R und C auf den Verlauf des Graphen beim Laden und Entladen beschreiben, – den Einfluss eines Dielektrikums auf die Kapazität beschreiben, – den Einfluss des Plattenabstands und der Plattenfläche auf die Kapazität eines Plattenkondensator qualitativ und quantitativ beschreiben und die Gleichung $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ anwenden, – die Energie im elektrischen Feld des Kondensators berechnen, – den prinzipiellen Aufbau des Millikan-Versuchs beschreiben sowie mit Hilfe der Analyse der wirkenden Kräfte für die Schwebemethode die elektrische Ladung berechnen, – den Millikan-Versuch als grundlegendes Experiment zur Bestimmung der Elementarladung einordnen, – die Bewegung geladener Teilchen im elektrischen Feld parallel und senkrecht zu den Feldlinien beschreiben und erklären, – die kinetische Energie in J und eV sowie die Geschwindigkeit geladener Teilchen bei einer Bewegung parallel zu den Feldlinien berechnen. 	<ul style="list-style-type: none"> – den Verlauf der Kurven in den Diagrammen I(t) und U(t) begründen und Werte berechnen, – aus dem Diagramm I(t) die im Kondensator gespeicherte Ladung ermitteln, – den Einfluss eines Dielektrikums auf die Kapazität erklären, – die Gleichung $E_{el} = \frac{1}{2} Q \cdot U$ und daraus weitere Gleichungen zur Berechnung dieser Energie herleiten, – die Bewegung geladener Teilchen im elektrischen Feld senkrecht zu den Feldlinien berechnen.
<p>b) Magnetisches Feld</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – anhand des Oerstedt-Versuchs die bewegte elektrische Ladung als Ursache für Magnetfelder kennzeichnen, 	<p>Der Schüler kann</p>

- ausgewählte homogene und inhomogene magnetische Felder qualitativ durch Feldlinienbilder beschreiben,
- die Superposition der magnetischen Felder zweier paralleler Leiter zeichnerisch darstellen,
- die magnetische Flussdichte als physikalische Größe zur quantitativen Beschreibung des Magnetfeldes mit Hilfe der Gleichung $B = \frac{F}{l \cdot I}$ definieren und damit magnetische Feldkräfte ermitteln,
- den Einfluss der Stromstärke, der Windungszahl und Achsenlänge der Spule und eines Stoffs innerhalb der Spule auf die Stärke des homogenen Magnetfeldes einer zylinderförmigen Spule qualitativ und quantitativ beschreiben,
- die Richtung der Lorentzkraft auf eine senkrecht zu den magnetischen Feldlinien bewegte elektrische Ladung bestimmen und ihren Betrag ermitteln,
- die Kreisbewegung geladener Teilchen im homogenen Magnetfeld beschreiben und erklären sowie bei der Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen anwenden.

c) Vergleich von Feldern / Systematisierung

Der Schüler kann

- mit Hilfe ausgewählter Kriterien das elektrische und das magnetische Feld miteinander vergleichen.

- die Messung der magnetischen Flussdichte mit Hilfe des Hall-Effekts beschreiben und erklären,

- den Einfluss des Winkels zwischen der Geschwindigkeit der geladenen Teilchen und den Feldlinien des Magnetfeldes auf die Lorentzkraft beschreiben,

- das Zusammenwirken elektrischer und magnetischer Felder am Beispiel des Geschwindigkeitsfilters, des Massenspektrographen und des Zyklotrons beschreiben und erklären sowie ausgewählte physikalische Größen zu den genannten Beispielen berechnen,

- die Bewegung geladener Teilchen im Magnetfeld beschreiben und erklären, wenn diese schräg zu den Feldlinien eintreten.

Der Schüler kann

- ausgewählte physikalische Größen und Gleichungen zur Beschreibung und Berechnung des elektrischen Feldes, des Magnetfeldes und des Gravitationsfeldes miteinander vergleichen,
- mit Hilfe von Analogiebetrachtungen ein allgemeines Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ableiten.

d) elektromagnetische Induktion

Der Schüler kann

- den Zusammenhang zwischen dem Entstehen einer Induktionsspannung und der zeitlichen Änderung der magnetischen Flussdichte oder der wirksam durchsetzten Fläche qualitativ beschreiben,
- den magnetischen Fluss als physikalische Größe definieren,
- das faradaysche Induktionsgesetz in der Form
$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$
 qualitativ und quantitativ bei Berechnungen und Interpretationen von Diagrammen anwenden,
- in bewegten elektrischen Leitern die Polarität der Induktionsspannung ermitteln,
- den Zusammenhang zwischen dem faradayschen Induktionsgesetz und der Wirkungsweise von Generator und Transformator beschreiben,
- die lenzsche Regel auf ausgewählte Beispiele anwenden,
- die Selbstinduktion erklären und die Wirkungen beschreiben,
- mit Hilfe der Gleichungen
$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$
 und
$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$$
 physikalische Größen ermitteln,
- an einem ausgewählten Beispiel das Magnetfeld als Energiespeicher charakterisieren.

Der Schüler kann

- physikalische Größen mit dem faradayschen Induktionsgesetz in der differentiellen Form
$$U_i = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$
 berechnen,
- in bewegten elektrischen Leitern den Betrag der Induktionsspannung mit Hilfe der Gleichung
$$|U_i| = B \cdot \ell \cdot v$$
 bestimmen,
- die Gleichung $U(t)$ für die sinusförmige Wechselspannung herleiten,
- die Entstehung von Wirbelströmen und deren Anwendungen beschreiben,
- die Gleichung
$$U_i = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$
 herleiten und bei der Interpretation von Diagrammen und der Näherungsbestimmung von Induktivitäten anwenden,
- die Energie des Magnetfelds mit der Gleichung
$$E_{\text{magn}} = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$
 bestimmen.

Selbst- und Sozialkompetenz

Der Schüler kann

- auf der Grundlage seiner gewachsenen physikalischen Kompetenz eigenständig gesellschaftsrelevante Schlussfolgerungen für den verantwortungsvollen Umgang mit Energie ableiten,
- sich selbstständig Arbeitsziele setzen und die vorgesehene Experimentier- bzw. Arbeitszeit einhalten,
- seine Beobachtungen und Erkenntnisse präzise unter Verwendung von Fachbegriffen und geeigneten Darstellungsformen und -methoden, auch mit Hilfe digitaler Medien und Werkzeuge, sachlogisch darstellen,
- sein Wissen über gültige Argumentationsketten zur Beurteilung gegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen nutzen.

4.2 Inhaltsbereich: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Klassenstufe 12	
Sach- und Methodenkompetenz	
Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<p><u>Schwingungen</u></p> <p>a) Mechanische Schwingungen</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Gleichungen $y(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ und die zugehörigen grafischen Darstellungen interpretieren und mit ihrer Hilfe den Ablauf einer harmonischen Schwingung beschreiben, – die Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines Federschwingers und eines Fadenpendels von anderen physikalischen Größen beschreiben und die entsprechenden Gleichungen interpretieren, – den Ablauf harmonischer Schwingungen mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes qualitativ beschreiben, erklären und voraussagen, – Ursachen der Dämpfung einer Schwingung benennen, – für das Phänomen Resonanz den Zusammenhang zwischen Erregerfrequenz und Amplitude des Resonators bei erzwungenen Schwingungen beschreiben und auf Beispiele anwenden. <p>b) Elektromagnetische Schwingungen</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Funktionen $U(t)$ und $I(t)$ grafisch darstellen und den jeweiligen Effektivwert ermitteln, – das Verhalten des ohmschen Widerstands, des Kondensators und der idealen Spule im Gleich- und Wechsel- 	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Gleichungen $y(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ herleiten, – unter Verwendung des linearen Kraftgesetzes die Ursachen für die Entstehung harmonischer Schwingungen beschreiben, – die Gleichungen für die Schwingungsdauer eines Federschwingers und eines Fadenpendels herleiten, – die potentielle und kinetische Energie eines harmonischen Oszillators berechnen, grafisch darstellen und die Gleichungen anwenden, – den zeitlichen Verlauf $y(t)$ einer durch geschwindigkeitsabhängige Reibung gedämpften Schwingung für schwache Dämpfung mathematisch beschreiben. <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Phasenbeziehung zwischen Stromstärke und Spannung am ohmschen Widerstand, am Kondensator und an der Spule im Wechselstromkreis beschreiben, – physikalische Größen in Reihenschaltungen mit Hilfe von Zei-

<p>stromkreis beschreiben, vergleichen und erklären,</p> <ul style="list-style-type: none"> – den ohmschen, den kapazitiven und den induktiven Widerstand von Bauelementen bestimmen, – den prinzipiellen Aufbau eines idealen Schwingkreises beschreiben, – den Ablauf einer Schwingung im idealen Schwingkreis beschreiben und erklären, – Energieumwandlungen im Schwingkreis beschreiben, – Anwendungsbeispiele für Schwingkreise nennen. 	<p>gerdiagrammen berechnen,</p> <ul style="list-style-type: none"> – zwischen realer und idealer Spule unterscheiden, – die thomsonsche Schwingungsgleichung interpretieren und anwenden, – Analogiebetrachtungen zwischen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen als Erkenntnismethode der Physik anwenden, – Beispiele für Resonanz bei Schwingkreisen beschreiben und erklären, – den Zusammenhang zwischen der Erregerfrequenz und der Stromstärke in einem Reihenschwingkreis bei erzwungenen Schwingungen beschreiben und erklären.
<p><u>Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen</u></p> <p><u>a) Mechanische Wellen</u></p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Ausbreitung einer Welle anschaulich darstellen (z. B. Diagramme, Wellenfronten und -normalen) und Kenngrößen zuordnen, – zwischen transversalen und longitudinalen Wellen unterscheiden und Schallwellen sowie andere Wellenarten zuordnen, – die Grundgleichung der Wellenlehre $c = \lambda \cdot f$ interpretieren und anwenden, – Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz als wesentliche Eigenschaften von Wellen charakterisieren sowie Polarisierbarkeit als Unterscheidungsmerkmal zwischen transversalen und longitudinalen Wellen nennen, – mit Hilfe des Gangunterschieds Interferenzmaxima und Interferenzminima erklären, – stehende Wellen als Überlagerung von Wellen im eindimensionalen Fall beschreiben, 	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Ausbreitung einer eindimensionalen harmonischen Welle mathematisch beschreiben, – mit Hilfe des Huygensschen Prinzips Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz beschreiben, erklären, voraussagen sowie das Brechungsgesetz herleiten, – mit Hilfe des Gangunterschieds Interferenzmaxima und -minima ermitteln,

<ul style="list-style-type: none"> – die Wellenlänge einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle bestimmen. 	<ul style="list-style-type: none"> – den akustischen Dopplereffekt beschreiben und qualitativ erklären.
<p>b) Elektromagnetische Wellen</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – den Aufbau des hertzschen Dipols als offenen Schwingkreis und die Vorgänge in ihm beschreiben und erklären, – aus Analogiebetrachtungen zu den mechanischen Wellen auf die Eigenschaften Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz und Polarisation elektromagnetischer Wellen schließen, – einen qualitativen Überblick über die Frequenzbereiche elektromagnetischer Wellen geben. <p>c) Wellenmodell des Lichts</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Notwendigkeit der Einführung des Wellenmodells zur Beschreibung der Ausbreitung von Licht begründen, – die Farben des sichtbaren Bereichs und weitere Wellenlängenbereiche des Lichts in das elektromagnetische Spektrum einordnen, – Beugung und Interferenz am Doppelspalt beschreiben und die Entstehung von Maxima und Minima erklären, – die Gleichungen zur Berechnung von Beugungs- und Interferenzerscheinungen <ul style="list-style-type: none"> $\Delta x = k \cdot \lambda$ $\Delta x = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ $\sin(\alpha) = \frac{\Delta x}{b}$ $\tan(\alpha) = \frac{s_k}{e}$ <p>beim Berechnen von Wellenlängen und Spaltabständen sowie der spektralen Lichtzerlegung anwenden,</p> <ul style="list-style-type: none"> – Beugungs- und Interferenzerscheinungen an optischen Gittern in Analogie zum Doppelspalt einordnen, 	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – elektromagnetische Wellen als sich ausbreitende und miteinander verknüpfte elektrische und magnetische Felder beschreiben, <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Brechung des Lichts in Analogie zur Brechung mechanischer Wellen mit Hilfe des Brechungsgesetzes beschreiben und berechnen, – mit Hilfe der Dispersion die spektrale Lichtzerlegung am Prisma beschreiben und die Entstehung des Regenbogens diesbezüglich zuordnen, – die Kohärenz des Lichts als Voraussetzung für die Beobachtbarkeit von Interferenzerscheinungen charakterisieren, – die Gleichungen zur Berechnung von Beugungs- und Interferenzerscheinungen herleiten, – die Kleinwinkelnäherung anwenden und deren Grenzen beurteilen, <ul style="list-style-type: none"> – Beugungs- und Interferenzerscheinungen an optischen Gittern

<p>– praktische Anwendungen der Polarisation des Lichts erläutern.</p>	<p>tern in Analogie zum Doppelspalt beschreiben, erklären und berechnen, – Beugungs- und Interferenzerscheinungen am Einzelspalt für monochromatisches Licht beschreiben, erklären und berechnen, – den Aufbau eines Interferometers beschreiben und seine Funktionsweise erklären.</p>
--	---

<p>Selbst- und Sozialkompetenz</p>	
<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – den Experimentierprozess entsprechend der Aufgabenstellung selbstständig und zielgerichtet planen und durchführen, – Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen – auch mit Hilfe digitaler Medien und Werkzeuge – veranschaulichen, – seine Beobachtungen und eingesetzten Arbeitsmethoden reflektieren und die Erfahrungen für zukünftige Bearbeitungsstrategien nutzen, – Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei der Nutzung von elektromagnetischer Strahlung in Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien bewerten. 	

4.3 Inhaltsbereich: Spezielle Relativitätstheorie

Die relativistische Masse-Energie-Beziehung als Voraussetzung aus der speziellen Relativitätstheorie, die im grundlegenden Anforderungsniveau im Inhaltsbereich „Quantenphysik und Materie“ notwendig ist, wird unmittelbar dort bereitgestellt.

Klassenstufe 12
Sach- und Methodenkompetenz
Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<u>Kinematische Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie</u>
Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none">– das klassische Relativitätsprinzip und das Michelson-Experiment in die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie einordnen,– die einsteinschen Postulate sowie die Zeitdilatation und die Längenkontraktion als grundlegende Effekte der speziellen Relativitätstheorie inhaltlich beschreiben,– Experimente zum Beleg der grundlegenden Effekte der speziellen Relativitätstheorie nennen.
<u>Dynamik der speziellen Relativitätstheorie</u>
Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none">– die Gleichungen für die relativistische Massenänderung, den relativistischen Impuls sowie die relativistische Masse-Energie-Beziehung interpretieren und anwenden,– den Energieerhaltungssatz unter relativistischen Bedingungen $E_{\text{ges}} = m_0 \cdot c^2 + E_{\text{kin}}$ interpretieren und anwenden,– Experimente und Phänomene zur Bestätigung der relativistischen Massenänderung und der relativistischen Masse-Energie-Beziehung nennen.
Selbst- und Sozialkompetenz
Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none">– auf Unbekanntes bzw. Unvorhergesehenes angemessen und konstruktiv reagieren,– sich eigenständig zusätzliche Informationsquellen für den Wissenserwerb erschließen,– sich in andere Denkweisen einarbeiten, sie akzeptieren und tolerieren sowie ihre Möglichkeiten und Grenzen erkennen.

<ul style="list-style-type: none"> – die Verschränkung von zwei Quantenobjekten an Beispielen und Experimenten als weitere Wesenszüge beschreiben und in diesem Zusammenhang die Begriffe Nichtlokalität, Kausalität und Determinismus einordnen. 	<ul style="list-style-type: none"> – die Bedeutung der heisenbergischen Unschärferelation für zueinander komplementäre Größen von Quantenobjekten interpretieren.
<p><u>Atomvorstellungen</u></p> <p><u>a) Physik der Atomhülle</u></p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die rutherfordischen Streuversuche und das rutherfordische Atommodell in die Entwicklung der Vorstellungen vom Atomaufbau einordnen, – das Linienspektrum des Wasserstoffatoms beschreiben, – die bohrschen Postulate sowie Vorzüge und Grenzen des bohrschen Atommodells nennen, – das Energieniveauschema des Wasserstoffatoms interpretieren sowie Wellenlängen und Frequenzen für das emittierte und absorbierte Licht berechnen und damit die Entstehung von Linienspektren erklären, <p>– die Entstehung von Röntgenstrahlen prinzipiell beschreiben, ihre Eigenschaften und Anwendungsbeispiele nennen,</p> <p>– die induzierte Emission von Licht im Hinblick auf die Wirkungsweise eines Lasertyps einordnen,</p> <p>– wesentliche Eigenschaften des Laserlichts und Beispiele seiner Anwendungen nennen,</p> <p>– Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron deuten.</p>	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – den Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs beschreiben und erklären sowie seine Ergebnisse interpretieren, – zwischen Röntgenbremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung unterscheiden und deren Entstehung erklären, – den grundlegenden Aufbau und die prinzipielle Wirkungsweise eines Lasertyps beschreiben, – am Beispiel des eindimensionalen Potentialtopfs mit unendlich hohen Wänden den Zusammenhang zwischen Wellenfunktion und Nachweiswahrscheinlichkeit für ein Elektron beschreiben, – begründen, dass diskrete Energieniveaus im eindimensionalen Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden existieren und die Energieniveaus berechnen,

b) Kernphysik

Der Schüler kann

- unter Verwendung seiner erworbenen Kenntnisse über den Aufbau des Atomkerns die Bedeutung der Kernkräfte für die Stabilität des Atomkerns erklären,
- den Massendefekt beschreiben,
- mit Hilfe des Massendefekts die Bedeutung der Kernbindungsenergie erklären,

- Kernumwandlungen und Kernreaktionen mit Hilfe von Reaktionsgleichungen beschreiben,

- sein Wissen über radioaktive Strahlung zur Beschreibung von Zerfallsreihen anwenden,
- den radioaktiven Zerfall stochastisch deuten und mit Hilfe des Zerfallsgesetzes beschreiben, berechnen und dabei seine Kenntnisse über die Halbwertszeit anwenden,
- die Aktivität als physikalische Größe zur Beschreibung des Zerfallsvorgangs charakterisieren.

- Grenzen des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs mit unendlich hohen Wänden nennen,
- das Pauli-Prinzip nennen und dessen Bedeutung zur Beschreibung von Mehrelektronensystemen einordnen.

Der Schüler kann

- den Atomkern mit Hilfe des Potentialtopfmodells beschreiben,
- den Massendefekt und die Kernbindungsenergie berechnen,
- die grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie je Nukleon und der Massenzahl im Hinblick auf die Energiefreisetzung bei Kernfusion und -spaltung interpretieren,
- Massendefekte bei Kernumwandlungen und Kernreaktionen berechnen und diese nach endothermen und exothermen Reaktionen unterscheiden,
- ungesteuerte und gesteuerte Kettenreaktionen unterscheiden,
- Aufbau eines Reaktortyps prinzipiell beschreiben und seine Wirkungsweise grundlegend erklären,

- die C-14 Methode als eine Möglichkeit der Nutzung natürlicher radioaktiver Strahlung einordnen,

- einen Ausblick auf weitere kernphysikalische Anwendungen geben.

Selbst- und Sozialkompetenz

Der Schüler kann

- zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien recherchieren und geeignete Quellen auswählen,
- sich in andere Denkweisen einarbeiten, sie akzeptieren und tolerieren sowie ihre Möglichkeiten und Grenzen erkennen,
- sich mit verschiedenen Hypothesen und Postulaten kritisch auseinandersetzen, sachgerecht reflektieren und einordnen,
- über die Verantwortung der Wissenschaftler sowie Sicherheits- und Umweltaspekte sachgerecht diskutieren,
- sich unter Verwendung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und unter Berücksichtigung ökonomischer sowie ökologischer Gesichtspunkte einen persönlichen Standpunkt zur Anwendung radioaktiver Strahlung bilden,
- sich mit den Meinungen anderer zum Thema Radioaktivität sachlich und tolerant auseinandersetzen,
- auf der Grundlage seiner gewachsenen physikalischen Kompetenz eigenständig gesellschaftsrelevante Schlussfolgerungen für den verantwortungsvollen Umgang mit Energie ableiten,
- sich mit dem „Für und Wider“ der Atomenergienutzung auseinandersetzen.

4.5 Inhaltsbereich: Thermodynamik

Klassenstufe 12	
Sach- und Methodenkompetenz	
Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<p><u>Grundlagen der Thermodynamik</u></p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – den Zustand und die Zustandsänderungen thermodynamischer Systeme aus phänomenologischer Sicht beschreiben und vereinfacht mit Hilfe der Teilchenvorstellungen deuten. <p><u>Zustandsänderungen des idealen Gases</u></p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Merkmale des Modells ideales Gas nennen, – die Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen p, V und T beschreiben und interpretieren sowie die allgemeine Zustandsgleichung in der Form $\frac{p \cdot V}{T} = \text{konst.}$ und ihre Spezialfälle (isochor, isobar und isotherm) bei der Berechnung von Zustandsänderungen anwenden, 	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen p, V und T mit Hilfe der Gleichungen $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$, $p \cdot V = m \cdot R_S \cdot T$ beschreiben und diese Gleichungen zur Berechnung physikalischer Größen anwenden.

<p>– die verschiedenen Zustandsänderungen grafisch darstellen sowie grafische Darstellungen interpretieren.</p> <p>Hauptsätze der Thermodynamik</p> <p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – den ersten Hauptsatz der Thermodynamik auf isotherme, isobare und isochore Zustandsänderungen anwenden, – die adiabatische Zustandsänderung als weitere Möglichkeit für Zustandsänderungen einordnen, – den vereinfachten Aufbau und die prinzipiellen Wirkungsweisen sowie Energieflussdiagramme von Wärmekraftmaschinen und Wärmepumpen/Kältemaschinen im Hinblick auf den 2. Hauptsatz der Thermodynamik miteinander vergleichen, – den thermischen Wirkungsgrad als physikalische Größe in diesem Zusammenhang einordnen. 	<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Bedeutung der spezifischen Wärmekapazitäten c_p und c_v für energetische Betrachtungen isobarer und isochorer Vorgänge erklären und ihren Unterschied begründen, – die Volumenarbeit als Fläche im $p(V)$-Diagramm deuten sowie bei isobaren und isothermen Zustandsänderungen berechnen, – den thermischen Wirkungsgrad als physikalische Größe charakterisieren und berechnen, – den stirlingschen Kreisprozess beschreiben und im $p(V)$-Diagramm grafisch darstellen sowie seinen thermischen Wirkungsgrad berechnen, – weitere reale Kreisprozesse im Überblick beschreiben und vergleichen.
<p>Selbst- und Sozialkompetenz</p>	
<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"> – Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen – auch mit Hilfe digitaler Medien und Werkzeuge – veranschaulichen, – gesellschaftspolitische Entscheidungen unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit bewerten, – Möglichkeiten und Grenzen der praktischen Umsetzung theoretischer Erkenntnisse in der Technik diskutieren, – aktuelle Vorschläge für den Klimaschutz aus der Sicht der Thermodynamik werten, eigene und fremde Sichtweisen einbeziehen und daraus persönliche Schlussfolgerungen für das Verhalten ableiten. 	

4.6 Verbindliche Schwerpunkte für 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. Die konkreten Experimentieraufgaben zu den einzelnen Schwerpunkten sind eigenverantwortlich und unter Berücksichtigung der schulischen Rahmenbedingungen auszuwählen.

Klassenstufe 12	
Schwerpunkte für das grundlegende Anforderungsniveau	zusätzliche Schwerpunkte für das erhöhte Anforderungsniveau
Laden oder Entladen eines Kondensators, <i>z. B.: Aufnehmen der Lade- oder Entladekurve</i>	Laden oder Entladen eines Kondensators, <i>z. B.: Aufnehmen der Lade- oder Entladekurve, Kapazitätsbestimmung</i>
Federschwinger, <i>z. B.: Bestimmen der Federkonstante</i>	
Fadenpendel, <i>z. B.: Bestimmen der Fallbeschleunigung</i>	
	gedämpfte Schwingung, <i>z. B.: zeitlicher Verlauf der Amplitude, Halbwertszeit, Dämpfungskonstante bestimmen</i>
annähernd ideale Spule im Wechselstromkreis, <i>z. B.: Bestimmen des induktiven Widerstandes, Bestimmen der Induktivität</i>	Spule im Wechselstromkreis, <i>z. B.: Bestimmen des induktiven Widerstandes, Bestimmen der Induktivität</i>
Kondensator im Wechselstromkreis, <i>z. B.: Bestimmen des kapazitiven Widerstandes, Bestimmen der Kapazität</i>	
	Reihenschaltung im Wechselstromkreis, <i>z. B.: Bestimmen von physikalischen Größen in einer RC-Reihenschaltung</i>
	Brechung des Lichts, <i>z. B.: Bestimmen der Brechzahl, Bestimmen der Ausbreitungsgeschwindigkeit</i>
	Beugung und Interferenz am optischen Gitter, <i>z. B.: Bestimmen einer Wellenlänge, Bestimmen von Gitterkonstanten</i>