



BILDUNGSPLAN DES GYMNASIUMS

 Bildungsplan 2016

Physik

Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT

KULTUS UND UNTERRICHT

AMTSBLATT DES MINISTERIUMS FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG

Stuttgart, den 01. Mai 2022

BILDUNGSPLAN DES GYMNASIUMS PHYSIK – ÜBERARBEITETE FASSUNG VOM 25. MÄRZ 2022

vom 01. Mai 2022 Az. 31-6510.20 / 544

Der Bildungsplan des Gymnasiums Physik in der Fassung vom 25. März 2022 tritt am 01. August 2022 in Kraft.

Gleichzeitig tritt der Bildungsplan des Gymnasiums Physik vom 23. März 2016 unter der Maßgabe außer Kraft, dass er letztmalig für die Schülerinnen und Schüler gilt, die im Schuljahr 2022/2023 in die Klasse 11 eintreten.

K.u.U., LPH 3/2016

BEZUGSSCHLÜSSEL FÜR DEN BILDUNGSPLAN DES ALLGEMEIN BILDENDEN GYMNASIUMS (BILDUNGSPLAN 2016)

Reihe	Bildungsplan	Bezieher
G	Bildungsplan des Gymnasiums	allgemein bildende Gymnasien, Schulen besonderer Art, sonderpädagogische Bildungs- und Beratungszentren mit Förderschwerpunkt Schüler in längerer Krankenhausbehandlung, sonderpädagogisches Bildungs- und Beratungszentrum mit Internat mit Förderschwerpunkt Hören, Stegen

Der vorliegende Fachplan *Physik in der Fassung vom 25. März 2022* ist als Heft Nr. 24 (Pflichtbereich) Bestandteil des Bildungsplans des Gymnasiums, der als LPH 3/2016 in der Reihe G erscheint, und kann einzeln bei der Neckar-Verlag GmbH bezogen werden.

Er ersetzt nach der Übergangsfrist den bisherigen Fachplan *Physik* (an gleicher Stelle im Ordner).

Inhaltsverzeichnis

1. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb	3
1.1 Bildungswert des Faches Physik	3
1.2 Kompetenzen	5
1.3 Didaktische Hinweise	7
1.4 Basisfach und Leistungsfach in der Oberstufe	8
2. Prozessbezogene Kompetenzen	9
2.1 Erkenntnisgewinnung	9
2.2 Kommunikation	10
2.3 Bewertung	11
3. Standards für inhaltsbezogene Kompetenzen	12
3.1 Klassen 5/6	12
3.1.1 Hinweis zu den Klassen 5/6	12
3.2 Klassen 7/8	13
3.2.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik	13
3.2.2 Optik und Akustik	14
3.2.3 Energie	15
3.2.4 Magnetismus und Elektromagnetismus	16
3.2.5 Grundgrößen der Elektrizitätslehre	17
3.2.6 Mechanik: Kinematik	18
3.2.7 Mechanik: Dynamik	18
3.3 Klassen 9/10	20
3.3.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik	20
3.3.2 Elektromagnetismus	20
3.3.3 Wärmelehre	21
3.3.4 Struktur der Materie	23
3.3.5 Mechanik (*)	24
3.3.5.1 Kinematik (*)	24
3.3.5.2 Dynamik (*)	25
3.3.5.3 Erhaltungssätze (*)	25
3.4 Klassen 11/12 (Basisfach mit Schwerpunkt Quantenphysik)	27
3.4.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik	27
3.4.2 Elektromagnetische Felder	27
3.4.2.1 Elektrische und magnetische Felder	27
3.4.2.2 Elektrodynamik	28
3.4.3 Schwingungen	29
3.4.4 Wellen	30
3.4.5 Wellenoptik	30
3.4.6 Quantenphysik und Materie	31

3.5	Klassen 11/12 (Basisfach mit Schwerpunkt Astrophysik)	33
3.5.1	Denk- und Arbeitsweisen der Physik und Astrophysik	33
3.5.2	Elektromagnetische Felder	33
3.5.2.1	Elektrische und magnetische Felder	33
3.5.2.2	Elektrodynamik	34
3.5.3	Schwingungen	35
3.5.4	Wellen	36
3.5.5	Wellenoptik	36
3.5.6	Atom- und Kernphysik	37
3.5.7	Astrophysik	38
3.6	Klassen 11/12 (Leistungsfach)	40
3.6.1	Denk- und Arbeitsweisen der Physik	40
3.6.2	Elektromagnetische Felder	40
3.6.2.1	Elektrisches Feld	40
3.6.2.2	Magnetisches Feld	41
3.6.2.3	Elektrodynamik	42
3.6.3	Schwingungen	43
3.6.4	Wellen	44
3.6.5	Wellenoptik	45
3.6.6	Quantenphysik und Materie	46
3.6.7	Vertiefendes Themengebiet	47
4.	Operatoren	48
5.	Anhang	50
5.1	Verweise	50
5.2	Abkürzungen	51
5.3	Geschlechtergerechte Sprache	54
5.4	Besondere Schriftauszeichnungen	54

1. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb

„Wenn jemand die grundlegenden Methoden seines Faches beherrscht und selbständig zu denken und zu arbeiten gelernt hat, so wird er sich schon zurechtfinden und obendrein besser imstande sein, sich Fortschritten und Umwälzungen anzupassen als derjenige, dessen Ausbildung hauptsächlich in der Erwerbung von Detailkenntnissen besteht.“

(Albert Einstein)

1.1 Bildungswert des Faches Physik

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse beeinflussen seit der Antike die Entwicklung der Kultur in Europa und spätestens seit dem 20. Jahrhundert die Kultur der gesamten Menschheit. Die Physik prägte durch ihre Erkenntnisse und ihre Methodik andere Naturwissenschaften und löste vor allem im Bereich der Philosophie mehrmals geisteswissenschaftliche Umwälzungen aus.

Mit dem Erfolg der Physik ist das Wirken Galileo Galileis verbunden: Neben seiner innovativen, streng mathematischen Vorgehensweise prägte er vor allem die Rolle des Experimentes in der Physik als notwendige empirische Überprüfung physikalischer Theorien. Seither unterscheidet sich die Physik von anderen Welterklärungsansätzen durch den konsequenten Anspruch auf die prinzipielle Überprüfbarkeit des Wissens durch das Experiment. Dieser Ansatz spiegelt sich in den Denk- und Arbeitsweisen der Physik wider, die gemeinsam mit den physikalischen Inhalten unverzichtbarer Bestandteil eines naturwissenschaftlichen Unterrichts sind.

Die Physik bildet nicht nur die Grundlage für technische und medizinische Entwicklungen, sondern prägt in vielerlei Hinsicht unser Leben in einer hochtechnisierten Gesellschaft. Technische Entwicklungen bergen aber neben Chancen auch Risiken mit teilweise weitreichenden Folgen für Umwelt, Gesellschaft und Frieden. Es gilt, diese zu erkennen und zu bewerten. Physikalische Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung in einer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Welt.

Beitrag des Faches zu den Leitperspektiven

In welcher Weise das Fach Physik einen Beitrag zu den Leitperspektiven leistet, wird im Folgenden dargestellt:

- **Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)**

Die Leitperspektive *Bildung für nachhaltige Entwicklung* findet in Physik besondere Berücksichtigung: Physikalisches Wissen ist zum Verständnis sowie zur Lösung vieler globaler Entwicklungs- und Umweltfragen unabdingbar. So legt die Physik durch den Energie- und den Leistungsbegriff, die Zusammenhänge von Energieübertragungen durch elektrische und thermische Prozesse, Strahlungsbilanzen etc. Grundlagen für das globale Denken und lokale Handeln im Sinne der Agenda 21.

- **Prävention und Gesundheitsförderung (PG)**

Auch zur Leitperspektive *Prävention und Gesundheitsförderung* liefert die Physik wichtige Beiträge: Im Bereich der Elektrizitätslehre werden Gefahren des elektrischen Stroms sowie Maßnahmen zum Schutz erörtert. Aus den Kenntnissen der Mechanik werden Regeln für sicheres Verhalten im Straßenverkehr abgeleitet. Die Anwendungsbereiche und Gefahren ionisierender Strahlung werden aufgezeigt.

Der Physikunterricht berücksichtigt Vorstellungen und Alltagserfahrungen, überführt sie in fachliche Konzepte und ermöglicht individuell unterschiedliche Lernwege. Die Schülerinnen und Schüler lernen eigene Wahrnehmungen zu reflektieren und werden in das physikalische Denken und Arbeiten eingeführt. Damit unterstützt der Physikunterricht Kinder und Jugendliche im Sinne der Grundprävention.

- **Berufliche Orientierung (BO)**

Der Physikunterricht knüpft an den Interessen von Schülerinnen und Schülern an und baut diese unter anderem durch Alltags- und Technikbezüge weiter aus. Das Erleben von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen führt bei den Schülerinnen und Schülern zu ersten Vorstellungen von einem Beruf im physikalisch-technischen Bereich. Im Unterricht und bei Exkursionen an außerschulische Lernorte können auch anwendungsbezogene naturwissenschaftliche Berufsfelder vorgestellt werden. Auf diese Weise kann der Physikunterricht einen Beitrag zur *beruflichen Orientierung* leisten.

- **Medienbildung (MB)**

Das naturwissenschaftliche Experiment, die zugehörige Datenerfassung und -auswertung mithilfe des Computers, des Smartphones oder vergleichbarer Geräte sind wichtige Beiträge des Physikunterrichts zur *Medienbildung*. Es gehört zu den Aufgaben der *Medienbildung* im Physikunterricht, die Schülerinnen und Schüler zu befähigen, sich Informationen zu beschaffen, deren Quellen zu prüfen und deren Darstellungen kritisch zu interpretieren. Sowohl bei der Erarbeitung von fachlichen Inhalten als auch bei der Präsentation von Arbeitsergebnissen greifen die Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht auf verschiedene Medien zurück und setzen diese angemessen und verantwortungsbewusst ein.

- **Verbraucherbildung (VB)**

Zahlreiche Produktkennzeichnungen basieren auf physikalischen Größen. Der Physikunterricht sensibilisiert für naturwissenschaftliche Zusammenhänge, so dass die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel pseudowissenschaftliche Argumentationen durchschauen und sich kritisch mit Aussagen in Werbung, Marketing und Produktgestaltung auseinandersetzen. Physikalisches Verständnis ermöglicht somit ein bewusstes und selbstbestimmtes Konsumverhalten im Sinne der *Verbraucherbildung*, auch unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit.

1.2 Kompetenzen

Unsere Gesellschaft unterliegt einem raschen Wandel, der das Leben aller Menschen beeinflusst. Die Kompetenzorientierung befähigt die Schülerinnen und Schüler, künftig auch solche Problemstellungen bewältigen zu können, die wir heute noch nicht kennen. Der Bildungsplan für den Physikunterricht zielt daher vor allem auf das Verständnis und die Anwendung grundlegender physikalischer Begriffe, Gesetze, Konzepte und Modelle. Naturwissenschaftliche Bildung zeigt sich in der Fähigkeit, physikalisches Wissen anzuwenden, physikalische Fragestellungen zu erkennen, aus physikalischen Fakten Schlussfolgerungen zu ziehen und Bewertungen aufgrund einer naturwissenschaftlich-rationalen Abwägung vorzunehmen. Dazu sind sowohl inhaltsbezogene als auch prozessbezogene Kompetenzen nötig. Während die inhaltsbezogenen Kompetenzen das Fachwissen in Umfang und Tiefe festlegen (zum Beispiel Begriffe, Gesetze, Prinzipien), spiegeln die prozessbezogenen Kompetenzen vor allem die Fachmethoden wider, die zum Lösen physikalischer Problemstellungen notwendig sind.

Die im Bildungsplan aufgeführten Kompetenzen sind abschlussbezogene Zielvorgaben. Die Reihenfolge der fachsystematischen Kapitel und der Teilkompetenzen innerhalb dieser Kapitel spiegelt daher keinen expliziten Unterrichtsgang wider. Stattdessen liegen die unterrichtliche Umsetzung sowie die Auswahl der dabei verwendeten fachdidaktischen Konzepte in der Verantwortung der Lehrkraft. Insbesondere können auch Teilkompetenzen unterschiedlicher Kapitel in einer Unterrichtseinheit kombiniert werden.

Prozessbezogene Kompetenzen in Physik

Der Bildungsplan Physik unterscheidet in Anlehnung an die Standards der Kultusministerkonferenz (KMK) für den mittleren Schulabschluss bei den prozessbezogenen Kompetenzen die Bereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung*. Im Bereich der *Erkenntnisgewinnung* stehen das zielgerichtete Experimentieren, das Modellieren und Mathematisieren sowie der Erwerb und die Anwendung von Wissen im Vordergrund. Der Bereich *Kommunikation* umfasst das Verbalisieren, Dokumentieren und Präsentieren von Ergebnissen und Erkenntnissen. Dazu gehören auch die Fachsprache und die Verwendung unterschiedlicher Darstellungsformen. Schwerpunkte im Bereich der *Bewertung* sind die Reflexion physikalischer Arbeitsweisen, das Diskutieren von Chancen und Risiken sowie der kritische Umgang mit Informationen und Quellen.

Inhaltsbezogene Kompetenzen in Physik

Die Standards für inhaltsbezogene Kompetenzen orientieren sich weitgehend an der Fachsystematik und bauen spiralcurricular auf den physikalischen Aspekten des Fächerverbundes *Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT)* auf. Die Basiskonzepte der KMK-Bildungsstandards sind inhaltlich integriert. Quer zur Fachsystematik liegt der Bereich *Physikalische Denk- und Arbeitsweisen*. Danach sollen die Schülerinnen und Schüler physikalische Denk- und Arbeitsweisen nicht nur anwenden (siehe prozessbezogene Kompetenzen), sondern diese auch erläutern und reflektieren können. Beispielsweise ist die Beschreibung einer Beobachtung und die Erklärung anhand eines Modells eine prozessbezogene Kompetenz. Dagegen entspricht die Erläuterung von Kriterien zur Unterscheidung von Beobachtungen und Erklärungen einer inhaltsbezogenen Kompetenz genauso wie die Diskussion der Funktionen von Modellen in der Physik.

Kursiv geschriebene Fachbegriffe in den inhaltsbezogenen Kompetenzen (zum Beispiel *Energie*) sind im Unterricht verbindlich mit dem Ziel einzusetzen, dass die Schülerinnen und Schüler diese

- in unterschiedlichen Kontexten ohne zusätzliche Erläuterung verstehen und anwenden können,
- im eigenen Wortschatz als Fachsprache aktiv benutzen können,
- mit eigenen Worten korrekt beschreiben können.

Fachbegriffe, die in den Standards nicht kursiv gesetzt sind, werden verwendet, um die Kompetenzbeschreibung für die Lehrkräfte fachlich präzise und prägnant formulieren zu können. Die Schülerinnen und Schüler müssen über diese Fachbegriffe nicht verfügen können.

Formeln sind verbindlich im Unterricht so zu behandeln, dass die Schülerinnen und Schüler am Ende des Kompetenzerwerbs diese kennen, ihre inhaltliche Bedeutung wiedergeben und sie anwenden können. Des Weiteren kann der Operator „beschreiben“ auch eine quantitative Beschreibung anhand einer Formel einschließen, insbesondere dann, wenn in der entsprechenden Teilkompetenz eine Formel aufgeführt ist.

Vernetzung von inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen

Prozessbezogene Kompetenzen werden in der Regel anhand von Inhalten vermittelt. Dabei ist zu beachten, dass die prozessbezogenen Kompetenzen Zielformulierungen sind, die über alle Klassen hinweg bis zum Abitur schrittweise und altersgemäß interpretiert werden müssen. Im Bildungsplan sind die inhaltsbezogenen Kompetenzen daher anhand von Verweisen mit den prozessbezogenen Kompetenzen, den Leitperspektiven sowie mit anderen inhaltsbezogenen Kompetenzen und Fächern vernetzt. Die im Bildungsplan aufgeführten Verweise sind exemplarisch gewählt und zeigen naheliegende Stellen auf, an denen diese Vernetzung im Unterricht umgesetzt werden könnte.

Hinweise zur Kursstufe

Die beiden Basisfächer und das Leistungsfach beinhalten prinzipiell die gleichen Themen. Das Leistungsfach zeichnet sich jedoch durch einen höheren Mathematisierungsgrad (zum Beispiel die Verwendung von Differentialgleichungen), eine größere Themenbreite (zum Beispiel die Bewegung von Teilchen in Feldern) sowie eine stärkere Vertiefung (zum Beispiel durch die Verwendung von Operatoren aus einem höheren Anforderungsbereich) aus. In den Basisfächern stehen die exemplarische Behandlung von Inhalten und die Arbeit mit Kontexten im Vordergrund.

1.3 Didaktische Hinweise

Am Anfang eines Physikverständnisses stehen das Staunen über Naturphänomene und die Faszination, die von technischen Geräten ausgeht. Die Betrachtung dieser Phänomene und Geräte gibt im Unterricht Anstöße zu ersten physikalischen Fragestellungen. Anhand von Vermutungen und deren Überprüfung werden die Schülerinnen und Schüler zunehmend vertrauter mit dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, in dessen Mittelpunkt das Experiment steht.

Prozessbezogene Kompetenzen können nur durch das eigene Tun erworben werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen hierbei auch einen angemessenen Grad an Selbstständigkeit erreichen. Für diese Handlungsorientierung muss genügend Zeit zur Verfügung stehen, um beispielsweise die physikalische Arbeitsweise einzuüben sowie innerhalb der Lerngruppe unterschiedliche Lösungswege zu vergleichen, zu diskutieren und zu bewerten. Dabei sollen insbesondere auch individuell unterschiedliche Lernwege berücksichtigt und gefördert werden.

Die Entwicklung des Physikverständnisses ist eng verknüpft mit der Suche nach einer angemessenen Sprachebene: Ausgehend von der Alltagssprache werden die Schülerinnen und Schüler im Laufe des Unterrichts zunehmend sicherer im Gebrauch der Fachsprache und stärken ihre Fähigkeiten zu Abstraktion und physikalischer Modellbildung, die spiralcurricular aufgebaut werden sollten. Quantitative Beschreibungen physikalischer Aussagen werden mit zunehmendem Alter der Schülerinnen und Schüler bedeutsamer und führen zur mathematischen Sprachebene der Physik. Umgekehrt führt die Anwendung mathematischer Methoden zu physikalischen Vorhersagen, die experimentell überprüft werden können. Insbesondere hinsichtlich der Mathematisierung ist eine enge Abstimmung mit affinen Fächern, insbesondere *Mathematik* sowie *Naturwissenschaft und Technik (NwT)* erforderlich.

Physik darf nicht nur im Physiksaal relevant sein: Die Lebenswelt und der Alltag der Schülerinnen und Schüler sollen ebenso in den Unterricht mit einbezogen werden wie technische Anwendungen, biophysikalische Aspekte sowie populärwissenschaftliche Darstellungen in Texten, Bildern und Filmen. Die Schülerinnen und Schüler lernen dabei, Fragen an ihre Umwelt zu stellen, diese physikalisch zu untersuchen und physikalische Erkenntnisse auf ihren Alltag zu übertragen. Hierbei sind Verknüpfungen zu anderen Fächern ebenso hilfreich wie der Besuch von außerschulischen Lernorten wie zum Beispiel Museen, Schülerlabore, Forschungszentren und Industriebetriebe.

Entscheidend für die Gestaltung eines erfolgreichen Physikunterrichts ist die Berücksichtigung von Schülervorstellungen, Alltagserfahrungen und Alltagssprache: Diese Vorstellungen müssen im Unterricht aufgegriffen und in fachliche Konzepte überführt beziehungsweise durch solche ergänzt werden.

Der Physikunterricht soll die Schülerinnen und Schüler für physikalische Fragestellungen begeistern und sie gegebenenfalls auf eine Berufsausbildung oder ein Studium in diesem Bereich vorbereiten. Ein motivierender Physikunterricht berücksichtigt dabei die Interessen von Jungen und Mädchen in gleicher Weise. So sind beispielsweise Fragestellungen, die an Gesundheit, Natur und Umwelt, an den Menschen und seine Zukunftsgestaltung anknüpfen, sowohl für Mädchen als auch Jungen interessant.

Der Einsatz von Computern, Smartphones oder vergleichbaren Geräten sowie dem Internet ist im Physikunterricht eine Selbstverständlichkeit – beim Wissenserwerb, beim Erfassen und Auswerten

von Messdaten, beim Dokumentieren und Präsentieren sowie beim Einsatz von Simulationssoftware als Ergänzung zu Realexperimenten.

Ziel des Physikunterrichts ist ein nachhaltiges Physikverständnis. Eine entscheidende Rolle spielen hierbei das Üben, Wiederholen und Vertiefen. Die spiralcurriculare Verankerung wichtiger Themengebiete bietet hierzu vielfältige Ansatzpunkte. Offene Aufgabenformate und Problemstellungen, die verschiedene Lösungswege zulassen, sichern dabei die Anwendbarkeit des Wissens – auch auf neue Kontexte.

Der Physikunterricht bereitet die Schülerinnen und Schüler darauf vor, ihre physikalischen Kompetenzen zur Weiterentwicklung unserer Gesellschaft einbringen zu können.

1.4 Basisfach und Leistungsfach in der Oberstufe

In der Kursstufe können die Schülerinnen und Schüler das Fach Physik als Basisfach oder als Leistungsfach belegen. Basisfach und Leistungsfach haben die gemeinsame Aufgabe der Vermittlung physikalischer Inhalte und physikalischer Denk- und Arbeitsweisen. Das Leistungsfach geht quantitativ wie qualitativ über die Anforderungen des Basisfaches hinaus. So wird einerseits im Leistungsfach ein größerer Umfang an physikalischen Themen und Inhalten behandelt, andererseits auch ein höherer Vertiefungs- und Mathematisierungsgrad gefordert.

2. Prozessbezogene Kompetenzen

2.1 Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben Phänomene und leiten daraus Fragen ab, die sie physikalisch untersuchen können. Sie wenden naturwissenschaftliche Arbeitsweisen an, das heißt, sie planen an geeigneten Stellen Experimente zur Überprüfung von Hypothesen, führen Experimente durch, werten diese aus und dokumentieren ihre Ergebnisse. In ihren Beschreibungen unterscheiden sie zwischen realen Erfahrungen und konstruierten Modellen, erkennen Analogien und verwenden Modelle zur Erklärung physikalischer Phänomene.

Die Schülerinnen und Schüler können
zielgerichtet experimentieren
<ol style="list-style-type: none"> 1. Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben 2. Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen 3. Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen (unter anderem vermutete Einflussgrößen getrennt variieren) 4. Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen 5. <u>Messwerte auch digital erfassen und auswerten (unter anderem Messwerverfassungssystem, Tabellenkalkulation)</u>
modellieren und mathematisieren
<ol style="list-style-type: none"> 6. mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen, überprüfen <u>und modellieren (auch mithilfe digitaler Werkzeuge)</u> 7. aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln 8. mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen 9. zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung) 10. Analogien beschreiben und zur Lösung von Problemstellungen nutzen 11. mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren
Wissen erwerben und anwenden
<ol style="list-style-type: none"> 12. Sachtexte mit physikalischem Bezug sinnentnehmend lesen 13. ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen 14. an außerschulischen Lernorten Erkenntnisse gewinnen beziehungsweise ihr Wissen anwenden

2.2 Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen aus. Sie unterscheiden zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung. Dabei beschreiben sie physikalische Sachverhalte zunehmend auch mithilfe mathematischer Darstellungsformen. Sie wählen Informationen aus verschiedenen Quellen zur Bearbeitung von Problemen aus. Sie diskutieren Sachverhalte unter physikalischen Gesichtspunkten, dokumentieren ihre Ergebnisse und präsentieren diese adressatengerecht.

Die Schülerinnen und Schüler können
Erkenntnisse verbalisieren
<ol style="list-style-type: none"> 1. zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden 2. funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben („je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln) 3. sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen (unter anderem Unterscheidung von Größe und Einheit, Nutzung von Präfixen und Normdarstellung) 4. physikalische Vorgänge und technische Geräte beschreiben (zum Beispiel zeitliche Abläufe, kausale Zusammenhänge)
Erkenntnisse dokumentieren und präsentieren
<ol style="list-style-type: none"> 5. physikalische Experimente, Ergebnisse und Erkenntnisse – auch mithilfe digitaler Medien – dokumentieren (Skizzen, Beschreibungen, Tabellen, Diagramme und Formeln) 6. Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (Tabelle, Diagramm, Text, Formel) 7. in unterschiedlichen Quellen recherchieren, Erkenntnisse sinnvoll strukturieren, sachbezogen und adressatengerecht aufbereiten sowie unter Nutzung geeigneter Medien präsentieren

2.3 Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler zeigen an Beispielen die Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei inner- und außerfachlichen Kontexten auf. Sie vergleichen und bewerten alternative technische Lösungen. Sie nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien. Sie benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen. Die Schülerinnen und Schüler bewerten Informationen und prüfen sie auf ihre Relevanz.

Die Schülerinnen und Schüler können
physikalische Arbeitsweisen reflektieren
<ol style="list-style-type: none"> 1. bei Experimenten relevante von nicht relevanten Einflussgrößen unterscheiden 2. Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, mehrfache Messung und Mittelwertbildung) 3. Hypothesen anhand der Ergebnisse von Experimenten beurteilen 4. Grenzen physikalischer Modelle an Beispielen erläutern
Informationen bewerten
<ol style="list-style-type: none"> 5. Informationen aus verschiedenen Quellen auf Relevanz prüfen 6. Darstellungen in den Medien anhand ihrer physikalischen Erkenntnisse kritisch betrachten (zum Beispiel Filme, Zeitungsartikel, pseudowissenschaftliche Aussagen)
Chancen und Risiken diskutieren
<ol style="list-style-type: none"> 7. Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten und im Alltag mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten 8. Chancen und Risiken von Technologien mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten 9. Technologien auch unter sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten diskutieren 10. im Bereich der nachhaltigen Entwicklung persönliche, lokale und globale Maßnahmen unterscheiden und mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten 11. historische Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse beschreiben 12. Geschlechterstereotype bezüglich Interessen und Berufswahl im naturwissenschaftlich-technischen Bereich diskutieren

3. Standards für inhaltsbezogene Kompetenzen

3.1 Klassen 5/6

3.1.1 Hinweis zu den Klassen 5/6

Das Fach Physik beginnt in Klasse 5 mit dem Erwerb physikalischer Kompetenzen innerhalb des Fächerverbundes *Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT)*. Neben grundlegenden naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen werden dabei unter anderem ein propädeutischer Energie- und Dichtebegriff sowie die Grundgrößen Volumen, Masse und Temperatur vermittelt. Darüber hinaus beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit physikalischen Eigenschaften von Materialien, Phänomenen bei Temperaturänderung und thermischen Energietransporten. Auf diesen Kompetenzen baut der Physikunterricht der folgenden Klassen spiralcurricular auf.

3.2 Klassen 7/8

3.2.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

Die Kompetenzen im Bereich „Denk- und Arbeitsweisen der Physik“ sollen – aufbauend auf den entsprechenden Kompetenzen des Bildungsplans für Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT) – an geeigneten Stellen des Unterrichts in Verbindung mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen der anderen Bereiche erworben werden. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben dabei physikalische Denk- und Arbeitsweisen und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung in der Physik. Insbesondere unterscheiden sie zwischen eigener Wahrnehmung und physikalischer Beschreibung.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinneseindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)	
<ul style="list-style-type: none"> P 2.1 Erkenntnisgewinnung 9 L PG Wahrnehmung und Empfindung 	
(2) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der Physik grundsätzlich überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)	
<ul style="list-style-type: none"> F BNT 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik L BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt 	
(3) die Funktion von Modellen in der Physik erläutern (zum Beispiel anhand des Lichtstrahlmodells, des Teilchenmodells oder des Elementarmagnetmodells)	
<ul style="list-style-type: none"> P 2.1 Erkenntnisgewinnung 9, 11 P 2.3 Bewertung 4 F BNT 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik F CH.V2 3.2.1.2 Stoffe und ihre Teilchen 	
(4) die Funktion des <i>SI-Einheitensystems</i> an Beispielen beschreiben	

3.2.2 Optik und Akustik

Die Schülerinnen und Schüler können optische und akustische Phänomene experimentell untersuchen. Sie trennen zunehmend zwischen ihrer Wahrnehmung und deren physikalischer Beschreibung. Sie untersuchen Lichtumlenkung und Wahrnehmungseffekte zum Beispiel an Spiegeln und Linsen. Zur Beschreibung der Ausbreitung von Licht beziehungsweise Schall verwenden sie geeignete Modelle.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) akustische Phänomene beschreiben (Lautstärke, Tonhöhe, <i>Amplitude</i> , <i>Frequenz</i>)	
<p>P 2.2 Kommunikation 1 F MUS 3.2.2 Musik verstehen F MUSPROFIL 3.2.2 Musik verstehen</p>	
(2) physikalische Aspekte des Sehvorgangs und des Hörvorgangs beschreiben (<i>Sender</i> , <i>Empfänger</i>)	
<p>F NWT 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (2)</p>	
(3) ihre Hörgewohnheiten in Bezug auf das Risiko möglicher Hörschädigungen bewerten (zum Beispiel Lautstärke von Kopfhörern)	
<p>F NWT 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (3) L PG Sicherheit und Unfallschutz; Wahrnehmung und Empfindung</p>	
(4) grundlegende Phänomene der Lichtausbreitung experimentell untersuchen und mithilfe des <i>Lichtstrahlmodells</i> beschreiben	
(5) Schattenphänomene experimentell untersuchen und erklären (<i>Schattenraum</i> und <i>Schattenbild</i> , <i>Kernschatten</i> und <i>Halbschatten</i>)	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 3, 4, 9 F BK 3.2.2.1 Grafik F BKPROFIL 3.2.2.1 Grafik</p>	
(6) optische Phänomene im Weltall erklären (<i>Mondphasen</i> , <i>Sonnenfinsternis</i> , <i>Mondfinsternis</i>)	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 11</p>	
(7) <i>Streuung</i> und <i>Absorption</i> phänomenologisch beschreiben	
(8) die <i>Reflexion</i> an ebenen Flächen beschreiben (<i>Reflexionsgesetz</i> , <i>Spiegelbild</i>)	
(9) die <i>Brechung</i> beschreiben (Strahlenverlauf, Wahrnehmungseffekte wie zum Beispiel optische Hebung)	
<p>P 2.2 Kommunikation 6</p>	
(10) die Bildentstehung bei einer <i>Lochkamera</i> qualitativ beschreiben	
(11) die Wirkung einer optischen Linse beschreiben (<i>Sammellinse</i> , <i>Brennpunkt</i> , Wahrnehmungseffekte wie zum Beispiel Bildumkehrung)	

Die Schülerinnen und Schüler können	
(12) einfache Experimente zur Zerlegung von weißem <i>Licht</i> und zur Addition von Farben beschreiben (<i>Prisma</i>)	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 1, 4	
(13) Gemeinsamkeiten und Unterschiede von <i>Licht</i> und <i>Schall</i> beschreiben (Sender und Empfänger, Wahrnehmungsbereich, Medium, Ausbreitungsgeschwindigkeit)	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 10	

3.2.3 Energie

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben physikalische Vorgänge in Alltag und Technik mit den Größen Energie, Leistung und Wirkungsgrad. Dabei unterscheiden sie zwischen dem physikalischen Energiebegriff und dem Alltagsgebrauch des Begriffes Energie und können Alltagsformulierungen wie „Energieerzeugung“ und „Energieverbrauch“ physikalisch deuten. Die Schülerinnen und Schüler wenden ihre Kenntnisse insbesondere auf die Thematik der Energieversorgung an.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) grundlegende Eigenschaften der <i>Energie</i> beschreiben (unter anderem <i>Energieerhaltung</i>)	
(2) Beispiele für Energieübertragungsketten in Alltag und Technik nennen und qualitativ beschreiben (unter anderem anhand von <i>mechanischer, elektrischer</i> oder <i>thermischer Energieübertragung</i>)	
F BNT 3.1.4 Energie effizient nutzen F NWT 3.2.2.1 Energie in Natur und Technik	
(3) Beispiele für die Speicherung von <i>Energie</i> in verschiedenen Energieformen in Alltag und Technik nennen und beschreiben (unter anderem <i>Lageenergie, Bewegungsenergie, thermische Energie</i>)	
(4) Möglichkeiten der Energieversorgung mithilfe von Energieübertragungsketten beschreiben (zum Beispiel Wasserkraftwerk, Kohlekraftwerk)	
(5) ihre Umgebung hinsichtlich des sorgsamsten Umganges mit <i>Energie</i> untersuchen, bewerten und konkrete technische Maßnahmen (zum Beispiel Wahl des Leuchtmittels) sowie Verhaltensregeln ableiten (zum Beispiel Stand-by-Funktion)	
P 2.3 Bewertung 10 F BNT 3.1.4 Energie effizient nutzen L BNE Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung; Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen L VB Umgang mit eigenen Ressourcen	
(6) die Lageenergie berechnen ($E_{\text{Lage}} = m \cdot g \cdot h$, Nullniveau)	
(7) den Zusammenhang von Energie und Leistung beschreiben ($P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$)	
P 2.2 Kommunikation 2	

Die Schülerinnen und Schüler können	
(8) Größenordnungen typischer <i>Leistungen</i> im Alltag ermitteln und vergleichen (zum Beispiel körperliche Tätigkeiten, Handgenerator, Fahrradergometer, Typenschilder, Leistungsmessgerät, PKW, Solarzelle)	
L BNE Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen	
(9) den Zusammenhang von zugeführter <i>Energie</i> , nutzbarer <i>Energie</i> und <i>Wirkungsgrad</i> bei <i>Energieübertragungen</i> beschreiben	
(10) das scheinbare Verschwinden von <i>Energie</i> mit der Umwandlung in <i>thermische Energie</i> erklären	
P 2.2 Kommunikation 1 L BNE Komplexität und Dynamik nachhaltiger Entwicklung; Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen	

3.2.4 Magnetismus und Elektromagnetismus

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und beschreiben magnetische und elektromagnetische Phänomene sowie deren Anwendungen in Natur und Technik. Sie gewinnen erste Einblicke in das physikalische Feldkonzept.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) Phänomene des Magnetismus experimentell untersuchen und beschreiben (ferromagnetische Materialien, <i>Magnetpole</i> , Anziehung – Abstoßung, Zusammenwirken mehrerer Magnete, <i>Magnetfeld</i> , <i>Feldlinien</i> , <i>Erdmagnetfeld</i> , <i>Kompass</i>)	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 1 F BNT 3.1.2 Materialien trennen – Umwelt schützen	
(2) die magnetische Wirkung eines stromdurchflossenen geraden <i>Leiters</i> und einer stromdurchflossenen <i>Spule</i> untersuchen und beschreiben	
(3) eine einfache Anwendung des Elektromagnetismus funktional beschreiben (zum Beispiel Elektromagnet, Lautsprecher, Elektromotor)	
P 2.2 Kommunikation 4	
(4) die Struktur von <i>Magnetfeldern</i> beschreiben (<i>Feldlinien</i> , <i>Stabmagnet</i> , <i>Hufeisenmagnet</i> , <i>Spule</i>)	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 9	

3.2.5 Grundgrößen der Elektrizitätslehre

Die Schülerinnen und Schüler können grundlegende Größen der Elektrizitätslehre und deren Zusammenhänge mithilfe geeigneter Modelle beschreiben. Sie planen Experimente zu Fragestellungen der Elektrizitätslehre, führen diese durch und werten die Messergebnisse aus. Sie unterscheiden physikalische Begriffe wie zum Beispiel Stromstärke, Spannung und Energie von Alltagsbegriffen wie zum Beispiel „Strom“ und „Stromverbrauch“.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) grundlegende Bauteile eines elektrischen <i>Stromkreises</i> benennen und ihre Funktion beschreiben (unter anderem <i>Schaltsymbole</i>)
	(2) die elektrische Leitfähigkeit von Stoffen experimentell untersuchen (<i>Leiter, Nichtleiter</i>)
	(3) qualitativ beschreiben, dass elektrische Ströme einen Antrieb beziehungsweise eine Ursache benötigen und durch <i>Widerstände</i> in ihrer Stärke beeinflusst werden (<i>Stromstärke, Potential, Spannung, Widerstand, Ladung</i>)
	(4) den elektrischen <i>Stromkreis</i> und grundlegende Vorgänge darin mithilfe von Modellen erklären
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 10, 11
	(5) den Aufbau eines <i>Stromkreises</i> unter Vorgabe einer <i>Schaltskizze</i> durchführen sowie <i>Stromkreise</i> in Form von <i>Schaltskizzen</i> darstellen
	(6) <i>Stromstärke</i> und <i>Spannung</i> messen
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 4
	(7) in einfachen <i>Reihenschaltungen</i> und <i>Parallelschaltungen</i> Gesetzmäßigkeiten für die <i>Stromstärke</i> und die <i>Spannung</i> beschreiben (Maschenregel, Knotenregel)
	(8) den Energietransport im elektrischen Stromkreis und den Zusammenhang zwischen <i>Stromstärke, Spannung, Leistung</i> und <i>Energie</i> beschreiben ($P = U \cdot I$)
P	2.2 Kommunikation 2
	(9) physikalische Angaben auf Alltagsgeräten beschreiben (<i>Spannung, Stromstärke, Leistung</i>)
L	VB Alltagskonsum
	(10) die thermische und die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms und Anwendungen erläutern
	(11) Gefahren des elektrischen Stroms beschreiben sowie Maßnahmen zum Schutz erklären (zum Beispiel Sicherung, Schutzleiter)
L	PG Sicherheit und Unfallschutz

3.2.6 Mechanik: Kinematik

Die Schülerinnen und Schüler klassifizieren Bewegungen verbal und anhand von Diagrammen. Sie beschreiben Bewegungsabläufe mit physikalischen Größen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) Bewegungen verbal und mithilfe von Diagrammen beschreiben und klassifizieren (<i>Zeitpunkt, Ort, Richtung, Form der Bahn, Geschwindigkeit, gleichförmige und beschleunigte Bewegungen</i>)	
(2) Bewegungsdiagramme erstellen und interpretieren (<i>s-t-Diagramm, Richtung der Bewegung</i>)	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 4</p> <p>P 2.2 Kommunikation 2, 3, 5, 6</p> <p>F M 3.2.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang</p> <p>F NWT 3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung</p>	
(3) aus ihren Kenntnissen der Mechanik Regeln für sicheres Verhalten im Straßenverkehr ableiten (zum Beispiel Reaktionszeit)	
<p>P 2.3 Bewertung 7</p> <p>I 3.2.7 Mechanik: Dynamik</p> <p>L PG Sicherheit und Unfallschutz</p>	
(4) die Quotientenbildung aus <i>Strecke</i> und <i>Zeitspanne</i> bei der Berechnung der <i>Geschwindigkeit</i> erläutern und anwenden ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$)	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 8</p> <p>P 2.2 Kommunikation 2</p> <p>F M 3.2.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation</p>	

3.2.7 Mechanik: Dynamik

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Änderungen von Bewegungszuständen und Verformungen mithilfe von Kräften. Sie formulieren die Zusammenhänge zunehmend in Form von Ursache-Wirkungs-Aussagen. Dabei unterscheiden sie zwischen dem physikalischen Kraftbegriff und dem Alltagsgebrauch des Begriffes „Kraft“.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) das Trägheitsprinzip beschreiben	
(2) Änderungen von Bewegungszuständen (Betrag und Richtung) als Wirkung von <i>Kräften</i> beschreiben	
<p>P 2.2 Kommunikation 2</p>	
(3) das Wechselwirkungsprinzip beschreiben	
(4) Newtons Prinzipien der Mechanik zur verbalen Beschreibung und Erklärung einfacher Situationen aus Experimenten und aus dem Alltag anwenden	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 13, 14</p>	

Die Schülerinnen und Schüler können

(5) Verformungen als Wirkung von *Kräften* beschreiben (zum Beispiel Gummiband, Hooke'sches Gesetz, Federkraftmesser)

(6) Zusammenhang und Unterschied von *Masse* und *Gewichtskraft* erläutern
(*Ortsfaktor*, $F_G = m \cdot g$)

(7) das Zusammenwirken von *Kräften* an eindimensionalen Beispielen quantitativ beschreiben
(*resultierende Kraft*, *Kräftegleichgewicht*)

(8) aus ihren Kenntnissen der Mechanik Regeln für sicheres Verhalten im Straßenverkehr ableiten (zum Beispiel Sicherheitsgurte)

P 2.3 Bewertung 7
I 3.2.6 Mechanik: Kinematik
L PG Sicherheit und Unfallschutz

(9) eine einfache Maschine und ihre Anwendung im Alltag und in der Technik beschreiben (zum Beispiel Hebel, Flaschenzug)

3.3 Klassen 9/10

3.3.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

Die Kompetenzen im Bereich „Denk- und Arbeitsweisen der Physik“ sollen – aufbauend auf den entsprechenden Kompetenzen der Klassen 7/8 – an geeigneten Stellen des Unterrichts in Verbindung mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen der anderen Bereiche erworben werden. Die Schülerinnen und Schüler erläutern dabei physikalische Denk- und Arbeitsweisen und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung in der Physik. Insbesondere beschreiben sie die Funktion von Modellen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinneseindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)	
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #f96; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">P</div> <div>2.1 Erkenntnisgewinnung 9</div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #92d050; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">L</div> <div>PG Wahrnehmung und Empfindung</div> </div> </div>	
(2) erläutern, dass Aussagen in der Physik grundsätzlich überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #92d050; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">L</div> <div>BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt</div> </div>	
(3) die Funktion von Modellen in der Physik erläutern (anhand des <i>Teilchenmodells</i> und der Modellvorstellung von <i>Atomen</i>)	
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #f96; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">P</div> <div>2.1 Erkenntnisgewinnung 9, 11</div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #f96; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">P</div> <div>2.3 Bewertung 4</div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #c00000; color: white; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">F</div> <div>CH.V2 3.2.1.2 Stoffe und ihre Teilchen</div> </div> </div>	
(4) die Bedeutung des <i>SI-Einheitensystems</i> erläutern	

3.3.2 Elektromagnetismus

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen die grundlegenden Größen im Stromkreis. Sie erkennen und erläutern quantitative Zusammenhänge. Sie beschreiben Eigenschaften einfacher elektronischer Bauteile und Anwendungen der elektromagnetischen Induktion.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) in einfachen <i>Reihenschaltungen</i> und <i>Parallelschaltungen</i> Gesetzmäßigkeiten für <i>Stromstärke</i> und <i>Spannung</i> anwenden und erläutern	
(2) den Zusammenhang zwischen <i>Stromstärke</i> und <i>Spannung</i> untersuchen und erläutern (<i>Widerstand</i> , $R = \frac{U}{I}$)	

Die Schülerinnen und Schüler können	
(3) <i>Kennlinien</i> experimentell aufzeichnen und interpretieren (zum Beispiel Eisendraht, Graphit, technischer Widerstand) sowie die Abhängigkeit des <i>Widerstandes</i> von Länge, Querschnitt und Material beschreiben	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 2, 3, 4, 11 P 2.2 Kommunikation 5 P 2.3 Bewertung 1, 2, 3	
(4) die <i>Reihenschaltung</i> und <i>Parallelschaltung</i> zweier Widerstände untersuchen und beschreiben $(R_{\text{ges}} = R_1 + R_2, \frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 3, 10, 11 P 2.2 Kommunikation 5 P 2.3 Bewertung 2, 3 F M 3.2.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation	
(5) die <i>elektromagnetische Induktion</i> qualitativ untersuchen und beschreiben	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 1, 4	
(6) mithilfe der <i>elektromagnetischen Induktion</i> die Funktionsweise von <i>Generator</i> und <i>Transformator</i> qualitativ erklären	
P 2.2 Kommunikation 4	
(7) physikalische Aspekte der elektrischen Energieversorgung beschreiben (<i>Gleichspannung</i> , <i>Wechselspannung</i> , <i>Transformatoren</i> , Stromnetz)	
(8) physikalische Angaben auf Alltagsgeräten beschreiben („Akkuladung“; Gleichspannung, Wechselspannung)	
L VB Alltagskonsum	
(9) einfache elektronische Bauteile untersuchen, mithilfe ihrer <i>Kennlinien</i> funktional beschreiben und Anwendungen erläutern (zum Beispiel dotierte Halbleiter, Diode, Leuchtdiode, temperaturabhängige Widerstände, lichtabhängige Widerstände)	
P 2.2 Kommunikation 4	

3.3.3 Wärmelehre

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben reale Energieumwandlungen in Alltag und Technik. Sie beschreiben grundlegende Phänomene und Prozesse der Wärmelehre und wenden ihre Kenntnisse auf den sorgsamen Umgang mit Energie sowie auf den Treibhauseffekt an. Sie sind für das Problem der nachhaltigen Energieversorgung sensibilisiert; sie diskutieren und bewerten verschiedene Lösungsansätze.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen <i>Celsius-Skala</i> und <i>Kelvin-Skala</i> beschreiben (unter anderem <i>absoluter Nullpunkt</i>)	
F BNT 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik	

Die Schülerinnen und Schüler können	
(2) beschreiben, dass sich feste, flüssige und gasförmige Stoffe bei Temperaturerhöhung in der Regel ausdehnen	
F BNT 3.1.3 Wasser – ein lebenswichtiger Stoff	
(3) die Änderung der <i>thermischen Energie</i> bei Temperaturänderung beschreiben ($\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta T$)	
P 2.2 Kommunikation 2	
(4) die drei thermischen Energieübertragungsarten beschreiben (<i>Konvektion, Wärmestrahlung, Wärmeleitung</i>)	
F BNT 3.1.4 Energie effizient nutzen	
(5) technische Anwendungen mit Bezug auf die thermischen Energieübertragungsarten beschreiben (zum Beispiel Dämmung, Heizung, Wärmeschutzverglasung)	
L BNE Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen L VB Umgang mit eigenen Ressourcen	
(6) den Unterschied zwischen <i>reversiblen</i> und <i>irreversiblen</i> Prozessen beschreiben	
(7) ihre physikalischen Kenntnisse zur Beschreibung des <i>natürlichen</i> und <i>anthropogenen Treibhauseffektes</i> anwenden (zum Beispiel Strahlungsbilanz der Erde, Treibhausgase)	
(8) Auswirkungen des Treibhauseffektes auf die Klimaentwicklung beschreiben (zum Beispiel anhand von Diagrammen, Szenarien und Prognosen)	
(9) ihre physikalischen Kenntnisse anwenden, um mit <i>Energie</i> sorgsam und effizient umzugehen (zum Beispiel Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Ökonomie)	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 12, 13 P 2.2 Kommunikation 6, 7 P 2.3 Bewertung 5, 6, 8, 9, 10 F GEO 3.2.2.3 Phänomene des Klimawandels F GEO 3.3.4.1 Analyse ausgewählter Meeresräume L BNE Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung; Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen L VB Umgang mit eigenen Ressourcen	
(10) verschiedene Arten der Energieversorgung unter physikalischen, ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Aspekten vergleichen und bewerten (zum Beispiel fossile Brennstoffe, Kernenergie, Windenergie, Sonnenenergie)	
P 2.3 Bewertung 8, 9, 10 I 3.3.4 Struktur der Materie F GEO 3.2.2.3 Phänomene des Klimawandels F GEO 3.3.4.1 Analyse ausgewählter Meeresräume F NWT 3.2.2.2 Energieversorgungssysteme (*) L BNE Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung; Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen L BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt	

3.3.4 Struktur der Materie

Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit der Struktur der Materie, Kernzerfällen und den Eigenschaften ionisierender Strahlung auseinander. Dabei erkennen sie, dass das Wissen über die Struktur der Materie nicht nur die Grundlage für technische und medizinische Anwendungen ist, sondern auch Fragen der Kosmologie und des Lebens berührt. Sie wägen Nutzen und Risiken technischer und medizinischer Anwendungen der Kernphysik ab und argumentieren dabei insbesondere physikalisch.

Die Schülerinnen und Schüler können	
<p>(1) die Struktur der Materie im Überblick beschreiben und den Aufbau des Atoms erläutern (<i>Atomhülle, Atomkern, Elektron, Proton, Neutron, Quarks, Kernladungszahl, Massenzahl, Isotope</i>)</p>	<p>F CH.V2 3.2.1.2 Stoffe und ihre Teilchen</p>
<p>(2) <i>Kernzerfälle</i> und <i>ionisierende Strahlung</i> beschreiben (<i>Radioaktivität, α-Strahlung, β-Strahlung, γ-Strahlung, Halbwertszeit</i>)</p>	
<p>(3) biologische Wirkungen und gesundheitliche Folgen <i>ionisierender Strahlung</i> beschreiben sowie medizinische und technische Anwendungen nennen</p>	<p>P 2.3 Bewertung 8 L PG Sicherheit und Unfallschutz</p>
<p>(4) <i>Kernspaltung</i> und <i>Kernfusion</i> beschreiben (zum Beispiel Sterne)</p>	<p>P 2.3 Bewertung 8, 9, 11 L BNE Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung</p>
<p>(5) Nutzen und Risiken der medizinischen und technischen Anwendung von <i>ionisierender Strahlung</i> und <i>Kernspaltung</i> erläutern und bewerten</p>	<p>P 2.3 Bewertung 7, 8, 9 L BNE Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung L PG Sicherheit und Unfallschutz</p>
<p>(6) Gefahren <i>ionisierender Strahlung</i> für die menschliche Gesundheit und Maßnahmen zum Schutz beschreiben (zum Beispiel Abschirmung ionisierender Strahlung, Endlagerung radioaktiver Abfälle)</p>	<p>P 2.3 Bewertung 7, 8 L PG Sicherheit und Unfallschutz</p>

3.3.5 Mechanik (*)

3.3.5.1 Kinematik (*)

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben unterschiedliche Bewegungen mithilfe der kinematischen Grundgrößen verbal, in Diagrammen und funktional. Dabei unterscheiden sie insbesondere zwischen skalaren und vektoriellen Größen. Beim Aufzeichnen der Bewegung sowie bei der Auswertung nutzen sie auch digitale Medien (zum Beispiel Videoanalyse).

Die Schülerinnen und Schüler können	
<p>(1) die <i>Geschwindigkeit</i> als Änderungsrate des <i>Ortes</i> ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$) und die <i>Beschleunigung</i> als Änderungsrate der <i>Geschwindigkeit</i> ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) erklären und berechnen</p>	
<p>(2) geradlinig gleichförmige ($s(t) = v \cdot t, v = \text{konstant}$) sowie geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen ($s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, v(t) = a \cdot t, a = \text{konstant}$) verbal und rechnerisch beschreiben (<i>Zeitpunkt, Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung</i>)</p>	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 8, 9 P 2.2 Kommunikation 2</p>	
<p>(3) Bewegungsabläufe experimentell aufzeichnen (zum Beispiel freier Fall, schiefe Ebene), die Messwerte in Diagrammen darstellen und diese Diagramme interpretieren (<i>s-t-Diagramm, v-t-Diagramm, a-t-Diagramm</i>)</p>	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 2, 3, 5, 6, 7 P 2.2 Kommunikation 4, 6 P 2.3 Bewertung 1, 2, 3 L MB Informationstechnische Grundlagen; Mediengesellschaft</p>	
<p>(4) aus einem vorgegebenen Bewegungsdiagramm die jeweils anderen Bewegungsdiagramme ableiten (an eine quantitative Ableitung von <i>s-t-Diagrammen</i> aus <i>a-t-Diagrammen</i> ist nicht gedacht)</p>	
<p>(5) zusammengesetzte Bewegungen beschreiben (zum Beispiel Bootsfahrt über einen Fluss, waagerechter Wurf) und daran den vektoriellen Charakter der <i>Geschwindigkeit</i> erläutern</p>	
<p>(6) gleichförmige <i>Kreisbewegungen</i> untersuchen und beschreiben (<i>Radius, Bahngeschwindigkeit, Periodendauer, Frequenz, $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$</i>)</p>	
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 13</p>	

3.3.5.2 Dynamik (*)

Anknüpfend an ihre Fähigkeiten aus den vorangegangenen Schuljahren können die Schülerinnen und Schüler das auf wenige Prinzipien aufbauende System der Mechanik Newtons beschreiben und in verschiedenen Situationen anwenden. Sie erkennen insbesondere den Vorzug des Ursache-Wirkungs-Erklärungsansatzes der Newton’schen Dynamik gegenüber dem rein beschreibenden Charakter der Kinematik Galileis. Die Schülerinnen und Schüler können gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen experimentell untersuchen sowie, auf dem Kraftbegriff aufbauend, die Bewegung theoretisch beschreiben. Dabei unterscheiden sie zwischen idealisierten und reibungsbeeinflussten realen Bewegungsvorgängen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) das Zusammenwirken beliebig gerichteter <i>Kräfte</i> auf einen Körper beschreiben, dabei gegebenenfalls ein <i>Kräftegleichgewicht</i> oder die <i>resultierende Kraft</i> erkennen (unter anderem <i>schiefe Ebene</i>)
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 13
	(2) Bewegungsabläufe beschreiben und erklären. Dazu wenden sie die Newton’schen Prinzipien der Mechanik an und beschreiben sie auch mithilfe des Impulses (Trägheitsprinzip, $F = m \cdot a$ und $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, <i>Wechselwirkungsprinzip</i> , $p = m \cdot v$, <i>Impulserhaltungssatz</i>)
	(3) die Unterschiede zwischen realen und idealisierten Bewegungen erläutern (unter anderem <i>freier Fall</i> und Fall mit Luftwiderstand)
	(4) zusammengesetzte Bewegungen mithilfe der Newton’schen Prinzipien erklären (unter anderem <i>waagerechter Wurf</i>)
	(5) die gleichförmige <i>Kreisbewegung</i> eines Körpers mithilfe der <i>Zentripetalkraft</i> erklären ($F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$)

3.3.5.3 Erhaltungssätze (*)

Die Schülerinnen und Schüler kennen mit dem Energie- und Impulserhaltungssatz zwei fundamentale Naturprinzipien. Diese Erhaltungssätze erlauben ihnen, auch solche mechanischen Prozesse quantitativ zu untersuchen, deren Analyse mittels der Newton’schen Dynamik nicht möglich wäre, da die zugrundeliegende Wechselwirkung zu komplex oder gar unbekannt ist.

Für diese Untersuchung bilanzieren die Schülerinnen und Schüler die Erhaltungsgrößen bei geeigneten Zuständen des Prozesses, wie zum Beispiel den Anfangs- und Endzustand.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) Vorgänge aus Alltag und Technik energetisch beschreiben (<i>Energieerhaltung</i> , <i>Energiespeicherung</i> , <i>Energieübertragung</i> , <i>Energieumwandlung</i>)
	(2) beschreiben, dass mechanische <i>Energieübertragungen</i> mit Kraftwirkungen verbunden sind ($\Delta E = F_s \cdot \Delta s$ falls $F_s = \text{konstant}$)

Die Schülerinnen und Schüler können

(3) die bei mechanischen Prozessen auftretenden *Energieformen* quantitativ beschreiben

$$(E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2, E_{\text{Lage}} = m \cdot g \cdot h, E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2, \text{Nullniveau})$$

(4) den *Energieerhaltungssatz* der Mechanik erläutern und zur quantitativen Beschreibung eines Prozesses anwenden. Dabei wählen sie geeignete *Zustände* zur Energiebilanzierung aus

(5) Vorgänge aus Alltag und Technik mithilfe des Impulses beschreiben ($\vec{p} = m \cdot \vec{v}$)

(6) den *Impulserhaltungssatz* erläutern und zur quantitativen Beschreibung eines Prozesses anwenden (unter anderem *inelastischer Stoß*, *Rückstoßprinzip*). Dabei wählen sie geeignete *Zustände* zur Impulsbilanzierung aus

P 2.1 Erkenntnisgewinnung 8

P 2.2 Kommunikation 1, 2, 3, 4

3.4 Klassen 11/12 (Basisfach mit Schwerpunkt Quantenphysik)

3.4.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

Die Kompetenzen im Bereich „Denk- und Arbeitsweisen der Physik“ sollen – aufbauend auf den entsprechenden Kompetenzen der Klassenstufen 5 bis 10 – an geeigneten Stellen des Unterrichts in Verbindung mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen der anderen Bereiche erworben werden. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren dabei physikalische Denk- und Arbeitsweisen und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung in der Physik. Insbesondere unterscheiden sie die Physik als theoriegeleitete, empirische Naturwissenschaft von anderen Welterklärungsansätzen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der theoriegeleiteten Physik grundsätzlich empirisch überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)	
<ul style="list-style-type: none"> L BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt L PG Selbstregulation und Lernen; Wahrnehmung und Empfindung 	
(2) die Funktion von <i>Modellen</i> in der Physik erläutern (unter anderem anhand der Modellvorstellungen von <i>Licht</i> und <i>Materie</i>)	
<ul style="list-style-type: none"> P 2.1 Erkenntnisgewinnung 9, 11 P 2.3 Bewertung 4 F CH.V2 3.2.1.2 Stoffe und ihre Teilchen 	
(3) die Bedeutung von <i>Naturkonstanten</i> beschreiben (zum Beispiel anhand der Planck'schen Konstanten)	
<ul style="list-style-type: none"> L MB Information und Wissen 	

3.4.2 Elektromagnetische Felder

3.4.2.1 Elektrische und magnetische Felder

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen die Struktur statischer elektrischer und magnetischer Felder. Die Betrachtung der Superposition elektrischer und magnetischer Felder erfolgt zeichnerisch. Darüber hinaus vergleichen sie die Struktur des magnetischen und des elektrischen Feldes.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) die Struktur <i>elektrischer</i> und <i>magnetischer Felder</i> beschreiben (Feldbegriff, <i>Feldlinien</i> , <i>homogenes Feld</i> , elektrisches Radialfeld, Dipolfeld, Superposition von Feldern)	
(2) den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf eine Probeladung und der <i>elektrischen Feldstärke</i> beschreiben ($\vec{E} = \frac{\vec{F}_{el}}{q}$)	

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(3) die Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu einem <i>homogenen elektrischen Feld</i> qualitativ beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, <i>potentielle</i> und <i>kinetische Energie</i> , <i>Energieerhaltungssatz</i> , Bahnformen qualitativ)
	(4) den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter und der <i>magnetischen Flussdichte</i> beschreiben (<i>magnetische Flussdichte</i> , \vec{B} , $F = B \cdot I \cdot s$, Messung von Flussdichten)
	(5) die Kraftwirkung auf eine <i>elektrische Ladung</i> in einem <i>Magnetfeld</i> erläutern (<i>Lorentzkraft</i> , Drei-Finger-Regel, $F_L = q \cdot v \cdot B$)
	(6) die Bewegung geladener Teilchen senkrecht zu einem <i>homogenen Magnetfeld</i> qualitativ beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, Bahnformen qualitativ)
	(7) charakteristische Größen eines <i>Plattenkondensators</i> berechnen ($C = \frac{Q}{U}$, $E = \frac{U}{d}$, $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$, $E_{\text{Kond}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$) und technische Anwendungen beschreiben (zum Beispiel Standlicht beim Fahrrad)
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8
P	2.2 Kommunikation 2, 3, 4
	(8) den zeitabhängigen Aufladevorgang und Entladevorgang eines Kondensators anhand von <i>I-t-Diagrammen</i> qualitativ erläutern und den Entladevorgang mithilfe der <i>Exponentialfunktion</i> mathematisch beschreiben sowie den Einfluss der Parameter <i>Widerstand</i> und <i>Kapazität</i> beschreiben
F M	3.4.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang
	(9) charakteristische Größen einer schlanken Spule berechnen ($B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I$, $E_{\text{Spule}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$)

3.4.2.2 Elektrodynamik

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen das Phänomen der elektromagnetischen Induktion und beschreiben technische Anwendungen. Sie beschreiben im Überblick Ursache und Struktur elektromagnetischer Felder.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) mithilfe der <i>Lorentzkraft</i> erklären, dass in einem Leiter, der senkrecht zu einem <i>Magnetfeld</i> bewegt wird, eine <i>Spannung</i> beziehungsweise ein elektrischer Strom induziert wird
	(2) das Faraday'sche <i>Induktionsgesetz</i> untersuchen und beschreiben (<i>magnetischer Fluss</i> $\Phi = A \cdot B$ für <i>Feldlinien</i> des <i>Magnetfeldes</i> B , die senkrecht zur Fläche A verlaufen, $U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi}$, Lenz'sche Regel)

Die Schülerinnen und Schüler können

(3) Selbstinduktionseffekte an einem Beispiel beschreiben (*Induktivität*, $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$)

- P** 2.1 Erkenntnisgewinnung 8
P 2.2 Kommunikation 2, 3, 4, 5, 6
F M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang

(4) technische Anwendungen des *Induktionsgesetzes* qualitativ beschreiben
(zum Beispiel Generator, Transformator, Induktionsladegerät, Induktionskochplatte)

3.4.3 Schwingungen

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Schwingungen und übertragen diese anschließend auf elektromagnetische Schwingungen.

Die Schülerinnen und Schüler können

(1) *Schwingungen* experimentell aufzeichnen und mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen als zeitlich periodische Bewegungen um eine *Gleichgewichtslage* beschreiben und klassifizieren (*Auslenkung* $s(t)$, *Amplitude* \hat{s} , *Periodendauer* T , *Frequenz* f , *Kreisfrequenz* ω)

(2) *ungedämpfte harmonische Schwingungen* mathematisch beschreiben

$$(s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t), s(t) = \hat{s} \cdot \cos(\omega \cdot t), v(t) = \dot{s}(t), a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{s}(t))$$

- F** M 3.3.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation (14)
F M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang (9)

(3) den Zusammenhang zwischen *harmonischen* mechanischen *Schwingungen* und *linearer Rückstellkraft* an Beispielen beschreiben

- P** 2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8
P 2.2 Kommunikation 2

(4) die *Schwingung* eines Federpendels erklären ($T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$) und die auftretenden Energieumwandlungen beschreiben

(5) die *Schwingung* in einem *elektromagnetischen Schwingkreis* erklären und die auftretenden Energieumwandlungen beschreiben

(6) anhand eines Federpendels und eines *elektromagnetischen Schwingkreises* Gemeinsamkeiten und Unterschiede von mechanischen und elektromagnetischen *Schwingungen* erläutern

- P** 2.1 Erkenntnisgewinnung 10
L PG Selbstregulation und Lernen

3.4.4 Wellen

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Wellen und übertragen diese auf elektromagnetische Wellen. Sie erkennen, dass mit dem Huygens'schen Prinzip grundlegende Wellenphänomene erklärt werden können. Sie können ihre Erkenntnisse auf Alltagsphänomene anwenden.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1)	<i>Wellen</i> mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen beschreiben (Wellenlänge λ , Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$, Wellenfront, <i>Transversalwelle</i> , <i>Longitudinalwelle</i> , <i>Polarisation</i>)
(2)	grundlegende Wellenphänomene beschreiben (<i>Beugung</i> , <i>Reflexion</i> , <i>Brechung</i> , <i>Interferenz</i> , Energietransport) und in Alltagssituationen erkennen (zum Beispiel Meereswellen, Gegenschall)
P 2.2 Kommunikation 3, 4	
(3)	eindimensionale <i>stehende Wellen</i> beschreiben und als Interferenzphänomen erklären (Bäuche, Knoten, <i>Eigenfrequenzen</i> , Stellen <i>konstruktiver</i> beziehungsweise <i>destruktiver Interferenz</i> , <i>Reflexion</i> an festen beziehungsweise losen Enden, Wellenlängenbestimmung mittels Knotenabstand)
(4)	mithilfe des <i>Gangunterschieds</i> die Überlagerung zweidimensionaler <i>kohärenter Wellen</i> qualitativ beschreiben
(5)	grundlegende Wellenphänomene mithilfe des <i>Huygens'schen Prinzips</i> erklären (zum Beispiel <i>Beugung</i> , <i>Reflexion</i>)
(6)	das <i>elektromagnetische Spektrum</i> im Überblick beschreiben

3.4.5 Wellenoptik

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen optische Interferenzphänomene und beschreiben diese mithilfe des Modells der elektromagnetischen Welle. Sie können ihre Erkenntnisse auf Alltagsphänomene anwenden.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1)	kohärentes <i>Licht</i> als <i>elektromagnetische Welle</i> beschreiben (unter anderem <i>Lichtgeschwindigkeit</i>)
I 3.4.3 Schwingungen I 3.4.4 Wellen	
(2)	das <i>Strahlenmodell</i> und das <i>Wellenmodell</i> des <i>Lichts</i> miteinander vergleichen (Gültigkeitsbereich des Strahlenmodells: zum Beispiel <i>Beugung</i> an einer Blende, Dispersion)
P 2.3 Bewertung 4, 11	
(3)	die Struktur der <i>Interferenzmuster</i> und der <i>Intensitätsverteilung</i> bei <i>Beugung</i> an <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> beschreiben

Die Schülerinnen und Schüler können
(4) die Lage von <i>Interferenzminima</i> beziehungsweise <i>Interferenzmaxima</i> bei ausgewählten Beugungsvorgängen in Fernfeldnäherung berechnen (Maxima beim <i>Doppelspalt</i> , <i>Hauptmaxima</i> beim <i>Gitter</i>)
(5) die Spektralzerlegung des <i>Lichts</i> polychromatischer Lichtquellen als Interferenzphänomen erklären und am <i>Doppelspalt</i> oder <i>Gitter</i> experimentell untersuchen

3.4.6 Quantenphysik und Materie

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass jegliche klassische Modellvorstellung zur vollständigen und widerspruchsfreien Beschreibung des Verhaltens von Quantenobjekten wie Photonen und Elektronen versagen. Insbesondere stellen sie fest, dass quantenphysikalische Erkenntnisse und Experimente vertraute Konzepte und Begriffe (Determinismus, Kausalität, Bahnbegriff) in Frage stellen. Sie beschreiben das Verhalten von Quantenobjekten unter anderem mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die Schülerinnen und Schüler verbinden die Beobachtung von Linienspektren mit der Struktur der Atomhülle. Sie verwenden den Photonenbegriff zur Erklärung von Emissions- und Absorptionsspektren von Atomen.

Die Schülerinnen und Schüler können
(1) Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen <i>Wellen</i> , klassischen <i>Teilchen</i> und <i>Quantenobjekten</i> am <i>Doppelspalt</i> beschreiben
(2) erläutern, wie für <i>Quantenobjekte</i> der Determinismus der klassischen Physik durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt wird
(3) Experimente zur Interferenz einzelner <i>Quantenobjekte</i> anhand von Wahrscheinlichkeitsaussagen beschreiben und den Ausgang der Experimente erklären
(4) am Beispiel des Doppelspaltexperimentes beschreiben, dass <i>Quantenobjekte</i> zwar stets Wellen- und Teilcheneigenschaften aufweisen, sich diese aber nicht unabhängig voneinander beobachten lassen. Sie können dies anhand der <i>Interferenzfähigkeit</i> und der <i>Welcher-Weg-Information</i> bei einzelnen <i>Quantenobjekten</i> erläutern (<i>Komplementarität</i>)
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 11</p> <p>P 2.3 Bewertung 4</p> <p>I 3.4.3 Schwingungen</p> <p>I 3.4.4 Wellen</p> <p>I 3.4.5 Wellenoptik</p> <p>F M 3.3.5 Leitidee Daten und Zufall</p> <p>L PG Selbstregulation und Lernen</p>
(5) den <i>lichtelektrischen Effekt</i> beschreiben und anhand der Einstein’schen Lichtquantenhypothese erklären (Hallwachs-Effekt, Einstein’sche Gleichung $E_{\text{kin,max}} = h \cdot f - E_A$, Planck’sche Konstante h)
P 2.3 Bewertung 4, 11
(6) erläutern, wie sich <i>Quantenobjekte</i> anhand ihrer <i>Energie</i> und anhand ihres <i>Impulses</i> beschreiben lassen ($E_{\text{Quant}} = h \cdot f$, $p = \frac{h}{\lambda}$, <i>de Broglie-Wellenlänge</i> von Materiewellen)

Die Schülerinnen und Schüler können

(7) erläutern, dass messbare Eigenschaften von Objekten der klassischen Physik bereits vor ihrer Messung real vorliegen und dass der Wert der Messung unabhängig davon ist, ob überhaupt gemessen wurde. Sie können beschreiben, dass diese Aussage für Quantenobjekte im Allgemeinen nicht gilt (Realität, zum Beispiel bei verschränkten Photonen)

(8) erläutern, dass räumlich getrennte Objekte eines zusammengesetzten Systems aus Objekten der Klassischen Physik alle ihre messbaren Eigenschaften unabhängig voneinander besitzen. Sie können beschreiben, dass diese Aussage für Quantenobjekte im Allgemeinen nicht gilt (Lokalität, zum Beispiel bei verschränkten Photonen)

(9) Linienspektren von *Atomen* als Übergänge zwischen diskreten Energieniveaus beschreiben und in einem Energieniveauschema veranschaulichen (*Absorption, Emission, Bohr'sche* Frequenzbedingung $f = \frac{\Delta E}{h}$, Energiewerte des Wasserstoffatoms)

(10) können unterschiedliche atomare Modellvorstellungen im Überblick beschreiben (Rutherford'sches Atommodell, Orbitale des Wasserstoffatoms)

- I** 3.3.4 Struktur der Materie
- F** CH.V2 3.2.2.3 Energetische Aspekte chemischer Reaktionen (1)
- L** PG Selbstregulation und Lernen

3.5 Klassen 11/12 (Basisfach mit Schwerpunkt Astrophysik)

3.5.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik und Astrophysik

Die Kompetenzen im Bereich „Denk- und Arbeitsweisen der Physik und Astrophysik“ sollen – aufbauend auf den entsprechenden Kompetenzen der Klassenstufen 5 bis 10 – an geeigneten Stellen des Unterrichts in Verbindung mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen der anderen Bereiche erworben werden. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren dabei die Denk- und Arbeitsweisen der Physik und Astrophysik und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung. Insbesondere unterscheiden sie empirische Naturwissenschaften von anderen Welterklärungsansätzen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der theoriegeleiteten Physik grundsätzlich empirisch überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)	
(2) die Astronomie als Beobachtungswissenschaft beschreiben, die zur Erklärung beobachteter Phänomene die Gesetze der Physik und Chemie anwendet (unter anderem Bildgebung und Spektroskopie, Instrumente zur Beobachtung: Teleskope, Detektoren)	
(3) die Funktion von <i>Modellen</i> in der Physik und Astrophysik erläutern (unter anderem Modellvorstellungen von <i>Licht</i> und <i>Materie</i> sowie zur Kosmologie und zur zeitlichen Entwicklung des Kosmos, Urknall)	
F REV 3.1.4 Gott (4) L BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt L PG Selbstregulation und Lernen; Wahrnehmung und Empfindung	
(4) die Bedeutung von <i>Naturkonstanten</i> beschreiben (zum Beispiel Lichtgeschwindigkeit, Planck'sche Konstante)	
(5) astronomische Objekte mithilfe physikalischer Größen unter Verwendung geeigneter Einheiten beschreiben (zum Beispiel Astronomische Einheit, Lichtjahr, Parsec, Sonnenmasse, Sonnenleuchtkraft)	
L MB Information und Wissen	

3.5.2 Elektromagnetische Felder

3.5.2.1 Elektrische und magnetische Felder

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen die Struktur statischer elektrischer und magnetischer Felder. Die Betrachtung der Superposition elektrischer und magnetischer Felder erfolgt zeichnerisch. Darüber hinaus vergleichen sie die Struktur des magnetischen und des elektrischen Feldes.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) die Struktur <i>elektrischer</i> und <i>magnetischer Felder</i> beschreiben (Feldbegriff, <i>Feldlinien</i> , <i>homogenes Feld</i> , elektrisches Radialfeld, Dipolfeld, Superposition von Feldern)	

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(2) den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf eine Probeladung und der elektrischen Feldstärke beschreiben ($\vec{E} = \frac{\vec{F}_{el}}{q}$)
	(3) die Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu einem <i>homogenen elektrischen Feld</i> qualitativ beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, <i>potentielle</i> und <i>kinetische Energie</i> , <i>Energieerhaltungssatz</i> , Bahnformen qualitativ)
	(4) den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter und der <i>magnetischen Flussdichte</i> beschreiben (<i>magnetische Flussdichte</i> \vec{B} , $F = B \cdot I \cdot s$, Messung von Flussdichten)
	(5) die Kraftwirkung auf eine <i>elektrische Ladung</i> in einem <i>Magnetfeld</i> erläutern (<i>Lorentzkraft</i> , Drei-Finger-Regel, $F_L = q \cdot v \cdot B$)
	(6) die Bewegung geladener Teilchen senkrecht zu einem <i>homogenen Magnetfeld</i> qualitativ beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, Bahnformen qualitativ)
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8
P	2.2 Kommunikation 2, 3, 4
	(7) charakteristische Größen eines Plattenkondensators berechnen ($C = \frac{Q}{U}$, $E = \frac{U}{d}$, $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$, $E_{Kond} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$) und technische Anwendungen beschreiben (zum Beispiel Standlicht beim Fahrrad)
	(8) den zeitabhängigen Aufladevorgang und Entladevorgang eines <i>Kondensators</i> anhand von <i>I-t-Diagrammen</i> qualitativ erläutern und den Entladevorgang mithilfe der <i>Exponentialfunktion</i> mathematisch beschreiben sowie den Einfluss der Parameter <i>Widerstand</i> und <i>Kapazität</i> beschreiben
F	M 3.4.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang
	(9) charakteristische Größen einer schlanken Spule berechnen ($B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I$)

3.5.2.2 Elektrodynamik

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen das Phänomen der elektromagnetischen Induktion und beschreiben technische Anwendungen. Sie beschreiben im Überblick Ursache und Struktur elektromagnetischer Felder.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) mithilfe der <i>Lorentzkraft</i> erklären, dass in einem Leiter, der senkrecht zu einem <i>Magnetfeld</i> bewegt wird, eine <i>Spannung</i> beziehungsweise ein elektrischer Strom induziert wird

Die Schülerinnen und Schüler können

(2) das Faraday'sche *Induktionsgesetz* untersuchen und beschreiben (*magnetischer Fluss* $\Phi = A \cdot B$ für *Feldlinien* des *Magnetfeldes* B , die senkrecht zur Fläche A verlaufen, $U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi}$, *Lenz'sche Regel*)

- P** 2.1 Erkenntnisgewinnung 8
P 2.2 Kommunikation 2, 3, 4, 5, 6
F M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang

(3) eine technische Anwendung des *Induktionsgesetzes* qualitativ beschreiben (zum Beispiel Generator, Transformator, Induktionsladegerät, Induktionskochplatte)

3.5.3 Schwingungen

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Schwingungen und übertragen diese anschließend auf elektromagnetische Schwingungen.

Die Schülerinnen und Schüler können

(1) *Schwingungen* experimentell aufzeichnen und mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen als zeitlich periodische Bewegungen um eine *Gleichgewichtslage* beschreiben und klassifizieren (*Auslenkung* $s(t)$, *Amplitude* \hat{s} , *Periodendauer* T , *Frequenz* f , *Kreisfrequenz* ω)

(2) ungedämpfte harmonische Schwingungen mathematisch beschreiben ($s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t)$, $s(t) = \hat{s} \cdot \cos(\omega \cdot t)$, $v(t) = \dot{s}(t)$, $a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{s}(t)$)

- F** M 3.3.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation (14)
F M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang (9)
L PG Wahrnehmung und Empfindung

(3) den Zusammenhang zwischen *harmonischen* mechanischen *Schwingungen* und *linearer Rückstellkraft* an Beispielen beschreiben

- P** 2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8
P 2.2 Kommunikation 2

(4) die *Schwingung* eines Federpendels erklären ($T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$) und die auftretenden Energieumwandlungen beschreiben

(5) die *Schwingung* in einem *elektromagnetischen Schwingkreis* erklären und die auftretenden Energieumwandlungen beschreiben

- P** 2.1 Erkenntnisgewinnung 10

3.5.4 Wellen

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Wellen und übertragen diese auf elektromagnetische Wellen sowie auf Gravitationswellen. Sie erkennen, dass mit dem Huygens'schen Prinzip grundlegende Wellenphänomene erklärt werden können. Sie können ihre Erkenntnisse auf Alltags- und astrophysikalische Phänomene anwenden.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1)	Wellen mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen beschreiben (<i>Wellenlänge λ, Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$, Wellenfront, Transversalwelle, Longitudinalwelle, Polarisation</i>)
(2)	grundlegende Wellenphänomene beschreiben (<i>Beugung, Reflexion, Brechung, Interferenz, Energietransport</i>)
(3)	eindimensionale stehende Wellen beschreiben und als Interferenzphänomen erklären (<i>Bäuche, Knoten, Eigenfrequenzen, Stellen konstruktiver beziehungsweise destruktiver Interferenz, Reflexion an festen beziehungsweise losen Enden, Wellenlängenbestimmung mittels Knotenabstand</i>)
P	2.2 Kommunikation 3, 4
(4)	mithilfe des <i>Gangunterschieds</i> die Überlagerung zweidimensionaler <i>kohärenter Wellen</i> qualitativ beschreiben
(5)	grundlegende Wellenphänomene mithilfe des <i>Huygens'schen Prinzips</i> erklären (zum Beispiel <i>Beugung, Reflexion</i>)
(6)	erklären, dass ein Beobachter, der sich relativ zu einem Wellensender bewegt, eine andere <i>Frequenz</i> beziehungsweise <i>Wellenlänge</i> wahrnimmt als die von der Quelle erzeugte (<i>Doppler-Effekt, Rotverschiebung und Blauverschiebung</i>)
(7)	das <i>elektromagnetische Spektrum</i> im Überblick beschreiben
(8)	Eigenschaften von <i>elektromagnetischen Wellen</i> und <i>Gravitationswellen</i> vergleichen (zum Beispiel <i>Ausbreitungsgeschwindigkeit, Ausbreitung im Vakuum, Transversalwellen</i>)

3.5.5 Wellenoptik

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen optische Interferenzphänomene und beschreiben diese mithilfe des Modells der elektromagnetischen Welle. Sie erklären Beugungsmuster mithilfe der Interferenz und lernen die Methode der Spektralanalyse kennen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1)	kohärentes Licht als <i>elektromagnetische Welle</i> beschreiben (unter anderem <i>Lichtgeschwindigkeit</i>)
I	3.5.3 Schwingungen
I	3.5.4 Wellen

Die Schülerinnen und Schüler können	
(2) das <i>Strahlenmodell</i> und das <i>Wellenmodell</i> des <i>Lichts</i> miteinander vergleichen (Gültigkeitsbereich des <i>Strahlenmodells</i> : zum Beispiel <i>Beugung</i> an einer Blende, <i>Dispersion</i>)	
<p>P 2.3 Bewertung 4, 11</p> <p>L PG Selbstregulation und Lernen</p>	
(3) die Struktur der <i>Interferenzmuster</i> und der <i>Intensitätsverteilung</i> bei <i>Beugung an Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> beschreiben	
(4) die Lage von <i>Interferenzmaxima</i> bei ausgewählten Beugungsvorgängen in Fernfeldnäherung berechnen (Maxima beim <i>Doppelspalt</i> , <i>Hauptmaxima</i> beim <i>Gitter</i>)	
(5) die Spektralzerlegung des <i>Lichts</i> polychromatischer Lichtquellen als Interferenzphänomen erklären und am <i>Gitter</i> experimentell untersuchen	
<p>L PG Selbstregulation und Lernen; Wahrnehmung und Empfindung</p>	
(6) Spektren verschiedener Lichtquellen experimentell untersuchen	

3.5.6 Atom- und Kernphysik

Die Schülerinnen und Schüler verbinden die Beobachtung von Linienspektren mit der Struktur der Atomhülle. Sie verwenden den Photonenbegriff zur Erklärung von Emissions- und Absorptionsspektren. Sie beschreiben, wie sich aus Spektren Erkenntnisse über die physikalischen und chemischen Eigenschaften astronomischer Objekte gewinnen lassen. Sie beschreiben Kernreaktionen unter anderem mithilfe der Bindungsenergie.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) den <i>lichtelektrischen Effekt</i> beschreiben und anhand der Einstein'schen Lichtquantenhypothese erklären (Hallwachs-Effekt, Einstein'sche Gleichung $E_{\text{kin,max}} = h \cdot f - E_A$, Planck'sche Konstante h)	
<p>P 2.3 Bewertung 4, 11</p>	
(2) erläutern, wie sich <i>Quantenobjekte</i> anhand ihrer <i>Energie</i> und anhand ihres <i>Impulses</i> beschreiben lassen ($E_{\text{Quant}} = h \cdot f$, $p = \frac{h}{\lambda}$, <i>de Broglie-Wellenlänge</i> von Materiewellen)	
(3) unterschiedliche Arten von Spektren beschreiben (kontinuierliche Spektren, Linienspektren, Emissions- und Absorptionsspektren)	
(4) Linienspektren von <i>Atomen</i> und Molekülen als Übergang zwischen diskreten Energieniveaus beschreiben (Bohr'sche Frequenzbedingung $f = \frac{\Delta E}{h}$)	
(5) erklären, wie mithilfe von Spektren Informationen über die chemische Zusammensetzung kosmischer Materie gewonnen werden können (zum Beispiel Atmosphären von Sternen und Planeten, interstellares Gas, Molekülwolken)	

Die Schülerinnen und Schüler können	
(6) die <i>Kernfusion</i> als Energiefreisetzungsprozess in Sternen beschreiben (<i>Bindungsenergie, pp-Kette</i>)	
<p>I 3.3.4 Struktur der Materie</p> <p>F CH.V2 3.2.2.3 Energetische Aspekte chemischer Reaktionen (1)</p> <p>L PG Selbstregulation und Lernen</p>	

3.5.7 Astrophysik

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Kosmos als Ganzes und die astronomischen Objekte mithilfe physikalischer Gesetzmäßigkeiten. Sie beschreiben die kosmische Expansion und deren zentrale Bedeutung für die Entwicklung des Universums. Die Schülerinnen und Schüler erklären die Sternentwicklung in Grundzügen als Abfolge von stabilen und instabilen Phasen. Sie beschreiben Methoden zum Nachweis und zur Untersuchung der Eigenschaften von Exoplaneten.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) die Entwicklung des Universums in Grundzügen beschreiben (<i>Kosmologisches Standardmodell: Urknall, kosmische Expansion, Alter des Universums, Hintergrundstrahlung, Entstehung der Atome, Entstehung von Galaxien</i>)	
(2) <i>Galaxien</i> als zusammengesetzte Systeme beschreiben (zum Beispiel Sterne, Planetensysteme, interstellares Gas, Dunkle Materie)	
(3) die entfernungsabhängige <i>Rotverschiebung</i> der <i>Galaxien</i> beschreiben und als Folge der Expansion des Universums interpretieren (<i>Hubble-Relation, $v = H_0 \cdot r$, kosmischer Skalenfaktor</i>)	
<p>F M 3.3.3 Leitidee Raum und Form</p>	
(4) beschreiben, dass die Stabilität beziehungsweise Instabilität von kosmischen Objekten von den Eigenschaften eines der <i>Gravitation</i> entgegenwirkenden Drucks abhängt	
(5) die Sternentstehung in Grundzügen beschreiben (Vor-Hauptreihenentwicklung, <i>Gravitation</i> und innerer Gasdruck von Molekülwolken, Bedingungen für den Kollaps von Molekülwolken, Energieabstrahlung beim Kollaps, <i>Protostern</i> , Einsetzen von Fusionsprozessen)	
(6) das <i>Hauptreihenstadium</i> beschreiben (<i>Gravitation</i> und innerer Gasdruck, <i>Kernfusion</i> , Energietransport zur Oberfläche, temperaturabhängige Abstrahlung, die Sonne als <i>Stern</i>)	
(7) die Nach-Hauptreihenentwicklung für verschiedene Sternmassen beschreiben (<i>Schalenbrennen, Roter Riese</i> , zukünftige Entwicklung der Sonne, Kriterien für die Stabilität der Endstadien: <i>Weißer Zwerg, Neutronenstern, Schwarzes Loch, Schwarzschildradius $R_s = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$</i>)	
<p>I 3.5.6 Atom- und Kernphysik (6)</p>	
(8) Methoden zum Nachweis <i>extrasolarer Planeten</i> beschreiben (zum Beispiel Transitmethode, Radialgeschwindigkeitsmethode, astrometrische Methode, Mikrogravitationslinsenmethode, direkte Abbildung)	

Die Schülerinnen und Schüler können

(9) erläutern, wie sich mithilfe der Spektralanalyse die Eigenschaften von Planetenatmosphären bestimmen lassen (zum Beispiel Temperatur, chemische Zusammensetzung, mögliche Hinweise auf Leben)

- I** 3.5.6 Atom- und Kernphysik (5)
- L** BNE Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung
- L** PG Selbstregulation und Lernen

3.6 Klassen 11/12 (Leistungsfach)

3.6.1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

Die Kompetenzen im Bereich „Denk- und Arbeitsweisen der Physik“ sollen – aufbauend auf den entsprechenden Kompetenzen der Klassenstufen 5 bis 10 – an geeigneten Stellen des Unterrichts in Verbindung mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen der anderen Bereiche erworben werden. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren dabei physikalische Denk- und Arbeitsweisen und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung in der Physik. Insbesondere unterscheiden sie die Physik als theoriegeleitete, empirische Naturwissenschaft von anderen Welterklärungsansätzen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der theoriegeleiteten Physik grundsätzlich empirisch überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)	
<ul style="list-style-type: none"> L BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt L PG Selbstregulation und Lernen; Wahrnehmung und Empfindung 	
(2) die Funktion von <i>Modellen</i> in der Physik erläutern (unter anderem anhand der Modellvorstellungen von <i>Licht</i> und <i>Materie</i>)	
<ul style="list-style-type: none"> P 2.1 Erkenntnisgewinnung 9, 11 P 2.3 Bewertung 4 F CH.V2 3.2.1.2 Stoffe und ihre Teilchen 	
(3) die Bedeutung von <i>Naturkonstanten</i> beschreiben (zum Beispiel anhand der Planck’schen Konstanten)	
<ul style="list-style-type: none"> L MB Information und Wissen 	

3.6.2 Elektromagnetische Felder

3.6.2.1 Elektrisches Feld

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und erläutern die Ursache sowie die Struktur statischer elektrischer Felder. Sie sind in der Lage, homogene Felder auch quantitativ zu beschreiben. Die Betrachtung der Superposition elektrischer Felder erfolgt im Allgemeinen zeichnerisch, im Falle senkrechter und paralleler Felder auch rechnerisch.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) die Kraftwirkungen zwischen elektrisch geladenen Körpern beschreiben (Abstoßung, Anziehung, Coulomb’sches Gesetz, $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$)	
(2) die Struktur <i>elektrischer Felder</i> beschreiben (Feldbegriff, <i>Feldlinien</i> , <i>homogenes Feld</i> , radiales Feld einer Punktladung, Feld eines Dipols, Quelle und Senke, Superposition von <i>elektrischen Feldern</i>)	

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(3) das Verhalten von Materie im <i>elektrischen Feld</i> beschreiben (<i>Influenz, Polarisierung</i>)
	(4) den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf eine Probeladung und der <i>elektrischen Feldstärke</i> anhand eines Experimentes erläutern ($\vec{E} = \frac{\vec{F}_{el}}{q}$)
	(5) die <i>elektrische Feldstärke</i> eines <i>Plattenkondensators</i> beschreiben ($E = \frac{U}{d}$)
	(6) die <i>Kapazität</i> eines <i>Kondensators</i> erläutern ($C = \frac{Q}{U}$)
	(7) die Eigenschaften eines <i>Plattenkondensators</i> beschreiben ($C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$, $E_{Kond} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$), <i>Kondensator als Energiespeicher, Dielektrikum</i>)
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8</p> <p>P 2.2 Kommunikation 2, 3, 4</p>	
	(8) den zeitabhängigen <i>Aufladevorgang</i> und <i>Entladevorgang</i> eines <i>Kondensators</i> anhand von <i>U-t</i> und <i>I-t-Diagrammen</i> erläutern und mithilfe der <i>Exponentialfunktion</i> mathematisch beschreiben sowie den Einfluss der Parameter <i>Widerstand</i> und <i>Kapazität</i> beschreiben
<p>F M 3.4.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang</p>	
	(9) den Zusammenhang zwischen <i>Spannung</i> und <i>Potential</i> erläutern (Äquipotentiallinien eines <i>homogenen Feldes</i> sowie des Feldes eines Dipols)
	(10) Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen <i>elektrischen Feldern</i> und <i>Gravitationsfeldern</i> beschreiben (<i>homogene Felder</i> , Felder einzelner Ladungen beziehungsweise Massen)
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 10</p>	
	(11) die Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu einem <i>homogenen elektrischen Feld</i> quantitativ beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, <i>potentielle</i> und <i>kinetische Energie</i> , <i>Energieerhaltungssatz</i> , Bahnformen)
<p>I 3.3.5 Mechanik (*)</p> <p>L PG Selbstregulation und Lernen</p>	

3.6.2.2 Magnetisches Feld

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und erläutern die Ursache sowie die Struktur statischer magnetischer Felder. Sie sind in der Lage, homogene Felder und die Bewegung geladener Teilchen darin auch quantitativ zu beschreiben. Die Betrachtung der Superposition magnetischer Felder erfolgt im Allgemeinen zeichnerisch, im Falle senkrechter und paralleler Felder auch rechnerisch. Sie vergleichen die Struktur des elektrischen und magnetischen Feldes.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) die Struktur <i>magnetischer Felder</i> beschreiben (<i>Feldlinien, homogenes Feld</i> , einfache nicht-homogene Felder, Feld um einen geraden Leiter, Handregel, Superposition von <i>magnetischen Feldern</i>)

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(2) die Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter in einem <i>Magnetfeld</i> erläutern (<i>magnetische Flussdichte</i> \vec{B} , $F = B \cdot I \cdot s$)
	(3) die Kraftwirkung auf eine <i>elektrische Ladung</i> in einem <i>Magnetfeld</i> erläutern (<i>Lorentzkraft</i> , Drei-Finger-Regel, ($F_L = q \cdot v \cdot B$))
	(4) den <i>Hall-Effekt</i> beschreiben
	(5) das <i>Magnetfeld</i> einer schlanken Spule untersuchen und beschreiben ($B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I$)
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8 P 2.2 Kommunikation 2, 3, 4, 5</p>	
	(6) die Bewegung geladener Teilchen senkrecht zu einem <i>homogenen Magnetfeld</i> quantitativ beschreiben und hierbei ihre Kenntnisse aus der Mechanik anwenden (Newton'sche Prinzipien, Bahnformen)
	(7) die Bewegung geladener Teilchen in gekreuzten <i>homogenen elektrischen</i> und <i>magnetischen Feldern</i> erklären (zum Beispiel Wien'sches Filter und Massenspektrograph)

3.6.2.3 Elektrodynamik

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen das Phänomen der elektromagnetischen Induktion und erläutern technische Anwendungen. Sie beschreiben die Ursache und Struktur elektromagnetischer Felder anhand der Aussagen der Maxwell-Gleichungen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) mithilfe der <i>Lorentzkraft</i> erklären, dass in einem Leiter, der senkrecht zu einem <i>Magnetfeld</i> bewegt wird, eine <i>Spannung</i> beziehungsweise ein elektrischer Strom induziert wird
	(2) das Faraday'sche <i>Induktionsgesetz</i> erläutern und anwenden (<i>magnetischer Fluss</i> $\Phi = A \cdot B$ für <i>Feldlinien</i> des <i>Magnetfeldes</i> B , die senkrecht zur Fläche A verlaufen, $U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi}$, Lenz'sche Regel)
	(3) technische Anwendungen des <i>Induktionsgesetzes</i> qualitativ beschreiben (zum Beispiel Generator, Transformator, Induktionsladegerät)
	(4) Selbstinduktionseffekte in Stromkreisen bei Ein- und Ausschaltvorgängen erklären (<i>Induktivität</i> , $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$)
	(5) die Eigenschaften einer schlanken Spule beschreiben ($L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \frac{A}{l}$, $E_{\text{Spule}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$)
<p>P 2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8 P 2.2 Kommunikation 2, 3, 4, 5, w6 F M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang F M 3.4.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang</p>	
	(6) Ursache und Struktur <i>elektromagnetischer Felder</i> anhand der Aussagen der Maxwell-Gleichungen im Überblick beschreiben
	(7) eine technische Anwendung elektrischer Wirbelströme beschreiben (zum Beispiel Wirbelstrombremse, Induktionskochplatte)

3.6.3 Schwingungen

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Schwingungen und wenden ihre Kenntnisse anschließend auf elektromagnetische Schwingungen an. Sie erkennen, dass Differentialgleichungen zur mathematischen Behandlung von Schwingungen notwendig sind.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) <i>Schwingungen</i> experimentell aufzeichnen und mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen als zeitlich periodische Bewegungen um eine <i>Gleichgewichtslage</i> beschreiben und klassifizieren (<i>Auslenkung</i> $s(t)$, <i>Amplitude</i> \hat{s} , <i>Periodendauer</i> T , <i>Frequenz</i> f , <i>Kreisfrequenz</i> ω , <i>harmonisch</i> und nicht <i>harmonisch</i> , <i>gedämpft</i> und <i>ungedämpft</i>)	
(2) <i>ungedämpfte harmonische Schwingungen</i> mathematisch beschreiben (unter anderem $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t)$, $s(t) = \hat{s} \cdot \cos(\omega \cdot t)$, $v(t) = \dot{s}(t)$, $a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{s}(t)$)	
(3) die zeitlich abnehmende <i>Amplitude</i> einer <i>gedämpften Schwingung</i> mathematisch beschreiben (geschwindigkeitsproportionale Reibung)	
F M	3.3.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation (14)
F M	3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang (9)
(4) den Zusammenhang zwischen <i>harmonischen</i> mechanischen <i>Schwingungen</i> und <i>linearer Rückstellkraft</i> beschreiben (unter anderem horizontales Federpendel)	
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 6, 7, 8
P	2.2 Kommunikation 2
(5) die Schwingungs-Differentialgleichung eines Federpendels durch einen geeigneten Ansatz lösen ($\ddot{s}(t) = -\frac{D}{m} \cdot s(t)$, $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$)	
(6) die Schwingungs-Differentialgleichung eines Fadenpendels durch einen geeigneten Ansatz lösen ($\ddot{s}(t) = -\frac{g}{l} \cdot s(t)$, $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$)	
F M	3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang (9)
(7) die <i>Schwingung</i> in einem <i>elektromagnetischen Schwingkreis</i> erklären und die auftretenden Energieumwandlungen erläutern	
P	2.2 Kommunikation 3, 4
(8) die Schwingungs-Differentialgleichung eines <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i> durch einen geeigneten Ansatz lösen ($\ddot{Q}(t) = -\frac{1}{L \cdot C} \cdot Q(t)$, $T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$)	
F M	3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang (9)
(9) Gemeinsamkeiten und Unterschiede von mechanischen und elektromagnetischen <i>Schwingungen</i> erläutern (zum Beispiel anhand eines Federpendels und eines <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i>)	
P	2.1 Erkenntnisgewinnung 10
(10) Resonanz bei erzwungenen <i>Schwingungen</i> beschreiben (<i>Eigenfrequenz</i> , <i>Erregerfrequenz</i>)	

3.6.4 Wellen

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Modellvorstellungen zunächst an mechanischen Wellen und übertragen ihre Kenntnisse anschließend auf elektromagnetische Wellen. Sie erkennen, dass mit dem Huygens'schen Prinzip grundlegende Wellenphänomene erklärt werden können. Im Vordergrund der Betrachtungen stehen Transversalwellen, an geeigneten Beispielen erkennen die Schülerinnen und Schüler aber auch die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu Longitudinalwellen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
	(1) <i>Wellen</i> mithilfe charakteristischer Eigenschaften und Größen beschreiben (<i>Wellenlänge</i> λ , <i>Ausbreitungsgeschwindigkeit</i> $c = \lambda \cdot f$, <i>Wellenfront</i> , <i>Wellennormale</i> , <i>Polarisation</i>)
	(2) den Unterschied zwischen <i>Longitudinalwellen</i> und <i>Transversalwellen</i> erläutern
	(3) grundlegende Wellenphänomene beschreiben (<i>Beugung</i> , <i>Reflexion</i> , <i>Brechung</i> , <i>Interferenz</i> , <i>Energietransport</i>) und in Alltagssituationen erkennen (zum Beispiel <i>Meereswellen</i> , <i>Gegenschall</i>)
P	2.2 Kommunikation 3, 4
	(4) können die zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen <i>Welle</i> in einer mathematischen Darstellung beschreiben ($s(x, t) = \hat{s} \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$)
F	M 3.3.4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang
	(5) eindimensionale <i>stehende Transversalwellen</i> beschreiben und als Interferenzphänomen erklären (<i>Bäuche</i> , <i>Knoten</i> , <i>Eigenfrequenzen</i> , Stellen <i>konstruktiver</i> beziehungsweise <i>destruktiver Interferenz</i> , <i>Reflexion</i> an festen beziehungsweise losen Enden, Wellenlängenbestimmung mittels Knotenabstand)
	(6) mithilfe des <i>Gangunterschieds</i> die Überlagerung zweidimensionaler <i>kohärenter Wellen</i> beschreiben
	(7) Wellenphänomene mithilfe des <i>Huygens'schen Prinzips</i> erklären (zum Beispiel <i>Beugung</i> , <i>Reflexion</i>)
	(8) das <i>elektromagnetische Spektrum</i> im Überblick beschreiben
	(9) den Hertz'schen Dipol als Grenzfall eines <i>elektromagnetischen Schwingkreises</i> erkennen und die daraus entstehende Abstrahlung <i>elektromagnetischer Wellen</i> in Grundzügen beschreiben

3.6.5 Wellenoptik

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen optische Interferenzphänomene und beschreiben diese mithilfe des Modells der elektromagnetischen Welle. Sie können ihre Erkenntnisse sowohl auf Alltagsphänomene als auch die historische Entwicklung von Modellen anwenden.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) kohärentes <i>Licht</i> als <i>elektromagnetische Welle</i> beschreiben (unter anderem <i>Lichtgeschwindigkeit</i>)	
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">I 3.6.3 Schwingungen</div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">I 3.6.4 Wellen</div> </div>	
(2) das <i>Strahlenmodell</i> und das <i>Wellenmodell</i> des <i>Lichts</i> miteinander vergleichen (Gültigkeitsbereich des <i>Strahlenmodells</i> : zum Beispiel <i>Beugung</i> an einer Blende, <i>Dispersion</i>)	
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">P 2.3 Bewertung 4</div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">I 3.6.3 Schwingungen</div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">I 3.6.4 Wellen</div> </div>	
(3) Interferenzphänomene an <i>Einzelspalt</i> , <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> experimentell untersuchen	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;">P 2.1 Erkenntnisgewinnung 4</div>	
(4) Interferenzphänomene am <i>Michelson-Interferometer</i> beschreiben (Strahlteiler)	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;">P 2.1 Erkenntnisgewinnung 4</div>	
(5) die Struktur der <i>Interferenzmuster</i> und der <i>Intensitätsverteilung</i> bei <i>Beugung</i> an <i>Einzelspalt</i> , <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> beschreiben (Unterschied zwischen idealisierten und realen Spalten mit endlicher Breite, Spektralzerlegung des <i>Lichts</i> polychromatischer Lichtquellen)	
(6) die Lage von <i>Interferenzminima</i> beziehungsweise <i>Interferenzmaxima</i> bei ausgewählten Beugungsvorgängen in Fernfeldnäherung berechnen (Minima beim <i>Einzelspalt</i> , Minima und Maxima beim <i>Doppelspalt</i> , <i>Hauptmaxima</i> beim <i>Gitter</i>)	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;">P 2.1 Erkenntnisgewinnung 4</div>	
(7) Interferenzphänomene im Alltag physikalisch beschreiben (zum Beispiel Interferenz an dünnen Schichten, Interferenz an Gitterstrukturen, Laser-Speckle)	
(8) die geschichtliche Entwicklung von Modellvorstellungen des <i>Lichts</i> beschreiben (zum Beispiel Lichtstrahlen, Lichtteilchen, Lichtwellen, elektromagnetische Wellen, Photonen)	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;">P 2.3 Bewertung 4, 11</div>	

3.6.6 Quantenphysik und Materie

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass jegliche klassische Modellvorstellung zur vollständigen und widerspruchsfreien Beschreibung des Verhaltens von Quantenobjekten wie Photonen und Elektronen versagen. Insbesondere stellen sie fest, dass quantenphysikalische Erkenntnisse und Experimente vertraute Konzepte und Begriffe (Determinismus, Kausalität, Bahnbegriff) in Frage stellen. Sie beschreiben das Verhalten von Quantenobjekten unter anderem mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen und der Heisenberg’schen Unbestimmtheitsrelation. Die Schülerinnen und Schüler verbinden die Beobachtung von Linienspektren mit der Struktur der Atomhülle. Sie verwenden den Photonenbegriff zur Erklärung von Emissions- und Absorptionsspektren von Atomen.

Die Schülerinnen und Schüler können	
(1) den <i>lichtelektrischen Effekt</i> beschreiben und anhand der Einstein’schen Lichtquantenhypothese erklären (Hallwachs-Effekt, Einstein’sche Gleichung $E_{\text{kin,max}} = h \cdot f - E_A$, Planck’sche Konstante)	
P 2.3 Bewertung 4, 11	
(2) erläutern, wie sich <i>Quantenobjekte</i> anhand ihrer <i>Energie</i> und anhand ihres <i>Impulses</i> beschreiben lassen ($E_{\text{Quant}} = h \cdot f$, $p = \frac{h}{\lambda}$, de Broglie-Wellenlänge von Materiewellen)	
(3) Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen <i>Wellen</i> , klassischen <i>Teilchen</i> und <i>Quantenobjekten</i> am <i>Doppelspalt</i> beschreiben	
(4) erläutern, wie für <i>Quantenobjekte</i> der Determinismus der klassischen Physik durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt wird (Interferenz-Experimente mit einzelnen <i>Quantenobjekten</i>)	
(5) Experimente zur <i>Interferenz</i> einzelner <i>Quantenobjekte</i> anhand von Wahrscheinlichkeitsaussagen beschreiben und den Ausgang der Experimente erklären (<i>quantenmechanische Wellenfunktion</i> , $ \psi ^2$)	
(6) am Beispiel des Doppelspaltexperimentes beschreiben, dass <i>Quantenobjekte</i> zwar stets Wellen- und Teilcheneigenschaften aufweisen, sich diese aber nicht unabhängig voneinander beobachten lassen. Sie können dies anhand der <i>Interferenzfähigkeit</i> und der <i>Welcher-Weg-Information</i> bei einzelnen <i>Quantenobjekten</i> erläutern (Koinzidenzmethode, <i>Komplementarität</i> , Delayed-choice-Variante des Doppelspaltexperimentes)	
P 2.1 Erkenntnisgewinnung 11 P 2.3 Bewertung 4 I 3.6.3 Schwingungen I 3.6.4 Wellen I 3.6.5 Wellenoptik F M 3.3.5 Leitidee Daten und Zufall (10) L PG Selbstregulation und Lernen	
(7) erläutern, dass der <i>Ort</i> und der <i>Impuls</i> von <i>Quantenobjekten</i> nicht gleichzeitig beliebig genau messbar sind und begründen, warum der klassische Bahnbegriff und der klassische Determinismus aufgegeben werden müssen (<i>Unbestimmtheitsrelation</i> $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$)	
(8) erläutern, dass messbare Eigenschaften von Objekten der klassischen Physik bereits vor ihrer Messung real vorliegen und dass der Wert der Messung unabhängig davon ist, ob überhaupt gemessen wurde. Sie können beschreiben, dass diese Aussage für <i>Quantenobjekte</i> im Allgemeinen nicht gilt (Realität, zum Beispiel bei verschränkten Photonen)	

Die Schülerinnen und Schüler können

(9) erläutern, dass räumlich getrennte Objekte eines zusammengesetzten Systems aus Objekten der Klassischen Physik alle ihre messbaren Eigenschaften unabhängig voneinander besitzen. Sie können beschreiben, dass diese Aussage für *Quantenobjekte* im Allgemeinen nicht gilt (Lokalität, zum Beispiel bei verschränkten Photonen)

P 2.3 Bewertung 4

(10) Linienspektren von *Atomen* als Übergänge zwischen diskreten Energieniveaus beschreiben und in einem Energieniveauschema veranschaulichen (*Absorption, Emission, Bohr'sche Frequenzbedingung* $f = \frac{\Delta E}{h}$, Energiewerte des Wasserstoffatoms $E_n = -R_\infty \cdot c \cdot h \cdot \frac{1}{n^2}$, Energiewerte wasserstoffähnlicher *Atome*)

(11) können die Entstehung des Röntgenspektrums erklären (*charakteristische Röntgenstrahlung, Bremsstrahlung, kurzwellige Grenze des Röntgenspektrums*)

(12) können die Energiewerte eines *Elektrons* im eindimensionalen *Potentialtopf* mit unendlich hohen Wänden berechnen sowie die Grenzen dieses Modells zur Beschreibung von Energieniveaus in *Atomen* beziehungsweise Molekülen erläutern

(13) können unterschiedliche atomare Modellvorstellungen (Rutherford'sches Atommodell, Orbitale des Wasserstoffatoms) und Mehrelektronensysteme (Pauli-Prinzip) im Überblick beschreiben

I 3.3.4 Struktur der Materie

F CH.V2 3.2.2.3 Energetische Aspekte chemischer Reaktionen (1)

L PG Selbstregulation und Lernen; Sicherheit und Unfallschutz

3.6.7 Vertiefendes Themengebiet

Die Schülerinnen und Schüler vertiefen und erweitern ihre physikalischen Kompetenzen in einem Themengebiet: Die Themengestaltung orientiert sich dabei an den zuvor erworbenen inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen. Im Hinblick auf die Vorbereitung zum Studium beziehungsweise Beruf erfolgt die Erarbeitung der Inhalte möglichst selbstständig.

Die Schülerinnen und Schüler können

(1) wesentliche Aspekte eines Arbeitsgebietes physikalischer Forschung (zum Beispiel Relativitätstheorie, Atomphysik, Laserphysik, Elementarteilchenphysik, Astrophysik, Kosmologie, Umweltphysik, Halbleiterphysik) beschreiben, ihre Anwendung in Technik oder Alltag erläutern sowie Erkenntnisse aus anderen Bereichen anwenden

(2) exemplarisch erlernte Fachmethoden in dem ausgewählten Arbeitsgebiet physikalischer Forschung anwenden

P 2.1 Erkenntnisgewinnung 10, 11, 12, 13, 14

P 2.2 Kommunikation 7

P 2.3 Bewertung 6, 7, 11, 12

L BO Fachspezifische und handlungsorientierte Zugänge zur Arbeits- und Berufswelt

L PG Selbstregulation und Lernen

4. Operatoren

Den in den Fächern Biologie, Chemie, Naturwissenschaft und Technik (NwT), Physik und in dem Fächerverbund Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT) genutzten Operatoren liegt eine gemeinsame Beschreibung zugrunde.

In den Standards für inhaltsbezogene Kompetenzen werden Operatoren (handlungsleitende Verben) verwendet. Diese sind in der vorliegenden Liste aufgeführt. Standards legen fest, welchen Anforderungen die Schülerinnen und Schüler gerecht werden müssen. Daher werden die Operatoren in der Regel nach drei Anforderungsbereichen (AFB) gegliedert:

- **Reproduktion (AFB I)**
- **Reorganisation (AFB II)**
- **Transfer/Bewertung (AFB III)**

In der Regel können Operatoren je nach inhaltlichem Kontext und unterrichtlichem Vorlauf in jeden der drei Anforderungsbereiche eingeordnet werden. Im Folgenden wird den Operatoren der überwiegend in Betracht kommende Anforderungsbereich zugeordnet.

Operatoren	Beschreibung	AFB
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen sachgerechte Schlüsse ziehen	II
anwenden	einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf einen anderen Sachverhalt beziehen	II
benennen	Fachbegriffe kriteriengeleitet zuordnen	I
berechnen	rechnerische Generierung eines Ergebnisses	II
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte, Prozesse und Eigenschaften von Objekten in der Regel unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben	II
bewerten	einen Sachverhalt nach fachwissenschaftlichen oder fachmethodischen Kriterien, persönlichem oder gesellschaftlichem Wertebezug begründet einschätzen	III
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Ergebnisse strukturiert wiedergeben	II
durchführen	eine vorgegebene oder eigene Anleitung (zum Beispiel für ein Experiment oder einen Arbeitsauftrag) umsetzen	I
erkennen	kognitiver Prozess der Abstraktion, bei dem eine Wahrnehmung einem Begriff oder Konzept zugeordnet wird, dieser Prozess ist nur durch beobachtbare Folgehandlungen operationalisierbar	I
erklären	Strukturen, Prozesse und Zusammenhänge eines Sachverhalts erfassen sowie auf allgemeine Aussagen und Gesetze unter Verwendung der Fachsprache zurückführen	II
erläutern	Strukturen, Prozesse, Zusammenhänge etc. des Sachverhaltes erfassen und auf allgemeine Aussagen/Gesetze zurückführen und durch zusätzliche Informationen oder Beispiele verständlich machen	II

Operatoren	Beschreibung	AFB
ermitteln	ein Ergebnis rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen	II
erstellen (Diagramme)	Zusammenhänge zwischen Größen in einem Koordinatensystem darstellen	I
experimentell aufzeichnen	Daten mit geeigneten Messgeräten (gegebenenfalls auch mit digitalen Messwerterfassungssystemen) erfassen und strukturieren	I
interpretieren	Sachverhalte, Zusammenhänge in Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen	III
klassifizieren, ordnen	Begriffe, Gegenstände etc. auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen	II
lösen	Gleichungen (insbesondere Differentialgleichungen) zielorientiert mathematisch umformen	II
messen	experimentelle Daten unter Berücksichtigung der Messvorschriften bestimmen	II
nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten, Fakten ohne Erläuterung wiedergeben	I
untersuchen	Sachverhalte oder Objekte zielorientiert erkunden, Merkmale und Zusammenhänge herausarbeiten	II
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausarbeiten	II

5. Anhang

5.1 Verweise

Das Verweissystem im Bildungsplan 2016 unterscheidet zwischen vier verschiedenen Verweisarten. Diese werden durch unterschiedliche Symbole gekennzeichnet:

Symbol	Erläuterung
P	Verweis auf die prozessbezogenen Kompetenzen
I	Verweis auf andere Standards für inhaltsbezogene Kompetenzen desselben Fachplans
F	Verweis auf andere Fächer
L	Verweis auf Leitperspektiven

Die vier verschiedenen Verweisarten

Die Darstellungen der Verweise weichen im Web und in der Druckfassung voneinander ab.

Darstellung der Verweise auf der Online-Plattform

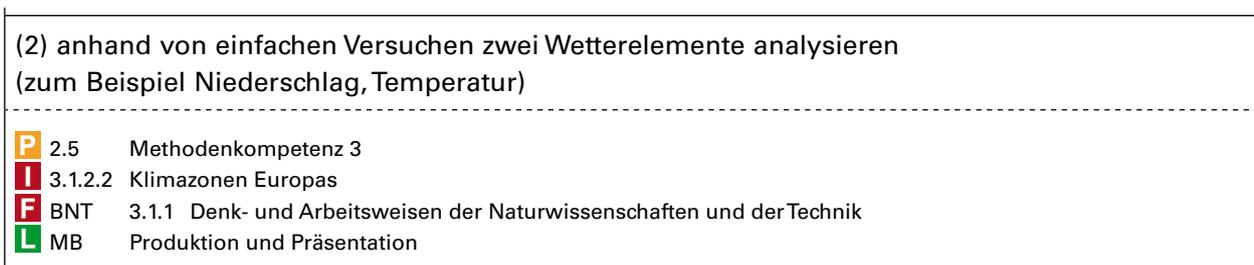
Verweise auf Teilkompetenzen werden unterhalb der jeweiligen Teilkompetenz als anklickbare Symbole dargestellt. Nach einem Mausklick auf das jeweilige Symbol werden die Verweise im Browser detaillierter dargestellt (dies wird in der Abbildung nicht veranschaulicht):



Darstellung der Verweise in der Webansicht (Beispiel aus Geographie 3.1.2.1 „Grundlagen von Wetter und Klima“)

Darstellung der Verweise in der Druckfassung

In der Druckfassung und in der PDF-Ansicht werden sämtliche Verweise direkt unterhalb der jeweiligen Teilkompetenz dargestellt. Bei Verweisen auf andere Fächer ist zusätzlich das Fächerkürzel dargestellt (im Beispiel „BNT“ für „Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT)“):



Darstellung der Verweise in der Druckansicht (Beispiel aus Geographie 3.1.2.1 „Grundlagen von Wetter und Klima“)

Gültigkeitsbereich der Verweise

Sind Verweise nur durch eine gestrichelte Linie von den darüber stehenden Kompetenzbeschreibungen getrennt, beziehen sie sich unmittelbar auf diese.

Stehen Verweise in der letzten Zeile eines Kompetenzbereichs und sind durch eine durchgezogene Linie von diesem getrennt, so beziehen sie sich auf den gesamten Kompetenzbereich.

Die Schülerinnen und Schüler können		Die Verweise gelten für...
(1) die Sichtweisen von Betroffenen und Beteiligten in Konfliktsituationen herausarbeiten und bewerten (zum Beispiel Elternhaus, Schule, soziale Netzwerke)		
L ←		... die Teilkompetenz (1)
(2) Erklärungsansätze für Gewalt anhand von Beispielsituationen herausarbeiten und beurteilen		
(3) selbstständig Strategien zu gewaltfreien und verantwortungsbewussten Konfliktlösungen entwickeln und überprüfen (zum Beispiel Kompromiss, Mediation, Konsens)		
L ←		... die Teilkompetenzen (2) und (3)
P I ←		... alle Teilkompetenzen der Tabelle

Gültigkeitsbereich von Verweisen (Beispiel aus Ethik 3.1.2.2 „Verantwortung im Umgang mit Konflikten und Gewalt“)

5.2 Abkürzungen

Leitperspektiven

Allgemeine Leitperspektiven	
BNE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
BTV	Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt
PG	Prävention und Gesundheitsförderung
Themenspezifische Leitperspektiven	
BO	Berufliche Orientierung
MB	Medienbildung
VB	Verbraucherbildung

Fächer des Gymnasiums

Abkürzung	Fach
ASTRO	Astronomie – Wahlfach in der Oberstufe
BIO	Biologie
BIO.V2	Biologie – Überarbeitete Fassung vom 08. März 2022
BK	Bildende Kunst
BKPROFIL	Bildende Kunst – Profulfach
BMB	Basiskurs Medienbildung
BNT	Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT)
CH	Chemie
CH.V2	Chemie – Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022
CHIN4	Chinesisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
D	Deutsch
DG	Darstellende Geometrie – Wahlfach in der Oberstufe
DMW	Digitale mathematische Werkzeuge – Wahlfach in der Oberstufe
E1	Englisch als erste Fremdsprache
E2	Englisch als zweite Fremdsprache
ETH	Ethik
F1	Französisch als erste Fremdsprache
F2	Französisch als zweite Fremdsprache
F3	Französisch als dritte Fremdsprache – Profulfach
F4	Französisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
G	Geschichte
GEO	Geographie
GEOL	Geologie – Wahlfach in der Oberstufe
GK	Gemeinschaftskunde
GR3	Griechisch als dritte Fremdsprache – Profulfach
GR4	Griechisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
HEBR4	Hebräisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
IMP	Informatik, Mathematik, Physik (IMP) – Profulfach
INF	Informatik
INFWFO	Informatik – Wahlfach in der Oberstufe
INF7	Aufbaukurs Informatik (Klasse 7)
ITAL3	Italienisch als dritte Fremdsprache – Profulfach

Abkürzung	Fach
ITAL4	Italienisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
JAP4	Japanisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
L1	Latein als erste Fremdsprache
L2	Latein als zweite Fremdsprache
L3	Latein als dritte Fremdsprache – Profulfach
L4	Latein als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
LIT	Literatur – Wahlfach in der Oberstufe
LUT	Literatur und Theater – Wahlfach in der Oberstufe
M	Mathematik
MUS	Musik
MUSPROFIL	Musik – Profulfach
NWT	Naturwissenschaft und Technik (NwT) – Profulfach
PH	Physik
PH.V2	Physik – Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022
PHIL	Philosophie – Wahlfach in der Oberstufe
PORT3	Portugiesisch als dritte Fremdsprache – Profulfach
PORT4	Portugiesisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
PSY	Psychologie – Wahlfach in der Oberstufe
RAK	Altkatholische Religionslehre
RALE	Alevitische Religionslehre
REV	Evangelische Religionslehre
RISL	Islamische Religionslehre sunnitischer Prägung
RJUED	Jüdische Religionslehre
RORTH	Orthodoxe Religionslehre
RRK	Katholische Religionslehre
RSYR	Syrisch-Orthodoxe Religionslehre
RU2	Russisch als zweite Fremdsprache
RU3	Russisch als dritte Fremdsprache – Profulfach
RU4	Russisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
SPA3	Spanisch als dritte Fremdsprache – Profulfach
SPA4	Spanisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe
SPO	Sport
SPOPROFIL	Sport – Profulfach
TUERK4	Türkisch als spät beginnende Fremdsprache – Wahlfach in der Oberstufe

Abkürzung	Fach
WBS	Wirtschaft / Berufs- und Studienorientierung (WBS)
WI	Wirtschaft

5.3 Geschlechtergerechte Sprache

Im Bildungsplan 2016 wird in der Regel durchgängig die weibliche Form neben der männlichen verwendet; wo immer möglich, werden Paarformulierungen wie „*Lehrerinnen und Lehrer*“ oder neutrale Formen wie „*Lehrkräfte*“, „*Studierende*“ gebraucht.

Ausnahmen von diesen Regeln finden sich bei

- Überschriften, Tabellen, Grafiken, wenn dies aus layouttechnischen Gründen (Platzmangel) erforderlich ist,
- Funktions- oder Rollenbezeichnungen beziehungsweise Begriffen mit Nähe zu formalen und juristischen Texten oder domänenspezifischen Fachbegriffen (zum Beispiel „*Marktteilnehmer*“, „*Erwerbstätiger*“, „*Auftraggeber*“, „*(Ver-)Käufer*“, „*Konsument*“, „*Anbieter*“, „*Verbraucher*“, „*Arbeitnehmer*“, „*Arbeitgeber*“, „*Bürger*“, „*Bürgermeister*“),
- massiver Beeinträchtigung der Lesbarkeit.

Selbstverständlich sind auch in all diesen Fällen Personen jeglichen Geschlechts gemeint.

5.4 Besondere Schriftauszeichnungen

Klammern und Verbindlichkeit von Beispielen

Im Fachplan sind einige Begriffe in Klammern gesetzt.

Steht vor den Begriffen in Klammern „zum Beispiel“, so dienen die Begriffe lediglich einer genaueren Klärung und Einordnung.

Begriffe in Klammern ohne „zum Beispiel“ sind ein verbindlicher Teil der Kompetenzformulierung.

Steht in Klammern ein „unter anderem“, so sind die in der Klammer aufgeführten Aspekte verbindlich zu unterrichten und noch weitere Beispiele der eigenen Wahl darüber hinaus.

Beispiel 1: „*Die Schülerinnen und Schüler können Kernzerfälle und ionisierende Strahlung beschreiben (Radioaktivität, α -, β -, γ -Strahlung, Halbwertszeit)*“

Die in der Klammer genannten Begriffe Radioaktivität, α -, β -, γ -Strahlung, Halbwertszeit sind verpflichtend.

Beispiel 2: „*Die Schülerinnen und Schüler können ihre Umgebung hinsichtlich des sorgsamen Umganges mit Energie untersuchen, bewerten und konkrete technische Maßnahmen (zum Beispiel Wahl des Leuchtmittels) sowie Verhaltensregeln ableiten (zum Beispiel Stand-by-Funktion)*“

Hier dient das Beispiel in der Klammer zur Verdeutlichung und Niveaue Konkretisierung.

Beispiel 3: „Die Schülerinnen und Schüler können grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben (unter anderem Energieerhaltung)“

In diesem Falle ist die Energieerhaltung verpflichtend sowie weitere Aspekte, die darüber hinausgehen.

Kursivschreibung

Kursiv geschriebene Fachbegriffe (zum Beispiel *Energie*) sind im Unterricht verbindlich mit dem Ziel einzusetzen, dass die Schülerinnen und Schüler diese

- in unterschiedlichen Kontexten ohne zusätzliche Erläuterung verstehen und anwenden können,
- im eigenen Wortschatz als Fachsprache aktiv benutzen können,
- mit eigenen Worten korrekt beschreiben können.

Fachbegriffe, die in den Standards nicht kursiv gesetzt sind, werden verwendet, um die Kompetenzbeschreibung für die Lehrkräfte fachlich präzise und prägnant formulieren zu können. Die Schülerinnen und Schüler müssen über diese Fachbegriffe nicht verfügen können.

Formeln

Formeln sind verbindlich im Unterricht so zu behandeln, dass die Schülerinnen und Schüler am Ende des Kompetenzerwerbs diese kennen, ihre inhaltliche Bedeutung wiedergeben und sie anwenden können. Des Weiteren kann der Operator „beschreiben“ auch eine quantitative Beschreibung anhand einer Formel einschließen, insbesondere dann, wenn in der entsprechenden Teilkompetenz eine Formel aufgeführt ist.

Gestrichelte Unterstreichungen in den gymnasialen Fachplänen

In den prozessbezogenen Kompetenzen:

Die gekennzeichneten Stellen sind in der Oberstufe (Klassen 10–12) zu verorten.

In den inhaltsbezogenen Kompetenzen:

Die gekennzeichneten Stellen reichen über das E-Niveau des gemeinsamen Bildungsplans für die Sekundarstufe I hinaus und sind explizit erst in der Klasse 10 zu verorten.

Beispiel für die prozessbezogenen Kompetenzen in Physik: „...Messwerte auch digital erfassen und auswerten (unter anderem Messwernerfassungssystem, Tabellenkalkulation);“

Mit Sternchen markierte Abschnitte oder Kapitel

Im vorliegenden Fachplan sind einige Kapitel mit Sternchen (*) gekennzeichnet. Hiermit sind ganze Kapitel gekennzeichnet, die vollumfänglich in Klasse 10 zu verorten sind. Mit Sternchen gekennzeichnete Kapitel haben die gleiche Bedeutung wie die gestrichelten Unterstreichungen einzelner Stellen.

In Physik sind zusätzlich ganze Bereiche der inhaltsbezogenen Kompetenzen, die in Klasse 10 zu verorten sind, mit einem Sternchen (*) ausgezeichnet. In Physik ergänzt das Sternchen (*) die oben beschriebene Auszeichnung.

Beispiel: 3.3.5.1 *Kinematik* (*)

IMPRESSUM

Kultus und Unterricht	Amtsblatt des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg
Ausgabe C	Bildungsplanhefte
Herausgeber	Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Postfach 103442, 70029 Stuttgart in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung, Heilbronner Str. 314, 70469 Stuttgart
Internet	www.bildungsplaene-bw.de
Verlag und Vertrieb	Neckar-Verlag GmbH, Villingen-Schwenningen
Urheberrecht	Die fotomechanische oder anderweitig technisch mögliche Reproduktion des Satzes beziehungsweise der Satzordnung für kommerzielle Zwecke nur mit Genehmigung des Herausgebers.
Bildnachweis	Robert Thiele, Stuttgart
Gestaltung	Ilona Hirth Grafik Design GmbH, Karlsruhe Soweit die vorliegende Publikation Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Die Urheberrechte der Copyrightinhaber werden ausdrücklich anerkannt. Sollten dennoch in einzelnen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an den Herausgeber. Alle eingesetzten beziehungsweise verarbeiteten Rohstoffe und Materialien entsprechen den zum Zeitpunkt der Angebotsabgabe gültigen Normen beziehungsweise geltenden Bestimmungen und Gesetzen der Bundesrepublik Deutschland. Der Herausgeber hat bei seinen Leistungen sowie bei Zulieferungen Dritter im Rahmen der wirtschaftlichen und technischen Möglichkeiten umweltfreundliche Verfahren und Erzeugnisse bevorzugt eingesetzt.
Bezugsbedingungen	<i>Juni 2022</i> Die Lieferung der unregelmäßig erscheinenden Bildungsplanhefte erfolgt automatisch nach einem festgelegten Schlüssel. Der Bezug der Ausgabe C des Amtsblattes ist verpflichtend, wenn die betreffende Schule im Verteiler (abgedruckt auf der zweiten Umschlagseite) vorgesehen ist (Verwaltungsvorschrift vom 22. Mai 2008, K.u.U. S. 141). Die Bildungsplanhefte werden gesondert in Rechnung gestellt. Die einzelnen Reihen können zusätzlich abonniert werden. Abbestellungen nur halbjährlich zum 30. Juni und 31. Dezember eines jeden Jahres schriftlich acht Wochen vorher bei der Neckar-Verlag GmbH, Postfach 1820, 78008 Villingen-Schwenningen.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT