



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR BILDUNG

LEHRPLAN PHYSIK

Grund- und Leistungsfach in der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe)

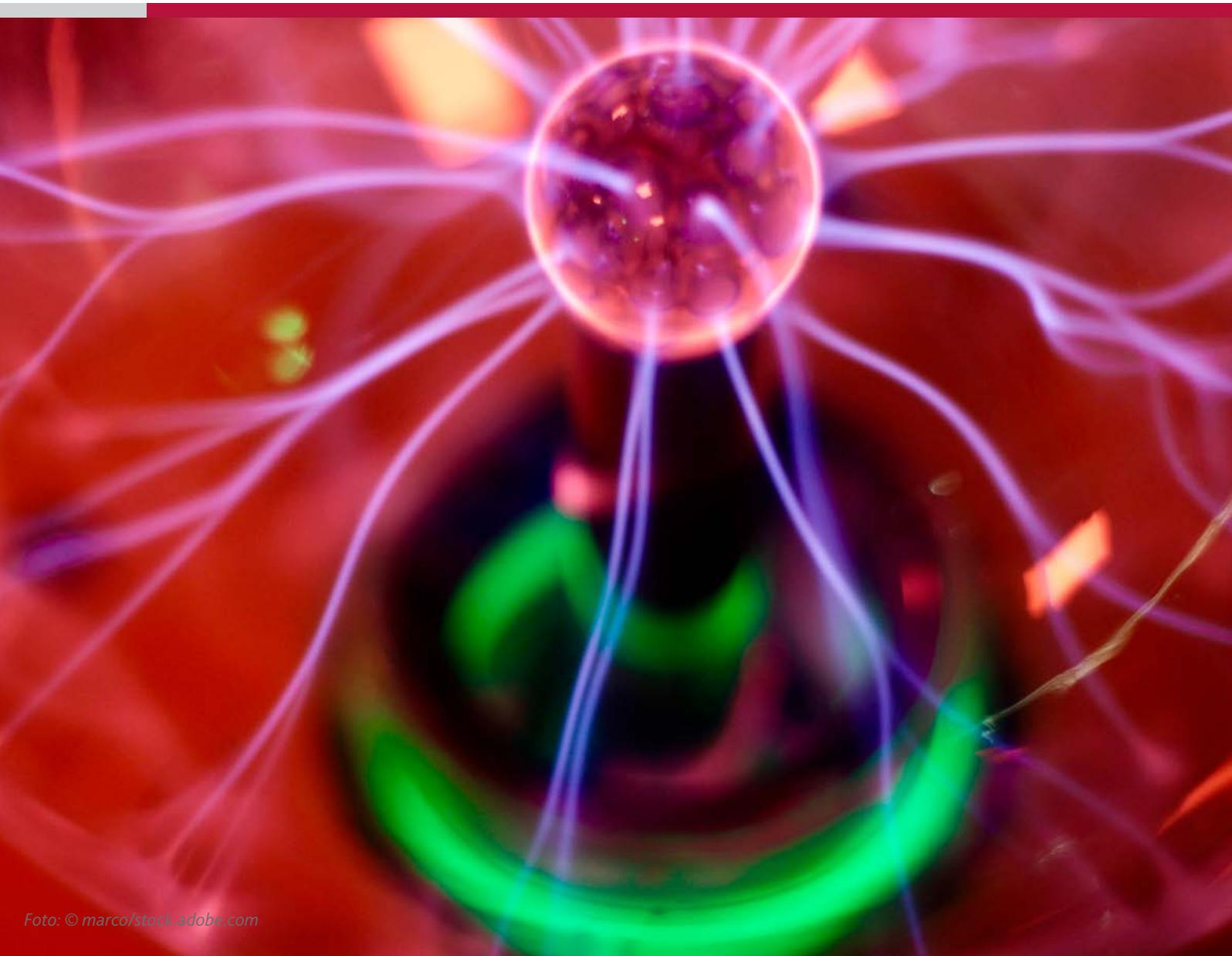


Foto: © marco/stock.adobe.com

IMPRESSUM

Herausgeber:

Ministerium für Bildung
Mittlere Bleiche 61
55116 Mainz

Telefon: 06131 16-0 (zentraler Telefondienst)
Telefax: 06131 16-2997
E-Mail: poststelle@bm.rlp.de
Web: www.bm.rlp.de

Verantwortlich:

Volker Tschiedel, Ministerium für Bildung

Redaktion:

Barbara Dolch, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Skriptbearbeitung:

Ute Nagelschmitt, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Satz und Layout:

Harald Goebel, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: 2022

© Ministerium für Bildung

INHALT

	Vorwort	4
1	Gesamtkonzeption des Lehrplans	6
1.1	Der Bildungsbeitrag des Faches Physik	6
1.2	Bildungsstandards und Lehrplankonzeption	7
2	Kompetenzmodell der Bildungsstandards für das Fach Physik	8
2.1	Sachkompetenz	9
2.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz	10
2.3	Kommunikationskompetenz	11
2.4	Bewertungskompetenz	12
2.5	Basiskonzepte	14
3	Hinweise zum Arbeiten mit dem Lehrplan	16
4	Grundfach	20
4.1	Liste der Lehrplanbausteine für das Grundfach	21
4.2	Planungsbeispiele für das Grundfach	22
4.3	Bausteine für die Einführungsphase des Grundfaches	24
4.4	Bausteine für die Qualifikationsphase des Grundfaches	27
5	Leistungsfach	47
5.1	Liste der Lehrplanbausteine für das Leistungsfach	48
5.2	Planungsbeispiele für das Leistungsfach	49
5.3	Bausteine für die Einführungsphase des Leistungsfaches	53
5.4	Bausteine für die Qualifikationsphase des Leistungsfaches	57
	Mitglieder der fachdidaktischen Kommission	78

VORWORT



Liebe Leserinnen und Leser,

die 20er Jahre des 21. Jahrhunderts haben die fundamentale Bedeutung der Naturwissenschaften für das Verständnis unserer Welt schon an ihrem Anfang mehr als deutlich gemacht. Die Auswirkungen der Klimakrise, Energieknappheit und die Corona-Pandemie haben gezeigt: Wer die Welt des 21. Jahrhunderts mit all ihren Herausforderungen, aber auch ihren Durchbrüchen in Forschung und Entwicklung verstehen und gestalten will, braucht naturwissenschaftliche Kompetenzen. Die Klimakrise bewältigen, Biodiversität stärken, auf neue Arten der Energiegewinnung oder Mobilität umstellen – all das braucht die Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Verständnis und all das wird unser Land in den kommenden Jahren prägen.

Junge Menschen zur Gestaltung der Zukunft zu befähigen, heißt deshalb auch und besonders, ihnen die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten aus dem Feld der Naturwissenschaften zu vermitteln.

Dass die im Jahr 2020 von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards diese große Bedeutung der Naturwissenschaften für die Durchdringung unserer Welt unterstreichen, ist deshalb richtig und folgerichtig.

Diese Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife zu konkretisieren, ist die Aufgabe der vorliegenden Lehrpläne Biologie, Chemie und Physik. Sie knüpfen dabei im Sinne einer kontinuierlichen Kompetenzentwicklung nahtlos an die Lehrpläne der Sekundarstufe I an.

Wo es angezeigt ist, wird eine Strukturierung der Inhalte vorgegeben, wobei die Lehrkräfte eine möglichst große Freiheit zur eigenverantwortlichen Gestaltung und Anpassung des Unterrichts an die jeweilige Lerngruppe haben.

Mit den neuen Lehrplänen für die Sekundarstufe II werden auch zentrale Elemente in den schriftlichen Abiturprüfungen in Biologie, Chemie und Physik eingeführt. Die Konzeption der Lehrpläne stellt die Behandlung aller prüfungsrelevanten Themen in den Pflichtbausteinen sicher. Der modulare Aufbau mit Wahlpflicht- und Wahlbausteinen ermöglicht dabei weiterhin eine individuelle Schwerpunktsetzung unter Berücksichtigung der Interessen der Lernenden.

Mein Dank gilt den Fachdidaktischen Kommissionen für ihre engagierte Arbeit an diesen Lehrplänen und für ihren Einsatz bei der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Rheinland-Pfalz. Ich danke auch allen Beteiligten aus Wissenschaft, Lehrerbildung und Schule, die in vielen Fachrunden, Arbeitstreffen und im Anhörungsverfahren die Lehrplanentwicklung mit ihrer Expertise begleitet und mit wertvollen Anregungen bereichert haben.

Ich wünsche allen Lehrkräften viel Freude und Erfolg dabei, mit Hilfe der vorliegenden Lehrpläne den Fachunterricht in den Naturwissenschaften zu gestalten und zum Verständnis der Welt beizutragen.



Dr. Stefanie Hubig
Ministerin für Bildung des Landes Rheinland-Pfalz

1 GESAMTKONZEPTION DES LEHRPLANS

1.1 Der Bildungsbeitrag des Faches Physik

In einer von Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt leistet der Physikunterricht einen wesentlichen Beitrag zu einem umfassenderen Weltverständnis und befähigt durch die Auseinandersetzung mit Physik zur aktiven Teilhabe am gesellschaftlichen Diskurs.

Als **theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft** zeigt die Physik Erkenntnismöglichkeiten auf, die weit über die Sinneswahrnehmung hinausgehen. In einem Zusammenspiel von Messung, Theorie- und Modellbildung werden Erkenntnisse gewonnen und Einsichten vermittelt. Dabei steht das physikalische **Methodenrepertoire** idealtypisch für die naturwissenschaftliche Denk- und Vorgehensweise. Der Erfolg dieser Vorgehensweise beruht unter anderem auch auf dem hohen Grad an **Formalisierung und Mathematisierung**, durch den Ergebnisse überprüfbar werden und damit validiert oder falsifiziert werden können. Als Sicht- und Denkweise der Weltbetrachtung ist die Physik durch ihren **Aspektcharakter** gekennzeichnet. Sie betrachtet Natur unter bestimmten Blickwinkeln und kann daher nur auf bestimmte Fragestellungen Antworten geben. Beispielsweise kann zwar die Frage nach der Entstehung des Regenbogens beantwortet werden, nicht aber die Frage nach seiner ästhetischen Wirkung beim Betrachten.

Aus dem starken **Anwendungsbezug** der Physik erwächst ihre hohe **gesellschaftliche Relevanz**. Technologische Fortentwicklungen in der digitalen Welt ebenso wie z. B. die Ausarbeitung von Handlungsoptionen zur Eindämmung des Klimawandels beruhen in hohem Maße auf der Nutzung physikalischer Erkenntnisse. Daran zeigt sich auch die Eigenschaft von Physik als **historisch-dynamischem Prozess**, bei dem aus der Konfrontation mit immer neuen Fragestellungen eine ständige Weiterentwicklung von Methoden und Theorien resultiert. Im Zuge dieser Entwicklung hat die Physik durch neue Erkenntnisse schon mehrfach paradigmatisch das Weltbild revolutioniert und nachhaltig beeinflusst.

Der **Unterricht im Fach Physik** ermöglicht durch die Auseinandersetzung mit physikalischen Theorien und Modellen zu erkennen, dass Aussagen auf der Basis von Annahmen und unter Nutzung theoretischer Überlegungen hergeleitet werden können. Dabei erfahren die Lernenden, dass diese Aussagen vor dem Hintergrund der **begrenzten Gültigkeit von Modellen und Theorien** interpretiert werden müssen. Gleichzeitig wird dabei aber auch die Tragweite der Zurückführung auf wenige fundamentale Ideen wie z. B. die Erhaltungssätze deutlich. Diese Denk- und Arbeitsweisen tragen nicht nur in der Physik, sondern können als hilfreiche Strategien in den **Lebensalltag** übernommen werden. Weiterhin erhalten die Lernenden durch den Unterricht im Fach Physik die Möglichkeit, **Grundlagen von Technologien** zu verstehen. Sie werden befähigt, deren Nutzung sowohl im Hinblick auf die gesellschaftlichen Auswirkungen als auch auf ihr individuelles Leben zu bewerten und Entscheidungen selbstbestimmt zu treffen.

Die physikalische Betrachtung von Natur, Technik und Umwelt schafft notwendige Grundlagen für mögliche **Bewertungsansätze**. Der bewusste Umgang mit dem Aspektcharakter der Physik kann die Lernenden dabei für die Notwendigkeit sensibilisieren, neben physikalischen Kriterien auch solche anderer Wissenschaftsbereiche zur Bewertung heranzuziehen. Damit werden Voraussetzungen für eine sachbezogene, kritikoffene Diskussion sowie für ein verantwortungsbewusstes, zukunftsorientiertes und nachhaltiges Handeln geschaffen.

Der **Aufbau von Kompetenzen** wird durch die Nutzung vielfältiger Fachmethoden bei der Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten unterstützt. Die Verwendung digitaler Werkzeuge z. B. bei der Informationsbeschaffung, Messwerterfassung und Verarbeitung der gewonnenen Daten leistet dabei einen **Beitrag zur digitalen Bildung**.

Physikalische Bildung liefert somit insgesamt einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung und zum lebenslangen Kompetenzaufbau.

1.2 Bildungsstandards und Lehrplankonzeption

Die „Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife“ wurden als Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 veröffentlicht und bilden als abschlussbezogene und verbindliche Zielvorgabe eine wichtige Grundlage für die Gestaltung der Lehrpläne in allen Bundesländern. Als Weiterentwicklung der „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik“ lösen sie diese vollständig ab.

Die Bildungsstandards spezifizieren fachbezogene Kompetenzen, die im Unterricht des Faches Physik entwickelt werden sollen. Grundlage ist dabei das Kompetenzmodell der naturwissenschaftlichen Fächer. Nach diesem Modell ergibt sich die Fachkompetenz aus dem Zusammenwirken von **Sachkompetenz**, **Erkenntnisgewinnungskompetenz**, **Kommunikationskompetenz** und **Bewertungskompetenz**. Diese vier Kompetenzbereiche lassen sich nicht streng voneinander abgrenzen, sondern sie durchdringen und ergänzen einander und bauen so die Fachkompetenz auf. Die Entwicklung der **physikalischen Fachkompetenz** über diese vier Bereiche hinweg ist durchgängiges Ziel des Physikunterrichts und vollzieht sich in der aktiven Auseinandersetzung mit Fachinhalten, also dem **handelnden Umgang mit Wissen**.

Ergänzend zur Darstellung der Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards werden dort auch grundlegende **fachbezogene Basiskonzepte** vorgestellt. Diese Basiskonzepte ermöglichen eine **Vernetzung fachlicher Inhalte** und deren Betrachtung aus verschiedenen Blickwinkeln.

Der vorliegende Lehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe berücksichtigt die Vorgaben der Bildungsstandards. Die Formulierungen der einzelnen Kompetenzbereiche und die fachbezogenen Basiskonzepte wurden im nachfolgenden Kapitel 2 des Lehrplans im Wortlaut übernommen.

Die Fachinhalte, an denen diese Kompetenzen erworben und entwickelt werden können, werden im bewährten **Bausteinprinzip** aufgeführt. Dabei wird durch **Pflichtbausteine** ein einheitliches Grundwissen unter Berücksichtigung der inhaltsbezogenen Vorgaben der Bildungsstandards festgelegt. Durch die erforderliche Kombination mit **Wahlpflichtbausteinen** werden Vertiefungen, Ausblicke oder Schwerpunktsetzungen ermöglicht. Der Lehrplan bietet den Lehrkräften durch dieses Bausteinprinzip **große Gestaltungsfreiheit** und ermöglicht **unterschiedliche didaktische Akzentuierungen**. Für das Grund- und Leistungsfach werden jeweils zwei Planungsbeispiele mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung in 4.2 und 5.2 aufgeführt.

Insgesamt bietet der Lehrplan den Lehrkräften die Möglichkeit, einen kompetenzorientierten Physikunterricht mit inhaltlicher und methodischer Vielfalt zu gestalten, der die Lernenden in besonderem Maße in den Mittelpunkt stellt.

2 KOMPETENZMODELL DER BILDUNGS- STANDARDS FÜR DAS FACH PHYSIK

Die nachfolgend aufgeführten Kompetenzen und Beschreibungen sind in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020) veröffentlicht (S. 12-19).

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese werden im Unterricht sowohl auf grundlegendem als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt.

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau repräsentiert gemäß der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (i. d. F. vom 15.02.2018, Ziffer 3.2) „das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung. Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau repräsentiert das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung, die exemplarisch vertieft wird.“

Der Unterschied in den Anforderungen der beiden Anforderungsniveaus liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und des Wissens über deren Verknüpfungen. Zudem unterscheiden sie sich im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Das erhöhte Anforderungsniveau äußert sich im Physikunterricht im Bereich der **Sachkompetenz** darin, dass zu bestimmten Themen mehr Sachverhalte evtl. in höherer Komplexität der verwendeten Modelle detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus nutzen Lernende des erhöhten Anforderungsniveaus auch eine deutlich umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Im Bereich der **Erkenntnisgewinnungskompetenz** wird auf erhöhtem Anforderungsniveau vermehrt auf einen formalen Umgang mit Messunsicherheiten und auf die Reflexion über Vor- und Nachteile oder die Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren Wert gelegt.

Die Lernenden des erhöhten Anforderungsniveaus besitzen im Bereich der **Kommunikationskompetenz** ein umfangreicheres Fachvokabular und drücken sich fachlich präziser aus. Sie sind in der Lage, sprachlich und inhaltlich komplexere Fachtexte zu verstehen.

Im Bereich der **Bewertungskompetenz** können Lernende auf erhöhtem Anforderungsniveau mehr und komplexere Argumente mit Belegen heranziehen. Auch gelingt es ihnen, eigene Standpunkte differenzierter zu begründen und so besser gegen sachliche Kritik zu verteidigen.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert.¹ Dabei gelten die formulierten Standards für beide Anforderungsniveaus. Die Kompetenzen werden an Inhalten erworben, die in Form von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen in den Kapiteln 4 und 5 aufgeführt sind.

1 Die Verben in den Standards beschreiben zu erwerbende Kompetenzen. Sie sind somit nicht gleichzusetzen mit Operatoren in Aufgaben, stehen aber nicht im Widerspruch zu diesen.

2.1 Sachkompetenz

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

Das wissenschaftliche Vorgehen der Physik lässt sich im Wesentlichen in zwei fundamentale Bereiche einteilen, die eine starke Wechselwirkung und gegenseitige Durchdringung aufweisen: die theoretische Beschreibung von Phänomenen und das experimentelle Arbeiten. Die Vertrautheit mit physikalischem Fachwissen sowie mit der Nutzung physikalischer Grundprinzipien und Arbeitsweisen bildet eine unverzichtbare Grundlage für das Verständnis wissenschaftlicher sowie alltäglicher Sachverhalte aus vielen Bereichen, z. B. aus den anderen Naturwissenschaften, der Technik oder auch der Medizin. Daher leistet physikalische Sachkompetenz einen wichtigen Beitrag sowohl zur Studierfähigkeit als auch zur Allgemeinbildung.

Sachkompetenz zeigt sich in der Physik in der Nutzung von Fachwissen zur Bearbeitung von sowohl innerfachlichen als auch anwendungsbezogenen Aufgaben und Problemen. Dazu gehört die theoriebasierte Beschreibung von Phänomenen ebenso wie die qualitative und quantitative Auswertung von Messergebnissen anhand geeigneter Theorien und Modelle. Ihre Eigenschaften wie Gültigkeitsbereiche, theoretische Einbettungen und Angemessenheit ebenso wie ein angemessener Grad der Mathematisierung sind dabei zu berücksichtigen.

Fertigkeiten wie das Durchführen eines Experiments nach einer Anleitung, der Umgang mit Messgeräten oder die Anwendung bekannter Auswerteverfahren sind Bestandteil der Sachkompetenz. Die Planung und Konzeption von Experimenten hingegen ist dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zugeordnet.

2.1.1 Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Lernenden ...

- S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;
- S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten;
- S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

2.1.2 Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Lernenden ...

- S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen;
- S 5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus;
- S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;
- S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

2.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz

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

Physikalische Erkenntnisgewinnung ist zum einen bestimmt durch die theoretische Beschreibung der Natur, die mit der Bildung von Fachbegriffen, Modellen und Theorien einhergeht, und zum anderen durch empirische Methoden, v. a. das Experimentieren, mit denen Gültigkeit und Relevanz dieser Beschreibung abgesichert werden. Dieses Wechselspiel von Theorie und Experiment in der naturwissenschaftlichen Forschung umfasst typischerweise folgende zentrale Schritte:

- Formulierung von Fragestellungen,
- Ableitung von Hypothesen,
- Planung und Durchführung von Untersuchungen,
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

Experimentelle Ergebnisse und aus Modellen abgeleitete Annahmen werden interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess wird im Hinblick auf wissenschaftliche Güte reflektiert. Auf der Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Verfahren und Methoden charakterisiert und von den nicht-naturwissenschaftlichen abgegrenzt. Das Durchführen eines erlernten Verfahrens oder einer bekannten Methode ohne die Einbettung in den Prozess der Erkenntnisgewinnung als Ganzes ist in den Bildungsstandards der Sachkompetenz zugeordnet.

2.2.1 Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Lernenden ...

- E 1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten;
- E 2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

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

Die Lernenden ...

- E 3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen;
- E 4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen;
- E 5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.

2.2.3 Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Lernenden ...

- E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen;
- E 7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses;
- E 8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen;
- E 9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung.

2.2.4 Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Lernenden ...

- E 10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit;
- E 11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

2.3 Kommunikationskompetenz

Die **Kommunikationskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen.

Die Physik hat ihre spezifische Art, Kommunikation zu gestalten. Die strukturierten und standardisierten Formulierungen sind grundlegend für eine rationale, fakten- oder evidenzbasierte Kommunikation. Das Verständnis dieser Art der Kommunikation und die Fähigkeit, sie mitzugestalten, ermöglichen die selbstbestimmte Teilhabe an wissenschaftlichen und gesellschaftlich relevanten Diskussionen.

Physikalische Kommunikationskompetenz zeigt sich im Verständnis und in der Nutzung von definierten Begrifflichkeiten, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen, die mathematische Logik und verlässliche Quellen als Belege für die Glaubwürdigkeit und Objektivität von Aussagen und Argumenten verwenden. Das physikalische Fachvokabular setzt sich dabei zusammen aus etablierten Fachbegriffen, abstrakten Symbolen und standardisierten Einheiten. Für Diskussionen außerhalb der Physik sind vor allem die physiktypische Nutzung bestimmter Arten von Abbildungen, Diagrammen und Symbolen, die Betonung logischer Verknüpfungen und der Wechsel zwischen situationsspezifischen und verallgemeinerten Aussagen und mehreren Darstellungsformen relevant.

Physikalisch kompetent Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Fach Physik tauschen die Lernenden Informationen mit Kommunikationspartnerinnen und -partnern kompetent aus, wenn sie Informationen aus Quellen entnehmen, überzeugend präsentieren und sich reflektiert an fachlichen Diskussionen beteiligen. Die sprachliche sowie mathematische Darstellung von Zusammenhängen und Lösungswegen ist dagegen Ausdruck von Sach- bzw. Erkenntnis-

gewinnungskompetenz, die Berücksichtigung von außerfachlichen Aspekten für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung ist in den Bildungsstandards im Kompetenzbereich Bewerten enthalten.

2.3.1 Informationen erschließen

Die Lernenden ...

- K 1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K 2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt;
- K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

2.3.2 Informationen aufbereiten

Die Lernenden ...

- K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;
- K 5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus;
- K 6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge;
- K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

2.3.3 Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Lernenden ...

- K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen;
- K 9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt;
- K 10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

2.4 Bewertungskompetenz

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

Um in Praxissituationen einen Bewertungsprozess durchführen zu können, ist es notwendig, Wissen über Bewertungsverfahren zu haben, wissenschaftliche sowie nicht wissenschaftliche Aussagen anhand von formalen und

inhaltlichen Kriterien prüfen und den Einfluss von Werten, Normen und Interessen auf Bewertungsergebnisse einschätzen zu können. Im Zentrum des Bewertungsprozesses stehen dabei das Entwickeln und Reflektieren geeigneter Kriterien als Grundlage für eine Entscheidung oder Meinungsbildung und das Zusammentragen physikalischer Erkenntnisse, die – organisiert anhand der Kriterien – als Argumente dienen.

Um selbstbestimmt an gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozessen teilhaben zu können, beziehen Lernende im Kompetenzbereich Bewerten bei gesellschaftlich relevanten Fragestellungen mit fachlichem Bezug kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen. Dazu tragen sie relevante physikalische, aber auch nicht physikalische (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammen, sammeln geeignete Belege und wägen sie unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander ab. Physikalisch kompetent bewerten heißt also, über die rein sachliche Beurteilung von physikalischen Aussagen hinauszugehen, weshalb rein innerfachliche Bewertungen z. B. der Anwendbarkeit eines Modells, der Güte von Experimentierergebnissen oder der Korrektheit fachwissenschaftlicher Argumentationen den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind.

2.4.1 Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Lernenden ...

- B 1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation;
- B 2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.

2.4.2 Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Lernenden ...

- B 3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;
- B 4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.

2.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Lernenden ...

- B 5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses;
- B 6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein;
- B 7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen;
- B 8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

2.5 Basiskonzepte

Der Beschreibung von physikalischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Physik ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Basiskonzepte werden in Lehr-Lernprozessen wiederholt thematisiert und ausdifferenziert. Den Lernenden wird aufgezeigt, dass diese grundlegenden Konzepte in vielen verschiedenen Lernbereichen einsetzbar sind und einen systematischen Wissensaufbau und somit den Erwerb eines strukturierten und mit anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften vernetzten Wissens unterstützen. In der folgenden Beschreibung der Basiskonzepte werden illustrierende Beispiele genannt.

2.5.1 Erhaltung und Gleichgewicht

Viele Sachverhalte und Vorgänge lassen sich in der Physik durch ein Denken in Bilanzen oder Gleichgewichten beschreiben und erklären. Hierbei spielen neben statischen und dynamischen Gleichgewichtsbedingungen auch Erhaltungssätze wie z. B. der Energie- und der Impulserhaltungssatz eine wesentliche Rolle. Das Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht ermöglicht einen auch quantifizierenden Zugang zu Themen wie z. B. dem Hall-Effekt, der Gegenfeldmethode bei der Fozelle, dem Franck-Hertz-Versuch, der Absorption und Emission von Licht, der charakteristischen Strahlung oder der Kernstrahlung.

2.5.2 Superposition und Komponenten

Die Superposition bildet eine wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise in der Physik. Die Überlagerung gleicher physikalischen Größen oder die Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten wird z. B. bei der Kräfteaddition, bei der Vektorsumme von Feldstärken, bei der Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, beim Induktionsgesetz oder bei der Polarisation verwendet. Darüber hinaus ist die Superposition ein zentraler Begriff in der Quantenphysik.

2.5.3 Mathematisieren und Vorhersagen

Ein zentrales Merkmal der Physik ist es, Vorgänge und Zusammenhänge mathematisch zu beschreiben und daraus Erkenntnisse und Vorhersagen zu erhalten. Die Beschreibung von Größenabhängigkeiten erfolgt in Gestalt von Gleichungen und Funktionen. Die physikalische Interpretation von gegebenenfalls grafisch ermittelten Ableitungen und Integrationen eröffnet weitere Möglichkeiten für die Erkenntnisgewinnung, z. B. bei dem Lade- und Entladevorgang eines Kondensators, bei Schwingungen oder bei Induktionsvorgängen.

2.5.4 Zufall und Determiniertheit

In der Physik spielen Fragen nach Zufall und Determiniertheit sowohl auf einer philosophischen als auch auf einer praktischen Ebene eine Rolle.

Determiniertheit ist in allen Bereichen der Physik die Grundvoraussetzung für eine Beschreibung von Phänomenen durch Gesetzmäßigkeiten, etwa für die Vorhersage von Ereignissen oder für die Modellierung

durch Ausgleichskurven. Zufall tritt in der Physik in unterschiedlichen Interpretationen in Erscheinung, z. B. als Messunsicherheit, als statistische Verteilung physikalischer Größen oder im Zusammenhang mit Quantenobjekten.

In der Atomphysik ist z. B. bei einer Gasentladungsröhre der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom zufällig, bei einer festen angelegten Spannung stellt sich aber dennoch eine eindeutig vorhersagbare Strahlungsleistung ein. Am Beispiel der Quantenphysik kann zwischen der prinzipiellen Nichtdeterminiertheit des Verhaltens einzelner Quantenobjekte und der Determiniertheit von Nachweiswahrscheinlichkeiten durch die Versuchsbedingungen unterschieden werden.

3 HINWEISE ZUM ARBEITEN MIT DEM LEHRPLAN

Der vorliegende Lehrplan will die Lehrkraft bei der eigenverantwortlichen Planung eines kompetenzorientierten, individuell auf die Lerngruppe angepassten Unterrichts unterstützen.

Durch das **Bausteinprinzip** ist der Lehrplan keiner einseitigen Konzeption verpflichtet und bietet große **didaktische und methodische Freiheit**. Auch hinsichtlich der Inhalte gibt er keine Reihenfolge vor, sondern ermöglicht durch Vernetzung, Verzahnung und Integration von verschiedenen Bausteinen eine an der gewählten didaktischen Konzeption sowie der jeweils angestrebten Kompetenzentwicklung ausgerichtete Vorgehensweise.

Jeder Baustein widmet sich inhaltlich einem Teilthema. Durch die Ausweisung als **Pflichtbaustein** oder als **Wahlpflichtbaustein** ist sichergestellt, dass einerseits die inhaltlichen Vorgaben der Bildungsstandards erfüllt werden und andererseits individuelle Vertiefungen und Schwerpunktsetzungen möglich sind. Der Stundenansatz in der Kopfleiste der Bausteine ist als Richtwert anzusehen und verdeutlicht die Tiefe und den Umfang der unterrichtlichen Behandlung.

Die äußerliche Gestaltung der Bausteine folgt immer dem gleichen Muster:

Thema des Bausteins		Einführungsphase/Qualifikationsphase Grundfach/Leistungsfach Pflichtbaustein/Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: X
<p>Inhalte</p> <p>Hier sind die Inhalte des Bausteins aufgelistet.</p> <p>Bei Pflichtbausteinen sind alle aufgeführten Inhalte verpflichtend.</p> <p>Bei Wahlpflichtbausteinen kann aus den aufgeführten Inhalten ausgesucht oder eine dem Thema des Bausteins gemäße Alternative selbst gewählt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Inhalt ■ Inhalt ■ Inhalt 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <p>a) Unter a) wird die Zielrichtung mit einer Aussage über die Intensität und den Umfang der unterrichtlichen Behandlung genannt.</p> <p>b) Unter b) wird gegebenenfalls auf Verknüpfungsmöglichkeiten mit anderen Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen verwiesen.</p> <p>c) Unter c) werden gegebenenfalls didaktische Erläuterungen und Hinweise auf mögliche Praktika gegeben.</p>	

Die Benennung der Bausteine ist teilweise im Grund- und Leistungsfach identisch, sie enthalten aber nicht notwendigerweise die gleichen fachlichen Inhalte. Aufgrund der **unterschiedlichen Zielsetzungen von Unterricht im Grund- und Leistungsfach** ist eine andere Gestaltung beispielsweise hinsichtlich Mathematisierung, Grad der Selbststeuerung der Lernenden, Umfang und Tiefe der gewonnenen Erkenntnisse und deren Verknüpfungen erforderlich.

Die **Pflichtbausteine** umfassen im Grundfach zehn, im Leistungsfach fünfzehn Unterrichtsstunden. Sie sind inhaltlich hochverdichtet und erfordern eine strenge Zeitdisziplin, da **sämtliche dort aufgeführten Inhalte** im Unterricht zu berücksichtigen sind. Die Reihenfolge dieser Inhalte ist keine Vorlage für Unterricht und soll weder einen Lernweg noch einen didaktischen Zugang vorgeben – dies obliegt der planerischen Umsetzung durch die Lehrkraft. Eine dabei beabsichtigte Vertiefung oder Erweiterung der Thematik kann nur durch Kombination mit passenden Wahlpflichtbausteinen erfolgen.

Die **Wahlpflichtbausteine** umfassen jeweils zehn Stunden (nur in der Einführungsphase des Grundfaches sechs Stunden) und bieten die Möglichkeit zu Fortführungen und Ergänzungen, zu Übungen und Vertiefungen oder zu inhaltlichen Erweiterungen. Die in den Wahlpflichtbausteinen aufgeführten Inhalte sind exemplarisch zu verstehen und verdeutlichen die inhaltliche Ausrichtung. Der Wahlpflichtbaustein „Individuelles Thema“ gibt keine Inhalte vor und ermöglicht es, an individuell gewählten Inhalten der Entwicklung der Bewertungskompetenz mehr Raum zu geben. Unter anderem bieten sich dazu Themen aus den Bereichen der Bildung zur nachhaltigen Entwicklung und der Problematik des Klimawandels an.

Bei der **Planung des Unterrichts** müssen **sämtliche Pflichtbausteine** einbezogen werden. Aus der Übersicht der Bausteine (vgl. Kap. 4.1 und 5.1) wird eine **festgelegte Anzahl von Wahlpflichtbausteinen** durch die Lehrkraft mit Blick auf die Lerngruppe ausgewählt. Durch die Auswahl der Wahlpflichtbausteine sowie die Reihung und Kombination mit den Pflichtbausteinen erhalten Lehrkräfte somit einen großen Gestaltungsspielraum. Die **kontinuierliche Kompetenzentwicklung** muss dabei stets mitgedacht werden. Sie kann nicht losgelöst von Inhalten erfolgen und **muss in Grund- und Leistungsfach gleichermaßen in allen Teilaspekten der Kompetenzbereiche** gewährleistet werden. Der Unterschied zeigt sich lediglich in den beiden Anforderungsniveaus (vgl. Kapitel 2).

Mit Blick auf die didaktische Schwerpunktsetzung und die kontinuierliche Kompetenzentwicklung müssen Lehrplanbausteine miteinander kombiniert, verzahnt oder ineinander integriert werden. Eine bloße Aneinanderreihung von Lehrplanbausteinen reicht hierfür nicht aus. Das **verpflichtet zu einer langfristigen Planung** für die Qualifikationsphase.

Am Beispiel „LASER“ wird in der folgenden Tabelle unabhängig von einem Unterrichtsgang aufgezeigt, wie die allgemeinen Formulierungen der Kompetenzstandards bezogen auf diesen thematischen Zusammenhang in einem ersten Schritt konkretisiert werden können. Dabei wird keine Entwicklung von Kompetenzen dargestellt. Die bisweilen angegebenen Alternativen sollen nur verdeutlichen, dass durch die Wahl der Aufgabenstellung bzw. der Formulierung des Auftrags der gleiche Kompetenzaspekt in unterschiedlichem Ausprägungsgrad entwickelt werden kann. Gleichzeitig wird auch erkennbar, dass die Konkretisierung immer vom verwendeten Material und der Aufgabenstellung abhängig ist. Diese müssen von der Lehrkraft passend zu Unterrichtssituation und Lerngruppe gestaltet werden.

Konkretisierung von Kompetenzstandards am Beispiel „LASER“

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards: Die Lernenden ...	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards: Die Lernenden ...
Sachkompetenz	S2 ... erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten.	... erläutern die getroffenen Idealisierungen bei der Herleitung der Formel für die Lage der Maxima beim Doppelspalt.
	S4 ... bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen.	... bauen eine Versuchsanordnung zur Bestimmung der Wellenlänge eines für Schülerübungen geeigneten Lasers unter Berücksichtigung der Gefährdungsbeurteilung auf, führen das Experiment durch und protokollieren ihre Beobachtungen.
	S7 ... wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.	... berechnen die Wellenlänge des verwendeten Lasers mit einer bekannten Formel. oder ... leiten die Formel zur Wellenlängenbestimmung am Doppelspalt her.
Erkenntnisgewinnung	E5 ... planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.	... planen ein Experiment zur Untersuchung, ob es sich bei Laserlicht um linear polarisiertes Licht handelt.
	E7 ... berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses.	... nennen mögliche zufällige und systematische Fehler bei der Wellenlängenbestimmung mittels Gitter und erklären deren Einfluss auf den Wert der ermittelten Wellenlänge.
	E3 ... beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen.	... beurteilen, ob die Hypothese, dass Laserlicht monochromatisch ist, eher mittels Gitter oder mittels Prisma untersucht werden sollte.

Kommunikation	K1 ... recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus.	... recherchieren, welche verschiedenen Laserarten es gibt und welches gemeinsame Grundfunktionsprinzip allen zugrunde liegt. oder ... recherchieren, wofür die Abkürzung LASER steht.
	K6 ... veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge.	... veranschaulichen für einen Artikel der Schulhomepage das Zusammenspiel der Gase Helium und Neon beim Helium-Neon-Laser in einem Ablaufschema.
	K7 ... präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.	... erläutern die Funktionsweise eines ausgewählten Lasers in einem Erklärvideo.
Bewertung	B2 ... beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.	... beurteilen die Verpackungsaufschrift eines Laserpointers.
	B3 ... entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab.	... erstellen einen Kriterienkatalog zur Frage, ob für die Einrichtung eines Partyraums im Jugendzentrum ein Laser-Discolicht installiert werden soll, und wägen Handlungsoptionen gegeneinander ab.
	B6 ... beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein.	... beurteilen den Einsatz von Hand-Laser-Scannern an Baumarktkassen.

4 GRUNDFACH

Der Physikunterricht im Grund- und im Leistungsfach setzt unterschiedliche Akzente, beispielsweise bezüglich des Umgangs mit Inhalten und Methoden der Physik. Der Durchdringungsgrad und die Detailliertheit des Fachwissens sind im Grundfach weniger ausgeprägt als im Leistungsfach, wobei die Vernetzung, auch unter dem Blickwinkel der Basiskonzepte, in beiden Anforderungsniveaus einen hohen Stellenwert hat.

Die Lehrkraft entwickelt und verantwortet unter Berücksichtigung der spezifischen Lernvoraussetzungen einen Unterricht für das Grundfach, der durch folgende **Merkmale** gekennzeichnet ist: Er zielt hinsichtlich der Inhalte und Methoden der Physik auf ein konzeptionelles Grundverständnis ab; dabei hat das Arbeiten mit und das Denken in Analogien im Grundfach eine besondere Bedeutung. Der gegenüber dem Leistungsfach geringere Zeiteinsatz erfordert eine überwiegend exemplarische Behandlung. Zudem ist der Anwendungsbezug im Grundfach ausgeprägter und der Lebensweltbezug stärker betont als im Leistungsfach. Phänomenologischen Zugängen zu physikalischen Inhalten kommt eine besondere Bedeutung zu.

Planung und Gestaltung des Unterrichts unterliegen folgenden **Rahmenbedingungen**:

In der Einführungsphase sind die Inhalte des Physikunterrichts weitgehend verbindlich festgelegt. Sämtliche Pflichtbausteine müssen berücksichtigt werden. Von den zwei Wahlpflichtbausteinen ist einer auszuwählen. In der Qualifikationsphase ist die Einbindung der neun Pflichtbausteine verbindlich. Aus der Liste der Wahlpflichtbausteine sind weitere fünf Bausteine auszuwählen. Sofern Inhalte aus Pflichtbausteinen der Qualifikationsphase bereits vor Beginn der Qualifikationsphase behandelt wurden, ist sicherzustellen, dass diese Inhalte in der Qualifikationsphase noch einmal aufgegriffen und ggf. vertieft werden.

Auswahl und Anordnung der Lehrplanbausteine sind immer mit Blick auf die kontinuierliche Kompetenzentwicklung sowie die didaktische Schwerpunktsetzung vorzunehmen (vgl. Planungsbeispiele in Kap. 4.2). Dabei können Bausteine miteinander kombiniert, ineinander verzahnt oder integriert werden. Eine bloße Aneinanderreihung von Lehrplanbausteinen reicht nicht aus. Ebenso muss bei der **Planung von Unterricht** die kontinuierliche Kompetenzentwicklung stets mitgedacht werden. Sie kann nicht losgelöst von Inhalten erfolgen und muss auch im Grundfach in allen Teilaspekten der Kompetenzbereiche gewährleistet werden (vgl. Kapitel 2). Bei der Umsetzung der Planung sind die oben genannten Merkmale für den Unterricht im Grundfach zu berücksichtigen.

Anzahl von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen im Grundfach:

	Anzahl der Pflichtbausteine	Anzahl der Wahlpflichtbausteine
Einführungsphase	3	1
Qualifikationsphase	9	5

4.1 Liste der Lehrplanbausteine für das Grundfach

Pflichtbausteine	Wahlpflichtbausteine
<p>Einführungsphase (alle verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kinematik ■ Dynamik ■ Erhaltungsgrößen der Mechanik <p>Qualifikationsphase (alle verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder ■ Energie und Energiespeicherung im elektrischen Feld ■ Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern ■ Veränderliche elektromagnetische Felder ■ Harmonische Schwingungen ■ Harmonische Wellen ■ Superposition von Wellen ■ Quantenobjekte I ■ Quantenmechanische Atomvorstellung I 	<p>Einführungsphase (1 verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wurfbewegungen ■ Gravitation <p>Qualifikationsphase (5 verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern ■ Schwingungsphänomene ■ Akustik ■ Licht als Wellenphänomen ■ Elektromagnetische Wellen ■ Wechselstromkreise ■ Elektronik ■ Festkörperphysik ■ Quantenobjekte II ■ Quantenmechanische Atomvorstellung II ■ Kernphysik ■ Strahlenbiophysik ■ Elementarteilchenphysik ■ Entropie ■ Thermodynamische Maschinen ■ Energiebereitstellung ■ Relativistische Kinematik ■ Relativistische Dynamik ■ Astrophysik ■ Kosmologie ■ Chaos und Fraktale - Nichtlineare dynamische Systeme ■ Strömungsphysik ■ Physik als sich weiterentwickelnde Wissenschaft ■ Individuelles Thema

4.2 Planungsbeispiele für das Grundfach

Erstes Planungsbeispiel für die Qualifikationsphase im Grundfach

Dieses Planungsbeispiel ermöglicht einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau und orientiert sich an der gewachsenen Reihenfolge der Fachgebiete. Die Bausteine (Pflichtbausteine getönt) bilden dabei fachliche Themenblöcke und sind ineinander verzahnt. Abgerundet wird die Abfolge durch einen anwendungsorientierten Themenblock aus Wahlpflichtbausteinen.

Elektrische und magnetische Felder

Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder
Energie und Energiespeicherung im elektrischen Feld
Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern
Veränderliche elektromagnetische Felder

Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Harmonische Schwingungen
Harmonische Wellen
Superposition von Wellen

Quantenphysik und Materie

Quantenobjekte I
Quantenobjekte II
Quantenmechanische Atomvorstellung I
Quantenmechanische Atomvorstellung II

Perspektiven der Energieversorgung

Energiebereitstellung
Individuelles Thema
Entropie

Zweites Planungsbeispiel für die Qualifikationsphase im Grundfach

Dieses zweite Planungsbeispiel (Pflichtbausteine getönt) ermöglicht einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau und greift als besonderen Aspekt das Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment auf. Im letzten Block wird ein erkenntnistheoretischer Schwerpunkt gesetzt.

Theorien in der Physik

Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder
Energie und Energiespeicherung im elektrischen Feld
Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern
Veränderliche elektromagnetische Felder

Experimente in der Physik

Harmonische Schwingungen	
Harmonische Wellen	
Superposition von Wellen	
Akustik	Schwingungsphänomene

Verknüpfung von Experiment und Theorie: Grenzen der Anschaulichkeit

Quantenobjekte I	
Quantenmechanische Atomvorstellung I	
Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern	Relativistische Dynamik
Elementarteilchenphysik	

4.3 Bausteine für die Einführungsphase des Grundfaches

Einführungsphase Grundfach	
Pflichtbaustein	
Stundenansatz: 10	
Kinematik	
<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Beschreibende Größen einer Bewegung (Ort, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung) ■ Idealisierte Bewegungsformen: <ul style="list-style-type: none"> • Gleichförmige lineare Bewegung • Gleichmäßig beschleunigte lineare Bewegung • Gleichförmige Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Formale und begriffliche Grundkenntnisse bereitstellen und den Umgang mit den beschreibenden Größen und ihrer zeitabhängigen Darstellung in Diagrammen einüben. b) Eine Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Dynamik‘ ist bedenkenswert. c) Entsprechend der didaktischen Absicht, die Beschreibung der Bewegungen nicht von ihrer Ursache zu entkoppeln, ergibt die Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Dynamik‘ Sinn. Eine bewusste Auswahl der Experimente hinsichtlich Durchführung, Messwertaufnahme und Auswertung sowie die grundlegende Unterscheidung zwischen zufälligen und systematischen Fehlern sollte vorgenommen werden.

Einführungsphase Grundfach	
Pflichtbaustein	
Stundenansatz: 10	
Dynamik	
<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ursachen für Bewegungsänderungen ■ Wechselwirkungsprinzip ■ Trägheit als Beharrungsvermögen 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Dem Ausbau des in der Mittelstufe angelegten Konzeptes (Impuls- oder Kraftbegriff) zum Wechselwirkungsprinzip Vorrang vor der Mathematisierung geben. b) Eine Kombination mit den Pflichtbausteinen ‚Kinematik‘ und ‚Erhaltungsgrößen der Mechanik‘ ist bedenkenswert. c) Entsprechend der didaktischen Absicht, die Beschreibung der Bewegungen nicht von ihrer Ursache zu entkoppeln, ergibt die Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Kinematik‘ Sinn.

Erhaltungsgrößen der Mechanik

Einführungsphase Grundfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Inhalte

- Energieerhaltung
- Impulserhaltung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Das Konzept der Erhaltung als Axiom und die Methode des Bilanzierens in ihrer Relevanz demonstrieren und deren Anwendung einüben. Die Bedeutung der Reibung bei realen Bewegungsvorgängen bewusst machen. Die Notwendigkeit der vektoriellen Betrachtung bei der Impulserhaltung aufzeigen.
- b) Eine Kombination mit dem Pflichtbaustein ‚Dynamik‘ ist bedenkenswert. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Energiekonzept in einer Vielzahl von Bausteinen der Qualifikationsphase fortgeführt und erweitert wird.
- c) Die Erhaltungssätze sind Axiome, die sich experimentell nicht beweisen lassen (erkenntnistheoretischer Aspekt der Physik). Durch die Wahl geeigneter Experimente und eine Betonung des Bilanzierungsaspekts bei skalaren und vektoriellen Größen kann ihre Sinnhaftigkeit plausibel gemacht werden (z. B. teilelastische Stöße, zweidimensionale Stoßexperimente).

Einführungsphase Grundfach	
Wahlpflichtbaustein	
Stundenansatz: 6	
<p>Wurfbewegungen</p> <p>Mögliche Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Superpositionsprinzip ■ Senkrechter Wurf ■ Waagerechter Wurf 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Das Superpositionsprinzip als wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise der Physik erarbeiten. b) Das Superpositionsprinzip wird in vielen weiteren Bausteinen der Qualifikationsphase, wie z. B. ‚Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern‘ oder ‚Superposition von Wellen‘ aufgegriffen und vertieft. c) Die videogestützte Messwerterfassung zur Bewegungsanalyse bei realen Bewegungen erweitert das Methodenrepertoire zeitökonomisch.

Einführungsphase Grundfach	
Wahlpflichtbaustein	
Stundenansatz: 6	
<p>Gravitation</p> <p>Mögliche Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Gravitationsgesetz ■ Satellitenbewegung 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Den Fokus auf die Interpretation und Anwendung des Gravitationsgesetzes legen. Die kombinierte Nutzung zuvor gewonnener Erkenntnisse und Methoden einüben. b) Dieser Wahlpflichtbaustein kann sinnvoll an die Pflichtbausteine ‚Kinematik‘ und ‚Dynamik‘ angeschlossen werden. c) Die Behandlung des Gravitationsfeldes ermöglicht Analogiebetrachtungen beim elektrischen Feld im Pflichtbaustein ‚Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder‘.

4.4 Bausteine für die Qualifikationsphase des Grundfaches

Qualifikationsphase Grundfach Pflichtbaustein Stundenansatz: 10	
<p>Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder</p> <p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlegende Eigenschaften statischer elektrischer und magnetischer Felder ■ Elektrische und magnetische Feldlinienbilder (u. a. homogenes Feld, Radialfeld) ■ Prinzip der Superposition von Feldern (u. a. elektrisches Dipolfeld, Feld zweier Stabmagnete); graphische Addition zweier feldbeschreibender Vektoren ■ Elektrische Influenz als Beispiel einer Wechselwirkung ■ Elektrisches Feld: Definition der elektrischen Feldstärke \vec{E} ■ Magnetisches Feld: Definition der magnetischen Flussdichte \vec{B} ■ Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule, Einfluss (qualitativ) von Stromstärke, Windungszahl, Spulenlänge und Medium im Inneren 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <p>a) Das Feldkonzept als Nahwirkungstheorie einer Wechselwirkung entwickeln.</p> <p>b) --</p> <p>c) Begrifflich sollte zwischen Ladung als physikalischer Größe und Ladungsträgern als Körper unterschieden werden. Elektrische und magnetische Felder sollen im Vergleich betrachtet werden. Eine Analogiebetrachtung zum Gravitationsfeld ist möglich, falls der Wahlpflichtbaustein ‚Gravitation‘ gewählt wurde. Dadurch kann auch die Metaebene beschriftet werden.</p>

Energie und Energiespeicherung im elektrischen Feld

Inhalte

- Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im Plattenkondensator
- Potentielle Energie bei einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld
- Kapazität als Kenngröße eines Kondensators
- Energieinhalt des elektrischen Feldes eines Kondensators (quantitativ)
- Zeitlicher Verlauf der Stromstärke beim Auflade- und Entladevorgang am Kondensator in Abhängigkeit von den Größen Widerstand und Kapazität (qualitativ); Stromstärkeverlauf beim Entladen auch quantitativ
- Beispiel für die Einsatzmöglichkeit des Kondensators als Energiespeicher und Sensor
- Abhängigkeit der Kapazität von geometrischen Daten des Plattenkondensators und vom Dielektrikum

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Modellhafte Vorstellungen von den Vorgängen und den Zusammenhängen der Größen entwickeln.
Reines Formelrechnen vermeiden.
Zeitökonomisch unterrichten bei einer bewussten Auswahl an Experimenten und Methoden der Physik.
- b) --
- c) Bei Betrachtung der potentiellen Energie ist diese nicht dem Körper oder der Probeladung zuzuordnen, sondern dem elektrischen Feld. Es genügt die Abhängigkeit der Kapazität vom Dielektrikum ohne Deutung der Vorgänge im Inneren des Dielektrikums zu betrachten. Das Verständnis von Spannung als Potentialdifferenz sollte bereits aus der Mittelstufe bekannt sein.
Bei Betrachtung des Stromstärkeverlaufs während des Entladevorgangs am Kondensator ist eine Mathematisierung mit einer Exponentialfunktion vorzunehmen.
Bestimmte entsprechend ausgewiesene Inhalte sind an dem Kondensatortyp „Plattenkondensator“ zu erarbeiten, für weitere Inhalte empfiehlt sich die Verwendung anderer Kondensatortypen.
Praktikum: Äquipotentiallinien (Schnitt von Äquipotentialflächen mit der Papierebene)

Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern

Qualifikationsphase Grundfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Inhalte

- Kraft auf geladene Teilchen bei gegebener elektrischer Feldstärke \vec{E}
- Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Querfeld (qualitativ)
- Energiebetrachtung bei der Beschleunigung von geladenen Teilchen (auch quantitativ); Elektronvolt (eV) als Einheit
- Lorentzkraft auf geladene Teilchen bei gegebener magnetischer Flussdichte \vec{B} ; Richtung und Betrag für den orthogonalen Fall
- Bewegung geladener Teilchen im homogenen magnetischen Feld (qualitativ)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Überblick über die Gesetzmäßigkeiten der Wechselwirkung von geladenen Körpern in statischen Feldern vermitteln.
- b) Die Verzahnung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern‘ empfiehlt sich und ermöglicht eine vertiefte Betrachtung an konkreten Beispielen.
- c) Durch den Vergleich von Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf geladene Körper können die Unterschiede in deren Wirkmechanismen und daraus resultierende Konsequenzen herausgearbeitet werden.

Veränderliche elektromagnetische Felder

Qualifikationsphase Grundfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Inhalte

- Definition des magnetischen Flusses $\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$
- Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient)
- Anwendung des eingeführten Induktionsgesetzes in den Spezialfällen konstanter Fläche beziehungsweise konstanter magnetischer Flussdichte
- Vorhersage der Richtung des Induktionsstromes
- Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion (z. B. induktive Ladestation, Generator)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Überblick über die Gesetzmäßigkeiten der elektromagnetischen Induktion vermitteln und den Alltagsbezug aufzeigen.
- b) --
- c) Auch bei reduzierter Mathematisierung eignet sich dieser Pflichtbaustein, um das Basis-konzept „Mathematisieren und Vorhersagen“ herauszuarbeiten.

Harmonische Schwingungen

Inhalte

- Charakteristische Größen der mechanischen harmonischen Schwingung und ihre Zusammenhänge (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer)
- Elektromagnetischer Schwingkreis in Analogie zum mechanischen Oszillator, insbesondere unter energetischen Aspekten
- Abhängigkeit der Periodendauer von systembeschreibenden Größen an einem Beispiel

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Formale und begriffliche Grundkenntnisse bereitstellen. Formelinterpretationen und qualitative Analogiebetrachtungen vorrangig vor mathematischen Herleitungen durchführen.
Bei Funktionsgleichungen auf Beschreibung durch Sinus und Kosinus ohne Nullphasenwinkel beschränken.
Möglichkeiten zum experimentellen Arbeiten nutzen.
- b) --
- c) Durch Betrachten von Gemeinsamkeiten und Unterschieden (z. B. Energieträger, Bauteile) zweier schwingender Systeme kann die Metaebene beschritten werden.
Es empfiehlt sich der Vergleich von elektromagnetischem Schwingkreis und waagrechttem Federschwinger.
Praktikum: Schwingungen

Harmonische Wellen

Qualifikationsphase Grundfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Inhalte

- Erzeugung, Ausbreitung und Energietransport bei Wellen
- Beschreibende Größen einer Welle (Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz) und deren Zusammenhänge
- Transversale und longitudinale Welle, lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal
- Wellenphänomene: Brechung, Reflexion, Beugung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Grundlegende Größen zur Beschreibung von Wellen erarbeiten.
Umfangreiche Mathematisierungen vermeiden und graphische Darstellungen nutzen. Phänomenologische Betrachtungen bevorzugen.
- b) --
- c) Die Betrachtung der Welle als zeitlich und räumlich periodisches Phänomen ist ausreichend.
Die lineare Polarisierbarkeit dient als Unterscheidungsmerkmal der beiden Wellentypen. Es soll zwischen linear polarisiertem Licht (z. B. Laser) und unpolarisiertem Licht unterschieden werden.
Geeignete Beispiele zur Erarbeitung sind Realexperimente (z. B. Wasserwellen, Pendelketten) und Animationen bzw. Simulationen.

Superposition von Wellen

Inhalte

- Stehende Welle als Überlagerung von Wellen im eindimensionalen Fall
- Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle
- Interferenz am Doppelspalt mit monochromatischem Licht
- Entstehung des Spektrums von weißem Licht am Doppelspalt
- Experimentelle Wellenlängenbestimmung von monochromatischem Licht
- Überblick über die verschiedenen Wellenlängenbereiche elektromagnetischer Wellen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Vertrautheit mit dem Prinzip der Superposition von Wellen herstellen, dabei eine zielgerichtete Auswahl von Beispielen und Experimenten vornehmen.
- b) Experimentelle Vertiefungen sollten aus Zeitgründen nur in Verbindung mit den Wahlpflichtbausteinen ‚Licht als Wellenphänomen‘ oder ‚Akustik‘ erfolgen.
- c) Die Wellenphänomene können sowohl am Beispiel mechanischer Wellen als auch elektromagnetischer Wellen erarbeitet werden. Die Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle kann experimentell oder durch geeignete Simulationen erfolgen. Die experimentelle Wellenlängenbestimmung von monochromatischem Licht sollte am idealisierten Doppelspalt (Spaltbreite vernachlässigen) oder am Gitter erfolgen. Dabei empfiehlt sich das Gitter wegen der höheren Auflösung. Auf einen zeitintensiven mathematisierten Übergang vom Doppelspalt zum Gitter sollte verzichtet werden.

Quantenobjekte I

Qualifikationsphase Grundfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Inhalte

- Quantenmechanisches Verhalten von freien Elektronen und von Photonen am Doppelspalt
- Zusammenhang zwischen Energie und Frequenz und zwischen Impuls und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten
- Grundlegende Aspekte der Quantentheorie:
 - Interferenz und Superposition
 - Stochastische Vorhersagbarkeit
 - Determiniertheit der Zufallsverteilung
 - Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit
- Quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität und Determinismus
- Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum h mit einer experimentellen Methode

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die Problematik der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik aufzeigen, insbesondere bezüglich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität und Determinismus.
- b) Dieser Baustein setzt Kenntnisse aus den Pflichtbausteinen ‚Harmonische Wellen‘ und ‚Superposition von Wellen‘ voraus. Eine Vertiefung kann in Verbindung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Quantenobjekte II‘ erfolgen.
- c) Alle grundlegenden Aspekte der Quantentheorie können am Doppelspalt mit einer geeigneten Simulation erarbeitet werden (Welliges, Körniges, Stochastisches und Komplementarität). Das Mach-Zehnder-Interferometer kann dazu ebenfalls genutzt werden. Das Betragsquadrat der Zustandsfunktion kann als Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte interpretiert werden und stellt damit die Verbindung zur physikalischen Realität her, d. h. es gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, das Quantenobjekt bei einer Ortsmessung zur Zeit t am Ort (x, y, z) nachzuweisen.

Qualifikationsphase Grundfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Quantenmechanische Atomvorstellung I

Inhalte

Phänomene:

- Quantisierte Absorption von Photonen (z. B. Fraunhofer-Linien, Natriumresonanzabsorption)
- Quantisierte Emission am Beispiel des Wasserstoffatoms, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Übergängen im Energieniveauschema

Modelle:

- Energiestufenmodell als abstraktes Atommodell, Konkretisierung anhand der Energiewerte für Wasserstoff
- Orbitalmodell des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeit für das Elektron

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die Idee der Quantisierung atomarer Vorgänge zur Einsicht bringen und ein solides Grundwissen bereitstellen.
Experimentelle Beobachtungen anhand eines quantenmechanischen Atommodells qualitativ erklären.
- b) Eine Vertiefung ist in Verbindung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Quantenmechanische Atomvorstellung II‘ möglich.
- c) Atome können bestimmte diskrete Energiezustände einnehmen. Bei Wechselwirkungen können sie durch quantenhafte Aufnahme oder Abgabe von Energie den Zustand wechseln. Dies kann im Energiestufenmodell dargestellt werden. Das Grundprinzip dieses Modells kann mit einem unskalierten Energieniveauschema mit senkrechter Energieachse veranschaulicht werden.

Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Fadenstrahlrohr zur Bestimmung von e/m
- Elektronenablenkröhre
- Teilchenbeschleuniger
- Hall-Effekt (qualitativ)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Ein oder zwei Anwendungsbeispiele auswählen.
- b) Eine Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern‘ empfiehlt sich.
- c) Je nach gewähltem Beispiel ist eine quantitative Betrachtung der Wechselwirkung mit dem Magnetfeld notwendig.
Auch das Superpositionsprinzip kann je nach gewähltem Beispiel aufgegriffen werden.

Schwingungsphänomene

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Freie gedämpfte Schwingungen
- Erzwungene Schwingungen
- Resonanz bei erzwungenen Schwingungen
- Gekoppelte Schwingungen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Eine vertiefte Auseinandersetzung mit Schwingungsphänomenen ermöglichen. Umfangreiche Mathematisierungen vermeiden und graphische Darstellungen nutzen. Phänomenologische Betrachtungen bevorzugen.
- b) Eine Kombination mit den Pflichtbausteinen ‚Harmonische Schwingungen‘ und ‚Harmonische Wellen‘ bietet sich an.
- c) Der Einsatz von Computersimulationen ist bedenkenswert.

Qualifikationsphase Grundfach	
Wahlpflichtbaustein	
Stundenansatz: 10	
<p>Akustik</p> <p>Mögliche Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Schall als longitudinale Welle ■ Überlagerung: Schwebung, stehende Wellen, Resonanz (z. B. bei Musikinstrumenten, Kundt'sches Rohr, Chladni'sche Klangfiguren) ■ Fouriersynthese von Tönen zu einem Klang bzw. Fourieranalyse von Klängen mit geeigneter Software ■ Schallwahrnehmung: Schallfeldgrößen (Schalldruck, Schallschnelle) 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <p>a) Den Beschäftigungsgrad mit Schwingungen und Wellen erhöhen.</p> <p>b) Dieser Baustein bietet sich zur Vernetzung mit den Bausteinen ‚Schwingungsphänomene‘, ‚Harmonische Wellen‘ und ‚Superposition von Wellen‘ an.</p> <p>c) Bei Schallwellen ist keine direkte Elongation erkennbar, darum werden Schalldruck und Schallschnelle als Kenngrößen festgelegt. Praktikum: Fourieruntersuchung mit geeigneter Software (z. B. Obertonspektrum)</p>

Qualifikationsphase Grundfach	
Wahlpflichtbaustein	
Stundenansatz: 10	
<p>Licht als Wellenphänomen</p> <p>Mögliche Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Interferenzphänomene in der Natur (z. B. dünne Schichten, schillernde Schmetterlingsflügel) ■ Interferenzphänomene in technischen Anwendungen (z. B. Holographie, Interferometrie, Spektrometrie) ■ Polarisationsphänomene in der Natur (z. B. Orientierung der Biene am polarisierten Sonnenlicht, Doppelbrechung bei Kalkspat) ■ Polarisationsphänomene in technischen Anwendungen (z. B. 3D-Brillen, Spannungsdoppelbrechung) 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <p>a) Die inhaltliche und experimentelle Auseinandersetzung mit wellenoptischen Phänomenen vertiefen.</p> <p>b) Dieser Baustein eignet sich als Erweiterung und Vertiefung der Pflichtbausteine ‚Harmonische Wellen‘ und ‚Superposition von Wellen‘.</p> <p>c) --</p>

Elektromagnetische Wellen

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Rückkopplungsprinzip zur Aufrechterhaltung einer Schwingung
- Offener Schwingkreis
- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
- Modulation einer Trägerwelle
- Technische Anwendungen im Alltag (z. B. Mikrowelle, WLAN, Mobilfunk)
- Spektrum elektromagnetischer Wellen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Eine vertiefte Auseinandersetzung mit ausgewählten Aspekten elektromagnetischer Wellen ermöglichen.
- b) Eine Vernetzung mit den Pflichtbausteinen ‚Harmonische Schwingungen‘, ‚Harmonische Wellen‘ und ‚Superposition von Wellen‘ ist bedenkenswert.
- c) --

Wechselstromkreise

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Kenngrößen in Wechselstromkreisen: Effektivwerte von Stromstärke und Spannung
- Impedanz, Phasenverschiebung
- Wirkleistung und Blindleistung
- Reihen- und Parallelschaltung von Spule, Kondensator und Ohm'schem Widerstand

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Den Ausbau der Grundfertigkeiten im experimentellen Arbeiten ermöglichen. Die quantitativen Zusammenhänge graphisch verdeutlichen.
- b) Eine Vernetzung mit dem Pflichtbaustein ‚Veränderliche elektromagnetische Felder‘ ist möglich.
- c) Ein Vergleich des Verhaltens der Bauteile bei Gleichstrom und Wechselstrom kann zum tieferen Verständnis beitragen.
Praktikum: Wechselstromkreise (z. B. Hochpassfilter, Tiefpassfilter, Lautsprecherbau, elektrische Energieübertragung)

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Elektronik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Elektronische Grundschaltungen ■ Eigenleitung, Störstellenleitung ■ Halbleiterdiode ■ Transistor als Schaltelement 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> a) Einen Einblick in elektronische Grundschaltungen geben und experimentelle Fertigkeiten fördern. Das Denken in Baugruppen einüben. b) -- c) Es bietet sich an, den Baustein komplett als Praktikum (z. B. Arbeit mit Steckplatinen) durchzuführen. Die Mechanismen der Leitungsvorgänge können an einfachen Modellen behandelt werden – eine vertiefende Behandlung im Sinne der Festkörperphysik ist hier nicht intendiert.

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Festkörperphysik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Bändermodell ■ Eigenschaften von Festkörpern (elektrische, thermische, magnetische und optische) ■ Eigenleitung, Störstellenleitung 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> a) In grundlegende Modellvorstellungen einführen und anhand ausgewählter Beispiele einen vertieften Einblick geben. b) -- c) Die Behandlungstiefe richtet sich nach der Kursfolge und dem Umfang der vorhandenen quantenmechanischen Kenntnisse.

Quantenobjekte II

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Interpretationsmöglichkeiten der Quantentheorie am Beispiel eines quantenphysikalischen (Gedanken-)Experiments (z. B. Kopenhagener Deutung, Viele-Welten-Interpretation, Pragmatische Deutung, Realistische Deutung)
- Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation
- Experimentelle Belege (z. B. Elektronenbeugungsröhre, Hallwachs-Effekt, Quantenradierer)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Eine erkenntnistheoretische und eine experimentelle Vertiefung der quantenphysikalischen Denkweise ermöglichen.
- b) Die Vernetzung mit dem Pflichtbaustein ‚Quantenobjekte I‘ ist bedenkenswert.
- c) Die Problematik der Interpretation kann auf Basis der experimentellen Befunde am Doppelspalt-Experiment thematisiert werden. Das Konzept der Unbestimmtheit soll in der folgenden Form erarbeitet werden: Es ist unmöglich, einen Zustand zu präparieren, bei dem zueinander komplementäre Größen jeweils einen exakten Wert haben.

Quantenmechanische Atomvorstellung II

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

Nutzung quantenmechanischer Atomvorstellungen in Anwendungsbeispielen:

- Franck-Hertz-Versuch
- Natriumresonanzabsorption
- Lumineszenz
- Laser
- Spektralanalyse
- Chemische Bindung/Molekülstruktur
- Farbstoffmoleküle

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die Anwendung der erarbeiteten Modelle an realen Phänomenen erproben und ihre Tragfähigkeit aufzeigen. Inhaltliche und erkenntnistheoretische Vertiefungen und Ergänzungen im Sinne einer intensiveren Durchdringung und Vertrautheit anstreben.
- b) Eine Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Quantenmechanische Atomvorstellung I‘ ist sinnvoll.
- c) --

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Kernphysik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Strahlenquellen, Radionuklide ■ Kernreaktionen: radioaktiver Zerfall, Fission, Fusion ■ Absorptionsgesetz und Zerfallsgesetz ■ Trennenergie (bzw. Bindungsenergie) ■ Energetische Aspekte bei technischen Anwendungen (z. B. Fissions- und Fusionsreaktoren, Sonne) 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) In Abgrenzung zur Behandlung der Thematik in der Mittelstufe eine geeignete Mathematisierung und quantitative Betrachtung vornehmen. b) Eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Strahlenbiophysik‘ ist bedenkenswert. c) Der Begriff „Bindungsenergie“ ist didaktisch problematisch, da die Energie nicht in der Bindung steckt, sondern als Trennenergie zur Auflösung der Bindung zugeführt werden muss.

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Strahlenbiophysik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Strahlendosen, Transferfaktoren ■ Biologische Strahlenwirkung ■ Grenzwerte, Strahlenschutz ■ Harte Röntgenstrahlung, Schwächungsgesetz, Abschirmung ■ Energiedeposition verschiedener Strahlungsarten (z. B. Gamma-, Ionen-, Protonen-, Alphastrahlung) im Gewebe ■ Medizinische Anwendungen von Strahlung (z. B. Laser, Röntgen, Elektronen, Schwerionen) 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Einen tieferen Einblick in die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit biologischen Systemen bieten, auch in medizinischen Anwendungen. b) Eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Kernphysik‘ ist bedenkenswert. c) --

Elementarteilchenphysik

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Fundamentarteilchen
- Fundamentale Wechselwirkungen und Austauschteilchen
- Standardmodell als Ordnungsschema
- Experimentelle Befunde
- Offene Fragen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Einblick in die Grundlagen der Elementarteilchenforschung ermöglichen. Die Physik als historisch-dynamischen Prozess aufzeigen.
- b) --
- c) Durch Auswertung von verfügbaren Originaldaten von Experimenten oder Rückgriff auf Simulationen können fehlende experimentelle Anteile kompensiert werden.

Entropie

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Entropie als Energieträger
- Entropieerzeugung und Entropiestrom
- Carnot-Wirkungsgrad

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Ein Verständnis von Entropie als mengenartige Größe vermitteln.
- b) Eine Verbindung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Energiebereitstellung‘ ist bedenkenswert. Eine anwendungsbezogene Vertiefungsmöglichkeit bietet der Wahlpflichtbaustein ‚Thermodynamische Maschinen‘.
- c) Es empfiehlt sich, den direkten Zugang zum Entropiebegriff über die Entropie als Energieträger und den Zusammenhang $\Delta E = T \cdot \Delta S$ zu wählen. Über den Carnot-Wirkungsgrad kann aufgezeigt werden, dass es unmöglich ist, die gesamte thermisch zugeführte Energie auf andere Träger zu übertragen.

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Thermodynamische Maschinen	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Gesetze des idealen Gases ■ Thermodynamische Maschinen (z. B. Wärmepumpe, Stirling-Motor, Peltier-Element) ■ Carnot-Wirkungsgrad 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Ein Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen thermodynamischer Maschinen schaffen (Carnot-Wirkungsgrad). b) Eine Vernetzung mit den Wahlpflichtbausteinen ‚Energiebereitstellung‘ oder ‚Entropie‘ ist bedenkenswert. c) Über den Carnot-Wirkungsgrad kann aufgezeigt werden, dass es unmöglich ist, die gesamte thermisch zugeführte Energie auf andere Träger zu übertragen.

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Energiebereitstellung	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Grundprinzip der Energiebereitstellung <ul style="list-style-type: none"> • Energieerhaltung • Wirkungsgrad ■ Multiperspektivischer (innerfachlicher und überfachlicher) Vergleich verschiedener Techniken zur Energiebereitstellung ■ Globale und regionale Aspekte der Energieversorgung ■ Nachhaltigkeit 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Inhaltliche Grundlagen bereitstellen. Ein Bewusstsein für die Relevanz und Problematik der Energiebereitstellung schaffen. b) Eine Vernetzung mit den Wahlpflichtbausteinen ‚Thermodynamische Maschinen‘ oder ‚Entropie‘ ist bedenkenswert. c) In diesem Wahlpflichtbaustein ist eine Auswahl an Energiebereitstellungstechniken zu treffen. Die innerfachliche Betrachtung unter Gesichtspunkten wie beispielsweise Leistung, Wirkungsgrad, Speicherung oder Transport wird durch den Aspekt der Nachhaltigkeit z. B. um ökonomische, ökologische, ethische oder politische Fragestellungen erweitert.

Relativistische Kinematik

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Relativität der Gleichzeitigkeit, Relativitätsprinzip, Bezugssysteme
- Folgerungen und Konsequenzen (z. B. Lorentz-Kontraktion, Zeitdilatation, Zwillingsparadoxon)
- Experimentelle Belege
- Raum-Zeit-Diagramme

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) In die relativistische Denkweise der Kinematik als Fundament naturwissenschaftlicher Bildung einführen.
Den Grad der formalen Darstellung zugunsten eines grundlegenden Überblicks beschränken. Die wissenschaftstheoretische und kulturhistorische Bedeutung von Physik als theoriegeleiteter Erfahrungswissenschaft verdeutlichen.
- b) --
- c) Der Baustein kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Relativistische Dynamik‘ unterrichtet werden.

Relativistische Dynamik

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Masse-Energie-Äquivalenz
- Zusammenhänge zwischen Energie, Impuls, Geschwindigkeit
- Existenz einer Grenzggeschwindigkeit
- Grenzfälle
- Abhängigkeit der Zeit vom Gravitationsfeld
- Experimentelle Belege

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Zentrale Erkenntnisse aus der Relativitätstheorie als Fundament naturwissenschaftlicher Bildung darstellen.
Den Grad der formalen Darstellung zugunsten eines grundlegenden Überblicks beschränken. Die wissenschaftstheoretische und kulturhistorische Bedeutung von Physik als theoriegeleiteter Erfahrungswissenschaft verdeutlichen.
- b) --
- c) Der Baustein kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Relativistische Kinematik‘ unterrichtet werden.

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Astrophysik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Zustandsgrößen der Sonne: Radius, Masse, mittlere Dichte, effektive Temperatur ■ Masse-Leuchtkraft-Beziehung, Sternentwicklung ■ Standardsonnenmodell ■ Aktuelle Forschungsergebnisse 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> a) Einen Einblick in Fragen, Probleme und Methoden der Astrophysik geben. b) -- c) Der Baustein setzt Kenntnisse aus der Atom- und Kernphysik voraus. Er kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Kosmologie‘ unterrichtet werden.

Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Kosmologie	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Struktur des Universums ■ Entwicklung des Universums (Urknalltheorie, Hintergrundstrahlung, Hubble-Gesetz, Weltalter) ■ Aktuelle Forschungsergebnisse 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> a) Grundfragen der Menschheit bewusst machen und am aktuellen Forschungsstand orientierte naturwissenschaftliche Antworten anbieten. b) -- c) Der Baustein kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Astrophysik‘ unterrichtet werden.

Chaos und Fraktale – Nichtlineare dynamische Systeme

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Beispiele von Chaosphänomenen und fraktalen Strukturen
- Merkmale und Systembedingungen chaotischer Systeme (z. B. Bifurkation, Nichtlinearität, Sensitivität, Strukturen im Chaos)
- Strukturelle Ähnlichkeiten in verschiedenen Bereichen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen allgemeinen Überblick sowie einen vertieften Einblick anhand ausgewählter Beispiele geben.
- b) Dieser Baustein kann als Ergänzung zum Pflichtbaustein ‚Harmonische Schwingungen‘ unterrichtet werden.
- c) Bei Wahl eines fachübergreifenden Zugangs gelingt eine anschauliche Einführung in die Thematik.
Die Behandlung der Beispiele kann die Nutzung geeigneter Software und Simulationen einschließen.

Strömungsphysik

Qualifikationsphase Grundfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Strömungsphänomene und Strömungsarten
- Kontinuitätsgleichung, Strömungsgesetze (z. B. Bernoulli-Gleichung, Gesetz von Stokes, Reynolds-Zahl)
- Dynamischer Auftrieb

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Einblick in Phänomene, Gesetzmäßigkeiten und Anwendungen der Strömungsphysik an ausgewählten Beispielen geben.
- b) --
- c) Die zu behandelnden Gesetze ergeben sich aus den gewählten Beispielen.
Ein projektartiges Arbeiten bietet sich an.
Praktikum: Sinkgeschwindigkeiten

<p>Physik als sich weiterentwickelnde Wissenschaft</p>		<p>Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10</p>
<p>Mögliche Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wissenschaftliche Revolutionen (z. B. Kopernikanische Wende, Quantenphysikalisches Weltbild, Verständnis von Raum und Zeit in der Relativitätstheorie) ■ Physikalische Arbeitsweisen im gesellschaftlichen und historischen Kontext 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Die gesellschaftliche und historische Relevanz der Physik bewusst machen. b) -- c) Die Physik ist als offener, lebendiger und nicht abgeschlossener Prozess zu verstehen, der durch die Vorläufigkeit des Erkenntnisstandes geprägt ist. Damit richtet sich der Blick nie nur in die Vergangenheit. Entsprechend der didaktischen Absicht kann dieser Baustein als Block oder in andere Bausteine integriert unterrichtet werden. 	

<p>Individuelles Thema</p>		<p>Qualifikationsphase Grundfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10</p>
<p>Mögliche Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Individuell gewählte Inhalte ■ ■ 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> a) An ausgewählten Inhalten Bewertungskompetenz entwickeln. b) -- c) vgl. Erläuterungen im Kapitel 3 	

5 LEISTUNGSFACH

Der Physikunterricht im Grund- und im Leistungsfach setzt unterschiedliche Akzente, beispielsweise bezüglich des Umgangs mit Inhalten und Methoden der Physik. Der Durchdringungsgrad und die Detailliertheit des Fachwissens sind im Leistungsfach ausgeprägter als im Grundfach, wobei die Vernetzung, auch unter dem Blickwinkel der Basiskonzepte, in beiden Anforderungsniveaus einen hohen Stellenwert hat.

Die Lehrkraft entwickelt und verantwortet unter Berücksichtigung der spezifischen Lernvoraussetzungen einen Unterricht für das Leistungsfach, der durch folgende **Merkmale** gekennzeichnet ist:

Er strebt ein vertieftes Verständnis von Inhalten und Konzepten der Physik an; dafür ist ein hoher Beschäftigungsgrad mit innerfachlichen Zusammenhängen gleichermaßen wichtig wie das Beschreiten der Metaebene. Dem wissenschaftspropädeutischen Arbeiten im Unterricht des Leistungsfachs kommt eine besondere Bedeutung zu. Der Grad der Formalisierung und Mathematisierung ist im Vergleich zum Unterricht im Grundfach deutlich höher.

Planung und Gestaltung des Unterrichts unterliegen folgenden **Rahmenbedingungen**:

In der Einführungsphase sind die Inhalte des Physikunterrichts weitgehend verbindlich festgelegt. Sämtliche Pflichtbausteine müssen berücksichtigt werden. Von den drei Wahlpflichtbausteinen sind zwei auszuwählen. In der Qualifikationsphase ist die Einbindung der elf Pflichtbausteine verbindlich. Aus der Liste der Wahlpflichtbausteine sind weitere sieben Bausteine auszuwählen. Sofern Inhalte aus Pflichtbausteinen der Qualifikationsphase bereits vor Beginn der Qualifikationsphase behandelt wurden, ist sicherzustellen, dass diese Inhalte in der Qualifikationsphase noch einmal aufgegriffen und ggf. vertieft werden.

Auswahl und Anordnung der Lehrplanbausteine sind immer mit Blick auf die kontinuierliche Kompetenzentwicklung sowie die didaktische Schwerpunktsetzung vorzunehmen (vgl. Planungsbeispiele in Kap. 5.2). Dabei können Bausteine miteinander kombiniert, ineinander verzahnt oder integriert werden. Eine bloße Aneinanderreihung von Lehrplanbausteinen reicht nicht aus. Ebenso muss bei der Planung von Unterricht die kontinuierliche Kompetenzentwicklung stets mitgedacht werden. Sie kann nicht losgelöst von Inhalten erfolgen und muss in allen Teilaspekten der Kompetenzbereiche gewährleistet werden (vgl. Kapitel 2). Bei der Umsetzung der Planung sind die oben genannten Merkmale für den Unterricht im Leistungsfach zu berücksichtigen.

Anzahl von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen im Leistungsfach:

	Anzahl der Pflichtbausteine	Anzahl der Wahlpflichtbausteine
Einführungsphase	3	2
Qualifikationsphase	11	7

5.1 Liste der Lehrplanbausteine für das Leistungsfach

Pflichtbausteine	Wahlpflichtbausteine
<p>Einführungsphase (alle verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kinematik ■ Dynamik ■ Erhaltungsgrößen der Mechanik <p>Qualifikationsphase (alle verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder ■ Energie und Energiespeicherung im elektrischen und magnetischen Feld ■ Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern ■ Veränderliche elektromagnetische Felder I ■ Harmonische Schwingungen ■ Schwingungen und Wellen ■ Harmonische Wellen und ihre Superposition ■ Quantenobjekte I ■ Quantenmechanische Atomvorstellung I ■ Kernphysik ■ Energie und Entropie 	<p>Einführungsphase (2 verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wurfbewegungen ■ Gravitation ■ Rotation starrer Körper <p>Qualifikationsphase (7 verpflichtend)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern ■ Veränderliche elektromagnetische Felder II ■ Akustik ■ Licht als Wellenphänomen ■ Elektromagnetische Wellen ■ Wechselstromkreise ■ Elektronik ■ Festkörperphysik ■ Quantenobjekte II ■ Wechselwirkung von Quantenobjekten ■ Quantenmechanische Atomvorstellung II ■ Strahlenbiophysik ■ Elementarteilchenphysik ■ Energiebereitstellung ■ Relativistische Kinematik ■ Relativistische Dynamik ■ Astrophysik ■ Kosmologie ■ Chaos und Fraktale – Nichtlineare dynamische Systeme ■ Strömungsphysik ■ Individuelles Thema

5.2 Planungsbeispiele für das Leistungsfach

Erstes Planungsbeispiel für die Qualifikationsphase im Leistungsfach

Dieses Planungsbeispiel ermöglicht einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau, orientiert an der gewachsenen Reihenfolge der Fachgebiete. Die Bausteine (Pflichtbausteine getöt) bilden dabei fachliche Themenblöcke und sind ineinander verzahnt. Abgerundet wird die Abfolge durch einen gebietsübergreifenden und anwendungsorientierten Themenblock.

Elektrische und magnetische Felder

Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder
Energie und Energiespeicherung im elektrischen und magnetischen Feld
Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern
Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern
Veränderliche elektromagnetische Felder I

Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Harmonische Schwingungen
Schwingungen und Wellen
Harmonische Wellen und ihre Superposition
Akustik
Licht als Wellenphänomen

Quantenphysik und Materie

Quantenobjekte I
Wechselwirkung von Quantenobjekten
Quantenobjekte II
Quantenmechanische Atomvorstellung I
Quantenmechanische Atomvorstellung II
Kernphysik

Perspektiven der Energieversorgung

Energie und Entropie
Energiebereitstellung

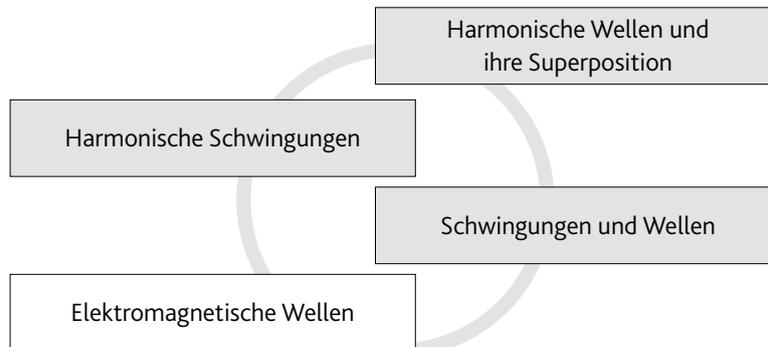
Zweites Planungsbeispiel für die Qualifikationsphase im Leistungsfach

Dieses zweite Planungsbeispiel (Pflichtbausteine getönt) ermöglicht einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau und greift bewusst verschiedenartige Aspekte der Physik auf.

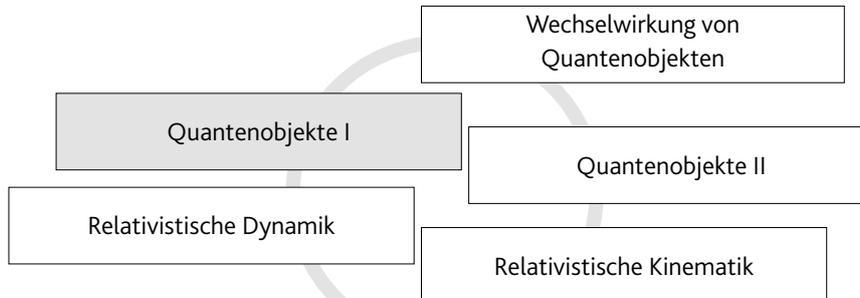
Konzepte der Physik: Feldkonzept und Wechselwirkung

Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder
Energie und Energiespeicherung im elektrischen und magnetischen Feld
Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern
Veränderliche elektromagnetische Felder I

Modellvorstellungen in der Physik: Schwingungsfähige Systeme



Erkenntnistheoretische Fragen in der Physik: Grenzen der Anschaulichkeit



Vorstellungen von der Wirklichkeit: Mikrokosmos

Quantenmechanische Atomvorstellung I
Kernphysik
Elementarteilchenphysik

Anwendungen der Physik: Nachhaltige Energieversorgung

Energie und Entropie
Energiebereitstellung

5.3 Bausteine für die Einführungsphase des Leistungsfaches

Einführungsphase Leistungsfach	
Pflichtbaustein	
Stundenansatz: 15	
Kinematik	
Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Beschreibende Größen einer Bewegung (Ort, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung) und deren funktionale Zusammenhänge ■ Idealisierte Bewegungsformen: <ul style="list-style-type: none"> • Gleichförmige lineare Bewegung • Gleichmäßig beschleunigte lineare Bewegung • Gleichförmige Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung ■ Analyse einer realen Bewegung ■ Fehlerbetrachtung (zufällige und systematische Fehler) 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Formale und begriffliche Kenntnisse erarbeiten. Den Umgang mit beschreibenden Größen und ihren funktionalen Zusammenhängen einüben. b) Eine Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Dynamik‘ ist bedenkenswert. c) Entsprechend der didaktischen Absicht, die Beschreibung der Bewegungen nicht von ihrer Ursache zu entkoppeln, sollte die Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Dynamik‘ vorgenommen werden. Die Vielfalt experimenteller Methoden kann durch eine geeignete Auswahl aufgezeigt werden. Zeitökonomie wird durch sinnvolle Schwerpunktsetzung ermöglicht.

Einführungsphase Leistungsfach	
Pflichtbaustein	
Stundenansatz: 15	
Dynamik	
Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Ursachen für Bewegungsänderungen ■ Wechselwirkungsprinzip ■ Trägheit als Beharrungsvermögen 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Das in der Mittelstufe angelegte Konzept (Impuls- oder Kraftbegriff) zum Wechselwirkungsprinzip ausbauen. b) Eine Kombination mit den Pflichtbausteinen ‚Kinematik‘ und ‚Erhaltungsgrößen der Mechanik‘ ist bedenkenswert. c) Entsprechend der didaktischen Absicht, die Beschreibung der Bewegungen nicht von ihrer Ursache zu entkoppeln, sollte die Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Kinematik‘ vorgenommen werden.

Einführungsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Erhaltungsgrößen der Mechanik

Inhalte

- Energieerhaltung
- Impulserhaltung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Das Konzept der Erhaltung als Axiom und die Methode des Bilanzierens in ihrer Relevanz demonstrieren und deren Anwendung einüben. Die Bedeutung der Reibung bei realen Bewegungsvorgängen bewusst machen. Die Notwendigkeit der vektoriellen Betrachtung bei der Impulserhaltung aufzeigen.
- b) Eine Kombination mit dem Pflichtbaustein ‚Dynamik‘ und dem Wahlpflichtbaustein ‚Rotation starrer Körper‘ ist bedenkenswert. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Energiekonzept in einer Vielzahl von Bausteinen der Qualifikationsphase fortgeführt und erweitert wird.
- c) Die Erhaltungssätze sind Axiome, die sich experimentell nicht beweisen lassen (erkenntnistheoretischer Aspekt der Physik). Durch die Wahl geeigneter Experimente und eine Betonung des Bilanzierungsaspekts bei skalaren und vektoriellen Größen kann ihre Sinnhaftigkeit plausibel gemacht werden (z. B. teilelastische Stöße, zweidimensionale Stoßexperimente). Die Auswertung der Experimente ermöglicht dabei eine vertiefte mathematische Betrachtung.

Wurfbewegungen

Einführungsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Superpositionsprinzip
- Senkrechter Wurf
- Waagerechter Wurf
- Schiefer Wurf

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Das Superpositionsprinzip als wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise der Physik erarbeiten.
- b) Das Superpositionsprinzip wird in vielen weiteren Bausteinen der Qualifikationsphase, wie z. B. ‚Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern‘ oder ‚Harmoonische Wellen und ihre Superposition‘ aufgegriffen und vertieft.
- c) Die videogestützte Messwerterfassung zur Bewegungsanalyse bei realen Bewegungen erweitert das Methodenrepertoire zeitökonomisch.

Gravitation

Einführungsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Gravitationsgesetz
- Satellitenbewegung
- Energie bei einem Körper im Gravitationsfeld
- Fluchtgeschwindigkeit

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die kombinierte Nutzung zuvor gewonnener Erkenntnisse und Methoden einüben und ein Grundwissen zur Gravitation erarbeiten.
- b) Dieser Wahlpflichtbaustein kann sinnvoll an die Pflichtbausteine ‚Kinematik‘ und ‚Dynamik‘ angeschlossen werden. Eine Vertiefung kann in der Qualifikationsphase im Wahlpflichtbaustein ‚Kosmologie‘ erfolgen.
- c) Bei Betrachtung der potentiellen Energie ist diese nicht dem Körper oder seiner Masse zuzuordnen, sondern dem Gravitationsfeld. Die Behandlung des Gravitationsfeldes ermöglicht Analogiebetrachtungen beim elektrischen Feld im Pflichtbaustein ‚Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder‘.

Einführungsphase Leistungsfach

Rotation starrer Körper

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Trägheitsmoment
- Drehimpuls
- Drehmoment
- Rotationsenergie

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Ein Grundwissen zur Rotationsmechanik vermitteln und die Analogien zur Translationsmechanik herausstellen.
- b) Eine Kombination mit den Pflichtbausteinen ‚Kinematik‘, ‚Dynamik‘ und ‚Erhaltungsgrößen der Mechanik‘ ist bedenkenswert.
- c) Die Kenntnis des Drehimpulsbegriffs kann auf Modellvorstellungen in der Quantenmechanik vorbereiten.

5.4 Bausteine für die Qualifikationsphase des Leistungsfaches

Feldkonzept für statische elektrische und magnetische Felder		Qualifikationsphase Leistungsfach Pflichtbaustein Stundenansatz: 15
<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlegende Eigenschaften statischer elektrischer und magnetischer Felder ■ Elektrische und magnetische Feldlinienbilder (u. a. homogenes Feld, Radialfeld) ■ Prinzip der Superposition von Feldern (u. a. elektrisches Dipolfeld, Feld zweier Stabmagnete) <ul style="list-style-type: none"> • graphische Addition zweier feldbeschreibender Vektoren • mathematische Addition zweier feldbeschreibender Vektoren im parallelen und orthogonalen Fall ■ Elektrische Influenz und Polarisation (insb. im Dielektrikum) als Beispiele elektrischer Wechselwirkung ■ Magnetisierung \vec{M} ■ Coulomb-Gesetz ■ Elektrisches Feld: Definition der elektrischen Feldstärke \vec{E} ■ Magnetisches Feld: Definition der magnetischen Flussdichte \vec{B} 	<p>Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Das Feldkonzept als Nahwirkungstheorie einer Wechselwirkung entwickeln. b) -- c) Begrifflich sollte zwischen Ladung als physikalischer Größe und Ladungsträgern als Körper unterschieden werden. Elektrische und magnetische Felder sollen im Vergleich betrachtet werden. Dies legt nahe, zunächst die magnetische Feldstärke \vec{H} im Anschluss an die elektrische Feldstärke \vec{E} zu definieren und danach erst die magnetische Flussdichte \vec{B}. Das Coulomb-Gesetz muss nicht zwingend experimentell hergeleitet werden. Alternativ kann die Interpretation der Formel hinsichtlich der Abhängigkeiten der Größen erfolgen. Eine Analogiebetrachtung zum Gravitationsfeld ist möglich, falls der Wahlpflichtbaustein ‚Gravitation‘ gewählt wurde. Dadurch kann auch die Metaebene besprochen werden. 	

Energie und Energiespeicherung im elektrischen und magnetischen Feld

Inhalte

- Potential, Spannung als Potentialdifferenz
- Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im Plattenkondensator
- Potentielle Energie bei einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld
- Kapazität als Kenngröße eines Kondensators
- Energieinhalt des elektrischen Feldes eines Kondensators (quantitativ)
- Zeitlicher Verlauf der Stromstärke und der Spannung beim Auflade- und Entladevorgang am Kondensator in Abhängigkeit von den Größen Widerstand und Kapazität (qualitativ und quantitativ)
- Beispiel für die Einsatzmöglichkeit des Kondensators als Energiespeicher und Sensor
- Abhängigkeit der Kapazität von geometrischen Daten des Plattenkondensators und vom Dielektrikum
- Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule, Einfluss (qualitativ) von Stromstärke, Windungszahl, Spulenlänge und Medium im Inneren
- Magnetische Flussdichte \vec{B} einer langen stromdurchflossenen Spule
- Induktivität als Kenngröße einer Spule
- Energieinhalt des Feldes einer langen stromdurchflossenen Spule

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Modellhafte Vorstellungen von den Vorgängen und den Zusammenhängen der Größen entwickeln.
Reines Formelrechnen vermeiden.
Zeitökonomisch unterrichten bei einer bewussten Auswahl an Experimenten und Methoden der Physik.
- b) --
- c) Der in der Mittelstufe eher propädeutisch eingeführte Potentialbegriff kann hier über die Theorie definiert werden.
Bei Betrachtung der potentiellen Energie ist diese nicht dem Körper oder der Probeladung zuzuordnen, sondern dem elektrischen Feld.
Bei Betrachtung der Stromstärke und Spannung während des Auflade- und Entladevorgangs am Kondensator ist eine Mathematisierung mit der natürlichen Exponentialfunktion vorzunehmen.
Bestimmte entsprechend ausgewiesene Inhalte sind an dem Kondensatortyp „Plattenkondensator“ zu erarbeiten, für weitere Inhalte empfiehlt sich die Verwendung anderer Kondensatortypen.
Praktikum: Äquipotentiallinien (Schnitt von Äquipotentialflächen mit der Papierebene)

Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern

Qualifikationsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Inhalte

- Kraft auf geladene Teilchen bei gegebener elektrischer Feldstärke \vec{E}
- Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Querfeld (qualitativ und quantitativ)
- Energiebetrachtung bei der Beschleunigung von geladenen Teilchen (auch quantitativ); Elektronvolt (eV) als Einheit
- Lorentzkraft auf geladene Teilchen bei gegebener magnetischer Flussdichte \vec{B}
- Hall-Effekt
- Bewegung geladener Teilchen im homogenen magnetischen Feld (qualitativ)
- Kreisbahnen von geladenen Teilchen im homogenen Magnetfeld (quantitativ)
- Geladene Teilchen in orthogonal aufeinander stehenden homogenen elektrischen und magnetischen Feldern in technischen Anwendungen, z. B. Wien-Filter (quantitativ)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Überblick über die Gesetzmäßigkeiten der Wechselwirkung von geladenen Körpern in statischen Feldern vermitteln.
Durch den Wechsel von quantitativen und qualitativen Betrachtungen ein vertieftes Verständnis fördern.
- b) Die Verzahnung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern‘ empfiehlt sich und ermöglicht eine vertiefte Betrachtung an konkreten Beispielen.
- c) Durch den Vergleich von Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf geladene Körper können die Unterschiede in deren Wirkmechanismen und daraus resultierende Konsequenzen herausgearbeitet werden. Dieser Pflichtbaustein eignet sich besonders, um das Basiskonzept „Superposition und Komponenten“ herauszuarbeiten. Dabei soll die quantitative Bestimmung der Lorentzkraft auch im nichtorthogonalen Fall erfolgen.

Veränderliche elektromagnetische Felder I

Qualifikationsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Inhalte

- Definition des magnetischen Flusses $\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$
- Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient) und in differentieller Form
- Anwendung des Induktionsgesetzes in differentieller Form, nicht nur in den Spezialfällen konstanter Fläche beziehungsweise konstanter magnetischer Flussdichte
- Vorhersage der Richtung des Induktionsstromes
- Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion (z. B. induktive Ladestation, Generator)
- Selbstinduktion
- Ein- und Ausschaltvorgänge bei der Spule

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Überblick über die Gesetzmäßigkeiten der elektromagnetischen Induktion vermitteln. Den Zusammenhang zwischen physikalischem Phänomen und seiner mathematischen Formulierung aufzeigen. Anhand der mathematischen Form des Induktionsgesetzes die verschiedenen physikalischen Realisierungsmöglichkeiten aufzeigen.
- b) Durch Verknüpfung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Veränderliche elektromagnetische Felder II‘ ist eine inhaltliche Vertiefung möglich.
- c) Dieser Pflichtbaustein eignet sich besonders das Basiskonzept „Mathematisieren und Vorhersagen“ herauszuarbeiten.

Harmonische Schwingungen

Qualifikationsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Inhalte

- Charakteristische Größen der mechanischen harmonischen Schwingung und ihre Zusammenhänge (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer)
- Elektromagnetischer Schwingkreis in Analogie zum mechanischen Oszillator, insbesondere unter energetischen Aspekten
- Abhängigkeit der Periodendauer von systembeschreibenden Größen
- Lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung
- Fadenpendel unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung
- Herleitung der Schwingungsdauerformel aus dem entsprechenden linearen Kraftgesetz unter Verwendung einer Differentialgleichung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Formale und begriffliche Grundkenntnisse bereitstellen. Formelinterpretationen und qualitative Analogiebetrachtungen gleichberechtigt zu mathematischen Herleitungen durchführen.
- b) --
- c) Durch Betrachtung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden (z. B. Energieträger, Struktur der Differentialgleichungen, Bauteile) zweier schwingender Systeme kann die Metaebene besprochen werden.
Es empfiehlt sich der Vergleich von elektromagnetischem Schwingkreis und waagrechttem Federschwinger.
Als Lösung der Differentialgleichung ist eine Beschränkung auf Sinus- oder Kosinusfunktionen ausreichend.
Praktikum: Schwingungen

Schwingungen und Wellen

Inhalte

Schwingungen:

- Freie gedämpfte Schwingungen
- Erzwungene Schwingungen
- Resonanz bei erzwungenen Schwingungen (phänomenologisch)
- Gekoppelte Schwingungen

Wellen:

- Erzeugung, Ausbreitung und Energietransport bei Wellen
- Beschreibende Größen einer Welle (Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz) und deren Zusammenhänge
- Transversale und longitudinale Welle, lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal
- Beschreibung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung einer harmonischen Welle in einer mathematischen Darstellung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Eine vertiefte Auseinandersetzung mit Schwingungsphänomenen ermöglichen und grundlegende Größen zur Beschreibung von Wellen erarbeiten.
Neben phänomenologischen Betrachtungen und Arbeiten mit Graphen eine Mathematisierung bei Wellengleichung und Dämpfung (nur schwache, geschwindigkeitsproportionale Dämpfung) vornehmen.
- b) Eine Kombination mit den Pflichtbausteinen ‚Harmonische Schwingungen‘ und ‚Harmonische Wellen und ihre Superposition‘ bietet sich an.
- c) Der Baustein ermöglicht den klassischen Übergang von gekoppelten Schwingern zur mechanischen Welle. Die beiden Inhaltsgebiete „Schwingungen“ und „Wellen“ können aber auch getrennt voneinander betrachtet werden. Die lineare Polarisierbarkeit dient als Unterscheidungsmerkmal der beiden Wellentypen und ermöglicht eine Einordnung von Licht als Transversalwelle. Es soll zwischen linear polarisiertem Licht (z.B. Laser) und unpolarisiertem Licht unterschieden werden.
Der Einsatz von Computersimulationen ist bedenkenswert.

Harmonische Wellen und ihre Superposition

Qualifikationsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Inhalte

- Wellenphänomene: Brechung, Reflexion, Beugung
- Stehende Welle als Überlagerung von Wellen im eindimensionalen Fall
- Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle
- Interferenz am Doppelspalt mit monochromatischem Licht
- Entstehung des Spektrums von weißem Licht am Doppelspalt
- Beugung und Interferenz am Einzelspalt mit monochromatischem Licht
- Experimentelle Wellenlängenbestimmung von monochromatischem Licht
- Überblick über die verschiedenen Wellenlängenbereiche elektromagnetischer Wellen
- Aufbau und Funktionsweise eines einfachen Interferometers

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Vertrautheit mit dem Prinzip der Superposition von Wellen herstellen, dabei eine zielgerichtete Auswahl von Beispielen und Experimenten vornehmen.
- b) Experimentelle Vertiefungen sollten aus Zeitgründen nur in Verbindung mit den Wahlpflichtbausteinen ‚Licht als Wellenphänomen‘ oder ‚Akustik‘ erfolgen.
- c) Die Wellenphänomene können sowohl am Beispiel mechanischer Wellen als auch elektromagnetischer Wellen erarbeitet werden. Der Spezialfall der stehenden Welle zwischen zwei festen Enden bereitet den linearen Potentialtopf vor.
Die Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle kann experimentell oder durch geeignete Simulationen erfolgen.
Die experimentelle Wellenlängenbestimmung von monochromatischem Licht sollte am Doppelspalt oder am Gitter erfolgen. Dabei empfiehlt sich das Gitter wegen der höheren Auflösung. Auf einen zeitintensiven mathematisierten Übergang vom Doppelspalt zum Gitter sollte verzichtet werden. Die begrenzte Gültigkeit der Kleinwinkelnäherung sollte thematisiert werden.
Die Behandlung der Funktionsweise des Interferometers sollte auf ein baulich einfaches Interferometer beschränkt werden, sodass nachfolgend in der Quantenphysik auf das Grundprinzip zurückgegriffen werden kann.

Quantenobjekte I

Inhalte

- Quantenmechanisches Verhalten von freien Elektronen und von Photonen am Doppelspalt
- Zusammenhang zwischen Energie und Frequenz und zwischen Impuls und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten
- Grundlegende Aspekte der Quantentheorie:
 - Interferenz und Superposition
 - Stochastische Vorhersagbarkeit
 - Determiniertheit der Zufallsverteilung
 - Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit
- Delayed-Choice-Experiment
- Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen
- Stochastische Deutung mittels des Betragsquadrats von Ψ (qualitativ)
- Ort-Impuls-Unbestimmtheit
- Quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität und Determinismus
- Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum h mit einer experimentellen Methode

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die Problematik der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik aufzeigen, insbesondere bezüglich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität und Determinismus.
- b) Dieser Baustein setzt Kenntnisse aus dem Pflichtbaustein ‚Harmonische Wellen und ihre Superposition‘ voraus. Eine Vertiefung kann in Verbindung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Quantenobjekte II‘ erfolgen.
- c) Alle grundlegenden Aspekte der Quantentheorie können am Doppelspalt mit einer geeigneten Simulation erarbeitet werden (Welliges, Körniges, Stochastisches und Komplementarität). Das Mach-Zehnder-Interferometer kann dazu ebenfalls genutzt werden. Die zeitliche Entwicklung der Zustandsfunktion Ψ ist determiniert, d. h. man kann zu jedem Zeitpunkt einen Wert von Ψ angeben, dem aber im Sinne einer Messgröße selbst keine Realität zukommt. Das Betragsquadrat der Zustandsfunktion kann als Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte interpretiert werden und stellt damit die Verbindung zur physikalischen Realität her, d. h. es gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, das Quantenobjekt bei einer Ortsmessung zur Zeit t am Ort (x, y, z) nachzuweisen.
Das Konzept der Unbestimmtheit soll in der folgenden Form erarbeitet werden: Es ist unmöglich, einen Zustand zu präparieren, bei dem zueinander komplementäre Größen jeweils einen exakten Wert haben.

Quantenmechanische Atomvorstellung I

Qualifikationsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Inhalte

Phänomene:

- Quantisierte Absorption von Photonen (z. B. Fraunhofer-Linien, Natriumresonanzabsorption)
- Quantisierte Emission am Beispiel des Wasserstoffatoms, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Übergängen im Energieniveauschema
- Entstehung des kontinuierlichen und des diskreten Röntgenspektrums

Modelle:

- Energiestufenmodell als abstraktes Atommodell, Konkretisierung anhand der Energiewerte für Wasserstoff
- Modell des eindimensionalen Potentialtopfes mit unendlich hohen Wänden, Grenzen des Modells auch unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation, Formel zur Berechnung der Energiewerte für wasserstoffähnliche Atome
- Orbitalmodell des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeit für das Elektron
- Ausblick auf Mehrelektronensysteme (Pauli-Prinzip)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die Idee der Quantisierung atomarer Vorgänge zur Einsicht bringen und ein solides Grundwissen bereitstellen.
Experimentelle Beobachtungen anhand eines quantenmechanischen Atommodells qualitativ erklären.
- b) Eine Vertiefung ist in Verbindung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Quantenmechanische Atomvorstellung II‘ möglich.
- c) Atome können bestimmte diskrete Energiezustände einnehmen. Bei Wechselwirkungen können sie durch quantenhafte Absorption oder Emission von Energie den Zustand wechseln. Dies kann im Energiestufenmodell dargestellt werden. Das Grundprinzip dieses Modells kann mit einem unskalierten Energieniveauschema mit senkrechter Energieachse veranschaulicht werden.
Die Anregung von Atomen kann mittels Photonen oder Elektronen erfolgen. Die Energieabgabe erfolgt meist unter Aussendung von Photonen.
Am Modell des eindimensionalen Potentialtopfes kann die Bedeutung der Wellenfunktion als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeit sowie die Existenz diskreter Energiewerte aufgezeigt werden.

Kernphysik

Inhalte

- Einfaches Kernmodell (Tröpfchenmodell oder Potentialtopf)
- Trennenergie (bzw. Bindungsenergie)
- Kernreaktionen: radioaktiver Zerfall, Fission, Fusion
- Absorptionsgesetz und Zerfallsgesetz
- Energetische Aspekte bei technischen Anwendungen (z. B. Fissions- und Fusionsreaktoren, Sonne)
- Quantenmechanische Bezüge (z. B. Tunnel-effekt, Beta-Zerfall)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die Inhalte mit Hilfe zuvor erarbeiteter Modelle und Konzepte sowie unter Einbeziehung quantenmechanischer Aspekte entwickeln. In Abgrenzung zur Behandlung der Thematik in der Mittelstufe auch eine Mathematisierung der exponentiellen Zusammenhänge vornehmen.
- b) Eine Vernetzung mit den Wahlpflichtbausteinen ‚Wechselwirkung von Quantenobjekten‘ oder ‚Strahlenbiophysik‘ ist bedenkenswert.
- c) Es ist vorteilhaft, diesen Baustein im Unterrichtsgang im Anschluss an die Quanten- und Atomphysik einzuordnen, um auf möglichst viele der zuvor erarbeiteten Konzepte zurückgreifen zu können.
Das Potentialtopfmodell kann als Erklärungsgrundlage für Kernprozesse und Trennenergie genutzt werden.
Der Begriff „Bindungsenergie“ ist didaktisch problematisch, da die Energie nicht in der Bindung steckt, sondern als Trennenergie zur Auflösung der Bindung zugeführt werden muss.

Energie und Entropie

Qualifikationsphase Leistungsfach

Pflichtbaustein

Stundenansatz: 15

Inhalte

- Energieströme und Energieträger
- Entropie als Energieträger
- Entropieerzeugung und Entropiestrom
- Entropische Betrachtungen thermodynamischer Maschinen (z. B. Wärmepumpe, Stirling-Motor, Peltier-Element)
- Carnot-Wirkungsgrad

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die gebietsübergreifende Bedeutung des Energiebegriffs und des Entropiebegriffs und deren Zusammenhang zur Einsicht bringen.
- b) Eine Verbindung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Energiebereitstellung‘ ist bedenkenswert.
- c) Es empfiehlt sich, den direkten Zugang zum Entropiebegriff über die Entropie als Energieträger und den Zusammenhang $\Delta E = T \cdot \Delta S$ zu wählen.

Im Zusammenhang mit dem Carnotfaktor und dem Carnot-Kreisprozess können auch die Gesetze des idealen Gases betrachtet werden. Über den Carnot-Wirkungsgrad kann aufgezeigt werden, dass es unmöglich ist, die gesamte thermisch zugeführte Energie auf andere Träger zu übertragen.

Anwendungsbeispiele für Teilchen in Feldern

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Fadenstrahlrohr zur Bestimmung von e/m
- Elektronenablenkröhre
- Teilchenbeschleuniger
- Massenspektrometer
- MHD-Generator

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Ein oder zwei Anwendungsbeispiele auswählen.
- b) Eine Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Wechselwirkung von geladenen Körpern mit statischen Feldern‘ empfiehlt sich.
- c) Das Superpositionsprinzip kann je nach gewähltem Beispiel aufgegriffen werden.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Veränderliche elektromagnetische Felder II	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Maxwell-Gleichungen ■ Felder und Bezugssysteme, Lorentz-Transformation ■ Anwendungen von Maxwell-Gleichungen und Bezugssystemwechseln (z. B. Wirbelstrombremse, fallender Magnet im Rohr) 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Kenntnisse und Einsichten zur wechselseitigen Beeinflussung von elektrischen und magnetischen Feldern vertiefen und ergänzen. b) Dieser Wahlpflichtbaustein bietet sich als Vertiefungsbaustein zum Pflichtbaustein ‚Veränderliche elektromagnetische Felder I‘ an. c) Dieser Wahlpflichtbaustein nimmt in komplexer Weise Bezug auf das Basiskonzept ‚Mathematisieren und Vorhersagen‘. Es empfiehlt sich eine geeignete Elementarisierung und Visualisierung der Maxwell-Gleichungen vorzunehmen.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Akustik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Schall als longitudinale Welle ■ Schallausbreitung: Dopplereffekt ■ Überlagerung: Schwebung, stehende Wellen, Resonanz (z. B. bei Musikinstrumenten, Kundt'sches Rohr, Chladni'sche Klangfiguren) ■ Fouriersynthese von Tönen zu einem Klang bzw. Fourieranalyse von Klängen mit geeigneter Software ■ Schallwahrnehmung: Schallfeldgrößen (Schalldruck, Schallschnelle) 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Den Beschäftigungsgrad mit Schwingungen und Wellen erhöhen. b) Dieser Baustein bietet sich zur Vernetzung mit den Pflichtbausteinen ‚Harmonische Schwingungen‘, ‚Schwingungen und Wellen‘ und ‚Harmonische Wellen und ihre Superposition‘ an. c) Bei Schallwellen ist keine direkte Elongation erkennbar, darum werden Schalldruck und Schallschnelle als Kenngrößen festgelegt. Praktikum: Fourieruntersuchung mit geeigneter Software (z. B. Obertonspektrum)

Licht als Wellenphänomen

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Interferenzphänomene in der Natur (z. B. dünne Schichten, schillernde Schmetterlingsflügel)
- Interferenzphänomene in technischen Anwendungen (z. B. Holographie, Interferometrie, Spektrometrie)
- Polarisationsphänomene in der Natur (z. B. Orientierung der Biene am polarisierten Sonnenlicht, Doppelbrechung bei Kalkspat)
- Polarisationsphänomene in technischen Anwendungen (z. B. 3D-Brillen, Spannungsdoppelbrechung)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Die inhaltliche und experimentelle Auseinandersetzung mit wellenoptischen Phänomenen vertiefen.
- b) Dieser Baustein eignet sich als Erweiterung und Vertiefung des Pflichtbausteins ‚Harmonische Wellen und ihre Superposition‘.
- c) --

Elektromagnetische Wellen

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Rückkopplungsprinzip zur Aufrechterhaltung einer Schwingung
- Offener Schwingkreis
- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
- Modulation einer Trägerwelle
- Technische Anwendungen im Alltag (z. B. Mikrowelle, WLAN, Mobilfunk)
- Spektrum elektromagnetischer Wellen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Eine vertiefte Auseinandersetzung mit ausgewählten Aspekten elektromagnetischer Wellen ermöglichen.
- b) Eine Vernetzung mit den Pflichtbausteinen ‚Harmonische Schwingungen‘ und ‚Harmonische Wellen und ihre Superposition‘ ist bedenkenswert.
- c) --

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Wechselstromkreise	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Kenngrößen in Wechselstromkreisen: Effektivwerte von Stromstärke und Spannung ■ Impedanz, Phasenverschiebung ■ Wirkleistung und Blindleistung ■ Reihen- und Parallelschaltung von Spule, Kondensator und Ohm'schem Widerstand 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Den Ausbau der Grundfertigkeiten im experimentellen Arbeiten ermöglichen. Die quantitativen Zusammenhänge graphisch verdeutlichen. b) Eine Vernetzung mit dem Pflichtbaustein ‚Veränderliche elektromagnetische Felder I‘ ist möglich. c) Ein Vergleich des Verhaltens der Bauteile bei Gleichstrom und Wechselstrom kann zum tieferen Verständnis beitragen. Praktikum: Wechselstromkreise (z. B. Hochpassfilter, Tiefpassfilter, Lautsprecherbau, elektrische Energieübertragung)

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Elektronik	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Elektronische Grundsaltungen ■ Eigenleitung, Störstellenleitung ■ Halbleiterdiode ■ Transistor als Schaltelement 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Einen Einblick in elektronische Grundsaltungen geben und experimentelle Fertigkeiten fördern. Das Denken in Baugruppen einüben. b) -- c) Es bietet sich an, den Baustein komplett als Praktikum (z. B. Arbeit mit Steckplatinen) durchzuführen. Die Mechanismen der Leitungsvorgänge können an einfachen Modellen behandelt werden – eine vertiefende Behandlung im Sinne der Festkörperphysik ist hier nicht intendiert.

Festkörperphysik

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Bändermodell
- Eigenschaften von Festkörpern (elektrische, thermische, magnetische und optische)
- Eigenleitung, Störstellenleitung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) In grundlegende Modellvorstellungen einführen und anhand ausgewählter Beispiele einen vertieften Einblick geben.
- b) --
- c) Die Behandlungstiefe richtet sich nach der Kursfolge und dem Umfang der vorhandenen quantenmechanischen Kenntnisse.

Quantenobjekte II

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Interpretationsmöglichkeiten der Quantentheorie am Beispiel eines quantenphysikalischen (Gedanken-)Experiments (z. B. Kopenhagener Deutung, Viele-Welten-Interpretation, Pragmatische Deutung, Realistische Deutung)
- Experimentelle Belege (z. B. Elektronenbeugungsröhre, Hallwachs-Effekt, Quantenradierer)

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Eine erkenntnistheoretische und eine experimentelle Vertiefung der quantenphysikalischen Denkweise ermöglichen.
- b) Die Vernetzung mit dem Pflichtbaustein ‚Quantenobjekte I‘ ist bedenkenswert.
- c) Die Problematik der Interpretation kann auf Basis der experimentellen Befunde am Doppelspalt-Experiment thematisiert werden.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Wechselwirkung von Quantenobjekten	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Absorptionsverhalten (z. B. Compton-Effekt, Hallwachs-Effekt, Paarerzeugung) ■ Interferenzphänomene (z. B. Elektronenbeugungsröhre, Bragg-Reflexion) ■ Entstehung der Röntgenstrahlung 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Den Wechselwirkungsaspekt von Quantenobjekten untereinander und mit Materie herausarbeiten. b) -- c) Die Behandlung der Röntgenstrahlung kann hier auf die Bremsstrahlung beschränkt werden. Das komplette Röntgenspektrum ist Bestandteil des Pflichtbausteins ‚Quantenmechanische Atomvorstellung I‘.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Quantenmechanische Atomvorstellung II	
Mögliche Inhalte <p>Nutzung quantenmechanischer Atomvorstellungen in Anwendungsbeispielen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Franck-Hertz-Versuch ■ Natriumresonanzabsorption ■ Lumineszenz ■ Laser ■ Spektralanalyse ■ chemische Bindung/Molekülstruktur ■ Farbstoffmoleküle 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Die Anwendung der erarbeiteten Modelle an realen Phänomenen erproben und ihre Tragfähigkeit aufzeigen. Inhaltliche und erkenntnistheoretische Vertiefungen und Ergänzungen im Sinne einer intensiveren Durchdringung und Vertrautheit anstreben. b) Eine Verzahnung mit dem Pflichtbaustein ‚Quantenmechanische Atomvorstellung I‘ ist sinnvoll. c) --

Strahlenbiophysik

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Strahlenquellen, Radionuklide
- Strahlendosen, Transferfaktoren
- Biologische Strahlenwirkung
- Grenzwerte, Strahlenschutz
- Harte Röntgenstrahlung, Schwächungsgesetz, Abschirmung
- Energiedeposition verschiedener Strahlungsarten (z. B. Gamma-, Ionen-, Protonen-, Alphastrahlung) im Gewebe
- Dosis-Effekt-Kurven, linearquadratisches Modell, fraktionierte Bestrahlung

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen tieferen Einblick in die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit biologischen Systemen bieten, auch in medizinischen Anwendungen.
- b) Eine Vernetzung mit den Wahlpflichtbausteinen ‚Wechselwirkung von Quantenobjekten‘ oder dem Pflichtbaustein ‚Kernphysik‘ ist bedenkenswert.
- c) --

Elementarteilchenphysik

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Standardmodell als Ordnungsschema
- Fundamentale Wechselwirkungen und Austauschteilchen
- Experimentelle Befunde
- Offene Fragen

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Einblick in die Grundlagen der Elementarteilchenforschung ermöglichen. Die Physik als historisch-dynamischen Prozess aufzeigen.
- b) --
- c) Durch Auswertung von verfügbaren Originaldaten von Experimenten oder Rückgriff auf Simulationen können fehlende experimentelle Anteile kompensiert werden.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
<h2>Energiebereitstellung</h2>	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Grundprinzip der Energiebereitstellung <ul style="list-style-type: none"> • Energieerhaltung • Wirkungsgrad ■ Multiperspektivischer (innerfachlicher und überfachlicher) Vergleich verschiedener Techniken zur Energiebereitstellung ■ Globale und regionale Aspekte der Energieversorgung ■ Nachhaltigkeit 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Inhaltliche Grundlagen bereitstellen. Ein Bewusstsein für die Relevanz und Problematik der Energiebereitstellung schaffen. b) Eine Vernetzung mit dem Pflichtbaustein ‚Energie und Entropie‘ ist bedenkenswert. c) In diesem Wahlpflichtbaustein ist eine Auswahl an Energiebereitstellungstechniken zu treffen. Die innerfachliche Betrachtung unter Gesichtspunkten wie beispielsweise Leistung, Wirkungsgrad, Speicherung oder Transport wird durch den Aspekt der Nachhaltigkeit z. B. um ökonomische, ökologische, ethische oder politische Fragestellungen erweitert.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
<h2>Relativistische Kinematik</h2>	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Relativität der Gleichzeitigkeit, Relativitätsprinzip, Bezugssysteme ■ Folgerungen und Konsequenzen (z. B. Lorentz-Kontraktion, Zeitdilatation, Zwillingsparadoxon) ■ Experimentelle Belege ■ Raum-Zeit-Diagramme 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) In die relativistische Denkweise der Kinematik als Fundament naturwissenschaftlicher Bildung einführen. Den Grad der formalen Darstellung zugunsten eines grundlegenden Überblicks beschränken. Die wissenschaftstheoretische und kulturhistorische Bedeutung von Physik als theoriegeleiteter Erfahrungswissenschaft verdeutlichen. b) -- c) Der Baustein kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Relativistische Dynamik‘ unterrichtet werden.

Relativistische Dynamik

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Masse-Energie-Äquivalenz
- Zusammenhänge zwischen Energie, Impuls, Geschwindigkeit
- Existenz einer Grenzggeschwindigkeit
- Grenzfälle
- Abhängigkeit der Zeit vom Gravitationsfeld
- Experimentelle Belege

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Zentrale Erkenntnisse aus der Relativitätstheorie als Fundament naturwissenschaftlicher Bildung darstellen.
Den Grad der formalen Darstellung zugunsten eines grundlegenden Überblicks beschränken. Die wissenschaftstheoretische und kulturhistorische Bedeutung von Physik als theoriegeleiteter Erfahrungswissenschaft verdeutlichen.
- b) --
- c) Der Baustein kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Relativistische Kinematik‘ unterrichtet werden.

Astrophysik

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Zustandsgrößen der Sonne: Radius, Masse, mittlere Dichte, effektive Temperatur
- Masse-Leuchtkraft-Beziehung, Sternentwicklung
- Standardsonnenmodell
- Aktuelle Forschungsergebnisse

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Einblick in Fragen, Probleme und Methoden der Astrophysik geben.
- b) --
- c) Der Baustein setzt Kenntnisse aus der Atom- und Kernphysik voraus.
Er kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Kosmologie‘ unterrichtet werden.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Kosmologie	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Struktur des Universums ■ Entwicklung des Universums (Urknalltheorie, Hintergrundstrahlung, Hubble-Gesetz, Weltalter) ■ Aktuelle Forschungsergebnisse 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Grundfragen der Menschheit bewusst machen und am aktuellen Forschungsstand orientierte naturwissenschaftliche Antworten anbieten. b) Ein Rückgriff auf die Inhalte des Wahlpflichtbausteins ‚Gravitation‘ aus der Einführungsphase ist möglich. c) Der Baustein kann ohne eine Vernetzung mit dem Wahlpflichtbaustein ‚Astrophysik‘ unterrichtet werden.

Qualifikationsphase Leistungsfach Wahlpflichtbaustein Stundenansatz: 10	
Chaos und Fraktale – Nichtlineare dynamische Systeme	
Mögliche Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ■ Beispiele von Chaosphänomenen und fraktalen Strukturen ■ Merkmale und Systembedingungen chaotischer Systeme (z. B. Bifurkation, Nichtlinearität, Sensitivität, Strukturen im Chaos) ■ Strukturelle Ähnlichkeiten in verschiedenen Bereichen 	Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung <ol style="list-style-type: none"> a) Einen allgemeinen Überblick sowie einen vertieften Einblick anhand ausgewählter Beispiele geben. b) Dieser Baustein kann als Ergänzung zum Pflichtbaustein ‚Harmonische Schwingungen‘ unterrichtet werden. c) Bei Wahl eines fachübergreifenden Zugangs gelingt eine anschauliche Einführung in die Thematik. Die Behandlung der Beispiele kann mit einem erhöhten Mathematisierungsgrad einhergehen und die Nutzung geeigneter Software und Simulationen einschließen.

Strömungsphysik

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Strömungsphänomene und Strömungsarten
- Kontinuitätsgleichung, Strömungsgesetze (z. B. Bernoulli-Gleichung, Gesetz von Stokes, Reynolds-Zahl)
- Dynamischer Auftrieb

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) Einen Einblick in Phänomene, Gesetzmäßigkeiten und Anwendungen der Strömungsphysik an ausgewählten Beispielen geben.
- b) --
- c) Die zu behandelnden Gesetze ergeben sich aus den gewählten Beispielen.
Ein projektartiges Arbeiten bietet sich an.
Praktikum: Sinkgeschwindigkeiten

Individuelles Thema

Qualifikationsphase Leistungsfach

Wahlpflichtbaustein

Stundenansatz: 10

Mögliche Inhalte

- Individuell gewählte Inhalte
-
-

Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

- a) An ausgewählten Inhalten Bewertungskompetenz entwickeln.
- b) --
- c) vgl. Erläuterungen im Kapitel 3

MITGLIEDER DER FACHDIDAKTISCHEN KOMMISSION

Wolfgang Heuper

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Koblenz

Markus Monnerjahn

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Mainz

Monika Nikolaus

Sickingen-Gymnasium, Landstuhl

Beate Tölle

Bischöfliches Angela-Merici-Gymnasium, Trier

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch Wahlbewerberinnen und -bewerbern oder Wahlhelferinnen und -helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Kommunal-, Landtags-, Bundestags- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR BILDUNG

Ministerium für Bildung
Mittlere Bleiche 61
55116 Mainz

poststelle@bm.rlp.de
www.bm.rlp.de