

# Schulcurriculum für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe an den Deutschen Auslandsschulen der Regionen 15 und 16 im Fach Physik

12.05.2025

## Inhaltsverzeichnis

1	Einordnung des Regionalcurriculums .....	4
2	Leitgedanken .....	4
2.1	Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften.....	4
2.2	Kompetenzmodell der Naturwissenschaften .....	6
2.3	Bildungsbeitrag des Fachs Physik .....	7
2.4	Bildungsstandards für das Fach Physik .....	9
2.4.1	Sachkompetenz .....	9
2.4.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz .....	10
2.4.3	Kommunikationskompetenz.....	12
2.4.4	Bewertungskompetenz.....	14
2.5	Basiskonzepte .....	16
2.5.1	Erhaltung und Gleichgewicht .....	16
2.5.2	Superposition und Komponenten .....	16
2.5.3	Mathematisieren und Vorhersagen .....	16
2.5.4	Zufall und Determiniertheit.....	17
3	Eingangsvoraussetzungen .....	17
3.1	Sachkompetenz.....	18
3.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz .....	18
3.3	Kommunikationskompetenz.....	18
3.4	Bewertungskompetenz .....	19
3.5	Inhaltliche Voraussetzungen .....	20
4	Tabellarische Übersicht über Kompetenzerwartungen, Inhalte und zeitliche Planung .....	21
4.1	Halbjahr 11.1: Elektrische und magnetische Felder .....	22
4.1.1	Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen.....	22
4.1.2	Körper in statischen Feldern .....	24
4.1.3	Veränderliche elektromagnetische Felder .....	26
4.2	Halbjahr 11.2: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen ....	28
4.2.1	Schwingungen .....	28
4.2.2	Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen.....	30
4.2.3	Überlagerung von Wellen .....	32
4.2.4	Science Fair .....	33
4.3	Halbjahr 12.2: Quantenphysik und Materie .....	34
4.3.1	Quantenobjekte .....	34

4.3.2	Atomvorstellungen.....	35
4.4	Halbjahr 12.2: .....	37
4.4.1	Wahlbereich II: Wärme und Entropie.....	37
4.4.2	Wahlbereich III: Relativistische Effekte .....	40
4.4.3	Wahlbereich III: Radioaktivität .....	43
4.4.4	Wahlbereich IV: Astronomie .....	45
5	Leistungsbewertung.....	48
5.1	Leistungsbewertung in schriftlichen Prüfungen .....	48
5.1.1	Sprachrichtigkeit.....	48
5.1.2	Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln.....	48
5.1.3	Materialgebundene und experimentelle Anteile.....	48
5.1.4	Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit .....	49
5.1.5	Berücksichtigung der Anforderungsbereiche .....	49
5.1.6	Klausuren .....	50
5.2	Sonstige Mitarbeit und Bewertung der Gesamtleistung.....	52
5.3	Operatoren im Fach Physik.....	53
6	Quellenverzeichnis.....	58

# 1 Einordnung des Regionalcurriculums

Verbindliche Grundlage der Regionalcurricula der Deutschen Schulen im Ausland sind die „Kerncurricula für die gymnasiale Oberstufe der Deutschen Schulen im Ausland für die Fächer Deutsch, Mathematik, Englisch, Geschichte, Biologie, Chemie und Physik“ (KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024).

Die Schulen der Prüfungsregionen 14 und 15 haben sich im Hinblick auf das vorliegende gemeinsame Regionalcurriculum im Fach Physik abgestimmt und können das Schulcurriculum durch schulspezifische Ergänzungen erweitern.

Die Regionalcurricula für die fremdsprachigen/landessprachigen und bilingualen Sachfächer werden auf derselben Grundlage erstellt und gegebenenfalls durch internationale und nationale/landessprachige Bezüge ergänzt. Für die in der Verantwortung des Sitzlandes stehenden Prüfungsfächer sind die im Sitzland vereinbarten Regelungen zu beachten.

Die Schule legt eine Stundentafel auf der Grundlage der Kontingentstundentafel (Beschluss des BLASchA vom 21.03.2007 in der jeweils geltenden Fassung) vor (Anlage 2: Formular Stundentafel). (KMK, Richtlinien für die Ordnung zur Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife an Deutschen Schulen im Ausland - „Deutsches Internationales Abitur“, 2024)

## 2 Leitgedanken

### 2.1 Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften

Die Allgemeine Hochschulreife umfasst eine vertiefte Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung. Die naturwissenschaftlichen Fächer leisten dazu einen wesentlichen Beitrag durch die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz der Lernenden auf Basis der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss. Naturwissenschaften prägen durch ihre Denk- und Arbeitsweisen, Erkenntnisse und die daraus resultierenden Anwendungen grundlegend unsere moderne Gesellschaft und kulturelle Identität sowie die globale ökologische, ökonomische und soziale Situation. Sie sind von fundamentaler Bedeutung

für das Verständnis unserer Welt und leisten einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Die Naturwissenschaften bilden die Basis für eine Vielzahl von Berufen, Ausbildungswegen, Studiengängen und Forschungsgebieten. Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und deren Anwendung in Gebieten wie Gesundheit, Ernährung, Klima und Technik hat Einfluss auf ökologische, ökonomische und soziale Systeme. Das Erkennen, Einordnen, Bewerten und Berücksichtigen möglicher Folgen für ökologische, ökonomische und soziale Systeme ist für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe notwendig und erfordert naturwissenschaftliche Kompetenz. Naturwissenschaftliche Kompetenz schließt das systematische Erfassen, Beschreiben und Erklären von Phänomenen in Natur und Technik ein. Für das Verständnis der Naturwissenschaften ist es zudem notwendig, deren Fachsprachen zu beherrschen und Historie zu kennen. Insofern ist naturwissenschaftliche Kompetenz auch mit sprachlicher und kultureller Bildung verbunden. Naturwissenschaftliche Kompetenz bedeutet Vertiefung, Erweiterung und Vernetzung der vorhandenen Kompetenzen der Lernenden und eine Metaperspektive auf die Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften. Dazu zählen:

- Phänomene der Natur, der Technik und des Alltags aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu beobachten, mithilfe zunehmend abstrakter und komplexer Modelle zu beschreiben und naturwissenschaftliche Fragestellungen aus diesen abzuleiten;
- Hypothesen zu bilden, diese zum Beispiel durch systematisches Beobachten, Experimente, Modelle, Simulationen bzw. theoretische Überlegungen zu prüfen und Schlussfolgerungen auch unter Verwendung von mathematischen Mitteln zu ziehen;
- die Methoden der Erkenntnisgewinnung wie zum Beispiel systematische Beobachtungen, Experimente und Modelle in den Naturwissenschaften zu reflektieren und die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen dieser Methoden zu bewerten;
- neue naturwissenschaftliche Informationen zu erschließen, mit dem Vorwissen zu verknüpfen und dieses Wissen auch reflektiv auf Fragestellungen, Phänomene und zugrundeliegende Quellen anzuwenden;
- naturwissenschaftliche Sachverhalte fachsprachlich auch unter Verwendung von Mathematisierungen und fachtypischen Repräsentationsformen darzustellen, zu präsentieren, zu diskutieren, zu bewerten sowie naturwissenschaftlich zu argumentieren und damit am gesellschaftlichen Diskurs teilhaben zu können;
- zu erkennen und zu reflektieren, wie Naturwissenschaften und Technik unsere Umwelt in materieller, intellektueller und kultureller Hinsicht stetig verändern;

- gesellschaftliche Folgen von Entscheidungen, die in naturwissenschaftlichen Kontexten und deren Anwendungszusammenhängen getroffen wurden, anhand von Kriterien zu beurteilen.

Naturwissenschaftliche Kompetenz bietet Orientierung in der durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Lebenswelt, eröffnet Perspektiven für die berufliche Orientierung und schafft Grundlagen für selbstgesteuertes, lebenslanges, globales und soziales Lernen. Naturwissenschaftliche Kompetenz leistet somit einen Beitrag zu übergreifenden Zielen wie Bildung für nachhaltige Entwicklung, Medien-, Werte-, Verbraucher-, Demokratiebildung und damit zur Allgemeinbildung. Die zunehmende Digitalisierung führt zu gesellschaftlichen Veränderungen, die viele Lebens- und Arbeitsbereiche betreffen. Dies führt zu veränderten Anforderungen an naturwissenschaftliche Kompetenz. Daher beschreiben die Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern Möglichkeiten, wie die Nutzung digitaler Medien und Werkzeuge Bildungsprozesse in den Naturwissenschaften unterstützen kann. Kompetenzen des fachlichen Umgangs mit digitalen Medien und Werkzeugen sind ebenfalls integraler Bestandteil der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern. Dabei liegt ihnen die Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ zugrunde. (KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024)

## 2.2 Kompetenzmodell der Naturwissenschaften

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den naturwissenschaftlichen Fächern knüpfen an die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss an. Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und Inhalte bilden die Grundlage für die unterrichtliche Arbeit in der Sekundarstufe II.

Das den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife zugrundeliegende Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz baut auf den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss auf. Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden:

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

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.

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 **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 9 Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

Die vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden gemeinsam die **Fachkompetenz** im jeweiligen Fach ab. Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Wissen und Können in den jeweiligen Kompetenzbereichen, also von Kenntnissen und Fähigkeiten, und sind nur im Umgang mit Inhalten zu erwerben. Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert.

Die Kompetenzbereiche erfordern jeweils bereichsspezifisches **Fachwissen**. Das Fachwissen besteht somit aus einem breiten Spektrum an Kenntnissen als Grundlage fachlicher Kompetenz. Zu diesem Spektrum gehören naturwissenschaftliche Konzepte, Theorien, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren.

Der Beschreibung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die **Basiskonzepte** des jeweiligen Faches 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.

(KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024)

## 2.3 Bildungsbeitrag des Fachs Physik

Die Naturwissenschaft Physik leistet einen Beitrag für ein umfassendes Verständnis der Welt. Dazu gehört auch, die Grundlagen von Technologien zu verstehen und deren Nutzung im Hinblick auf das eigene Leben und die Gesellschaft zu bewerten, sowie Informationen, insbesondere in der digitalen Welt, selbstbestimmt zu nutzen.

Physikalische Erkenntnisse prägen unser Weltbild und verdeutlichen durch den Wandel, dem sie unterworfen sind, die Offenheit der Physik für Weiterentwicklung. Die Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft macht Vorgänge über die menschliche Wahrnehmung hinaus durch Messtechnik erfahrbar und durch Modelle beschreibbar, zeigt aber auch die Grenzen der Messbarkeit und Alltagserfahrung auf, z. B. im Bereich der Quantenphysik. Die Lernenden erfahren im Unterricht die Bedeutung der abstrahierenden, idealisierenden und formalisierten Beschreibung von Prozessen und Systemen, wenn sie regelmäßig mathematisch modellieren und Vorhersagen treffen. Gleichzeitig sind sich die Lernenden der begrenzten Gültigkeit der Modelle bewusst. Sie lernen, dass aus theoretischen Überlegungen Aussagen zu neuen Zusammenhängen und zur Vorhersagbarkeit von Ereignissen abgeleitet werden können. Physik ist nicht nur Wissenschaft, sondern auch Denkweise und Weltansicht. Ihre rationale und analytische Sichtweise, Exaktheit der Sprache und planvollen, strukturierten Herangehensweisen haben eine zentrale Bedeutung in einer Vielzahl von Berufsfeldern und für die aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation. In der Auseinandersetzung mit typisch physikalischen Denk- und Arbeitsweisen, wie Analogiebetrachtungen, algorithmisiertem Vorgehen, probabilistischen Beschreibungen und Streben nach Vereinheitlichung und Kohärenz, erfahren die Lernenden den Aspektcharakter spezifischer Perspektiven und die Vorteile von Verallgemeinerungen in wenige fundamentale Ideen, wie z. B. die Erhaltungssätze. Die Lernenden nutzen diese Denk- und Arbeitsweisen nicht nur innerhalb der Fachwissenschaft Physik, sondern transferieren diese auch als Strategien in ihren Lebensalltag. Sie entwickeln Verständnis und Wertschätzung für physikalische Sichtweisen, nutzen sie aktiv und fordern sie von anderen ein. Der fortwährende Wechsel zwischen Modellen und Realität und die kontinuierliche Reflexion von vereinfachenden Algorithmen sensibilisieren sie für Möglichkeiten und Gefahren, die besonders auch in der digitalen Welt auftreten können. Als eine der ältesten Wissenschaften ist die Physik seit jeher in ein Wechselspiel mit Technik und Gesellschaft eingebunden. Sowohl historische als auch aktuelle Entwicklungen verdeutlichen die Notwendigkeit der Betrachtung gesellschaftlich relevanter Problemstellungen wie der Energieversorgung oder des Klimawandels aus physikalischer und technischer Sicht. Lernende werden dazu angeregt, sich rational reflektiert eine eigene Meinung zu bilden und sowohl in ihrem unmittelbaren Umfeld als auch in der Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen. Die enorme Größe einiger interdisziplinärer und internationaler Forschungsverbände zur Bearbeitung fundamentaler Fragen verdeutlicht die Relevanz von Zusammenarbeit. Für ein harmonisches und konstruktives Miteinander sind Rücksichtnahme und Kompromissbereitschaft einerseits und engagiertes Handeln andererseits notwendig. In diesem Sinne leistet auch der Physikunterricht einen wichtigen Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung und zur politischen Bildung von Jugendlichen.

(KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024)

## 2.4 Bildungsstandards für das Fach Physik

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. Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert. Dabei gelten die formulierten Standards für beide Anforderungsniveaus. Die Inhalte, an denen die Kompetenzen erworben werden, sind im Kapitel 4 aufgeführt.

### 2.4.1 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.

### **Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen**

Die Lernenden ...

S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;

S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten;

S3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

### **Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen**

Die Lernenden ...

S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen;

S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus;

S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;

S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an

## **2.4.2 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.

### **Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden**

Die Lernenden ...

- E1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten;
- E2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

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

Die Lernenden ...

- E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen;
- E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen;
- E5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.

## **Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren**

Die Lernenden ...

E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen;

E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses;

E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen;

E9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung.

## **Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren**

Die Lernenden ...

E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit;

E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit)

### **2.4.3 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 kompetentes Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Fach Physik tauschen die Lernenden Informationen mit Kommunikationspartnern 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. Erkenntnisgewinnungskompetenz, die Berücksichtigung von außerfachlichen Aspekten für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung ist in den Bildungsstandards im Kompetenzbereich Bewerten enthalten.

### **Informationen erschließen**

Die Lernenden ...

K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;

K2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt;

K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

### **Informationen aufbereiten**

Die Lernenden ...

K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;

K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus;

K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge;

K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

### **Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren**

Die Lernenden ...

K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen;

K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt;

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

#### **2.4.4 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.

### **Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen**

Die Lernenden ...

B1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation;

B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.

### **Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen**

Die Lernenden ...

B3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;

B4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.

### **Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Lernenden ...

B5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses;

B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein;

B7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen;

B8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

(KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024)

## 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 Fotozelle, 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 physikalischer 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. 20 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.

(KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024)

### 3 Eingangsvoraussetzungen

Die Eingangsvoraussetzungen beschreiben die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Sekundarstufe I vor dem Eintritt in die Qualifikationsphase erwerben sollen.

### 3.1 Sachkompetenz

Die Lernenden ...

- beschreiben zielgerichtet Beobachtungen und erklären Phänomene;
- unterscheiden zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen;
- bauen Versuchsanordnungen auf, führen Experimente durch und protokollieren die Ergebnisse;
- werten Messergebnisse, auch mithilfe digitaler Werkzeuge, mathematisch aus;
- formulieren Gleichungen aus proportionalen und antiproportionalen Zusammenhängen;
- erläutern die Funktion von Modellen in der Physik und beschreiben deren Grenzen.

### 3.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Lernenden ...

- begründen kausale Beziehungen;
- formulieren Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten und stellen Hypothesen zu diesen auf;
- planen Experimente zur Überprüfung von Hypothesen (unter anderem vermutete Einflussgrößen getrennt variieren);
- werten in Experimenten gewonnene Daten mathematisch auch unter Nutzung von digitalen Hilfsmitteln aus;
- identifizieren Zusammenhänge und erklären diese mithilfe bekannter Modelle;
- bewerten Ergebnisse von Experimenten auch unter der Beachtung von Messunsicherheiten und vergleichen sie mit theoretischen Überlegungen;
- nutzen einfache physikalische Modelle zur Erkenntnisgewinnung.

### 3.3 Kommunikationskompetenz

Die Lernenden ...

- beschreiben, vergleichen und klassifizieren physikalische Sachverhalte;

- unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache und wenden physikalisch-naturwissenschaftliche Fachbegriffe sachgerecht an;
- recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Relevanz;
- wandeln Informationen aus Texten, Schemata, Grafiken, symbolischen Darstellungen, Gleichungen, Diagrammen und Tabellen in andere Darstellungsformen um;
- analysieren sachkritisch Informationen, strukturieren und präsentieren diese adressatengerecht;
- formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt;
- tauschen sich mit anderen über physikalische Sachverhalte aus; vertreten den eigenen Standpunkt mithilfe fachlicher Argumente, reflektieren und korrigieren diesen gegebenenfalls.

### 3.4 Bewertungskompetenz

Die Lernenden ...

- prüfen eine vorgegebene Argumentation hinsichtlich Schlüssigkeit;
- beurteilen Informationen und deren Darstellung nach vorgegebenen Kriterien;
- bilden sich reflektiert und rational in bekannten alltagsnahen Kontexten ein eigenes Urteil;
- reflektieren Entscheidungen unter Berücksichtigung von fachlichen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten;
- benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen.

### 3.5 Inhaltliche Voraussetzungen

Das für die Entwicklung von Sachkompetenz erforderliche Fachwissen bezieht sich schwerpunktmäßig auf folgende Inhaltsbereiche, die schulspezifisch ergänzt werden können.

Inhaltsbereiche	
Mechanik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Größen (Masse, Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung)</li> <li>• Kräfteaddition</li> <li>• Kreisbewegung</li> <li>• Gleichförmige / ungleichförmige Bewegung</li> <li>• Newton'sche Axiome</li> </ul>
Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Energie, Bewegungsenergie, potentielle Energie, qualitativ: Strahlungsenergie</li> <li>• Energieumwandlungen und -transport</li> <li>• Energieerhaltungssatz, quantitative Bilanzierung</li> </ul>
Elektrizitätslehre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Größen (elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand)</li> <li>• Ohm'sches Gesetz</li> <li>• Elektromagnetische Induktion qualitativ</li> <li>• Feldlinienbilder von Magneten, stromdurchflossenen Leitern und Spulen</li> </ul>
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetisches Spektrum</li> <li>• Wechselwirkung von Strahlung und Materie (Reflexion, Absorption, Emission, Brechung)</li> </ul>
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau eines Atoms</li> <li>• Radioaktiver Zerfall und Halbwertszeit</li> </ul>

(KMK, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik, 2024)

## 4 Tabellarische Übersicht über Kompetenzerwartungen, Inhalte und zeitliche Planung

Die Kompetenzerwartungen bezüglich der ersten drei Halbjahren in den folgenden Tabellen stellen die Grundlage für die schriftliche Abiturprüfung dar. Diese sind nach den drei folgenden Inhaltsbereichen I1, I2, und I3 geordnet:

- I1 Elektrische und magnetische Felder
- I2 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen
- I3 Quantenmechanik und Materie

Für das Halbjahr 12.2 wird einer der folgenden Wahlbereiche W1, W2, W3 und W4 als Inhaltsbereich gewählt:

- W2 Wärme und Entropie
- W3 Relativistische Effekte
- W3 Radioaktivität
- W4 Astronomie

Der gewählte Wahlbereich kann als Inhaltsbereich für einen der Teile der mündlichen Prüfung darstellen.

## 4.1 Halbjahr 11.1: Elektrische und magnetische Felder

### 4.1.1 Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden....</i>
<b>Begriff des Feldes am Beispiel von elektrischen und magnetischen Feldern</b>  <p style="text-align: right;"><b>8 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das elektrische Feld in Analogie zum Gravitationsfeld und die Struktur elektrischer Felder, indem sie Feldlinienbilder für das homogene Feld, das Feld einer Punktladung (Radialfeld) und das eines Dipols (Dipolfeld) skizzieren und in Bezug auf die Bewegung von Probeladungen im Feld interpretieren (S1, E6, K3)</li>   <li>• beschreiben das magnetische Feld im Gegensatz zum elektrischen Feld und die Struktur magnetischer Felder von Stab-, Scheiben- und Hufeisenmagneten, indem sie Feldlinienbilder skizzieren und interpretieren (S2, E6, K3)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben elektrische Felder von Punktladungen durch ihre Kraftwirkung auf geladene Körper, indem sie anhand des Coulomb-Gesetzes und des Superpositionsprinzips den Betrag und die Richtung der elektrischen Kraft mit Vektoren im zweidimensionalen Raum grafisch darstellen (S1, E6, K3)</li> </ul>
<p><b>Elektrische Energie in einem geladenen Kondensator</b></p> <p><b>Kondensator als Energiespeicher, Kapazität</b></p> <p><b>10 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestimmen die elektrische Feldstärke eines Plattenkondensators z.B. mit einer elektrischen Feinwaage auf Grundlage von Kraftmessungen und werten Messreihen zur Darstellung der elektrischen Kraft in Abhängigkeit von der Ladung aus (S7, E5, K6)</li> <li>• erklären den Einfluss eines Dielektrikums auf das elektrische Feld eines Plattenkondensators mithilfe des Phänomens der Polarisation</li> </ul> <p>berechnen charakteristische Größen (Kapazität, elektrische Feldstärke, elektrische Energie) (S1, E6, K3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Schwebemethode des Millikan-Versuches zur Bestimmung der Elementarladung (S1, E6, K3, K9)</li> <li>• erläutern qualitativ den Auflade- und Entladevorgang eines Kondensators anhand von Zeit-Stromstärke-Diagrammen und bestimmen die Lade- und Entladezeiten (S1, K3)</li> <li>• beschreiben mathematisch den Entladevorgang eines Kondensators mithilfe der Exponentialfunktion sowie den Einfluss der Parameter R und C (S7, E6, K3)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen technische Anwendungen von Entladevorgängen z.B. die Leuchtdauer einer mit einem Kondensator betriebenen Fahrradlampe (S1, S7, E10, K9)</li> </ul>
<b>Magnetische Flussdichte</b>	<b>6 Stunden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen der Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter und der magnetischen Flussdichte experimentell z.B. mithilfe der Stromwaage (S1, E6, K3)</li> <li>• stellen die Abhängigkeit des magnetischen Flusses von der Stromstärke dar und stellen eine Formel für den Betrag der Lorentzkraft im Magnetfeld auf (S6, E6, K3)</li> </ul>

#### 4.1.2 Körper in statischen Feldern

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>

Kräfte auf Körper in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern, Bahnformen (qualitativ)

Energiebetrachtung von Körpern in homogenen elektrischen Feldern

6 Stunden

- beschreiben qualitativ die Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu einem homogenen elektrischen Feld z.B. in einer Braun'schen Röhre, indem sie
    - diese Bewegung der Bewegung eines Massenpunktes im Gravitationsfeld beim senkrechten und waagerechten Wurf gegenüberstellen
    - die Bahnformen skizzieren
    - die Bewegungsarten bezüglich der verschiedenen Koordinaten benennen und anhand des Trägheits- und Aktionsprinzips begründen
    - die Energieumwandlung der potenziellen Energie in kinetische Energie anhand des Energieerhaltungssatzes qualitativ beschreiben
- (S1, E6, K6)
- erläutern die Kraftwirkung auf eine bewegte elektrische Ladung senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld, indem sie
    - den Betrag der Lorentzkraft im Magnetfeld berechnen
    - die Richtung der Lorentzkraft im Magnetfeld mit der Dreifingerregel ermitteln

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ am Beispiel des Fadenstrahlrohres den Einfluss der magnetischen Flussdichte, der Masse und der Geschwindigkeit des geladenen Teilchens und den Bahnradius qualitativ beschreiben</li> </ul> <p>(S1, E6, K3)</p>
--	--

#### 4.1.3 Veränderliche elektromagnetische Felder

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Induktion durch Änderung des magnetischen Feldes</b>  <p style="text-align: right;"><b>8 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen experimentell das Faraday'sche Induktionsgesetz z.B. durch Bewegung einer Leiterschleife senkrecht zum homogenen Magnetfeld (S4, E5, K3)</li> <li>• berechnen die Induktionsspannung unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses für das Eintauchen und Herausziehen einer rechteckigen</li> </ul>

Leiterschleife mit konstanter Geschwindigkeit bezüglich eines dazu senkrechten homogenen Magnetfeldes (S7, E4, K3)

- vergleichen die Bewegungsrichtung eines geschlossenen und offenen Aluminiumrings beim Eintauchen und Herausziehen eines Stabmagneten anhand der Lenz'schen Regel (S1, E4, K3)
- vergleichen die Lorentzkräfte innerhalb einer kurzgeschlossenen und einer offenen Leiterschleife bei Bewegung der Leiterschleife senkrecht zum homogenen Magnetfeld und erklären diesen Sachverhalt mithilfe der Lenz'schen Regel (S1, E6, K8)
- erklären qualitativ Aufbau und Funktionsweise
  - eines Generators durch Drehung einer kreisförmigen Leiterschleife im homogenen Magnetfeld
  - eines kontaktlosen Ladegerätes und beschreiben die Übertragung der elektrischen Energie mithilfe des Induktionsgesetzes (S1, E4, K9, B5)

## 4.2 Halbjahr 11.2: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

### 4.2.1 Schwingungen

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Harmonische Schwingungen:</b> <b>mechanische und elektromagnetische Schwingungen: charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge</b></p> <p style="text-align: right;"><b>12 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen harmonische Schwingungen grafisch dar und beschreiben die Begriffe Schwingungsebene, Auslenkung, Amplitude, Gleichgewichtslage, Schwingungsdauer, Frequenz und Kreisfrequenz (S2, E6, K2)</li> <li>• wenden den Zusammenhang zwischen Frequenz, Kreisfrequenz und Periodendauer an (S3, E4, K6)</li> <li>• nennen Reibung als Ursache der Dämpfung einer harmonischen Schwingung (S1, E4, K4)</li> <li>• beschreiben ungedämpfte harmonische Schwingungen mathematisch mithilfe der Sinus- oder Kosinusfunktion ohne Phasenverschiebung (S7, E2, K3)</li> <li>• untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer von der Masse beim Feder-Masse-Pendel (S6, E4, K7).</li> </ul>

- wenden die Formel für Schwingungsdauer des Feder-Masse-Pendels an (S7, E4, B1)
- beschreiben den Aufbau und erklären die Wirkungsweise eines elektromagnetischen Schwingkreises (S5, E5, K4)
- wenden die Thomsonsche Schwingungsgleichung an (S7, E4, B1)
- vergleichen die Energieumwandlungen beim Feder-Masse-Pendel mit denen beim elektromagnetischen Schwingkreis (S2, E2, K1, B1)

## 4.2.2 Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Harmonische Wellen:</b>  <b>charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge</b></p> <p><b>Longitudinal- und Transversalwellen, lineare Polarisation</b></p> <p><b>Stehende Wellen</b></p> <p><b>Spektrum elektromagnetischer Wellen</b></p> <p style="text-align: right;"><b>12 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Unterschied zwischen Longitudinal- und Transversalwellen am Beispiel der Schallwellen und der elektromagnetischen Wellen (S1, E4, K4)</li> <li>• beschreiben die Erzeugung und Ausbreitung mechanischer und elektromagnetischer harmonischer Wellen im zwei- und dreidimensionalen Raum (ebene Wellen, Kreiswellen und Kugelwellen) sowohl grafisch als auch mit den Begriffen Wellenlänge, Frequenz, Amplitude und Ausbreitungsgeschwindigkeit (S2, E6, K4)</li> <li>• wenden den Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz und Periodendauer an (S7, E4, K6)</li> <li>• beschreiben die Reflexion von Transversalwellen am festen und losen Ende eines Wellenträgers (S1, E2, K6)</li> <li>• beschreiben die Reflexion und Brechung ebener Wellen an der Grenzfläche zweier Medien sowie die Beugung ebener Wellen am Einzelspalt mithilfe des Huygensschen Prinzips (S1, E2, K5)</li> </ul>

- beschreiben Interferenzmuster von Kreiswellen mithilfe des Superpositionsprinzips (S1, E2, K7)
- beschreiben stehende Wellen mit den Begriffen Anregungsfrequenz, Eigenfrequenzen, Knoten und Bäuchen (S1, E2, K5)
- erklären stehende Wellen als Phänomen konstruktiver und destruktiver Interferenz (S1, E1, K3)
- beschreiben kohärentes Licht als elektromagnetische Welle (S1, E2, K4)
- ordnen die Farben des sichtbaren Lichts und weitere Wellenlängenbereiche, u.a. Infrarot, Ultraviolett und Röntgenstrahlung, in das elektromagnetische Spektrum ein (S1, E4, E9)

### 4.2.3 Überlagerung von Wellen

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Interferenz am Doppelspalt und Gitter auch mit polychromatischem Licht</b></p> <p style="text-align: right;"><b>14 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen experimentell Interferenzmuster am Doppelspalt und Gitter mit monochromatischem Licht (S4, E5, K7)</li> <li>• erklären das Entstehen der Interferenzmaxima und -minima am Doppelspalt als Superposition von Wellen (S1, E6, K8)</li> <li>• wenden die Gleichungen für Doppelspalt und Gitter zur Berechnung von Wellenlängen monochromatischen Lichts sowie der Lage von Interferenzmaxima und -minima an (S7, E4, B1)</li> <li>• erklären die Spektralzerlegung des Lichts polychromatischer Lichtquellen als Interferenzphänomen (S1, E1, K3)</li> <li>• ermitteln die Wellenlänge einer durch Reflexion an festen und losen Enden erzeugten stehenden Welle mithilfe des Knotenabstands (S3, E4, K7)</li> </ul>

#### 4.2.4 Science Fair

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Fachübergreifendes naturwissenschaftliches Projekt (Science Fair) der Fächer Biologie, Chemie und Physik</b></p> <p><b>Projektwoche mit 40 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planen eigenständig Experimente, entwickeln eine Fragestellung und Hypothesen auf Basis von Beobachtung und Theorien (E 1 – E 3).</li> <li>• wählen fachspezifische Methoden aus und nutzen diese zur Untersuchung von Sachverhalten (E 4 – E 8).</li> <li>• Interpretieren und reflektieren Erkenntnisprozesse und Ergebnisse (E 9 – E 14).</li> <li>• charakterisieren Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden und reflektieren diese (E 15 – E 17).</li> <li>• werten Ergebnisse wissenschaftlich aus und präsentieren (K 11 – K 14).</li> </ul>

## 4.3 Halbjahr 12.2: Quantenphysik und Materie

### 4.3.1 Quantenobjekte

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Wellencharakter von Teilchen</b>  <p style="text-align: right;"><b>4 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben ein Doppelspaltexperiment mit Elektronen, z.B. den Versuch von Jönsson, und erläutern das Entstehen des Interferenzmusters (S1, E4, K4, K10, B2)</li> <li>• erklären die Elektronenbeugung, z.B. an einem Graphitkristall, und berechnen die Beugung mithilfe der de Broglie-Wellenlänge (Bragg-Gleichung) (S7, E4, K6)</li> </ul>
<b>Der lichtelektrische Effekt</b>  <p style="text-align: right;"><b>6 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den äußeren lichtelektrischen Effekt (Photoeffekt) (S1, E2)</li> <li>• beschreiben einen experimentellen Versuch unter Verwendung einer Vakuumphotozelle zur Bestimmung der Energie der Photoelektronen (Gegenfeldmethode) (S5, S6, E7, K7)</li> <li>• nennen die Einsteingleichung (S7) und interpretieren aufgrund der Lichtquantenhypothese das Frequenz-Energie-Diagramm (Austrittsarbeit, Planck'sche Konstante) (K9, E4, K6)</li> </ul>

<p><b>Eigenschaften von Quantenobjekten</b></p> <p style="text-align: right;"><b>12 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen Photonen und Elektronen sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften zu (Welle-Teilchen-Dualismus) (S2, B1, K9)</li> <li>• erläutern, dass für Quantenobjekte der Determinismus der klassischen Physik durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt wird (z. B. für Photonen, Elektronen, Helium-Atome) (S2, E3, K4, B8)</li> <li>• erläutern die Begriffe Interferenz, Superposition, stochastische Vorhersagbarkeit als experimentelles Verhalten von Quantenobjekten (z. B. Photonen, Elektronen, Helium-Atome) (S1, E6, K4, B7)</li> <li>• erklären die Komplementarität von Interferenzfähigkeit und Weginformation bei einzelnen Quantenobjekten (S1, E10, K8)</li> </ul>
---	---

#### 4.3.2 Atomvorstellungen

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Modelle der Atomhülle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen das Erste und Zweite Bohr'sche Postulat und beschreiben das Bohr'sche Atommodell (S3, K3)</li> </ul>

<p style="text-align: right;"><b>4 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen im Wasserstoffatom mithilfe von Orbitalen (radiale Antreffwahrscheinlichkeiten als dreidimensionale Veranschaulichungen des Atoms) (S1, E4, K1, B1)</li> <li>• beschreiben den Versuch von Balmer und dessen Ergebnisse (S1, E2, K3)</li> <li>• erläutern die quantenhafte Emission von Licht im Zusammenhang mit der Strukturvorstellung der Atomhülle (Energienstufenmodell) (S2, E1, K2, B2)</li> </ul>
<p><b>Diskrete Energieniveaus der Atomhülle</b></p> <p style="text-align: right;"><b>12 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das Linienspektrum des Wasserstoffes und erklären seine Entstehung (Serienformel des Wasserstoffes) (S7, E4)</li> <li>• beschreiben und erklären das Entstehen von Linienspektren bei Gasentladungslampen mithilfe des Energienstufenmodells (S1, K6, K8)</li> <li>• erläutern Emission und Absorption von Photonen, deuten zugehörige Übergänge im Energieniveauschema (Termschema) (S6, E4, K4, B1)</li> <li>• ermitteln die Wellenlängen der ausgesendeten bzw. absorbierten Strahlung (S7, E4, B2)</li> <li>• beschreiben und interpretieren den Franck-Hertz-Versuch als grundlegenden Versuch zum Nachweis der Energiezustände im Atom (S1, S5, E6)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Erzeugung von Röntgenstrahlung und beschreiben das Spektrum der Röntgenstrahlung (Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung) (S1, S5, E6, K3, B6)</li> </ul>
--	---

## 4.4 Halbjahr 12.2:

### 4.4.1 Wahlbereich II: Wärme und Entropie

#### 4.4.1.1 *Gase unter Druck*

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Isotherme, isobare und isochore Prozesse</b>  <b>Ideale Gase</b>  <p style="text-align: right;"><b>10 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen experimentell das Verhalten von Gasen anhand der Zustandsgrößen Druck, Volumen und Temperatur und formulieren empirische Gasgesetze für den isothermen, den isobaren und den isochoren Prozess (S1, E6, K3)</li> <li>• leiten aus den empirischen Gasgesetzen die thermische Zustandsgleichung idealer Gase her und ermitteln die Werte thermodynamischer Zustandsgrößen anhand der Gaskonstanten (S7, E4, K1, B1)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern anhand des Teilchenmodells idealer Gase             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ die Bedeutung der Avogadro-Konstante</li> <li>○ den Begriff der thermodynamischen Temperatur</li> <li>○ die Abhängigkeit des Drucks vom Mittel der Geschwindigkeitsquadrate der Gasteilchen</li> <li>○ den Zusammenhang zwischen Teilchengeschwindigkeit und Temperatur anhand der Bernoulli-Gleichung</li> </ul> </li> </ul> <p>(S1, E1, K5)</p>
--	---

#### 4.4.1.2 Übertragung von Energie

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Wärme, Arbeit und innere Energie</b>  <p style="text-align: right;"><b>4 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Unterschied zwischen Übertragung von Energie als Arbeit und als Wärme (S3,E8,K4,B1)</li> <li>• formulieren den ersten Hauptsatz der Thermodynamik anhand der Begriffe Wärme, Arbeit und innere Energie (S1, E2, K1)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>ermitteln die Energie eines idealen einatomigen Gases in Abhängigkeit von den thermodynamischen Zustandsgrößen (S7, E4, K4, B1)</li> </ul>
--	---

#### 4.4.1.3 Entropie als thermodynamische Zustandsgröße und als Maß der Ordnung

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Entropie und Wahrscheinlichkeiten</b>  <b>Zeitpfeil</b>   <p style="text-align: right;"><b>8 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern den Begriff der Entropie anhand der Begriffe der reversiblen und irreversiblen Vorgänge und formulieren den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik qualitativ (S1, E2, K8)</li> <li>deuten die Entropie als Maß der Ordnung eines Systems und verwenden die statistische Entropieformel von Boltzmann zur Berechnung der Entropie einfacher Systeme (Statistische Entropieformel von Boltzmann) (S2, E10, K7)</li> <li>formulieren den Dritten Hauptsatz der Thermodynamik und diskutieren die Vorstellung einer eindeutigen, gerichteten Verbindung zwischen Vergangenheit und Zukunft (Zeitpfeil) anhand des Begriffes der Entropie (S2, E8, E11, K9)</li> </ul>

## 4.4.2 Wahlbereich III: Relativistische Effekte

### 4.4.2.1 Zeitdilatation, Längenkontraktion

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Längenkontraktion, Relativität der Gleichzeitigkeit</b></p> <p style="text-align: right;"><b>12 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren die Versuchsergebnisse des Michelson-Morley-Experiments und erklären, warum diese zur Annahme der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit in allen Inertialsystemen geführt haben (S1, E2, K3, B1)</li> <li>• analysieren den Myonen-Zerfalls, z.B. bei Experimenten am Cern, und beschreiben den Effekt der Zeitdilatation (S5, E6, K4, B1)</li> <li>• leiten den Lorentzfaktor z.B. anhand einer Lichtuhr-Simulation her (S7, E4, K1)</li> <li>• begründen mithilfe des Lorentzfaktors, dass die Längenkontraktion eine direkte Folge der Zeitdilatation ist (S1,B1)</li> <li>• beurteilen, inwieweit Zeitdilatation und Längenkontraktion das Verständnis von Gleichzeitigkeit beeinflussen und definieren die Relativität der Gleichzeitigkeit (S3, E10, B4)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen Phänomene wie Zeitdilatation, Längenkontraktion, Relativität der Gleichzeitigkeit und Lichtgeschwindigkeit als absolute Grenze für die Bewegungen mithilfe von Minkowski-Diagrammen dar (S7, K6)</li> </ul>
--	--

#### 4.4.2.2 Relativität der Masse

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Relativistische Masse und Ruheenergie</b>  <b>6 Stunden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren die Ergebnisse des Bucherer-Versuchs und erklären, wie dies die Konzepte der relativistischen Masse und des Impulses bestätigen (S2, E6, K2)</li> <li>beschreiben die Gesamtenergie eines relativistischen Teilchens als Summe der Ruheenergie und der kinetischen Energie und deuten daraus die Äquivalenz von Masse und Energie (S3, E3)</li> </ul>

#### 4.4.2.3 Raumzeitkrümmung

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Raum-Zeit-Kartographie-Modell</b></p> <p><b>Nachweis für die Raum-Zeit-Krümmung</b></p> <p><b>6 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die Raum-Zeit durch das Raum-Zeit-Kartographie-Modell dar, und erläutern daran, wie Masse und Energie die Raum-Zeit-Krümmung hervorrufen (S2, K8, B8)</li> <li>• analysieren Teleskopaufnahmen z. B. von Gravitationslinsen als Nachweis für die Raum-Zeit-Krümmung und beschreiben qualitativ, wie dies die Ausbreitung von Lichtstrahlen beeinflusst (S6, E6, K9)</li> </ul>

### 4.4.3 Wahlbereich III: Radioaktivität

#### 4.4.3.1 Ionisierende Strahlung

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<b>Entstehung und Eigenschaften radioaktiver Strahlung</b>  <p style="text-align: right;">10 Stunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreiben die drei Arten radioaktiver Strahlung mithilfe von Zerfallsgleichungen (S1, K4)</li> <li>• beschreiben die Eigenschaften ionisierender Strahlung und geeigneter Nachweisgeräte (z. B. Geiger-Müller-Zählrohr) (S5, E3, K5)</li> <li>• erläutern die biologische Wirkung ionisierender Strahlung und nennen Maßnahmen zum Strahlenschutz (S1, E10, K9)</li> <li>• beschreiben den Zerfall mathematisch mithilfe des Zerfallsgesetzes (Halbwertszeit, Zerfallskonstante, Zerfallskurve, Aktivität) (S7, E6, K6)</li> </ul>

#### 4.4.3.2 Kernphysik

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p>Kernenergie Kernspaltung Kernfusion Kernkraftwerk</p> <p style="text-align: right;">12 Stunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Stabilität der Atomkerne mithilfe der Kernkraft (Kernbindungsenergie, Massendefekt) (S3, E6, K4, K7, B2)</li> <li>• erläutern die technische oder natürliche Auswirkung von Kernspaltung bzw. Kernfusion und nennen die Bedingungen für das Entstehen und die Aufrechterhaltung einer Kettenreaktion (z. B. Atombombe, Kernreaktor) (E10, K10, B6)</li> <li>• beschreiben die Funktionsweise eines Kernkraftwerkes zur technischen Realisierung der Energieversorgung und bewerten die Gefahren und Risiken (S1, E10, K9, B7)</li> </ul>

#### 4.4.4 Wahlbereich IV: Astronomie

##### 4.4.4.1 Orientierung am Himmel

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p><b>Sternbilder und astronomische Objekte</b></p> <p><b>Sternkarte und Himmelskoordinaten</b></p> <p><b>Schleifenbahnen der Planeten</b></p> <p style="text-align: right;"><b>6 Stunden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• orientieren sich am Nachthimmel mit Unterstützung einer Sternkarte oder geeigneter Software (z.B. Stellarium) (S2, E4, K1)</li> <li>• wählen einzelne astronomische Objekte für eine Präsentation aus, in der sie Informationen aus geeigneten Fachtexten und z. B. Aufnahmen aus unterschiedlichen Spektralbereichen zusammenfassen (S4, E1, K3)</li> <li>• beschreiben die verschiedenen Konstellationen von Planeten mithilfe von Zeichnungen, die sie sich aus Simulationen erschließen, und stellen Zusammenhänge mit deren Sichtbarkeit am Nachthimmel her (S1, E4, K6)</li> <li>• reflektieren am Beispiel der Schleifenbahnen von Planeten historisch bedeutsame Erweiterungen und Umbrüche bei der Beschreibung der Planetenbahnen und deren Auswirkungen auf das Weltbild (S2, E11, K4, B8)</li> </ul>

#### 4.4.4.2 Großstrukturen im Weltall

Inhalte	Kompetenzerwartungen
	<i>Die Lernenden...</i>
<p>Spektrum der Sonne</p> <p>Entfernungsbestimmung</p> <p>Hertzsprung-Russel-Diagramm</p> <p>Habitable Zone</p> <p>Kosmologie</p> <p style="text-align: right;">16 Stunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bedeutung der Astronomischen Einheit für die Angabe absoluter Entfernungen im Sonnensystem (S1)</li> <li>• erklären unter Zuhilfenahme eines Fachtextes und von Beobachtungsdaten eine Methode, diese grundlegende Längeneinheit der Astrophysik zu ermitteln. (S1, S7, K3)</li> <li>• leiten aus dem Gravitationsgesetz die Größengleichung der potenziellen Energie einer Masse im Gravitationsfeld und mithilfe des Energiekonzepts die zweite kosmische Geschwindigkeit her (S7, E4)</li> <li>• diskutieren den Nutzen von Missionen im erdnahen bzw. erdfernen Raum für die Gesellschaft und nehmen gegenüber der Raumfahrt einen begründeten Standpunkt ein (S3, E4, K9, B4)</li> <li>• beobachten die Fraunhoferlinien als Absorptionslinien der Sonne (S3)</li> </ul>

- beschreiben mithilfe des Stefan-Boltzmann-Gesetzes und des Wien'schen Verschiebungsgesetzes die Oberflächentemperatur am Beispiel der Sonne (S3)
- nutzen die trigonometrische Parallaxe zur Entfernungsbestimmung von Sternen sowie zur Abschätzung ihrer Geschwindigkeiten (S3, E9)
- beschreiben die Spektren und Spektralklassen von Sternen und ziehen Schlussfolgerungen auf die Oberflächentemperatur (S3)
- erklären das Hertzsprung-Russell-Diagramm z.B. zur Entfernungsbestimmung (S3, E6, B2)
- beschreiben eine Methode zur Suche nach Exoplaneten, vergleichen Lebensbedingungen mit denen auf der Erde und erörtern hypothesengeleitet die Möglichkeiten zur Entstehung und Existenz anderer Lebensformen (K1, K10, B4)
- benennen ungelöste Problemstellungen in der Kosmologie und identifizieren darunter diejenigen, die sich mit physikalischen Methoden bearbeiten lassen (S2, B3, E11)

## 5 Leistungsbewertung

### 5.1 Leistungsbewertung in schriftlichen Prüfungen

#### 5.1.1 Sprachrichtigkeit

Die Klausurgegenstände in deutschsprachigen, fremdsprachigen und bilingualen Fächern werden in der Sprache geprüft, in der sie unterrichtet wurden. Bei bilingualen Fächern sind in der Klausuraufgabe beide Sprachen zu etwa gleichen Anteilen zu berücksichtigen.

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik, 2024)

#### 5.1.2 Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln

Für die Klausuren in der Qualifikationsphase können folgende Hilfsmittel verwendet werden:

- ein Rechtschreibwörterbuch (Deutsche Sprache), das nach Erklärung des Verlags die Neuregelung der deutschen Rechtschreibung vollständig umsetzt, und ein zweisprachiges Wörterbuch
- eine mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
- digitale Werkzeuge; der Typ des zugelassenen digitalen Werkzeuges richtet sich grundsätzlich nach dem Vorgehen im Unterricht und nach der Ausgestaltung der Aufgabe. Im Hinblick auf die schriftliche Abiturprüfung ist es empfohlen, einen wissenschaftlichen Taschenrechner (WTR) als digitales Werkzeug zuzulassen.

Die Hilfsmittel dürfen keine Eintragungen oder Markierungen enthalten.

- Experimentiermaterialien, falls sie für einen experimentellen Anteil der Klausur erforderlich sind

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik, 2024)

#### 5.1.3 Materialgebundene und experimentelle Anteile

Bei Klausuren im Fach Physik werden materialgebundene und experimentelle Aufgabenarten verwendet, wobei eine Überschneidung möglich ist:

- Materialgebundene Aufgabe: Bei der materialgebundenen Aufgabe geht es um die Erläuterung, Auswertung, Kommentierung, Interpretation und Bewertung

fachspezifischer Materialien (z. B. Texte, Abbildungen, Tabellen, Messreihen, Versuchsergebnisse, Diagramme).

- Aufgaben mit experimentellem Anteil: Die experimentelle Aufgabe schließt zusätzlich zur materialgebundenen Aufgabe die Gewinnung von Beobachtungen und Daten sowie ggf. die Planung der Datengewinnung ein. Bei experimentellen Aufgabenstellungen ist für den Fall des Misslingens vorab eine Datensicherung vorzunehmen, die dem Prüfling ggf. vorgelegt wird, damit er die Aufgabe bearbeiten kann.

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik, 2024)

#### 5.1.4 Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit

Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der Unterrichtssprache oder gegen die äußere Form führen zu einem Abzug von 01 bis 02 Notenpunkten in der schriftlichen Prüfungsleistung. Ein Abzug für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit soll nicht erfolgen, wenn diese bereits Gegenstand der fachspezifischen Bewertungsvorgaben sind.

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik, 2024)

#### 5.1.5 Berücksichtigung der Anforderungsbereiche

Der Umfang der Aufgabe einer Klausur ist der Bearbeitungszeit angemessen. Die Teilaufgaben sind angemessen im Hinblick auf das Anforderungsniveau, die Komplexität des Gegenstands, den Grad der Differenzierung der Inhalte, die Abstraktion der Inhalte und Anzahl der nötigen Lösungsschritte. Damit verbindet sich die angemessene Auswahl der Materialien für die Bearbeitung der Aufgabe und dessen Umfang. Der Anspruch an die Beherrschung der Fachsprache, fachspezifischer Methoden und an die Selbstständigkeit bei der Bearbeitung ist ebenfalls angemessen.

Im Hinblick auf die Anforderungen in der schriftlichen Abiturprüfungen ist grundsätzlich von einer Strukturierung in drei Anforderungsbereiche auszugehen, die die Transparenz bezüglich des Selbstständigkeitsgrades der erbrachten Prüfungsleistung erhöhen soll.

##### • Anforderungsbereich I

umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang sowie das Anwenden und Beschreiben 12 RiLi DIA-PO 2.1.3 13 RiLi DIA-PO 2.1.3 6 geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

### • Anforderungsbereich II

umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.

### • Anforderungsbereich III

umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Lernenden selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Teilaufgaben müssen nicht jeweils nur einem Anforderungsbereich zugeordnet werden. Die geforderte Leistung sollte jedoch überwiegend einem Anforderungsbereich zugeordnet werden.<sup>15</sup> In jeder Aufgabe liegt der Schwerpunkt der zu erbringenden Leistung im Anforderungsbereich II bei angemessener Berücksichtigung der Anforderungsbereiche I und III, wobei der Anforderungsbereich I stärker als III zu gewichten ist.

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik, 2024)

Vorgaben bezüglich des Bewertungsschlüssels schriftlicher Arbeiten, der Anzahl der Bewertungseinheiten per Klausur und der Verteilung der Bewertungseinheiten nach Anforderungsbereich können in den Schulcurricula festgelegt werden

## 5.1.6 Klausuren

Die folgenden Angaben entsprechen den vom Bund-Länder-Ausschuss für schulische Arbeit im Ausland am 28.09.1994 i.d.F. vom 13.07.2005 verabschiedeten „**Richtlinien für die Ordnungen (Reifeprüfung und Hochschulreifeprüfung) für den Unterricht der gymnasialen Oberstufe im Klassenverband an deutschen Auslandsschulen**“.

### 5.1.6.1 Anzahl und Dauer der Klausuren

Halbjahr	Klausur(en)	Dauer (Minuten)
11.1	1	mind. 90
11.2	1	mind. 90

12.1	1	mind. 90
12.2	1	mind. 90

Die Klausuren sollen in der Regel einen Umfang von 90 Minuten haben, eine der Klausuren in 11.2 kann einen Umfang von 135 Minuten haben und einen fachpraktischen Anteil enthalten. Schülerinnen und Schüler, die Physik als schriftliches Prüfungsfach gewählt haben, schreiben die Klausur in 12.1 unter Abiturbedingungen (180 Minuten).

#### 5.1.6.2 Hinweise zur Erstellung der Klausuren

Klausuren im Fach Physik in den Jahrgangsstufen 11 und 12 werden nach Maßgabe der „**Einheitliche(n) Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung - Physik**“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004) erstellt. Dabei wird besonders darauf geachtet, die dort unter Punkt 2.2 („*Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche*“) und Punkt 3.2 („*Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe*“) aufgeführten Anforderungsbereiche abzudecken: Leistungsüberprüfungen sollen AB II zu mehr als 50 % beinhalten, AB I und III etwa gleich viel, wobei AB I mehr als AB III vorkommt. Die Aufgaben werden mit Hilfe der Operatorenliste der KMK formuliert (Entwurfsstand 2011, ↗<http://www.kmk.org/bildung-schule/auslandsschulwesen/kerncurriculum.html>, ↗Anhang).

#### 5.1.6.3 Verwendung von Hilfsmitteln in Klausuren

Für die Klausuren in der Qualifikationsphase sind in der Regel folgende Hilfsmittel uneingeschränkt zugelassen:

- Taschenrechner (nichtprogrammierbar, WTR),
- Allgemeine Formelsammlung (Paetec-Verlag).

Für die Bewertung von Klausuren ist folgendes Bewertungsraster vorgesehen. Das Bewertungsraster gibt an, wie die von einem Prüfling insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

15 Punkte	≥ 95 %	07 Punkte	≥ 55 %
14 Punkte	≥ 90 %	06 Punkte	≥ 50 %
13 Punkte	≥ 85 %	05 Punkte	≥ 45 %

12 Punkte	≥ 80 %	04 Punkte	≥ 40 %
11 Punkte	≥ 75 %	03 Punkte	≥ 34 %
10 Punkte	≥ 70 %	02 Punkte	≥ 27 %
09 Punkte	≥ 65 %	01 Punkte	≥ 20 %
08 Punkte	≥ 60 %	00 Punkte	< 20%

(KMK, Deutsches Internationales Abitur - Ordnung zur Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife an - Deutschen Schulen im Ausland, 2024)

Hinsichtlich Anzahl, Umfang, Format und Gewichtung der Klausuren in der Qualifikationsphase sind die Richtlinien zur DIA-PO in der jeweils gültigen Fassung für Fächer auf grundlegendem Niveau sowie die fachspezifischen Hinweise für das Fach Physik zu beachten.

(KMK, Deutsches Internationales Abitur - Ordnung zur Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife an - Deutschen Schulen im Ausland, 2018)

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach PHYSIK, 2024)

## 5.2 Sonstige Mitarbeit und Bewertung der Gesamtleistung

Kriterien zur Bewertung der sonstigen Mitarbeit und der Gesamtleistung können in den Schulcurricula festgelegt werden. Es gelten die Regelungen der DIA-PO sowie der Richtlinien zur DIA-PO in der jeweils gültigen Fassung.

(KMK, Deutsches Internationales Abitur - Ordnung zur Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife an - Deutschen Schulen im Ausland, 2024)

Die Gesamtleistung einer Schülerin/eines Schülers in den Kursen 11.1/11.2/12.1/12.2 setzt sich aus ihrer/seiner schriftlichen Leistung, die in den Klausuren ermittelt wird, sowie der „laufenden Kursarbeit“ zusammen. Diese umfasst mündliche Leistungen aus der direkten Unterrichtsbeteiligung (auch Vorbereitung und Nachbereitung des Unterrichtes), Leistungen, die im Schülerpraktikum erbracht werden und sonstige Leistungen wie z.B. Referate oder Präsentationen.

Die Ermittlung der Leistung für die „laufende Kursarbeit“ obliegt der Fachlehrerin/dem Fachlehrer unter Berücksichtigung der allgemeinen Bewertungskriterien für die

mündliche Mitarbeit in der Sekundarstufe II. Grundsätzlich soll der Unterricht so gestaltet werden, dass die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit bekommen, mündliche, praktische und sonstige Leistungen zu erbringen. Mit welcher Gewichtung diese Leistungen in die „laufende Kursarbeit“ eingehen, legt der Fachlehrer u.U. auch in Absprache mit der Lerngruppe fest.

Für die Ermittlung der Gesamtleistung (Gewichtung schriftliche Leistung - laufende Kursarbeit) finden die gültigen „Notenberechnungstabellen für die Oberstufe“ Anwendung.

Im zweiten Halbjahr der Jahrgangsstufe 12 findet schulspezifisch eine „Science Fair“ statt. Jeder Schüler entscheidet sich für ein naturwissenschaftliches Projekt in einem der von ihm belegten naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. Innerhalb von zwei Wochen werden alle naturwissenschaftlichen Stunden für dieses Projekt genutzt. Die Ergebnisse werden vor der Schulgemeinschaft präsentiert. Diese Ergebnisse und die Arbeit am Projekt im jeweiligen Fach werden entsprechend dem Zeitaufwand angemessen bewertet.

### 5.3 Operatoren im Fach Physik

Es gelten die Operatoren in der jeweils gültigen Fassung der fachspezifischen Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik.

Die Operatoren können in der Regel je nach Zusammenhang und unterrichtlichen Voraussetzungen in jeden der drei Anforderungsbereiche AFB eingeordnet werden; hier wird der überwiegend in Betracht kommende Anforderungsbereich genannt. Die erwarteten Leistungen können durch zusätzliche Angaben in der Aufgabenstellung präzisiert werden.

<b>Operator</b>	<b>Beschreibung der erwarteten Leistung</b>	<b>Beispiele Physik</b>	<b>AFB</b>
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen oder Daten sachgerechte Schlüsse ziehen	Leiten Sie aus den experimentellen Ergebnissen Aussagen zum Kondensator ab.	II

abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben	Schätzen Sie die Abmessungen eines Kondensators ab.	II
analysieren	wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten oder einen Sachverhalt experimentell prüfen.	Analysieren Sie den Verlauf der Kurve beim Photoeffekt.	II
anwenden	einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf einen anderen Sachverhalt beziehen	Wenden Sie das Prinzip der Induktion auf den Induktionsherd an.	II
aufstellen, formulieren	physikalische Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen (Wort- oder Formelgleichungen) oder Reaktionsmechanismen entwickeln	Formulieren Sie die Thomsonsche Schwingungsgleichung.	II
aufstellen von Hypothesen	eine Vermutung über einen unbekanntem Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird	Stellen Sie eine Hypothese zur Erklärung dieses Sachverhalts auf.	III
angeben, nennen	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben	Nennen Sie die Bestandteile einer Röntgenröhre.	I
auswerten	Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder Informationen in einen Zusammenhang stellen und daraus Schlussfolgerungen ziehen	Werten Sie die Beobachtungen des Experimentes ... aus.	III

begründen	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen	Begründen Sie die unterschiedlichen Messergebnisse.	III
berechnen	Die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen.	Berechnen Sie den die Wellenlänge des Lichts auf der Grundlage der gegebenen Daten.	II
beschreiben	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren	Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Schwingkreises.	II
beurteilen	Das zu fällende Sachurteil ist mithilfe fachlicher Kriterien zu begründen.	Beurteilen Sie die Umweltverträglichkeit von / Werbeaussage zu ... anhand der Liste seiner Inhaltsstoffe.	III
bewerten	Das zu fällende Werturteil ist unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Werte und Normen zu begründen.	Bewerten Sie den Einsatz von hochfrequenten Wellen in der Technik.	III
darstellen	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe von Zeichnungen und Tabellen	Stellen Sie den Franck-Hertz-Versuch dar.	I
diskutieren	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen	Diskutieren Sie den Einfluss des Plattenabstandes auf die Kapazität eines Kondensators.	III
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen, indem	Erklären Sie den Kurvenverlauf im dargestellten Schaubild.	II

	man ihn auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt		
erläutern	einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen	Erläutern Sie qualitativen Photoeffekt.	II
ermitteln	ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen	Ermitteln Sie das Plancksche Wirkungsquantum.	II
herleiten	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen	Leiten Sie aus dem Zusammenhang von Windungszahl und magnetischer Flussdichte eine Regel her.	II
interpretieren, deuten	Naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen	Interpretieren Sie das Ergebnis ihrer Berechnung unter dem Aspekt ...	III
ordnen	Begriffe oder Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen	Ordnen Sie die vorgegebenen Verbindungen nach steigender Siedetemperatur.	II
planen	zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege entwickeln und dokumentieren	Planen Sie ein Experiment zum Nachweis ...	III
protokollieren	Ablauf, Beobachtungen und Ergebnisse (Ergebnisprotokoll, Verlaufsprotokoll) in fachtypischer Weise wiedergeben	Protokollieren Sie das Experiment zur Ermittlung der magnetischen Flussdichte einer Spule.	I

skizzieren	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen	Skizzieren Sie den Aufbau einer Röntgenröhre.	I
untersuchen	Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen	Untersuchen Sie die Probe auf funktionelle Gruppen.	II
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten	Vergleichen Sie das elektrische Feld mit dem magnetischen Feld.	II
zeichnen	Objekte grafisch exakt darstellen	Zeichnen Sie den Verlauf der Kurve anhand der vorgegebenen Messwerte.	I

(KMK, Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach PHYSIK, 2024)

## 6 Quellenverzeichnis

KMK. (03. Mai 2018). Deutsches Internationales Abitur - Ordnung zur Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife an - Deutschen Schulen im Ausland. *(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015 i.d.F. vom 03.05.2018)*.

KMK. (24. September 2024). Abiturprüfung an Deutschen Schulen im Ausland - Fachspezifische Hinweise für die Erstellung und Bewertung der Aufgabenvorschläge im Fach Physik. *Beschluss des Bund-Länder-Ausschusses für schulische Arbeit im Ausland vom 24.09.2015*.

KMK. (03. Januar 2024). Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Physik. *Beschluss der Kultusministeriumkonferenz vom 01.03.2024*.

KMK. (2024. Februar 2024). Richtlinien für die Ordnung zur Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife an Deutschen Schulen im Ausland - „Deutsches Internationales Abitur“ . *Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015 i. d. F. vom 08.02.2024*.