

Kerncurriculum für
das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe
die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe
das Fachgymnasium
das Abendgymnasium
das Kolleg

Physik



Niedersachsen

An der Erarbeitung des Kerncurriculums für das Unterrichtsfach Physik für den Sekundarbereich II waren die nachstehend genannten Personen beteiligt:

Gerhard Chrost, Wolfsburg
Kurt Gehmann, Hannover
Ulf Hampe, Wolfsburg
Marion Heider, Papenburg
Nicole Mannigel, Braunschweig
Dr. Gebhard Marx, Peine
Jochen Müller, Hannover
Michael Rode, Lüneburg
Ute Schlobinski-Voigt, Hannover

Die Ergebnisse des gesetzlich vorgeschriebenen Anhörungsverfahrens sind berücksichtigt worden.

Herausgegeben vom Niedersächsischen Kultusministerium (2009)
30159 Hannover, Schiffgraben 12

Druck:
Unidruck
Windhorststraße 3-4
30167 Hannover

Das Kerncurriculum kann als PDF-Datei vom Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS) (<http://www.cuvo.nibis.de>) heruntergeladen werden.

Inhalt	Seite
Allgemeine Informationen zu den niedersächsischen Kerncurricula	5
1 Bildungsbeitrag des Faches Physik	7
2 Unterrichtsgestaltung mit dem Kerncurriculum	9
2.1 Allgemeine Bemerkungen	9
2.2 Einführungsphase an Gesamtschule, Fachgymnasium, Abendgymnasium und Kolleg	9
2.3 Qualifikationsphase	9
2.4 Kursarten und Anforderungsniveaus	13
3 Erwartete Kompetenzen	14
3.1 Kompetenzen in der Einführungsphase der Gesamtschule	14
3.2 Kompetenzen in der Einführungsphase des Fachgymnasiums, des Abendgymnasiums und des Kollegs	17
3.3 Prozessbezogene Kompetenzen in der Qualifikationsphase	21
3.4 Inhaltsbezogene Kompetenzen mit Zuordnung der prozessbe- zogenen Kompetenzen in der Qualifikationsphase	31
4 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung	42
5 Aufgaben der Fachkonferenz	44
Anhang	45
A 1 Operatoren für die Naturwissenschaften	45
A 2 Zur Rolle von Aufgaben	47
A 3 Beispiel für die Aufgabenstellung in einer Leistungsaufgabe	49
A 4 Beispiel für die Dokumentation eines Lösungswegs bei Ver- wendung eines elektronischen Rechenwerkzeuges	51
A 5 Abschätzung von Messunsicherheiten im Physikunterricht	53

Allgemeine Informationen zu den niedersächsischen Kerncurricula

Kerncurricula und Bildungsstandards

Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung sind zentrale Anliegen im Bildungswesen. Grundlage von Bildung ist der Erwerb von gesichertem Verfügungs- und Orientierungswissen, das die Schülerinnen und Schüler zu einem wirksamen und verantwortlichen Handeln auch über die Schule hinaus befähigt. Den Ergebnissen von Lehr- und Lernprozessen im Unterricht kommt damit eine herausragende Bedeutung zu. Sie werden in Bildungsstandards¹ und Kerncurricula beschrieben.

Mit der Verabschiedung der Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) durch die Kultusministerkonferenz ist eine bundesweit einheitliche und damit vergleichbare Grundlage der fachspezifischen Anforderungen gelegt². Niedersachsen hat die EPA mit Erlass vom 1.10.2006 in Kraft gesetzt. Die niedersächsischen Kerncurricula konkretisieren die EPA, indem sie fachspezifische Kompetenzen ausweisen und die dafür notwendigen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten benennen. In Kerncurricula soll ein gemeinsam geteilter Bestand an Wissen bestimmt werden, worüber Schülerinnen und Schüler in Anforderungssituationen verfügen.

Kompetenzen

Kompetenzen umfassen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, aber auch Bereitschaften, Haltungen und Einstellungen, über die Schülerinnen und Schüler verfügen müssen, um Anforderungssituationen gewachsen zu sein. Kompetenzerwerb zeigt sich darin, dass zunehmend komplexere Aufgabenstellungen gelöst werden können. Deren Bewältigung setzt gesichertes Wissen und die Kenntnis und Anwendung fachbezogener Verfahren voraus.

Schülerinnen und Schüler sind kompetent, wenn sie zur Bewältigung von Anforderungssituationen

- auf vorhandenes Wissen zurückgreifen,
- die Fähigkeit besitzen, sich erforderliches Wissen zu beschaffen,
- zentrale Zusammenhänge des jeweiligen Sach- bzw. Handlungsbereichs erkennen,
- angemessene Handlungsschritte durchdenken und planen,
- Lösungsmöglichkeiten kreativ erproben,
- angemessene Handlungsentscheidungen treffen,
- beim Handeln verfügbare Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten einsetzen,
- das Ergebnis des eigenen Handelns an angemessenen Kriterien überprüfen.

Kompetenzerwerb

Der Kompetenzerwerb wird im Sekundarbereich II aufbauend auf den im Sekundarbereich I bereits erworbenen Kompetenzen fachlich differenziert in zunehmender qualitativer Ausprägung fortgesetzt. Im Unterricht soll der Aufbau von Kompetenzen systematisch, kumulativ und nachhaltig erfolgen; Wissen und Können sind gleichermaßen zu berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass Wissen „träges“,

¹ Im Sekundarbereich II: Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung

² Die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004) sind seit 2007 anzuwenden [RdErl. d. MK v. 1.10.2007 (SVBl. S.366)].

an spezifische Lernkontexte gebundenes Wissen bleibt, wenn es nicht aktuell und in verschiedenen Kontexten genutzt werden kann. Die Anwendung des Gelernten auf neue Themen, die Verankerung des Neuen im schon Bekannten und Gekonnten, der Erwerb und die Nutzung von Lernstrategien und die Kontrolle des eigenen Lernprozesses spielen beim Kompetenzerwerb eine wichtige Rolle.

Lernstrategien wie Organisieren, Wiedergabe von auswendig Gelerntem (Memorieren) und Verknüpfung des Neuen mit bekanntem Wissen (Elaborieren) sind in der Regel fachspezifisch lehr- und lernbar und führen dazu, dass Lernprozesse bewusst gestaltet werden können. Transparente Planung, Kontrolle und Reflexion ermöglichen Einsicht in den Erfolg des Lernprozesses.

Struktur der Kerncurricula

Kerncurricula haben eine gemeinsame Grundstruktur: Sie weisen inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzbereiche aus, die miteinander verknüpft werden müssen.

- Die prozessbezogenen Kompetenzbereiche beziehen sich auf Verfahren, die von Schülerinnen und Schülern verstanden und beherrscht werden sollen, um Wissen anwenden zu können. Sie umfassen diejenigen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die einerseits die Grundlage, andererseits das Ziel für die Erarbeitung und Bearbeitung der inhaltsbezogenen Kompetenzbereiche sind, zum Beispiel
 - Symbol- oder Fachsprache kennen, verstehen und anwenden,
 - fachspezifische Methoden und Verfahren kennen und zur Erkenntnisgewinnung nutzen,
 - Verfahren zum selbstständigen Lernen und zur Reflexion über Lernprozesse kennen und einsetzen,
 - Zusammenhänge erarbeiten und erkennen sowie ihre Kenntnis bei der Problemlösung nutzen.

- Die inhaltsbezogenen Kompetenzbereiche sind fachbezogen; es wird bestimmt, über welches Wissen die Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Inhaltsbereich verfügen sollen.

Die Kerncurricula des Sekundarbereichs II greifen diese Grundstruktur unter fachspezifischen Gesichtspunkten auf. Durch die Wahl und Zusammenstellung der Kompetenzbereiche wird der intendierte didaktische Ansatz des jeweiligen Unterrichtsfachs deutlich. Die erwarteten Kompetenzen beziehen sich vorrangig auf die fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, über die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen. Wichtig ist aber auch die Förderung von sozialen und personalen Kompetenzen, die über das Fachliche hinausgehen.

Rechtliche Grundlagen

Allgemeine Rechtsgrundlagen für das fachbezogene Kerncurriculum sind das Niedersächsische Schulgesetz, die Verordnung über die gymnasiale Oberstufe und die Abiturprüfung sowie die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung. Für die Umsetzung der Kerncurricula gelten die fachspezifischen Bezugserlasse.

1 Bildungsbeitrag des Faches Physik

Die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe im Sekundarbereich II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000) beschreibt die grundlegenden Anforderungen an den Unterricht im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld:

„Im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld sollen Verständnis für den Vorgang der Abstraktion, die Fähigkeit zu logischem Schließen, Sicherheit in einfachen Kalkülen, Einsicht in die Mathematisierung von Sachverhalten, in die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, in die Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur und in die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien vermittelt werden.“

Die Bedeutung des Unterrichtsfaches Physik für den Unterricht in der Qualifikationsphase erschließt sich aus den Merkmalen der Fachwissenschaft Physik. Diese Fachwissenschaft

- ist eine theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft,
- betrachtet die Natur unter bestimmten Aspekten,
- hat einen hohen Grad an Formalisierung und Mathematisierung,
- entwickelt ein spezifisches Methodenrepertoire,
- hat starke Anwendungsbezüge und hohe gesellschaftliche Relevanz,
- unterliegt einem historisch-dynamischen Prozess.

Viele dieser Merkmale teilt die Physik mit anderen, insbesondere naturwissenschaftlichen, Fächern, worin der gemeinsame fächerübergreifende Bildungsauftrag begründet ist. Der Ausprägungsgrad der genannten Merkmale unterscheidet die Physik von anderen Fächern. Diese Merkmale der Physik machen den Kern dessen aus, was das Unterrichtsfach zur Allgemeinbildung beiträgt, um den Bildungsauftrag der gymnasialen Oberstufe zur vertieften Allgemeinbildung mit Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit zu erfüllen. Hieraus ergeben sich die Ziele des Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe und die spezifischen Kompetenzen und Inhalte, die im Physikunterricht vermittelt werden. Der so festgelegte Bestand enthält auch die Inhalte und Kompetenzen, die für die Abiturprüfung zur Verfügung stehen müssen.

An authentischen Beispielen kann der Physikunterricht Erfahrungen mit wesentlichen Elementen naturwissenschaftlichen Arbeitens vermitteln, indem von den Schülerinnen und Schülern formulierte Vermutungen und Hypothesen in eigenen, auch quantitativ auswertbaren Experimenten überprüft werden. Bei selbstständigem Experimentieren erfahren die Lernenden, wie wesentlich genaues Arbeiten und gewissenhafter Umgang mit Daten sind. Hierbei werden grundlegende fachliche Kriterien zur Bewertung wissenschaftlicher Ergebnisse bereitgestellt und das Verantwortungsbewusstsein der Schülerinnen und Schüler gestärkt.

Im Physikunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler in besonderer Weise den messenden Zugang zu naturwissenschaftlichen Fragestellungen kennen. Sie erwerben dabei auf Neues übertragbare Erfahrungen im selbstständigen Umgang mit modernen Messmitteln und wesentlichen Verfahren der Darstellung von Messdaten sowie deren Auswertung in relevanten Zusammenhängen. Die in diesem Zusammenhang benötigte Fähigkeit zur Mathematisierung ist nicht nur aus innerfachlicher Notwendigkeit ein wesentlicher Bestandteil des vom Physikunterricht zu erbringenden Bildungsbeitrages, sie ist auch unerlässlich als Baustein einer zeitgemäßen und sachgerechten Kommunikationsfähigkeit. Kompetenz in naturwissenschaftlichen Bereichen zeigt sich darüber hinaus durch sachgerechte Verwendung des erworbenen Begriffsinventars bei der Formulierung eigener Ergebnisse, vor allem aber beim Verstehen fachbezogener Texte.

Auf der Grundlage erlebter Phänomene, eigener experimenteller Erfahrungen, eines gesicherten Basiswissens und der Beherrschung grundlegender Fachmethoden einschließlich der erforderlichen Mathematisierung gewinnen die Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht auch die Erkenntnis, dass die spezifische Art und Weise der physikalischen Naturuntersuchung immer nur aspekthafte Aussagen hervorbringen kann, die mitunter durch andere Betrachtungsweisen ergänzt werden müssen.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Auseinandersetzung mit Aspekten der Quanten- und Atomphysik zu. Zum einen erarbeiten sich die Lernenden hier Kenntnisse mit direktem Anschluss an die moderne Forschung, zum anderen lernen sie in einem aktuellen Gebiet das Wechselspiel zwischen Modellvorstellung, Experiment und Theorie kennen. Sie erfahren dabei exemplarisch, dass es Wissensgebiete gibt, die man sich gedanklich erschließen kann, die aber der unmittelbaren Beobachtung prinzipiell unzugänglich bleiben müssen.

Durch Erfolgserlebnisse bei Problemlösungen trägt der Physikunterricht dazu bei, dass sich eine Haltung herausbildet, die lebenslanges Fragen, daraus resultierendes Streben nach Weiterbildung und somit erst Bildung im eigentlichen Sinne ermöglicht.

2 Unterrichtsgestaltung mit dem Kerncurriculum

2.1 Allgemeine Bemerkungen

Dieses Kerncurriculum gilt für die Qualifikationsphase des Gymnasiums sowie für die Einführungsphase und Qualifikationsphase der Gesamtschule, des Fachgymnasiums, des Abendgymnasiums und des Kollegs.

Im Kapitel 3.1 sind die Kompetenzen ausgewiesen, die am Ende der Einführungsphase der Gesamtschule erworben sein sollen. Kapitel 3.2 weist die Kompetenzen für die Einführungsphase des Fachgymnasiums, des Abendgymnasiums und des Kollegs aus. In den Kapiteln 3.3 und 3.4 sind die Kompetenzen für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe formuliert.

2.2 Einführungsphase an Gesamtschule, Fachgymnasium, Abendschule und Kolleg

Die besondere Aufgabe der Einführungsphase besteht darin, die fachbezogenen Kompetenzen unterschiedlich vorgebildeter Schülerinnen und Schüler zu erweitern, zu festigen und zu vertiefen, damit die Lernenden am Ende der Einführungsphase über diejenigen Kompetenzen verfügen, die am Gymnasium bis zum Ende des Schuljahrgangs 10 erworben sein sollen. Diese bilden zugleich die Eingangsvoraussetzungen für die Qualifikationsphase. Damit hat der Unterricht folgende Ziele:

- Einführung in die Arbeitsweisen der Qualifikationsphase,
- Einblicke gewähren in das unterschiedliche Vorgehen der Kurse auf grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau,
- Entscheidungshilfen geben bei der Fächerwahl in der Qualifikationsphase,
- Kenntnisse fachlich ausdifferenzieren,
- Ausdifferenzierung der verbalen und mathematischen Beschreibung von Zusammenhängen physikalischer Größen,
- Interesse für physikalische Betrachtungsweisen durch Behandlung altersgemäßer Kontexte wecken,
- Vertiefende Einübung physikalischer Arbeitsmethoden,
- Quantitative Behandlung ausgewählter Fachinhalte,
- Lücken schließen, die sich durch die unterschiedlichen Bildungsgänge ergeben haben.

2.3 Qualifikationsphase

Aufgabe des Unterrichts ist es, die Lernenden beim Aufbau prozessbezogener und inhaltsbezogener Kompetenzen zu unterstützen. Viele der prozessbezogenen Kompetenzen sind in Tabelle 3.4 dieses Kerncurriculums bereits konkretisiert und Inhalten zugeordnet. Diese Zuordnung ist allerdings nicht vollständig. Wo sie nicht vorgenommen wurde, ist es Aufgabe der Lehrkräfte, prozessbezogene Kompetenzen selbst Inhalten zuzuordnen. Dabei besteht die Möglichkeit, besondere Interessen von Lernenden und Lehrkräften und ggf. auch regionale Besonderheiten zu berücksichtigen.

Auswahl der Inhalte im Kerncurriculum

Ein wesentliches Ziel des Unterrichts ist der Aufbau prozessbezogener Kompetenzen. Diese können nur im Zusammenhang mit ausgewählten physikalischen Inhalten erworben werden.

Bei der in Tabelle 3.4 vorgenommenen Auswahl verbindlicher Inhalte ist einerseits darauf geachtet worden, dass die „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) im Fach Physik“ erfüllt werden, andererseits sind die Inhalte so aufeinander abgestimmt, dass jeweils für spätere Bausteine erforderliche Vorkenntnisse bereitstehen. Darüber hinaus wurden an einzelnen Stellen Traditionen berücksichtigt, die den Physikunterricht nicht nur in Niedersachsen prägen. Außerdem musste die Anzahl verbindlicher Inhalte aber deutlich beschränkt werden, so dass für die Planung eines Durchganges durch die gymnasiale Oberstufe noch Freiräume bestehen bleiben.

Um die Gestaltung anspruchsvoller und gleichzeitig variantenreicher Prüfungsaufgaben für eine zentrale Abiturprüfung zu ermöglichen, wurden zusätzlich zu den Inhalten zum Teil auch spezielle Experimente festgelegt.

Die Anordnung der Inhalte im Curriculum legt nicht notwendig die Reihenfolge der Behandlung im Unterricht fest.

Durch vorausschauende Unterrichtsplanung kann man bei Beschränkung auf diesen Kanon Zeitfenster schaffen. Diese können genutzt werden

- um weitere Anwendungsbezüge herzustellen, z. B. „Physik und Medizin“, Behandlung physikalischer Aspekte in der Technik,
- um Pflichtstoffe vertiefend zu behandeln, z. B. genauere Betrachtung von Erkenntniswegen, historischen Bezügen, vertiefender Mathematisierung, Modellbildung,
- um das in den Schuljahrgängen 5 - 10 angelegte Energiekonzept mit den Inhalten dieses Kerncurriculums weiter zu entwickeln und
- um im Kerncurriculum nicht enthaltene Themenbereiche zu behandeln, z. B. elektromagnetische Schwingung, Grundzüge der Relativitätstheorie, Elementarteilchen, Kosmologie.

In Kursen auf grundlegendem Anforderungsniveau sind die Zeitfenster größer. Damit wird es in diesen Kursen möglich, z. B. Anwendungsbezüge ausführlicher zu behandeln.

Entwicklung von Kompetenzen im Physikunterricht

Aufgabe des Physikunterrichts in der Qualifikationsphase ist es, die im Sekundarbereich I begonnene Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler aufzunehmen, weiter zu entwickeln und dabei ein möglichst hohes Maß an Selbstständigkeit bei der Bearbeitung von Fragestellungen und möglichst weitgehende Unabhängigkeit von vorstrukturierenden Hilfen anzustreben. Weil Inhalte und Verfahren in der Regel zunächst nur in denjenigen Zusammenhängen erinnert werden können, in denen sie erstmals erlernt wurden, ist es Aufgabe kompetenzorientierten Unterrichts durch variantenreiches Üben und zunehmend offene Anwendungen die Inhalte aus dieser engen Bindung lösen zu helfen. Der Unterricht sollte von der Schülerperspektive ausgehen und an den Interessenlagen und Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler orientiert sein.

Sachgerecht angelegter Physikunterricht lässt Schülerinnen und Schüler im Unterricht physikalische Situationen erkunden, bietet ihnen in verschiedenen Varianten physikalische Erfahrungen, verhilft auf diese Weise zum Erwerb eines tragfähigen Begriffsnetzes und strebt Sicherheit beim Lösen physikalischer Aufgaben und Probleme an.

Der Erwerb eines gesicherten Fachwissens wird gleichermaßen durch wiederholte Auseinandersetzung mit konkreten Beispielen wie durch Einordnung in fachlogische Strukturen gefördert. Mathematische Methoden werden gegenüber dem Sekundarbereich I in zunehmendem Maße, nie aber nur um ihrer selbst wegen verwendet. Die Gefahr eines unverständenen und inhaltsleeren Umgangs mit mathematischen Formalismen wird durch Konkretisieren und physikalisches Interpretieren von Diagrammen und Gleichungen vermindert.

Zum Erwerb sowohl prozess- als auch inhaltsbezogener Kompetenzen werden Unterrichtsformen mit vielfältigen Methodenelementen situationsangepasst eingesetzt. Dabei sind Gruppen- und Projektarbeiten, insbesondere geeignete Schülerexperimente, unverzichtbar, um selbstständiges Erkunden, Problemlösen, Dokumentieren und Präsentieren zu fördern. Der Grad der Offenheit der Arbeitsaufträge wird dem Lernstand der Lerngruppe angepasst: in bekanntem Zusammenhang eher offen, in komplexen Zusammenhängen eher strukturiert.

Fehler oder fachlich nicht korrekte Ausdrucksweisen sind natürliche Begleiterscheinungen des Lernens und können konstruktiv für den Lernprozess genutzt werden. Damit Schülerinnen und Schüler offen und produktiv mit eigenen Fehlern umgehen können, sind Lern- und Prüfungssituationen im Unterricht klar voneinander zu trennen.

Übungs- und Wiederholungsphasen sind zeitlich und inhaltlich so zu planen, dass bereits erworbene Kompetenzen durch Anwendung des Gelernten in variierenden Zusammenhängen langfristig gesichert werden. Dabei ist zu beachten, dass Schülerinnen und Schüler auch in der Qualifikationsphase den bereits durchlaufenen Kompetenzerwerb in neuem Zusammenhang nochmals, wenn auch schneller, durchlaufen müssen, um nachhaltig zu lernen.

Weitere Aspekte der Unterrichtsgestaltung

Vom Beginn des Unterrichts in der Qualifikationsphase an ist der Umgang mit den auch in der Abiturprüfung zugelassenen Hilfsmitteln einzuüben. Neben der Verwendung der eingeführten Formelsammlung ist dabei besonderer Wert auf die sachgerechte Verwendung des eingeführten Rechenwerkzeugs zu legen. Möglichst in Abstimmung zwischen den Fachkonferenzen Mathematik und Physik ist ein verbindliches Verfahren für die Dokumentation von Arbeitsschritten und Ergebnissen festzulegen und einzuüben, wenn diese mit elektronischen Werkzeugen gewonnen wurden. Dieses Verfahren muss so gewählt sein, dass es wesentliche Überlegungen, Lösungsschritte und eine ausreichende Zahl von Zwischenergebnissen enthält. Ein Beispiel für ein mögliches Verfahren wird im Anhang A 4 gegeben.

Zu den prozessbezogenen Kompetenzen gehört der sachgerechte Umgang mit Messunsicherheiten. Im Anhang A 5 ist ein Beispiel dafür angegeben.

Die Nutzung von Termumformungen für deduktive Schlüsse erfordert die Fähigkeit diese auch ohne elektronische Hilfsmittel zu bewältigen.

Es erscheint sinnvoll, den stark an Grundlagen orientierten Abschnitt über Felder dadurch gleichermaßen zu straffen und übersichtlich zu gestalten, dass die verschiedenen Feldarten nicht nacheinander, sondern parallel behandelt werden.

Bei der Verwendung der Zeigerdarstellung empfiehlt es sich, diese bereits zu Beginn des Kurses über Schwingungen als bereichsübergreifendes Konzept einzuführen und sie auch bei der Behandlung der Quantenphysik zu verwenden.

Umgang mit den Tabellen

Die in den Kapiteln 3.3 und 3.4 aufgeführten erwarteten Kompetenzen lassen sich folgenden Kompetenzbereichen zuordnen:

Prozessbezogene Kompetenzbereiche	Inhaltsbezogener Kompetenzbereich
<p><i>Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Physikalisch argumentieren • Probleme lösen • Planen, experimentieren, auswerten • Mathematisieren • Mit Modellen arbeiten • Erkenntniswege der Physik beschreiben 	<p><i>Das Fachwissen wird in die folgenden Themenbereiche untergliedert:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrizität • Schwingungen und Wellen • Quantenobjekte • Atomhülle • Atomkern
<p><i>Kompetenzbereich Kommunikation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kommunizieren und dokumentieren 	
<p><i>Kompetenzbereich Bewertung</i></p>	

In der horizontalen Anordnung der Tabellen des Kapitels 3.3 werden die prozessbezogenen Kompetenzen in ihrer Progression dargestellt. Die Darstellung erfolgt daher so, dass die Bezüge zu den am Gymnasium bereits bis einschließlich Schuljahrgang 10 erworbenen Kompetenzen in der ersten Spalte erneut abgedruckt sind. Im 13-jährigen Bildungsgang werden diese Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 11 erreicht. Dies wird in den Tabellen durch einen Stern (*) gekennzeichnet.

Abweichend von der Darstellung im Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5 bis 10, werden die inhaltsbezogenen Kompetenzen in Kapitel 3.4 bereits mit ausgewählten prozessbezogenen Kompetenzen kombiniert.

Die Fachkonferenz legt auf dieser Grundlage einen schuleigenen Arbeitsplan fest (vgl. Kapitel 5). Im ersten Jahr der Qualifikationsphase müssen mindestens die Themenbereiche *Elektrizität* und *Schwingungen und Wellen* behandelt werden.

2.4 Kursarten und Anforderungsniveaus

Das Fach Physik kann in der Qualifikationsphase

- als *vierstündiges Prüfungsfach* auf erhöhtem Anforderungsniveau,
- als *vierstündiges Prüfungsfach* auf grundlegendem Anforderungsniveau,
- als *vierstündiges Ergänzungsfach* auf grundlegendem Anforderungsniveau und
- als *zweistündiges Ergänzungsfach* auf grundlegendem Anforderungsniveau

angeboten werden (siehe VO-GO¹ und BbS-VO²).

Die Ausführungen für die Qualifikationsphase beziehen sich auf die vierstündigen Fächer. Für das zweistündige Ergänzungsfach trifft die Fachkonferenz unter Berücksichtigung aller fünf Themenbereiche eine inhaltliche Auswahl aus dem Kompetenzbereich Fachwissen. Ziel des zweistündigen Unterrichts ist es, die Allgemeinbildung der Schülerinnen und Schüler über die Physik aufzubauen bzw. zu erweitern.

Die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe vom 07.07.1972 (i.d.F. vom 16.06.2000)³ weist den Kurstypen in der Qualifikationsphase unterschiedlich akzentuierte Aufgaben zu: den Kursen auf grundlegendem Anforderungsniveau die Vermittlung einer wissenschaftspropädeutisch orientierten Grundbildung, den Kursen auf erhöhtem Anforderungsniveau die systematische, vertiefte und reflektierte wissenschaftspropädeutische Arbeit.

Allen Kursarten gemeinsam ist die Förderung und Entwicklung der in den Tabellen 3.3 und 3.4 beschriebenen Kompetenzen als Teil der Allgemeinbildung und Voraussetzung für Studium und Beruf.

Die Unterschiede zwischen den Kursarten bestehen insbesondere in folgenden Aspekten:

- Umfang bzw. Spezialisierungsgrad bezüglich des Fachwissens, des Experimentierens und der Theoriebildung
- Komplexität der Sachzusammenhänge sowie der physikalischen Inhalte, Theorien und Modellvorstellungen
- Anspruch an die verwendete Fachsprache
- Grad der Mathematisierung physikalischer Sachverhalte
- Grad der Strukturierung von Aufgabenstellung

In den Tabellen 3.3 und 3.4 wird die Unterscheidung zwischen den Kursarten insbesondere in den prozessbezogenen Kompetenzen deutlich. Die Aufgaben im Anhang A 3 konkretisieren Unterschiede zwischen den Anforderungsniveaus beispielhaft.

¹ Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) vom 17. Februar 2005, geändert durch VO vom 12.4.2007 und vom 13.6.2008, SVBl. 7/2008, S. 206.

² Verordnung über berufsbildende Schulen (BbS-VO) vom 10. Juni 2009, SVBl. 7/2009, S. 206.

³ Vgl. EPA Physik, S. 5f.

3 Erwartete Kompetenzen

3.1 Kompetenzen in der Einführungsphase der Gesamtschule

In den folgenden Tabellen werden die verbindlichen inhaltsbezogenen Kompetenzen dargestellt, die am Ende der Einführungsphase erworben sein sollen. Die Themenbereiche der Einführungsphase orientieren sich an den Vorgaben des Kerncurriculums Physik für das Gymnasium Jahrgangsstufe 5 - 10 und greifen Kompetenzen auf, die in den *Rahmenrichtlinien Naturwissenschaften für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5 – 10* (herausgegeben 2004) nicht im notwendigen Umfang enthalten sind. Sie ermöglichen den Schulen eine Unterrichtsgestaltung, die den unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen der Schulcurricula Rechnung tragen kann. Die den Inhalten zugeordneten prozessbezogenen Kompetenzen stellen nur eine Auswahl dar. Sie sind vollständig in den Tabellen des Kapitels 3.3 beschrieben. Die Themenbereiche *Kinematik*, *Dynamik* und *Atom- und Kernphysik* sind verbindlich.

Themenbereich: Kinematik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden t-s- und t-v-Diagramme zur Beschreibung geradliniger, auch gleichmäßig beschleunigter Bewegungen. • erläutern die entsprechenden Bewegungsgleichungen in einfachen Fällen. • beschreiben den freien Fall und den waagerechten Wurf mit Hilfe von t-s- und t-v-Zusammenhängen. • nennen das Unabhängigkeitsprinzip. 	<ul style="list-style-type: none"> • planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. • werten Daten anhand geeignet gewählter Diagramme aus und ermitteln zugehörige funktionale Zusammenhänge, auch mit dem GTR/CAS. • verwenden selbst gefertigte Diagramme und Messtabellen zur Dokumentation. • interpretieren und bestimmen Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung als Steigung der jeweiligen Graphen. • tauschen sich über die gewonnenen Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellung aus. • nutzen diese Kenntnisse zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme. • beschreiben die Idealisierungen, die zum Begriff „freier Fall“ führen und erläutern die Ortsabhängigkeit der Fallbeschleunigung. • übersetzen zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung von Bewegungsabläufen.

Themenbereich: Dynamik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Grundgleichung der Mechanik zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme. • erläutern die sich daraus ergebende Definition der Krafteinheit. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Fallbeschleunigung zur Ermittlung von Gewichtskräften.
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Kräfte als gerichtete Größen mithilfe von Pfeilen dar. • unterscheiden zwischen Kräftepaaren bei der Wechselwirkung zwischen <u>zwei</u> Körpern und Kräftepaaren beim Kräftegleichgewicht an <u>einem</u> Körper. 	<ul style="list-style-type: none"> • wechseln zwischen sprachlicher und grafischer Darstellungsform. • konstruieren die Ersatzkraft zu gegebenen Kraftpfeilen zeichnerisch. • nutzen diese Kenntnisse zur Lösung von Aufgaben zu Wechselwirkungen zwischen Körpern bzw. Kräftegleichgewichten. • diskutieren Verkehrssituationen unter physikalischen Gesichtspunkten und bewerten Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die gleichförmige Kreisbewegung mithilfe der Eigenschaften von Zentralbeschleunigung und Zentralkraft. • geben die Gleichung für die Zentralkraft an. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen die Entstehung der Kreisbewegung mittels der richtungsändernden Wirkung der Zentralkraft. • unterscheiden dabei zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung, insbesondere hinsichtlich der Vokabel „Fliehkraft“.
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren den Energieerhaltungssatz eingeschränkt auf Bewegungs- und Höhenenergie. 	<ul style="list-style-type: none"> • planen einfache Experimente zur Überprüfung des Energieerhaltungssatzes, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. • argumentieren dabei mit Energiebilanzen auch unter Berücksichtigung der Energieentwertung durch Reibung. • nutzen ihre Kenntnisse zur Lösung einfacher Aufgaben und Probleme.

Themenbereich: Atom- und Kernphysik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> • deuten die Stabilität von Kernen mithilfe der Kernkraft. • beschreiben die ionisierende Wirkung von Kernstrahlung und deren stochastischen Charakter. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten das Phänomen der Ionisation mithilfe des Kern-Hülle-Modells. • werten experimentelle Daten mithilfe von Histogrammen aus.
<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden α-, β-, γ- Strahlung anhand ihrer Eigenschaften. • nennen beispielhaft zugehörige Kernumwandlungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben UV-, Röntgen- und γ-Strahlung im Vergleich zum sichtbaren Licht und berücksichtigen dabei energetische Gesichtspunkte. • nutzen ihr Wissen zur Erläuterung und Beurteilung von Strahlenschutzmaßnahmen.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den radioaktiven Zerfall unter Verwendung des Begriffes Halbwertszeit. 	<ul style="list-style-type: none"> • bestimmen mithilfe der Abklingkurve die Halbwertszeit.
<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden Energiedosis und Äquivalentdosis und geben die Einheit der Äquivalentdosis an. • geben ihre Kenntnisse über natürliche und künstliche Strahlungsquellen wieder. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben biologische Wirkung und ausgewählte medizinische Anwendungen. • zeigen am Beispiel des Bewertungsfaktors die Grenzen physikalischer Sichtweisen auf. • beurteilen Risiken und Vorteile der Nutzung von Kerntechnik auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Halbwertszeiten.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Kernspaltung und die Kettenreaktion 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren in geeigneten Quellen und präsentieren ihr Ergebnis adressatengerecht. • benennen die Auswirkungen der Entdeckung der Kernspaltung im gesellschaftlichen Zusammenhang und zeigen dabei die Grenzen physikalischer Sichtweisen auf.

3.2 Kompetenzen in der Einführungsphase des Fachgymnasiums, des Abendgymnasiums und des Kollegs

In den folgenden Tabellen werden die verbindlichen inhaltsbezogenen Kompetenzen dargestellt, die am Ende der Einführungsphase erworben sein sollen. Die Themenbereiche der Einführungsphase orientieren sich an den Vorgaben der Kerncurricula Physik für das Gymnasium, für die Realschule und für die Hauptschule, Schuljahrgänge 5 – 10 (herausgegeben 2007). Es werden Kompetenzen aufgegriffen, die in den Kerncurricula der Haupt- und Realschule und in den *Rahmenrichtlinien Naturwissenschaften für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5 – 10* (herausgegeben 2004) nicht im notwendigen Umfang enthalten sind. Den Schulen wird eine Unterrichtsgestaltung ermöglicht, die den unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen der Schulcurricula Rechnung tragen kann. Die den Inhalten zugeordneten prozessbezogenen Kompetenzen stellen nur eine begrenzte Auswahl dar. Sie sind vollständig in den Tabellen des Kapitels 3.3 beschrieben.

Die Themenbereiche *Kinematik* und *Dynamik* sind verbindlich. Ergänzend muss einer der Themenbereiche *Elektrik* oder *Atom- und Kernphysik*, je nach Eingangsvoraussetzung der Schülerinnen und Schüler, von der Fachkonferenz festgelegt werden.

Fächerübergreifende Bezüge sind kursiv und fett dargestellt.

Themenbereich Kinematik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung anhand von t-s-, t-v- und t-a-Diagrammen. • beschreiben den freien Fall und den waagerechten Wurf mit Hilfe von t-s- und t-v-Zusammenhängen. • nennen das Unabhängigkeitsprinzip. 	<ul style="list-style-type: none"> • planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. • werten Daten anhand geeignet gewählter Diagramme aus und ermitteln zugehörige funktionale Zusammenhänge, auch mit dem GTR/CAS. (Bezüge zur Mathematik) • verwenden selbst gefertigte Diagramme und Messtabellen zur Dokumentation. • interpretieren und bestimmen Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung als Steigung der jeweiligen Graphen. • wenden die Bewegungsgleichungen an, formen sie um und nutzen sie als Lösung einfacher Aufgaben. (Bezüge zur Mathematik) • wenden ihre Kenntnisse bei gleichförmigen, gleichmäßig beschleunigten und verzögerten Bewegungen an. • übersetzen zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung von Bewegungsabläufen. • beschreiben die Idealisierung, die zum Begriff „freier Fall“ führt und erläutern die Ortsabhängigkeit der Fallbeschleunigung. • nutzen diese Kenntnisse zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme. • tauschen sich über die gewonnenen Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellung aus. • nutzen Verkehrssituationen unter physikalischen Gesichtspunkten und bewerten Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr.

Themenbereich Dynamik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Grundgleichung der Mechanik zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme. • erläutern die sich daraus ergebende Definition der Krafteinheit. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Fallbeschleunigung zur Ermittlung von Gewichtskräften.
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Kräfte als gerichtete Größen mithilfe von Pfeilen dar. • unterscheiden zwischen Kräftepaaren bei der Wechselwirkung zwischen <u>zwei</u> Körpern und Kräftepaaren beim Kräftegleichgewicht an <u>einem</u> Körper. 	<ul style="list-style-type: none"> • wechseln zwischen sprachlicher und grafischer Darstellungsform. • nutzen diese Erkenntnisse zur Lösung von Aufgaben zur Wechselwirkung zwischen Körpern bzw. Kräftegleichgewichten.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die gleichförmige Kreisbewegung mithilfe der Eigenschaften von Zentralbeschleunigung und Zentralkraft. • geben die Gleichung für die Zentralkraft an. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen die Entstehung der Kreisbewegung mittels richtungsändernder Wirkung der Zentralkraft. • unterscheiden dabei zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung, insbesondere hinsichtlich der Vokabel „Fliehkraft“.
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren den Energieerhaltungssatz in der Mechanik eingeschränkt auf Bewegungs- und Höhenenergie. 	<ul style="list-style-type: none"> • planen einfache Experimente zur Überprüfung des Energieerhaltungssatzes, führen diese durch und dokumentieren die Ergebnisse. • argumentieren dabei mit Energiebilanzen auch unter Berücksichtigung des Energieentzugs durch die Reibung. • nutzen ihre Kenntnisse zur Lösung einfacher Aufgaben und Probleme.

Themenbereich Elektrik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Vorgänge im elektrischen Stromkreis mithilfe der Eigenschaften bewegter Elektronen in Metallen und Halbleitern. 	<ul style="list-style-type: none"> führen Experimente zur Leitfähigkeit von dotierten Leitern (Sensoren) durch (LDR, NTC, PTC, etc.).
<ul style="list-style-type: none"> unterscheiden zwischen Spannung und elektrischer Stromstärke. 	<ul style="list-style-type: none"> planen und führen Stromstärke- und Spannungsmessungen an unterschiedlichen Schaltungen durch und wenden Messgeräte sachgerecht an.
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Vorgänge am pn-Übergang mithilfe geeigneter energetischer Betrachtungen. 	<ul style="list-style-type: none"> nehmen die U-I-Kennlinie einer LED auf.

Themenbereich Atom- und Kernphysik

Fachwissen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler ...	
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Strahlungsarten (α-, β-, γ-, Röntgen- und UV-Strahlung) anhand ihrer Eigenschaften. erläutern das Phänomen der Ionisation mithilfe des Kern-Hülle-Modells. (Bezüge zur Chemie) nennen Einsatzmöglichkeiten von Strahlungsarten in der Medizintechnik. beschreiben den radioaktiven Zerfall unter Verwendung des Begriffs Halbwertszeit. erläutern die stochastische Strahlenwirkung. vergleichen bei der Kernspaltung kontrollierte und unkontrollierte Kettenreaktionen. 	<ul style="list-style-type: none"> nutzen ihr Wissen zur Erläuterung und Beurteilung von Strahlenschutzmaßnahmen. beschreiben die biologische Wirkung von ionisierender Strahlung. beurteilen Risiken und Nutzen der Behandlungen und Diagnostik in der Medizin. bestimmen mithilfe der Abklingkurve die Halbwertszeit. beurteilen Risiken und Vorteile der Nutzung von Kerntechnik auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Halbwertszeiten.

3.3 Prozessbezogene Kompetenzen in der Qualifikationsphase

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Physikalisch argumentieren

Physikalische Argumentation ist dadurch gekennzeichnet, dass ein sachbezogenes Vokabular verwendet wird und festgelegte Regeln sowie ein gesicherter Wissensbestand über die Qualität von Argumenten entscheiden helfen. Vorliegende Fragen und Vermutungen werden durch Anwendung weiterer Darstellungselemente (insbesondere von Graphen, fachsprachlichen Formulierungen von Zusammenhängen und schließlich Gleichungen) sowie durch die Durchführung hypothesengeleiteter Experimente einer rationalen Beantwortung zugänglich gemacht. Auch in der gymnasialen Oberstufe verdient der Übergang von der Alltagssprache zur Fachsprache noch Aufmerksamkeit, der Wechsel zwischen Darstellungen und Sprachebenen muss weiterhin geübt werden.

21

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • geben ihre erworbenen Kenntnisse wieder und nutzen erlerntes Vokabular. • verwenden die erlernte Fachsprache zunehmend sicher und wählen die Sprachebene bewusst aus. • trennen physikalische Aspekte selbstständig von außerphysikalischen. • unterwerfen Vermutungen einer fachlich-kritischen Prüfung. • argumentieren mit Hilfe von Diagrammen linearer Funktionen, einfacher Potenzfunktionen und von Exponentialfunktionen. • setzen Darstellungen situationsgerecht ein. 	<ul style="list-style-type: none"> • argumentieren insbesondere mithilfe von Kräften und Energiebilanzen. • verwenden die erlernte Fachsprache sicher und wählen die Sprachebene bewusst aus. • formulieren Hypothesen und überprüfen sie mithilfe von Experimenten. • argumentieren zusätzlich mithilfe der Diagramme von Winkelfunktionen bzw. der Zeigerdarstellung, den Gleichungen linearer Funktionen, einfacher Potenzfunktionen sowie Exponentialfunktionen und ziehen zur Argumentation Ableitung und Flächeninhalt heran.

Probleme lösen

Die Fähigkeit Probleme zu lösen, ist sehr anspruchsvoll. Sie entwickelt sich nur, wenn die Lernenden sich bei der Problemlösung immer wieder als erfolgreich erleben. Zur Unterstützung der Entwicklung dieser Fähigkeit können genaue Anleitung und feste Strukturierung hilfreich sein, wenn die Probleme aus Sicht der Lernenden neuartig oder komplex sind. Offene Problemstellungen können eher in bekannten Zusammenhängen für Schülerinnen und Schüler eine angemessene Herausforderung darstellen. Für die Gestaltung von Unterricht ergibt sich daraus die Forderung nach einem kumulativen Aufbau auch in den einzelnen Unterrichtseinheiten mit zunehmender Öffnung bei wachsendem Kenntnisstand.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none">• ergänzen fehlende Informationen selbstständig und ziehen Schulbuch und Formelsammlung zur Problemlösung heran.• setzen ihre Kenntnisse über nichtlineare Zusammenhänge ein.• verwenden den eingeführten GTR/CAS.• führen selbstverantwortlich ihre Notizen.• erkennen bekannte Zusammenhänge auch in einem komplexeren Umfeld.• ziehen Analogien zur Problemlösung heran.	<ul style="list-style-type: none">• ziehen zusätzlich ausgewählte Fachliteratur zur Problemlösung heran.• nutzen Termumformungen für Deduktionen.• nutzen Experimente zur Problemlösung und schließen induktiv.• wenden Kenntnisse auf ausgewählte technische Anwendungen an.• übertragen Kenntnisse analog auf andere Situationen und verwenden dazu auch einfache mathematische Modelle.

Planen, experimentieren, auswerten

Wie die Problemlösefähigkeit muss auch die Experimentierfähigkeit entwickelt werden. In einem neuen Sachgebiet sollten die Lernenden in der Regel zunächst angeleitet experimentieren. Mit zunehmender Sicherheit werden Fragestellungen und Anleitungen schrittweise offener, um in einem neuen Sachgebiet zunächst wieder verengt zu werden. Sie sind dabei stets so zu gestalten, dass die Lernenden Experimente als Mittel erleben, wesentliche Fragen zu beantworten oder neue Phänomene kennenzulernen. Arbeitsaufträge müssen so angelegt sein, dass die Lernenden den erlebten Erfolg in erster Linie dem eigenen Handeln zuschreiben können.

23

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw. 11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • gehen zunehmend selbstständig mit dem Experimentiergerät um. • planen einfache Experimente zur Untersuchung ausgewählter, auch eigener Fragestellungen selbst und achten darauf, jeweils nur einen Parameter zu variieren. • legen selbstständig geeignete Messtabellen an. • fertigen auch nichtlineare Graphen an, nutzen den eingeführten GTR/CAS zur Ermittlung funktionaler Zusammenhänge und erstellen eine geeignete Dokumentation der Arbeitsschritte. • fertigen bei Bedarf Versuchsprotokolle selbstständig an. 	<ul style="list-style-type: none"> • haben Erfahrungen im Umgang mit einem registrierenden Messinstrument (z. B. Oszilloskop / Interface) sowie im Umgang mit elektrischen Messinstrumenten. • haben Erfahrung mit der Planung, Durchführung und Dokumentation von Experimenten. • nutzen zur Dokumentation und Auswertung von Messergebnissen GTR/CAS oder Tabellenkalkulation. • wählen geeignete Ausgleichskurven und funktionale Zusammenhänge mithilfe von GTR/CAS oder Tabellenkalkulation begründet aus. • bestimmen die Messunsicherheit der Messwerte durch Abschätzen. <p>zusätzlich für Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen den Einfluss der Messunsicherheit auf die Ergebnisse durch Abschätzen.

Mathematisieren

Die Physik unterscheidet sich von den anderen Naturwissenschaften unter anderem durch ihren höheren Grad der Mathematisierung. Es ist eine wesentliche Aufgabe des Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe, die Lernenden beim Erwerb mathematischer Verfahren anzuleiten. In jedem Fall wird dabei der Weg über eine sprachliche Beschreibung und einfache Diagramme zur Angabe von Gleichungen und deren anschließender Interpretation führen. In einem neuen Fachgebiet müssen die Lernenden die zum Erwerb einer Kompetenz erforderlichen Schritte jeweils wieder neu und wiederholt durchlaufen. Termumformungen und das Lösen von Gleichungen sind immer dann Gegenstand des Physikunterrichtes, wenn dies unter physikalischen Gesichtspunkten sinnvoll ist. Allerdings erfordert die Nutzung von Termumformungen für deduktive Schlüsse die Fähigkeit, diese auch ohne elektronische Hilfsmittel zu bewältigen. Die rechnergestützte Auswertung von Differenzgleichungen ermöglicht einen Zugang zu numerischen Verfahren.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw. 11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die wissenschaftliche Notation für Zahlenangaben und Vorsilben von Einheiten. • verwenden Größen und Einheiten und führen erforderliche Umrechnungen durch. • wechseln zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung eines Zusammenhanges. • fertigen Ausgleichskurven zu Messdaten an und schätzen dabei Messfehler in einfachen Zusammenhängen begründet ab. <ul style="list-style-type: none"> • ermitteln funktionale Zusammenhänge aus Messdaten – auch mithilfe des GTR/CAS, dokumentieren ihre Arbeitsschritte und begründen ihre Entscheidungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden physikalische Symbole sachgerecht. • entnehmen grafischen Darstellungen und Termen die physikalischen Sachverhalte auch im Zusammenhang mit Ableitung und Fläche. • wählen geeignete Ausgleichskurven und funktionale Zusammenhänge auch mithilfe von CAS/GTR oder Tabellenkalkulation begründet aus. • bestimmen die Messunsicherheit der Messwerte durch Abschätzen und wenden die Vereinbarung über geltende Ziffern auf das Ergebnis an. <p>zusätzlich für Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen den Einfluss der Messunsicherheit auf die Ergebnisse durch Abschätzen und runden die Ergebnisse auf dieser Basis sachgerecht. • nutzen funktionale Zusammenhänge, Gleichungen und Termumformungen für deduktive Schlüsse.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw. 11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge in Form von Funktionsgleichungen und Differenzgleichungen dar und modellieren einfache Abläufe damit. • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur mathematischen Beschreibung sowohl für Wellen als auch für Quanten. • erläutern, dass die Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt durch das Quadrat der resultierenden Zeigerlänge oder eine andere geeignete Berechnung bestimmt wird.

Mit Modellen arbeiten

Physikalische Probleme werden durch Modellieren und Idealisieren einer Bearbeitung zugänglich gemacht. Modelle können dabei gegenständlich, ikonisch, grafisch, mathematisch sein oder Analogien verwenden. Beispiele aus dem Sekundarbereich I sind das Kern-Hülle-Modell des Atoms, das Modell der Elementarmagnete und das im Chemieunterricht eingeführte Teilchenmodell als ikonische Modelle, Energieflussdiagramme als grafische Modelle. Im Unterricht der gymnasialen Oberstufe gehört zu den mathematischen Modellen auch die Zeigerdarstellung. An Beispielen erkennen die Lernenden die Prognosefähigkeit von Modellen und deren Grenzen. Erst fortgeschrittene Lernende sind dabei in der Lage, über die Unterschiede zwischen Modell und Realität zu reflektieren.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge in Form von grafischen Darstellungen dar. • überprüfen Hypothesen an ausgewählten Beispielen durch selbst entworfene Experimente. • ziehen Modellvorstellungen als Hilfsmittel zur Problemlösung und Formulierung von Hypothesen heran. • unterscheiden zwischen Modellvorstellung, ikonischer Repräsentation und Realität. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge in Form von Funktionsgleichungen dar und modellieren einfache Abläufe mit Differenzengleichungen. • erläutern das Modell des Potenzialtopfs und ziehen es als heuristisches Hilfsmittel zur Problemlösung heran. • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Lösung von Problemen in den Themenbereichen Wellen und Quanten. • erkennen Strukturgleichheiten und nutzen sie dafür, vorhandene Kenntnisse angeleitet auf andere Situationen zu übertragen.

Erkenntniswege der Physik beschreiben und reflektieren

Die hier beschriebenen Kompetenzen treten im Sekundarbereich II zu den aus dem Sekundarbereich I bekannten hinzu. Im Sekundarbereich I wird das Nachdenken über die Aussagekraft physikalischer Gesetze im Wesentlichen auf die Beurteilung von Messgenauigkeiten beschränkt. Es wird altersgemäß nur ansatzweise darüber reflektiert, wie man in der Physik zu Erkenntnissen oder Gesetzen kommt. Im Sekundarbereich II stehen nun mehr Beispiele zur Verfügung, der Grad der systematischen Ordnung der Sachgebiete hat zugenommen. Deswegen ist es nun möglich und sinnvoll, auf dieser Basis über Wege der Erkenntnisgewinnung zu reflektieren. Je nach individuellem Interesse werden die hier beschriebenen Kompetenzen bei der Unterrichtsplanung bestimmten Inhalten zugeordnet.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • schätzen die Größe von Messfehlern aufgrund der Versuchsbedingungen ab. • beurteilen den Gültigkeitsbereich untersuchter Zusammenhänge. <p><i>Hinweis: Diese Kompetenzen findet man im Kerncurriculum für den Sekundarbereich I unter „Bewerten“</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen ein Ergebnis aufgrund einer Betrachtung der Messunsicherheiten sachgerecht und begründet. • erläutern, dass man mithilfe experimenteller Daten Hypothesen zwar widerlegen, aber nie beweisen kann. • erörtern die Funktion eines Experiments bei der Entscheidung über Hypothesen bzw. zur Initiierung von Ideen. • erläutern die Vorgehensweise zur Informationsgewinnung aus Experimenten. • erläutern die Bedeutung von Modellvorstellungen als Hilfsmittel zur Problemlösung und Formulierung von Hypothesen. • erläutern die Besonderheiten der quantenphysikalischen Sichtweise.

Kompetenzbereich Kommunikation

Kommunizieren

Schülerinnen und Schüler müssen Äußerungen von anderen und Texte mit physikalischen Inhalten, auch ausgewählte Fachliteratur, verstehen, sich zu eigen machen und überprüfen. Sie nehmen dazu Informationen auf, strukturieren diese und dokumentieren ihre Arbeit, ihre Lernwege und ihre Ergebnisse. Dabei nutzen sie unterschiedliche Darstellungsformen und Medien. Zunehmend achten die Lernenden auf eine adressatengerechte Darstellung und die Auswahl geeigneter Sprachelemente.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die erlernten Elemente der Fachsprache und wählen die Sprachebene adressatengerecht aus. • strukturieren und interpretieren fachbezogene Darstellungen. • wählen Informationen aus Formelsammlung und anderen geeigneten Quellen sachgerecht aus. • verfassen Berichte selbstständig. • stellen die Ergebnisse einer längeren selbstständigen Arbeit zu einem Thema in angemessener Form schriftlich dar. • referieren über selbst durchgeführte Experimente sachgerecht und adressatenbezogen und wählen dazu geeignete Medien aus. • arbeiten sachgerecht in einer Gruppe. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Fachsprache in den behandelten Gebieten sicher. <p>zusätzlich für Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • strukturieren und interpretieren fachbezogene Darstellungen für komplexe Sachverhalte, Phänomene in der Natur und Anwendungen in der Technik. • präsentieren Arbeitsergebnisse situations- und adressatengerecht unter Verwendung geeigneter Darstellungsmethoden. • führen zu einem Sachverhalt ein Fachgespräch auf angemessenem Niveau. • arbeiten sachgerecht und zielgerichtet in einer Gruppe.

Dokumentieren

Wesentliches Kriterium für die Anerkennung naturwissenschaftlicher Ergebnisse ist deren Reproduzierbarkeit. Das setzt eine geeignete Form der Dokumentation voraus. Im Unterricht gelangen die Lernenden zu einer zunehmend selbstständig ausgeführten, situations- und adressatengerechten Darstellungsform, ohne in eine ritualisierte Art des Protokolls zu verfallen. Zur Dokumentation gehört die schrittweise genau eingehaltene Verwendung von Größensymbolen, Einheiten und Schaltzeichen. Ebenso entwickelt werden soll die Fähigkeit, Lernergebnisse und Kenntnisstand in geeigneter Form übersichtlich darzustellen und so eine Basis für künftiges Lernen bereitzustellen. Eine besondere Bedeutung kommt der Dokumentation von Lösungswegen dann zu, wenn elektronische Rechenhilfen benutzt werden. Ein Beispiel für eine geeignete Darstellung befindet sich im Anhang.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • führen ihre Notizen selbstständig. • dokumentieren ihre Arbeitsschritte auch bei selbst geplanten Experimenten oder Auswertungen in geeigneter schriftlicher Darstellung. • nutzen vereinbarte grafische Darstellungen zur Veranschaulichung. • fertigen Messtabellen selbstständig an und geben Größensymbole und Einheiten an. • nutzen grafische Darstellungen für beliebige Zusammenhänge, auch unter Benutzung eines GTR/CAS. • stellen ihre Kenntnisse in einem Begriffsnetz dar. 	<ul style="list-style-type: none"> • haben Erfahrungen mit der selbstständigen Dokumentation von Versuchsergebnissen. • ziehen zur Dokumentation selbstständig Bilder, Texte, Skizzen und Diagramme heran. • sind geübt in der vereinbarten Dokumentation von Arbeitsschritten mit dem eingeführten elektronischen Rechenwerkzeug.

Kompetenzbereich Bewertung

Bewerten

Zum Bewerten gehört die Fähigkeit, das erworbene Wissen kritisch einordnen zu können, ebenso wie die Beantwortung der Frage, in welchem Gebiet die Physik Aussagen machen kann und in welchem nicht. Insofern ist es unumgänglich, dass die Lernenden zwischen naturwissenschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Komponenten einer Bewertung unterscheiden. Die Gelegenheiten, Bewertungskompetenz im Physikunterricht zu entwickeln, sind allerdings begrenzt und zugleich komplex. Deshalb sind die Anlässe gezielt zu nutzen. Die Erwartungen an die Progression müssen realistisch eingeschätzt werden, weil die zur Entwicklung erforderlichen Schritte nur selten durchlaufen werden können.

am Ende der Einführungsphase (Schuljahrgang 10 bzw.11*)	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase (Schuljahrgang 12 bzw. 13*)
Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
<ul style="list-style-type: none"> • schätzen die Größe von Messfehlern aufgrund der Versuchsbedingungen ab. • wählen aus den verschiedenen Möglichkeiten für Ausgleichskurven die situationsbezogen passende aus. • beurteilen den Gültigkeitsbereich untersuchter Zusammenhänge. • trennen physikalische Aspekte selbstständig von außerphysikalischen. • nutzen ihre Kenntnisse über Kreisprozesse zur Bewertung ökonomischer und ökologischer Aspekte der Energieversorgung. • benennen die Auswirkungen der Entdeckung der Kernspaltung im gesellschaftlichen und politischen Zusammenhang und zeigen dabei die Grenzen physikalischer Sichtweisen auf. • begründen Sicherheitsregeln beim Umgang mit ionisierender Strahlung 	<p>... sind vertraut mit physiktypischen Bewertungsansätzen, indem sie ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>siehe Fußnote¹</i> • <i>siehe Fußnote¹</i> • <i>siehe Fußnote¹</i> • den Aspektcharakter der Wissenschaft Physik an ausgewählten Beispielen erläutern. • die Beziehung zwischen Physik und Technik an ausgewählten Beispielen darstellen. • Beispiele für die historische oder gesellschaftliche Bedingtheit physikalischer Sichtweisen benennen.

¹ Diese Kompetenzen werden in „Erkenntniswege der Physik“ weiter ausgeführt.

3.4 Inhaltsbezogene Kompetenzen mit Zuordnung der prozessbezogenen Kompetenzen in der Qualifikationsphase

Themenbereich: Elektrizität

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper. 	<ul style="list-style-type: none"> • skizzieren Feldlinienbilder für typische Fälle. • beschreiben die Bedeutung elektrischer Felder für eine technische Anwendung (z. B. die Kopiertechnik) 	<ul style="list-style-type: none"> • skizzieren Feldlinienbilder für typische Fälle. • beschreiben die Bedeutung elektrischer Felder für eine technische Anwendung (z. B. die Kopiertechnik)
<ul style="list-style-type: none"> • nennen die Einheit der Ladung und erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke. • beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessung. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten in diesem Zusammenhang Messreihen angeleitet aus. • erläutern mithilfe einer Analogiebetrachtung, dass g als Gravitationsfeldstärke aufgefasst werden kann. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten in diesem Zusammenhang Messreihen aus. • erläutern mithilfe einer Analogiebetrachtung, dass g als Gravitationsfeldstärke aufgefasst werden kann.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke. • nennen die Definition der elektrische Spannung mithilfe der pro Ladung übertragbaren Energie. • beschreiben den Zusammenhang zwischen der Feldstärke in einem Plattenkondensator und der anliegenden Spannung. • geben die Energiebilanz für einen freien geladenen Körper im elektrischen Feld eines Plattenkondensators an. 	<ul style="list-style-type: none"> • ziehen Analogiebetrachtungen zur Erläuterung dieses Zusammenhangs heran. • bestimmen angeleitet die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe von Energiebilanzen. 	<ul style="list-style-type: none"> • ziehen Analogiebetrachtungen zur Erläuterung dieses Zusammenhangs heran. • bestimmen die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe von Energiebilanzen.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben den Entladevorgang eines Kondensators mithilfe einer Exponentialfunktion. 	<ul style="list-style-type: none"> führen Experimente zum Entladevorgang durch. ermitteln aus den Messdaten die Parameter des zugehörigen t-I-Zusammenhangs. begründen den exponentiellen Verlauf. ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von t-I-Diagrammen. 	<ul style="list-style-type: none"> führen selbstständig Experimente zum Entladevorgang durch. ermitteln aus den Messdaten die Parameter des zugehörigen t-I-Zusammenhangs und stellen diesen mit der Exponentialfunktion zur Basis e dar. begründen den exponentiellen Verlauf. ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von t-I-Diagrammen.
<ul style="list-style-type: none"> nennen die Definition der Kapazität eines Kondensators. 	<ul style="list-style-type: none"> führen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators durch. erläutern Einsatzmöglichkeiten von Kondensatoren als Energiespeicher in technischen Systemen. 	<ul style="list-style-type: none"> planen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators und führen es durch. erläutern Einsatzmöglichkeiten von Kondensatoren als Energiespeicher in technischen Systemen.
<ul style="list-style-type: none"> bestimmen die Richtung von magnetischen Feldern mit Kompassnadeln. ermitteln Richtung (Dreifingerregel) und Betrag der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im homogenen Magnetfeld. nennen die Definition der magnetischen Flussdichte B (Feldstärke B) in Analogie zur elektrischen Feldstärke. 	<ul style="list-style-type: none"> skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule. erläutern ein Experiment zur Bestimmung von B mithilfe einer Stromwaage. begründen die Definition mithilfe geeigneter Messdaten. 	<ul style="list-style-type: none"> skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule. planen mit vorgegebenen Komponenten ein Experiment zur Bestimmung von B auf der Grundlage einer Kraftmessung. führen ein Experiment zur Bestimmung von B durch und werten es aus. begründen die Definition mithilfe dieser Messdaten.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Bewegung von freien Elektronen <ul style="list-style-type: none"> ○ unter Einfluss der Lorentzkraft, ○ unter Einfluss der Kraft im homogenen E-Feld, ○ im Wien-Filter. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven. • leiten vorstrukturiert die Gleichung für die Bahnkurve im homogenen elektrischen Feld her.
<p>zusätzlich für erhöhtes Anforderungsniveau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben das physikalische Prinzip zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mithilfe des Fadenstrahlrohres. 		<ul style="list-style-type: none"> • leiten dazu die Gleichung für die spezifische Ladung des Elektrons her und bestimmen die Elektronenmasse.
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Entstehung der Hallspannung. 	<ul style="list-style-type: none"> • leiten die Gleichung für die Hallspannung in Abhängigkeit von der Driftgeschwindigkeit anhand einer geeigneten Skizze her. • führen Experimente zur Messung von B mit einer Hallsonde durch. 	<ul style="list-style-type: none"> • leiten die Gleichung für die Hallspannung unter Verwendung der Ladungsträgerdichte anhand einer geeigneten Skizze her. • führen selbstständig Experimente zur Messung von B mit einer Hallsonde durch.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Erzeugung einer Induktionsspannung durch die zeitliche Änderung von B bzw. A qualitativ. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch. • erläutern das Prinzip eines dynamischen Mikrofons. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch. • erläutern das Prinzip eines dynamischen Mikrofons.
<ul style="list-style-type: none"> • wenden das Induktionsgesetz in differenzieller Form auf lineare und sinusförmige Verläufe von Φ an. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten geeignete Versuche zur Überprüfung des Induktionsgesetzes aus. • stellen technische und historische Bezüge hinsichtlich der Erzeugung von Wechselspannung dar. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten geeignete Versuche zur Überprüfung des Induktionsgesetzes aus. • stellen technische und historische Bezüge hinsichtlich der Erzeugung von Wechselspannung dar.

Themenbereich: Schwingungen und Wellen

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> stellen harmonische Schwingungen grafisch dar. beschreiben harmonische Schwingungen mithilfe von Amplitude, Periodendauer und Frequenz. 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung. haben Erfahrungen im angeleiteten Umgang mit einem registrierenden Messinstrument (z. B. Oszilloskop / Interface). 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung. haben Erfahrungen im selbstständigen Umgang mit einem registrierenden Messinstrument (z.B. Oszilloskop / Interface).
<ul style="list-style-type: none"> geben die Gleichung für die Periodendauer eines Feder-Masse-Pendels an. 	<ul style="list-style-type: none"> untersuchen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell. ermitteln geeignete Ausgleichskurven. 	<ul style="list-style-type: none"> untersuchen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell. ermitteln geeignete Ausgleichskurven. übertragen diese Verfahren auf andere harmonische Oszillatoren.
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Ausbreitung harmonischer Wellen. beschreiben harmonische Wellen mithilfe von Periodendauer, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz, Amplitude und Phase. begründen den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz und wenden die zugehörige Gleichung an. 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung. nutzen in diesen Zusammenhängen die Zeigerdarstellung oder Sinusfunktionen sachgerecht. 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung. nutzen in diesen Zusammenhängen die Zeigerdarstellung oder Sinusfunktionen sachgerecht.
<ul style="list-style-type: none"> vergleichen longitudinale und transversale Wellen. beschreiben Polarisierbarkeit als Eigenschaft transversaler Wellen. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen Bezüge zwischen dieser Kenntnis und Beobachtungen an einem LC-Display her. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen Bezüge zwischen dieser Kenntnis und Beobachtungen an einem LC-Display her.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und deuten Interferenzphänomene für folgende Fälle: <ul style="list-style-type: none"> ○ stehende Welle, ○ Doppelspalt und Gitter, ○ Michelson-Interferometer, ○ Bragg-Reflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung der aus dem Unterricht bekannten Situationen. • erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung. • erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von <ul style="list-style-type: none"> ○ Schall mit zwei Sendern, ○ Mikrowellen mit dem Michelson-Interferometer, ○ Licht mit einem Gitter (subjektiv / objektiv) und ○ Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten entsprechende Experimente angeleitet aus. • leiten die zugehörigen Gleichungen vorstrukturiert und begründet her. • wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurbabstandes bei einer CD an. • erläutern ein Verfahren zur Strukturuntersuchung als technische Anwendung der Bragg-Reflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten entsprechende Experimente aus. • leiten die zugehörigen Gleichungen selbstständig und begründet her. • übertragen das Vorgehen auf Experimente mit anderen Wellenarten. • wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurbabstandes bei einer CD an. • erläutern ein Verfahren zur Strukturuntersuchung als technische Anwendung der Bragg-Reflexion.

Themenbereich: Quantenobjekte

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben das Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre und deuten die Beobachtungen als Interferenzerscheinung. • beschreiben ein Experiment zum äußeren lichtelektrischen Effekt mit der Vakuum-Fotозelle. • erläutern die experimentelle Bestimmung des planckschen Wirkungsquantums mit LEDs. • erläutern die Entstehung des Röntgenbremsspektrums als Energieübertragung von Elektronen auf Photonen. 	<ul style="list-style-type: none"> • übertragen Kenntnisse über Interferenz auf diese neue Situation. • deuten diesen Effekt mithilfe des Photonenmodells. • übertragen ihre Kenntnisse über das Photonenmodell des Lichtes auf diese Situation. • bestätigen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz. 	<ul style="list-style-type: none"> • übertragen Kenntnisse über Interferenz auf verwandte Situationen. • deuten diesen Effekt mithilfe des Photonenmodells. • übertragen ihre Kenntnisse über das Photonenmodell des Lichtes auf diese Situation. • bestätigen durch Auswertung von Messwerten die Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz. • nutzen das Röntgenbremsspektrum zur h - Bestimmung.
<ul style="list-style-type: none"> • bestimmen die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung. 	<ul style="list-style-type: none"> • bestätigen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> • bestätigen durch Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Interferenz bei einzelnen Photonen. • interpretieren die jeweiligen Interferenzmuster stochastisch. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden dazu die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung. • deuten die Erscheinungen bei Doppelspaltexperimenten durch Argumentation mit einzelnen Photonen bzw. mit Elektronen. • erläutern, dass die Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt durch das Quadrat der resultierenden Zeigerlänge oder eine andere geeignete Berechnung bestimmt wird. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden dazu die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung. • deuten die Erscheinungen in den bekannten Interferenzexperimenten durch Argumentation mit einzelnen Photonen bzw. mit Elektronen. • erläutern, dass die Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt durch das Quadrat der resultierenden Zeigerlänge oder eine andere geeignete Berechnung bestimmt wird. • übertragen ihre Kenntnisse auf die Deutung von Experimenten mit Quantenobjekten größerer Masse (z. B. kalte Neutronen).
<p>zusätzlich für erhöhtes Anforderungsniveau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau eines Mach-Zehnder-Interferometers. • interpretieren ein „Welcher-Weg“-Experiment unter den Gesichtspunkten Nichtlokalität und Komplementarität. 		<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Begriff Komplementarität mithilfe der Beobachtungen in einem „Welcher-Weg“-Experiment.

Themenbereich: Atomhülle

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Quantisierung der Gesamtenergie von Elektronen in der Atomhülle. 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf. diskutieren die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells. 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf. diskutieren die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells.
<ul style="list-style-type: none"> erläutern quantenhafte Emission anhand von Experimenten zu Linienspektren bei Licht ... <p>zusätzlich für erhöhtes Anforderungsniveau</p> <p>... und Röntgenstrahlung.</p> <ul style="list-style-type: none"> erläutern einen Franck-Hertz-Versuch. erläutern einen Versuch zur Resonanzabsorption. 	<ul style="list-style-type: none"> erklären diese Experimente durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. bestimmen eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie. 	<ul style="list-style-type: none"> erklären diese Experimente durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. bestimmen eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie.
<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die „Orbitale“ bis $n = 2$ in einem dreidimensionalen Kastenpotenzial. 		<ul style="list-style-type: none"> stellen einen Zusammenhang zwischen dreidimensionalen Orbitalen und eindimensionalen Wahrscheinlichkeitsverteilungen anschaulich her.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> erklären den Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Energieniveauschemata. 	<ul style="list-style-type: none"> benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu. erläutern und bewerten die Bedeutung von Leuchtstoffen an den Beispielen Energiesparlampe und „weiße“ LED. 	<ul style="list-style-type: none"> benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu. ziehen diese Kenntnisse zur Erklärung eines charakteristischen Röntgenspektrums heran. führen Berechnungen dazu aus. wenden die Balmerformel an. erläutern und bewerten die Bedeutung von Leuchtstoffen an den Beispielen Energiesparlampe und „weiße“ LED.
<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Grundlagen der Funktionsweise eines He-Ne-Lasers. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen diese unter Verwendung vorgegebener Darstellungen strukturiert und angemessen dar. beschreiben eine technische Anwendung, die auf der Nutzung eines Lasersystems beruht. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen diese unter Verwendung vorgegebener Darstellungen strukturiert und angemessen dar. beschreiben eine technische Anwendung, die auf der Nutzung eines Lasersystems beruht.

Themenbereich: Atomkern

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten. • erläutern das Zerfallsgesetz und wenden es auf Abklingprozesse an. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Abklingkurven grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion aus. • beurteilen Gültigkeitsgrenzen der mathematischen Beschreibung aufgrund der stochastischen Natur der Strahlung. • erläutern das Prinzip des C-14-Verfahrens zur Altersbestimmung. • modellieren einen radioaktiven Zerfall mit dem Differenzenverfahren unter Einsatz einer Tabellenkalkulation oder eines Modellbildungssystems. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Abklingkurven grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion zur Basis e aus. • beurteilen Gültigkeitsgrenzen der mathematischen Beschreibung aufgrund der stochastischen Natur der Strahlung. • erläutern das Prinzip des C-14-Verfahrens zur Altersbestimmung. • modellieren einen radioaktiven Zerfall mit dem Differenzenverfahren unter Einsatz einer Tabellenkalkulation oder eines Modellbildungssystems. • übertragen dieses Verfahren auf die Entladung eines Kondensators.
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zerfallsreihen anhand einer Nuklidkarte auf. 	<ul style="list-style-type: none"> • entnehmen einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids. 	<ul style="list-style-type: none"> • entnehmen einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Fachwissen	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Halbleiterdetektors für die Energiemessung von Kernstrahlung. • interpretieren ein α-Spektrum auf der Basis der zugehörigen Zerfallsreihe. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm). • ziehen die Nuklidkarte zur Interpretation eines α-Spektrums heran. • erläutern den Einsatz von Radionukliden in der Medizin. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm). • ziehen die Nuklidkarte zur Interpretation eines α-Spektrums heran. • erläutern den Einsatz von Radionukliden in der Medizin.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Quantisierung der Gesamtenergie von Nukleonen im eindimensionalen Potenzialtopf. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen die Größenordnung der Energie bei Kernprozessen mithilfe des Potenzialtopfmodells. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen die Größenordnung der Energie bei Kernprozessen mithilfe des Potenzialtopfmodells.

4 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung

Leistungsfeststellungen und Leistungsbewertungen geben den Schülerinnen und Schülern und deren Erziehungsberechtigten Rückmeldungen über den Erwerb der inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen. Den Lehrkräften geben sie Orientierung für die weitere Planung des Unterrichts sowie für notwendige Maßnahmen zur individuellen Förderung.

Leistungen im Unterricht werden in allen Kompetenzbereichen eines Faches festgestellt. Dabei ist zu bedenken, dass die im Kerncurriculum formulierten erwarteten Kompetenzen die sozialen und personalen Kompetenzen, die über das Fachliche hinausgehen, nur in Ansätzen erfassen.

Grundsätzlich ist zwischen Lern- und Leistungssituationen zu unterscheiden. In Lernsituationen ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der produktive Umgang mit ihnen ist konstruktiver Teil des Lernprozesses. Für den weiteren Lernfortschritt ist es wichtig, bereits erworbene Kompetenzen herauszustellen und Schülerinnen und Schüler zum Weiterlernen zu ermutigen. Dies schließt die Förderung der Fähigkeit zur Selbsteinschätzung der Leistung ein.

Ein an Kompetenzerwerb orientierter Unterricht bietet den Schülerinnen und Schülern durch geeignete Aufgaben einerseits ausreichend Gelegenheiten, Problemlösungen zu erproben, andererseits fordert er den Kompetenznachweis in anspruchsvollen Leistungssituationen ein. Leistungs- und Überprüfungssituationen sollen die Verfügbarkeit der erwarteten Kompetenzen nachweisen.

Für eine transparente Leistungsbewertung sind den Lernenden die Beurteilungskriterien rechtzeitig mitzuteilen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Beiträge für die Beurteilung maßgeblich ist. Die Schülerinnen und Schüler weisen ihren Kompetenzerwerb durch schriftliche Arbeiten (Klausuren) und durch Mitarbeit im Unterricht nach. Ausgehend von der kontinuierlichen Beobachtung der Schülerinnen und Schüler im Lernprozess und ihrer persönlichen Lernfortschritte sind die Ergebnisse der Klausuren und die Mitarbeit im Unterricht zur Leistungsfeststellung heranzuziehen. Im Laufe des Schulhalbjahres sind die Lernenden mehrfach über ihren aktuellen Leistungsstand zu informieren.

Zur Mitarbeit im Unterricht (mündliche und andere fachspezifische Leistungen) zählen z. B.:

- sachbezogene und kooperative Teilnahme am Unterrichtsgespräch,
- Erheben relevanter Daten (z. B. Informationen sichten, gliedern und bewerten, in unterschiedlichen Quellen recherchieren, Interviews und Meinungsumfragen durchführen),
- Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten,
- Ergebnisse von Partner- oder Gruppenarbeiten und deren Darstellung,
- Unterrichtsdokumentationen (z. B. Protokolle, Arbeitsmappen, Materialdossiers, Portfolios),

- Präsentationen, auch mediengestützt (z. B. Experiment, Referate, Vorstellung eines Thesepapiers, Erläuterung eines Schaubildes, Darstellung von Arbeitsergebnissen),
- verantwortungsvolle Zusammenarbeit im Team (z. B. planen, strukturieren, reflektieren, präsentieren),
- Umgang mit Medien und anderen fachspezifischen Hilfsmitteln,
- Anwenden und Ausführen fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen,
- Anfertigen von schriftlichen Ausarbeitungen,
- mündliche Überprüfungen und kurze schriftliche Lernkontrollen,
- häusliche Vor- und Nachbereitung,
- freie Leistungsvergleiche (z. B. Teilnahme an Schülerwettbewerben).

Bei kooperativen Arbeitsformen sind sowohl die individuelle Leistung als auch die Gesamtleistung der Gruppe in die Bewertung einzubeziehen. So finden neben methodisch-strategischen auch sozial-kommunikative Leistungen Berücksichtigung.

In der Qualifikationsphase werden die Schülerinnen und Schüler an das in den EPA formulierte Niveau herangeführt.

Prüfungsaufgaben bzw. Klausuren werden zum Nachweis erworbener inhalts- und prozessbezogener Kompetenzen eingesetzt, dabei müssen die gestellten Anforderungen für die Schülerinnen und Schüler transparent sein. Es empfiehlt sich, Klausuren unter ein zusammenfassendes Thema zu stellen, dieses zu untergliedern und die Teilaufgaben so auszurichten, dass sie möglichst unabhängig von Ergebnissen vorausgegangener Aufgabenteile lösbar sind. Klausuren sind materialgebunden. Die Teilaufgaben sollen so zusammengestellt werden, dass verschiedene im Unterricht vermittelte Kompetenzen überprüft und die drei Anforderungsbereiche berücksichtigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt im Anforderungsbereich II, den Anforderungsbereich I gilt es stärker zu berücksichtigen als den Anforderungsbereich III. Die Aufgaben müssen dabei auf den jeweiligen Unterrichtsstand bezogen sein. Alle Hilfsmittel, die in der Abiturprüfung benutzt werden sollen, müssen im Unterricht und in den Klausuren mehrfach verwendet worden sein.

Zur Ermittlung der Gesamtzensur sind die Ergebnisse der Klausuren und die Bewertung der Mitarbeit im Unterricht heranzuziehen. Der Anteil der schriftlichen Leistungen darf ein Drittel an der Gesamtzensur nicht unterschreiten und 50% nicht überschreiten.

5 Aufgaben der Fachkonferenz

Die Fachkonferenz erarbeitet unter Beachtung der rechtlichen Grundlagen und der fachbezogenen Vorgaben des Kerncurriculums ein schuleigenes Fachcurriculum, das regelmäßig, auch vor dem Hintergrund interner und externer Evaluation, zu überprüfen und weiterzuentwickeln ist. Die Fachkonferenz trägt somit zur Qualitätsentwicklung und -sicherung des Faches bei.

Die Fachkonferenz

- erarbeitet Themen bzw. Unterrichtseinheiten, die den Erwerb der erwarteten Kompetenzen ermöglichen und beachtet ggf. vorhandene regionale Bezüge,
- stimmt die schuleigenen Arbeitspläne der Einführungsphase auf die Arbeitspläne der abgehenden Schulformen ab,
- legt die zeitliche Zuordnung von Kompetenzen und Themen innerhalb der Schulhalbjahre fest,
- benennt in Absprache mit den Fachlehrerinnen und Fachlehrern die Halbjahresthemen,
- entscheidet, welches Schulbuch eingeführt werden soll, und trifft Absprachen über geeignete Materialien und Medien, die den Aufbau der Kompetenzen fördern,
- erarbeitet Konzepte zur Aktualisierung und Weiterentwicklung der experimentellen Ausstattung unter besonderer Berücksichtigung von Schülerexperimenten,
- entwickelt ein fachbezogenes Konzept zum Einsatz von Medien,
- berät über individuelle Förderkonzepte und Maßnahmen zur Binnendifferenzierung,
- wirkt mit bei der Entwicklung des Förderkonzepts der Schule und stimmt die erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung ab,
- trifft Absprachen zur einheitlichen Verwendung der Fachsprache und fachbezogener Hilfsmittel,
- trifft Absprachen zur Konzeption von schriftlichen, mündlichen und fachspezifischen Lernkontrollen und ihrer Bewertung,
- bestimmt das Verhältnis von schriftlichen, mündlichen und anderen fachspezifischen Leistungen bei der Festlegung der Gesamtbewertung,
- initiiert und fördert Anliegen des Faches bei schulischen und außerschulischen Aktivitäten (z. B. Nutzung außerschulischer Lernorte, Besichtigungen, Projekte, Teilnahme an Wettbewerben),
- entwickelt ein Fortbildungskonzept für die Fachlehrkräfte und informiert sich über Fortbildungsergebnisse,
- wirkt mit an Konzepten zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern beim Übergang in Beruf und Hochschule.

Anhang

A 1 Operatoren für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)

Ein wichtiger Bestandteil jeder Aufgabenstellung sind Operatoren. Sie bezeichnen als Handlungsverben diejenigen Tätigkeiten, die vom Prüfling bei der Bearbeitung von Prüfungsaufgaben ausgeführt werden sollen.

Operatoren werden durch den Kontext der Prüfungsaufgabe erst konkretisiert bzw. präzisiert: durch die Formulierung bzw. Gestaltung der Aufgabenstellung, durch den Bezug zu Textmaterialien / Abbildungen bzw. Problemstellungen, durch die Zuordnung zu Anforderungsbereichen im Erwartungshorizont. Aufgrund dieser vielfältigen wechselseitigen Abhängigkeiten lassen sich Operatoren zumeist nicht präzise einzelnen Anforderungsbereichen zuschreiben.

Die Operatoren sind alphabetisch geordnet. Sie gelten übergreifend für die Naturwissenschaften, fachspezifische Operatoren sind grau unterlegt.

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
Abschätzen (nur Physik)	durch begründetes Überlegen Größenordnungen physikalischer Größen angeben
Analysieren	wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten
Anwenden	einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
Aufbauen eines Experiments	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
Aufstellen einer Hypothese	eine begründete Vermutung auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren
Aufstellen einer Reaktionsgleichung (nur Chemie)	vorgegebene chemische Informationen in eine Reaktionsgleichung übersetzen.
Auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen
Begründen	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen
Beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben
Bestätigen	die Gültigkeit einer Aussage (z. B. einer Hypothese, einer Modellvorstellung, eines Naturgesetzes) zu einem Experiment, zu vorliegenden Daten oder zu Schlussfolgerungen feststellen
Berechnen	numerische Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend gewinnen
Bestimmen	mittels Größengleichungen eine chemische oder physikalische Größe gewinnen

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
Beurteilen	zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen
Bewerten	einen Gegenstand an erkennbaren Wertkategorien oder an bekannten Beurteilungskriterien messen
Darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden etc. strukturiert und ggf. fachsprachlich wiedergeben
Deuten	Sachverhalte in einen Erklärungszusammenhang bringen
Durchführen eines Experiments	an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen oder eine Experimentieranleitung umsetzen
Entwickeln	Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen. eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
Erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen mit Bezug auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Ursachen
Erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen veranschaulichen und verständlich machen
Ermitteln	einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren
Erörtern	Argumente, Sachverhalte und Beispiele zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
Herleiten	aus Größengleichungen durch mathematische Operationen eine Bestimmungsgleichung einer naturwissenschaftliche Größe erstellen
Nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen
Planen eines Experimentes	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden oder zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranleitung erstellen.
Protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben
Skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert grafisch übersichtlich darstellen
Stellung nehmen	zu einem Gegenstand, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben.
Überprüfen / Prüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
Verallgemeinern	aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren
Vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede feststellen
Zeichnen	eine anschauliche und hinreichend exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen
Zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen

A 2 Zur Rolle von Aufgaben

Aufgaben haben verschiedene Funktionen. Sie können im Unterricht eingesetzt werden zum Lernen, zum Üben, zur Überprüfung des Kompetenzerwerbs (Eigen- und Fremddiagnostik) und zur Leistungsbewertung. Entsprechend ihrer Funktion müssen sie unterschiedlich gestaltet werden.

In der Einstiegsphase können Aufgaben eine Fragehaltung und ein Problembewusstsein bei den Schülerinnen und Schülern erzeugen.

In der Erarbeitungsphase helfen Aufgaben den Schülerinnen und Schülern beim Erfassen neuer Begriffe, Gesetze, Konzepte und Verfahren. Dabei müssen diese Aufgaben in angemessener Weise strukturiert sein und sich sowohl auf das Vorwissen als auch auf die jeweils anzustrebende Kompetenz beziehen. Rückmeldungen über mögliche Verständnisschwierigkeiten oder Lösungswege dienen in dieser Phase als Orientierung und unterstützen so den Kompetenzerwerb.

In der Übungsphase sollen Lernergebnisse gesichert, vertieft und transferiert werden. Die hier verwendeten Aufgaben ermöglichen variantenreiches Üben in leicht veränderten Zusammenhängen. Sie lassen nach Möglichkeit unterschiedliche Lösungswege zu und fordern zum kreativen Umgang mit der Physik heraus. Fehlerhafte Lösungen und Irrwege können dabei vielfach als neue Lernanlässe genutzt werden.

Die Auseinandersetzung mit Lernaufgaben unterstützt die Schülerinnen und Schüler daher wesentlich beim Kompetenzaufbau. Ausgehend vom Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler sind Aufgaben so zu konstruieren, dass sowohl prozessbezogene als auch inhaltsbezogene Kompetenzen Anwendung finden bzw. erworben werden können. Besondere Möglichkeiten zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen ergeben sich durch Aufgaben, die sich auf ein Schülerexperiment beziehen. Die Lernenden erleben ihren Kompetenzzuwachs bei der Auseinandersetzung mit physikalischen Sachverhalten und entwickeln langfristig eine positive Einstellung gegenüber der Physik.

Bei Aufgaben zum Kompetenznachweis ist darauf zu achten, dass die gestellten Anforderungen für die Schülerinnen und Schüler im Vorfeld transparent sind. Dies geschieht insbesondere durch die Verwendung geeigneter Operatoren bei der Formulierung von Aufgaben. Art und Inhalt der Aufgabenstellungen sind entsprechend dem unterrichtlichen Vorgehen anzulegen, dabei kommt es auf ein ausgewogenes Verhältnis von inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Anforderungen an. Dies ist in der Regel in einem experimentellen Kontext oder durch Arbeit an Texten oder anderen Medien zu erreichen, wenn dabei der Unterrichtsgegenstand von verschiedenen Seiten aus betrachtet werden kann. Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass die Bearbeitung von Aufgaben zur Überprüfung prozessbezogener Kompetenzen einen hohen Zeitanteil beansprucht. Dies trifft in besonderem Maße zu, wenn Schülerexperimente zugrunde gelegt werden.

Die Schülerinnen und Schüler müssen mit Hilfsmitteln, die in der Abiturprüfung zugelassen sind, sicher umgehen können. Dieses betrifft auch die eingeführte Formelsammlung und das Rechenwerkzeug.

Bei einer so gestalteten Leistungsaufgabe sind entsprechend der Einheitlichen Prüfungsanforderungen alle drei Anforderungsbereiche (AFB) zu berücksichtigen, dabei liegt der Schwerpunkt im AFB II, den AFB I gilt es deutlich stärker zu berücksichtigen als den AFB III.

Anforderungsbereich I

Im Anforderungsbereich I beschränken sich die Aufgabenstellungen auf die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge.

Anforderungsbereich II

Im Anforderungsbereich II verlangen die Aufgabenstellungen die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen einfacher Bezüge.

Anforderungsbereich III

Im Anforderungsbereich III verlangen die Aufgabenstellungen das problembezogene Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen, das Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten.

A 3 Beispiel für die Aufgabenstellung in einer Leistungsaufgabe

Am folgenden Beispiel soll deutlich werden, wie sich die Aufgabenstellungen für Kurse auf grundlegendem Niveau von denen auf erhöhtem Niveau unterscheiden können.

Beiden Kursarten gemeinsam ist die Forderung, Interferenzphänomene beschreiben und deuten zu können und die Wellenlänge von Licht mit einem Gitter zu bestimmen. Um mögliche Überschneidungen mit künftigen Abituraufgaben zu vermeiden, wird für diese Darstellung das Interferenzexperiment nach Lloyd ausgewählt, das nicht zum Pflichtstoff gehört. Außerdem wird davon ausgegangen, dass der vorangehende Unterricht die Zeigerdarstellung benutzt hat.

Alle Schüler und Schülerinnen müssen darauf vorbereitet werden, bei der Auswertung von Diagrammen den Maßstab zu berücksichtigen, weil z. B. Verzerrungen beim Vervielfältigen der Aufgaben unvermeidbar sind.

Aufgabe für einen Kurs auf grundlegendem Anforderungsniveau

Wenn man einen Spiegel mit dem Licht aus einem grün strahlenden Laser entsprechend Abb.1 beleuchtet, entsteht auf einem entfernt stehenden Schirm ein Muster aus Streifen wie in Abb. 2.

1. Deuten Sie die Beobachtung in Abb. 2 zunächst qualitativ unter Verwendung der Zeigerdarstellung.
2. Mit einer Mikrowellen-Apparatur wird der Versuch nach Abb. 1 durchgeführt. Mit dem Empfänger erhält man die am rechten Bildrand dargestellte Intensitätsverteilung, wenn man den Empfänger entlang des Schirms verschiebt.
 - 2.1 Erläutern Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen beiden Versuchen.
 - 2.2 Überprüfen Sie anhand der Abb. 1, ob die benutzte Mikrowellenstrahlung die Wellenlänge $\lambda = 2,8$ cm besitzen könnte. Erläutern Sie Ihr Vorgehen.
Hinweis: Der Abbildungsmaßstab ergibt sich aus der Beschriftung der Achsen, die in cm vorgenommen wurde.

Aufgabe für einen Kurs auf erhöhtem Anforderungsniveau

Mit einer Mikrowellen-Apparatur wird der Versuch nach Abb. 1 durchgeführt.

Mit einem Empfänger erhält man die am rechten Bildrand dargestellte Intensitätsverteilung, wenn man den Empfänger entlang des Schirms verschiebt.

1. Deuten Sie die Beobachtung zunächst qualitativ unter Verwendung einer übersichtlichen Skizze.
2. Bestimmen Sie die Wellenlänge der benutzten Mikrowellenstrahlung und erläutern Sie Ihr Vorgehen.
Leiten Sie eine dazu geeignete Gleichung her.
Schätzen Sie die Genauigkeit des von Ihnen ermittelten Wertes begründet ab.
Hinweis: Der Abbildungsmaßstab ergibt sich aus der Beschriftung der Achsen, die in cm vorgenommen wurde.
3. Beschreiben Sie ein weiteres aus dem Unterricht bekanntes Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge von Licht, das auf Reflexion beruht.

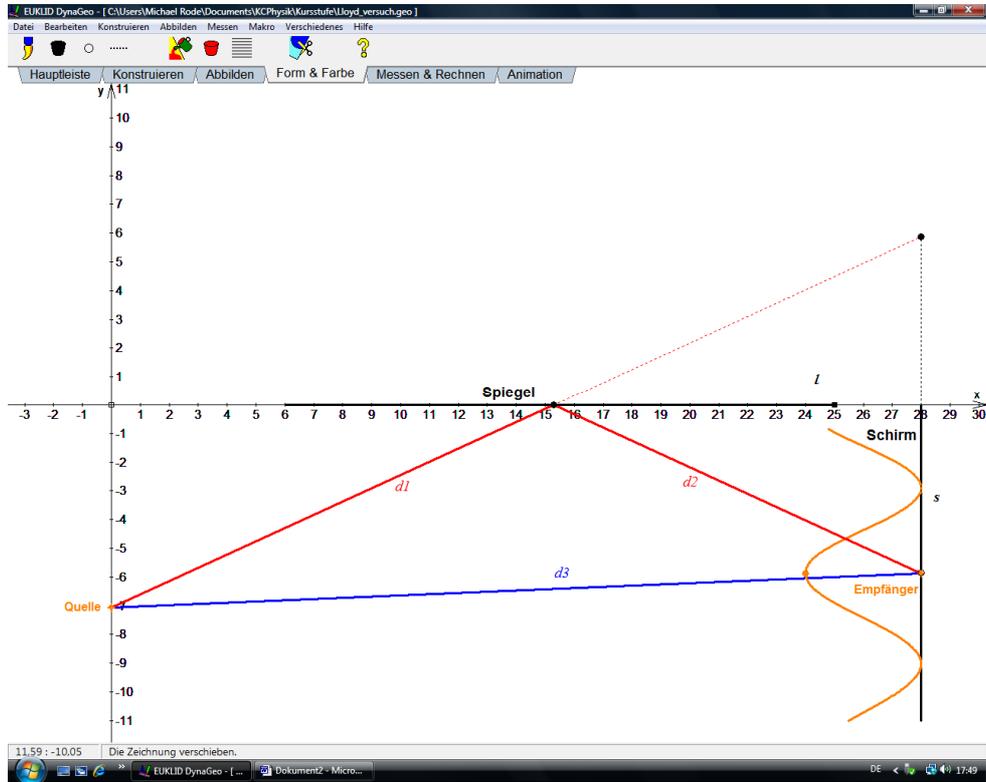


Abb. 1: Aufbau eines Versuches mit Mikrowellen. Am rechten Rand sieht man die gemessene Intensität, dargestellt über dem Ort des Empfängers. Beide Achsen sind in cm geteilt.

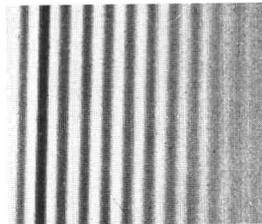


Abb. 2: Beobachtung auf einem Schirm in großer Entfernung vom Spiegel in Originalgröße.

A 4 Beispiel für die Dokumentation eines Lösungswegs bei Verwendung eines elektronischen Rechenwerkzeuges

An der folgenden Aufgabe soll gezeigt werden, wie eine angemessene Dokumentation bei Verwendung elektronischer Rechenwerkzeuge aussehen könnte. Dafür wird ein Beispiel verwendet, das nicht zum Pflichtstoff gehört.

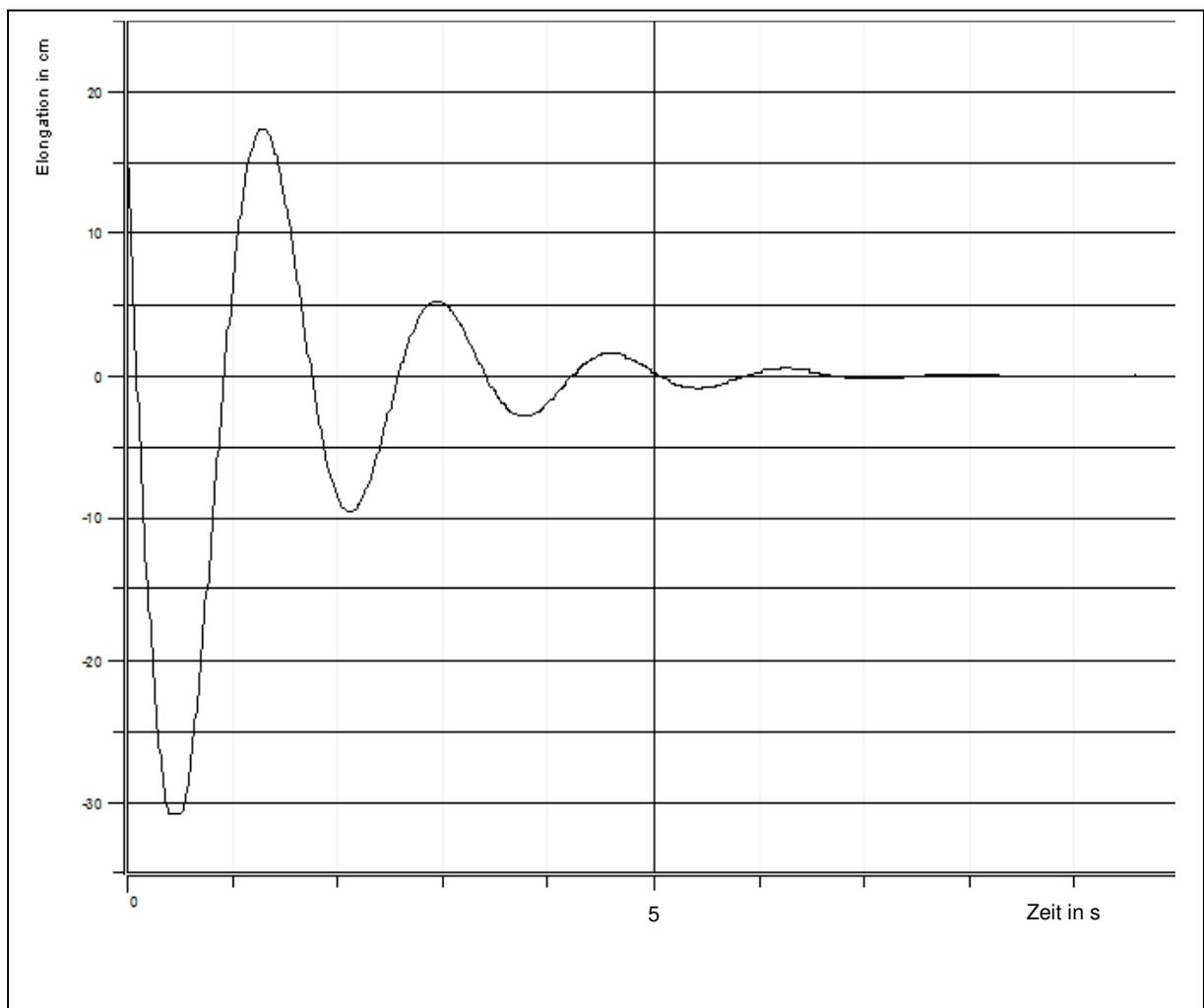
Es hat sich dazu bewährt, die Lösung auf ein quer gelegtes Blatt zu schreiben, das dreigeteilt wird. Die linke Spalte enthält alle Argumente und Begründungen, in der rechten wird notiert, was am Taschenrechner angezeigt wird. Die mittlere Spalte dient der Korrektur beider Spalten.

In der folgenden Darstellung geht es um ein Beispiel für eine angemessene Dokumentation, nicht um physikalische Vollständigkeit.

Aufgabe:

Mit einem Interface wurde eine gedämpfte Schwingung aufgezeichnet. Dargestellt ist die Elongation über der Zeit. Man erhielt die folgende Messkurve.

Ermitteln Sie den funktionalen Zusammenhang, nach dem die Amplitude abnimmt.



Muster für die Dokumentation der Arbeitsschritte mit dem GTR:

Ich wähle durch Ablesen in den Hochpunkten Messwerte für die Amplitude aus und trage sie in eine Messtabelle ein:

t in s	Amplitude s in cm
1,2	18,0
2,9	5,5
4,6	1,7
6,2	0,5
8,0	0,1

Die Tabelle übertrage ich in den Grafikrechner.

Weil ich bei gedämpften Schwingungen einen exponentiellen Verlauf erwarte und meine Displaydarstellung dieser Annahme nicht widerspricht, wähle ich eine exponentielle Regression.

Die erhaltene Gleichung übersetze ich in physikalische Symbole:

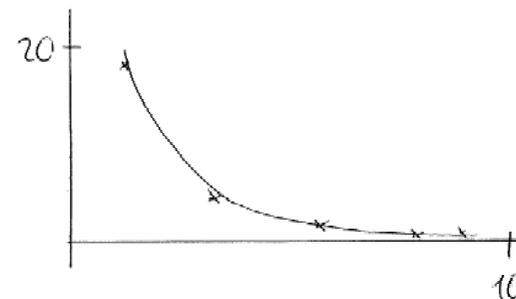
$$s(t) \approx 49,0\text{cm} \cdot 0,4692^{\frac{t}{s}}$$

Mit der Basis e bedeutet das:

$$s(t) \approx 49,0\text{cm} \cdot e^{-0,76 \cdot \frac{t}{s}}$$

(Korrekturspalte)

(Grobe Skizze der Displaydarstellung, mindestens erforderlich ist die Angabe der Fenstergrenzen, auf Achsenbezeichnungen kann hier verzichtet werden)



Ich erhalte

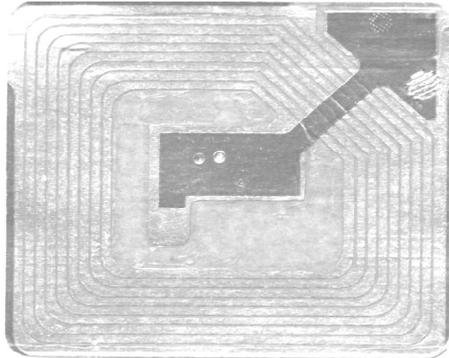
$$y = a \cdot b^x$$

a=49,01836
b=0,46916

A 5 Abschätzung von Messunsicherheiten im Physikunterricht

An einem Beispiel soll dargestellt werden, wie eine Abschätzung von Messunsicherheiten aus den Versuchsbedingungen angemessen elementarisiert werden kann. Auch hier wird das Wesentliche an einem Beispiel dargestellt, dessen Inhalt nicht zum Pflichtstoff gehört. Der dargestellte Teil der Lösung ist auf die Anteile beschränkt, die benötigt werden, um das intendierte Verfahren der Fehlerabschätzung zu erläutern.

Aufgabe: Hier sehen Sie das Foto eines RFID – Tags.



Quelle:Kommission

Schätzen Sie die Kapazität des Kondensators auf dem RFID-Tag aufgrund von geeigneten Messungen ab.

Dazu dürfen Sie annehmen, dass die Kondensatorplatten durch eine 0,020 mm dicke Folie der Permittivität $\epsilon_r=2,4$ getrennt sind.

Lösungselemente:

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Grundregeln für die Abschätzung von Messunsicherheiten:

1. Man gibt üblicherweise Ergebnisse durch einen „bestmöglichen Wert“ und eine absolute Messunsicherheit an. Diese absolute Messunsicherheit wird nach Konvention mit zwei geltenden Ziffern angegeben, der „bestmögliche Wert“ wird dann mit der gleichen Anzahl von Dezimalstellen, also ggf. mit deutlich mehr geltenden Ziffern angegeben.

In der Schule darf man als bestmöglichen Wert in der Regel „den“ Messwert heranziehen, eine aufwendige Mittelwertbildung darf in der Regel entfallen.

2. Man kann unter dieser Voraussetzung Messunsicherheiten von Messgrößen dadurch abschätzen, dass man sich das eigene Messverhalten klar macht.
3. Ebenfalls unter dieser Voraussetzung gilt: In Produkten oder Quotienten werden relative Messunsicherheiten der Bestandteile addiert, in Potenzen entsprechend behandelt. In Summen werden die absoluten Messunsicherheiten addiert, bevor man die relative Messunsicherheit bestimmt.
4. *In Veröffentlichungen angegebene Werte* folgen der Konvention, dass die letzte angegebene Stelle durch Rundung entstanden ist.

Wenn man auf die Angabe von Unsicherheiten verzichten will, eignet sich als Faustregel für Anfänger: Das Ergebnis soll nur so viele geltende Ziffern aufweisen, wie die „schlechteste“ der Eingangsgrößen.

Abschätzung der relativen Messunsicherheit beispielhaft dargestellt für die Kapazität C

Die Messunsicherheit kann drei mögliche Gründe haben:

- ε_r ist angegeben mit 2,4. Das bedeutet nach Grundregel 4: Die Ziffer 4 ist unsicher, sie kann durch Runden aus einer Zahl im oben halboffenen Intervall zwischen 2,35 bis 2,45 hervorgegangen sein. Das führt auf $\Delta\varepsilon_r \approx 0,05$, also ist der relative Fehler $\Delta\varepsilon_r / \varepsilon_r \approx 2,1\%$.
- d ist angegeben als 0,020 mm. Das bedeutet mit derselben Überlegung wie oben $\Delta d \approx 0,0005$ mm, also ist die relative Messunsicherheit $\Delta d / d \approx 2,5\%$.
- A wird durch eigenes Ausmessen an der Abbildung bestimmt. Dabei misst man im Original grob $18,5 \cdot 9,0$ mm² mit einer durch Messung mit dem Geodreieck bedingten Messunsicherheit bei jeder Länge von 0,5 mm. Das bedeutet, dass die relative Messunsicherheit der Fläche (2,7+5,6)% beträgt.

Anwendung von Grundregel 3 ergibt eine relative Messunsicherheit von $\Delta C / C \approx 13\%$.

Für das Endergebnis $C \approx 1,768 \cdot 10^{-10}$ F erhält man deswegen eine absolute Messunsicherheit von $\Delta C \approx 1,768 \cdot 10^{-10} \cdot 0,13$ F $\approx 0,228 \cdot 10^{-10}$ F.

Wegen Grundregel 1 über die Stellenzahl bei absoluten Messunsicherheiten muss man also als Endergebnis angeben:

$$C \approx (1,77 \pm 0,23) \cdot 10^{-10} \text{ F.}$$